

Andrzej Doroszewski, Piotr Koza

*Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy
w Puławach*

WYSTĘPOWANIE SUSZY ROLNICZEJ W POLSCE W LATACH 2006–2022*

Słowa kluczowe: klimatyczny bilans wodny, plony roślin uprawnych, susza rolnicza

Wstęp

W ostatnich 35 latach (1988–2022) obserwuje się w Polsce wzrost częstości i obszaru występowania suszy rolniczej, zwłaszcza po 1992 r. (6, 7, 24, 25). Jest to spowodowane zmianami klimatycznymi, od których rolnictwo jest w bardzo dużym stopniu uzależnione (15, 17, 18, 19, 20, 22, 37). Widoczna jest wyraźna tendencja wzrostu temperatury powietrza, co powoduje zmniejszenie bilansu wodnego (21).

Susza rolnicza jest istotnym problemem zarówno gospodarczym, jak i społecznym wynikającym z niesprzyjających warunków agrometeorologicznych, hydrologicznych oraz glebowych. Narasta ona powoli, a jej następstwa występują w długim okresie. Rolnictwo zaliczane jest do gałęzi gospodarki narodowej, która najbardziej odczuwa skutki suszy, przejawiające się znacznym zmniejszeniem wielkości i jakości plonów roślin uprawnych (1). Wzrost niedoborów wody w środowisku powoduje bardzo niekorzystne następstwa w rolnictwie, albowiem woda jest podstawowym czynnikiem żyzności gleby decydującym w dużej mierze o produktywności roślin uprawnych (31). Wpływ niedoboru wody na wielkość plonu roślin uprawnych był przedmiotem wielu badań (2, 3, 4, 10). Uzyskane wyniki wykazują, że po 2000 r. występują coraz mniejsze wartości klimatycznego bilansu wodnego (KBW), szczególnie wiosną i wczesnym latem (9), czego następstwem są okresy ze znacznym deficytem wody dla roślin. Zbiega się to z okresem największego zapotrzebowania na wodę przez rośliny uprawne, zwłaszcza przez zboża.

*Opracowanie wykonano w ramach zadania 2.2. pt. „Kształtowanie retencji gleb jako elementu przeciwdziałania suszy rolniczej i racjonalnej gospodarki wodnej z dotacji budżetowej przeznaczonej na realizację zadań MRiRW w 2023 r.

Rośliny charakteryzują się dużą wrażliwością na niedobory opadów atmosferycznych, zwłaszcza w okresach krytycznych występujących zazwyczaj w czasie intensywnego wzrostu ich masy. Niedobory te powstają w okresie, w którym zapotrzebowanie na wodę dla roślin nie jest w pełni pokrywane przez opady atmosferyczne oraz przez zasoby wody łatwo dostępnej w glebie.

O wystąpieniu suszy stanowi cały kompleks warunków meteorologicznych i glebowych. Do głównych elementów meteorologicznych decydujących o suszy należą: opad atmosferyczny, temperatura i wilgotność powietrza, promieniowanie słoneczne, prędkość wiatru. Oprócz opadu atmosferycznego pozostałe elementy wpływają na wielkość ewapotranspiracji potencjalnej. Istnieje szereg meteorologicznych wskaźników suszy, które w większości odnoszą się do sum opadu atmosferycznego i które nie są w pełni zadowalające do ich stosowania przy określaniu skutków suszy w rolnictwie. W Systemie Monitoringu Suszy Rolniczej (SMSR) warunki meteorologiczne, powodujące suszę są określane za pomocą KBW. Pomimo użyteczności wskaźnika KBW nie można określić skutków suszy bez uwzględnienia zmienności przestrzennej gleb. Gleby, w zależności od rodzaju, posiadają zróżnicowane możliwości retencji wodnej, która wyjaśnia duże lokalne zróżnicowanie strat w plonach w następstwie deficytu opadów. Ocena zjawiska suszy wyłącznie na podstawie KBW z pominięciem jakości gleb jest zdecydowanie nieodpowiednia dla warunków Polski.

Każdy gatunek roślin ma inne, specyficzne wymagania względem zasobów wodnych w czasie swojego rozwoju. Powyższe przesłanki skłoniły do poszukiwania najlepszych metod monitorowania zjawiska suszy rolniczej, zwiększających dokładność oceny zasobów wody dostępnych dla roślin, wykorzystując w tym celu cyfrową mapę glebowo-rolniczą.

Rozgraniczenie wpływu poszczególnych czynników plonotwórczych w warunkach polowych jest bardzo trudne. Natomiast na podstawie wieloletnich danych o plonach uzyskanych w różnych warunkach klimatyczno-glebowych, za pomocą metod statystyczno-empirycznych, można określić wpływ tylko deficytu wody na plon roślin uprawnych. W powszechnej opinii wystąpienie wysokiej temperatury, długotrwałego okresu bez opadu, dużego usłonecznienia, małego zachmurzenia czy dużej prędkości wiatru jest już powodem do twierdzenia, że występuje susza. Te wymienione zjawiska meteorologiczne są nieodłącznie związane z **suszą atmosferyczną**. Natomiast **suszę rolniczą** charakteryzuje niedostateczne uwilgotnienie gleby wywołujące stres wodny u roślin powodujący zmniejszenie biomasy (w tym również plonu). W konsekwencji długotrwałej suszy następuje zmniejszenie dopływu wody do zbiorników, jezior, wysychanie stawów, terenów podmokłych, doprowadzając do obniżenia lustra wody w tych ekosystemach. W wyniku zaistniałych zdarzeń oznacza to, że występuje kolejne stadium rozwoju suszy, czyli **susza hydrologiczna**.

Przejawem trendu występowania dużych niedoborów wody była ekstremalna susza w 2006 r., w wyniku której średnie krajowe plony niektórych upraw były niż-

sze nawet o 30% od plonów uzyskiwanych w przeciętnych warunkach wieloletnich. Do lat zaliczanych jako bardzo suche, powodujące bardzo duże straty w rolnictwie, należą niewątpliwie 2006, 2008, 2015, 2018, 2019 oraz 2022 (6, 12, 32, 36).

Zgodnie z ustawą o dopłatach do ubezpieczeń upraw rolnych i zwierząt gospodarskich (35) suszę rolniczą wyznacza się za pomocą KBW, który określa stan uwilgotnienia środowiska (bieżące zasoby wodne) na podstawie danych meteorologicznych. Na konieczność monitorowania zjawiska suszy z uwzględnieniem KBW wskazywali liczni autorzy (8, 16, 23, 27, 34).

W 2007 r. na wniosek Ministerstwa Rolnictwa i Rozwoju Wsi został opracowany i wdrożony przez Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy (IUNG-PIB) w Puławach System Monitoringu Suszy Rolniczej (SMSR). Zawiera on aplikacje komputerowe integrujące dane meteorologiczne potrzebne do obliczenia KBW oraz dane z cyfrowej mapy glebowo-rolniczej obrazującej przestrzenne zróżnicowanie retencji wodnej różnych kategorii agronomicznych gleb. System zawiera narzędzia służące do oceny suszy dla poszczególnych grup i gatunków roślin uprawnych.

W związku z pracami nad przyspieszeniem procedur związanych ze zgłoszeniem przez rolników wniosku suszowego a decyzją informującą o wyniku wystąpienia lub też o braku zjawiska suszy rolniczej na obszarze wszystkich działek rolniczych należących do zgłaszającego – Ministerstwo Cyfryzacji opracowało aplikację weryfikującą straty dla wszystkich upraw zgłaszanych przez rolnika. W tym celu został przygotowany „Słownik” określający wymagania wodne dla 925 grup i gatunków roślin funkcjonujących w systemach Agencji Restrukturyzacji i Modernizacji Rolnictwa (ARiMR). Informacja ta służy do wyznaczania suszy dla gatunków roślin znajdujących się w „Słowniku” w powiązaniu z uprawami dotychczas monitorowanymi przez prowadzony System.

Wyniki analiz Systemu są prezentowane na stronie internetowej w postaci map oraz tabel. Dla monitorowanych upraw rolniczych opracowywane są dane przedstawiające zagrożenie suszą dla wszystkich gmin Polski w okresie wegetacyjnym. System monitoringu suszy składa się z bazy danych pogodowych, glebowych, aplikacji GIS (ang. *Geographic Information System*) do przetwarzania i integracji danych przestrzennych oraz internetowego systemu prezentacji wyników.

Opracowany SMSR jest skierowany do instytucji ubezpieczeniowych, organów administracji państwowej i samorządowej, służby doradztwa rolniczego oraz rolników, którzy dla każdej gminy Polski mogą na bieżąco w okresie wegetacyjnym uzyskać informacje o zagrożeniu suszą.

Celem pracy była analiza występowania suszy rolniczej w uprawach rolniczych oraz wskazanie obszarów jej występowania w prowadzonym SMSR w latach 2007–2022.

Metody wyznaczania suszy

System przy wyznaczaniu obszarów zagrożonych suszą dla poszczególnych grup i gatunków upraw uwzględnia dwa czynniki:

- ✓ warunki pogodowe;
- ✓ podatność gleby na suszę.

Wartości krytyczne KBW w sześciodekadowych okresach od 21 marca do 30 września zostały wyznaczone z wykorzystaniem statystyczno-empirycznych modeli prognoz plonów opracowanych w IUNG-PIB. Wystąpienie wartości krytycznej oznacza zmniejszenie plonów o 20% w skali gminy w danym roku w stosunku do plonów uzyskanych przy średnich wieloletnich warunkach pogodowych. Tabela 1 przedstawia szczegółowy wykaz dekad branych pod uwagę w każdym okresie sześciodekadowym. Natomiast w tabeli 2 przedstawiono okresy sześciodekadowe, wykaz grup i gatunków roślin branych pod uwagę w danym okresie sześciodekadowym oraz daty prezentacji raportów.

Tabela 1

Okresy sześciodekadowe KBW od 21 marca do 30 września

Okres	Liczba dekad w miesiącach
21 III–20 V	1 (III) + 3 (IV) + 2 (V)
1 IV–31 V	3 (IV) + 3 (V)
11 IV–10 VI	2 (IV) + 3 (V) + 1 (VI)
21 IV–20 VI	1 (IV) + 3 (V) + 2 (VI)
1 V–30 VI	3 (V) + 3 (VI)
11 V–10 VII	2 (V) + 3 (VI) + 1 (VII)
21 V–20 VII	1 (V) + 3 (VI) + 2 (VII)
1 VI–31 VII	3 (VI) + 3 (VII)
11 VI–10 VIII	2 (VI) + 3 (VII) + 1 (VIII)
21 VI–20 VIII	1 (VI) + 3 (VII) + 2 (VIII)
1 VII–31 VIII	3 (VII) + 3 (VIII)
11 VII–10 IX	2 (VII) + 3 (VIII) + 1 (IX)
21 VII–20 IX	1 (VII) + 3 (VIII) + 2 (IX)
1 VIII–30 IX	3 (VIII) + 3 (IX)

Źródło: opracowanie własne

Tabela 2

Okresy sześciodekadowe KBW oraz gatunki i grupy rozpatrywanych roślin

Okres sześciodekadowy	Raport na dzień	Numer raportu	Rośliny uwzględniane w raporcie
21 III–20 V 1 IV–31 V	21 V 31 V	1 2	zboża: ozime i jare, rzepak i rzepik, burak cukrowy, krzewy owocowe, drzewa owocowe, truskawki
11 IV–10 VI	10 VI	3	zboża: ozime i jare, rzepak i rzepik, ziemniak, burak cukrowy, krzewy owocowe, drzewa owocowe, truskawki
21 IV–20 VI 1 V–30 VI 11 V–10 VII	20 VI 30 VI 10 VII	4 5 6	zboża: ozime i jare, kukurydza na ziarno i na kiszonkę, rzepak i rzepik, ziemniak, burak cukrowy, chmiel, tytoń, warzywa gruntowe, krzewy owocowe, drzewa owocowe, truskawki, rośliny strączkowe
21 V–20 VII 1 VI–31 VII 11 VI–10 VIII	20 VII 31 VII 10 VIII	7 8 9	zboża: ozime i jare, kukurydza na ziarno i na kiszonkę, ziemniak, burak cukrowy, chmiel, tytoń, warzywa gruntowe, krzewy owocowe, drzewa owocowe, truskawki, rośliny strączkowe
21 VI–20 VIII 1 VII–31 VIII	20 VIII 31 VIII	10 11	kukurydza na ziarno i na kiszonkę, ziemniak, burak cukrowy, chmiel, tytoń, warzywa gruntowe, krzewy owocowe, drzewa owocowe, rośliny strączkowe
11 VII–10 IX	10 IX	12	kukurydza na ziarno i na kiszonkę, ziemniak, burak cukrowy, chmiel, tytoń, warzywa gruntowe, krzewy owocowe, drzewa owocowe
21 VII–20 IX	20 IX	13	rzepak i rzepik, ziemniak, burak cukrowy
1 VIII–30 IX	30 IX	14	rzepak i rzepik, burak cukrowy

Źródło: opracowanie własne

SMSR oparty jest na sześciodekadowych danych meteorologicznych. W przypadku jednostkowego opadu różnica sumy opadu pomiędzy bliskimi miejscowościami może się różnić, natomiast przy agregacji sumy opadu dla dłuższego okresu obejmującego 61–62 dni różnice są mniejsze i uprawniają do zastosowania procedury interpolacyjnej. Okres sześciu dekad do określenia suszy rolniczej został wybrany z powodu najlepszej oceny deficytu wody na plonowanie roślin. Agregacja okresu do sześciu dekad pozwala na lepsze określenie obniżenia plonu końcowego z powodu wystąpienia deficytu wody (26).

