

Instytut Ogrodnictwa – Państwowy Instytut Badawczy



Prof. dr hab. Waldemar Treder

Kodeks dobrych praktyk wodnych w ogrodnictwie

Opracowanie finansowane przez MRiRW



Ministerstwo Rolnictwa  
i Rozwoju Wsi

---

Kodeks dobrych praktyk wodnych (KDPW) w ogrodnictwie to zbiór informacji i zaleceń, które są przydatne w specyficznych warunkach gospodarstw ogrodniczych w zakresie ochrony wody oraz jak najbardziej oszczędnego jej użytkowania podczas nawadniania roślin.

Skierniewice 2022 r.

## 1. Wstęp

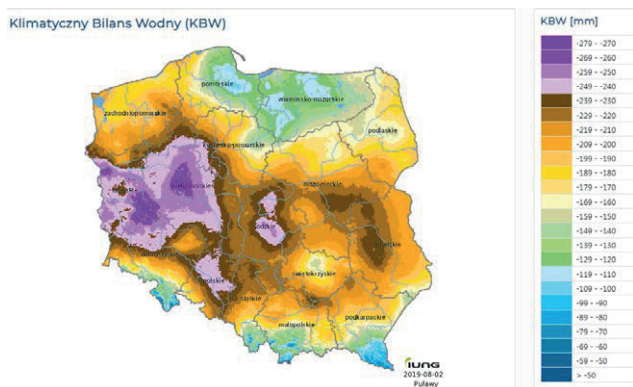
W warunkach Polski podstawowym źródłem wody dla roślin uprawianych w polu są opady atmosferyczne. Niestety ich wielkość i rozkład w czasie są często niewystarczające dla uprawy nie tylko roślin jednorocznych, lecz także wieloletnich (fot. 1).

Polska ma jeden z najgorszych bilansów wodnych w Europie. Powodem takiej sytuacji są małe opady roczne (średnia dla całego kraju to ok. 650 mm, ale dla Polski centralnej to już zaledwie 500 mm), wysoka ewapotranspiracja (450 mm) i mały udział dopływu rzecznej spoza granic kraju (13%).



Fot. 1. Efekt suszy na plantacji truskawki. Skierniewice 2015 r. (W. Treder)

Mapy klimatycznego bilansu wodnego (KBW) Polski są dostępne na platformie opracowanej przez Instytut Uprawy i Nawożenia-Państwowy Instytut Badawczy (IUNG-PIB) pod adresem: <https://susza.iung.pulawy.pl/kbw/>. Na rysunku 1 przedstawiono mapę KBW za okres 1 VI – 31 VII 2019 roku.



Rys. 1. Klimatyczny Bilans Wodny za okres 1 VI – 31 VII 2019 r.  
Źródło: IUNG-PIB

Ograniczone zasoby wodne mogą w przyszłości stanowić barierę dla rozwoju gospodarczego w Polsce oraz negatywnie wpływać na stan środowiska i jakość życia społeczeństwa. Przy obecnie panujących tendencjach, wraz ze wzrostem wielkości populacji, widoczny jest znaczący wzrost zapotrzebowania na wodę. Wynika to nie tylko z poprawy jakości życia i zwiększenia uprzemysłowienia kraju, lecz także z coraz większej intensyfikacji rolnictwa, które w wielu rejonach świata jest głównym „konsumentem” wody.

Większość modeli klimatycznych wskazuje, że z powodu globalnego ocieplenia opady w regionach klimatu umiarkowanego zmniejszą się. Nasili się także występowanie zjawisk ekstremalnych takich, jak susze czy lokalnie występujące gwałtowne

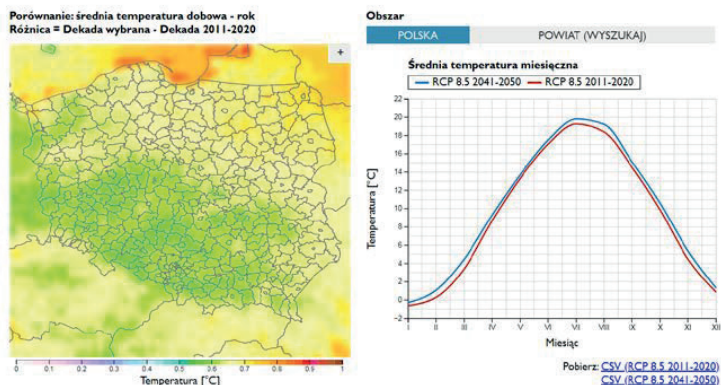
ulewy (deszcze o niskiej efektywności). Ponieważ jednocześnie w wyniku wzrostu średniej temperatury powietrza wzrośnie ewapotranspiracja, bilans wodny znacząco się pogorszy.

Pod adresem <https://klimada2.ios.gov.pl/klima-scenariusze/> można znaleźć interaktywne narzędzie do symulacji zmian klimatu w Polsce w obecnym stuleciu. Na rysunku 2 przedstawiono taką symulację, dla przebiegu średniej temperatury w latach 2040-2050. Aplikacja została opracowana przez Instytut Ochrony Środowiska – Państwowy Instytut Badawczy w ramach projektu „Baza wiedzy o zmianach klimatu i adaptacji do ich skutków oraz kanałów jej upowszechniania w kontekście zwiększania odporności gospodarki, środowiska i społeczeństwa na zmiany klimatu oraz przeciwdziałania i minimalizowania skutków nadzwyczajnych zagrożeń.”

W studium „Water Scarcity and Droughts”, wykonanym na zlecenie Komitetu ds. Środowiska, Bezpieczeństwa Zdrowia Społecznego i Bezpieczeństwa Żywnościowego Parlamentu Europejskiego podkreślono, że deficyt wody w Europie, w szczególności na potrzeby rolnictwa, będzie pogłębiał się w wyniku zmian klimatu, a także na skutek zwiększenia skażenia środowiska. Dlatego zaleca się, m.in. opracowanie i wdrożenie systemów zarządzania zasobami wodnymi dla celów rolniczych. Konieczne jest zatem podjęcie działań na rzecz stosowania racjonalnych metod gospodarowania wodą, retencjonowania powstałych zasobów wodnych, ich zagospodarowywania i ochrony. Zbiega to się z koniecznością realizacji wspólnej polityki Unii Europejskiej (UE) kreującej standardy w ochronie środowiska. W UE średnio 24% rocznego poboru wody jest wykorzystywane w rolnictwie, ale na obszarach o intensywnej produkcji rolnej i gorącym klimacie udział wody stosowanej do nawodnień sięga nawet 80%.

