



## Telemetria w sadzie

### Precyzyjne nawadnianie dzięki teledziadce

Prof. dr hab. Waldemar Treder

AGREUS

„Współczesna telemetria i automatyka to nie tylko rozwiązania do zastosowań przemysłowych, w potocznym znaczeniu tego terminu. Ich obecność zaczyna również obejmować zupełnie nowe dziedziny, w których dotychczas wykorzystywane były marginalnie. Poniższy artykuł opisuje zastosowanie teledziadki, czy też jak to się obecnie określa, Internetu Rzeczy, do zastosowań w Produkcji Rolnej, która w ostatnim czasie zamieniła się w pełnoprawny, coraz bardziej wymagający i nowoczesny, Przemysł Rolny.

Bezpośrednim powodem włączenia tych zagadnień do Teledziadki jest fakt, że trzy lata temu rozpoczęliśmy proces dywersyfikacji potencjalnych odbiorców naszych rozwiązań teledziadkowych włączając do nich Producentów Rolnych. Powstały w wyniku współpracy z Instytutem Sadownictwa i Panem Profesorem Trederem osobiście, system eSAD, podlega obecnie procesowi komercjalizacji pod nazwą AGREUS i przygotowywany jest do wprowadzenia na rynek. Im szybciej to nastąpi, tym szybciej możliwe będzie rozpoczęcie naszej zupełnie nowej gałęzi działalności: wsparcia nowoczesnego, precyzyjnego rolnictwa, czyli Smart Farming.

Zachęcam do przeczytania artykułu przygotowanego przez P. Profesora Tredera, niekwestionowanego autorytetu w dziedzinie nawadniania i fertygacji upraw. Poniższy tekst przybliży złożoność zachodzących w tej dziedzinie procesów i wskazuje, jak przydatne mogą być nowoczesne rozwiązania zaczerpnięte z systemów automatyki i teledziadki. Poruszane zagadnienia nie są łatwe, terminologia nie zachęca, ale warto. To nowy, dynamicznie rozwijający się obszar produkcji przemysłowej, jakże ważny dla przyszłości mieszkańców Naszego Świata.”

Jerzy Białousz



Ludzkosc stoi przed wyzwaniem wyzywienia dynamicznie rosnacej populacji. Jedynym sposobem zwiekszenia produkcji zywnosci jest dalsza intensyfikacja rolnictwa. Czynnikiem szczegolnie wplywajacym na wysokec plonowania roslin i jakoec chowu zwierzat jest dostepnosc wody. Niestety wieksznosc scenariuszy prognostycznych przewiduje w najblizszym czasie dalszy wzrost sredniej temperatury powietrza przy zmniejszajacej sie ilosci opadow. Ograniczone zasoby wodne moga w przyszosci stanowic bariere rozwoju gospodarczego wielu rejonow swiata oraz negatywnie wplywac na stan srodowiska i jakoec zycia spolecznstw. Koniecznym jest wiec podejmowanie dzialan na rzecz zwiekszenia retencji wodnej, poprawy jakoeci wody i podniesienia efektywnosci nawadniania. To wlasnie rolnictwo jest glownym konsumentem wody na swiecie. W Unii Europejskiej srednio 24% rocznego poboru wody jest zuzywane w rolnictwie, ale w krajach o wysokiej kulturze rolnej i goracym klimacie udzial wody stosowanej do nawadniania siega nawet 80% calosci poboru. Z powodu znacznego zwiekszenia powierzchni upraw nawadnianych zuzycie wody na swiecie wzroslo dwukrotnie w przedziale lat 1960-2000. Dlatego trzeba zrobic wszystko, aby jak najoszczedniej gospodarowac ograniczonymi zasobami wody.

Takze w skali gospodarki Polski rolnictwo jest znaczcym konsumentem wody. Chcac konkurowac na rynkach swiatowych bedziemy zmuszeni do znacznego zwiekszenia powierzchni nawadnianych upraw, a wiec i wiekszego zuzycia wody. Niestety Polska ma jeden z najgorszych bilansow wodnych w Europie. Powodem tego sa niskie zasoby wod powierzchniowych, male opady roczne, wysoka ewapotranspiracja i male udzial doplywu rzecznej spoza granic kraju. Odnawialne zasoby wodne w Polsce wynosza okolo 1600 m<sup>3</sup> na rok na mieszkancza, co stanowi trzykrotnie mniej niz srednia w Europie. Zlym zjawiskiem jest takze ciagle obnizanie jakoeci wod spowodowane dzialaniami antropogenicznymi. Niestety w okresie najblizszych kilkunastu lat nalezy oczekiwac, ze bilans wodny Polski ulegnie dalszemu pogorszeniu. Bardzo niepokojacym jest fakt, ze po bardzo suchym roku 2015 w roku 2018 znowu wystapily dotkliwe susze. Takiej czestotliwosci wystepowania lat bardzo suchych w Polsce dotychczas nie odnotowywalismy. Niedostateczna ilosc wody podczas sezonu wegetacyjnego istotnie zmniejsza plon, ale przede wszystkim obniza jego jakoec. Jedynym sposobem na utrzymanie wysokiego poziomu produkcji ogrodniczej jest stosowanie nawadniania.

