

Prof. dr hab. inż. LESZEK ŁABĘDZKI
Dr inż. BOGDAN BĄK
Mgr inż. EWA KANECKA-GESZKE
Mgr KAROLINA SMARZYŃSKA
Mgr inż. TYMOTEUSZ BOLEWSKI
Instytut Technologiczno-Przyrodniczy
Kujawsko-Pomorski Ośrodek Badawczy w Bydgoszczy

SYSTEM MONITOROWANIA I PROGNOZOWANIA WARUNKÓW WILGOTNOŚCIOWYCH EKOSYSTEMÓW ROLNICZYCH

Streszczenie

Instytut Technologiczno-Przyrodniczy od 2012 r. prowadzi ogólnokrajowy monitoring agrometeorologiczny na obszarach wiejskich. System dostarcza bieżące i prognozowane informacje dotyczące stanu i skutków niedoborów i nadmiarów wody w wybranych, reprezentatywnych ekosystemach rolniczych, a także przedstawia ocenę potencjalnej redukcji plonu upraw rolniczych. Niezbędne dane meteorologiczne zapewnia sieć automatycznych stacji pomiarowych rozmieszczonych w 13 regionach na terenie Polski. Prognozy meteorologiczne, niezbędne do opracowania przewidywanych zmian niedoborów i nadmiarów wody w kolejnych 10 i 20 dniach, pochodzą z serwisu meteorologicznego MeteoGroup Polska. Wyniki monitoringu oraz prognozy są prezentowane w Internecie w postaci map, wykresów i tabel.

Słowa kluczowe: monitoring agrometeorologiczny, prognozowanie, niedobory wody, nadmiary wody, rolnictwo

System of monitoring and forecasting moisture conditions of agricultural ecosystems

Summary

Since 2012 Institute of Technology and Life Sciences has lead a national agrometeorological monitoring in rural areas. The system provides current and forecasted information on the status and impact of water deficit and surplus in selected, representative agricultural ecosystems and estimates potential reduction of crop yield. Required meteorological data are provided by a network of automatic stations located in 13 regions on Polish territory. Weather forecasts, necessary to develop predictions of water shortages in the

next 10 and 20 days, come from the meteorological service of MeteoGroup Poland. Results of the monitoring and forecasts are presented as maps, graphs and tables in the Internet.

Key words: agrometeorological monitoring, forecast, water deficit, water surplus, agriculture

Wstęp

Zintegrowane monitorowanie oraz prognozowanie deficytu i nadmiaru wody jako zjawisk niekorzystnych w rolnictwie, jest działaniem wspierającym racjonalne wykorzystanie zasobów wody w rolnictwie. Częsta zmiana warunków meteorologicznych, zwłaszcza opadów w okresie wegetacyjnym, skutkuje dla produkcji roślinnej okresami nadmiernego uwilgotnienia gleby oraz częściej suszą rolniczą. Polskie rolnictwo opiera się głównie na wodach opadowych, retencjonowanych w glebie i wykorzystywanych przez rośliny uprawne. W półroczu letnim największy pobór wody przez rośliny często przewyższa występujące w tym czasie opady atmosferyczne. Ocenia się, że produkcja rolnicza w Polsce obejmuje około 60% powierzchni kraju i na jej potrzeby wykorzystuje się ponad 40% sumarycznych rocznych opadów atmosferycznych [Mioduszeński i in. 2011]. Skutki deficytu lub nadmiaru wody mają poważne znaczenie ekonomiczne, społeczne i środowiskowe, stąd potrzeba monitorowania ich przebiegu oraz prognozowania.

Przestrzenny i czasowy rozkład deficytów i nadmiarów wody na obszarach rolniczych zależy również od zmienności warunków glebowo-wodnych oraz charakteru i poziomu produkcji rolniczej na danym obszarze. Zwiększający się dostęp na wsi do Internetu sprawił, że rolnicy coraz chętniej korzystają z informacji, które mogą wspomagać ich działania dotyczące produkcji rolniczej. W Polsce od połowy pierwszego dziesięciolecia XXI wieku działa kilka internetowych serwisów, które dostarczają informacje o warunkach agrometeorologicznych. Do najważniejszych serwisów należą:

- Ogólnopolski monitoring suszy rolniczej w Polsce prowadzony przez Instytut Uprawy, Nawożenia i Gleboznawstwa w Puławach. W serwisie internetowym IUNG prezentowane są mapy zagrożenia suszą rolniczą w okresach 6-dekadowych od kwietnia do września. Kryterium identyfikacyjne suszy stanowią krytyczne wartości klimatycznego bilansu wodnego, powodujące obniżeniu plonów o 15% w stosunku do wartości średnich z wielolecia [Doroszewski i in. 2008, SMSR 2012],
- Wielkopolski Internetowy Serwis Informacji Agrometeorologicznej (WISIA), powstały na Uniwersytecie Przyrodniczym w Poznaniu [AGROMETEO 2012, Leśny i in. 2004]. Celem serwisu jest dostarczanie informacji i prognoz agrometeorologicznych, które

tworzą system rolniczego wspomagania decyzji służących organizowaniu codziennej pracy w gospodarstwie rolnym na obszarze Wielkopolski i przyległych województw,

- Monitoring suszy na obszarach rolniczych na Kujawach, obejmujący rejon doliny górnej Noteci i Kujaw, czyli obszarów szczególnie zagrożonych suszą meteorologiczną i rolniczą. System został uruchomiony w 2008 r. w Instytucie Melioracji i Użytków Zielonych (obecnie Instytut Technologiczno-Przyrodniczy) i działał do końca okresu wegetacyjnego w 2012 r. [Bąk, Łabędzki 2009, Kasperska-Wołowicz, Łabędzki 2006, Łabędzki 2006, Łabędzki, Bąk 2010].