Susza meteorologiczna jest wyznaczana za pomocą KBW, to jest różnicy pomiędzy opadem atmosferycznym a ewapotranspiracją potencjalną:

$$KBW = P - ETP$$

gdzie:

P – opad atmosferyczny (mm);

ETP – ewapotranspiracja (mm).

Wartość ETP jest obliczana na podstawie wzoru Doroszewskiego i in. (5):

$$\text{ETP} = 161 + 19,57 d - 152,7 \ln d + 0,0004034 h^2 + 0,00186 (t + 5)^3 + 0,004192 (100 - f)^2 + 0,0003681 v (100 - f)^{2,5}$$

gdzie:

d – długość dnia (h);

h – uśłonecznienie (h);

t – średnia temperatura powietrza (°C);

f – wilgotność względna, godz. 13.00 (%);

v – średnia prędkość wiatru ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$).

W wyznaczaniu suszy rolniczej istotną rolę odgrywa podatność gleb na niedobór wody, która uzależniona jest od składu granulometrycznego wyrażonego w kategoriach agronomicznych. W skali kraju wydzielono cztery kategorie podatności gleb na suszę, które różnicują przestrzennie retencję wodną i potencjalną dostępność wody dla roślin uprawnych.

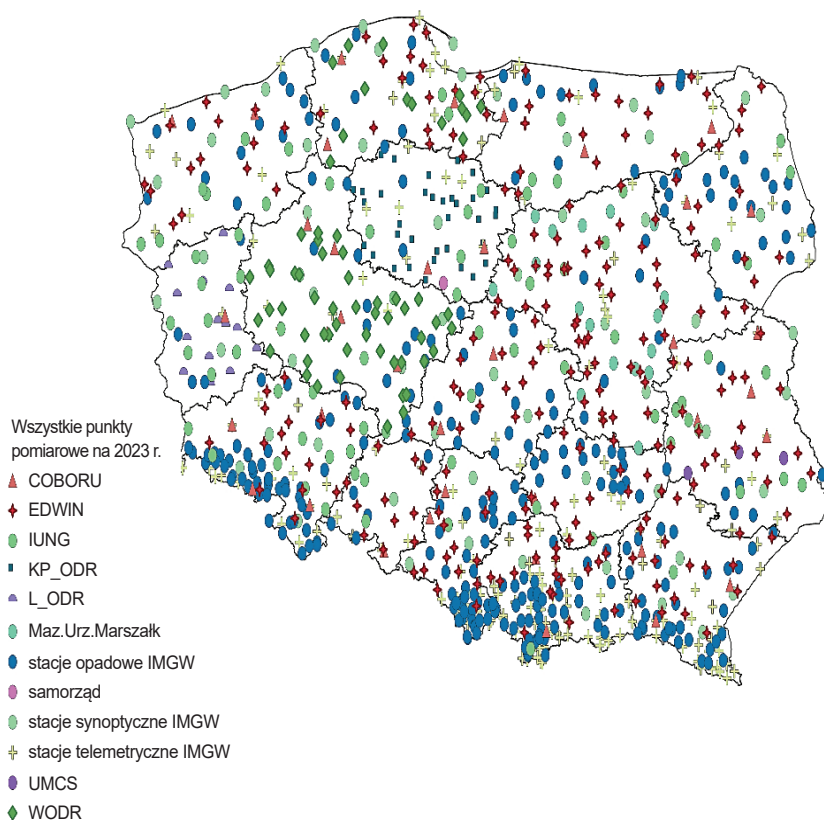
Podstawą opracowania mapy kategorii podatności gleb na suszę rolniczą jest uziarnienie profilu glebowego (skład granulometryczny), które decyduje o możliwości gromadzenia (retencji) wody w glebie i jej dostępności dla roślin (6, 29, 30).

W SMSR wykorzystywane są dane meteorologiczne z punktów pomiarowych: synoptycznych, telemetrycznych, opadowych z Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej – Państwowego Instytutu Badawczego (IMGW-PIB), Centralnego Ośrodka Badania Odmian Roślin Uprawnych (COBORU), ośrodków doradztwa rolniczego (ODR) w woj. kujawsko-pomorskim, lubuskim oraz wielkopolskim, Uniwersytetu Marii Curie-Skłodowskiej (UMCS) oraz z IUNG-PIB. Rysunek 1 przedstawia meteorologiczne punkty pomiarowe, z których dane wykorzystywane są w SMSR.

Każdorazowo przed ogłoszeniem kolejnego komunikatu dotyczącego aktualnego stanu zagrożenia suszą na terenie kraju dokonywana jest weryfikacja danych meteorologicznych.

W celu zachowania najwyższej jakości danych pomiarowo-obszaryjnych na stacjach IMGW-PIB, IUNG-PIB i ODR zainstalowane są zdublowane przyrządy pomiarowe, np. dwa deszczomierze. Pozwala to na wychwycenie błędów wynikających z awarii urządzenia.

Po kontroli danych meteorologicznych są one wykorzystywane do wyznaczania wartości KBW. Przestrzenne dane z pomiarów punktowych są interpolowane przy użyciu oprogramowania GIS (ArcGIS). Na każdą wyinterpolowaną wartość program wykorzystuje informacje z 12 najbliższych stacji meteorologicznych. Program ten przy tworzeniu interpolacji danych uwzględnia wpływ odległości stacji na tę wartość; im stacja położona jest bliżej interpolowanej danej, tym większy jest jej wpływ. System GIS uwzględnia następujące warstwy informacji: dane dotyczące opadów atmosferycznych, ewapotranspiracji, dane z cyfrowej mapy glebowo-rolniczej obrazującej przestrzenne zróżnicowanie retencji wodnej różnych kategorii agronomicznych gleb i jej wpływ na skutki suszy rolniczej oraz granice wszystkich gmin Polski.



Rys. 1. Rozmieszczenie wszystkich punktów pomiarowych wykorzystywanych w SMSR (stan na 1.01.2023 r.)

Źródło: opracowanie własne

Działania IUNG-PIB od początku utworzenia SMSR są ukierunkowane na systematyczne zwiększanie liczby stacji meteorologicznych. Dane pomiarowe są podstawą do określenia zasięgu suszy i starania Instytutu prowadzone są w tym kierunku od wielu lat. Działania te najlepiej odzwierciedlają dane przedstawione w tabeli 3. Sieć stacji, z których dane meteorologiczne wykorzystywane są do wyznaczania suszy rolniczej stale się zwiększa. Zwiększenie gęstości stacji meteorologicznej sprawia, że wzrasta dokładność oraz jakość prezentowanych wyników. Gęstsza sieć powoduje zmniejszenie błędów powstałych w wyniku interpolacji KBW. W 2007 r., tj. w pierwszym roku prowadzenia SMSR, dysponowano danymi meteorologicznymi pochodzącymi z 227 stacji. Obecnie (stan na 30.06.2023 r.) wykorzystywane są dane pochodzące z 1072 stacji, w ciągu ostatnich siedemnastu lat (2007–2023) baza danych meteorologicznych, na których oparty jest System została wzbogacona o 845 stacji (wzrost o 472%).

Tabela 3

Stacje meteorologiczne w SMSR (stan na 31.12.2022 r.)

Lp.	Rok	Synoptyczne IMGW-PIB	Posterunki opadowe i klimatyczne IMGW-PIB	COBORU	IUNG-PIB	ODR	Samorządy lokalne*	UMCS	EDWIN**	Razem
1.	2007	54	171	-	2					227
2.	2008	54	176	-	3					233
3.	2009	54	166	35	12					267
4.	2010	53	163	50	16					282
5.	2011	53	163	50	27					293
6.	2012	54	163	50	28					295
7.	2013	54	215	50	33					352
8.	2014	54	215	50	38					357
9.	2015	54	207	50	43					354
10.	2016	59	219	39	51	33				401
11.	2017	58	351	39	52	33				533
12.	2018	58	483	39	53	33	2			666
13.	2019	58	511	38	55	33	7			695
14.	2020	59	479	38	78	52	18	3		709
15.	2021	59	479	38	107	52	47	3		738
16.	2022	58	493	38	139	52	86	3		783
17.	2023	58	479	37	140	114	87	3	241	1072

*stacje oznaczone jako samorządy lokalne działają w sieci IUNG-PIB

**EDWIN – Internetowa Platforma Doradztwa i Wspomagania Decyzji w Integrowanej Ochronie Roślin

Źródło: opracowanie własne

W 2020 r. IUNG-PIB włączył do SMSR dane pochodzące z naziemnych radarów mierzących wielkość opadów atmosferycznych przez IMGW-PIB. Dane pochodzące z sieci POLRAD (polska sieć radarów meteorologicznych), które udostępniane są od października 2019 r. wykorzystane są w prowadzonym Systemie w modelowaniu map KBW. POLRAD jest siecią radarów meteorologicznych – naziemnych urządzeń teledetekcyjnych. Pozyskiwane dane generowane są z map o rozdzielczości przestrzennej 500 m × 500 m, a zatem System dysponuje 1 250 784 danymi o opadzie dla obszaru Polski pochodzącymi z radarów naziemnych. Pozyskiwane dane z tej sieci są niezwykle ważne z uwagi na istotny element, jakim jest opad atmosferyczny w klimatycznym bilansie wodnym, który w bardzo dużym stopniu decyduje o wielkości suszy rolniczej. Uzyskanie tych informacji pozwala na znaczne uszczegółowienie pola opadów dla całego kraju. Dzięki zastosowaniu nowej metody wyznaczania opadów,

uzyskano znacznie większą szczegółowość w określeniu KBW na terenie kraju, a tym samym zwiększyła się precyzja w wyznaczeniu obszarów objętych suszą rolniczą.

Na podstawie danych meteorologicznych po każdym skończonym sześciodekadowym okresie są wykreślane mapy przedstawiające rozkład KBW dla obszaru Polski, które następnie zamieszczane są na stronie internetowej (13).

Na podstawie zintegrowanych danych przestrzennych obliczane są dla każdego okresu sześciodekadowego aktualne wartości KBW dla każdej gminy Polski w okresie wegetacyjnym i porównywane z wartościami krytycznymi KBW zamieszczonymi w rozporządzeniu Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi w sprawie wartości KBW dla poszczególnych gatunków roślin i gleb (30). Susza rolnicza występuje na obszarach, dla których obliczone wartości są mniejsze od przyjętych w rozporządzeniu z uwzględnieniem kategorii glebowych i rodzaju upraw. Dla wszystkich monitorowanych upraw co dekadę są opracowywane mapy przedstawiające zasięg suszy rolniczej w danym okresie sześciodekadowym.

Dla potrzeb SMSR opracowano mapę kategorii podatności gleb na suszę, która odzwierciedla potencjalną retencję i ilość wody ogólnie dostępnej dla roślin (WOD) w profilu glebowym. Kategorie podatności gleb na suszę wydzielono na podstawie informacji o uziarnieniu zawartej na mapie glebowo-rolniczej (33) (tab. 4).

Tabela 4

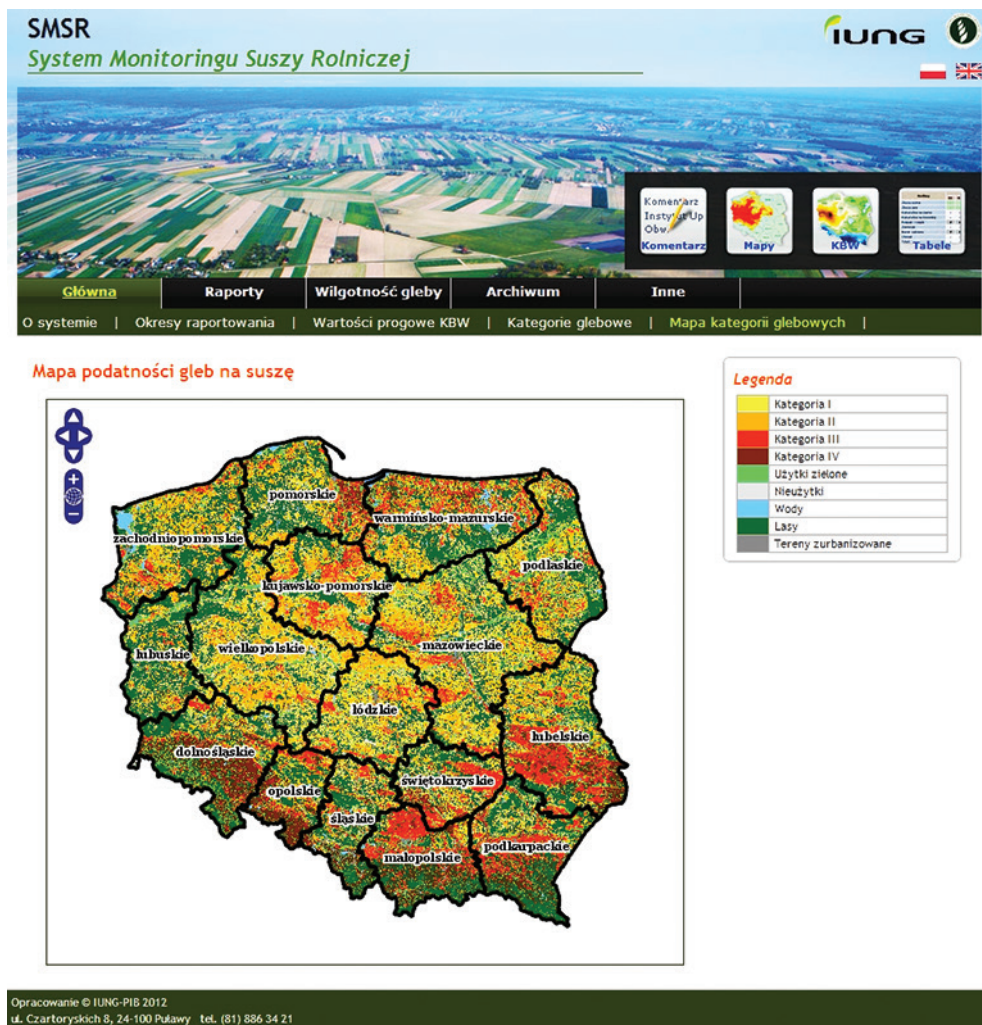
Podział gatunków gleb na kategorie podatności na suszę rolniczą

