



Waldemar
Treder

**KODEKS DOBRYCH
PRAKTYK WODNYCH
w ogrodnictwie**

Autor tekstu: Waldemar Treder, Instytut Ogrodnictwa – Państwowy Instytut Badawczy

Opracowanie redakcyjne: Waldemar Treder, Dorota Łabanowska-Bury

Skład i łamanie: MRiRW

Opracowanie graficzne, projekt okładki: MRiRW

ISBN: 978-83-65903-74-7

Wydawca: Instytut Ogrodnictwa – Państwowy Instytut Badawczy

Copyright by: Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi, Instytut Ogrodnictwa – Państwowy Instytut Badawczy.

Rok wydania: 2022

Egzemplarz bezpłatny. Przedruk całości lub części zabroniony.

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.

Zadanie wykonane w ramach umowy nr DSR.nw.070.5.2021 zawartej pomiędzy Ministrem Rolnictwa i Rozwoju Wsi a Instytutem Ogrodnictwa - Państwowym Instytutem Badawczym

Spis treści

Wstęp	5
2. Dobór odmian bardziej tolerancyjnych na niedobory opadów	11
3. Zwiększanie pojemności wodnej gleb.....	14
3.1. Aplikacja materii organicznej	17
3.2 Wzbogacenie gleb i podłoży ogrodniczych o bentonit	17
3.3 Wzbogacanie gleby i podłoży ogrodniczych o supersorbenty	20
3.4 Wapnowanie	23
3.5 Uprawa gleby	23
3.6 Ściółkowanie gleby.....	24
4. Prawo Wodne - zasady korzystania z wody do nawadniania	27
5. Retencja wody	32
6. Źródła i jakość wody do nawadniania	39

7. Filtracja i uzdatnianie wody	54
7.1 Dobór systemu filtracji i uzdatniania wody	54
7.2 Rodzaje filtrów	55
7.3 Uzdatnianie wody	69
7.3.1. Odżelazianie	70
8. Nawadnianie roślin ogrodniczych.....	79
8.1 Ujęcia wody.....	79
8.2. Rodzaje systemów nawadniania.....	82
8.3. Obieg zamknięty wody.....	108
8.4. Serwis instalacji nawodnieniowych	109
8.5. Ogólne zasady projektowania instalacji nawodnieniowej	115
8.6. Audyt wodny	121
9. Zasady integrowanego nawadniania.....	124
9.1. Oszczędne gospodarowanie zasobami wodnymi na wszystkich etapach użytkowania.....	124
9.2. Stosowanie wiarygodnych kryteriów nawadniania	125
9.3. Ograniczenie zanieczyszczania źródeł wody	144
10. Automatyka nawadniania.....	146
11. Podsumowanie.....	150
12. Literatura uzupełniająca.....	152

Wstęp

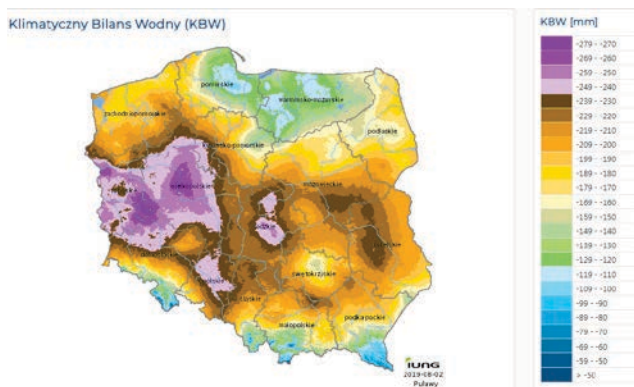
W warunkach Polski podstawowym źródłem wody dla roślin uprawianych w polu są opady atmosferyczne. Niestety ich wielkość i rozkład w czasie są często niewystarczające dla uprawy nie tylko roślin jednorocznych, lecz także wieloletnich (fot. 1).

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.

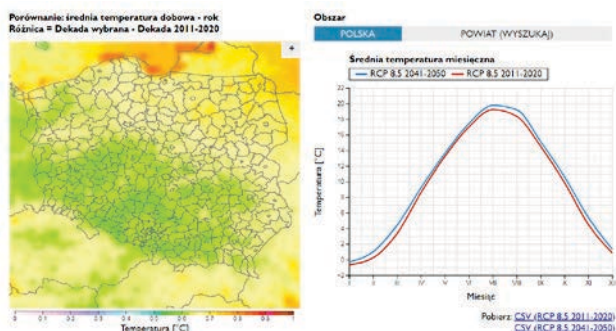
Większość modeli klimatycznych wskazuje, że z powodu globalnego ocieplenia opady w regionach klimatu umiarkowanego zmniejszą się. Nasili się także występowanie zjawisk ekstremalnych takich, jak susze czy lokalnie występujące gwałtowne

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/klimat-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, 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 nawad-

nianych w latach 1960-2000 zużycie wody na świecie wzrosło dwukrotnie. Także w skali krajowej gospodarka 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 ogrodniczej, 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 zwiększeniem 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.

2. Dobór odmian bardziej tolerancyjnych na niedobory opadów

Odmiany roślin o mniejszych wymaganiach wodnych i/lub wyższej tolerancji na suszę mogą być przydatne na obszarach, gdzie istnieje ograniczony dostęp do źródeł wody. Ma to także znaczenie w technologiach uprawowych stosowanych pod osłonami, gdzie jedynym źródłem wody jest tylko ta podawana przez system nawodnieniowy. W tych warunkach szczególnie ważne staje się oszczędne i racjonalne gospodarowanie wodą i nawozami. Poszczególne odmiany tego samego gatunku roślin mogą wykazywać zróżnicowaną reakcję na suszę. Deficyt wody w glebie może w różnym stopniu ograniczać ich fotosyntezę oraz potencjał wodny liści.

Zdolność roślin do radzenia sobie z okresowymi niedoborami wody to obecnie bardzo ważny parametr brany pod uwagę w hodowli nowych odmian roślin uprawnych. W programach hodowlanych oceniane są zależności pomiędzy siłą wzrostu systemu korzeniowego roślin a dostępnością wody i składników mineralnych w glebie. Jednym ze sposobów ograniczenia skutków suszy jest uprawa roślin o szybko rosnącym i silnym systemie korzeniowym. Tempo wzrostu i zasięg systemu korzeniowego są więc ważnym kryterium doboru roślin do uprawy. Na fotografii poniżej przedstawiono różną siłę wzrostu systemów korzeniowych dwóch linii hodowlanych kapusty (fot. 2).



Fot. 2. Systemy korzeniowe dwóch linii hodowlanych kapusty. (W. Tredler)

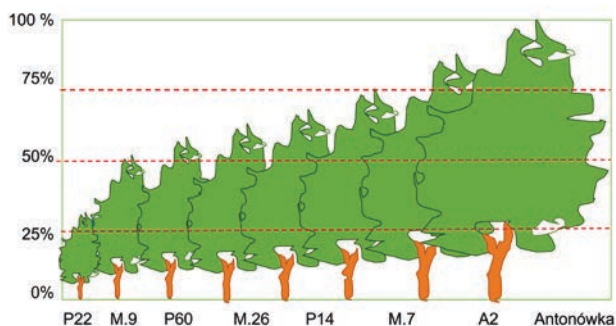
Przy wyborze do uprawy konkretnej odmiany rośliny uprawnej należy zawsze zwracać uwagę na stopień tolerancji na warunki ograniczonej dostępności wody. Jest to możliwe przy założeniu, że producent otrzyma od oferującego rzetelną informację o cechach danej odmiany, które zostały wcześniej zbadane.

W przypadku drzew owocowych ważny jest dobór siły wzrostu podkładki, na której zaszczepiona jest odmiana szlachetna do warunków stanowiska, gdzie sad będzie zakładany. Siła wzrostu części nadziemnej drzew jest ściśle skorelowana z siłą wzrostu ich systemów korzeniowych (tab. 1). Dlatego płytko korzeniące się drzewa zaszczepione na podkładkach karłowych najszybciej reagują na niedobory opadów. Drzewa zaszczepione na podkładkach silnie rosnących korzystają z wody zalegającej znacznie głębiej w profilu glebowym i dlatego nie wykazują objawów stresu wodnego w czasie krótkiego okresu niedoboru opadów.

Tabela 1. Głębokość zalegania głównej masy korzeni jabłoni w zależności od siły wzrostu podkładki.

Typ podkładki	Nazwa	Głębokość zalegania głównej masy korzeni (cm)
Silnie rosnąca	A2, Antonówka	20-80
Półkarłowa	M.26, P14, P60,	15-60
Karłowa	M.9, P22	5-40

Nawet pomiędzy podkładkami zaliczanymi do tego samego typu występują znaczne różnice siły wzrostu (rys. 3).

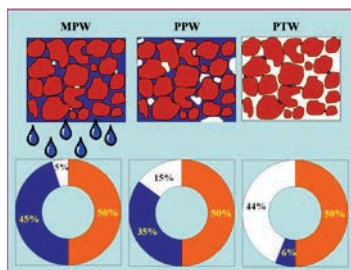


Rys. 3. Siła wzrostu drzew w zależności od zastosowanej podkładki. (W. Treder)

Bardzo wrażliwe na suszę są wszystkie rośliny kielkujące oraz sadzonki o płytkim systemie korzeniowym. Spośród roślin sadowniczych najpłycej korzenią się rośliny jagodowe, co sprawia że są najbardziej wrażliwe na okresowe niedobory opadów. W tej grupie można wymienić przede wszystkim truskawkę, poziomkę, malinę, jeżynę, żurawinę, aktinidię, kolcowój (jagoda goji) czy borówkę wysoką. Główna masa ich systemów korzeniowych mieści się w warstwie gleby od 5 do 35 cm.

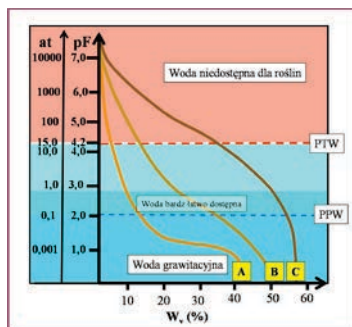
3. Zwiększanie pojemności wodnej gleb

W przypadku upraw polowych głównym źródłem wody dla roślin są opady atmosferyczne. Wody opadowe w pewnej części gromadzone są w glebie, skąd pobierają ją rośliny. Dlatego pojemność wodna gleb ma istotny wpływ na efektywność opadów, a także może istotnie ograniczyć negatywne efekty występowania ograniczonej ilości opadów. Po obfitym deszczu lub przeprowadzonym nawadnianiu (przy odpowiednio wysokiej dawce) woda wypełnia wszystkie przestrzwy glebowe osiągając tzw. maksymalną pojemność wodną (MPW; rys. 4). Po odcieknięciu nadmiaru wody ściąganej w głąb profilu glebowego przez siły grawitacji w glebie następuje stan równowagi określany jako połowa pojemność wodna (PPW). Ilość wody w glebie, przy której rośliny więdną i nawet po podlaniu nie da się ich odratować nazywamy punktem trwałego więdnienia (PTW). Uwaga: ilość wody dostępnej dla roślin zawarta jest pomiędzy PPW a PTW. Woda dostępna dla roślin = PPW – PTW



Rys. 4. Podstawowe stany uwilgotnienia gleby. MPW – maksymalna pojemność wodna, PPW – połowa pojemność wodna, PTW – punkt trwałego więdnienia. (W. Treder)

Wilgotność gleby określana jest w procentach odnoszących się do jej masy lub objętości. Obecnie wilgotność wyrażana jest najczęściej w procentach objętościowych. Siła z jaką woda utrzymywana jest w glebie nazywana jest siłą ssącą gleby. Po obfitym deszczu, gdy woda wypełnia wszystkie nawet duże pory glebowe (MPW), siła ssąca gleby wynosi 0. W miarę upływu czasu, przy braku opadów, wilgotność gleby obniża się i woda pozostaje już tylko w najmniejszych przestworach. Zawartość wody w poszczególnych glebach jest ściśle związana z ich składem mechanicznym, zawartością substancji organicznej, strukturą i stopniem zagęszczenia. Do jej pobrania potrzebna jest coraz większa siła, a przez to woda staje się coraz mniej dostępna dla roślin. Zatem, w zależności od zawartości wody w glebie są różne poziomy dostępności wody dla roślin: od wody bardzo łatwo dostępnej po wodę bardzo trudno dostępną i niedostępną (rys. 5).



Rys. 5. Krzywa dostępności wody (pF). (W. Treder)

Różne typy gleb charakteryzują się różną pojemnością wodną (tab. 2). Oznacza to, że zapas wody łatwo dostępnej dla roślin uprawnych w przypadku gleb lekkich wystarcza na znacznie krótszy czas niż w przypadku tej samej ilości wody zgromadzonej w glebach ciężkich. Dla rolnika oznacza to, że gleby lekkie muszą

być nawadniane częściej niż gleby ciężkie, ale mniejszymi dawkami wody. W praktyce do nawadniania roślin niezbędna jest znajomość rzeczywistych zapasów wody łatwo dostępnej w różnych glebach. Zapasy lub niedobory wody, a także dawki nawadniania podawane są w mm słupa wody: $1 \text{ mm} = 1 \text{ l/m}^2 = 10 \text{ m}^3/\text{ha}$.

Tabela 2. Polowa pojemność wodna i zapasy wody łatwo dostępnej w %*.

Rodzaj gleby	Polowa pojemność wodna [%]	Woda b. łatwo i łatwo dostępna [%] lub [mm/10 cm gleby]
piaski słabo gliniaste i luźne	9-16	5-7
piaski gliniaste i pylaste	14-23	6.5-9
gliny piaszczyste i lekkie	22-30	9
gliny ciężkie, utwory pylaste	30-37	9

* Wartość wyrażona w % objętościowych jest równa liczbowo wartości wyrażonej w mm wody zgromadzonej w 10 cm warstwie gleby.

Na stronie Serwisu Nawodnieniowego przygotowanego i prowadzonego przez Instytut Ogrodnictwa – PIB w zakładce Kalkulatory/ Gleba <http://www.nawadnianie.inhort.pl/zapas-wody-glebowej> można oszacować zapas wody glebowej dyspozycyjnej oraz łatwo dostępnej w różnych typach gleb przy różnych głębokościach korzenia się roślin. Informacja ta jest niezbędna do szacowania częstotliwości nawadniania w określonych warunkach pogodowych.

Na przykład, w 20 cm warstwie gleby bardzo lekkiej może być zgromadzone ok. 7,2 mm ($1 \text{ mm} = 1 \text{ l/m}^2$) wody bardzo łatwo dostępnej. Jeżeli uprawiane są na tej glebie płytko korzeniące się rośliny, których korzenie sięgają maksymalnie do 20 cm, to przy ewapotranspiracji (suma parowania roślin i gleby) na poziomie 3,5 mm/dzień, wody bardzo łatwo dostępnej dla roślin wystarczy

tylko na 2 dni. Jeżeli w tym okresie nie przeprowadzimy nawadniania, nie wystąpi odpowiednio wysoki opad deszczu i nie będzie podsiąkania z głębszych warstw gleby, to w kolejnych dniach rośliny stopniowo będą odczuwały niedostatek wody.

Aby zabezpieczyć rośliny przed krótkotrwałymi okresami suszy należy zwiększyć pojemność wodną gleby. Ma to szczególnie znaczenie w przypadku gleb lekkich. Takie gleby mają małą zdolność retencyjną i bardzo dużą przepuszczalność.

Jednym ze sposobów częściowego ograniczenia deficytu wody gleb lekkich może być zastosowanie dodatków doglebowych powodujących zwiększenie retencji wodnej i poprawiających strukturę gleby.

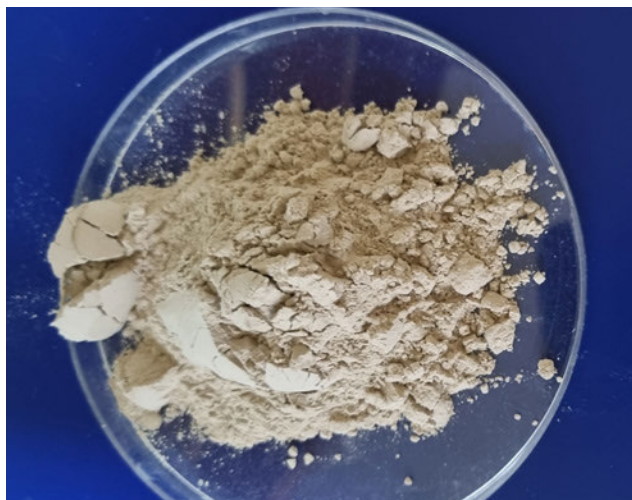
3.1. Aplikacja materii organicznej

Zwiększeniu retencji wodnej gleb lekkich sprzyja wzbogacenie gleby o materię organiczną. Wieloletnie regularne nawożenie organiczne może istotnie podnieść pojemność wodną gleby. Niestety jest to proces długotrwały. Materia organiczna ma wysoką pojemność wodną dlatego wraz ze wzrostem jej zawartości w glebie (wzrostem poziomu próchnicy) wzrasta pojemność wodna gleby. Rzeczywisty wzrost zawartości próchnicy o 1% może zwiększyć pojemność wodną gleby o około 2,5%. Oznacza to, że 40 cm warstwa gleby może utrzymać o 10 mm wody więcej.

3.2 Wzbogacenie gleb i podłoży ogrodniczych o bentonit

Bentonit to osadowa skała ilasta barwy białej, szarej lub żółtej, o wyjątkowo wysokiej pojemności wodnej. W przyrodzie występują różne rodzaje bentonitu, których nazwy pochodzą od dominujących w nich składników, jak potas (K), wapń (Ca), sód (Na)

lub glin (Al). Bentonity oferowane jako dodatki do gleb i podłoży sprzedawane są zazwyczaj w formie proszku (fot. 3).



Fot. 3. Bentonit. (W. Treder)

Dodanie bentonitu do gleby wpływa pozytywnie nie tylko na wzrost jej pojemności wodnej i pojemności sorpcyjnej kationów lub anionów, lecz także na wyraźny wzrost aktywności mikrobiologicznej gleby. Bentonit bardzo dobrze nadaje się także jako domieszka do podłoży ogrodniczych, której dodatek poprawia ich właściwości powietrzno-wodne i sorpcyjne.