- Progностyczno-operacyjny system udostępniania charakterystyk suszy „POSUCH@” prowadzony przez Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej [IMGW 2013]. Bazę serwisu stanowi system oceny i prognozy rozwoju suszy oraz opisu susz historycznych.

W ramach Programu Wieloletniego pt. "Standaryzacja i monitoring przedsięwzięć środowiskowych, techniki rolniczej i rozwiązań infrastrukturalnych na rzecz bezpieczeństwa i zrównoważonego rozwoju rolnictwa i obszarów wiejskich", realizowanego przez Instytut Technologiczno-Przyrodniczy w latach 2011-2015, został opracowany i wdrożony w 2012 r. system monitoringu deficytu i nadmiaru wody w obszarach rolniczych. Powyższe zadanie jest elementem działania 1.2 „Monitoring, prognoza przebiegu i skutków oraz ocena ryzyka wystąpienia deficytu i nadmiaru wody na obszarach wiejskich”.

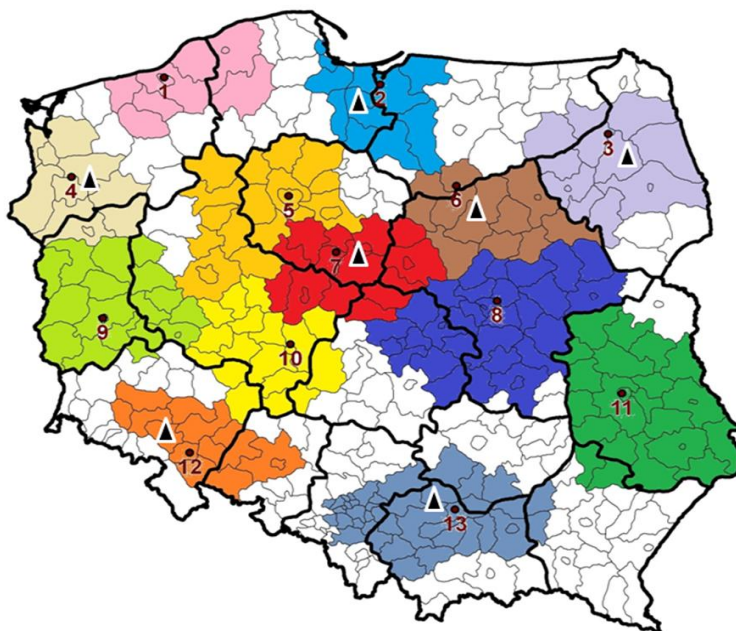
W artykule przedstawiono założenia, stosowane metody i schemat działania utworzonego systemu monitoringu agrometeorologicznego, który jest prowadzony w wybranych regionach Polski, a jego wyniki są prezentowane na stronach internetowych. Monitoring prowadzony jest dla wybranych upraw polowych i użytków zielonych w wybranych reprezentatywnych ekosystemach rolniczych i zlewniach rolniczych. Znajdują się one w kilkunastu regionach agroklimatycznych Polski, o różnych warunkach glebowo-wodnych. Wyniki monitoringu są reprezentatywne dla obszaru kraju o powierzchni ok. 200 tys. km².

Prezentowany system przedstawia informacje dotyczące warunków opadowych, warunków uwilgotnienia gleby, kwantyfikację suszy rolniczej i będącej jej skutkiem potencjalną redukcję plonów. W porównaniu do innych, podobnych systemów monitoringu działających w Polsce, dostarcza również prognozę tych warunków i parametrów na okres najbliższych 10 i 20 dni.

Opis systemu monitoringu

System pomiarowo-informatyczny monitoringu warunków agrometeorologicznych w ekosystemach rolniczych składa się z bazy danych, modułu modelowania (który zawiera algorytmy i procedury symulacji warunków wodnych oraz obliczania wskaźników) oraz modułu prezentacji wyników. Istotnym elementem systemu jest baza danych, zawierająca dane meteorologiczne: historyczne, bieżące i progностyczne oraz stałe dane glebowo-rolnicze. Dane te służą do obliczania wskaźników opisujących stan rzeczywisty i prognozę nadmiaru i deficytu wody oraz skutków deficytu w postaci potencjalnej redukcji plonu końcowego. Formą prezentacji wyników monitoringu są mapy, wykresy i tabele.

Na podstawie analizy zróżnicowania klimatycznego Polski i warunków agroklimatycznych na obszarze kraju, wydzielono dla celów monitoringu 13 regionów (rys. 1, tab. 1) [Woś 1999]. Granice regionów pokrywają się z granicami powiatów. Całkowita powierzchnia powiatów leżących w granicach tych regionów wynosi 204615 km². W każdym z tych regionów znajduje się automatyczna stacja meteorologiczna, z których pozyskiwane dane pomiarowe są transmitowane za pomocą GPRS do Ośrodka ITP w Bydgoszczy.