Kategoria gleby	Gatunek gleby
I – bardzo podatna na suszę (WOD* < 127,5 mm)	piasek luźny – pl piasek luźny pylasty – plp piasek słabo gliniasty – ps piasek słabo gliniasty pylasty – psp
II – podatna na suszę (WOD 127,5–169,9 mm)	piasek gliniasty lekki – pgl piasek gliniasty lekki pylasty – pglp piasek gliniasty mocny – pgm piasek gliniasty mocny pylasty – pgmp
III – średnio podatna na suszę (WOD 170–202,5 mm)	glina lekka – gl glina lekka pylasta – glp pył gliniasty – płg pył zwykły – płz pył piaszczysty – płp
IV – mało podatna na suszę (WOD > 202,5 mm)	glina średnia – gs glina średnia pylasta – gsp glina ciężka – gc glina ciężka pylasta – gcp pył ilasty – pli ił – i ił pylasty – ip

*WOD – woda ogólnie dostępna

Źródło: Ślusarczyk, 1979 (33)

Mapa kategorii podatności gleb na suszę rolniczą dostępna jest na stronie internetowej (14) stworzonej na potrzeby SMSR (rys. 2).



Rys. 2. Interfejs użytkownika mapy internetowej dotyczącej kategorii podatności gleb na suszę
Źródło: <http://www.susza.iung.pulawy.pl/mapa-kategorii/> (14)

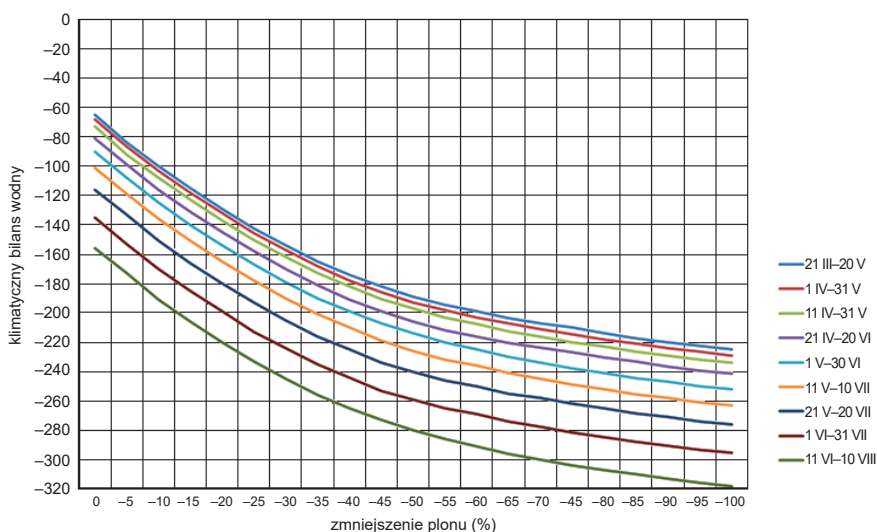
W ocenie wystąpienia suszy rolniczej ważną cechą jest określenie zmniejszenia plonu. IUNG-PIB w Puławach opracował wartości krytyczne KBW powodujące zmniejszenie plonów dla następujących grup i gatunków roślin:

- ✓ zbóż ozimych;
- ✓ zbóż jarych;
- ✓ kukurydzy na ziarno;
- ✓ kukurydzy na kiszonkę;

- ✓ rzepaku i rzepiku;
- ✓ ziemniaka;
- ✓ buraka cukrowego;
- ✓ chmielu;
- ✓ tytoniu;
- ✓ warzyw gruntowych;
- ✓ drzew i krzewów owocowych;
- ✓ truskawek;
- ✓ roślin strączkowych.

Wartości krytyczne KBW dla poszczególnych grup gatunków roślin uprawnych z uwzględnieniem kategorii gleb i okresów w rozwoju roślin są zawarte w rozporządzeniu Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi w sprawie wartości KBW dla poszczególnych gatunków roślin i gleb (30). Progowe wartości KBW są prezentowane na stronie internetowej (13). Wystąpienie krytycznej wartości KBW oznacza wystąpienie suszy dla grup i gatunków roślin uprawnych powodującej zmniejszenie plonów w danym roku przynajmniej o 20% w skali gminy w stosunku do plonów uzyskanych w średnich wieloletnich warunkach pogodowych.

IUNG-PIB opracował wartości KBW określające straty w plonach w wyniku niedoborów wody. Obniżki plonów wyznaczono od 0% do 100% strat w wyniku deficytu wody dla monitorowanych 16 grup i gatunków roślin, dla 4 kategorii podatności gleb na suszę oraz dla 14 okresów sześciodekadowych. Przykładowo na rysunku 3 przedstawiono obniżenie plonu zbóż ozimych dla gleb I kategorii podatności na suszę rolniczą w zależności od KBW.



Rys. 3. Zmniejszenie plonu zbóż ozimych dla gleb I kategorii podatności na suszę rolniczą w zależności od KBW

Źródło: opracowanie własne

Omówienie wyników

Dla każdego monitorowanego roku przedstawiono mapy KBW z najniższymi wartościami deficytu wody w okresach sześciodekadowych (rys. 4–20) oraz wielkości strat plonów na tych obszarach.

W okresie od 1 VI do 31 VII 2006 r. (rys. 4) straty plonów wynoszące 100% w wyniku deficytu wody stwierdzono na obszarze Pojezierzy: Wielkopolskiego, Pomorskiego, Słowińskiego, Nizin: Wielkopolskiej, Mazowieckiej oraz na Wyżynie Lubelskiej (KBW: $-240 \div -299$ mm). Straty te wystąpiły na glebach I kategorii podatności na suszę rolniczą (bardzo lekkich) w uprawach:

- | | |
|---------------------------|--------------------------|
| 1. Zbóż ozimych; | 7. Tytoniu; |
| 2. Zbóż jarych; | 8. Warzyw gruntowych; |
| 3. Kukurydzy na ziarno; | 9. Krzewów owocowych; |
| 4. Kukurydzy na kiszonkę; | 10. Truskawek; |
| 5. Ziemniaka; | 11. Roślin strączkowych; |
| 6. Chmielu; | 12. Traw. |

Tak duże niedobory wody spowodowały również obniżkę plonów o 100% na glebach II kategorii podatności na suszę rolniczą (lekkich) w uprawach:

- | | |
|---------------------------|-------------------------|
| 1. Kukurydzy na ziarno; | 6. Tytoniu; |
| 2. Kukurydzy na kiszonkę; | 7. Warzyw gruntowych; |
| 3. Ziemniaka; | 8. Krzewów owocowych; |
| 4. Burka cukrowego; | 9. Roślin strączkowych; |
| 5. Chmielu; | 10. Traw. |

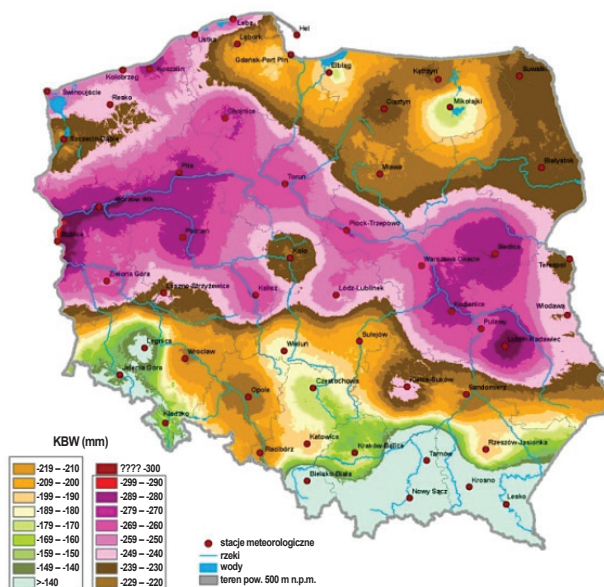
Straty plonów o 100% w wyniku suszy notowano także wśród upraw zlokalizowanych na glebach III kategorii podatności na suszę (średnich):

1. Tytoniu;
2. Warzyw gruntowych;
3. Traw.

Obniżkę plonów o 100% notowano nawet w uprawach na glebach najbardziej odpornych na suszę – IV kategorii, wśród:

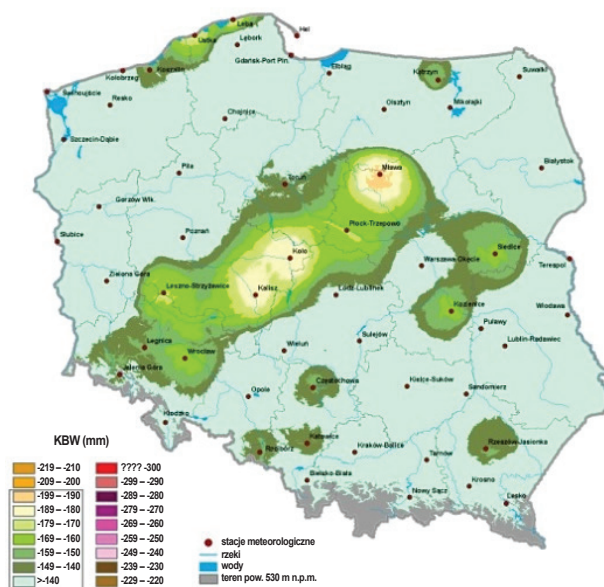
1. Tytoniu;
2. Traw.

W okresie od 21 IV do 20 VII 2007 r. największe straty plonów w wyniku niedoborów wody odnotowano na Wzniesieniach Mławskich wynoszące 55% dla zbóż jarych uprawianych na glebach I kategorii podatności na suszę rolniczą (bardzo lekkich) (rys. 5).



Rys. 4. Klimatyczny bilans wodny (KBW) w okresie od 1 VI do 31 VII 2006 r.
(minimalna wartość $-290 \div -299$ mm)

Źródło: opracowanie własne



Rys. 5. Klimatyczny bilans wodny (KBW) w okresie od 21 IV do 20 VII 2007 r.
(minimalna wartość $-190 \div -199$ mm)

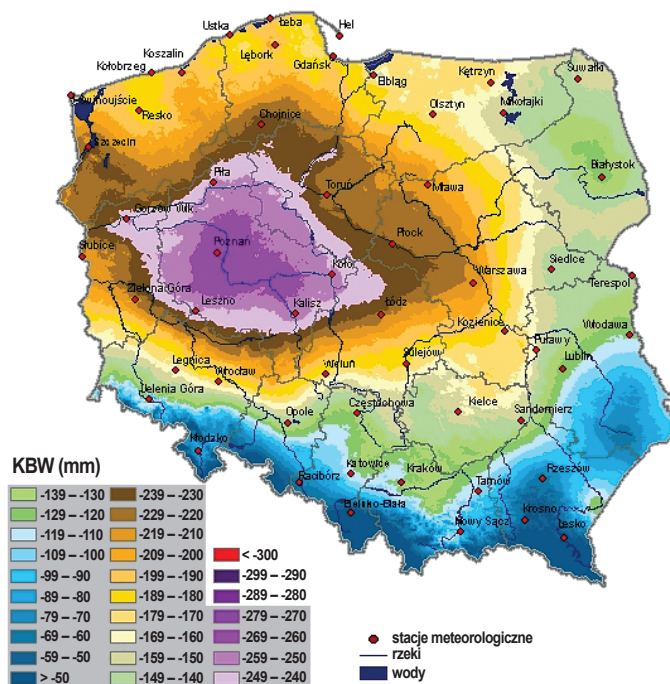
Źródło: opracowanie własne

W okresie od 11 V do 10 VII 2008 r. straty plonów w wyniku deficytu wody na obszarze Pojezierza Wielkopolskiego oraz Niziny Wielkopolskiej wynosiły 100% (rys. 6). Straty wystąpiły na glebach I kategorii podatności na suszę rolniczą (bardzo lekkich) w uprawach:

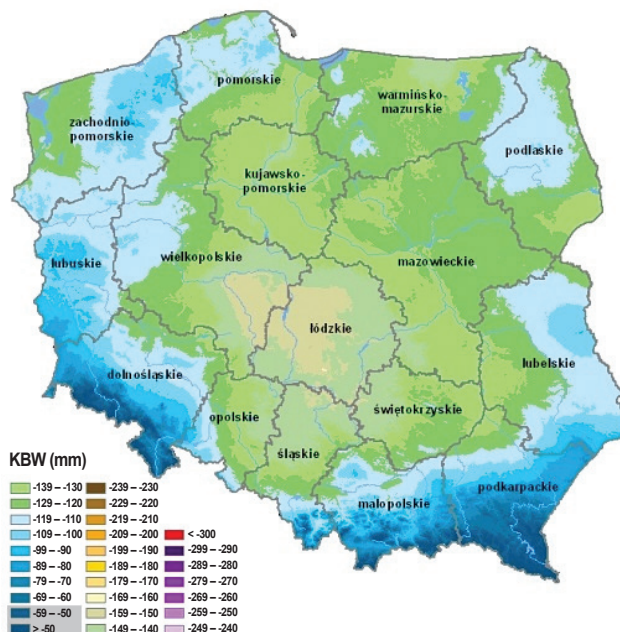
1. Zbóż ozimych;
2. Zbóż jarych;
3. Kukurydzy na ziarno;
4. Kukurydzy na kiszonkę;
5. Rzepaku i rzepiku;
6. Tytoniu;
7. Warzyw gruntowych;
8. Krzewów owocowych;
9. Roślin strączkowych;
10. Traw.