Poszczególne bentonity mogą znacznie różnić się właściwościami wodnymi. Poniżej podano przykładowe parametry jednego z bentonitów testowanych w Instytucie Ogrodnictwa – PIB:

- masa objętościowa: $0,65 \text{ g/cm}^3$
- 1 gram suchego bentonitu absorbował 3,4 g wody
- wzrost objętości bentonitu po nasyceniu wodą: 267%
- maksymalna wilgotność objętościowa bentonitu: 82,5%.

Przyjmując przykładowe parametry bentonitu zawarte powyżej, aby istotnie podnieść pojemność wodną gleby, potrzeba stosunkowo dużych ilości produktu. Dla podniesienia pojemności wodnej wierzchniej warstwy gleby o wartość średniej dziennej ewapotranspiracji z okresu lata (3,4 mm), na każdy m² gleby należy zastosować 1 kg bentonitu, czyli 10 ton na hektar. Skuteczność zastosowanego bentonitu w poprawie właściwości gleby będzie zależała oczywiście nie tylko od dawki, ale także od przebiegu pogody, wieku roślin i głębokości zasięgu ich systemu korzeniowego. W literaturze można znaleźć opisy pozytywnych efektów stosowania bentonitu w dawkach od 24 do nawet 120 ton/ha!

Bentonit nie degradowe się i bardzo powoli przemieszcza się w profilu glebowym. Pozytywne efekty stosowania wysokich dawek bentonitu (w dawce 120 ton/ha) można obserwować jeszcze przez kilkadziesiąt lat po jego zastosowaniu. Trzeba jednak pamiętać, aby wprowadzane do gleby wysokie dawki bentonitu były zmieszane z co najmniej 20 - 30 cm jej warstwą. Zastosowanie wysokiej dawki bentonitu tylko w cienkiej wierzchniej warstwie gleby, może doprowadzić do niekorzystnego zjawiska utworzenia nieprzepuszczalnej dla wody warstwy, co znacznie obniży efektywność opadów atmosferycznych. W okresie bezopadowym powierzchnia takiej gleby będzie się zaskorupiać, a w skrajnych przypadkach - przy braku opadów i wysokich dawkach bentonitu nie wymieszanego z głębszą warstwą gleby - nawet pękać, co może uszkadzać korzenie roślin.

Bentonit można zastosować także do zaprawiania dołków, w których będą sadzone rośliny. Dzięki łatwemu przygotowaniu bentonitu w formie półpłynnej (na 1 kg bentonitu należy dodać około 4,5 - 6 l wody i dobrze wymieszać, np. w betoniarce) nadaje się on doskonale do zaprawiania korzeni roślin bezpośrednio przed ich posadzeniem do gruntu (fot. 4).



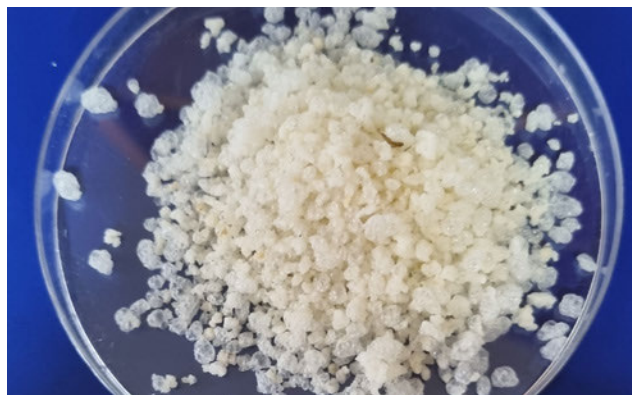
Fot. 4. Warstwa półpłynnego bentonitu na korzeniach roślin bezpośrednio przed sadzeniem do gruntu. (W. Treder)

Zaprawianie bentonitem korzeni roślin zwiększa pojemność wodną ich ryzosfery, co ułatwia ukorzenianie w warunkach braku możliwości nawadniania.

W ogrodnictwie należy stosować tylko bentonity polecane do uprawy roślin. W przypadku zaprawiania korzeni bardzo wrażliwych roślin, zawsze wskazane jest wykonanie wstępnych testów na małej próbce.

3.3 Wzbogacanie gleby i podłoży ogrodniczych o supersorbenty

Agrożele, hydrożele, supersorbenty to nietoksyczne polimery kwasu akrylowego, alkoholu poliwinylowego lub politlenku etylu, charakteryzujące się silnymi właściwościami wchłaniania i gromadzenia wody (oraz wodnych roztworów wielu substancji takich, jak nawozy czy nawet środki ochrony roślin). Hydrożele występują w formie kryształków wielkości od 0,3-1,2 mm, przypominających wyglądem kryształy soli kuchennej (fot. 5). Hydrożele po dodaniu do gleby lub podłoży ogrodniczych powodują wzrost ich pojemności wodnej.



Fot.5. Kryształki hydrożelu. (W. Treder)

Supersorbenty wchłaniają bardzo duże ilości wody, co prowadzi do utworzenia żelu. Pod wpływem wody poszczególne kryształki znacznie zwiększają swoją pierwotną objętość, osiągając wielkość od 0,5 do 1 cm (fot. 6).



Fot. 6. Uwodnione kryształki hydrożelu. (W. Treder)

Chłonność supersorbentów wyrażona w gramach wody pochłoniętej przez 1 gram polimeru zależy od wielu czynników i może wynosić od kilku do nawet kilkuset gramów (fot. 7). Zdol-

ność wchłaniania wody przez hydrożele zależy od ich charakteru chemicznego oraz od jakości wody. Zasolenie gleby znacznie obniża chłonność supersorbentów.



Fot. 7. Jeden gram prezentowanego hydrożelu pochłoniął 80 gramów wody wodociągowej (W. Treder)

Hydrożele są szczególnie polecane do stosowania na bardzo przepuszczalnych glebach lekkich, gdzie działają jak bufor wody ograniczający i opóźniający wystąpienie stresu wodnego. Hydrożele pozwalają zatrzymać większą ilość wody w glebie, co pozwala obniżyć częstotliwość nawadniania oraz zmniejszyć zużycie wody do nawadniania. Hydrożele, w odróżnieniu od bentonitów, w ciągu kilku lat od zastosowania ulegają biodegradacji. W zależności od potrzeb hydrożele można stosować na całą powierzchnię pola lub tylko w rzędach i dołkach, w których będą sadzone rośliny. Zalecane dawki hydrożelu zależne są od rodzaju stosowanego hydrożelu i technologii uprawy roślin. W literaturze najczęściej opisywane są efekty zastosowania 50 g hydrożelu na m² powierzchni uprawnej. Hydrożel powinien być wymieszany z wierzchnią warstwą gleby na głębokości 10–20 cm. Przy pro-

dukcji pieczarki hydrożele mogą być dodane do okrywy w dawce 50–100 g/m².

Hydrożele w dawce 2–4 g/l są także wykorzystywane jako dodatek do bardzo porowatych podłoży ogrodniczych. W przypadku dodania hydrożeli do piasku, kory lub keramzytu można uzyskać istotny wzrost pojemności wodnej bez ograniczenia dostępu powietrza do systemu korzeniowego roślin.

3.4 Wapnowanie

Pojemność wodną gleby podnosi także wapnowanie. Wapno bezpośrednio wpływa nie tylko pozytywnie na odczyn, lecz także na tworzenie struktury gruzełkowej gleby.

3.5 Uprawa gleby

Prawidłowe zabiegi agrotechniczne oraz zabiegi agromelioracyjne mogą poprawić strukturę i pojemność wodną gleb oraz ograniczyć erozję wodną. Gleby ciężkie o stosunkowo dużej pojemności wodnej z powodu niskiej przepuszczalności mogą mieć także obniżoną zdolność retencyjną. Przy intensywnych opadach deszczu woda nie przesiąka w głąb profilu glebowego, ale spływa po jej powierzchni.

Na glebach ciężkich o niskiej przepuszczalności należy okresowo stosować orkę z pogłębiaczem. Zabieg ten należy stosować z celu rozkruszenia zbitej warstwy znajdującej się bezpośrednio pod warstwą orną. Podeszwa płuzna utrudnia przenikanie wody w głąb gleby oraz korzenie się roślin.

W terenie pagórkowatym więcej wody można zatrzymać na polu dzięki uprawie tarasowej lub poprzecznostokowej. Poprzecznostokowa orka jesienna na zboczach o spadku 8–10%

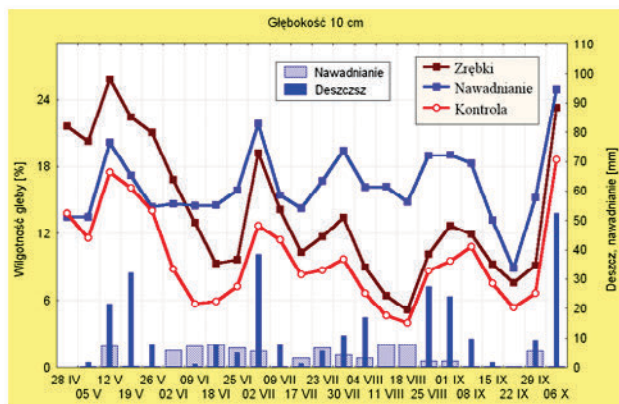
nie tylko zmniejsza zagrożenie erozją, lecz także zwiększa zapas wody w profilu glebowym. Oprócz orki ważny jest także poprzecznostokowy kierunek siewu i sadzenia roślin. Jeżeli zbocze jest na tyle nachylone (15–20%), że poprzecznostokowa orka jest utrudniona lub niemożliwa, zalecane jest jego tarasowanie.

3.6 Ściółkowanie gleby

Jednym ze sposobów utrzymania gleby w uprawach sadowniczych jest ściółkowanie materiałami syntetycznymi lub organicznymi. Ściółki przeciwdziałają erozji zarówno powietrznej, jak i wodnej, a także stabilizują wahania temperatury gleby. Ściółki rozłożone na plantacji truskawki zabezpieczają owoce przed zapiaszczeniem, do którego dochodzi podczas występowania opadów lub deszczowania plantacji. Dodatkowo ściółkowanie wpływa na zwiększenie dostępności wody dla roślin poprzez ograniczenie strat spowodowanych jej parowaniem.

W Instytucie Ogrodnictwa – PIB prowadzono wiele badań nad zastosowaniem różnego rodzaju ściółek w sadach i na polach roślin warzywnych. Bardzo dobre efekty w sadach uzyskano na przykład po zastosowaniu włókniny szkótkarskiej i zrębków uzyskanych z gałęzi po zimowym cięciu drzew. Ze względu na koszty i organizację pracy w sadach można polecać w praktyce stosowanie 10-15 cm warstwy ściółki ze zrębków. Grubsze zrębki skuteczniej ograniczają parowanie wody z powierzchni gleby. Ściółka ze zrębków ma bardzo duży wpływ na przebieg wilgotności gleby i efektywność opadów atmosferycznych. Szczególnie jest to widoczne przy występowaniu opadów intensywnych, gdzie ściółka dzięki swojej porowatości wyraźnie ogranicza powierzchniowy spływ wody, a przez to zwiększa ilość wody przesiąkającej w głąb gruntu.

Wierzchnia warstwa gleby pod ściółką przez cały sezon wegetacyjny ma wyższą wilgotność w porównaniu do gleby nieściółkowanej. Dzięki zastosowaniu ściółki później występuje konieczność nawadniania. Szczególnie wysokie różnice przebiegu wilgotności gleby w doświadczeniu obserwowano wiosną (rys. 6).



Rys. 6. Przebieg wilgotności gleby na głębokości 10 cm w sadzie przy różnych sposobach utrzymania gleby. (W. Treder)

Ściółki przygotowane z materiałów organicznych takich, jak słoma, kora lub zrębki i trociny, ulegają rozkładowi, co dodatkowo zwiększa zdolność gleby do zatrzymywania wody. Jako ściółki stosowane są także folie i włókniny szkółkarskie (fot. 8 i 9).



Fot. 8. Ściółki z folii i słomy na plantacji truskawki. (W. Treder)



Fot. 9. Ściółki z trocin na plantacji borówki wysokiej. (W. Treder)

Przy stosowaniu ściółek organicznych trzeba mieć na uwadze to, że szybko ulegają one rozkładowi i trzeba je uzupełniać co 2 - 3 lata (fot. 10). Ściółki organiczne są bardzo atrakcyjnym miejscem do zimowania owadów pożytecznych, ale niestety także gryzoni. Gryzonie dobrze czują się także pod ściółkami z folii.



Fot. 10. Szybko biodegradującą się ściółkę ze zrębków przerastają chwasty. (W. Treder)

4. Prawo Wodne - zasady korzystania z wody do nawadniania

Wodę do nawadniania należy pobierać zgodnie z obowiązującymi zasadami prawa. W lutym 2020 roku ogłoszono nowy tekst jednolity ustawy Prawo wodne. Obejmuje on wszystkie dotychczasowe nowelizacje prawne dotyczące zagadnień prawnych w zakresie użytkowania oraz gospodarowania wodami. Dz. U. z dnia 26.02.2020 poz.310

<https://isap.sejm.gov.pl/isap.nsf/DocDetails.xsp?id=W-DU20200000310>

Art. 1. Ustawa reguluje gospodarowanie wodami zgodnie z zasadą zrównoważonego rozwoju, w szczególności kształtowanie i ochronę zasobów wodnych, korzystanie z wód oraz zarządzanie zasobami wodnymi.

Państwowe Gospodarstwo Wodne Wody Polskie jest od 1 stycznia 2018 roku głównym podmiotem odpowiedzialnym za krajową gospodarkę wodną.

Wody Polskie działają na podstawie przepisów ustawy z dnia 20 lipca 2017 r. – Prawo wodne (Dz. U. poz. 1566 i 2180), oraz statutu nadanego Rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 28 grudnia 2017 r. (Dz.U. 2017 poz. 2506).

Wody Polskie są państwową osobą prawną (art. 9 pkt 14 ustawy z dnia 27 sierpnia 2009 r. o finansach publicznych Dz.U.

z 2016 r. poz. 1870, z późn. zm.) w skład której wchodzi następujące jednostki organizacyjne:

- Krajowy Zarząd Gospodarki Wodnej z siedzibą w Warszawie;
- 11 Regionalnych Zarządów Gospodarki Wodnej (RZGW) z siedzibami w Białymstoku, Bydgoszczy, Gdańsku, Gliwicach, Krakowie, Lublinie, Poznaniu, Rzeszowie, Szczecinie, Warszawie i Wrocławiu;
- 50 Zarządów Zlewni;
- 330 Nadzorów Wodnych.

Wody Polskie wykonują prawa właścicielskie w stosunku do wód, które są własnością Skarbu Państwa, naliczają i pobierają opłaty za usługi wodne, wydają decyzje administracyjne (pozwolenie wodnoprawne).

Korzystanie z wód nie może powodować pogorszenia stanu wód i ekosystemów od nich zależnych, z wyjątkiem przypadków określonych w ustawie, w szczególności nie może naruszać ustaleń planu gospodarowania wodami na obszarze dorzecza, powodować marnotrawstwa wody lub marnotrawstwa energii wody, a także nie może wyrządzać szkód.

W art. 30 ustawy widnieje zapis, że wody podziemne wykorzystuje się przede wszystkim do zaopatrzenia w wodę przeznaczoną do spożycia przez ludzi. Oznacza to, że powinniśmy oszczędnie gospodarować wodą i poszukiwać przede wszystkim jej powierzchniowych źródeł. Przy sprawdzeniu się prognoz w przyszłości w wielu rejonach kraju rolnicy będą mieli utrudniony dostęp do wód podziemnych.

Korzystanie z wód dzielimy na: powszechne, zwykłe i szczególne

- Powszechne korzystanie

służy do zaspokajania potrzeb osobistych, gospodarstwa domowego lub rolnego, bez stosowania specjalnych urządzeń technicznych, a także do wypoczynku, uprawiania turystyki, sportów wodnych oraz, na zasadach określonych w przepisach odrębnych, amatorskiego połowu ryb. /Art.32. ustawy Prawo wodne/

- Zwykłe korzystanie

służy zaspokojeniu potrzeb własnego gospodarstwa domowego lub własnego gospodarstwa rolnego, obejmuje:

- pobór wód podziemnych lub wód powierzchniowych w ilości średniorocznie nieprzekraczającej 5 m³/dobę
- wprowadzanie ścieków do wód lub do ziemi w ilości nieprzekraczającej łącznie 5 m³/dobę

/Art.33. ustawy Prawo wodne/

Prawo do zwykłego korzystania z wód nie uprawnia do wykonywania urządzeń wodnych bez wymaganej zgody wodnoprawnej.

- Szczególne korzystanie

jest korzystaniem z wód wykraczającym poza powszechne korzystanie z wód oraz zwykłe korzystanie z wód, obejmuje m.in.:

- 1) korzystanie z wód do nawadniania gruntów lub upraw, a także na potrzeby działalności rolniczej w rozumieniu art. 2 pojęcie gospodarstwa rolnego i działalności rolniczej ust. 2 ustawy z dnia 15 listopada 1984 r. o podatku rolnym (Dz. U. z 2019 r. poz. 1256 i 1309), w ilości większej niż średniorocznie 5 m³/dobę;
- 2) korzystanie z wód na potrzeby działalności gospodarczej, innej niż działalność rolnicza w rozumieniu art. 2 pojęcie gospo-

darstwa rolnego i działalności rolniczej ust. 2 ustawy z dnia 15 listopada 1984 r. o podatku rolnym.

Działalność rolnicza wymaga uzyskania pozwoleń na nawadnianie upraw. W kategorii usług wodnych są to: pobór wód powierzchniowych lub podziemnych*. W kategorii szczególnego korzystania z wód jest to: nawadnianie gruntów lub upraw wodami w ilości większej niż średniorocznie 5 m³ na dobę**. Ponadto uzyskania pozwolenia potrzebuje wykonanie obiektów służących do ujmowania wód powierzchniowych lub podziemnych oraz urządzeń do nawadniania gruntów.

Szczegółowe zasady poboru wód na potrzeby prowadzenia działalności rolniczej opisane są w broszurze (fot. 11) wydanej przez Wody Polskie i zamieszczonej pod adresem:

https://www.wody.gov.pl/images/Pliki_do_pobrania/Pobor%20wod_broszura.pdf

W celu uzyskania dodatkowych informacji należy skontaktować się z nadzorem wodnym w Wodach Polskich, który jest najbliższym miejscem, gdzie planowana jest inwestycja. Pozwolenie wodnoprawne powinno być uzyskane przed przystąpieniem do wykonania i użytkowania instalacji nawodnieniowej.