Rys. 1. Lokalizacja automatycznych stacji meteorologicznych; ● - stacje meteorologiczne, ▲ - zlewnie rolnicze

Źródło: opracowanie własne

Tabela 1

Lokalizacja automatycznych stacji meteorologicznych

Nr	Stacja	Wysokość (m n.p.m.)	Szerokość geograficzna	Długość geograficzna	Region klimatyczny wg Wosia [1999]
1	Koszalin	32	54°12'	16°09'	VII Środkowopomorski
2	Elbląg	-3	54°10'	19°19'	IV Dolnej Wisły
3	Biebrza	103	53°39'	22°34'	XII Mazursko-Podlaski
4	Pyrzyce-Reńsko	23	53°14'	14°57'	VI Zachodniopomorski
5	Bydgoszcz	66	53°06'	18°01'	IX Chełmińsko-Toruński XV Środkowowielkopolski
6	Mława - Białuty	168	53°12'	20°23'	X Zachodniomazurski XI Środkowomazurski
7	Osięciny-Samszyce	93	53°36'	18°42'	XVII Środkowopolski
8	Falenty	107	52°08'	20°55'	XVIII Środkowomazowiecki
9	Zielona Góra	182	51°56'	15°30'	XIV Lubuski
10	Kalisz	140	51°44'	18°05'	XVI Południowowielkopolski
11	Lublin	171	51°14'	22°34'	XIX Podlasko-Poleski XXI Wschodniomałopolski XXVIII Zamojsko-Przemyski
12	Niemcza-Gilów	273	50°43'	16°45'	XXIV Dolnośląski Środkowy
13	Proszowice-Opatkowice	210	50°12'	20°17'	XXVI Śląsko-Krakowski

Źródło: opracowanie własne

W 7 regionach wybrano reprezentatywne zlewnie rolnicze, w których prowadzone są okresowe pomiary wilgotności gleby w wybranych uprawach i siedliskach użytków zielonych (rys. 1):

- 1) zlewnia rzeki Gowienicy, region północno-zachodni, wschodnia część jeziora Miedwie, stacja nr 4
- 2) polder Fiszewka „S”, region północny – Żuławy, stacja nr 2
- 3) obiekt Kuwasy, region północno-wschodni – zlewnia Biebrzy, stacja nr 3
- 4) zlewnia rzeki Zgłowiączki, region centralny – Kujawy, stacja nr 7
- 5) zlewnia rzeki Mławki, region centralny – Mazowsze, stacja nr 6
- 6) zlewnia Ślęzy, region południowo-zachodni - Przedgórze Sudeckie, stacja nr 12
- 7) zlewnia rzeki Szreniawy, region południowy - Wyżyna Olkuska, stacja nr 13

Monitorowanie deficytów i nadmiarów wody odbywa się metodą wskaźnikową. Warunki opadowe są monitorowane za pomocą wskaźnika standaryzowanego opadu SPI, uwilgotnienie gleby - wskaźnika uwilgotnienia gleby SMI, deficyt wody dla roślin uprawnych

- wskaźnika suszy rolniczej CDI, potencjalna redukcja plonu końcowego - wskaźnika redukcji plonu YR. Ocenę tych warunków dokonuje się na podstawie wartości liczbowych powyższych wskaźników. Jest to etap kwantyfikacji oceny. Następnie, stosując uzasadnioną klasyfikację wartości tych wskaźników i kryteria, dokonuje się werbalnej oceny uwarunkowań według przyjętej klasyfikacji.

Wskaźniki wyznaczane są w okresie kwiecień-październik co dekadę, za okres poprzedzających 10/11 dni. Tworzona jest prognoza średnio- (10-dniowa) i długoterminowa (20-dniowa) tych wskaźników na podstawie prognozy meteorologicznej, pozyskiwanej z MeteoGroup Polska [MeteoGroup 2012]. MeteoGroup Polska stosuje własny system prognozowania Multi-Model MOS (Model Output Statistics), u podstaw którego leżą obliczenia meteorologicznych modeli numerycznych z najbardziej uznanych światowych ośrodków.

Wskaźnik SPI obliczany jest dla 35 stacji meteorologicznych położonych na obszarze całego kraju. Parametry potrzebne do określania pozostałych wskaźników są pozyskiwane z użyciem modelowania matematycznego. Zastosowano model CROPBALANCE, będącym autorskim modelem opracowanym w ITP, który symuluje bilans wodny gleby z krokiem czasowym 1 doby [Łabędzki 2006, Łabędzki i in. 2008].

Wskaźniki SMI, CDI i YR są obliczane dla następujących upraw rolniczych: pszenica ozima, jęczmień jary, ziemniak późny, burak cukrowy, rzepak ozimy i kukurydza, na glebach bardzo lekkich, lekkich, średnich i ciężkich [Gleboznawstwo 1995] oraz dla trwałych użytków zielonych w siedlisku mokrym, wilgotnym, posusznym i suchym (tab. 2).

Tabela 2

Monitorowane rośliny i kategorie gleb

Roślina/ siedlisko TUZ	Kategoria gleb			
	bardzo lekkie	lekke	średnie	ciężkie
Pszenica ozima	x	x	x	x
Jęczmień jary	x	x	x	x
Ziemniak późny	x	x	x	x
Burak cukrowy	-	x	x	x
Rzepak ozimy	-	x	x	x
Kukurydza na zielonkę	-	x	x	X
Siedlisko TUZ	mokre A	wilgotne B	posuszne C	suche D

- na oznaczonej kategorii gleby uprawa nie jest wskazana; TUZ – trwałe użytki zielone

Źródło: opracowanie własne

Od 1 kwietnia 2013 r. wyniki monitoringu prezentowane są na stronie internetowej pod adresem <http://agrometeo.itp.edu.pl> lub na stronie ITP (www.itp.edu.pl, zakładka: Monitoring Agrometeo).