Deficyt wody spowodował zmniejszenie plonów o 100% również na glebach II kategorii podatności na suszę rolniczą (lekkich) w uprawach:

1. Zbóż jarych;
2. Rzepaku i rzepiku;
3. Tytoniu;
4. Traw.



wach zbóż ozimych i jarych oraz truskawek zlokalizowanych na glebach I kategorii podatności na suszę rolniczą (bardzo lekkich) (rys. 7).



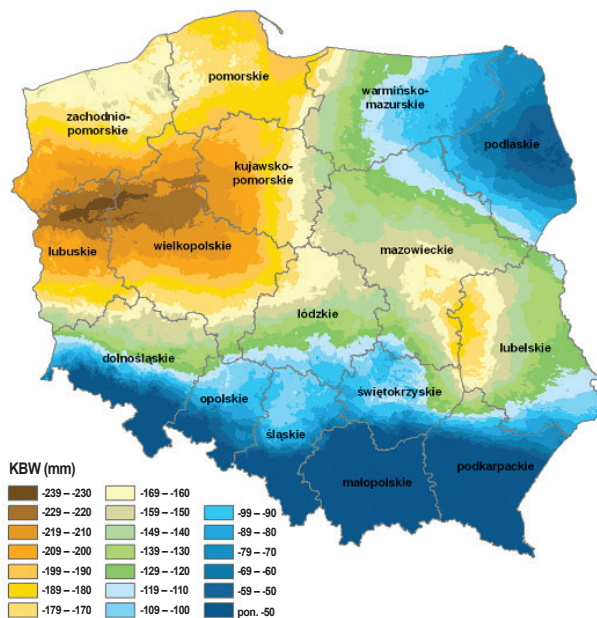
Rys. 7. Klimatyczny bilans wodny (KBW) w okresie od 1 IV do 31 V 2009 r.
(minimalna wartość $-150 \div -159$ mm)

Źródło: <https://susza.iung.pulawy.pl/kbw/> (13)

W 2010 r. w okresie od 21 V do 20 VII straty plonów wynoszące 100% w wyniku deficytu wody wystąpiły na terenie Kotliny Gorzowskiej. Tej wielkości straty notowano na glebach I kategorii podatności na suszę rolniczą (bardzo lekkich) w uprawach traw zlokalizowanych na glebach mineralnych (rys. 8).

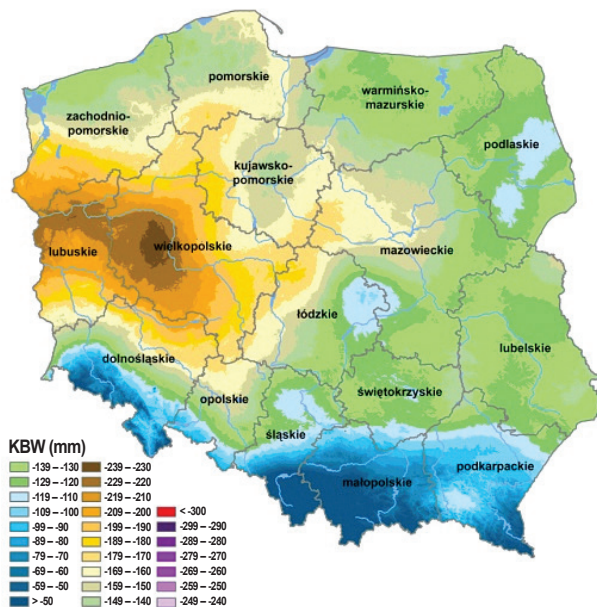
W 2011 r. w okresie od 21 IV do 20 VI odnotowano obniżenie plonów o 100% w wyniku niedoborów wody w okolicach Poznania. Straty o tej wielkości wystąpiły na glebach I kategorii podatności na suszę rolniczą (bardzo lekkich) w uprawach traw zlokalizowanych na glebach mineralnych (rys. 9).

W 2012 r. w okresie od 1 IV do 31 V największe straty w wyniku deficytu wody odnotowano na Wysoczyźnie Kłodawskiej, wynoszące 30% plonów w uprawach zbóż ozimych i jarych oraz truskawek zlokalizowanych na glebach I kategorii podatności na suszę rolniczą (rys. 10).



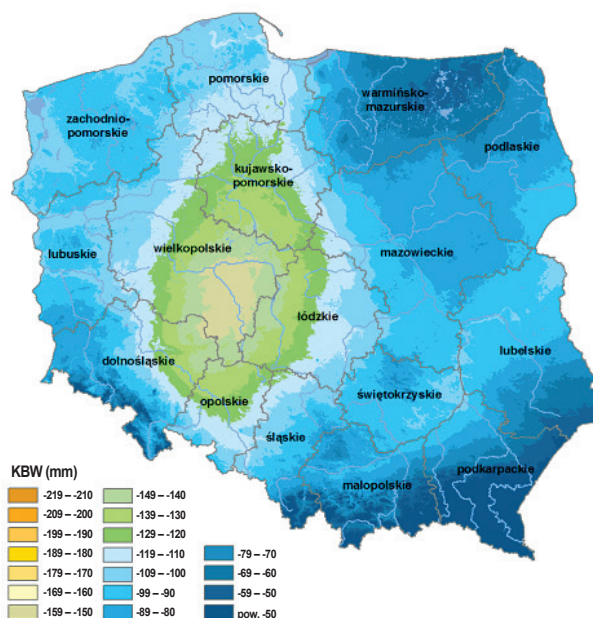
Rys. 8. Klimatyczny bilans wodny (KBW) w okresie od 21 V do 20 VII 2010 r.
(minimalna wartość $-230 \div -239$ mm)

Źródło: <https://susza.iung.pulawy.pl/kbw/> (13)



Rys. 9. Klimatyczny bilans wodny (KBW) w okresie od 21 IV do 20 VI 2011 r.
(minimalna wartość $-230 \div -239$ mm)

Źródło: <https://susza.iung.pulawy.pl/kbw/> (13)



Rys. 10. Klimatyczny bilans wodny (KBW) w okresie od 1 IV do 31 V 2012 r.
(minimalna wartość $-150 \div -159$ mm)

Źródło: <https://susza.iung.pulawy.pl/kbw/> (13)

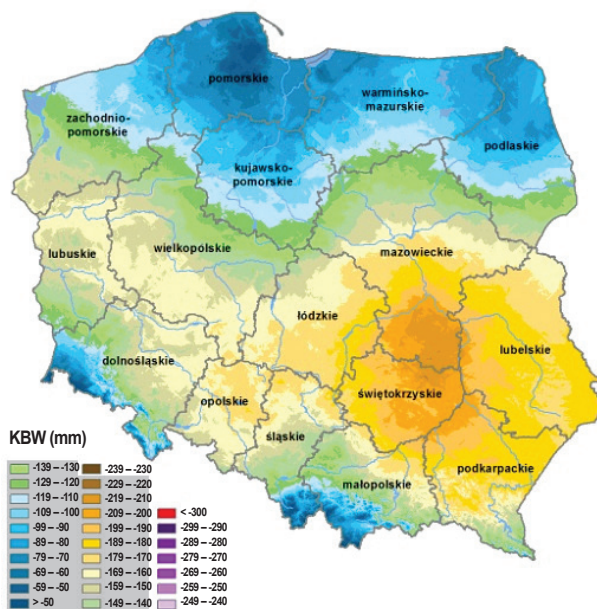
W 2013 r. w okresie od 1 VII do 31 VIII największe straty w wyniku niedoborów wody odnotowano na terytorium Równin Kozienickiej i Radomskiej oraz Przedgórze Iłżeckiego, wynoszące 55% plonów w uprawach traw zlokalizowanych na glebach I kategorii podatności na suszę rolniczą (rys. 11).

W 2014 r. w okresie od 21 VI do 20 VIII największe straty plonów w wyniku niedoborów wody odnotowano na terytorium Równiny Inowrocławskiej oraz Kotliny Toruńskiej, wynoszące 30% w uprawach traw zlokalizowanych na glebach I kategorii podatności na suszę rolniczą (rys. 12).

W 2015 r. w okresie od 1 VII do 31 VIII 2008 r. straty plonów w wyniku deficytu wody odnotowano na obszarze Nizin Mazowieckiej i Wielkopolskiej oraz na Polesiu Lubelskim; wynosiły one 100%. Wystąpiły na glebach I kategorii podatności na suszę rolniczą (bardzo lekkich) w uprawach:

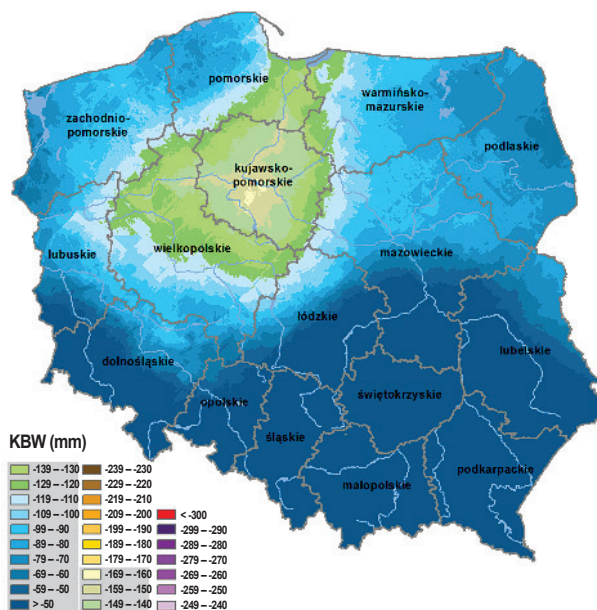
1. Kukurydzy na ziarno;
2. Kukurydzy na kiszonkę;
3. Ziemniaka;
4. Chmielu;
5. Warzyw gruntowych;
6. Krzewów owocowych;
7. Traw.

Deficyt wody spowodował zmniejszenie plonów o 100% również na glebach II kategorii podatności na suszę rolniczą (lekkich) w uprawach ziemniaka (rys. 13).



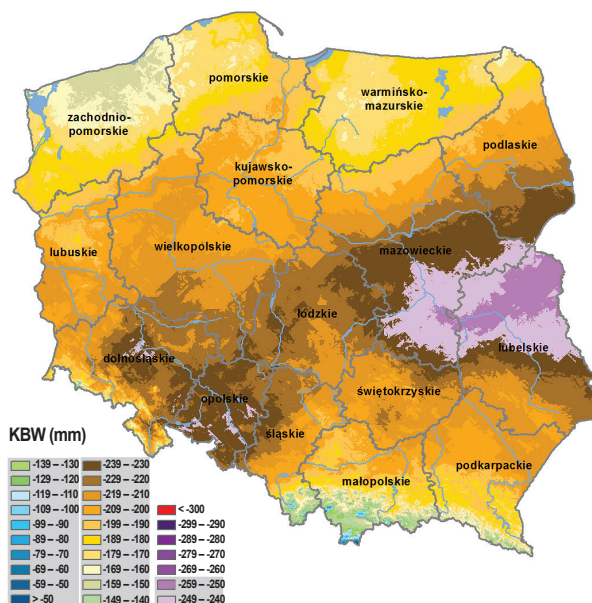
Rys. 11. Klimatyczny bilans wodny (KBW) w okresie od 1 VII do 31 VIII 2013 r.
(minimalna wartość $-210 \div -219$ mm)

Źródło: <https://susza.iung.pulawy.pl/kbw/> (13)



Rys. 12. Klimatyczny bilans wodny (KBW) w okresie od 21 VI do 20 VIII 2014 r. (minimalna wartość $-160 \div -169$ mm)

Źródło: <https://susza.iung.pulawy.pl/kbw/> (13)



Rys. 13. Klimatyczny bilans wodny (KBW) w okresie od 1 VII do 31 VIII 2015 r.
(minimalna wartość $-250 \div -259$ mm)

Źródło: <https://susza.iung.pulawy.pl/kbw/> (13)

W 2016 r. w okresie od 1 V do 30 VI największe straty w wyniku niedoborów wody odnotowano na Wysoczyznach Łaskiej i Tureckiej oraz w południowych rejonach Niziny Mazowieckiej; wynosiły 35% plonów w uprawach rzepaku i rzepiku zlokalizowanych na glebach I kategorii podatności na suszę rolniczą (rys. 14).