Między innymi z powodu znacznego zwiększenia powierzchni upraw nawadnianych w latach 1960-2000 zużycie wody na

świecie wzrosło dwukrotnie. Także w skali krajowej gospodarki ogrodnictwo jest znaczącym „konsumentem” wody. Polscy producenci chcąc konkurować na rynkach światowych będą zmuszeni do znacznego zwiększenia powierzchni upraw z nawadnianiem, co przyczyni się do większego poboru wody. Oszczędzanie wody jest nie tylko działaniem proekologicznym, ale będzie miało także wpływ na sytuację ekonomiczną kraju.



Rys. 2. Porównanie przebiegu średniej temperatury miesięcznej dla Polski za okres 2011-2020 w odniesieniu do danych szacunkowych za lata 2041-2050. Scenariusz uwzględnia sytuację utrzymania się aktualnego tempa emisji gazów cieplarnianych. Źródło: Klimada 2

Strategicznego znaczenia wody dla produkcji ogrodniczej nie da się przecenić. Przy prawidłowej agrotechnice i w dobrych warunkach świetlnych, termicznych i glebowych, głównym czynnikiem ograniczającym wielkość produkcji jest niedostatek wody. Zwiększenie wydajności oraz poprawę jakości plonowania można uzyskać stosując nawadnianie. Największym ograniczeniem wzrostu powierzchni nawadnianych upraw są dostępność i jakość wody. Jest to problem dotyczący nie tylko naszego kraju, lecz także wielu innych rejonów świata. Im lepsze będzie gospo-

darowanie skromnymi zasobami wody, tym większe powierzchnie upraw będzie można nawadniać.

Ograniczone zasoby wodne mogą w przyszłości stanowić barierę rozwoju zarówno szeroko pojętego rolnictwa, jak i innych działów gospodarki. Dlatego należy jak najoszczędniej gospodarować zasobami wodnymi, a wodę pobierać tylko zgodnie z regulacjami opisanymi w Prawie Wodnym. Oszczędzanie wody powinno być regułą nie tylko w przypadku prowadzenia produkcji ogrodnictwa, ale w każdej innej dziedzinie oraz w życiu codziennym.

Sposobem uniezależnienia się od zagrożenia suszą jest dobór odpowiednich odmian roślin uprawnych, zwiększenie pojemności wodnej gleb, nawadnianie lub ograniczenie ewaporacji poprzez stosowanie ściółek. Niestety w przypadku przedłużającej się suszy zwiększenie pojemności wodnej gleb czy też zastosowanie ściółki może okazać się niewystarczające. Niedobory opadów występujące w ostatnich latach dowiodły, że dla uzyskania wysokiego plonowania roślin nawadnianie jest konieczne. Ważne są tutaj nie tylko aspekty techniczne, ale i technologiczne. W obydwu przypadkach metodyki wymagają dopracowania. Na krajowym rynku jest bardzo szeroka oferta sprzętu i funkcjonuje wiele firm instalatorskich, ale niestety duża część powstających instalacji nie spełnia norm równomierności dystrybucji wody. Powodem jest zła jakość elementów sieci nawodnieniowej oraz brak doświadczenia i podstaw wiedzy inżynierskiej projektantów i instalatorów. Złej jakości przewody, elementy złączne i emitery są przyczyną częstej awaryjności instalacji nawodnieniowych, która jest z kolei powodem istotnych strat wody.

Niestety nie lepiej jest ze stosowaną w praktyce technologią nawadniania. Na podstawie prowadzonych w Instytucie Ogrodnictwa – PIB ankiet stwierdzono, że aż 80% sadowników posiada-

jących instalacje nawodnieniowe, nawadnia swoje sady „na oko”, nie stosując żadnych wiarygodnych kryteriów. Niestety sytuacja nie jest lepsza w innych polowych działach produkcji roślinnej.

W celu zwiększenia efektywności wykorzystania wody i zminimalizowania jej strat konieczne jest wprowadzenie metod integrowanego nawadniania, polegającego na tym, by nawadniać rośliny tylko wtedy, gdy przyniesie to oczekiwane efekty związane ze wzrostem plonu i poprawą jego jakości. Kluczowe znaczenie ma tu także zastosowanie automatyki nawodnieniowej, która wyeliminuje potencjalną możliwość popełnienia błędów przez użytkownika, a tym samym znacząco obniży straty wody.

## 9. Zasady integrowanego nawadniania

Przy stałym rosnącym zapotrzebowaniu na wodę (intensyfikacja produkcji roślin i zmiany klimatyczne) zmuszeni jesteśmy do stosowania w praktyce jak najbardziej efektywnych metod nawadniania. Ważny jest tu nie tylko aspekt techniczny, lecz także technologiczny. Prawidłowe zarządzanie nawadnianiem ma na celu przede wszystkim kontrolowanie ilości i częstotliwości dawek wody w celu zaspokojenia potrzeb uprawy przy jednoczesnej ochronie zasobów wody.

Aby osiągnąć ten cel powinniśmy w swoich gospodarstwach wdrażać zasady integrowanego nawadniania:

1. Oszczędnie gospodarować zasobami wodnymi na wszystkich etapach użytkowania.
2. Nawadniać tylko w miarę potrzeb według wiarygodnych kryteriów.
3. Chronić źródła wody przed zanieczyszczeniem.

### **9.1. Oszczędnie gospodarowanie zasobami wodnymi na wszystkich etapach użytkowania.**

Należy unikać strat zarówno podczas przepompowywania i gromadzenia wody, jak i podczas nawadniania. Powinno się zwrócić uwagę na szczelność rurociągów, kanałów i zbiorników retencyjnych (fot. 66). Należy regularnie prowadzić przegląd instalacji nawodnieniowej zwracając szczególną uwagę na niekon-



trolowane wycieki wody. Wszystkie nieszczelności powinny być jak najszybciej naprawiane.