Wniosek o udzielenie pozwolenia wodnoprawnego można złożyć w siedzibie jednostki Państwowego Gospodarstwa Wodnego Wody Polskie: Krajowym Zarządzie Gospodarki Wodnej, regionalnym zarządzie gospodarki wodnej, zarządzie zlewni lub nadzorze wodnym. Najlepiej wybrać jednak siedzibę organu właściwego do wydania danego pozwolenia. Wniosek można także przesłać pocztą.

* Art.35 ust.3 pkt1 ustawy Prawo wodne/.** Art.34 pkt12 ustawy Prawo wodne/



Fot. 11. Broszura „Pobór wód na potrzeby prowadzenia działalności rolniczej” wydana przez Państwowe Gospodarstwo Wody Polskie. (W. Treder)

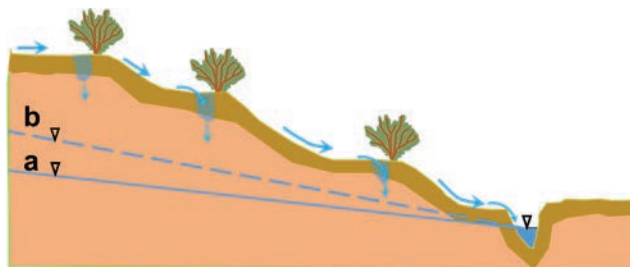
Mapę z adresami i danymi kontaktowymi jednostek Wód Polskich można znaleźć m.in. na stronie www.wody.gov.pl. Wzór wniosku o udzielenie pozwolenia wodnoprawnego znajduje się na stronie: <https://wody.gov.pl/index.php/pozwolenie-wodnoprawne>.

5. Retencja wody

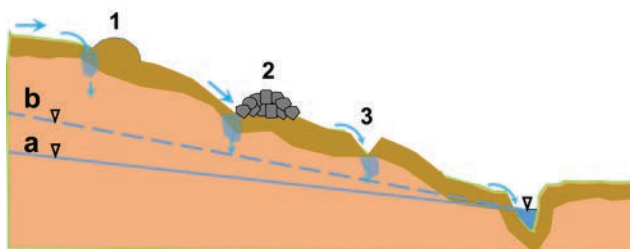
W czasie suszy, kiedy w rzekach musi być zapewniony minimalny przepływ hydrobiologiczny, to źródło wody jest praktycznie bardzo ograniczone. Dlatego wskazane jest retencjonowanie wody niezbędnej m.in. do nawadniania roślin. Retencjonowanie to wszystkie techniczne i nietechniczne formy gromadzenia wody powierzchniowej i podziemnej.

Należy także zwiększyć pobór płytkich wód podziemnych z pierwszego poziomu wodonośnego. Ze względu na zanieczyszczenia biogenne, wody te mają ograniczone zastosowanie gospodarcze, ale doskonale nadają się do nawadniania roślin. Niestety zasoby tych płytko położonych źródeł wody są często bardzo ograniczone, dlatego wskazane są działania wpływające na ich zwiększenie. Działania takie polegają na zwiększeniu retencjonowania wody, której źródłem jest topniejący śnieg oraz wysokie i intensywne opady. Zwiększenie zasobów płytkich wód podziemnych może być prowadzone tylko w specyficznych warunkach hydrologicznych, kiedy to warstwa wodonośna nie jest izolowana od powierzchni terenu. Zasilanie dodatkową wodą tej warstwy jest możliwe tylko wtedy, kiedy nad nią zalegają grunty przepuszczalne takie, jak piaski. W takich warunkach efektywne jest kształtowanie powierzchni pól w taki sposób, aby wody opadowe i te z topniejących śniegów, spływając wzdłuż stoku, mogły zatrzymywać się na poprzecznie utworzonych ziemnych grobelkach, murkach oporowych wykonanych z kamieni lub nasadzeniach krzewów (rys. 6 i 7). W miejscach tych woda przesiąka

warstwy przepuszczalne i zasila pierwszą warstwę wodonośną. Jeżeli nawet opady nie są na tyle wysokie, że mogą zasilić warstwy wodonośne, to z pewnością lokalnie zwiększają zawartość wody w glebie.



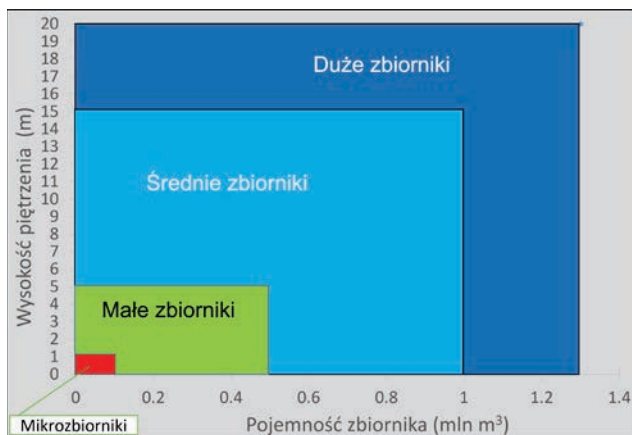
Rys. 6. Schemat oddziaływania pasów roślinnych na położenie wód gruntowych; a – naturalne położenie zwierciadła, b – zwierciadło wody gruntowej po wykonaniu pasów wodochłonnych. Opracowano na podstawie: Mioduszewski Kowalewski (2015). (W. Treder)



Rys. 7. Schemat oddziaływania grobelek lub rowków na położenie wód gruntowych. (W. Treder)

1 - grobelka ziemna, 2 - grobelka kamienna, 3 - rowek. a – naturalne położenie zwierciadła, b – zwierciadło wody gruntowej po wykonaniu pasów wodochłonnych. Opracowano na podstawie: Mioduszewski Kowalewski (2015)

Wskazane jest także, aby nadmiar wód opadowych gromadzić w różnego rodzaju małych- i mikroziornikach wodnych (rys. 8).



Rys. 8. Klasyfikacja zbiorników wodnych. Opracowano na podstawie: Mioduszewski (2003). (W. Tredner)

W praktyce zazwyczaj są to kopane stawy ziemne, małe zbiorniki zaporowe utworzone poprzez przegrodzenie cieku wodnego (fot. 12) lub zbiorniki ziemne wyłożone geowłókniną (fot. 13).



Fot. 12. Zbiornik retencyjny na cieku wodnym. (W. Tredner)

Wykorzystywane w ogrodnictwie zbiorniki retencyjne zasilane są także wodą spływającą z powierzchni utwardzonych, dachów obiektów gospodarczych (fot. 13), szklarni (fot. 14) i tuneli foliowych.



Fot. 13. Odbiór wody deszczowej z dachu budynku gospodarczego. (W. Treder)



Fot. 14. Zbiornik do gromadzenia wody deszczowej spływającej z dachu szklarni. (W. Treder)

W gospodarstwach ogrodniczych, gdzie jednostkowa wydajność źródła wody (zazwyczaj jest to studnia głębinowa) jest niewystarczająca lub gdzie nie wskazane jest nawadnianie zimną

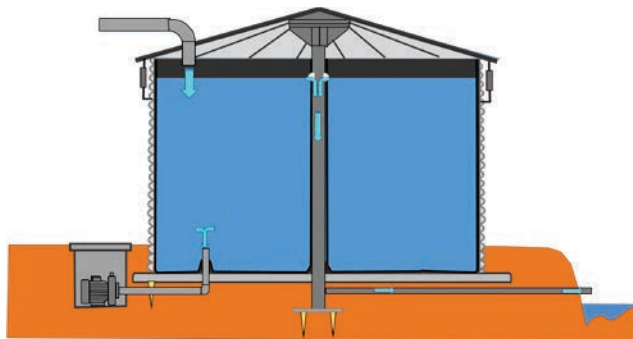
wodą, konieczne jest instalowanie zbiorników buforowych zapewniających wodę w okresach szczytu poboru. Mają tu zastosowanie zbiorniki ziemne (fot. 15), jak i dedykowane specjalnie do tego celu zbiorniki metalowe z blachy falistej wyłożone membraną z gumy lub tworzywa sztucznego (rys. 9, fot. 16). W przypadku produkcji szklarniowej, zbiorniki retencyjne umiejscowione są wewnątrz obiektu szklarniowego (fot. 17). W tabeli 3 zestawiono przykładowe wymiary oraz pojemność wody oferowanych na rynku zbiorników z blachy falistej.

Tabela 3. Przykładowe parametry zbiorników z blachy falistej.

Średnica (m)	Wysokość (m)	Pojemność (m ³)
2,01	3,12	10
4,03	2,36	30
5,37	4,64	105
12,09	4,64	532
18,81	3,88	1078
30,9	2,36	1769



Fot. 15. Zbiorniki retencyjne zasilane wodą gruntową. (W. Treder)



Rys. 9. Schemat ideowy zbiornika na wodę z blachy falistej. (W. Treder)



Fot. 16. Buforowe zbiorniki na wodę z blachy falistej zasilające plantację w tunelach. (W. Treder)



Fot. 17. Buforowe zbiorniki na wodę umieszczone wewnątrz szklarni. (W. Treder)

6. Źródła i jakość wody do nawadniania

Jakość wody do nawadniania jest kluczowym parametrem mającym wpływ na powodzenie w uprawie roślin ogrodnich. Dotyczy to szczególnie producentów stosujących podłoża inertne, ale także tych prowadzących regularne nawadnianie roślin uprawianych w gruncie.

Przed podjęciem decyzji o zastosowaniu wody do nawadniania zawsze należy wykonać jej analizę chemiczną, a często także mikrobiologiczną.

Parametry wody, które należy ocenić zależne są od wielu czynników, m.in.: rodzaju uprawy, systemu nawodnieniowego, źródła wody. Niezależnie od zastosowanego systemu nawadniania użytkownik musi znać pH (odczyn) i EC (przewodność elektryczną) wody. W przypadku stosowania systemów kroplowych konieczna jest informacja o zawartości żelaza i manganu w wodzie. Wskazane jest oczywiście, aby poznać także zawartość w wodzie wapnia magnezu oraz dwuwęglanów- informacje te posłużą do przygotowania pożywki nawozowej i do zakwaszania wody.

Analizę należy przeprowadzić w specjalistycznym laboratorium chemicznym. Usługi takie świadczą m.in. Laboratorium Analiz Chemicznych Instytutu Ogrodnictwa – PIB w Skierniewicach http://www.nawadnianie.inhort.pl/add/pdf/analizy_laboratoryjne.pdf, Laboratoria Okręgowych Stacji Chemiczno-Rolniczych <https://www.schr.gov.pl/index.php?c=page&id=31> oraz laboratoria firm prywatnych.

W przypadku podejrzenia skażenia microbiologicznego wody analizy należy wykonać w specjalistycznych laboratoriach Stacji sanitarno-epidemiologicznych <https://www.gov.pl/web/gis/stacje-sanitarno-epidemiologiczne>.

W niektórych przypadkach wody powierzchniowe, ale także wody podziemne mogą być skażone środkami ochrony roślin. W takiej sytuacji analizy chemiczne na zawartość pozostałości pestycydów w wodzie można wykonać w akredytowanym laboratorium Zakładu Badań Bezpieczeństwa Żywności Instytutu Ogrodnictwa – PIB w Skierniewicach

<http://www.inhort.pl/laboratoria/laboratoria-akredytowane/zaklad-badania-bezpieczenstwa-zywnosci/zbbz>.

Źródła pozyskiwania wody determinują jej skład chemiczny.

Wody powierzchniowe

Woda pochodząca ze zbiorników otwartych (rzeki, jeziora, stawy) może mieć bardzo zmienny skład i odczyn. Podniesiony może być w niej poziom potrzebnych w uprawie roślin makro- i mikroelementów, ale także sodu i chloru. W zależności od zlewni, woda może zawierać różne toksyczne przemysłowe zanieczyszczenia chemiczne. Stosując wodę z cieków wodnych należy pamiętać, że jej skład może znacznie zmieniać się w ciągu roku. Woda ze zbiorników otwartych może zawierać duże ilości martwej i żywej materii organicznej (grzyby, glony, bakterie, gnijące części roślin oraz zwierząt) oraz zanieczyszczenia mechaniczne (piasek, części ilaste). Szczególnie bujny rozwój glonów obserwujemy w sztucznych zbiornikach, do których spływają wody pochodzące ze szklarniowego lub tunelowego przelewu (fot. 18).



Fot. 18. Bujny rozwój glonów w zbiorniku retencyjnym. (W. Treder)

Zmienna w czasie jest także temperatura wód powierzchniowych – waha się ona od 3–4°C zimą i 15–20°C latem.

Ze względu na zmienność parametrów jakościowych wody w ciekach wodnych wskazane jest częstsze ich monitorowanie. Już same regularne pomiary E_c mogą nam wskazać zmianę ilości soli mineralnych rozpuszczonych w wodzie.

Wody gruntowe

W zależności od poziomu występowania wody podziemne dzielimy na:

- wody gruntowe płytkie -

wody, te znajdują się bezpośrednio w gruncie na małych głębokościach (do 8 m).

Ich ilość zależy od wielkości opadów atmosferycznych. Wody te mogą mieć zmienną w sezonie zawartość rozpuszczonych soli mineralnych, często też zawierają duże ilości mikroorganizmów, w tym także mogą to być bakterie chorobotwórcze.

Wody gruntowe położone bardzo płytko nazywane są wodami zaskórnymi.

- wody gruntowe głębokie -

wody takie zazwyczaj nie zawierają mikroorganizmów, natomiast znajdują się w nich rozpuszczone związki mineralne, min.. sole wapnia i magnezu zwiększające twardość wody. Zawarte w wodach gruntowych jony żelaza i manganu po zetknięciu z tlenem z powietrza tworzą osady, które mogą ograniczać przepływ emiterów kroplowych.

- wody gruntowe sztuczne -

wody pochodzące z dużych zbiorników wodnych, np. rzek, stawów lub jezior. Woda pobierana jest z niewielkiej odległości od tych zbiorników spod powierzchni gleby, gdzie dociera na skutek filtracji przez grunt. Właściwości takiej wody ściśle zależą od jakości wody zgromadzonej na powierzchni.

Jakość wody do nawadniania jest pojęciem bardzo szerokim, które powinno być rozpatrywane jednocześnie w kilku aspektach:

- bezpieczeństwa dla konsumenta,
- toksyczności dla roślin,
- wpływu na wygląd i jakość handlową plonu,
- prawidłowego działania instalacji nawodnieniowej,
- przygotowania pożywki nawozowej.

Bezpieczeństwo konsumenta

Woda używana do nawadniania nie powinna zawierać mikroorganizmów ani substancji szkodliwych dla zdrowia konsumentów. W wodzie należy monitorować występowanie trzech grup mikroorganizmów. Są to:

- właściwe bakterie wodne oraz bakterie glebowe - zazwyczaj nieszkodliwe dla człowieka,

- drobnoustroje ściekowe, w tym chorobotwórcze dla człowieka.

Do najważniejszych chorób przewodu pokarmowego przenoszonych przez bakterie chorobotwórcze żyjące w środowisku wodnym należą: tyfus brzuszny, czerwonka oraz dur rzekomy. W wodach powierzchniowych stwierdzono także występowanie wirusów powodujących żółtaczkę zakaźną. Niebezpieczne dla konsumentów świeżych owoców i warzyw może być deszczowanie plantacji wodą zawierającą bakterie chorobotwórcze. Wskaźnikiem biologicznego skażenia wody jest wykrycie bakterii pałeczki okrężnicy (*Escherichia coli*), która może wywołać biegunki. Obecność tej bakterii w wodzie świadczy o zanieczyszczeniu wody fekaliami i wskazuje na potencjalne niebezpieczeństwo występowania bakterii chorobotwórczych. Wskaźnik „coli” to liczba bakterii grupy „coli” w 100 mililitrach wody. W wodzie pitnej wskaźnik ten nie powinien być wyższy od zera. Wskaźnik „coli” w wodzie do nawadniania owoców warzyw i owoców jagodowych spożywanych w stanie świeżym nie powinien przekraczać 10. Zamiast wskaźnika „coli” podaje się często tzw. miano „coli” określające najmniejszą ilość wody, w której znajduje się jedna bakteria. Odpowiednie analizy powinny być przeprowadzone w jednostce do tego uprawnionej, np. stacji sanitarno-epidemiologicznej.

Nie mniej ważna jest także zawartość w wodzie pierwiastków i związków chemicznych szkodliwych dla ludzi, a łatwo akumulujących się w roślinach (dotyczy to głównie metali ciężkich, fenoli, detergentów; tab. 4).

Tabela 4. Dopuszczalne zawartości niektórych pierwiastków

w wodzie do nawadniania wg normy krajowej PN -84(c-04635).

Pierwiastek	Dopuszczalna ilość [mg/l]
Arsen (As)	0,2
Bor (B)	0,5
Chlorki (Cl)	400
Cynk (Zn)	2,0
Fluor (F)	1,5
Glin (Al)	5
Kadm (Cd)	0,1
Nikiel (Ni)	1,0
Ołów (Pb)	0,1
Rtęć (Hg)	0,01
Siarczki (S)	0,1
Suma metali ciężkich	1,0

Bardzo ważnym aspektem jest także zawartość pestycydów w wodzie do nawadniania. Niestety coraz częściej nie tylko wody powierzchniowe, ale także głębinowe zawierają pestycydy. Nieświadome stosowanie do nawadniania takiej skażonej wody może być przyczyną wykazania przez laboratoria certyfikujące zawartości pestycydów nawet na obiektach, gdzie nie były one nigdy stosowane.

Toksyczność dla roślin

Większość uprawianych roślin jest wrażliwa na wysoką zawartość soli w środowisku korzeniowym. Wysokość zasolenia wody jest bardzo ważnym parametrem oceniającym jej przydatność do nawadniania. Ocenę zasolenia wody przeprowadza się za pomocą konduktometru, który określa przewodność elektryczną wody.

Im wyższe jest zasolenie wody, tym wyższa jej przewodność elektryczna, którą określa się za pomocą jednostek wyrażonych w Simensach (np. mS – miliSimensach) na jednostkę odległości (np. mS/cm; tab. 5). W Polsce zazwyczaj nie ma problemu ze zbyt wysokim zasoleniem wody. Dla większości ujęć EC wody jest poniżej 0,75 mS/cm, co kwalifikuje je do poziomu zasolenia niskiego lub umiarkowanego.

Tabela 5. Klasyfikacja zasolenia wody stosowanej do nawadniania.