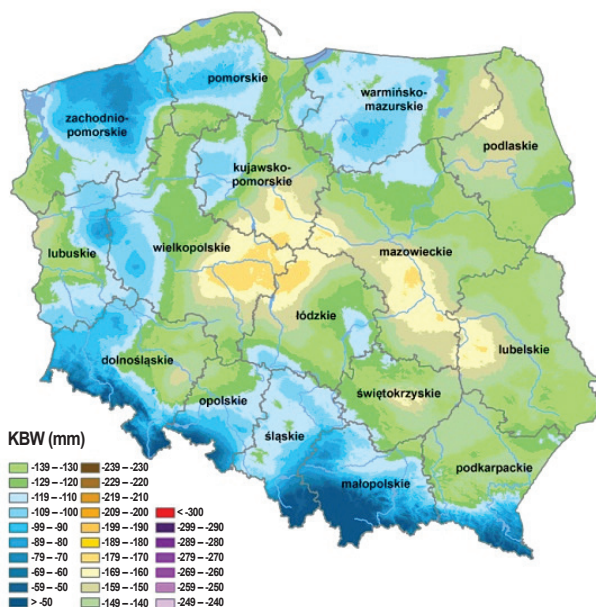
W 2017 r. w okresie od 11 V do 10 VII największe straty w wyniku niedoborów wody odnotowano na Równinie Łęczyńsko-Włodawskiej oraz na Obniżeniach Dubieńskich, które wynosiły 80% plonów w uprawach rzepaku i rzepiku zlokalizowanych na glebach I kategorii podatności na suszę rolniczą (rys. 15).

W okresie od 11 V do 10 VII 2018 r. odnotowano duże straty w wyniku deficytu wody na obszarze Pojezierza Poznańskiego, Wysoczyzny Żarnowieckiej oraz na Wybrzeżu Trzebiatowskim, które wynosiły 100% plonów (rys. 16). Straty wystąpiły na glebach I kategorii podatności na suszę rolniczą (bardzo lekkich) w uprawach:

1. Zbóż ozimych;
2. Zbóż jarych;
3. Kukurydzy na ziarno;
4. Kukurydzy na kiszonkę;
5. Rzepaku i rzepiku;
6. Tytoniu;
7. Warzyw gruntowych;
8. Krzewów owocowych;
9. Roślin strączkowych;
10. Traw.

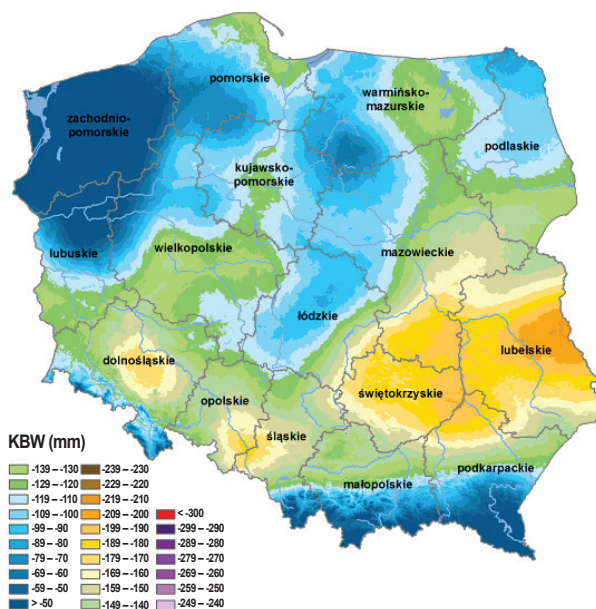
Deficyt wody spowodował zmniejszenie plonów o 100% również na glebach II kategorii podatności na suszę rolniczą (lekkih) w uprawach:

1. Zbóż jarych;
2. Rzepaku i rzepiku;
3. Traw.



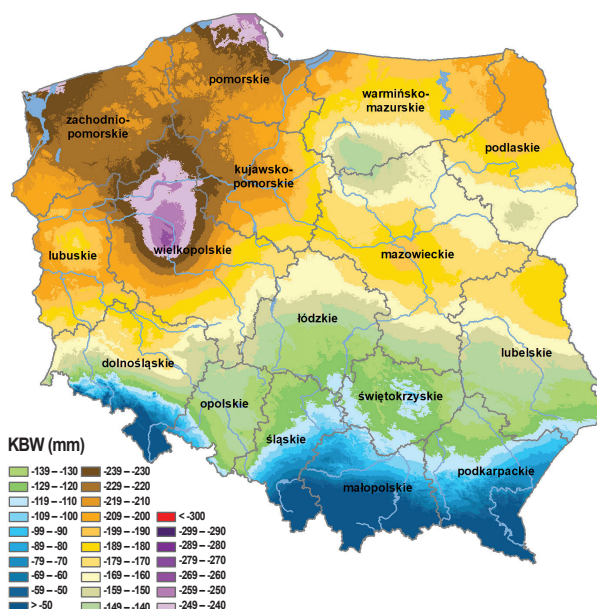
Rys. 14. Klimatyczny bilans wodny (KBW) w okresie od 1 V do 30 VI 2016 r.
(minimalna wartość $-170 \div -179$ mm)

Źródło: <https://susza.iung.pulawy.pl/kbw/> (13)



Rys. 15. Klimatyczny bilans wodny (KBW) w okresie od 11 V do 10 VII 2017 r.
(minimalna wartość $-210 \div -219$ mm)

Źródło: <https://susza.iung.pulawy.pl/kbw/> (13)



Rys. 16. Klimatyczny bilans wodny (KBW) w okresie od 11 V do 10 VII 2018 r.
(minimalna wartość $-260 \div -269$ mm)

Źródło: <https://susza.iung.pulawy.pl/kbw/> (13)

W 2019 r. w okresie od 1 VI do 31 VII odnotowano duże straty w wyniku deficytu wody na obszarze zachodniej części Pojezierza Wielkopolskiego, na Wysoczyźnie Łaskiej oraz na Równinie Opolskiej; wynosiły 100% plonów (rys. 17). Straty wystąpiły na glebach I kategorii podatności na suszę rolniczą (bardzo lekkich) w uprawach:

1. Kukurydzy na ziarno;
2. Kukurydzy na kiszonkę;
3. Ziemniaka;
4. Chmielu;
5. Tytoniu;
6. Warzyw gruntowych;
7. Krzewów owocowych;
8. Roślin strączkowych;
9. Traw.

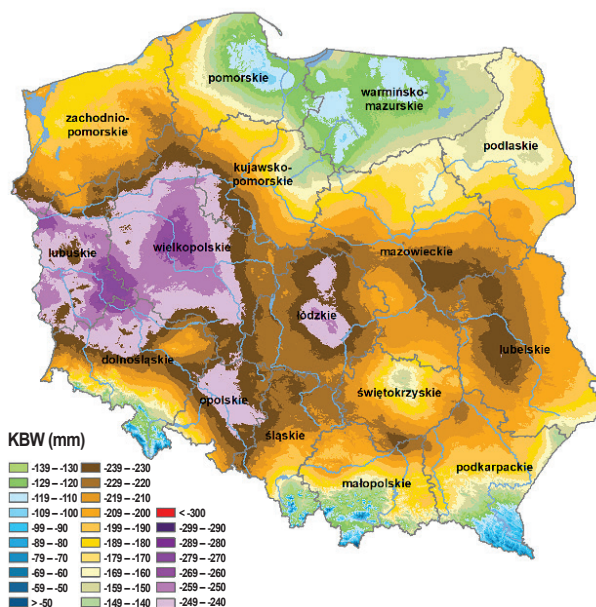
Deficyt wody spowodował także zmniejszenie plonów o 100% również na glebach II kategorii podatności na suszę rolniczą (lekkich) w uprawach:

1. Tytoniu;
2. Warzyw gruntowych;
3. Traw.

Występujące niedobory wody spowodowały zmniejszenie plonów o 100% w wyniku suszy również wśród upraw traw zlokalizowanych na glebach III kategorii podatności na suszę (średnich).

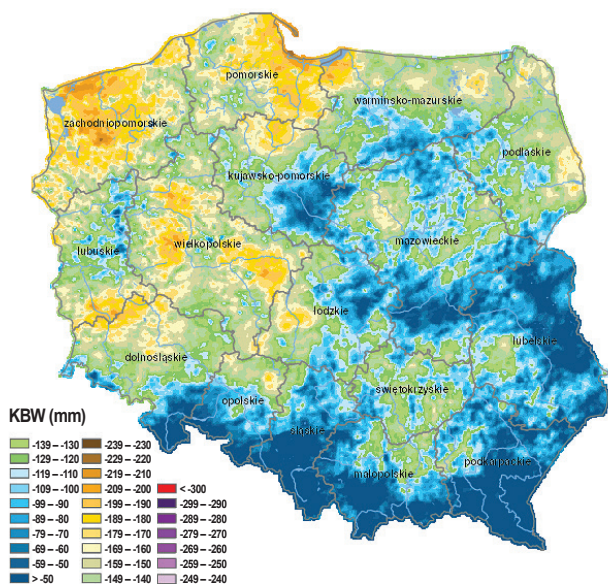
W 2020 r. w okresie od 21 VI do 20 VIII największy deficyt wody odnotowano na terenie Pobrzeża Szczecińskiego (Uznam, Wolin, Równin: Wkrzańska, Wełyńska, Pyrzycka, Wzgórze Bukowe), Pobrzeża Kaszubskiego oraz na Żuławach Wiślanych.

Straty w wyniku niedoborów wody wynosiły 65% plonów w uprawach traw zlokalizowanych na glebach I kategorii podatności na suszę rolniczą (rys. 18).



Rys. 17. Klimatyczny bilans wodny (KBW) w okresie od 1 VI do 31 VII 2019 r.
(minimalna wartość $-270 \div -279$ mm)

Źródło: <https://susza.iung.pulawy.pl/kbw/> (13)



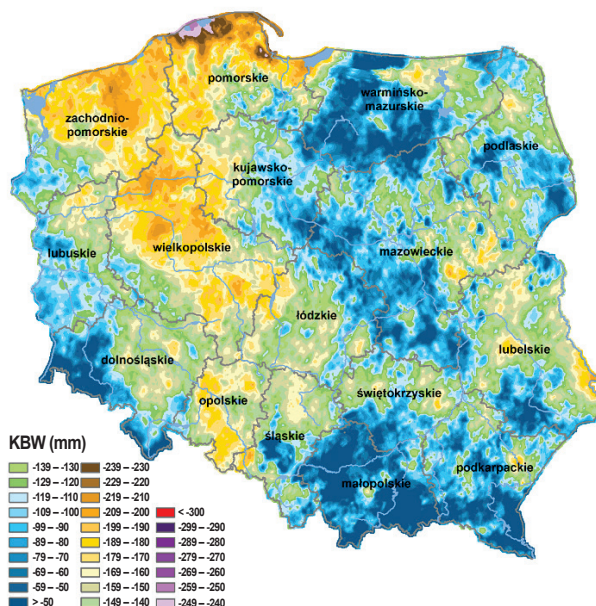
Rys. 18. Klimatyczny bilans wodny (KBW) w okresie od 21 VI do 20 VIII 2020 r.
(minimalna wartość $-210 \div -219$ mm)

Źródło: <https://susza.iung.pulawy.pl/kbw/> (13)

W 2021 r. w okresie od 1 VI do 31 VII odnotowano duże straty w wyniku deficytu wody na obszarze środkowej części Wybrzeża Słowińskiego; wynosiły 100% pło-
nów (rys. 19). Straty wystąpiły na glebach I kategorii podatności na suszę rolniczą
w uprawach:

1. Kukurydzy na ziarno;
2. Kukurydzy na kiszonkę;
3. Chmielu;
4. Tytoniu;
5. Warzyw gruntowych;
6. Krzewów owocowych;
7. Traw.

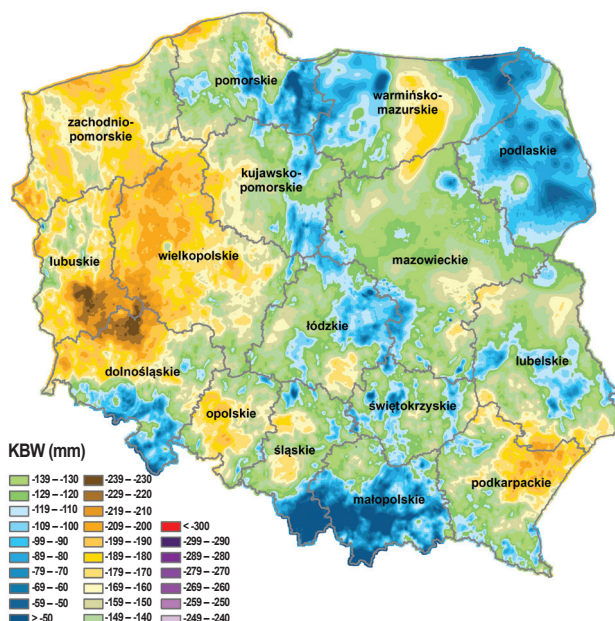
Deficyt wody na tych terenach spowodował zmniejszenie pło-
nów traw o 100%
również na glebach II kategorii podatności na suszę rolniczą (lekkich).