Fot. 66. Taki „niewinny” przeciek w skali sezonu jest przyczyną bardzo dużych strat wody. (W. Treder)

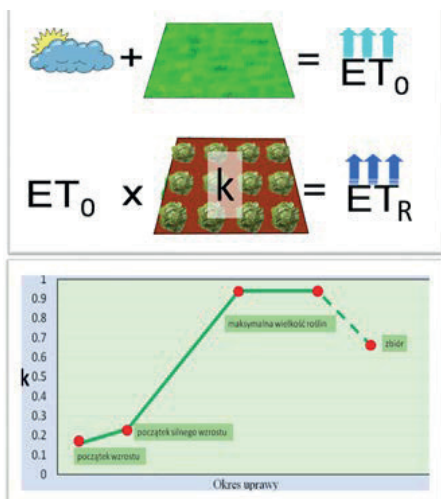
## 9.2. Stosowanie wiarygodnych kryteriów nawadniania

Każdy użytkownik systemu nawodnieniowego powinien stosować wiarygodne kryteria nawadniania, które pozwolą na optymalne wykorzystanie wody. Decyzję o konieczności nawadniania powinno podejmować się na podstawie kryteriów klimatycznych, glebowych i/lub roślinnych.

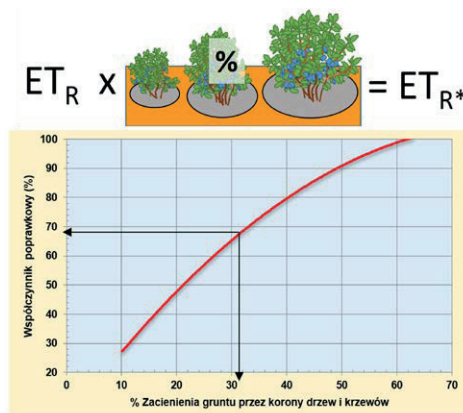
### 9.2.1. Kryteria klimatyczne

Potrzeby wodne roślin zależą od przebiegu warunków pogody, specyficznych cech gatunkowych oraz wielkości roślin. Przebieg pogody wpływa na wysokość parowania z powierzchni gleby (ewaporacja) oraz roślin (transpiracja). Suma parowania nazywana jest ewapotranspiracją. Wartość ewapotranspiracji

określonego gatunku roślin szacuje się przez wyznaczenie tzw. ewapotranspiracji wskaźnikowej ( $ET_0$ ), która określa zdolność atmosfery do wywołania parowania wody z powierzchni pokrytej roślinami przy optymalnej wilgotności gleby (odnośnikiem jest tu łąka trawy). Potrzeby wodne określonego gatunku roślin (ewapotranspiracja rzeczywista  $ET_R$ ) określana jest poprzez pomnożenie wartości ewapotranspiracji wskaźnikowej przez specyficzny dla danego gatunku roślin współczynnik roślinny ( $k$ ).  $ET_R = k \cdot ET_0$ . Wartość tego współczynnika jest charakterystyczna dla określonego gatunku roślin i zmienia się w poszczególnych fazach rozwojowych (rys. 31). Ewapotranspiracja wskaźnikowa, jak i rzeczywista wyznaczane są dla łąki roślin pokrywających całą powierzchnię gruntu (w przypadku drzew i krzewów owocowych odnosi się do roślin w pełni wyrosniętych), dlatego dla zwiększenia precyzji obliczeń wprowadzany jest jeszcze współczynnik uwzględniający % pokrycia gleby roślinami. Wyznaczoną wcześniej wartość  $ET_R$  mnożymy przez współczynnik poprawkowy, którego wartość można wyznaczyć za pomocą nomogramu przedstawionego na rysunku (rys. 32).



Rys. 31. Schemat metodyki wyznaczania potrzeb wodnych roślin. (W. Treder)



Rys. 32. Nomogram do wyznaczania wartości współczynnika poprawkowego, uwzględniającego pokrycie powierzchni gleby przez rośliny. (W. Tredler)

W warunkach klimatycznych Polski maksymalna ewapotranspiracja przypada na czerwiec, lipiec i sierpień. Średnia dzienna jej wartość w tym okresie wynosi zazwyczaj około 3,5 mm (35 m<sup>3</sup> wody/ha/dobę), jednak w bardzo upalne i wietrzne dni przekracza ona nawet 5 mm na dobę. Oznacza to, że w takich warunkach użytki zielone przy optymalnej wilgotności gleby pobierają ponad 50 m<sup>3</sup> wody dziennie. Ponieważ wielkość ewapotranspiracji (E<sub>T0</sub>) zależy od parametrów pogodowych (temperatura i wilgotność powietrza, promieniowanie słoneczne, prędkość wiatru), można ją obliczyć wykorzystując dane meteorologiczne lub odczytać z automatycznej stacji meteorologicznej (jeżeli stacja ma taką funkcjonalność; fot. 67).



Fot. 67. Automatyczna stacja meteorologiczna. (W. Treder)

Wartość ewapotranspiracji wskaźnikowej można także obliczyć na Internetowej Platformie Wspomagania Decyzji Nawodnieniowych Instytutu Ogrodnictwa – PIB. Na stronie portalu umieszczono kalkulatory do wyznaczania ewapotranspiracji wskaźnikowej [www.nawadnianie.inhort.pl/eto](http://www.nawadnianie.inhort.pl/eto) oraz aplikacje służące do wyznaczania potrzeb nawadniania kropłowego roślin sadowniczych (jabłoni, gruszy, czereśni, śliwy, brzoskwinia, truskawka, malina, borówka wysoka, wiśnia, czarna porzeczka, jagoda kamczacka) na podstawie obliczonej wcześniej lub odczytanej ze stacji meteorologicznej ewapotranspiracji - <http://www.nawadnianie.inhort.pl/potrzeby-nawadniania-rs>.

Na Platformie umieszczono także aplikacje do wyznaczenia potrzeb wodnych roślin warzywnych (ogórek, pomidor, kapusta biała wczesna, kapusta biała średnio wczesna, kalafior wczesny, kalafior jesienny, brokuł wczesny, brokuł jesienny, jarmuż wczesny, jarmuż jesienny, marchew, pietruszka, burak ćwikłowy, seler korzeniowy, cebula, por) na podstawie znanego poziomu ewapotranspiracji wskaźnikowej <http://www.nawadnianie.inhort.pl/potrzeby-wodne-rw>

Na stronie portalu znajdują się również metodyki opisujące sposób samodzielnego wyznaczania potrzeb wielu gatunków roślin: - <http://www.nawadnianie.inhort.pl/metodyki>.

Wyniki badań wskazują na wysoką praktyczną przydatność tej metody do prowadzenia nawadniania. Należy jednak podkreślić, że wymaga ona odpowiedniej wiedzy, doświadczenia, wiarygodnych danych meteorologicznych i zaangażowania czasu własnego użytkownika.