Stopień zasolenia	EC (mS/cm)	Zasolenie g/l NaCl
Niski	< 0,25	< 0,16
Średni	0,25 – 0,75	0,16 – 0,48
Wysoki	0,75 – 2,25	0,48 – 1,44
Bardzo wysoki	>2,25	>1,44

Dla większości gatunków uprawnych naturalny poziom zasolenia wody w Polsce nie sprawia żadnego problemu agrotechnicznego. Wyjątkiem może być tu jednak np. uprawa storczyków, dla których będzie to już zasolenie wysokie. Woda o niskim EC niezbędna jest także przy podlewaniu i zraszaniu wysiewów i ukorzenianiu sadzonek. Przy stosowaniu do nawadniania wody o wysokim EC, wraz z upływem czasu rośnie zasolenie podłoża, co może negatywnie wpłynąć na jakość produkowanych roślin. Dodatkową trudnością jest skomponowanie odpowiedniego składu pożywki, przy utrzymaniu zalecanego jej zasolenia. Szczególnie jest to problem dla ogrodników uprawiających rośliny wrażliwe na wysokie EC pożywki. W przypadku, kiedy dostępna woda jest zbyt zasolona ogrodnicy są zmuszeni do obniżenia jej zasolenia poprzez domieszanie np. wody deszczowej o niskim EC.

Pierwiastki, które w wyższych stężeniach mogą być toksyczne dla roślin to przede wszystkim: chlor (fot. 19), sód i bor. Bardzo różna jest odporność poszczególnych gatunków roślin na zażyżone stężenie tych pierwiastków w wodzie nawodnieniowej. Orientacyjne dane dotyczące ograniczenia użycia wody do nawadniania o różnych parametrach jakościowych przedstawiono w tabeli 6.



Fot. 19. Objawy na liściach truskawki wysokiego poziomu chloru w podłożu. (W. Treder)

Dane te są tylko orientacyjne i nie uwzględniają warunków uprawy oraz specyficznych wymagań ani odporności poszczególnych gatunków roślin. Na przykład woda o pH zbliżonym do 7 nadaje się bez ograniczeń do nawadniania, pod warunkiem że jest możliwość jej zakwaszenia (np. przy uprawie borówki wysokiej). Wysoka zawartość azotanów w wodzie też nie jest problemem dla upraw, które wymagają wysokich dawek azotu.

Tabela 6. Ocena jakości wody do nawadniania roślin.

Parametr	Jednostka	Ograniczenie użycia*		
		bez ogra- niczeń	małe i średnie	duże
pH		< 7,0	7-8	>8
Zasolenie EC	mS/cm	<0,5	0,5 - 1,5	>1,5
Ilość rozpusz- czonych soli	mg/l	450	450-2000	>2000
N-NO ₃	mg/l	> 5	5-30	> 30
Sód (Na)	mg/l	<50	50-100	>100
Chlor (Cl) *	mg/l	<50	50-150	>150
Bor (B)	mg/l	< 0,5	0,5-2,0	>2,0

* - dane nie uwzględniają specyficznych wymagań uprawy konkretnego gatunku roślin np. w przypadku truskawki uprawianej pod osłonami stężenie chloru w wodzie nie powinno przekraczać 30 mg/l.

Poszczególne jony mogą być toksyczne dla korzeni roślin, ale w przypadku deszczowania mogą także powodować uszkodzenia liści. Na przykład deszczowanie wodą o stosunkowo niskiej zawartości boru (na poziomie 1,0 mg/l) może powodować nekrozy na liściach wielu gatunków roślin. Uszkodzenia liści podczas deszczowania mogą być spowodowane także podwyższoną zawartością jonów Na i Cl. Zawartość sodu powyżej 70 mg/l lub chloru powyżej 100 mg/l w wodzie do deszczowania może początkowo nie wpływać toksycznie na systemy korzeniowe roślin, ale powodować nekrozy na młodych liściach.

Wpływ na wygląd i jakość handlową plonu

Jest to aspekt bardzo istotny w przypadku owoców i warzyw spożywanych w stanie świeżym. Na przykład deszczowanie wodą o bardzo wysokiej zawartości żelaza (ponad dziesięć mg/l) może powodować wytrącanie się wodorotlenku żelaza na owocach,

warzywach lub roślinach ozdobnych, co zmniejsza ich wartość handlową.

Prawidłowe działanie instalacji nawodnieniowej

Jakość wody jest ważnym elementem mającym wpływ na wybór systemu nawodnieniowego. Systemy kropłowe wymagają wody bardzo dobrej jakości. Przy stosowaniu deszczowni drobne zanieczyszczenia mechaniczne i organiczne nie stanowią problemu, większe agregaty „wychwycone” będą przez zgrubne filtry siatkowe. Nawadnianie kropłowe wymaga dokładnej filtracji elementów stałych zawartych w wodzie, a w przypadku wody o wysokim poziomie Fe i Mn także uzdatniania. Ze względu na swą specyfikę - małą średnicę dysz zraszaczy oraz niewielkie rozmiary kanałów labiryntów umieszczonych w kroploownikach, systemy mikronawadniania wymagają bardzo dobrej jakości wody. Zawartość żelaza lub manganu w wodzie powyżej 1-1,5 mg/l stanowi już bardzo duże prawdopodobieństwo zapychania się emiterów kropłowych i wymaga odżelazienia (fot. 20).



Fot. 20. Osady związków żelaza w labiryncie emitera kropłowego. (W. Treder)

Praktycznie nie ma problemu z zapychaniem się emiterów przy zawartości żelaza poniżej 0,5 mg/l, szczególnie w instalacjach, w których emiterami są minizraszacze (tab. 7).

Tabela 7. Ocena jakości wody do nawodnień kroplowych.

Parametr	Prawdopodobieństwo zapchania emiterów		
	małe	średnie	duże
Zawartość części stałych [mg/l]	<50	50-100	>100
pH	<7	7,0 – 8,0	>8,0
Zawartość sub. rozpuszczonych [mg/l]	<500	500-2000	>2000
Mangan [ppm]	<0,1	0,1 – 1,5	>1,5
Żelazo [ppm]	<0,5	0,5-2,0	>2,0
Siarkowodór [ppm]	10000	10000-	50000
Bakterie [liczba / ml]		50000	

Emitory kropłowe mogą być zapychane także przez rozwijające się w instalacji grzyby, bakterie i glony, które w sprzyjających warunkach namnażając się tworzą charakterystyczną śluzowatą masę blokującą kroplozniki (fot. 21).



Fot. 21. Glony rozwijające się na wylocie z emitera kropłowego. (W. Treder)

Jakość wody a przygotowanie pożywki nawozowej

Do wyznaczenia prawidłowego składu pożywki nawozowej konieczna jest znajomość wymagań pokarmowych roślin w określonej fazie wzrostu i warunków uprawy, oraz parametrów jakościowych wody. Niezbędna jest informacja o zasoleniu i odczynie wody oraz stężeniu wodorowęglanów (HCO_3^-) i zawartości makro- i mikroelementów. Ilość kwasu, jaką należy dodać do wody jest uzależniona od ilości zawartych w niej wodorowęglanów, rodzaju i stężenia kwasu użytego do zakwaszania oraz pożądanego końcowego odczynu, wody. Występowanie węglanów i ich procentowy udział w wodzie lub roztworze pożywki uzależniony jest od odczynu np. woda o odczynie pH 5,5 zawiera w litrze około 50 mg HCO_3^- , wraz ze wzrostem pH wody, wzrasta również zawartość węglanów (tab. 8).

Tabela. 8. Odczyn wody w zależności od zawartości wodorowęglanów

Odczyn wody	HCO_3^- (mg/l)
5,0	22,0
5,0	51,2
6,0	144
6,5	248
7,0	342

Ilość kwasu do zakwaszenia pożywki możemy obliczyć za pomocą poniższego wzoru.

Kwas na 1000 l wody=

$$\frac{(\text{HCO}_3^- \text{ w wodzie} - \text{HCO}_3^- \text{ do pozostawienia})}{\text{masa cząsteczkowa HCO}_3^-} * \frac{\text{masa cząst. kwasu}}{\text{stęż. \% k.} * \text{gęstość kwasu}}$$

Przykład (1) obliczeń, kiedy wodę o pH 7 i zawartości 342 mg HCO_3^- chcemy zakwasić do pH 5,5 za pomocą 65% kwasu azotowego.

$$65\% \text{ kwas na } 1000\text{l wody} = \frac{\frac{324-51,2}{61} * 63}{0,65 * 1,4} = 310\text{ml}$$

- przy pH 5,5 woda będzie zawierała około 51,2 mg/l HCO_3^-
- 61 masa cząsteczkowa HCO_3^-
- 63 masa cząsteczkowa kwasu azotowego
- 0,65 – stężenie kwasu azotowego
- 1,4 – gęstość kwasu azotowego

Przykład (2) obliczeń, kiedy wodę o pH 7 i zawartości 342 mg HCO_3^- chcemy zakwasić do pH 5,5 za pomocą 85% kwasu azotowego.

$$65\% \text{ kwas na } 1000\text{l wody} = \frac{\frac{324-51,2}{61} * 98}{0,85 * 1,7} = 301\text{ml}$$

- przy pH 5,5 woda będzie zawierała około 51,2 mg/l HCO_3^-
- 61 masa cząsteczkowa HCO_3^-
- 98 masa cząsteczkowa kwasu fosforowego
- 0,85 – stężenie kwasu fosforowego
- 1,7 – gęstość kwasu fosforowego

Ilość niezbędnego kwasu azotowego lub fosforowego do zakwaszania wody można wyznaczyć za pomocą aplikacji „Kalkulator zakwaszania” umieszczonej w Sklepie Play (fot. 22). Aplikacja, po

wprowadzeniu danych o początkowym i pożądanym odczynie wody oraz stężeniu w wodzie dwuwęglanów, stosowanej proporcji dozowania oraz rodzaju kwasu, informuje użytkownika jakie stężenie kwasu należy przygotować w zbiorniku (ile litrów kwasu należy wlać do dedykowanej objętości zbiornika) oraz o ile (mg/l) azotu lub fosforu pojawi się w wodzie wraz z zastosowanym kwasem.



Fot. 22. Zrzut ekranu aplikacji „Kalkulator zakwaszania”. (W. Treder)

Ilość wprowadzonych do wody wraz z kwasem składników mineralnych (azot lub fosfor) należy uwzględnić w dalszych obliczeniach pożywki.

Ogólne kryteria jakościowe wody zestawiono w tabeli 9.
 Tabela 9. Wskazówki pomocne przy ocenie jakości wody do nawadniania.

Potencjalny problem	Jednostki	Ograniczenie użycia		
		bez ograniczeń	małe i średnie	Duże
Zasolenie (EC)	mS/cm	<0,7	0,7-3	>3,0
Ilość rozpuszczonych soli	mg/l	<450	450-2000	>2000
fitotoksyczność dla korzeni				
sód (Na)	SAR*	<3	3-9	>9
chlor (Cl)	mg/l	<140	140-350	>350
bor (B)	mg/l	<0,7	0,7-3,0	>3,0
fitotoksyczność dla liści				
sód (Na)	mg/l	<70	>70	
chlor (Cl)	mg/l	<100	>100	

* SAR (*sodium adsorption ratio*) określa stosunek zawartości sodu do wapnia i magnezu.

7. Filtracja i uzdatnianie wody

7.1 Dobór systemu filtracji i uzdatniania wody

Każdy producent, w zależności od swoich specyficznych warunków uprawy, źródła i jakości wody musi podjąć decyzję o możliwości jej wykorzystania, doboru filtracji i metody uzdatniania (tab. 10). Niestety w praktyce, ze względu na stosunkowo wysoki koszt systemów filtracji i uzdatniania wody w odniesieniu do dochodowości niektórych upraw, woda nie jest odpowiednio filtrowana i uzdatniana, co istotnie wpływa na jakość nawadniania i bezpośrednio przenosi się na wielkość i jakość produkcji.

Tabela 10. Dobór metody filtracji w zależności od rodzaju zanieczyszczenia.

Rodzaj zanieczyszczenia	System filtracji
Zanieczyszczenia mechaniczne	Smok ssawny, hydrocyklon, filtry siatkowe lub dyskowe
Zanieczyszczenia, biologiczne (woda pochodząca z otwartych zbiorników)	Filtry piaskowe lub dyskowe
Wysoki poziom żelaza lub manganu	Odżelaziacz, odmanganiacz wody

Funkcją systemów filtracji stosowanych w instalacjach nawodnieniowych jest umożliwienie prawidłowej pracy całego systemu, a szczególnie elementów emitujących wodę (emiterów). Końcowa

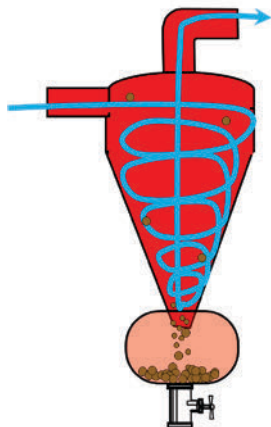
jakość filtrowanej wody, a przez to dobór filtracji jest ściśle związany z wymiarami najmniejszych kanałów przepływu wody w instalacji. Emiterami wody w systemach deszczownianych są zraszacze, których dysze osiągają średnicę od kilku do nawet kilkudziesięciu mm. W takim przypadku często wystarczająca jest filtracja prowadzona na smoku ssawnym. W przypadku instalacji minizraszania, zamgławiania i nawadniania kropłowego, średnice dysz zamgławiaczy, minizraszaczy i przekroje labiryntów kropłowników mają stosunkowo małe wymiary, co wymaga odpowiedniego doboru systemu filtracji. Każdy rodzaj emiterów w swojej specyfikacji technicznej ma zalecenia opisujące potrzeby filtracji wody.

W przypadku deszczowni lub szklarniowych systemów zalewowym czynnikiem określającym zalecenia dotyczące doboru systemu filtracji może nie być wielkość dyszy emitera (dysze zraszaczy lub dysze z których zalewane są stoły lub podłogi zalewowe), ale zalecenia filtracji związane są np. z zastosowanym dozownikiem nawozów lub wymaganiami innych elementów instalacji nawodnieniowej.

7.2 Rodzaje filtrów

7.2.1 Hydrocyklony – separatory piasku

Gdy woda zawiera duże ilości części mechanicznych o wysokim ciężarze właściwym (np. piasku), aby uniknąć zbyt szybkiego zapchania się filtrów zainstalowanych w instalacji, przed układem filtracji montujemy tzw. hydrocyklon. Woda wpływając do odpowiednio ukształtowanego zbiornika ulega zawirowaniu. Siła odśrodkowa wynosi zanieczyszczenia na zewnątrz wirującej masy wody, a siły grawitacji powodują ich opadanie do osadnika (rys. 10; fot. 23).



Rys. 10. Schemat działana separatora piasku. (W. Treder)

Zależnie od wielkości zapotrzebowania na wodę należy dobrać odpowiedni rozmiar hydrocyklonu (tab. 11). Przy zbyt małym przepływie zawirowanie wody jest niedostateczne dla oddzielenia zanieczyszczeń. Przy zbyt dużym spadnie natomiast jakość oczyszczania i znacznie wzrosną straty ciśnienia. Straty ciśnienia na hydrocyklonie nie powinny być większe niż 0,4 atm.

Tabela. 11. Przykładowe przepływy wody przez hydrocyklony o różnej średnicy przyłącza wody.

Średnica przyłącza	Nominalny przepływ (m ³ /h)
¾"	0,5 - 3
1"	1,5 - 7
1 1/2"	3 - 13
2"	5 - 20
3"	10 - 40
4"	30 - 80
6"	40 - 120



Fot. 23. Hydrocyklon. (W. Treder)

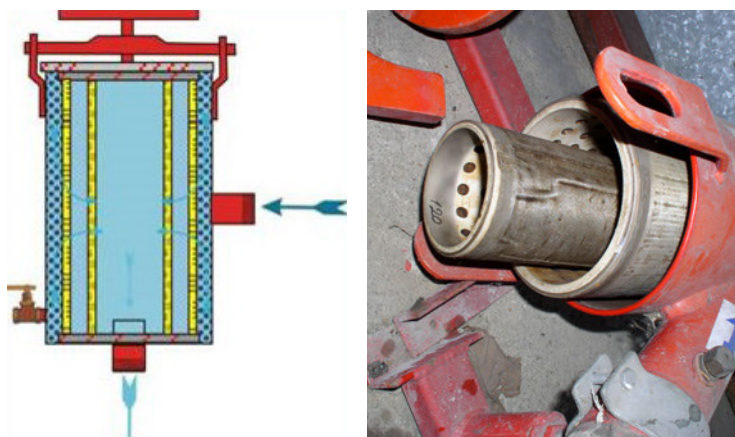
7.2.2. Filtry siatkowe

Filtry siatkowe stosowane w instalacjach nawodnieniowych charakteryzują się prostą budową. Wewnątrz cylindrycznej obudowy (wykonanej ze stali lub tworzywa sztucznego) umieszczony jest siatkowy wkład filtracyjny. Siatki filtracyjne mogą być wykonane z drutu lub z tworzyw sztucznych (fot. 24).



Fot. 24. Filtr siatkowy ¾". (R. Sałuda)

Niektóre modele filtrów mają po dwa wkłady o różnej gradacji wielkości oczek siatki (fot. 25). Rozwiązanie takie stosujemy, gdy woda zawiera zanieczyszczenia o różnej wielkości. Dzięki wyłapywaniu większych zanieczyszczeń na pierwszej siatce, a drobnych na drugiej zwiększa się ilość filtrowanej wody pomiędzy kolejnymi okresami oczyszczania filtra.



Fot. 25. Filtr z podwójnym wkładem siatkowym. (W. Treder)

Wrażliwość różnych systemów nawodnieniowych na poziom zanieczyszczenia wody zależy od przekroju najmniejszego przewężenia w instalacji. Może to być np. średnica dysz minizraszaczy lub wymiary przestworów w labiryntach kroplowników, ale może być to także średnica dyszy inżektora wykorzystywanego do dozowania nawozów.