Strona obejmuje szereg podstron, zawierających informacje o projekcie (Opis projektu, Zespół realizacyjny, Opis systemu monitoringu) oraz o warunkach wilgotnościowych agroekosystemów (Warunki opadowe, Uwilgotnienie gleby, Deficyt wody roślin uprawnych, Potencjalna redukcja plonu). Ponadto prowadzony jest również monitoring wód powierzchniowych płynących (podstrona: Wody powierzchniowe płynące), który nie jest przedmiotem tego artykułu.

Na stronie prezentowane są:

1. Co miesiąc mapy warunków opadowych na obszarze całej Polski (na podstawie pomierzonych opadów na 35 stacjach) w poprzedzających okresach 1-, 2-, 3-, 6-, 12-, 24-, 36- i 48-miesięcznych.
2. Co dekadę:
 - 2.1. Mapy warunków opadowych na obszarze całej Polski (na podstawie pomierzonych opadów na 35 stacjach) w poprzedzającym okresie trzech dekad (30/31 dni) oraz prognozy na 10 i 20 dni naprzód.

- 2.2. Mapy warunków uwilgotnienia gleby w 13 regionach (o powierzchni 204 tys. km²) dla wybranych upraw polowych i kategorii gleb oraz siedlisk trwałych użytków zielonych oraz prognozy na 10 i 20 dni naprzód.
- 2.3. Mapy obrazujące deficyt wody dla roślin i suszę rolniczą w 13 regionach (o powierzchni 204 tys. km²) dla wybranych upraw polowych i kategorii gleb oraz siedlisk trwałych użytków zielonych polowych i kategorii gleb oraz prognozy na 10 i 20 dni naprzód.
- 2.4. Mapy potencjalnej redukcji plonu roślin uprawnych i trwałych użytków zielonych w 13 regionach (o powierzchni 204 tys. km²) oraz prognozy na 10 i 20 dni naprzód.
- 2.5. Wykresy obrazujące wyniki pomiarów wilgotności gleby w wybranych agroekosystemach w 7 zlewniach badawczych.

Warunki opadowe

Warunki opadowe są oceniane przy użyciu wskaźnika standaryzowanego opadu SPI (*Standardized Precipitation Index*). Jest to wskaźnik deficytu i nadmiaru opadów, pokazujący standaryzowane odchylenie opadu w danym okresie od mediany opadu [Bąk, Łabędzki 2002, Łabędzki 2006, 2007, Łabędzki in. 2008, McKee i in. 1993, 1995, National Drought Mitigation Centre 2012]. Wskaźnik SPI obliczany jest z wykorzystaniem historycznego ciągu opadów wg wzoru:

$$SPI = \frac{u - u_{sr}}{d_u} \quad (1)$$

gdzie: *SPI* - wskaźnik standaryzowanego opadu, *u* - znormalizowana wartość opadu zmierzonego, *u_{sr}* - średnia wartość znormalizowanego ciągu opadów, *d_u* - odchylenie standardowe znormalizowanego ciągu opadów.

Na podstawie wartości SPI dokonywana jest ocena niedoboru opadów (intensywności suszy meteorologicznej) i nadmiaru opadów:

- 1) co dekadę w przesuwanych o dekadę poprzedzających okresach 3-dekadowych,
- 2) co miesiąc w poprzedzających okresach 1-, 2-, 3-, 6-, 12-, 24-, 36- i 48-miesięcznych.

SPI dla okresu 1-6 miesięcy (SPI-3dek, SPI-1, SPI-2, SPI-3, SPI-6) służy do monitoringu krótkotrwałych lub sezonowych niedoborów lub nadmiarów opadów, SPI obliczany dla 12 miesięcy (SPI-12) – wielomiesięcznych (średnioterminowych), SPI dla 24-48 miesięcy (SPI-24, SPI-36, SPI-48) – kilkuletnich (długoterminowych). SPI dla 1-3 miesięcy dobrze korelują z wilgotnością gleby, czyli mogą wskazywać na zagrożenie suszą glebową i rolniczą bądź

nadmiernym uwilgotnieniem gleby, dla 6-12 miesięcy – z natężeniem przepływu w rzekach i wskazują na zagrożenie suszą hydrologiczną wód powierzchniowych, a dla 24-48 miesięcy – z poziomami wody gruntowej i są odpowiednie do detekcji susz wywołujących długookresowe skutki (np. suszę wód gruntowych). Klasyfikację warunków opadowych dokonuje się według 9-stopniowej skali (tab. 3).