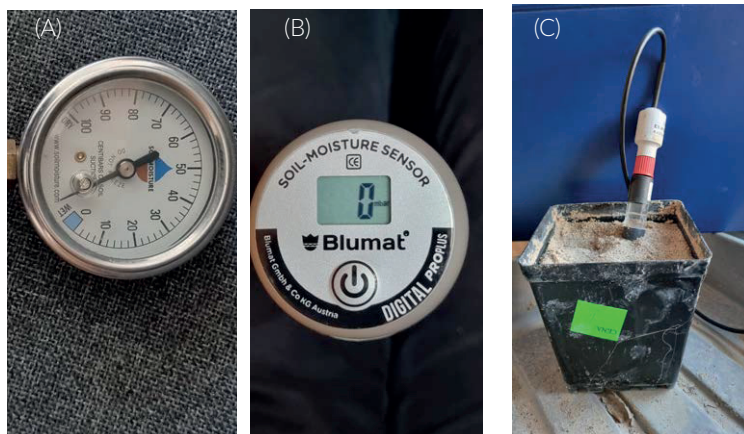
### 9.2.2. Kryteria glebowe

Alternatywą lub uzupełnieniem dla metod opartych o analizę danych klimatycznych są techniki wykorzystujące pomiary parametrów glebowych. Właściwości wodne gleby można opisać dwójako - określając ilość wody w danej objętości (lub masie) gleby oraz charakteryzując jej dostępność (potencjał) poprzez określenie siły, z jaką jest zatrzymywana w glebie/podłożu. Potencjał wody w glebie przyjmuje wartości ujemne (w wodzie wynosi 0) i jest wyrażany w jednostkach podciśnienia. W praktyce nawadnianie rozpoczyna się w momencie wyczerpywania zapasu tzw. wody bardzo łatwo dostępnej. Potencjał wodny gleby, która zawiera wodę bardzo łatwo dostępną mieści się w zakresie od -20 do -70 kPa. Potencjał ten można zmierzyć za pomocą tensjometrów (fot. 68). Tensjometr składa się z ceramicznego sączka, rurki z tworzywa sztucznego i wakuometru (miernika podciśnienia). Po napełnieniu tensjometru wodą i umieszczeniu go w glebie ustala się stan równowagi. Gdy gleba przesycha, woda przemieszcza się do niej przez element ceramiczny powodując zmianę ciśnienia w rurce a przez to i odczytu na mierniku.



Fot. 68. Tensjometr (W. Treder)

W handlu dostępne są tensjometry o zróżnicowanej długości, umożliwiające pomiar potencjału wody w glebie na różnych głębokościach. Tensjometry mogą być wyposażone w tradycyjne wakuometry, wakuometry z wyświetlaczem cyfrowym, istnieją także modele, które mogą być zdalnie odczytywane za pomocą systemów telemetrycznych (fot. 69).



Fot. 69. Różne sposoby odczytu pomiaru tensjometrów: wakuometr tradycyjny (A), cyfrowy (B), odczyt zdalny (C). (W. Treder)

Zakres działania tensjometru wynosi od 0 (pełne nasycenie gleby wodą) do ok. -80 kPa. Tensjometr jest urządzeniem wymagającym nadzoru. W przypadku zbyt niskiego potencjału wodnego do wnętrza tensjometru przenika powietrze uniemożliwiając dalsze pomiary. Zapowietrzony tensjometr podaje błędny odczyt i należy go ponownie napełnić wodą. Odpowiednio przystosowane tensjometry (fot. 70) mogą współpracować ze sterownikami nawodnieniowymi, należy jednak pamiętać o ograniczeniach pracy tego urządzenia.

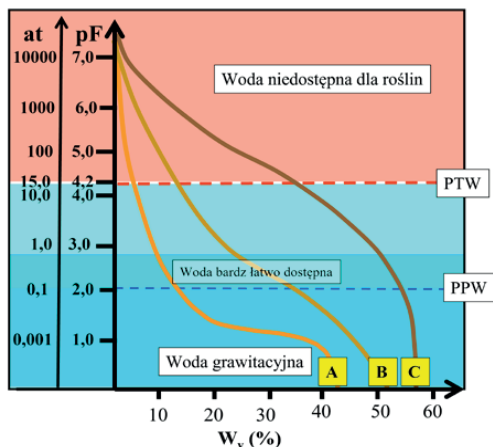


Fot 70. Tensjometr z wakuometrem do sterowania nawadnianiem przy określonym poziomie siły ssącej gleby. (W. Treder)

Chcąc podejmować decyzję o konieczności nawadniania na podstawie odczytu tensjometru należy go umieścić w strefie korzeniowej roślin na głębokości zalegania głównej masy korzeniowej w obszarze, gdzie działanie systemu nawodnieniowego ma wpływ na zmiany potencjału wodnego gleby. Te same zalecenia dotyczą czujników mierzących wilgotność gleby.

Poszczególne gleby różnią się pojemnością wodną, a więc przy tym samym potencjale wodnym mają inną wilgotność. Zależność

pomiędzy potencjałem wodnym gleby (jej siłą ssącą) a wilgotnością opisuje tzw. krzywa pF (krzywa sorpcji gleby; rys. 33)



Rys. 33. Krzywa sorpcji gleby: gleba lekka (A), gleba średnio ciężka (B), gleba ciężka (C). (W. Treder)

Krzywe pF wykonywane są przez specjalistyczne laboratoria. Jeżeli ogrodnik nie ma krzywej sorpcji dla swojej gleby, można założyć, że rośliny będą miały nieograniczony dostęp do wody przy utrzymaniu jej wilgotności w zakresie 80-100% połowej pojemności wodnej (PPW). Obserwując przebieg odczytów miernika wilgotności można wyznaczyć punkt odpowiadający połowej pojemności wodnej. Jest to wartość odczytu wilgotności na glebach lekkich 1 do 2 dni (na glebach ciężkich mogą to być nawet 3-4 dni) po intensywnych opadach deszczu lub intensywnym nawadnianiu przy zerowej ewapotranspiracji (w miejscu pomiaru glebę po deszczu należy przykryć folią). Optymalny poziom wilgotności gleby możemy wyznaczyć także organoleptycznie pobierając jej próbki i ściskając je w dłoni. Jeżeli woda z gleby daje się łatwo wycisnąć, przypuszczalnie gleba jest bardzo wilgotna (wilgotność zbliżona do wartości PPW lub nawet wyższa). Jeżeli jednak powstała po zgnie-



ceniu bryłka się rozsypuje i nie zostawia wilgoci na palcach gleba jest już za sucha. Można przyjąć, że gleba o optymalnej wilgotności po zgnieceniu stworzy trwałą bryłkę, a na dłoni i palcach pozostanie ślad wilgoci. Jeżeli wtedy odczyta się wartość wilgotności gleby na posiadanym mierniku, to wyznaczy się próg wilgotności, poniżej którego gleba nie powinna już przesycać.