Rys. 19. Klimatyczny bilans wodny (KBW) w okresie od 1 VI do 31 VII 2021 r.
(minimalna wartość –250 ÷ –259 mm)

Źródło: <https://susza.iung.pulawy.pl/kbw/> (13)

W 2022 r. w okresie od 11 VI do 10 VIII największy deficyty wody notowano na terenie Wału Trzebnickiego i Lubuskiego Przełomu Odry. Straty pło-
nów w wyniku
deficytu wody na tym terenie wynosiły 90% wśród traw uprawianych na glebach
I kategorii podatności na suszę rolniczą (bardzo lekkich) (rys. 20).



Rys. 20. Klimatyczny bilans wodny (KBW) w okresie od 11 VI do 10 VIII 2022 r.
(minimalna wartość $-230 \div -239$ mm)

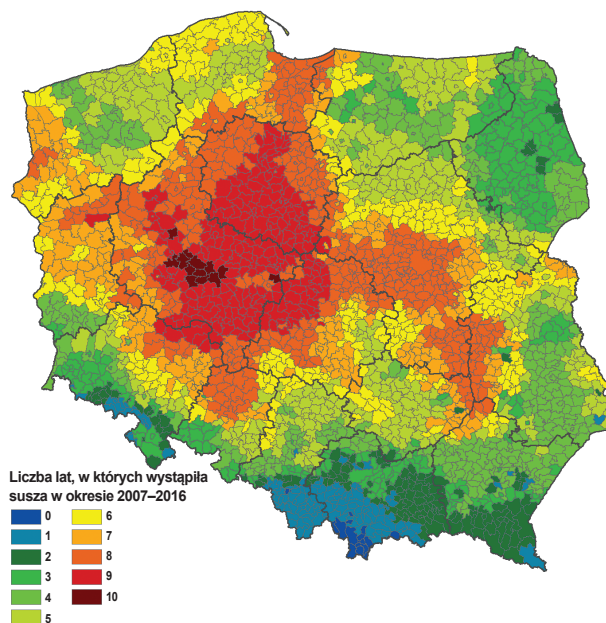
Źródło: <https://susza.iung.pulawy.pl/kbw/> (13)

W latach 2007 i 2008 wyznaczano straty z powodu niedoborów wody jako 15% obniżenie plonów, natomiast z uwagi na zmieniające się kryteria oceny wystąpienia suszy zaistniała potrzeba ponownego przeliczenia strat na obecnie obowiązujące 20% w stosunku do plonów uzyskiwanych w przeciętnych warunkach pogodowych (30). Takie podejście zapewniło porównywalność danych z poszczególnych lat.

Na poniższych mapach (rys. 21–24) zaprezentowano wskaźniki występowania suszy w gminach: liczbę lat, w których wystąpiła susza oraz czas jej trwania liczony jako udział procentowy okresów sześciodekadowych, w których stwierdzono niedobory wody w stosunku do wszystkich raportowanych okresów (rys. 25–28). Dane zestawiono w okresach 10-letnich, co dwa lata, czyli: 2007–2016, 2009–2018, 2011–2020, 2013–2022.

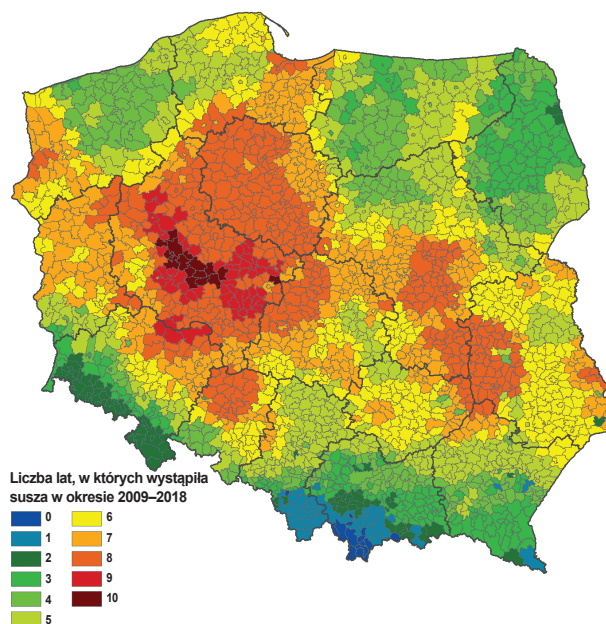
Suszę odnotowano na prawie całym obszarze Polski. Najmniej zagrożone obszary występowały na terenach górskich i podgórskich, gdzie w ogóle nie odnotowano suszy lub występowała 1–2 razy w ciągu 10 lat.

W dwóch pierwszych analizowanych okresach: 2007–2016 oraz 2009–2018 (rys. 21, 22), susza najczęściej (nawet co roku) występowała w środkowej Polsce, głównie w województwie wielkopolskim. W województwach: kujawsko-pomorskim, łódzkim, dolnośląskim, lubuskim oraz mazowieckim odnotowano ją 9 razy na 10 lat. Tylko nieco rzadziej (w ośmiu latach) występowała na terenie województw: pomorskiego, zachodniopomorskiego, lubelskiego, opolskiego oraz świętokrzyskiego.



Rys. 21. Liczba lat, w których wystąpiła susza w okresie 2007–2016

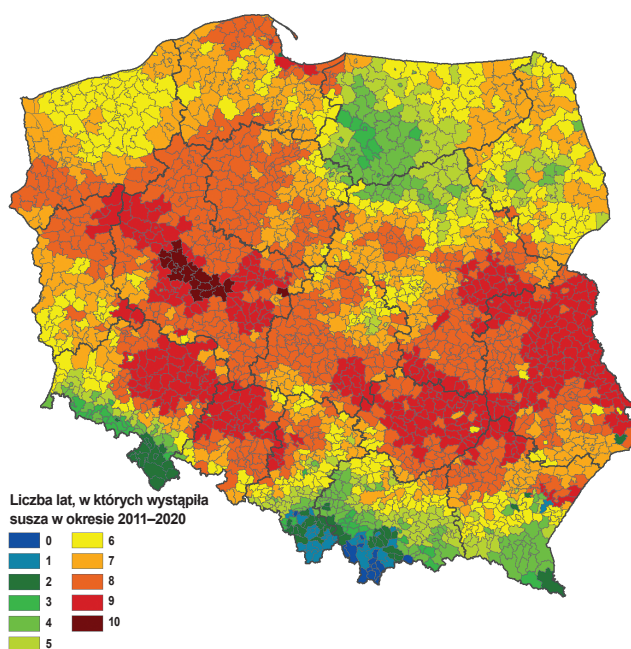
Źródło: opracowanie własne



Rys. 22. Liczba lat, w których wystąpiła susza w okresie 2009–2018

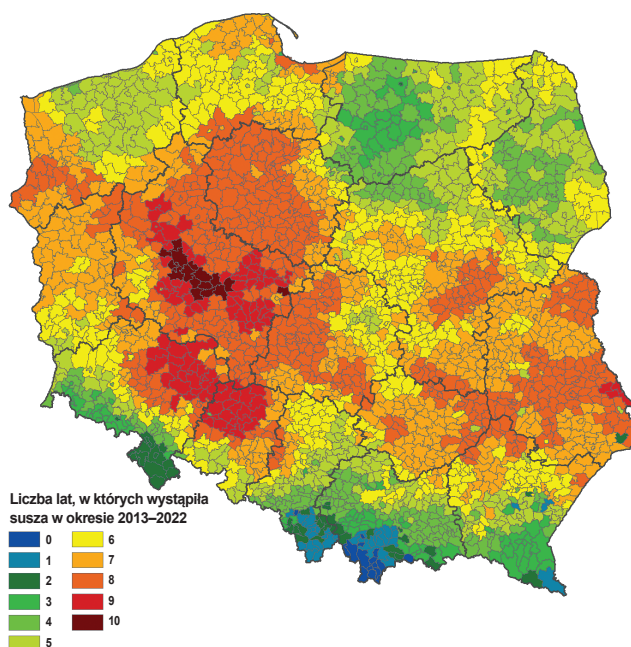
Źródło: opracowanie własne

Analiza kolejnych lat: 2011–2020 oraz 2013–2022, wskazuje na wyraźne zwiększenie częstotliwości występowania suszy na terenie całego kraju (rys. 23, 24). Najbardziej widoczne jest to w województwach lubelskim i świętokrzyskim, gdzie na większości obszaru w tych województwach w latach 2007–2016 susza występowała tylko 4–5 razy na 10 lat, systematycznie zwiększając tę częstotliwość do 8–9 na 10 lat w okresie 2013–2022 r. Wyraźny wzrost częstości występowania suszy widoczny jest również w województwach: podlaskim, podkarpackim, zachodniopomorskim, pomorskim, lubuskim oraz dolnośląskim.



Rys. 23. Liczba lat, w których wystąpiła susza w okresie 2011–2020

Źródło: opracowanie własne



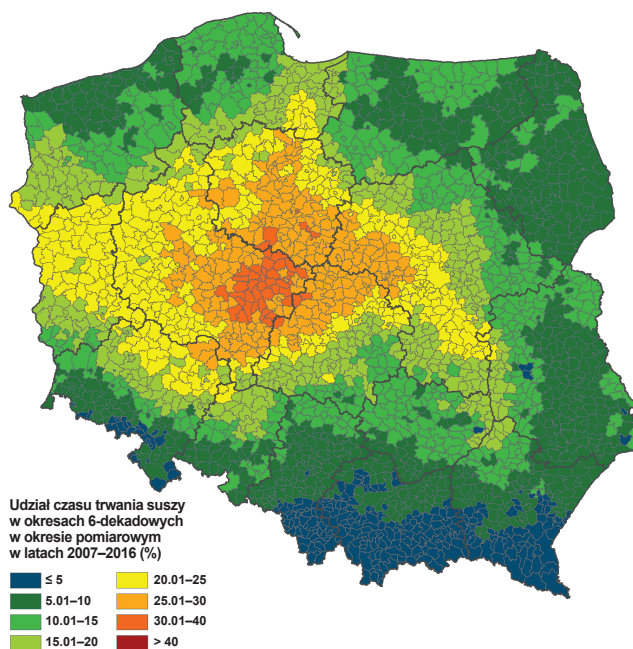
Rys. 24. Liczba lat, w których wystąpiła susza w okresie 2013–2022

Źródło: opracowanie własne

Przedstawiony powyżej wskaźnik występowania suszy w ujęciu rocznym informuje o wystąpieniu suszy w danym roku, jednak może ona być krótkotrwała i dotyczyć tylko niektórych upraw.

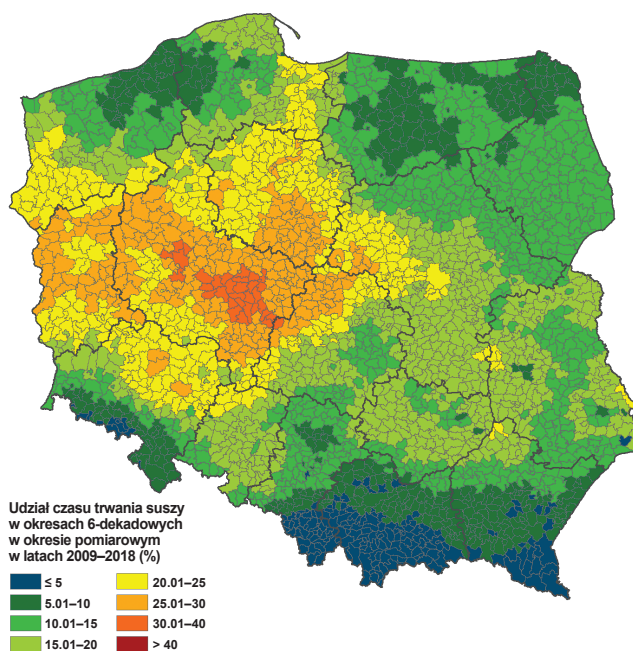
Drugi wskaźnik prezentowany za pomocą map dotyczy czasu trwania suszy (rys. 25–28). Wskazuje on na możliwość objęcia nią większej liczby upraw. W latach 2007–2016 oraz 2009–2018 (rys. 25, 26) obszarami o największej częstotliwości występowania suszy były Wielkopolska i Kujawy, gdzie notowano ją od 20 do maksymalnie 40% w raportowanych okresach sześciodekadowych. Natomiast lata 2011–2020 oraz 2013–2022 (rys. 27, 28) wskazują na wyraźne zwiększenie długości trwania suszy. W Wielkopolsce udział czasu trwania suszy zwiększył się z 20–30% do 30–40% i powyżej 40% na całym obszarze tego regionu. Czas trwania suszy zdecydowanie wydłużył się w zachodniej Polsce (woj. zachodniopomorskie, lubuskie, dolnośląskie), w latach 2007–2016 udział okresów sześciodekadowych wynosił w granicach od 5 do 15%, a w okresie 2013–2022 już powyżej 30%. Należy też zaznaczyć, że również w województwach lubelskim i świętokrzyskim czas trwania suszy znacznie wzrósł, z 5–15% do 15–30%.

Poza tym obszary o najkrótszym okresie występowania suszy (na południu Polski), które notowane są zwłaszcza w województwach małopolskim i podkarpackim, ulegają wyraźnemu zmniejszeniu.