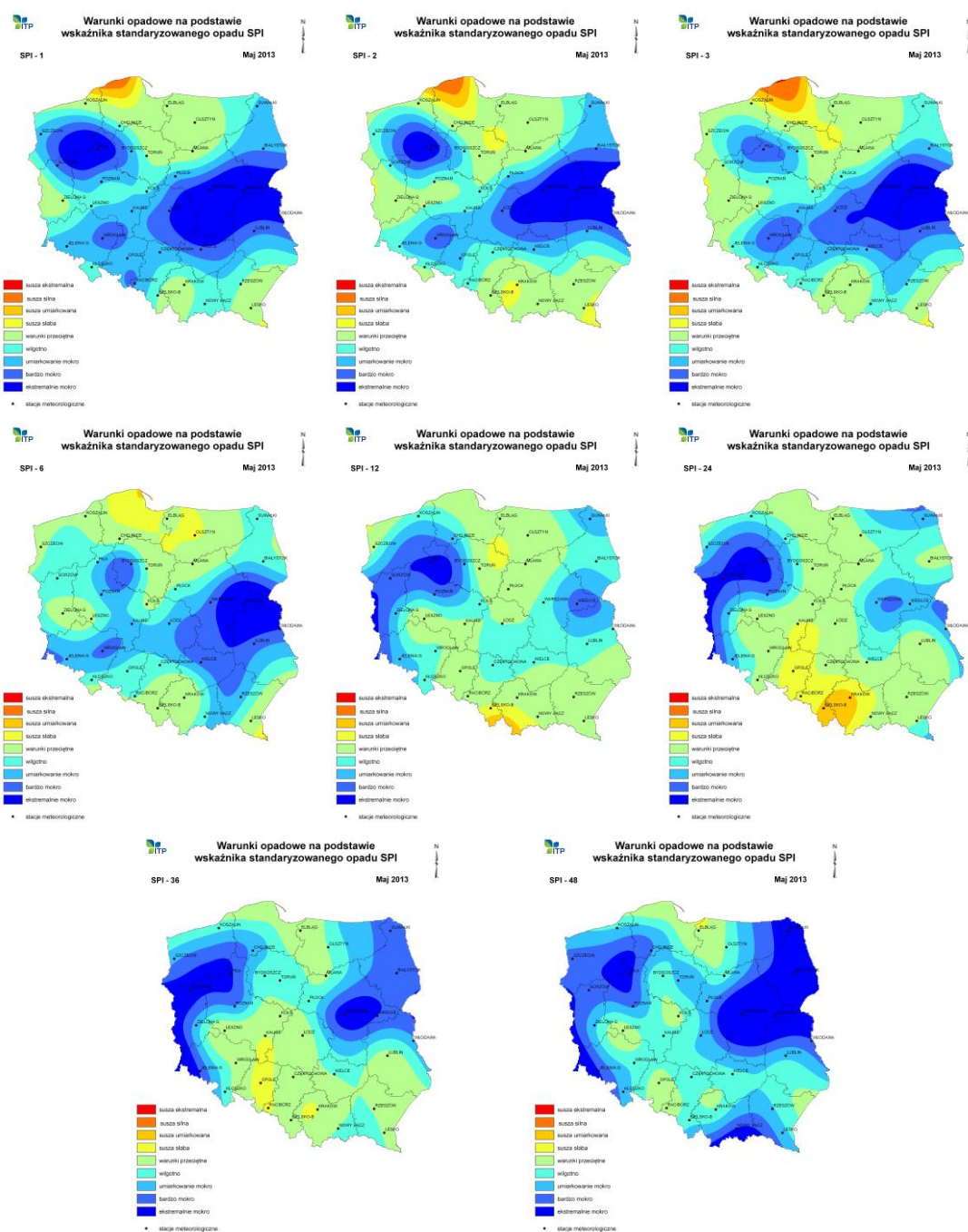
Tabela 3

Klasyfikacja warunków opadowych na podstawie wskaźnika SPI

Wartość SPI	Kategoria warunków opadowych
$\leq -2,00$	susza ekstremalna
$(-2,00; -1,50]$	susza silna
$(-1,50; -1,00]$	susza umiarkowana
$(-1,00; -0,50]$	susza słaba
$(-0,50; 0,50)$	warunki przeciętne
$[0,50; 1,00)$	wilgotno
$[1,00; 1,50)$	umiarkowanie mokro
$[1,50; 2,00)$	bardzo mokro
$\geq 2,00$	ekstremalnie mokro

Źródło: opracowanie własne na podstawie McKee i in. [1993]

Przykład oceny warunków opadowych na podstawie wskaźnika SPI w Polsce w maju 2013 r. przedstawiono na rysunku 2.



Rys. 2. Warunki opadowe na podstawie wskaźnika SPI w Polsce w maju 2013 r.
Źródło: opracowanie własne

Warunki uwilgotnienia gleby

Ocena warunków uwilgotnienia gleby dokonywana jest na podstawie wartości wskaźnika uwilgotnienia gleby SMI (*Soil Moisture Index*) [Hunt i in. 2008], obliczanego na koniec dekady wg wzoru:

$$SMI = -5 + 10 \frac{ZWU_a}{ZWU} \quad (2)$$

gdzie: ZWU_a – aktualny zapas wody użytecznej w warstwie korzeniowej, ZWU – zapas wody użytecznej w warstwie korzeniowej.

Wskaźnik SMI umożliwia porównanie warunków uwilgotnienia w glebach o różnych zdolnościach retencyjnych i obiektywną ocenę intensywności suszy glebowej oraz stanów nadmiernego uwilgotnienia. Klasyfikację uwilgotnienia gleby dokonuje się według 4-stopniowej skali (tab. 4).