Wzorcową metodą wyznaczania wilgotności gleby i podłoży ogrodniczych jest metoda suszarkowo-wagowa (grawimetryczna). Pobrane z pola w cylindrach o znanej objętości próbki gleby (zazwyczaj 100 cm<sup>3</sup>) są ważone i suszone w temperaturze 105°C do ustabilizowania się wagi. W przypadku podłoży na bazie materii organicznej jest to 70°C. Wilgotność w procentach odnoszących się do objętości obliczana jest wzorem:

- $W_v$  – wilgotność wyrażona w % objętościowych
- $d_1$  – ciężar cylindra z glebą wilgotną (g)
- $d_2$  – ciężar z glebą suchą (g)
- $V$  – objętość cylindra (cm<sup>3</sup>)

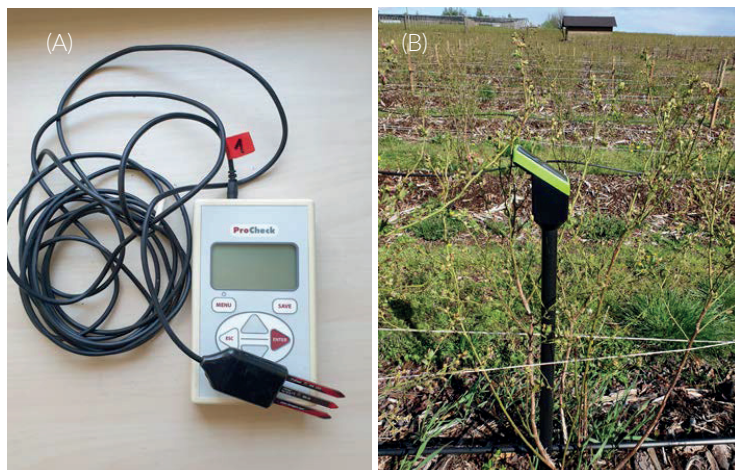
$$W_v = \frac{d_1 - d_2}{V} * 100 (\%)$$

Wilgotność gleby możemy wyznaczać także za pomocą różnego rodzaju mierników. Najprostsze rozwiązania wykorzystują zjawisko wpływu wilgotności na zmiany oporności elektrycznej mierzonej w porowatym bloczku umieszczonym w glebie (fot. 71).



Fot. 71. Miernik potencjału wodnego gleby wraz z czujnikiem opornościowym. (W. Treder)

Nowsze rozwiązania wykorzystują znaczną różnicę pomiędzy przenikalnością elektryczną wody (80) i powietrza (1). W uproszczeniu przenikalność elektryczna określa, czy zjawiska elektryczne przenikają przez określony ośrodek (np. glebę). A więc zmiany zawartości wody w glebie wpływają na jej wartość przenikalności elektrycznej. Czujniki pomiarowe wykorzystujące tą metodę nazywane są pojemnościowymi. Jakość pomiaru tak, jak w przypadku tensjometrów i czujników opornościowych wymaga dobrego kontaktu z glebą. Konieczna jest tu także kalibracja dla różnych gleb i podłoży ogrodniczych. Czujniki tego typu znajdują coraz szersze zastosowanie do kontrolowania wilgotności gleby w warunkach polowych oraz wilgotności podłoży bezglebowych. Zaletą czujników nowej generacji jest łatwa integracja z systemami gromadzenia danych oraz możliwość przesyłania wyników pomiarów bezprzewodowo. Obecnie na rynku dostępne są także sondy pomiarowe całkowicie bezprzewodowe, zasilane solarnie, a mierzone parametry odczytywane są w aplikacji internetowej (fot. 72). Dane pomiarowe przechowywane są w tzw. chmurze i mogą służyć do generowania wykresów obrazujących przebieg mierzonych parametrów. Stwarza to możliwość analizowania historycznych danych pomiarowych i wyciągania wniosków na przyszłość. Tego rodzaju czujniki glebowe mogą mierzyć nie tylko wilgotność, lecz także temperaturę i zasolenie gleby, dzięki czemu użytkownik może precyzyjniej sterować zarówno nawadnianiem, jak i nawożeniem. Umieszczenie w jednej sondzie pomiarowej czujników na różnych poziomach pozwala monitorować parametry glebowe na kilku głębokościach profilu glebowego. Uzyskane w ten sposób informacje pozwalają między innymi na obiektywną ocenę efektywności opadów oraz ich wpływu na wymywanie składników mineralnych w głąb gleby.



Fot. 72. Miernik wilgotności gleby z sondą pojemnościową (A) oraz bezprzewodowa sonda pojemnościowa (B) (W. Treder).

### 9.2.3. Kryteria roślinne

Obserwując wygląd roślin można ocenić ich kondycję - szybko zauważyć, że są zwiędnięte z powodu niedostatecznej wilgotności gleby (fot. 73).



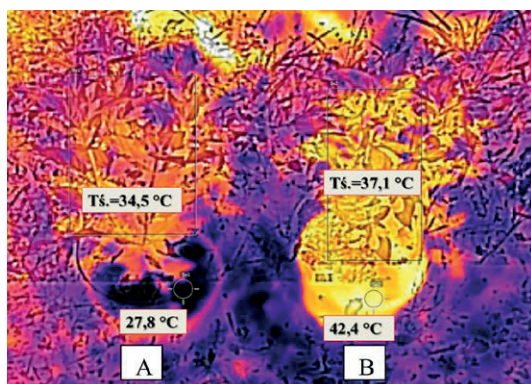
Fot. 73. Zwiędnięty z powodu suszy pęd borówki wysokiej (W. Treder)

Niestety taka informacja o kondycji roślin pojawia się zbyt późno – większość gatunków roślin uprawnych jest już wtedy w głębokim stresie, który ma negatywny wpływ na ich wzrost i plonowanie. Istnieją gatunki roślin, które aktywnie regulują turgor w liściach, aby ograniczyć transpirację w upalne dni. Taką rośliną jest np. burak, który większość wody przechowuje w korzeniu i aby się jej nie pozbywać więdnie. To jest reakcja obronna rośliny przed utratą wody, gdy upał minie liście odzyskują turgor. Nie znaczy to jednak, że rośliny buraka nie doznały stresu, który wpłynął na ich fizjologię. W przypadku większości gatunków roślin ogrodniczych widok zwiędniętych liści oznacza, że nawadnianie zostało wykonane zbyt późno. Ludzkie oko nie jest więc dobrym narzędziem do podejmowania decyzji o precyzyjnym nawadnianiu. Jednak, kiedy rano na liściach, np. truskawki widoczne są kropelki wody – zjawisko gutacji (fot. 74) można być pewnym, że w danej chwili roślinom nie brakuje wody. Nie oznacza to jednak, że w najbliższych kilku godzinach rośliny nie będą wymagały nawadniania.