W warunkach Polski, dla zapewnienia wysokich plonow dobrej jakoeci owocow, nalezy dostarczac za pomoca nawadniania srednio 100 – 200 mm wody (1000 – 2000 m<sup>3</sup> wody/ha). W naszych warunkach klimatycznych na wyprodukowanie 1 kg jablek niezbedne jest okolo 200 – 250 l wody. W latach suchych ok 30% tej wody pochodzi z nawadniania. Sa to bardzo duze ilosci wody, ktore wplywaja na koszty produkcji. Istotnym kosztem nie jest

tylko cena wody, ale tez cena energii elektrycznej, za pomoca ktorej woda bedzie pobierana i wtaczana do instalacji nawodnieniowej. W przypadku wody czerpanej ze zlozy glabinyowych cena energii elektrycznej niezbednej na pompowanie moze byc nawet wyzsza od ceny wody. Biorac pod uwage perspektywe zmian klimatycznych oraz przewidywane w przyszosci wzrosty cen wody i energii nawadnianie staje sie istotnym elementem wplywajacym na koszty produkcji owocow. Przy okreslonej ilosci dostepnej wody i rosnacym zapotrzebowaniu (intensyfikacja produkcji roslin i zmiany klimatyczne) zmuszeni jesteemy do stosowania w praktyce jak najbardziej efektywnych metod nawadniania. Badania ankietowe prowadzone przez nas wzrod producentow roslin sadowniczych wskazuja na pozytywny kierunek rozwoju nawodnien w Polsce, np. w sadownictwie dominujacym (ok. 78%) systemem nawadniania w gospodarstwach sa wodooszczedne instalacje kroplowe. Niestety, nikt z prawie 1000 respondentow nie znal zadnej metody szacowania potrzeb wodnych roslin. Ponad 80% uzytkownikow systemow nawodnieniowych deklarowalo, ze dawki nawodnieniowe ustala „na oko”. Tylko kilkanaście procent gospodarstw sadowniczych deklarowalo stosowanie pomiarow wilgotnosc gleby. Badania te wykazaly, ze olbrzymia wieksznosc producentow nie stosuje jakichkolwiek wiarygodnych kryteriow szacowania potrzeb nawodnieniowych, co w praktyce wiaze sie z bardzo nieracjonalnym wykorzystaniem wody. W wieksznosci przypadkow stosowane sa zbyt wysokie dawki wody, czesto nawet o 50% wyzsze od potrzeb wodnych roslin. Pilotazowe doswiadczenia prowadzone w Instytucie Ogrodnictwa wskazuja, ze przy wlasciwym zastosowaniu wiarygodnych kryteriow nawadniania mozna znacznie ograniczyc zuzycie wody istotnie podnoszac efektywnosc







Fot. 1 Stacja bazowa systemu Agreus

nawadniania (zwyżka plonu na jednostkę zużytej wody). W praktyce do wykorzystania mamy dwie grupy kryteriów: klimatyczne lub glebowe. Kryteria klimatyczne wykorzystują do szacowania potrzeb wodnych modele obliczeniowe wyznaczające wysokość ewapotranspiracji (parowanie z powierzchni gleby – ewaporacja, roślin – transpiracja). W przypadku kryteriów glebowych nawadnianie prowadzone jest w oparciu o pomiary wilgotności (lub potencjału) gleby mierzonej w warstwie aktywnej strefy korzeniowej roślin. Początkowo pomimo teoretycznej przydatności praktyczne zastosowanie tej metody do sterowania nawadnianiem roślin było bardzo ograniczone. Główne powody to stosunkowo wysoka cena czujników oraz mierników wilgotności gleby, konieczność „ręcznego” prowadzenia pomiarów i ograniczone możliwości wykorzystania pomiarów wilgotności gleby do zautomatyzowania całego procesu sterowania nawadnianiem. Większość z tych ograniczeń można wyeliminować po zastosowaniu rozwiązań telemetrii bezprzewodowej.