Wielkość oczek siatki filtracyjnej dobieramy tak, aby nie była ona większa niż 25% najmniejszego przewężenia, przez które przepływa woda. Na przykład, jeżeli w instalacji deszczownianej najmniejszym przewężeniem jest dysza zraszacza, której średnica

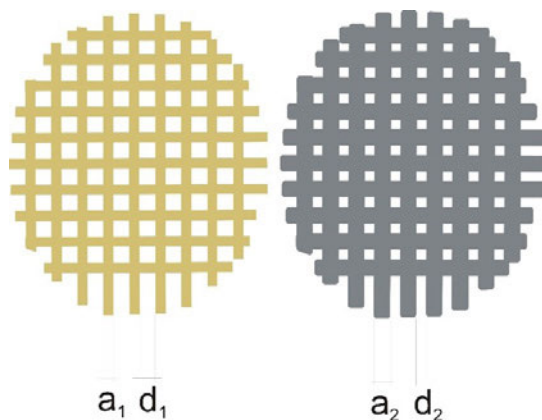
jest równa 8 mm, to wielkość oczek siatki filtracyjnej nie powinna być większa niż 2 mm.

Wielkość oczek siatek filtracyjnych stosowanych w instalacjach nawodnieniowych podajemy w jednostkach długości, np. mm lub jednostkach mesh. Wartość mesh (USA) określa liczbę oczek siatki przypadających na długości jednego cala. Wartość ta nie uwzględnia średnicy drutu lub żyłki, z której wykonano siatkę, dlatego nie może być bezpośrednio przeliczana na mm.

Może się więc zdarzyć, że dwie siatki o takiej samej liczbie mesh będą miały różną wielkość oczek (rys. 11). Liczbę mesh siatki możemy określić według wzoru $\text{mesh} = 25,4/(a+d)$.

a – odległość od sąsiadujących „nitek” siatki w mm

d – grubość nitki w mm



Rys. 11. Siatki o tej samej liczbie mesh o różnej wielkości oczek. (W. Treder)

Przykładowo siatka o wielkości oczek równej 2 mm wykonana z drutu o średnicy 0,4 mm ma 11 mesh. Gdy jednak drut będzie miał grubość 1 mm, to przy tej samej wielkości oczek (2 mm) wartość mesh spadnie do 8.

W przypadku nawadniania kropłowego wymiar oczka powinien wynosić zazwyczaj 0,1 – 0,12 mm, co odpowiada 134 – 121 mesh przy średnicy (druetu lub siatki) równej 0,095 mm. W większości systemów minizraszania wystarczyłaby siatka o wielkości oczek 0,2 – 0,3 mm (88 – 65 mesh). Na rynku dostępne są przede wszystkim filtry o siatkach 120 – 130 mesh, a więc doskonale nadają się one do większości systemów mikronawadniania zarówno kropłowych, jak i minizraszania. Nominalne przepływy filtrów siatkowych zależne są od ich wielkości (tab. 11).

Tabela 11. Nominalne przepływy filtrów siatkowych przy różnej średnicy przyłącza*.

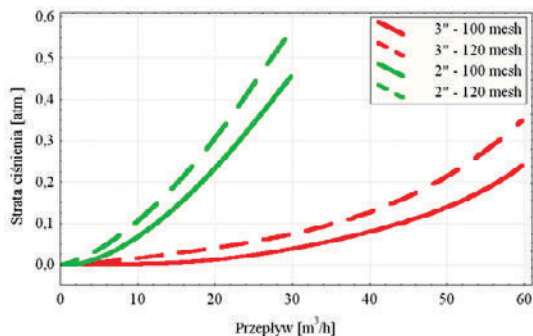
Średnica przyłącza	Nominalny przepływ (m ³ /h)
3/4"	4
1"	6
1 1/2"	14
2"	25

*Dane dla siatki o wielkości oczka 40 – 140 mesh.

Opór hydrauliczny filtra ściśle zależy jest od intensywności przepływu wody, wielkości oczek siatki filtracyjnej oraz poziomu zanieczyszczenia siatki. Im mniejsze oczka siatki (wyższa liczba mesh), tym większy opór hydrauliczny filtra (rys. 12).

Producenci filtrów w specyfikacji technicznej podają opór hydrauliczny filtra przy przepływie czystej wody. Wielkość filtra dobieramy tak, aby strata ciśnienia na filtrze szacowana dla przepływu czystej wody nie była większa niż 0,1–0,2 atmosfery (maksymalnie 0,4–0,5 atm). Jeżeli woda zawiera znaczne ilości zanieczyszczeń, przepływ filtra nie powinien być większy niż 1/2 - 3/4 wartości podanej przez producenta. Straty ciśnienia,

w zależności od przepływu wody, odczytać należy z charakterystyki filtra, która powinna być dołączona przez producenta.



Rys. 12 Przykładowa charakterystyka hydrauliczna filtrów siatkowych. (W. Treder)

Im większy przepływ i bardziej zanieczyszczona woda, tym szybciej filtr będzie się zapychał, a przez to szybko będzie rósł jego opór hydrauliczny. Wielkość tego oporu można wyznaczyć mierząc ciśnienie wody przed i za filtrem (fot. 26). Jeżeli strata ciśnienia na filtrze jest wyższa niż 0,5 atm, siatka filtracyjna powinna być oczyszczona. Większość modeli filtrów siatkowych wymaga ręcznej obsługi. Dla oczyszczenia siatki należy ją wyjąć z obudowy i umyć najlepiej szczotką pod bieżącym strumieniem wody.



Fot. 26. Filtr wyposażony w manometry. (W. Treder)

W użyciu są także siatkowe filtry czyszczone automatycznie (fot. 27) i półautomatycznie.



Fot. 27. Automatyczny filtr siatkowy. (W. Treder)

Płukanie automatyczne polega na wymywaniu zanieczyszczeń na zewnątrz filtra za pomocą strumieni wody płynących od wewnętrznej strony siatki filtracyjnej. W przypadku filtrów płukanych półautomatycznie dysze emitujące wodę (fot. 28) obracane są przez użytkownika ręcznie za pomocą korby umieszczonej w górnej części obudowy filtra.



Fot. 28 Zestaw filtrów płukanych półautomatycznie (A) oraz dysze służące do płukania siatki filtracyjnej. (B) (W. Treder)

7.2.3. Filtry dyskowe

Filtry dyskowe mają bardzo podobną budowę zewnętrzną do filtrów siatkowych.

Wkład filtracyjny filtra dyskowego składa się z wielu krążków „dysków” umieszczonych jeden na drugim na odpowiednio ukształtowanym stelażu (fot. 29).



Fot. 29. Filtr dyskowy 3/4". (W. Treder)

Rowki pokrywające ściany dysku biegną w przeciwnych kierunkach, przez co przylegając do siebie wielokrotnie się krzyżują tworząc zmienne przekroje powstałych kanałów o znacznie większej miąższości w porównaniu z siatkami filtracyjnymi. Po ułożeniu dysków w stos zewnętrzna powierzchnia wkładu filtracyjnego pokryta jest otworami o kształcie rombu (dwa trójkąty połączone podstawami). Zalecenia dotyczące wielkości przekrojów kanałów dysków filtracyjnych są takie same, jak w przypadku filtrów siatkowych. Filtry dyskowe służą przede wszystkim do filtrowania wody pochodzącej ze zbiorników otwartych, zawierających cząstki stałe, a przede wszystkim żywą i martwą materię organiczną. Filtry dyskowe charakteryzują się bardzo wysoką

efektywnością pracy i dlatego są powszechnie montowane w instalacjach nawadniania kroplowego i minizraszania. Dla uzyskania wysokich przepływów filtry łączone są w zestawy (fot. 30).



Fot. 30. Zestaw filtrów dyskowych. (W. Treder)

W wypadku instalacji kroplowych i korzystaniu z wody o bardzo złej jakości (duża zawartość grzybów, glonów i bakterii), np. małe zbiorniki z wodą stojącą, bezpieczniej jest stosować filtry piaskowe. W przypadku wybrania filtrów dyskowych powinny mieć one co najmniej 2–3 krotnie wyższy przepływ od nominalnego, oraz być wyposażone we wkład filtracyjny o liczbie mesh ponad 140.

Filtr powinien być oczyszczony, gdy jego opór hydrauliczny przekroczy 0,5 atm. Na rynku są dostępne filtry czyszczone „ręcznie” poprzez umycie szczotką dysków i płukane automatycznie (fot. 31). Podczas płukania w filtrze automatycznie rozluźniają się dyski, a odpowiednio kierowane strumienie wody wymywają poza filtr zanieczyszczenia zatrzymane w rowkach pomiędzy dyskami.



Fot. 31. Zestaw automatycznych filtrów dyskowych. (W. Treder)

Nominalne przepływy filtrów dyskowych zależne są od ich wielkości (tab. 12)

Tabela 12. Nominalne przepływy filtrów dyskowych przy różnej średnicy przyłącza.

Średnica przyłącza	Powierzchnia filtracji (cm ²)	Nominalny przepływ (m ³ /h)
3/4"	160	4
1"	316	6
1 1/2"	396	12
2"	953	25
3"	1880	40
4"	3704	80

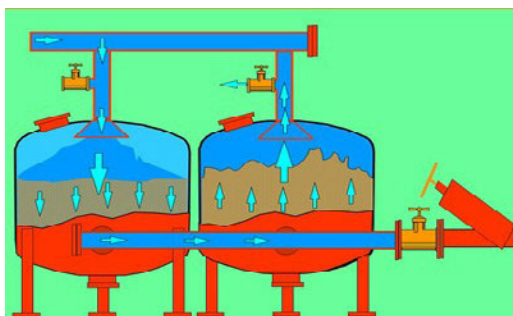
7.2.4 Filtry piaskowe

Filtry piaskowe są stosowane do filtrowania wody pochodzącej z otwartych zbiorników oraz w systemach uzdatniania wody (odżelaziacze; fot. 32)



Fot. 32. Zestaw filtrów piaskowych. (W. Treder)

Pojedynczy filtr zbudowany jest ze zbiornika, wewnątrz którego umieszczone jest złożo piasku o średnicy ziaren od 0,3 do 2,0 mm. Zazwyczaj montowane są podwójne zbiorniki filtracyjne, aby płukanie pierwszego filtra przeprowadzać wodą, która została przefiltrowana w drugim zbiorniku i odwrotnie (rys. 13).



Rys. 13. Schemat płukania filtrów piaskowych. (W. Treder)

Płukanie filtra polega na zwrotnym (od spodu) przepływie wody. Woda płynąc od dołu do góry rozluźnia złożę filtracyjne, wymywa zanieczyszczenia odprowadzając je na zewnątrz. Przy projektowaniu systemu filtracji należy pamiętać, że częstotliwość płukania filtrów uzależniona jest od ich nominalnego przepływu i jakości wody. Dlatego im bardziej jest zanieczyszczona woda, tym powinien być zastosowany większy nominalny przepływ filtra (tab. 13).

Tabela 13. Zalecany dobór wielkości filtra piaskowego w zależności od źródła wody.

Średnica zbiornika filtra	Przepływ maksymalny *	Zalecany przepływ [m ³ /h]		
		Źródło wody		
		rzeka, jezioro	rów melioracyjny	staw
35	6	3	1,8	1,2
50	15	7,5	4,5	3
70	25	12,5	7,5	5
80	35	17,5	10,5	7
95	50	25	15	10
125	70	35	21	14
140	100	75	45	30

*dane ze specyfikacji technicznej

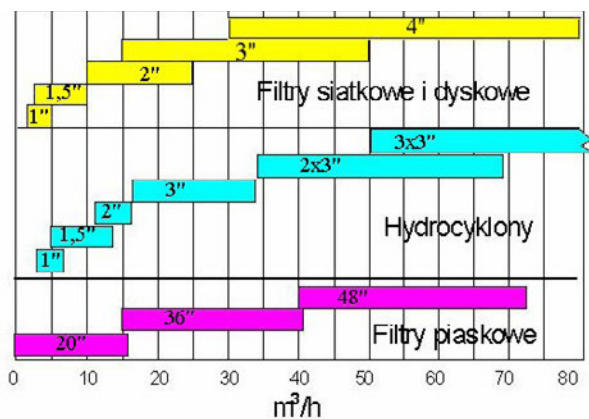
Płukanie filtra powinno być prowadzone, gdy różnica pomiędzy jego wlotem, a wylotem wody jest większa od ustalonej (zazwyczaj ponad 0,5 atm). Trzeba pamiętać, że wysoki opór hydrauliczny filtra to niepotrzebne straty energii. W skrajnych przypadkach straty ciśnienia wody na filtrze mogą obniżyć ciśnienie wody w instalacji poniżej wymaganego poziomu.

Na rynku są dostępne urządzenia pozwalające na automatyczne płukanie filtrów zależnie od ilości przefiltrowanej wody, upływającego czasu, lub różnicy ciśnień pomiędzy wlotem i wylotem wody (fot. 33).



Fot. 33. Sterownik płukania filtrów (Presostat) pracujący w oparciu o pomiar strat ciśnienia na filtrze. (W. Treder)

Dobór wielkości każdego rodzaju filtra zależy od wysokości przepływu wody i poziomu jej zanieczyszczenia (rys. 14). Przy wodzie o wysokim stopniu zanieczyszczenia stosujemy większe rozmiary filtrów, co zmniejsza częstotliwość ich płukania.



Rys. 14. Dobór wielkości filtrów w zależności od intensywności przepływu wody. (W. Treder)

7.3 Uzdatanianie wody

W uprawach szklarniowych oraz kontenerowych szkótkach roślin ozdobnych w zamkniętych obiegach pożywki, w zależności od potrzeb, poza tradycyjnymi systemami filtracji stosowane są systemy ograniczające przenoszenie wraz z wodą mikroorganizmów chorobotwórczych. W praktyce używane są systemy odwróconej osmozy (które także obniżają zasolenie pożywki), spowolniona filtracja piaskowa, dezynfekcja za pomocą promieniowanie UV-C, a nawet filtracja biologiczna w tzw. oczyszczalniach hydrofitowych (ang. *Wetlands*). W tabeli 14 przedstawiono zalecenia doboru rodzaju systemu uzdatniania lub dezynfekcji wody w zależności od rodzaju zagrożenia.

Tabela 14. Dobór metody uzdatniania i dezynfekcji wody, w zależności od rodzaju zagrożenia.

Rodzaj przekroczonego parametru jakościowego	System uzdatniania lub dezynfekcji
Zbyt wysoki odczyn wody	Zakwaszanie
Zbyt wysoki poziom żelaza, lub manganu	Odżelazianie, odmanganianie
Zbyt wysokie E_c (wysoka zawartość makro i/lub mikroelementów)	Odwrócona osmoza, <i>Wetland</i>
Zanieczyszczenia mikrobiologiczne	Promieniowanie UV-C, <i>Wetland</i>

7.3.1. Odżelazianie

Ze względu na powszechne stosowanie nawadniania kropłowego i wysoką zawartość żelaza w wodach głębinowych w Polsce najczęściej stosowanym w gospodarstwach ogrodniczych sposobem uzdatniania wody jest odżelazianie. Proces polega na utlenianiu jonów Fe^{++} do Fe^{+++} za pomocą tlenu zawartego w powietrzu i usuwaniu wytrąconych związków wodorotlenku żelaza z wody na filtrach piaskowych. W praktyce stosowane są różne sposoby napowietrzania, np. rozpylanie lub zraszanie wody nad powierzchnią zbiornika, stały przepływ wody po kaskadzie lub bezpośredni wtrysk powietrza za pomocą inżektora lub sprężarki (fot. 34). W ten sam sposób przeprowadzane jest także odmanganianie.



Fot. 34. Przykłady napowietrzanie wody za pomocą inżektorów (A) i zraszania (B). (W. Treder)

Podczas płukania filtrów piaskowych wodorotlenek żelaza wyłapany w złożu wymywany jest na zewnątrz filtra (fot. 35).



Fot. 35. Wodorotlenek żelaza wymywany ze złoża podczas płukania filtra piaskowego. (W. Treder)

7.3.2 Odwrócona osmoza

Odwrócona osmoza polega na wymuszonym (za pomocą ciśnienia) przepływie wody przez błony półprzepuszczalne, które odfiltrują substancje zawarte w wodzie. Ten rodzaj filtracji służy do usuwania zanieczyszczeń mechanicznych, mikrobiologicznych oraz obniżania zasolenia wody. Filtry tego rodzaju składają się z zestawu cylindrów, wewnątrz których umieszczone są wkłady filtracyjne (fot. 36).



Fot. 36. Filtr odwróconej osmozy. (W. Treder)

7.3.3. Spowolniona filtracja piaskowa

Spowolniona filtracja piaskowa (ang. *Slow sand filtration*; SSF) polega na powolnym przepływie wody przez złożę piasku. Metoda ta daje możliwość eliminowania z wody takich gatunków mikroorganizmów, jak te z rodzajów *Fusarium*, *Cylindrocladium*, *Phytophthora*, *Pythium*, *Thielaviopsis*, *Verticillium*, *Xanthomonas* i nicienia *Rodopholus similis*. Jest to metoda stosunkowo tania, niestety wymaga odpowiednio dużej powierzchni filtra i przy-

gotowania infrastruktury. Spowolnione filtry piaskowe mogą być wykonane jako zbiorniki ziemne, betonowe lub metalowe (fot. 37). Można tu wykorzystać także zbiorniki z blachy falistej (fot. 38). Istotną wadą takich filtrów jest konieczność ręcznego oczyszczania wierzchniej warstwy filtra, w której gromadzone są zanieczyszczenia.

Dodatkowym problemem może też być dezynfekcja zebranych zanieczyszczeń. Bez przeprowadzenia analiz nie można mieć żadnej pewności, czy w zebranej warstwie zanieczyszczeń nie ma jeszcze żywych patogenów, które mogą się wtórnie rozprzestrzeniać wraz z wodą po wystąpieniu obfitych opadów. Skuteczność filtrowania zależy od szybkości przepływu wody, obecności mikroorganizmów antagonistycznych dla patogenów i oczywiście od ilości i rodzaju czynnika chorobotwórczego zawartego w wodzie. Za optymalną uważa się szybkość przepływu wody przez filtr od 100 do 300 l/m²/godz. Zatem, aby przefiltrować w ciągu godziny 10 m³ wody przy prędkości 100 l/m² trzeba dysponować powierzchnią filtra równą 100 m². Oczywiście filtracja może być prowadzona 24 h/dobę, aby przygotować zapas wody do nawadniania na kolejny dzień. W takim przypadku niezbędny jest nie tylko system gromadzenia wody zanieczyszczonej, ale także zbiornik na wodę oczyszczoną. Efektywność filtracji spowolnionej można zwiększyć przez wprowadzenie dodatkowego systemu napowietrzania i rozluźniania złoża, ale wymaga to jednak dodatkowych inwestycji w układy pompowe i sprężarki.