Fot. 74. Gutacja na liściach truskawki świadczy o jej dobrym zaopatrzeniu w wodę. (W. Treder)

Brak wody w glebie powoduje ograniczenie transpiracji, a przez to wzrost temperatury liści. Zdalny pomiar temperatury liści można prowadzić za pomocą termometru na podczerwień lub jeszcze lepiej - za pomocą kamery termowizyjnej. W upalne dni rośliny rosnące w suchym podłożu mają nie tylko znacznie wyższą temperaturę liści, lecz także występują tu istotne różnice pomiędzy temperaturami wierzchniej warstwy podłoża (fot. 75).

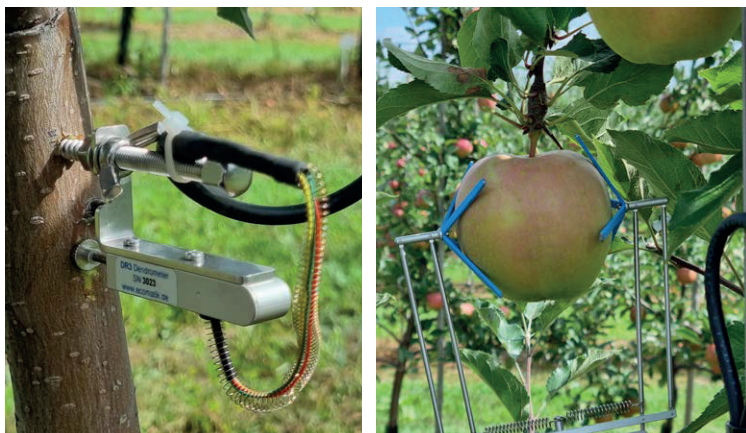


Fot. 75. Wpływ stresu wodnego na temperaturę liści roślin: roślina optymalnie nawadniana (A), roślina stresowana (B) .(W. Treder)

Kamery termowizyjne zainstalowane na dronach mogą wyznaczyć obszary w łanie roślin, które mają zbyt niską wilgotność gleby. Niestety tu także informacja przychodzi, gdy występuje już stres, a więc zbyt późno. Oczywiście w dużym gospodarstwie dron z kamerą termowizyjną jest doskonałym narzędziem do monitorowania ewentualnych problemów wynikających, np. ze złego zarządzania nawadnianiem lub nierównomiernego nawadniania. Nie powinniśmy jednak liczyć na to, że dzięki termowizji będzie można prowadzić precyzyjną diagnostykę potrzeb nawadniania.

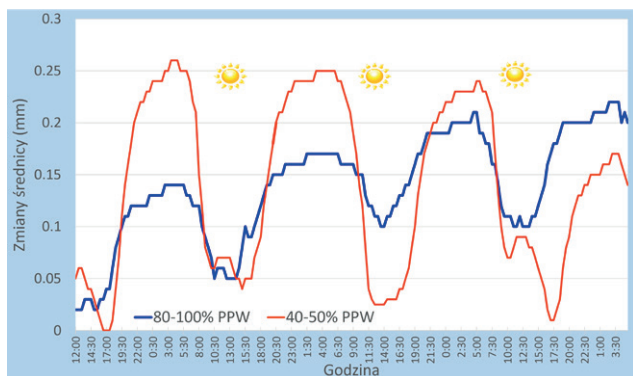
Kolejnym rozwiązaniem, które już od wielu lat wprowadzane jest do praktyki to monitorowanie dynamiki przyrostów średnic

pędów i owoców. Pomiary tego rodzaju prowadzone są za pomocą specjalnych czujników instalowanych na pniach drzew i owocach (fot. 76).



Fot. 76. Czujniki mikromorfometryczne do monitorowania mikrozmian średnicy pni i owoców. (W. Tredler)

Standardowe wykresy obrazujące dzienne przyrosty średnic tych organów wykazują wyraźne obniżenie w ciągu dnia (nawet przy optymalnym zaopatrzeniu w wodę (rys. 34).



Rys. 34. Przebieg zmian średnicy pnia jabłoni przy różnych poziomach wilgotności gleby. (W. Tredler)



W ciągu dnia, kiedy otwierają się aparaty szparkowe i następuje transpiracja, ciśnienie wody w komórkach roślin nieznacznie spada, czego wynikiem jest minimalne obniżenie się średnic organów w stosunku do wartości z poprzedniej nocy. Kiedy jednak transpiracja szparkowa się obniża, a w nocy praktycznie się zatrzymuje, ciśnienie w komórkach wzrasta do poprzedniego poziomu. Dodatkowo roślina zaczyna wbudowywać produkty fotosyntezy, przez co organy nieznacznie się powiększają. Ciągłe monitorowanie i analiza tych mikrozmiarów średnic pędów i owoców, a szczególnie wielkości ich dziennego obniżania pozwala na bardzo wczesne uzyskanie informacji o coraz mniejszej dostępności wody dla roślin. Taki sygnał do producenta dociera znacznie wcześniej niż wzrost temperatury liści lub widoczne więdnienie roślin. Metoda ta z fazy badań przechodzi już do praktycznego stosowania. Wydaje się, że już w niedalekiej przyszłości także w krajowych gospodarstwach będzie można bezpośrednio monitorować reakcję roślin na niedobory wody w glebie, co bezpośrednio wpłynie na nasze decyzje nawodnieniowe. Przy wykorzystaniu elementów sztucznej inteligencji system będzie mógł prowadzić nawadnianie samodzielnie. Prace badawcze w tym zakresie są prowadzone także w Instytucie Ogrodnictwa – PIB w Skierniewicach.