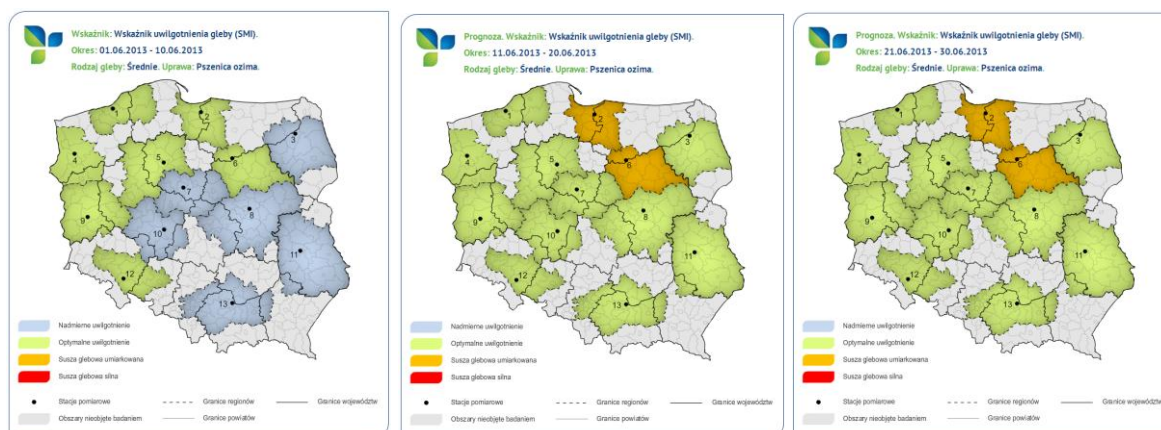
Tabela 4

Klasyfikacja uwilgotnienia gleby na podstawie wskaźnika SMI

Wartość SMI	Kategoria uwilgotnienia gleby
$\geq 5,00$	nadmierne uwilgotnienie
$[0,00; 5,00)$	optymalne uwilgotnienie
$[-2,00; 0,00)$	susza glebowa umiarkowana
$[-5,00; -2,00)$	susza glebowa silna

Źródło: opracowanie własne

Przykład oceny uwilgotnienia gleby w uprawie pszenicy ozimej na glebie średniej w okresie 01–10.06.2013 r. według wskaźnika SMI oraz prognozy 10- i 20-dniowe przedstawiono na rys. 3.



Rys. 3. Ocena uwilgotnienia gleby w uprawie pszenicy ozimej na glebie średniej w okresie 01–10.06. 2013 r. według wskaźnika SMI oraz prognoza 10- i 20-dniowa

Źródło: opracowanie własne

Deficyt wody dla roślin uprawnych

Ocena wielkości deficytu wody dla roślin uprawnych i intensywności suszy rolniczej dokonywana jest na podstawie wskaźnika CDI (*Crop Drought Index*) [Bąk 2006, Brunini i in. 2005, Łabędzki 2006]. Wskaźnik CDI pokazuje redukcję ewapotranspiracji, spowodowanej niedoborem wody w glebie, w stosunku do ewapotranspiracji potencjalnej i obliczany jest wg wzoru:

$$CDI = 1 - \frac{ET}{ET_p} \quad (3)$$

gdzie: ET – ewapotranspiracja rzeczywista w warunkach niedoboru wody w glebie, ET_p – ewapotranspiracja potencjalna w warunkach dostatecznego uwilgotnienia gleby.

Wskaźnik CDI przyjmuje wartości: $CDI = 0$ gdy $ET = ET_p$, $CDI < 1$ gdy $ET < ET_p$, $CDI = 1$ gdy $ET = 0$.

Klasyfikację deficytu wody dla roślin uprawnych i intensywności suszy rolniczej na podstawie wartości wskaźnika CDI dokonuje się według 4-stopniowej skali (tab. 5).

Tabela 5

Klasyfikacja deficytu wody na podstawie wskaźnika CDI

Wartość CDI	Kategoria deficytu wody i suszy rolniczej
[0,00; 0,10)	brak deficytu, brak suszy
[0,10; 0,20)	deficyt umiarkowany, susza umiarkowana
[0,20; 0,50)	deficyt duży, susza silna
[0,50; 1,00]	deficyt bardzo duży, susza bardzo silna

Źródło: opracowanie własne

Potencjalna redukcja plonu końcowego

Prognozowana potencjalna redukcja plonu końcowego roślin uprawnych, spowodowana niedoborem wody i redukcją ewapotranspiracji, jest obliczana z użyciem metody Raes'a [Raes i in. 2006]. Wskaźnik YR (*Yield Reduction*) jest obliczany co dekadę wg wzoru:

$$YR = \left(1 - \frac{Y_{re}}{Y_p}\right) = 1 - \prod_{i=1}^N \left[\prod_{j=1}^M \left(1 - k_y \left(1 - \frac{ET}{ET_p}\right)\right)^{\frac{t_j}{L_i}} \right] \quad (4)$$

gdzie: Y_{re} – plon zredukowany w wyniku niedoboru wody glebowej, Y_p – plon potencjalny w warunkach dostatecznego uwilgotnienia gleby, k_y - współczynnik reakcji plonu na niedobór wody, ET – ewapotranspiracja rzeczywista, ET_p – ewapotranspiracja potencjalna w warunkach dostatecznego uwilgotnienia gleby, N – liczba faz fenologicznych, M – liczba okresów w fazie fenologicznej i , t_j – długość okresu j w fazie i (dni), L_i – długość fazy fenologicznej i (dni), i – numer fazy fenologicznej, j – numer okresu w fazie i .

Klasyfikację potencjalnej redukcji plonu końcowego dokonuje się według 4-stopniowej skali (tab. 6).