Fot. 37. Spowolniony filtr piaskowy (A) wykonany z płyt stalowych (B).
(W. Treder)



Fot. 38. Spowolniony filtr piaskowy wykonany z blachy falistej. (W. Treder)

7.3.4. UV-C

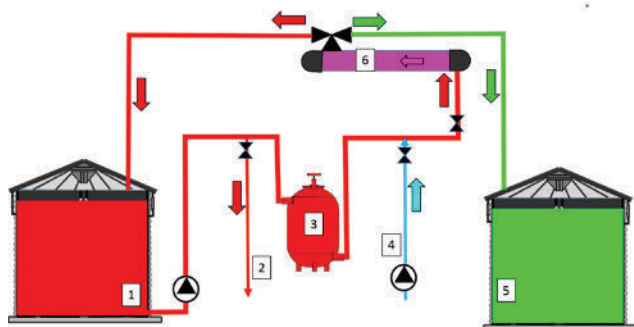
Podstawowym elementem systemu dezynfekcji jest lampa emitująca promienie UV-C (długość fali 254 nm), które niszczą DNA i RNA mikroorganizmów zasiedlających wodę. W celu wyeliminowania patogenów roślin, w tym również wirusów, rekomenduje się stosowanie promieni UV-C w dawkach od 100 mJ/cm² do 250 mJ/cm². Niestety efektywność zabiegu - nawet przy tak wysokiej dawce - może być niewystarczająca w przypadku, kiedy woda nie jest w odpowiednim stopniu przezroczysta lub gdy zawiera materię organiczną i chelaty, które silnie absorbują promieniowanie UV-C. Skuteczność te metody dezynfekcji zależy od mocy lampy, czasu naświetlania i przejrzystości (transmisji) wody.

Pojęcie transmisji (T10) w tym przypadku to względna zdolność przepływu światła przez warstwę dezynfekowanej wody o miąższości 10 mm w odniesieniu do przepływu takiego samego światła przez warstwę wody destylowanej. Wartość T10 dla różnych źródeł dezynfekowanej wody może być bardzo różna. W przypadku wód drenażowych ze szklarni wartość T10 waha się najczęściej w przedziale 10-40%. Minimalna dopuszczalna dla dezynfekcji wartość parametru T10 zależy od mocy i modelu lampy (grubość warstwy dezynfekowanej wody). Systemy skomputeryzowane, dla podniesienia wartości transmisji światła przez dezynfekowaną wodę, mają możliwość automatycznego domieszania wody czystej tak, aby ten parametr przekroczył poziom minimalny (fot. 39; rys. 15).

Systemy dezynfekcji promieniami UV-C stosowane są przede wszystkim w uprawach prowadzonych na wełnie mineralnej, gdzie wody drenażowe mają zazwyczaj wysoki współczynnik T10.



Fot. 39. Skomputeryzowany system sterylizacji wody za pomocą promieniowania UV-C. (W. Treder)



Rys. 15. Schemat systemu dezynfekcji wody za pomocą lampy UV-C.

1- zbiornik wody przed dezynfekcją, 2 - zrzut nadmiaru wody zanieczyszczającej, 3 - filtr piaskowy, 4- zasilenie wodą czystą, 5 - zbiornik na wodę po dezynfekcji, 6 lampa UV-C. (W. Treder)

7.3.5. Oczyszczalnie hydrofitowe

Skutecznym i bardzo proekologicznym rozwiązaniem jest biofiltracja wody za pomocą roślin wodnych uprawianych na specjalnie przygotowanych terenach zalanych wodą (fot. 40);

ang. *Wetland*). Wykorzystywanych jest tu wiele gatunków roślin wodnych m.in. takich gatunków, jak: pałka szerokolistna (*Typha latifolia*), rogatek sztywny (*Ceratophyllum demersum* L.), sitowie (*Scirpus* spp.), trzcina (*Phragmites* spp.), rdestnica nawodna (*Potamogeton nodosus*), strzałka szerokolistna (*Sagittaria latifolia*) oraz kosaciec żółty (*Iris pseudacorus* L.).

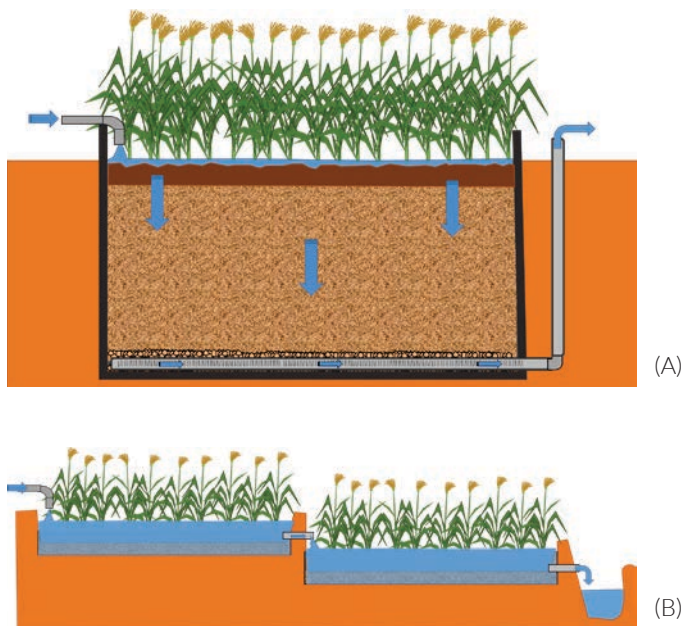


Fot. 40. Oczyszczalnia hydrofitowa. (W. Treder)

Dzięki odpowiedniej konstrukcji i wolnemu przepływowi wody w oczyszczalni hydrofitowej zachodzi filtracja pozioma (pomiędzy korzeniami roślin) oraz/lub pionowa - w dół złoża piasku (taka, jak w filtrach spowolnionych). Do naturalnej filtracji można wykorzystywać naturalnie ukształtowane tereny lub budować całkowicie sztuczne instalacje (rys. 16).

W przypadku filtracji pionowej warstwa piasku powinna mieć grubość co najmniej 1 m i nie zawierać części pylastych. W przypadku filtracji poziomej (poprzez korzenie roślin) długość zbiornika nie powinna być krótsza niż 6 m. W każdym z rozwiązań istotny jest bardzo wolny przepływ wody.

W procesie filtracji i dezynfekcji biorą udział zarówno rośliny, jak i mikroorganizmy konkurencyjne dla patogenów. Za pomocą tego rodzaju systemów można nie tylko zdezynfekować wodę, ale także ją przefiltrować z części mechanicznych, oraz obniżyć w niej zawartość rozpuszczonych soli.



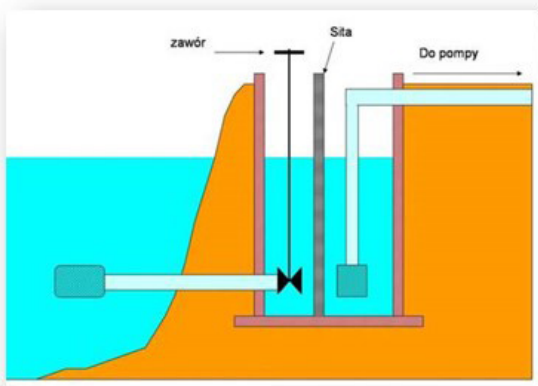
Rys. 16. *Wetland*: pionowy system filtracji (A), poziomy system filtracji (B). (W. Treder)

8. Nawadnianie roślin ogrodniczych

W przypadku upraw polowych duża zmienność warunków pogodowych stwarza konieczność uzupełniania niedoborów wody przez nawadnianie. Umożliwia ono dotrzymanie optymalnych terminów wysiewu i sadzenia roślin, a także ich terminowy zbiór. Niedobór wody w glebie nie tylko istotnie obniża plonowanie roślin, lecz także wpływa niekorzystnie na niektóre cechy jakościowe, które uwarunkowane są właściwym uwilgotnieniem gleby i dobrym zaopatrzeniem roślin w wodę w okresie wegetacji.

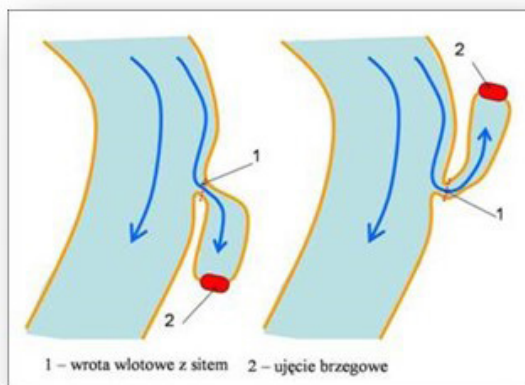
8.1 Ujęcia wody

Ujęcia wody są to zespoły urządzeń wraz z budowlami służącymi do poboru. Możemy je podzielić na ujęcia wód powierzchniowych i wód głębinowych. Ujęcia powierzchniowe mogą być zlokalizowane w różnych miejscach, ale zawsze zgodnie z obowiązującym prawem wodnym. Mogą to być, np. ujęcia na rzekach i strumieniach. Tu jeżeli jest to możliwe należy przygotować ujęcie brzegowe (rys. 17) w specjalnej zatoczce, co ograniczy problemy w okresie kiedy po wysokich opadach rzeka będzie niosła wiele zanieczyszczeń.



Rys.17. Ujęcie brzegowe. (W. Treder)

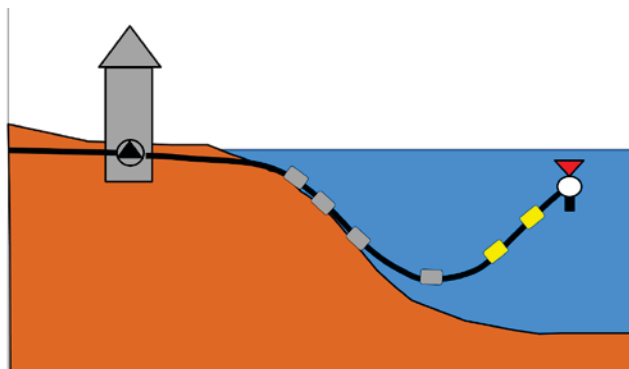
Woda doptywająca z rzeki do zatoczki filtrowana jest wstępnie na sicie płaskim (rys. 18).



Rys. 18. Ujęcie wody z zatoczek na rzece. (W. Treder)

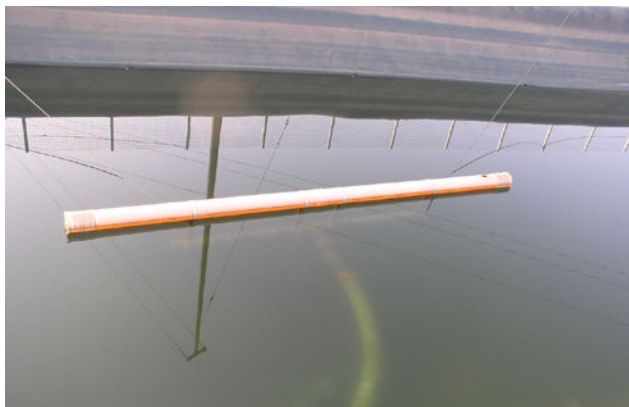
Na wodach powierzchniowych można także wykorzystywać czerpnie pływające tak, aby pobierały wodę z określonej warstwy

pod lustrem wody (rys. 19; fot. 39). Jest to bardzo dobre rozwiązanie pod warunkiem, że smok ssawny będzie miał ustalony minimalny dystans od dna zbiornika. Rozwiązanie takie zabezpiecza przed pobraniem osadów z dna zbiornika przy niskim poziomie wody.



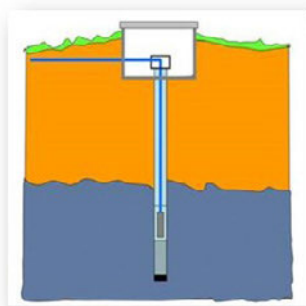
Rys. 19. Ujęcie wody z czepnią pływającą. (W. Treder)

Smoki ssawne mogą mieć różne konstrukcje, ale ważnym elementem ich wyposażenia jest zawór zwrotny, który zatrzymując wodę w rurociągu umożliwi stałe zalenie pompy.



Fot. 41. Pływające ujęcie wody. (W. Treder)

Studnie głębinową (rys. 20) można wykonać z rurą osłonową - jeśli wodę ujmuje się z głębszych warstw wodonośnych - lub bez niej. W otwór w gruncie wkładana jest rura osłonowa i rura filtracyjna (perforowana), która musi znajdować się w warstwie wodonośnej. Dno studni powinno być zaślepione. Do tak przygotowanej studni opuszcza się pompę głębinową. Na powierzchni gruntu znajduje się obudowa (betonowa lub z tworzywa sztucznego), w której jest zakończenie rury osłonowej, zawór i przyłącze magistrali wodnej. Jeśli woda znajduje się bardzo płytko pod powierzchnią gruntu pompę umieszczamy bezpośrednio w rurze filtracyjnej.



Rys. 20. Studnia głębinowa. (W. Treder)

8.2. Rodzaje systemów nawadniania

Podczas podejmowania decyzji o sposobie nawadniania i wyborze systemu nawodnieniowego należy kierować się celem maksymalnej oszczędności wody przy uzyskaniu optymalnych efektów wysokości i jakości plonu. Podstawowe metody nawadniania stosowane w polowych uprawach ogrodniczych to: deszczowanie, minizraszanie i nawadnianie kropłowe. Pod osłonami, poza minizraszaniem i nawadnianiem kropłowym, stosowane są jeszcze systemy nawadniania zalewowego i podsiąkowego.

8.2.1. Deszczowanie

Nawadnianie deszczowniane imituje opad deszczu zraszając całą powierzchnię w obrębie strefy działania zraszaczki (fot. 42).



Fot. 42. Deszczowanie szkółki. (W. Treder)

W produkcji ogrodniczej stosuje się wiele rodzajów deszczowni, m.in.: deszczownie przenośne, półstałe, stałe, szpulowe, przetaczane oraz mostowe.

Bardzo ważną zaletą tradycyjnych deszczowni jest to, że ze względu na stosowanie stosunkowo dużych średnic dyszy zraszaczki systemy deszczowniane są mało wrażliwe na zapychanie.

Deszczowanie ma jednak także wady, do których zaliczyć trzeba:

- duże jednostkowe zapotrzebowanie na wodę i energię (ciśnienie pracy minimum 2,5 atm),
- możliwość powstawania i rozwoju chorób grzybowych podczas zraszania liści,
- brak możliwości prowadzenia nawadniania w czasie silnych wiatrów oraz w trakcie wykonywania prac polowych,
- ograniczone zastosowanie w terenie pagórkowatym.

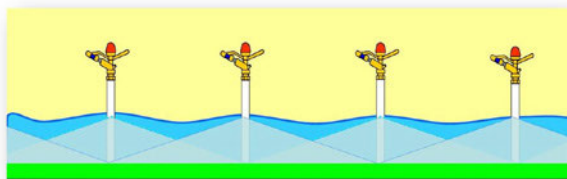
Najczęściej stosowanymi emiterami wody w systemach deszczowniczych są tzw. młoteczkowe zraszacze obrotowe. Zraszacze te wyposażone są w jedną lub dwie dysze o średnicy co najmniej kilku mm co sprawia, że są mało wrażliwe na zapychanie (fot. 43).



Fot. 43. Zraszacz młoteczkowy. (W. Treder)

Tradycyjne zraszacze obrotowe mają nierównomierny rozkład opadu. Największy wydatek wody osiągany jest bezpośrednio przy zraszaczu i obniża się wraz z promieniem jego zasięgu. Dla osiągnięcia odpowiedniej równomierności zraszania, odległość pomiędzy zraszaczami obrotowymi powinna być zbliżona do promienia ich zasięgu (rys. 21), a zraszacze można ustawiać na schemacie kwadratu lub trójkąta (rys. 22).

W przypadku deszczowni przenośnych, w przypadku których stosujemy 6 metrowe rury aluminiowe rozstawa pomiędzy zraszaczami to zazwyczaj 18 m x 18 m. W sadach rozstawa zraszaczy uwarunkowana jest rozstawą pomiędzy rzędami roślin.

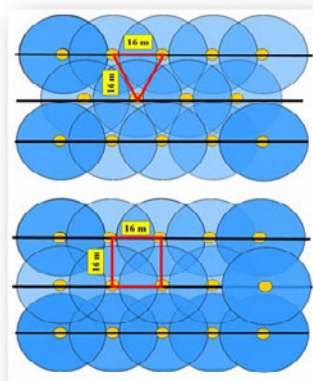


Rys. 21. Zraszacze umieszczamy w odległości promienia ich zasięgu. (W. Treder)

Każdy model zraszacza ma swoją specyfikację techniczną opisującą, m.in. wydatek wody i zasięg zraszania, w zależności od wielkości dyszy i ciśnienia w instalacji.

Projektując instalację należy zawsze uwzględniać informacje producenta opisujące zależność pomiędzy ciśnieniem a wydatkiem wody i zasięgiem zraszania konkretnego modelu zraszacza z określoną średnicą dyszy.

Bardzo częstym błędem popełnianym przez użytkowników deszczownicy jest stosowanie większej rozstawy zraszaczy niż zalecany promień zasięgu zraszania. Większa rozstawy zraszaczy to niższe koszty przypadające na jednostkę deszczowanej powierzchni, ale i znaczny spadek równomierności deszczowania. Użytkownicy mniejsze zagęszczenie zraszaczy chcą rekompensować wzrostem ciśnienia wody. Niestety nawet duży wzrost ciśnienia nie powoduje istotnego wzrostu średnicy zraszania.



Rys. 22. Przykład rozstawienia zraszaczy w trójkąt lub kwadrat. Instalacja stała w sadzie o rozstawie 4 m x 2,4 m. (W. Treder)

Przykładowe charakterystyki zraszaczy zamieszczono w tabeli 13.

Tabela 13 Przykładowa charakterystyka zraszacza obrotowego.

Ciężnienie atm	Średnica dyszy					
	3,96 mm		4,76 mm		5,55 mm	
	l/h	Ø	l/h	Ø	l/h	Ø
2,46	940	29,4	1360	31,2	1880	33
3,16	1070	30,2	1550	32,4	2140	34,3
3,51	1130	30,6	1630	32,6	2240	36,6
4,21	1230	31,2	1780	33,2	2410	36,8

W sadach zraszacze ustawiane są na stalowych rurach ponad koronami drzew. Ale w przypadku mateczników truskawki, gdzie prowadzona jest uprawa gleby, zraszacze montowane są bezpośrednio na polietylenowych przewodach (fot. 44).