#### 9.2.4. Ustalanie wielkości dawek wody i częstotliwości nawadniania

Wymienione kryteria nawadniania mogą być stosowane rozdzielnie lub łącznie. Zawsze obowiązuje podstawowe kryterium roślinne, którym jest obserwacja kondycji roślin. W zależności od potrzeb nawadnianej uprawy i posiadanych rozwiązań technicznych może to być przykładowo określanie częstotliwości i dawki wody na podstawie szacowanej ewapotranspiracji przy wspomaganie się okresowymi pomiarami

wilgotności gleby. Przy odpowiednim wyposażeniu technicznym nawadnianie może być prowadzone tylko na podstawie monitorowania wilgotności gleby.

Bardzo ważnym elementem jest znajomość okresów krytycznych wrażliwości na suszę poszczególnych gatunków roślin, głębokości ich korzenia się, a także znajomość właściwości wodnych gleb. Nawet wówczas, gdy ogrodnik posiada odpowiedni sprzęt do pomiaru wilgotności lub potencjału wodnego gleby, warto jest nauczyć się szacować potrzeby wodne upraw. Posiadając taką wiedzę można szacować potrzeby wodne w gospodarstwie i przewidywać, jak szybko po ostatnich obfitych opadach lub nawadnianiu wyczerpie się w glebie zapas wody i będzie trzeba rozpocząć nawadnianie.

Aby określić przypuszczalny termin następnego nawadniania należy wyznaczyć bilans wodny konkretnej uprawy. Po stronie przychodów są opady i/lub nawadnianie. A rozchody to ewapotranspiracja rzeczywista uprawy (ETR). W pierwszym etapie obliczeń należy znać zapas wody bardzo łatwo dostępnej lub wody dyspozycyjnej zalegającej w warstwie gleby, w której wilgotność ma być kontrolowana (tab. 21). Dla utrzymania wysokiej wilgotności gleby do obliczeń brane są dane o zawartości wody bardzo łatwo dostępnej dla roślin.

Tabela 21. Zawartości wody bardzo łatwo dostępnej i dyspozycyjnej

Rodzaje wody	Kategoria gleby			
	bardzo lekka	lekka	średnia	ciężka
Bardzo łatwo dostępna	3,6	4,8	5,4	4,8
Dyspozycyjna	6	8	9	8

\*opis kategorii glebowych - [www.nawadnianie.inhort.pl/slownik/S%C5%82ownik-1/K/Kategorie-gleb-14/](http://www.nawadnianie.inhort.pl/slownik/S%C5%82ownik-1/K/Kategorie-gleb-14/)



Przykład obliczeń zapasu wody (ZW)

Cel: kontrolowanie wilgotności gleby lekkiej w warstwie do 30 cm. Zapas wody bardzo łatwo dostępnej szacowany jest na  $(3 \times 4,8) = 14,4$  mm (14,4 l/m<sup>2</sup>; 144 m<sup>3</sup>/ha). Obliczenia zapasu wody glebowej można wykonać także na Platformie Internetowej: [www.nawadnianie.inhort.pl/zapas-wody-glebowej](http://www.nawadnianie.inhort.pl/zapas-wody-glebowej).

Chcąc utrzymać wilgotność gleby w tej warstwie na wysokim poziomie, nawadnianie powinno się wykonać, gdy sumowane dziennie potrzeby wodne naszej uprawy (ETR) będą zbliżone do szacowanego zapasu wody bardzo łatwo dostępnej.

ETR = ZW

ETR możemy oszacować na Platformie Internetowej: <http://www.nawadnianie.inhort.pl/potrzeby-nawadniania-rs>, [www.nawadnianie.inhort.pl/potrzeby-wodne-rw](http://www.nawadnianie.inhort.pl/potrzeby-wodne-rw)

Przykładowo, jeżeli zapas wody bardzo łatwo dostępnej został oszacowany na 14,4 mm, a przy stabilnych warunkach pogodowych ETR szacowany jest na 3,7 mm dziennie, to nawadnianie powinno się przeprowadzić po 4 dniach od wystąpienia wysokich opadów lub nawadniania. W warunkach klimatyczno-glebowych Polski, w okresie wiosennym, metoda ta obarczona jest błędem przeszacowania potrzeb nawadniania. Nie uwzględnia ona informacji o intensywności podsiąkania wody gruntowej, która wiosną po śnieżnej zimie może być bardzo istotnym przychodem wody w warstwie ornej gleby. Trudno jest także ocenić efektywność opadów burzowych, która w szczególnych przypadkach może być nawet niższa niż 50%. Dlatego chcąc do sterowania wykorzystywać metodę bilansową dobrze jest się wspierać pomiarami wilgotności gleby. Pomiary wilgotności nie muszą być prowadzone na każdej kwaterze, ale pomogą użytkownikowi wprowadzić do obliczeń własne korekty, co zapewni wyższą precyzję nawadniania.

Niezależnie od zastosowanych kryteriów nawadniania

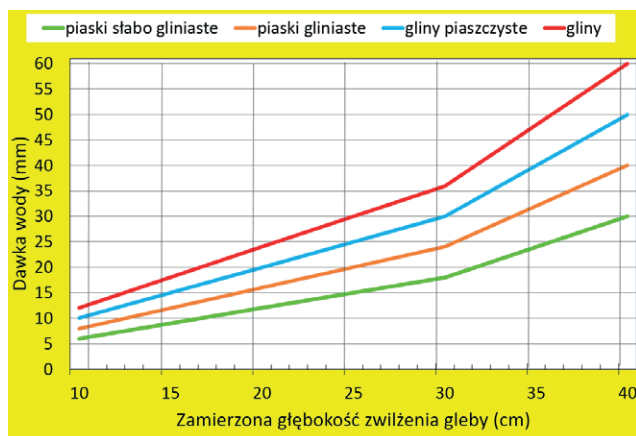
użytkownik instalacji nawodnieniowej powinien:

A/ - ustalić maksymalną jednorazową dawkę wody

B/ - określić intensywność wypływu wody na konkretne kwatery (zawory)

### Ustalenie maksymalnej jednorazowej dawki wody.

Użytkownicy systemów nawodnieniowych powinni ustalić empirycznie lub oszacować maksymalną jednorazową dawkę wody tak, aby glebę zwilżać tylko na głębokość zalegania najbardziej aktywnej strefy korzeniowej roślin (w zależności od gatunku zazwyczaj jest to głębokość od 10 do 40 cm). W przypadku deszczowania szacowanie niezbędnej dawki wody dla zwilżenia gleby na określoną głębokość można wykonać wykorzystując dane zawarte na rysunku 35, na którym przedstawiono zależność pomiędzy dawką wody a szacowaną głębokością zwilżenia dla różnych rodzajów gleb. Na przykład, jeżeli piasek słabo gliniasty ma zostać zwilżony na głębokość 25 cm, to stosuje się dawkę 15 mm. Ale jeżeli na tę głębokość ma zostać zwilżona gleba gliniasta, to dawkę należy zwiększyć do ok. 30 mm.