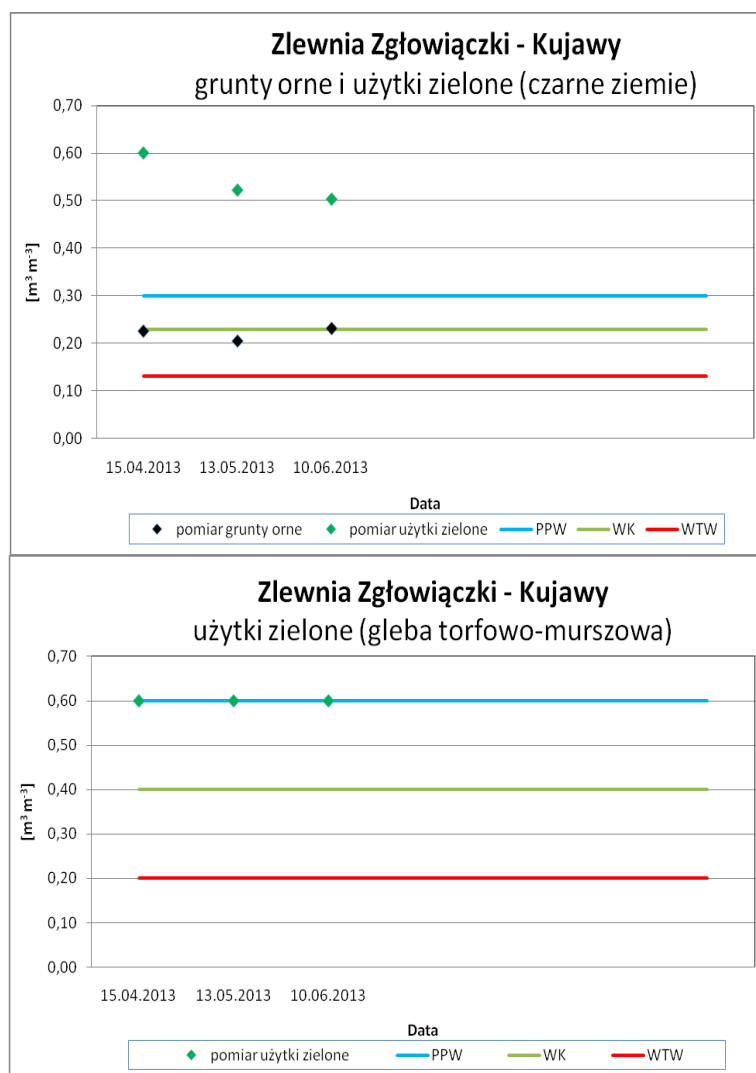
Tabela 6

Potencjalna redukcja plonu YR	
YR (%)	Redukcja plonu
[0; 9)	mała
[10; 19)	umiarkowana
[20; 50)	duża
[50; 100]	bardzo duża

Źródło: opracowanie własne

Pomiary wilgotności gleby

Pomiary wilgotności gleby w badanych zlewniach rolniczych są prowadzone przynajmniej raz w miesiącu w okresie od kwietnia do października. Na wykresach przedstawiane są pomierzone wartości wilgotności gleby na głębokości 20 cm w odniesieniu do charakterystycznych stanów wilgotności gleby: PPW - połowej pojemności wodnej, WK - wilgotności krytycznej ($pF = 3,0$), WTW - wilgotności trwałego wędnięcia. Przykład takiego wykresu dla zlewni Zgłowiączki przedstawiony jest na rysunku 5.



Rys. 5. Pomierzona wilgotność gleby na gruntach ornych i użytkach zielonych w zlewni Złowiączki; PPW - połowa pojemność wodna, WK - wilgotność krytyczna ($pF = 3,0$), WTW - wilgotność trwałego wędnięcia

Źródło: opracowanie własne

Podsumowanie

Opracowany i wdrożony system monitoringu deficytu i nadmiaru wody w ekosystemach rolniczych w wybranych regionach Polski i prezentacja wyników monitoringu w internecie, ma na celu wskazywanie potencjalnego zagrożenia niekorzystnymi warunkami wilgotnościowymi różnych upraw polowych i użytków zielonych. Informacje te, wsparte krótkoterminowymi i średnioterminowymi prognozami rozwoju tych niekorzystnych zjawisk, mogą wspomagać działania prowadzące do racjonalnego wykorzystania zasobów wody w rolnictwie i prowadzenia nawodnień, a także do oceny możliwych strat w plonach.

Monitorowanie warunków agrometeorologicznych z wykorzystaniem automatycznych stacji meteorologicznych i bezprzewodowej sieci do przesyłania danych, pozwala na przyspieszenie procesu obliczania wskaźników deficytu i nadmiaru wody w wybranych regionach i szybką aktualizację treści na stronach internetowych.

W porównaniu do innych podobnych systemów monitoringu, działających w Polsce, prezentowany system charakteryzuje się szerszym zakresem informacji, obejmującej warunki opadowe, warunki uwilgotnienia gleby, kwantyfikację suszy rolniczej i będącej jej efektem potencjalną redukcję plonów. Dostarcza również prognozę tych warunków i parametrów na okres najbliższych 10 i 20 dni.