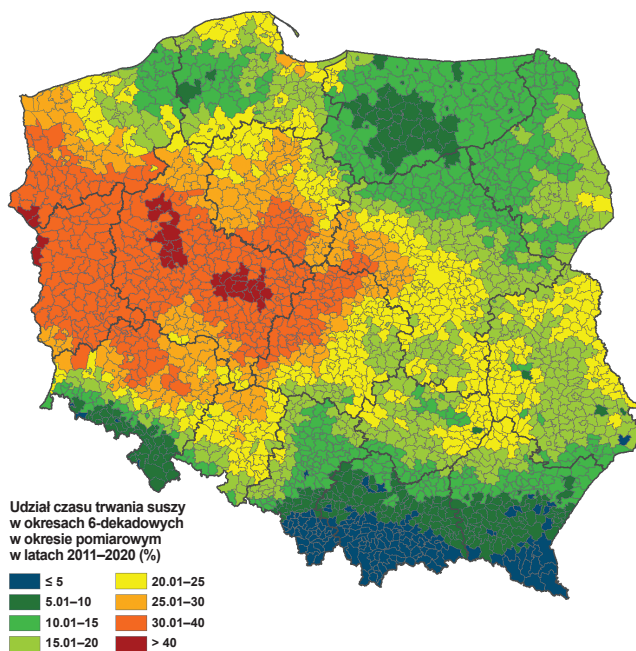
Rys. 25. Czas trwania suszy w okresach sześciodekadowych w okresie 2007–2016

Źródło: opracowanie własne



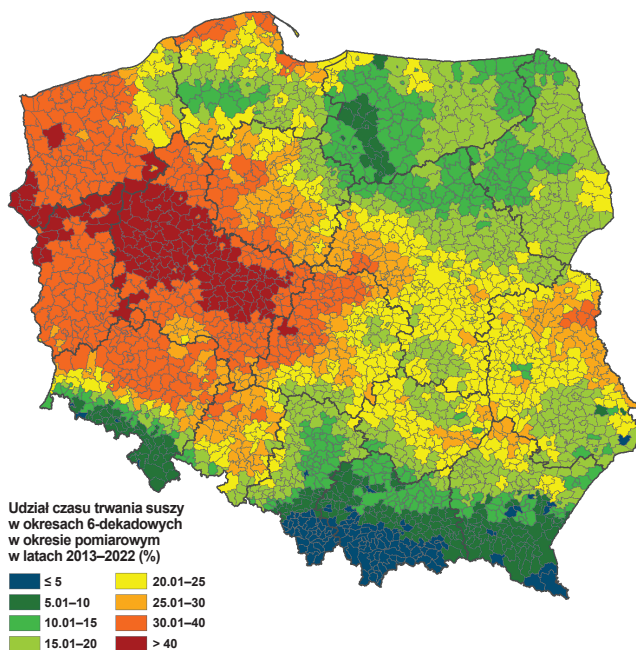
Rys. 26. Czas trwania suszy w okresach sześciodekadowych w okresie 2009–2018

Źródło: opracowanie własne



Rys. 27. Czas trwania suszy w okresach sześciodekadowych w okresie 2011–2020

Źródło: opracowanie własne



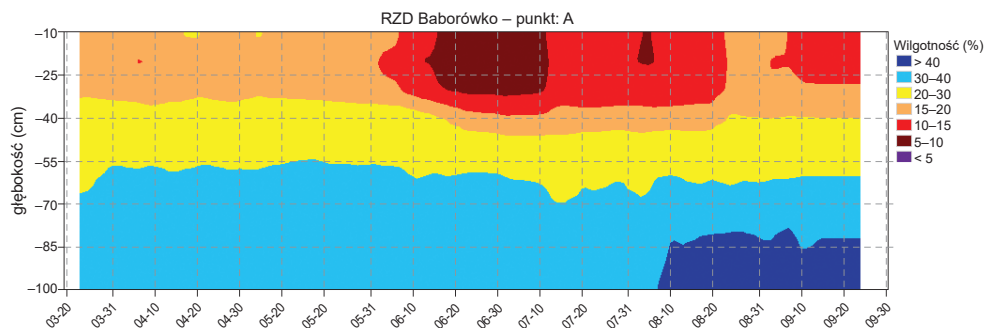
Rys. 28. Czas trwania suszy w okresach sześciodekadowych w okresie 2013–2022

Źródło: opracowanie własne

IUNG-PIB w prowadzonym Systemie dokonał weryfikacji prac związanych z monitoringiem suszy rolniczej. Na obszarze, w którym zanotowano suszę, odnotowano też zmniejszenie plonów według GUS (Główny Urząd Statystyczny) (11, 23). Dane dotyczące plonów uzyskane na podstawie KBW porównywano z danymi przedstawianymi przez GUS (14). Obliczenia dokonano dla 2008 r., w którym odnotowano dużą suszę w skali kraju. Straty plonów dla pszenicy ozimej na poziomie województw były zbieżne ze zmniejszeniem plonów według GUS (11). Wykazano pełną zgodność wyników w przypadku zmniejszenia plonów wyznaczonego za pomocą KBW (z uwzględnieniem podatności gleb na niedobór wody) oraz według GUS (11). Natomiast w 2009 r., w którym nie stwierdzono suszy rolniczej na podstawie KBW, nie stwierdzono również zmniejszenia plonu według GUS (11, 23).

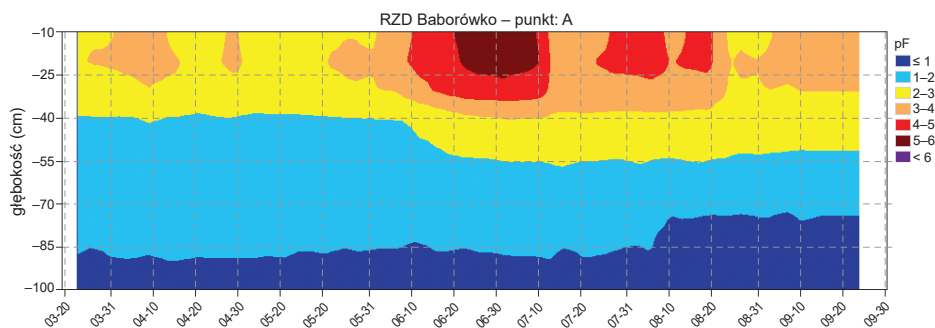
W IUNG-PIB wykonywano przez kilka kolejnych lat loty samolotem mające za zadanie weryfikację wartości KBW za pomocą zdjęć lotniczych oraz naziemnych pomiarów określających stan roślin uprawnych (28). Przeprowadzone badania potwierdziły, że posługiwanie się KBW dobrze odzwierciedla stan upraw w zależności od zasobów wodnych dostępnych dla roślin uprawnych.

SMSR jest weryfikowany również poprzez konfrontację wyników obliczonych na podstawie danych meteorologicznych z pomiarami wilgotności gleby na polach referencyjnych i wynikami bezpośrednich obserwacji łanu roślin. W celu oceny rzeczywistego wpływu suszy na plonowanie roślin prowadzony jest monitoring wilgotności gleby w 20 reprezentatywnych gospodarstwach rolnych w kraju rozmieszczonych głównie w strefie największego niedoboru wody. W każdym gospodarstwie pomiary realizowane są na 3–5 polach referencyjnych rozmieszczonych na glebach o różnej kategorii podatności na suszę i znajdujące się pod różnymi uprawami (rys. 29, 30).



Rys. 29. Uwilgotnienie profilu glebowego
(gospodarstwo referencyjne RZD IUNG-PIB Baborówko, rzepak ozimy, 2021 rok)

Źródło: www.susza.iung.pulawy (18)



Rys. 30. Dostęp do wody w glebie, wartości siły ssącej (pF)
(gospodarstwo referencyjne RZD IUNG-PIB Baborówko, rzepak ozimy, 2021 rok)

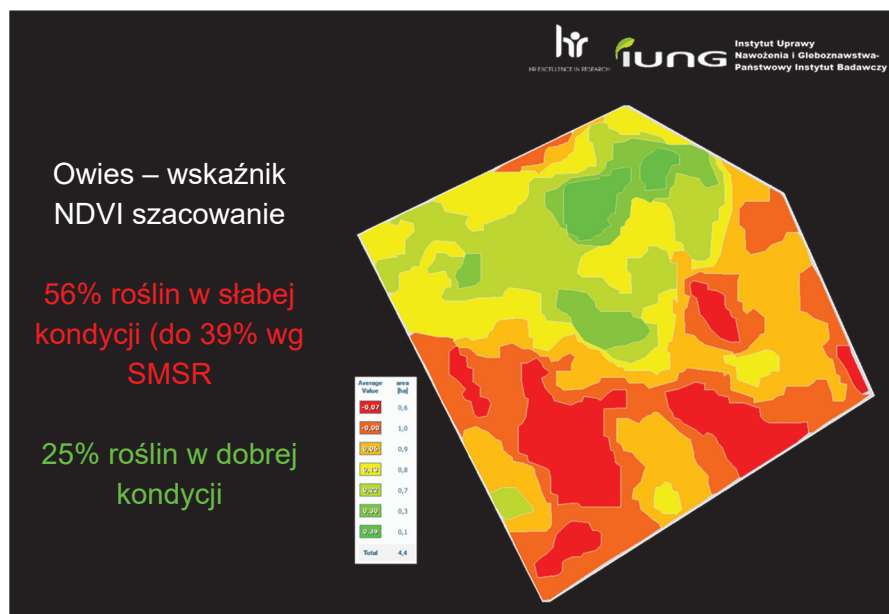
Źródło: www.susza.iung.pulawy.pl (18)

Prowadzona jest także weryfikacja wystąpienia suszy rolniczej za pomocą bezzałogowych statków powietrznych (BST, dronów) (rys. 31, 32)



Rys. 31. Szacowanie strat w plonie owsa – ortofotomapa (gmina Sianów, woj. zachodniopomorskie)

Źródło: opracowanie własne



Rys. 32. Szacowanie strat w plonie owsa na podstawie zobrazowań NDVI (gmina Sianów, woj. zachodniopomorskie)

Źródło: opracowanie własne

Podsumowanie

W tabeli 6 prezentowane są zbiorcze wyniki dotyczące suszy rolniczej w poszczególnych latach prowadzenia SMSR, które przedstawiają: liczbę i% gmin oraz powierzchnię i% gruntów ornych, a także uprawy, w których odnotowano jej wystąpienie.

Tabela 6

Lata z suszą: liczba i% gmin, liczba upraw, powierzchnia, uprawy

Rok	Liczba gmin	% gmin	Grunty orne (%)	Grunty orne (tys. ha)	Liczba okresów 6-dekadowych	Liczba upraw	Uprawy z suszą w okresie wegetacyjnym
2006	2 368	77,3	72,7	10 990	7	13	tytoń*, burak cukrowy, chmiel, rośliny strączkowe, rzepak i rzepik, truskawki, warzywa gruntowe, zboża ozime i jare, ziemniak, kukurydza na ziarno, drzewa i krzewy owocowe (15% strat plonów)

cd. tab. 6

Rok	Liczba gmin	% gmin	Grunty orne (%)	Grunty orne (tys. ha)	Liczba okresów 6-dekadowych	Liczba upraw	Uprawy z suszą w okresie wegetacyjnym
2007	930	30,4	15,1	2 279	5	7	zboża jare* i ozime, rośliny strączkowe, rzepak i rzepik, truskawki, tytoń, warzywa gruntowe (15% strat plonów)
2008	2 091	68,4	57,9	8 185	8	13	zboża jare* i ozime, burak cukrowy, chmiel, rośliny strączkowe, rzepak i rzepik, truskawki, tytoń, warzywa gruntowe, ziemniak, kukurydza, drzewa i krzewy owocowe (15% strat plonów)
2009	1 303	42,5	11,6	1 641	4	6	krzewy* i drzewa owocowe, zboża ozime i jare, truskawki, rośliny strączkowe (20% strat plonów)
2010	390	12,7	4,0	566	4	10	krzewy* i drzewa owocowe, zboża ozime i jare, ziemniak, chmiel, tytoń, warzywa gruntowe, truskawki, rośliny strączkowe (20% strat plonów)
2011	900	40,9	24,4	3 461	4	5	zboża jare* i ozime, drzewa i krzewy owocowe, truskawki (20% strat plonów)
2012	214	7,0	2,7	378	2	5	krzewy* i drzewa owocowe, zboża ozime i jare, truskawki (20% strat plonów)
2013	1 993	65,0	26,6	3 774	2	9	rośliny strączkowe*, ziemniak, krzewy owocowe, chmiel, tytoń, kukurydza na kiszonkę, warzywa gruntowe, burak cukrowy, drzewa owocowe (20% strat plonów)
2014	335	10,9	2,5	355	3	3	rośliny strączkowe*, ziemniak, krzewy owocowe (20% strat plonów)
2015	3 037	99,1	79,0	10 916	10	14	rośliny strączkowe*, zboża jare i ozime, krzewy i drzewa owocowe, truskawki, rzepak i rzepik, warzywa gruntowe, tytoń, ziemniak, chmiel, burak cukrowy, kukurydza na kiszonkę i ziarno (20% strat plonów)
2016	472	19,0	4,2	457	7	9	zboża jare* i ozime, krzewy owocowe, truskawki, rośliny strączkowe, rzepak i rzepik, burak cukrowy, kukurydza na kiszonkę i ziarno (20% strat plonów)