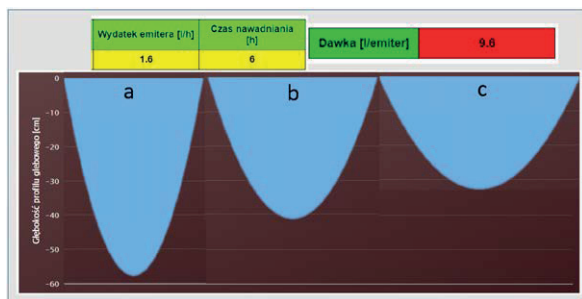


Rys. 35. Zależność pomiędzy dawką wody a szacowaną głębokością zwilżenia dla różnych rodzajów gleb. (W. Tredler)

Aby określić rzeczywistą głębokość zwilżenia gleby, powinno się wykonać odkrywkę profilu glebowego i obserwować, jak głęboko przesiąka woda po zastosowaniu określonej dawki deszczowania lub nawadniania kropłowego. Można tu także wykorzystać tensjometry lub czujniki do pomiaru wilgotności gleby, umieszczając je na kilku głębokościach (można też wykorzystać sondę profilową jednocześnie mierzącą wilgotność na kilku poziomach) i odczytując jak głęboko określona dawka wody zwilża profil glebowy. Skład mechaniczny gleby istotnie wpływa nie tylko na pionowy, ale i poziomy rozkład wody, co ma szczególne znaczenie przy nawadnianiu kropłowym. Dlatego na glebach lekkich stosuje się mniejszą odległość pomiędzy emiterami a na glebach ciężkich większą.

Symulację przepływu wody przy stosowaniu nawadniania kropłowego w różnych rodzajach gleb można przeprowadzić na Platformie Internetowej za pomocą aplikacji: Zasięg zwilżania [www.nawadnianie.inhort.pl/gleba/118-zasieg-zwilzania](http://www.nawadnianie.inhort.pl/gleba/118-zasieg-zwilzania).

Po wyborze typu gleby, wydatku emitera kropłowego i czasu nawadniania powstaje graficzny obraz szacowanego obszaru zwilżenia gleby. Na rysunku 36 przedstawiona została symulacja pionowego zasięgu wody dla różnych typów gleb przy takim samym wydatku emitera i czasie nawadniania.



Rys. 36. Symulacja pionowego przesiąkania wody dla gleby bardzo lekkiej (A), lekkiej (B) i ciężkiej (C) po 6-godzinym nawadnianiu kropłowym emiterami o wydatku 1,6 litra na godzinę. (W. Treder)

W przypadku wystąpienia ekstremalnych warunków pogodowych, które wymuszą wysokie potrzeby wodne roślin, może się zdarzyć, że wymaganą dawkę dzienną trzeba będzie podzielić na dwa nawodnienia.

### **Pomiar lub szacunek intensywności wypływu wody na poszczególne zawory.**

W większości przypadków niezależnie czy zawory otwierane są ręcznie czy automatycznie ustala się określony czas nawadniania. Dlatego bardzo ważne jest, aby poznać dla wszystkich zaworów instalacji nawodnieniowej zależność pomiędzy czasem nawadniania a wielkością dawki wody.

Najprecyzyjniej można to zrobić za pomocą wodomierza, na którym odczytuje się rzeczywistą intensywność przepływu wody. Można to także wyznaczyć za pomocą aplikacji Systemy Nawodnieniowe umieszczonej pod adresem: **[www.nawadnianie.inhort.pl/systemy-nawodnieniowe](http://www.nawadnianie.inhort.pl/systemy-nawodnieniowe)**. W aplikacji można oszacować wydatki wody zarówno w instalacjach kroplowych jak również w systemach minizraszania i deszczownicach. W przypadku instalacji kroplowych użytkownik nie tylko obliczy wydatek wody na jednostkę powierzchni, lecz także - po wpisaniu czasu nawadniania - otrzyma informacje o wydatku wody na emiter i roślinę.

### **9.3. Ograniczenie zanieczyszczania źródeł wody**

Woda jest bardzo cennym dobrem, dlatego należy ją chronić przed zanieczyszczeniem. Należy zwracać szczególną uwagę na opakowania po nawozach i środkach ochrony roślin. W przypadku instalacji nawodnieniowych, za pomocą których prowadzona jest fertygacja konieczny jest montaż zaworów zwrotnych, aby w trakcie nawożenia wyeliminować możliwość

zanieczyszczenia źródła wody nawozami lub kwasami stosowanymi do zakwaszania wody.

Kolejnym źródłem zanieczyszczeń wód powierzchniowych i gruntowych mogą być wody przelewowe (tzw. drenaż) odprowadzane z obiektów szklarniowych i tuneli foliowych. Ze względu na intensywność upraw prowadzonych pod osłonami, stosowanie podłoży inertych oraz często dużą koncentrację obiektów, uprawy tego rodzaju stanowią potencjalne zagrożenie dla jakości wód powierzchniowych i gruntowych. Dlatego podstawowym celem wprowadzanych nowych technologii upraw pod osłonami jest częściowe lub całkowite zamknięcie obiegu wody. Wprowadzenie obiegu zamkniętego istotnie wpływa na zwiększenie efektywności wykorzystania wody i nawozów oraz całkowicie eliminuje możliwości skażenia środowiska naturalnego wodami drenażowymi. Niesie jednak za sobą zagrożenia dla prowadzonych upraw, jakim jest przede wszystkim nadmierny wzrost zasolenia pożywki, niekorzystne zmiany w jej składzie oraz możliwość skażenia wody patogenami. Wprowadzenie zamkniętego obiegu wody w produkcji pod osłonami, poza systemem automatycznego mieszania wody pochodzącej z różnych źródeł, wymaga jeszcze zastosowania nowoczesnych zautomatyzowanych rozwiązań filtracji, uzdatniania i dezynfekcji powracającej do obiegu pożywki.

Obecnie nie ma jeszcze w Polsce obowiązku stosowania tej technologii, ale w przyszłości będzie ona konieczna. Aby już dziś chronić środowisko naturalne wszędzie, gdzie to jest możliwe powinniśmy wykorzystywać szklarniowe wody drenarskie do nawadniania i fertygacji innych gatunków roślin uprawianych w polu.