Fot. 44. Deszczownia w mączniku truskawki. (W. Treder)

Deszczownia, oprócz swej podstawowej funkcji uzupełniania niedoborów wody i nawożenia, może służyć także do schładzania roślin, a także do ich ochrony przed przymrozkami. W przypadku ochrony roślin przed przymrozkami powierzchnia powinna być zraszana z intensywnością 30–35 m³/ha/godzinę. Systemy deszczownicze są najczęściej stosowane w uprawie warzyw, roślin jagodowych oraz w szkółkach roślin sadowniczych i ozdobnych. Duże jednostkowe zużycie wody w czasie deszczowania wymaga zapewnienia odpowiednio wydajnego źródła wody, wydajnych agregatów pompowych oraz rur o odpowiednio dużych przekrojach, a w związku z tym koszt deszczowania jest stosunkowo wysoki. Alternatywą dla wysokociśnieniowych systemów deszczowniczych są deszczownie niskociśnieniowe, w których stosuje się różne rodzaje zraszaczy nasadkowych o małej wydajności. Przykładem deszczowni niskociśnieniowej jest deszczownia szpulowa konsolowa (fot. 45) lub nisko ciśnieniowe deszczownie mostowe (fot. 46).



Fot. 45. Konsolowa deszczownia szpulowa. (W. Treder)

Deszczownie tego rodzaju wyposażone są w zraszacze nasadkowe o średnicy dyszy 3–6 mm, umieszczone na belce deszczującej w odległości co 0,5–1,0 m, które pracują prawidłowo już przy ciśnieniu roboczym 0,08–0,15 MPa. Bardzo często dla uzyskania lepszej równomierności nawadniania zraszacze są dodatkowo wyposażone w indywidualne regulatory ciśnienia. Obniżenie ciśnienia roboczego pozwala na znaczne ograniczenie intensywności wypływu wody i zapotrzebowania na energię. Stosowane obecnie deszczownie mobilne sterowane są zdalnie, a dla zwiększenia precyzji pozycjonowania wykorzystują system GPS. Pozwala to indywidualnie zmieniać dawki wody w zależności od położenia deszczowni oraz informacji o aktualnej wilgotności gleby.



Fot. 46. Niskociśnieniowa deszczownia mostowa. (W. Treder)

Innym rozwiązaniem deszczowni niskociśnieniowych są deszczownie przenośne, lub półstałe wyposażone w specjalnie skonstruowane zraszacze obrotowe o małym wydatku wody (120–300 l/h) i pracujące prawidłowo przy niskim ciśnieniu roboczym 0,15–0,25 MPa (fot. 47). Zraszacze montowane są na metalowych prętach (lub plastikowych wspornikach) wciskanych w glebę i połączone z polietylenową rurą zasilającą za pomocą wężyka o średnicy od 8 do 12 mm. W zależności od rodzaju zraszacza są one montowane w rozstawie od 4 m x 4 m do 8 m x 8 m.



Fot. 47. Zraszacz o małym wydatku wody montowany na stalowej stopce. (W. Treder)

8.2.2 Minizraszanie

W systemach minizraszania woda podawana jest przez małe, wykonane z tworzywa sztucznego emitery – minizraszacze o wydatku od 20 do 200 l/h (fot. 48).

Zależnie od rodzaju zastosowanej wkładki uderzeniowej, minizraszacze podają wodę w postaci kropel lub strumieni.



Fot. 48. Minizraszacze. (R. Sałuda)

Rodzaj zastosowanej wkładki wpływa także na kształt zwilżonej powierzchni (rys. 23).



Rys. 23. Różne powierzchnie zraszania minizraszaczy. (W. Treder)

Systemy minizraszania stosowane są przede wszystkim do nawadniania sadów oraz do nawadniania upraw w szklarniach i w tunelach foliowych. W sadach minizraszanie stosuje się

zawsze tam, gdzie występuje wysoki poziom żelaza w wodzie, a proces odżelaziania jest zbyt kosztowny. Do nawadniania drzew owocowych stosuje się minizraszacze montowane na specjalnych stopkach wbitych w glebę lub bezpośrednio na przewodach polietylenowych (fot. 49).



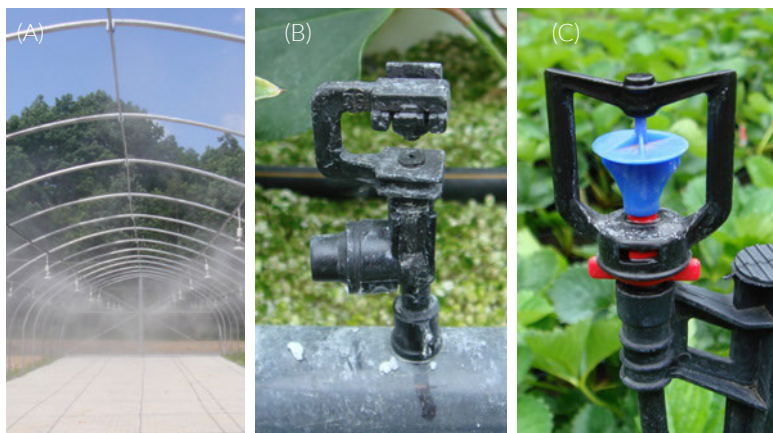
Fot. 49. Minizraszacze sadownicze. (W. Treder)

W celu zwiększenia równomierności nawadniania i możliwości zainstalowania długich ciągów nawodnieniowych, stosuje się minizraszacze z kompensacją ciśnienia, które mają stały wydatek wody w szerokim zakresie ciśnień (0,5–2,5 atm). Specjalne minizraszacze umieszczone ponad koronami drzew mogą służyć także do ochrony drzew owocowych przed przymrozkami (fot. 50).



Fot. 50. Nadkoronowe minizraszanie do ochrony roślin sadowniczych przed przymrozkami. (W. Treder)

Minizraszacze są średnio wrażliwe na drobne zanieczyszczenia mechaniczne (średnica dyszy od 0,8 do 2,0 mm), pozwalają również na większą oszczędność wody i energii w porównaniu do systemu deszczownianego. Nawadnianie podkoronowe nie zrasza liści, jest proste w montażu i daje możliwość podawania nawozów wraz z wodą – fertygacja. System ten jest wrażliwy na uszkodzenia mechaniczne (podczas zbioru i cięcia minizraszacze umieszczone pod koronami drzew mogą być uszkodzone). System minizraszania umieszczony bezpośrednio na powierzchni gruntu utrudnia mechaniczne zwalczanie chwastów w rzędach drzew. Minizraszacze powszechnie są stosowane do zraszania lub zamgławiania upraw prowadzonych pod osłonami. Emitery umieszczane są ponad uprawą wysoko na przewodach rozpraszających, na specjalnych stopkach bezpośrednio nad łanem roślin lub pod łanem roślin, przy samej powierzchni podłoża (fot. 51).



Fot. 51. Minizraszacze umieszcza się: wysoko na przewodach nad roślinami (A), na stopkach bezpośrednio nad łanem roślin (B), pod roślinami (C). (W. Treder)

Minizraszacze umieszczane na przewodach wysoko nad roślinami powinny być wyposażone w tzw. antykapacze (fot. 52), co zapewnia równomierny start i zakończenie zraszania. Po zamknięciu zaworu i obniżeniu się ciśnienia w instalacji, woda nie ma możliwości wypłynięcia ze zraszaczy, dzięki czemu nie skapuje na rośliny rosnące bezpośrednio pod nimi.



Fot. 52. Minizraszacz wyposażony w obciążnik i antykapacz. (W. Treder)

W produkcji pod osłonami do zraszania, np. sadzonek używane są także tzw. belki zraszające, na których umieszczane są różnego rodzaju dysze emitujące wodę (fot. 53). Belka przesuwa się powoli nad łanem roślin i równomiernie je zrasza. Bardzo często belki wyposażone są w dozowniki proporcjonalne, co umożliwia aplikację nawozów i środków ochrony roślin.



Fot. 53. Belka zraszająca. (W. Treder)

Pod osłonami nawadnianie roślin uprawianych w doniczkach lub kostkach wełny mineralnej można prowadzić także systemami podsiąkowym lub zalewowym. Nawadnianie podsiąkowe polega na ustawieniu specjalnych doniczek o płaskim dnie i dużych otworach na matach podsiąkowych nawilżanych za pomocą systemów kroplowych. Woda przez otwory w dnie podsiąka bezpośrednio do podłoża wypełniającego doniczkę.

W przypadku nawadniania zalewowego doniczki lub kostki wełny mineralnej ustawione są na specjalnych stołach lub podłogach (fot. 54), które mogą być zalewane na wysokość 1–4 cm pożywką nawozową nawadniając i nawożąc rośliny. W systemach

zalewowych woda krąży w obiegu zamkniętym. Po zalaniu na określoną wysokość woda powoli odprowadzana jest do zbiornika retencyjnego.



Fot. 54. Podłoga zalewowa w szklarniowej uprawie rododendronów. (W. Treder)

8.2.3. Nawadnianie kroplowe

Systemy kroplowe to instalacje nawadniające emiterami o wydatku od 0,5 do kilku litrów/h. Główną zasadą jest tu podawanie wody w formie kropeł bezpośrednio w pobliże uprawianych roślin tak, aby utrzymać optymalną wilgotność gleby w głównej strefie korzeniowej roślin.

Emitory kroplowe stosowane są do nawadniania wielu rodzajów upraw prowadzonych w polu i pod osłonami. Są to systemy nawadniania o znacznie mniejszym jednostkowym zapotrzebowaniu na wodę w porównaniu do systemów deszczowniczych. Ciśnienie robocze potrzebne do pracy instalacji kroplowej jest znacznie niższe niż w systemie deszczowniczym i wynosi od około 0,02 do 0,25 MPa, w zależności od rodzaju emiterów kroplowych. Mniejsze zapotrzebowanie na wodę oraz niższe ciśnienie potrzebne do pracy systemu umożliwia zastosowanie pomp

o mniejszej wydajności, oraz przewodów rozpraszających i innych akcesoriów o mniejszej średnicy, co obniża koszty całego systemu. Oszczędności wody wynikają również ze zwilżenia stosunkowo niewielkiej powierzchni gleby, co ogranicza straty wody przez parowanie. Natomiast stosowanie małych dawek wody ogranicza straty spowodowane odpływem wody poza zasięg systemu korzeniowego roślin. Dzięki temu w uprawach polowych oszczędność wody może dochodzić do 40% w porównaniu do innych systemów nawadniania. Ze względu na swe niewątpliwe zalety, systemy nawadniania kropłowego stosowane są już powszechnie we wszystkich działach produkcji ogrodniczej.

Najważniejsze zalety systemów kropłowych to:

- oszczędne gospodarowanie wodą,
- niskie zapotrzebowanie na energię,
- całkowite wyeliminowanie zraszania liści podczas nawadniania,
- możliwość wykonywania prac agrotechnicznych w trakcie nawadniania,
- możliwość nawadniania nawet w trakcie bardzo silnego wiatru.

Niewątpliwą wadą systemów kropłowych jest wysoka podatność emiterów na zapychanie. Z powodu złej jakości wody w początkowo równomiernie nawadniającej instalacji będzie można obserwować coraz większe różnice wydatku emiterów. W przypadku roślin polowych, gdzie nawadnianie nie jest jedynym źródłem wody, brak odpowiedniej równomierności nawadniania może być początkowo nawet niezauważalny przez użytkownika. Jednak po dłuższym czasie, przy przedłużającej się suszy, miejscowe niedobory, a także nadmiar wilgoci w glebie wpłyną na

„miejscowe” obniżenie plonowania roślin. O wiele gorsza jest sytuacja w przypadku nawadniania roślin pod osłonami, szczególnie uprawianych w pojemnikach. W tym przypadku bardzo często pojedyncza roślina zasilana jest w wodę i nawozy tylko przez jeden podajnik. Emiterem wody są tu kroplowniki, które mogą mieć bardzo różną budowę zewnętrzną i wewnętrzną (fot. 55).



Fot. 55. Różne rodzaje emiterów kroplowych. (R. Sałuda)

Emitery kroplowe instalowane są bezpośrednio na przewodach polietylenowych lub w procesie technologii produkcji montowane są we wnętrzu przewodów polietylenowych – linie i taśmy kroplujące (fot. 56).



Fot. 56. Emiter kroplowy zamontowany na przewodzie polietylenowym (A) i linia kroplująca (B). (W. Treder)

Wprowadzenie na rynek linii kroplujących, które konfekcjonowane są w rolkach (fot. 57) spowodowało prawdziwą rewolucję w rozwoju instalacji kroplowych. Ten rodzaj emiterów pozwala na bardzo łatwe i szybkie rozkładanie ciągów nawodnieniowych.



Fot. 57. Rolki linii kroplujących. (W. Treder)

Budowa wewnętrzna emiterów kropłowych określa ich charakterystykę hydrauliczną, czyli zależność pomiędzy wydatkiem wody a ciśnieniem panującym w instalacji (rys. 24). Na podstawie tej właśnie charakterystyki powinna być projektowana cała instalacja (średnice przewodów, wydajność pomp, wielkość filtrów oraz ciśnienie pracy dla całego systemu.)

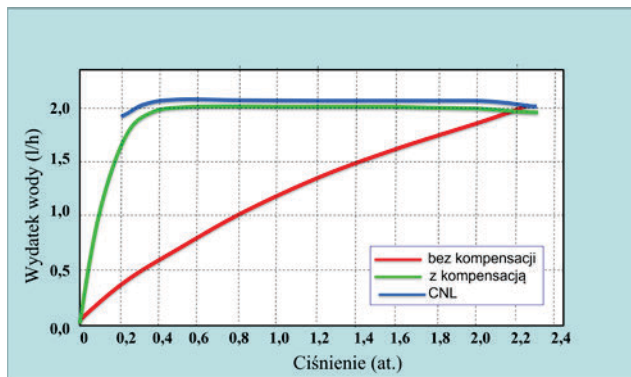
Ze względu na charakterystykę hydrauliczną emitery kropłowe można podzielić na:

a - niekompensujące (ich wydatek rośnie wraz ze wzrostem ciśnienia). Taką charakterystykę mają kapilary i emitery labiryntowe.

b - emitery z kompensacją ciśnienia - PC (*pressure compensated* - kompensujący ciśnienie) o stałym wydatku w dużym zakresie ciśnień, np. 0.5-2,5 atm.

c - emitery typu CNL (*compensating non leakage* - kompensujący niekapiący), które należą do grupy kompensujących, nieemitujących wody przy niskim ciśnieniu.

Funkcja ta zabezpiecza uprawę przed wykapywaniem wody (po zamknięciu zaworu) z najniżej położonych emiterów. Zastosowanie kropłowników z grupy CNL powoduje to, że pomiędzy kolejnymi nawodnieniami cała instalacja (kolektory i przewody doprowadzające) zalana jest pożywką nawozową, dlatego intensywność przepływu bezpośrednio po otwarciu zaworu nie różni się istotnie od przepływu nominalnego.



Rys. 24. Charakterystyka hydrauliczna emiterów kropłowych. (W. Treder)

Linie kropłujące z kompensacją ciśnienia zaleca się montować w terenie pagórkowatym (gdzie z powodu różnicy poziomów występują znaczne różnice ciśnienia wody w instalacji) lub wtedy, gdy zachodzi konieczność budowy długich ciągów nawodnieniowych. Linie kropłujące mogą mieć różną grubość ścianki. Przewody cienkościenne to tzw. taśmy kropłujące (tab. 14).

Tabela 14. Grubości ścianek linii i taśm kropłujących [mil - mm]

mil **	8	10	13	16	20	25	35	45
mm	0.20	0.25	0.33	0.40	0.50	0.64	0.89	1.14

**1 mil =jedna tysięczna część cala

Czynniki, które wpływają na długość okresu użytkowania przewodów to przede wszystkim intensywność promieniowania słonecznego docierającego do przewodów, zmiany temperatury powietrza i wszystkie czynniki, które mogą uszkodzić przewód mechanicznie. Najmniejszą trwałość (1-2 sezony) mają taśmy o grubości ścianki 8-10 mil, przewody 16-20 mil powinny

zachować swe normalne parametry przez 3–5 sezonów. Wężę najgrubsze (35-45 mil) są długowieczne, nie powinny ulec zniszczeniu przez co najmniej kilkanaście lat. Dane te są tylko orientacyjne. Oczywiście może się zdarzyć, że przy delikatnym traktowaniu i małej intensywności promieniowania słonecznego (np. przy ściółkowaniu) przewody te będą sprawnie pracowały przez dłuższy okres czasu.

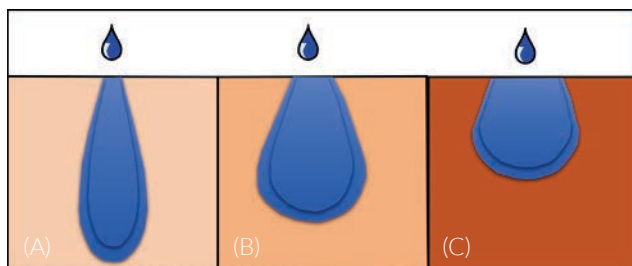
Maksymalna długość ciągu nawodnieniowego zależna jest od wydatku, rozstawy i typu emitera (z kompensacją czy bez) oraz średnicy wewnętrznej przewodu (tab. 15). W praktyce każdy typ linii kroplującej ma swą indywidualną charakterystykę, która może różnić się od tych zawartych w tabeli poniżej.

Tabela 15. Przykładowe zalecane maksymalne długości różnych linii kroplujących dla uzyskania wysokiej równomierności nawadniania.

Rodzaj linii kroplującej	Rozstawa między emiterami (cm)		
	30	60	75
	Maksymalny zasięg linii kroplującej		
Ø 16 mm, 2 l/h bez kompensacji	59	100	116
Ø 20 mm, 2 l/h bez kompensacji	79	140	165
Ø 16 mm, 2 l/h z kompensacją	95	200	240
Ø 20 mm, 2 l/h z kompensacją	220	370	440

Bardzo ważnym czynnikiem jest dobranie rozstawy emiterów w zależności od potrzeb konkretnej uprawy i rodzaju gleby. Nawilżona gleba ma kształt owalny, tak więc największy zasięg zwilżania jest nie na powierzchni gruntu, ale na głębokości około 20 cm. Na glebach bardzo lekkich woda szybko przesiąka w dół, zwilżając niewielki promień gleby (10–15 cm). Na glebach ciężkich

infiltracja wody w głąb profilu glebowego jest znacznie wolniejsza i większy jest promień zwilżania (25–35 cm; rys. 25).