Autorzy pragną podziękować pozostałym osobom realizującym monitoring w zakresie prowadzenia pomiarów wilgotności gleby i stanów/przepływów wody. Są to następujący pracownicy Instytutu Technologiczno-Przyrodniczego: dr hab. Antoni Kuźniar, dr hab. Tomasz Szymczak, dr Agnieszka Mąkosza, dr Sławomir Chrzanowski, dr Jerzy Terlikowski, mgr Marek Helis, mgr Katarzyna Krężałek

Literatura

1. AGROMETEO. 2012. *Wielkopolski Internetowy Serwis Informacji Agrometeorologicznej (WISIA)*. [online] www.agrometeo.pl. [dostęp: 20.11.2012].
2. Bąk B. 2006. *Wskaźnik standaryzowanego opadu SPI jako kryterium oceny suszy rolniczej na glebach o różnej retencji użytecznej*. Pr. dokt. ss. 160.
3. Bąk B., Łabędzki L. 2002. *Assessing drought severity with the relative precipitation index (RPI) and the standardized precipitation index (SPI)*. Journal of Water and Land Development, 6, s. 89-105.
4. Bąk B., Łabędzki L. 2009. *Monitoring suszy meteorologicznej i rolniczej na Kujawach i w dolinie górnej Noteci oraz jego prezentacja w Internecie*. Wiad. Melior. i Łąk., nr 1, s. 13-16.
5. Brunini O., Dias Da Silva P.L., Grimm A.M., Assad Delgado E., Boken V.K. 2005. *Agricultural drought phenomena in Latin America with focus on Brazil*. W: Monitoring and predicting agricultural drought. Red. V.K. Boken, A.P. Cracknell, R.L. Heathcote. Oxford University Press, s. 156-168.
6. Doroszewski A., Kozyra J., Pudelko R., Stuczyński T., Jadczyński J., Koza P., Łopatka A. 2008. *Monitoring suszy rolniczej w Polsce*. Wiad. Melior. i Łąk., nr 1, s. 35-38.
7. Gleboznawstwo. 1995. Red. B. Dobrzanski, S. Zawadzki. Warszawa: PWRiL. ss. 562.
8. Hunt E.D., Hubbard K.D., Wilhite D.A., Arkebauer T.M., Dutcher A.L. 2008. *The development and evaluation of a soil moisture index*. International Journal of

- Climatology. Published online in Wiley InterScience (www.interscience.wiley.com) DOI: 10.1002/joc.1749.
9. IMGW. 2013. Progностyczno-operacyjny system udostępniania charakterystyk suszy „POSUCH@”. [online]. <http://posucha.imgw.pl> [dostęp: 20.01.2013].
 10. Kasperska-Wołowicz W., Łabędzki L. 2006. *Koncepcja systemu monitorowania suszy na obszarach rolniczych*. Woda Środowisko Obszary Wiejskie, t. 6, z. 1, s. 161-171.
 11. Leśny J, Juszczak R., Olejnik J. 2004. *Agrometeorologiczna osłona rolnictwa – tworzenie prognoz oraz ich możliwości aplikacyjne w praktyce rolniczej*. Rocz. AR Poz. Melior. Inż. Środ., nr 25, s. 295-304.
 12. Łabędzki L. 2006. *Susze rolnicze - zarys problematyki oraz metody monitorowania i klasyfikacji*. Woda Środowisko Obszary Wiejskie. Rozpr. Nauk. Monogr., nr 17, ss. 107.
 13. Łabędzki L. 2007. *Estimation of local drought frequency in central Poland using the standardized precipitation index SPI*. Irrigation and Drainage. 56, 1, s. 67-77. DOI: 10.1002/ird.285.
 14. Łabędzki L., Bąk B. 2010. *Monitoring i prognozowanie suszy rolniczej na przykładzie regionalnego systemu monitorowania suszy na Kujawach*. W: Klimatyczne zagrożenia rolnictwa w Polsce. Red. C. Koźmiński, B. Michalska, J. Leśny. Wyd. Nauk. Uniw. Szczecin, s. 79-102.
 15. Łabędzki L., Bąk B., Kanecka-Geszke E., Kasperska-Wołowicz W., Smarzyńska K. 2008. *Związek między suszą meteorologiczną i rolniczą w różnych regionach agroklimatycznych Polski*. Woda Środowisko Obszary Wiejskie. Rozpr. Nauk. Monogr., 25, ss. 137.
 16. MeteoGroup. 2012. *Moja AgroPogoda*. [online] <http://agropogoda.meteogroup.pl/> [dostęp: 20.01.2012]
 17. McKee T.B., Doesken N.J., Kleist J. 1993. *The relationship of drought frequency and duration to time scales*. Proc. 8th Conf. Applied Climatology, 17-22 January 1993. Anaheim, California, s. 179-184.
 18. McKee T.B., Doesken N.J., Kleist J. 1995. *Drought monitoring with multiple time scales*. Preprints 9th Conf. Applied Climatology, 15-20 January 1995. Dallas, Texas, s. 233-236.
 19. Mioduszewski W., Szymczak T., Kowalewski Z. 2011. *Gospodarka wodna jako dyscyplina naukowa w służbie rolnictwa*. Woda Środowisko Obszary Wiejskie, t. 11, z. 1, s. 179–202.
 20. National Drought Mitigation Center. 2012. University of Nebraska-Lincoln (NDMC) [online]. <http://www.droughtmonitor.unl.edu/> [dostęp 20.02.2012].

21. Raes D., Geerts S., Kipkorir E., Wellens J., Sahli A. 2006. *Simulation of yield decline as a result of water stress with a robust soil water balance model*. Agriculture Water Management, 81, s. 335-357.
22. SMSR. 2012. *System Monitoringu Suszy Rolniczej w Polsce (SMSR)*. [online] www.susza.iung.pulawy.pl [dostęp 20.02.2012].
23. Woś A. 1999. *Klimat Polski*. Wydaw. Nauk. PWN. Warszawa, ss. 301.