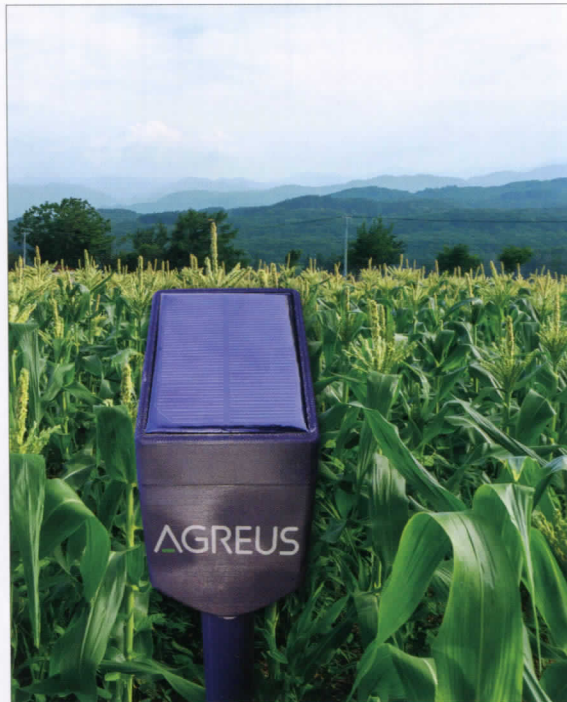
Działania takie podjęła firma Inventia wspólnie z Instytutem Ogrodnictwa w Skierniewicach. W ramach programu „Działanie RPO WM 1.2 Działalność badawczo-rozwojowa przedsiębiorstw” przystąpiono do projektu e-Sad. Celem projektu było opracowanie systemu składającego się z urządzeń do zdalnego pomiaru parametrów powietrza oraz gleby na terenach rolnych (temperatura i wilgotność powietrza oraz wilgotność gleby), a także modułów sterujących zaworami nawodnieniowymi. Efektem tych prac jest system „Agreus”, którego pierwsze prototypowe elementy prezentowaliśmy 14 VI 2018 roku w Sadzie Doświadczalnym w Dąbrowicach na XXI Drzwiach Otwartych Instytutu Ogrodnictwa.

Sercem systemu jest stacja bazowa transmitująca dane z/do rozproszonych terminali, czyli tworząca sieć czujników i modułów pomiarowo-wykonawczych. Transmisja odbywa się z wykorzystaniem bezprzewodowej sieci radiowej dalekiego zasięgu – LoRa. Technologia ta, w zależności od warunków terenowych, umożliwia pokrycie swoim działaniem dużego obszaru upraw przy jednoczesnym niskim zużyciu energii, co jest parametrem krytycznym dla urządzeń zasilanych bateryjnie. Pierwszą stację bazową zainstalowaliśmy na Gmachu Instytutu Ogrodnictwa w Skierniewicach przy ulicy Pomologicznej 18 (fot. 1), uzyskując skuteczną transmisję w obrębie Sadu Pomologicznego i Obiektu Szklarniowego oraz Pola Doświadczalnego SGGW. Stacja bazowa systemu może łączyć się z Internetem wykorzystując Wi-Fi istniejącej sieci lokalnej, niezależnie poprzez GSM (3G, LTE) lub, opcjonalnie, przez kablowe połączenie Ethernet. Połączenie z Internetem pozwala przesyłać zebrane dane do pracującego w chmurze portalu. Dane gromadzone na indywidualnym koncie użytkownika mogą służyć do prowadzenia analiz i generowania raportów. Bardzo ważnym elementem całego systemu są opracowane przez firmę Inventia, a testowane w Instytucie, czujniki wilgotności, temperatury i zasolenia gleby AM-100 (fot. 2), czujnik temperatury i wilgotności powietrza AM-200 (fot. 3) oraz stacja zaworowa sterowana radiowo AM-421. Jest to moduł wykonawczy pozwalający na niezależne sterowanie 4 zaworami systemu nawadniania aktywowanymi napięciem 9 VDC. Rozwiązanie to pozwala na wprowadzenie automatyki sterowania nawadnianiem wszędzie tam gdzie z jakiś powodów (technicznych lub ekonomicznych) prowadzenie przewodów sterujących było dotychczas niemożliwe.