cd. tab. 6

Rok	Liczba gmin	% gmin	Grunty orne (%)	Grunty orne (tys. ha)	Liczba okresów 6-dekadowych	Liczba upraw	Uprawy z suszą w okresie wegetacyjnym
2017	548	22,1	4,1	457	4	11	rzepak i rzepik, zboża jare i ozime, rośliny strączkowe, krzewy owocowe, truskawki, tytoń, warzywa gruntowe, kukurydza na kiszonkę i ziarno, ziemniak (20% strat plonów)
2018	2 287	94,0	70,3	10 078	13	14	zboża jare* i ozime, rośliny strączkowe*, krzewy i drzewa owocowe, truskawki, rzepak i rzepik, warzywa gruntowe, tytoń, ziemniak, chmiel, burak cukrowy, kukurydza na kiszonkę i ziarno (20% strat plonów)
2019	2 233	90,2	61,8	10 302	14	14	warzywa gruntowe*, kukurydza na kiszonkę* i ziarno*, zboża jare i ozime, krzewy i drzewa owocowe, truskawki, rośliny strączkowych, rzepak i rzepik, tytoń, ziemniak, chmiel, burak cukrowy (20% strat plonów)
2020	1 024	41,3	12,2	1 663	14	14	zboża jare* i ozime, kukurydza na kiszonkę* i ziarno, krzewy i drzewa owocowe, truskawki, rośliny strączkowe, rzepak i rzepik, warzywa gruntowe, tytoń, ziemniak, chmiel, burak cukrowy (20% strat plonów)
2021	1 212	48,9	14,3	1 945	11	14	rzepak i rzepik*, zboża jare i ozime, rośliny strączkowe, krzewy i drzewa owocowe, truskawki, tytoń, warzywa gruntowe, kukurydza na kiszonkę i ziarno, ziemniak, chmiel, burak cukrowy (20% strat plonów)
2022	2 096	84,6	38,2	5 182	13	14	zboża jare* i ozime, krzewy i drzewa owocowe, truskawki, rośliny strączkowe, rzepak i rzepik, warzywa gruntowe, tytoń, ziemniak, chmiel, burak cukrowy, kukurydza na kiszonkę i ziarno (20% strat plonów)

*dotyczy upraw, których susza osiągnęła największy zasięg

Źródło: opracowanie własne

Wszystkie wyniki dotyczące występowania suszy rolniczej w okresie wegetacyjnym co 10 dni, od 20 maja do 30 września, dla każdej gminy w kraju (2477 gmin), dla 14 grup i gatunków roślin oraz 4 kategorii glebowych zamieszczane są w Internecie (12). Prezentacja wyników prowadzona jest w postaci 14 raportów w okresie wegetacyjnym obejmujących:

- Komentarz agrometeorologa – zawierający opis sytuacji meteorologicznej panującej w każdym okresie sześciodekadowym oraz aktualny stan zagrożenia suszą rolniczą.
- Mapy – prezentujące zagrożenia suszą dla Polski dla poszczególnych grup roślin uprawnych w poszczególnych okresach raportowania.
- Tabele – przedstawiające szczegółowe zestawienie informacji o zagrożeniu suszą we wszystkich gminach i województwach Polski. W tabeli wielostopniowej z rozwijalnym poziomem szczegółowości (województwo, powiat, gmina) podawane są informacje dla kolejnych sześciodekadowych okresów raportowania. Na poziomie gminy tabela zawiera szczegółową informację o zagrożeniu suszą z podziałem na kategorie glebowe i poszczególne gatunki roślin uprawnych oraz informacje o procentowym udziale gleb zagrożonych suszą. Taka konstrukcja tabeli pozwala na prześledzenie sytuacji o zagrożeniu suszą w wybranej gminie w poszczególnych okresach raportowania.

Literatura

1. Chmura A., Chylińska E., Dmowski Z., Nowak L.: Rola czynnika wodnego w kształtowaniu plonu wybranych roślin polowych. *Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich*. 2009, 9: 33-44.
2. Demidowicz G., Doroszewski A., Górski T.: Wpływ niedoboru opadów na straty w produkcji ziemniaka i buraka cukrowego. *Zeszyty Problemowe Postępu Nauk Rolniczych*, 1996, **438**: 43-52.
3. Demidowicz G., Doroszewski A., Górski T.: Metodyka szacunku strat w produkcji roślinnej powodowanych deficytem opadów. *Roczniki Akademii Rolniczej w Poznaniu*, 1997, **CCXCI**: 233-243.
4. Doroszewski A., Demidowicz G., Górski T.: Wpływ niedoboru opadów na straty w produkcji zbóż jarych w Polsce. *Roczniki Akademii Rolniczej w Poznaniu*, 1997, **CCXCI**: 223-231.
5. Doroszewski A., Jadczyński J., Kozyra J., Pudełko R., Stuczyński T., Mizak K., Łopatka A., Koza P., Górski T., Wróblewska E.: Podstawy Systemu Monitoringu Suszy Rolniczej. *Woda-Srodowisko-Obszary Wiejskie*, 2012, (IV-VI), t. 12, **2(38)**: 77-91.
6. Doroszewski A., Józwicki T., Wróblewska E., Kozyra J.: Susza rolnicza w Polsce w latach 1961–2010. Puławy, IUNG-PIB, 2014, ss. 144, ISBN 978-83-7562-171-6.
7. Doroszewski A., Wróblewska E., Pudełko R., Żyłowska K., Koza P., Nieróbca A.: Krajowy system monitoringu suszy rolniczej jego podstawy metodyczne i możliwości wykorzystania. W: *Innowacyjne metody gospodarowania zasobami wody w rolnictwie*, W. Dembek, J. Kuś, M. Wiatkowski, G. Żurek (red.). Brwinów 2006, ss. 105-128.
8. Farat R., Kępińska-Kasprzak M., Kowalczyk P., Mager P.: Susze na obszarze Polski w latach 1951–1990. *Materiały Badawcze IMGW, Gospodarka Wodna i Ochrona Wód*, 1995, **16**: 1-141.

9. G ó r s k i T.: Zmiany warunków agroklimatycznych i długość okresu wegetacji roślin w ostatnim stuleciu. W: Długookresowe przemiany krajobrazu Polski w wyniku zmian klimatu i użytkowania ziemi, M. Gutry-Korycka, A. Kędziora, L. Starkel, L. Ryszkowski (red.). Komitet Narodowy IGBP – Global Change, Poznań 2006, ss. 65-77.
10. G ó r s k i T., Doroszewski A.: Wpływ opadów atmosferycznych na plonowanie ziemniaków w Polsce. Zeszyty Problemowe Postępu Nauk Rolniczych, 1986, **284**: 369-375.
11. GUS. Produkcja upraw rolnych i ogrodnich w 2008 roku. Warszawa 2009, ss. 154.
12. <http://www.susza.iung.pulawy.pl>
13. <http://www.susza.iung.pulawy.pl/KBW/>
14. <http://www.susza.iung.pulawy.pl/mapa-kategorii/>
15. K a c a E., Ł a b ę d z k i L., L u b b e L.: Gospodarowanie wodą w rolnictwie w obliczu ekstremalnych zjawisk pogodowych. Postępy Nauk Rolniczych, 2011, **1**: 37-49.
16. K a n e c k a-Geszke E., Smarzyńska K.: Ocena suszy meteorologicznej w wybranych regionach agroklimatycznych Polski przy użyciu różnych wskaźników. Acta Scientiarum Polonorum, Formatio Circumiectus, 2007, **6(2)**: 41-50.
17. K a s p r o w i c z T.: Ocieplenie klimatu Polski na przykładzie Poznania, na podstawie występowania najcieplejszych i najchłodniejszych miesięcy , pór roku i lat w wieloleciu 1848–2018. W: Współczesne problemy klimatu Polski, L. Chojnackiej-Ożga i H. Lorenc, IMGW-PIB, seria publikacji naukowo-badawczych IMGW-PIB, Warszawa 2019, ss. 41 -51
18. K o z y r a J., Doroszewski A., Nieróbca A.: Zmiany klimatyczne i ich przewidywany wpływ na rolnictwo w Polsce. Studia i Raporty IUNG-PIB, 2009, **14**: 243-257.
19. K o z y r a J., G ó r s k i T.: Wpływ zmian klimatu na uprawę roślin w Polsce. W: Klimat–Środowisko –Człowiek. Wrocław, Polski Klub Ekologiczny, Okręg Dolnośląski, 2004, ss. 41-50.
20. K o z y r a J., G ó r s k i T.: Wpływ zmian klimatycznych na rolnictwo w Polsce. Zmiany klimatu, a rolnictwo i obszary wiejskie. FDPA, 2008, s. 35-40.
21. Kundzewicz Z.: Gdyby mała wody miarka ... Zasoby wodne dla trwałego rozwoju. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2000, ss. 195.
22. K u n d z e w i c z Z., K o z y r a J.: Ograniczenie wpływu zagrożeń klimatycznych w odniesieniu do rolnictwa i obszarów wiejskich. Polish Journal of Agronomy, 2011, **7**: 68-81.
23. M i z a k K., Pudełko R., Kozyra J., Nieróbca A., Doroszewski A., Świtaj Ł., Ł opatka A.: Wyniki monitoringu suszy rolniczej w uprawach pszenicy ozimej w Polsce w latach 2008–2010. Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie, 2011, **11(2) (34)**: 95-107.
24. Ł a b ę d z k i L.: Susze rolnicze. Zarys problematyki oraz metody monitorowania i klasyfikacji. Woda- Środowisko-Obszary Wiejskie. Rozprawy naukowe i monografie, 2006, **17(6)**: 1-107. ISBN 83-88763-63.
25. Ł a b ę d z k i L.: Przewidywane zmiany klimatyczne a rozwój nawodnień w Polsce. Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich, Polska Akademia Nauk, 2009, **3**: 7-18.
26. Ł a b ę d z k i L., Adamski P.: Związek między opadami uprzednimi a uwilgotnieniem gleby w uprawie buraków cukrowych na Kujawach. Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie, 2010, **10**, **3(31)**: 165-174.
27. Ł a b ę d z k i L., Bąk B.: Standaryzowany klimatyczny bilans wodny jako wskaźnik suszy Acta Agrophysica, 2004, **3(1)**: 117-124.
28. P u d e ł k o R., K o z y r a J., Mizak K., Nieróbca A., Doroszewski A., Świtaj Ł., Jóźwicki T.: Low altitude remote sensing of agricultural drought, Agrometeorology research, Acta Agrophysica, Rozprawy i monografie, 2010, **185**: 56-64.
29. Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 9 czerwca 2009 r w sprawie wartości klimatycznego bilansu wodnego dla poszczególnych gatunków roślin i gleb (Dz.U. z 2010 r. nr 75, poz. 480).

30. Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi, z dnia 11 kwietnia 2019 r w sprawie wartości klimatycznego bilansu wodnego dla poszczególnych gatunków roślin i gleb Rozporządzeniu Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi (Dz.U. z 2019 r., poz. 739).
31. Skrabka H.: Roślina a środowisko. Wybrane działy z fizjologii roślin. Skrypty Akademii Rolniczej, Wrocław, 1992, **374**: 41-47. ISSN 0239-576.
32. Somowska U.: Changes in Drought Conditions in Poland over the Past 60 Years Evaluated by the Standardized Precipitation-Evapotranspiration Index. *Acta Geophysica*, 2016, **64(6)**: 2530-2549, DOI: 10.1515/acgeo-2016-0110.
33. Ślusarczyk E.: Określenie retencji użytecznej gleb mineralnych – dla prognozowania i projektowania nawodnień. *Melioracje Rolne*, 1979, **3**: 1-10.
34. Tokarczyk T.: Wskaźniki oceny suszy stosowane w Polsce i na świecie. *Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich*. Polska Akademia Nauk, 2008, **7**: 167-182.
35. Ustawa z dnia 7 lipca 2005 roku o ubezpieczeniach upraw rolnych i zwierząt gospodarskich (Dz.U. z 2005 r. nr 150 poz. 1249).
36. Van Lanen H.A.J., Laaha G., Kingston D.G., Gauster T., Ionita M., Vidal J.P., Vlnas R., Tallaksen L.M., Stahl K. i in.: Hydrology needed to manage droughts: the 2015 European case. *Hydrological Processes*, Wiley Online Library (wileyonlinelibrary.com), 2016, **30**: 3097-3104, DOI: 10.1002/hyp.10838.
37. Żyłowska K., Kozyra J.: Zmiany warunków agroklimatycznych w Polsce. *Studia i Raporty IUNG-PIB*, 2022, **67(21)**: 9-23.

Adres do korespondencji:

dr hab. Andrzej Doroszewski, prof. IUNG-PIB¹; mgr Piotr Koza²

¹Zakład Agrometeorologii i Zastosowań Informatyki

²Zakład Gleboznawstwa Erozji i Ochrony Gruntów

IUNG-PIB

ul. Czarторыskich 8,

24-100 Puławy

tel. 81 4786 750; 777

email: ador@iung.pulawy.pl

Piotr.Koza@iung.pulawy.pl

AUTOR

ORCID

Andrzej Doroszewski

0000-0002-1429-4412

Piotr Koza

0000-0002-0243-7631