Dowolne przemieszczanie i zdalny odczyt czujników pomiarowych pozwala na zintegrowanie obydwu kryteriów nawadniania roślin (klimatycznych i glebowych). Nawadnianie może być prowadzone w oparciu o szacowaną ewapotranspirację wskaźnikową (ET<sub>o</sub>), a czujniki pomiarowe mogą monitorować wilgotność gleby w celu „ręcznego” lub automatycznego wprowadzenia niezbędnych korekt w stosowanych dawkach i częstotliwości nawadniania. Znacznie lepszym rozwiązaniem jest jednak automatyczne sterowanie pracą poszczególnych zaworów w oparciu o stały monitoring wilgotności gleby mierzonej w okolicach aktywnej strefy korzeniowej roślin. W takim przypadku zawór otworzy się według zdefiniowanego harmonogramu pod warunkiem, że wilgotność gleby spadnie poniżej wcześniej ustalonego progu. Dzięki telemetrycznemu rozwiązaniu wilgotność, temperatura i zasolenie gleby mogą być mierzone w dowolnym miejscu całego obszaru objętego transmisją danych. Uzyskane tu informacje pozwalają na podejmowanie decyzji nie tylko o konieczności nawadniania, ale także nawożenia, czy też fertygacji (nawożenie wraz z nawadnianiem). Sonda AM-100 bezpośrednio mierzy przewodność elektryczną gleby  $\sigma_b$  (tzw. przewodność objętościową – bulk EC), ale dzięki modelom kalibracyjnym zamieszczonym



w chmurze na platformie Agreusa możemy wyznaczać także przewodność elektryczną przy pełnym nasyceniu gleby wodą  $\sigma_e$  (saturation extract EC) oraz przewodność elektryczną wody zawartej w porach glebowych  $\sigma_w$  (pore water EC). Bezpośrednie przeniesienie wyników pomiarów przenikalności elektrycznej ( $\sigma_b$ ) do podejmowania decyzji związanej z nawożeniem jest praktycznie niemożliwe, ponieważ mechaniczne części gleby i pory glebowe wypełnione powietrzem znacznie modyfikują wartości pomiarów. Mierzone wartości są bardzo niskie, a ich poziom zależy nie tylko od rzeczywistego zasolenia gleby, ale także aktualnej wilgotności i pierwotnych właściwości powietrzno-wodnych gleby. Dzięki zastosowaniu odpowiednich modeli przeliczeniowych użytkownik otrzymuje dodatkowo informacje o potencjalnej zawartości związków mineralnych w glebie ( $\sigma_e$ ). Zakresy parametru  $\sigma_e$  dla wielu gatunków roślin były wyznaczone eksperymentalnie w USA i od wielu już lat służą praktyce jako informacja do podejmowania decyzji o nawożeniu konkretnego gatunku roślin. Na jakość mineralnego żywienia roślin ma wpływ nie tylko zasobność gleby, a także stężenie związków mineralnych w roztworze glebowym. Z powodu przesuszenia gleby obniża się zawartość wody w porach glebowych przy jednoczesnym wzroście koncentracji rozpuszczonych w niej związków mineralnych. Nadmierna koncentracja nawozów początkowo tylko ogranicza ich pobieranie, ale w skrajnych przypadkach może prowadzić do suszy fizjologicznej. Mierzona przez sondę AM-100 wilgotność gleby i szacowana przewodność elektryczna wody zawartej w porach glebowych ( $\sigma_w$ ) pozwala na optymalne sterowanie nawadnianiem przy uwzględnieniu zasobności gleby.



Fot. 2 Czujnik wilgotności, temperatury i zasolenia gleby

Agreus to oczywiście nie tylko nawadnianie i fertygacja. Testowany przez nas czujnik pomiaru temperatury i wilgotności powietrza może być bardzo przydatny do monitorowania tych parametrów wiosną w okresie występowania przymrozków. Wiarygodne informacje o aktualnej temperaturze w różnych miejscach sadu są niezbędne do prowadzenia aktywnej ochrony sadów przed przymrozkami. Na podstawie już pierwszych naszych badań i obserwacji można stwierdzić, że możliwości wykorzystania nowoczesnych systemów telemetrycznych w sadownictwie są bardzo szerokie, a kierunek ich rozwoju będzie uzależniony od potrzeb użytkowników.

Fot. 3 Czujnik temperatury i wilgotności powietrza AM-200



Przy opracowaniu projektu korzystamy z dofinansowania unijnego w ramach programu Działanie RPO WM 1.2 Działalność badawczo - rozwojowa przedsiębiorstw, numer projektu RPMA.01.02.00-14-5663/16-00:

*„Opracowanie innowacyjnego system pomiaru rozproszonego parametrów klimatyczno-glebowych jako narzędzia optymalizacji nawadniania, ochrony roślin i prac agrotechnicznych.”*