Rys. 25. Rozchodzenie się wody w zależności od typu gleby: bardzo lekka (A), średnia (B), – ciężka (C). (W. Treder)

Za pomocą linii kroplujących nawadniane są rośliny uprawiane rzędowo, zarówno warzywa, jak i rośliny sadownicze, i ozdobne. W przypadku niewielkiej rozstawy roślin, odległość pomiędzy emiterami dobieramy tak, aby równomiernie był zwilżany cały pas gleby w rzędzie roślin. Dla równomiernego zwilżenia gleb lekkich odległość pomiędzy emiterami nie powinna być mniejsza niż 20 cm, a na bardzo ciężkich - większa niż 40 cm. W przypadku krzewów i drzew owocowych, w zależności od gęstości nasadzenia roślin i typu gleby, zalecane odległości pomiędzy emiterami to 30–70 cm. Dla nawadniania czereśni, brzoskwini oraz borówki wysokiej wskazane jest zastosowanie dwóch linii kroplujących na każdy rząd roślin (fot. 58).



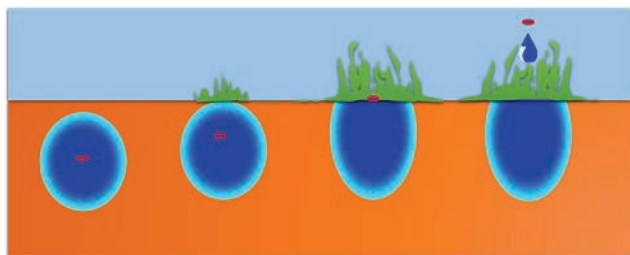
Fot. 58. Nawadnianie kroplowe borówki wysokiej. (W. Treder)

Linie kroplujące mogą być umieszczane na powierzchni gleby, pod jej powierzchnią lub w sadach podwieszane ponad powierzchnią gleby (rys. 26; fot. 59).



Fot. 59. Linie kroplujące podwieszane nad powierzchnią gleby. (W. Treder)

Specjalnie do tego przeznaczone linie kroplujące mogą być także umieszczane na określonej głębokości profilu glebowego. Taki system nawadniania kropłowego nazywamy nawadnianiem wgłębnym. Wgłębny system nawodnieniowy, dzięki ograniczeniu ewaporacji, pozwala na jeszcze bardziej oszczędne gospodarowanie zasobami wodnymi (rys. 26). Może być on tak założony i eksploatowany, aby nie nawilżał wierzchniej warstwy gleby, co w wielu przypadkach ograniczy kiełkowanie chwastów. Umieszczenie linii kroplujących pod powierzchnią gleby pozwala także na jej uprawę, np. mechaniczne odchwaszczanie.



Rys. 26. Różne lokalizacje linii kroplujących. (W. Treder)

Linie kroplujące umieszczane są pod powierzchnią gleby na głębokości od kilku, nawet do kilkudziesięciu centymetrów (5-30 cm), w zależności od gatunku roślin, sposobu ich uprawy oraz typu gleby. Przewody pod ziemią instaluje się za pomocą prostych maszyn (fot. 60).



Fot. 60. Wgłębna instalacja linii kroplujących. (D. Łabanowska-Bury)

Umieszczenie przewodów pod powierzchnią gleby chroni je przed niszczącym działaniem promieni słonecznych, ale może narazić także na blokowanie przez korzenie roślin. Aby zapobiec temu zjawisku stosowane są specjalne rozwiązania konstrukcyjne wewnątrz emiterów. Z uwagi na ograniczoną możliwość kontroli wydatku wody przez emitery umieszczone pod powierzchnią gruntu, do tego rodzaju nawodnień zaleca się stosować tylko najlepsze jakościowo rozwiązania. Kontrola wielkości dawek nawodnieniowych i częstotliwości nawadniania powinny być oparte o pomiary wilgotności profilu glebowego. Ten rodzaj nawadniania zalecany jest przede wszystkim dla upraw wieloletnich, w których wykorzystywane są maszyny do zbioru mechanicznego. W przypadku upraw rocznych, np. ziemniaków przewody muszą być zdjęte z pola przed rozpoczęciem zbiorów.

Pod osłonami, poza liniami kroplującymi, które używane są w gruntowej uprawie zagonowej, stosuje się przede wszystkim kropłowniki montowane bezpośrednio na przewodach polietylenowych. Na rysunku 27 przedstawiono różne rozwiązania tech-

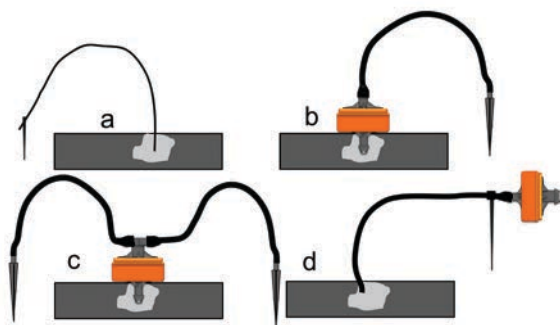
niczne emiterów kropłowych stosowane pod osłonami, a są to:

(A) „kapilara”, czyli wężyk polietylenowy o średnicy wewnętrznej 0,6–1,0 mm i długości 1 m wyposażony w stopkę stabilizacyjną.

(B) kropłownik „guzikowy”, na którego wylocie założono rurkę polietylenową ze stopką stabilizacyjną lub kropłującą. Rozwiązanie powszechnie stosowane w uprawie warzyw i roślin jagodowych (fot. 61 i 62).

(C) kropłownik „guzikowy” z rozdzielaczem, do którego może być podłączone kilka wężyków zakończonych stopkami labiryntowymi. Kanały labiryntowe w stopkach emiterów wielowylotowych mają zapewnić taki sam wydatek z poszczególnych wylotów kropłownika.

(D) zestaw kropłujący, gdzie kropłownik wraz ze stabilizatorem umieszczony jest na końcu cienkiego wężyka umieszczonego na przewodzie rozprzewadzającym wodę.



Rys. 27. Różne rodzaje emiterów kropłowych: kapilara (A), guzikowy ze stopką (B), guzikowy z rozdzielaczem (C) oraz zestaw kropłujący (D). (W. Treder)



Fot. 61. Nawadnianie kropłowe maliny uprawianej w pojemnikach. (W. Treder)



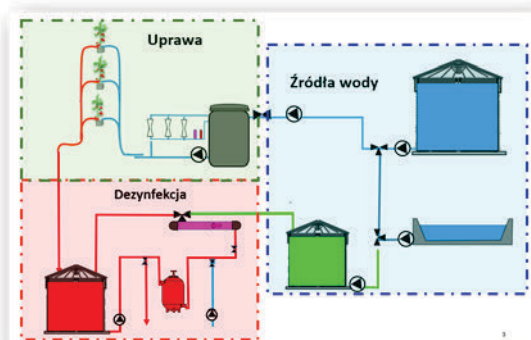
Fot. 62. Nawadnianie kropłowe pomidora. (W. Treder)

W przypadku emiterów kropłowych bardzo istotną cechą jest ich jakość wyrażona współczynnikiem zmienności wydatku wody (C_v). Parametr ten określa zmienność wydatku wody fabrycznie nowych emiterów kropłowych. Zmienność ta ma istotny wpływ na równomierność nawadniania, która bezpośrednio przenosi się na efektywność zużycia wody. Konsekwencją nierównomierności

wypływu wody w instalacji jest tzw. „przelewanie” obszarów o wyraźnie wyższym wydatku wody. Najlepsze emitery mają współczynnik C_v na poziomie 3%. Niestety obecnie żadna instytucja nie zajmuje się oceną jakości i certyfikowaniem elementów instalacji nawodnieniowej.

8.3. Obieg zamknięty wody

W uprawach pod osłonami znaczne oszczędności wody (nawet ponad 30%) można uzyskać wprowadzając obieg zamknięty wody (rys. 28). Konieczne jest tu gromadzenie i dezynfekcja wód drenażowych, aby do obiegu zamkniętego nie wprowadzić wraz z wodą patogenów zasiedlających korzenie roślin, które można błyskawicznie rozprzestrzenić na całą uprawę. Dodatkowo system sterowania nawadnianiem musi mieć możliwość pobierania i mieszania wody z różnych źródeł według ustalonego wcześniej poziomu EC. Ponieważ wody drenażowe mają zazwyczaj znacznie wyższe zasolenie od stosowanej pożywki, w obiegu zamkniętym bardzo przydatne jest korzystanie z wody deszczowej gromadzonej na obiekcie.



Rys. 28. Schemat obiegu zamkniętego wody w szklarni. (W. Treder)

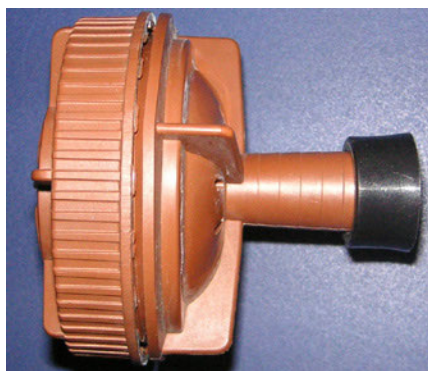
8.4. Serwis instalacji nawodnieniowych

Aby zainwestowane w system nawodnieniowy środki finansowe przyniosły jak najlepszy efekt ważna jest prawidłowa eksploatacja całego systemu. W polu przede wszystkim należy pamiętać o spuszczeniu wody z instalacji na zimę. Po każdym sezonie wegetacyjnym powinien zostać także przeprowadzony przegląd i serwis instalacji zgodnie z instrukcjami producentów poszczególnych elementów. Po spuszczeniu wody konieczne jest oczyszczenie filtrów. Zaniechanie tego zabiegu jesienią będzie miało konsekwencje wiosną - zanieczyszczenia zaschną na wkładach filtracyjnych i bardzo trudno będzie je wówczas usunąć. Wiosną powinno się dokonać kolejnego przeglądu i próbnego uruchomienia instalacji przed kolejnym sezonem uprawy. W zależności od jakości wody, kroplowe instalacje nawodnieniowe powinny być regularnie przepłukiwane. Jeżeli nawet system filtracji jest sprawny, płukanie powinno być wykonane pod koniec sezonu nawodnieniowego.

W niektórych przypadkach, pomimo dobrego filtra, obserwuje się jednak powolne zapychanie kroplowników. Mikroskopijne drobiny, które pokonały system filtracji mogą łączyć się w agregaty o znacznie większej wielkości, które będą blokować przepływ wody w kroplownikach. Także duża ilość małych cząstek zalegających w instalacji może ograniczać przepływ wody w kroplownikach. Cząstki mechaniczne przenoszone są wraz z wodą wzdłuż całej instalacji nawodnieniowej. Prędkość i odległość, na którą przemieszczane są zanieczyszczenia zależą od ich masy, a także od przepływu wody. W liniach nawodnieniowych instalacji kroplowych woda płynie stosunkowo wolno (ok. 1–2 m/s), a im bliżej końca linii nawodnieniowej, tym przepływ jest wolniejszy. W trakcie nawadniania zanieczyszczenia często

nie wypływają wraz z wodą przez kroplowniki, ale następuje ich osiadanie w przewodach magistralnych i kolektorach. Przy uruchamianiu nawadniania początkowo woda przepływa przez instalację znacznie szybciej i porywa zanieczyszczenia przenosząc je na koniec linii nawodnieniowych. Kroplowniki zapychają się zazwyczaj od końca ciągów nawodnieniowych i dlatego właśnie tam trzeba kontrolować instalację. Skutecznym zabiegiem ograniczającym zapychanie emiterów może być przepłukanie instalacji.

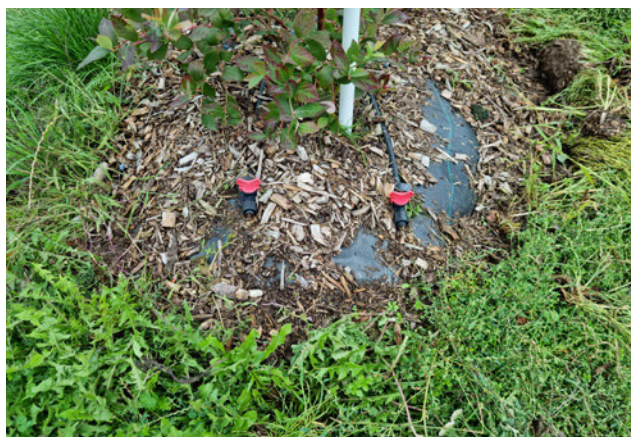
Płukanie polega na otwarciu końców przewodów nawodnieniowych tak, aby woda mogła swobodnie przepływać porywając i wymywać na zewnątrz zanieczyszczenia zalegające w instalacji. W zależności od możliwości technicznych (wydatku źródła wody) oraz finansowych, proces płukania można przeprowadzić ręcznie lub automatycznie. Przewody nawodnieniowe można połączyć kolektorem zbiorczym zakończonym zaworem elektromagnetycznym. Zawory płuczące mogą być kolejno uruchamiane ręcznie lub automatycznie z określoną wcześniej częstotliwością. W przypadku złej jakości wody, kiedy płukanie instalacji powinno być prowadzone przy każdym nawadnianiu, na końcach przewodów nawodnieniowych możemy zainstalować zawory płuczące (fot. 63).



Fot. 63. Zawór płuczący montowany na końcu linii kroplującej. (W. Treder)

Dzięki odpowiedniej konstrukcji zawory te powoli się zamykają, co pozwala na wymywanie zanieczyszczeń na zewnątrz każdej linii kroplującej.

Gdy nie stosujemy dedykowanych zaworów płuczących, na końcach linii kroplujących polecane jest założenie zaworów kulowych, które w miarę potrzeb będą otwierane (fot. 64). W przypadku braku zaworów, przy każdym płukaniu instalacji należy otwierać zamknięte korkiem lub zagięte końce linii kroplujących.



Fot. 64. Zawory do płukania zainstalowane na końcach linii kroplujących. (W. Treder)

Częstotliwość płukania instalacji zależy od jakości stosowanej wody. W początkowym okresie użytkowania instalacji powinno się regularnie przepłukiwać wybraną linię nawodnieniową w celu ustalenia ilości i jakości zanieczyszczeń. Gdy woda jest dobrej jakości, płukanie może być prowadzone raz w sezonie, po zakończeniu uprawy.

Czas płukania zależy przede wszystkim od jakości wody i długości linii kroplującej. Pojedynczy przewód lub sekcję zazwyczaj wystarczy płukać około minuty, jednak czas zakończenia płukania najlepiej określić oceniając jakość wyptywającej z instalacji wody.

Płukanie instalacji może być tylko wtedy skuteczne, gdy prędkość wody wypływającej z otwartych końców przewodów będzie wyższa od 0,3 m/sek. Większa prędkość przepływu daje wyższą skuteczność płukania, ale niestety znacznie większe wypływy wody. Przy prędkości przepływu 0,6 m/sek. z wodą porywane są już nawet stosunkowo duże cząstki zanieczyszczeń. Warunek taki powinien być brany pod uwagę przy projektowaniu całej instalacji (dobrze pompy, wielkości systemu filtracji i przekroju przewodów). Praktycznie prędkość wypływającej wody z pojedynczych przewodów czy też kolektorów zbiorczych może być określona przez pomiar ilości wypływającej wody w określonej jednostce czasu. Tabela 16 zawiera dane o intensywności wypływu wody z otwartych końców przewodów dla osiągnięcia prędkości płukania 0,3 m/sek.

Tabela 16. Przepływ wody [l/min] przy prędkości 0,3 m/sek.

Średnica przewodu PE [mm]	16	20	25	32	40	50
Przepływ [l/min]	2,5	4,1	6,7	11,7	18,5	28,8

Dla prędkości przepływu 0,6 m/sek. wartości wypływu z tab. 16 należy pomnożyć przez 2.

Płukanie może być skuteczne tylko w przypadku wymywania z instalacji zawartych w wodzie drobnych cząstek mechanicznych, które przemieszczają się wraz z wodą. Niestety nie jest skuteczne, gdy na ściankach przewodów i labiryntów tworzą się trwałe osady. Najczęściej w instalacjach powstają nierozpuszczalne w wodzie węglany i fosforany wapnia, często wytrącają się także nierozpuszczalne siarczany i tlenki oraz wodorotlenki. Osady blokujące kropłowniki szybciej powstają przy wyższym pH cieczy. Zakwaszanie wody w większości przypadków znacznie ogranicza

tworzenie się osadów, a także ogranicza rozwój grzybów i bakterii. W produkcji pod osłonami, gdzie powszechnie stosuje się wodę o niskim pH tego rodzaju osady mogą się tworzyć znacznie wolniej. Wszędzie tam, gdzie woda jest twarda i nie obniża się jej odczynu, tworzące się w instalacji osady będą bardzo szybko ograniczać wyptyw z emiterów. Proces ten można kontrolować mierząc regularnie wyptywy wybranych kilku kroplowników. W instalacjach, które zaopatrzone są w wodomierze, wystarczy kontrolować intensywność przepływu wody. Gdy będzie się ona obniżać należy przepłukać instalację roztworem kwasu, w celu rozpuszczenia i wymycia osadów. Skuteczne może już być nawadnianie przez 45- 60 minut wodą o pH 4,0–5,0.

W produkcji pod osłonami dla większości upraw tak długie ciągłe nawadnianie można być przeprowadzone dopiero po zakończeniu sezonu uprawy lub - w skrajnych przypadkach - po zdjęciu instalacji. W systemach zainstalowanych w polu dla większości upraw okresowe traktowanie wodą o niskim pH może być prowadzone w trakcie uprawy roślin. Szczególnie, że wszędzie tam, gdzie nawadnia się uprawę wodą o wysokim pH odczyn gleby w strefie pod kroplownikiem jest także wysoki. Do obniżania pH wody można stosować kwas solny, siarkowy, fosforowy i azotowy. Skuteczność stosowania kwasu solnego jest wysoka, ale niestety jest on źródłem sodu i chloru, i nie powinien być polecany do stosowania w trakcie uprawy. Kwas siarkowy jest na tyle żrący, że do jego stosowania powinno się używać specjalnych dozowników odpornych na jego działanie. Regularne stosowanie kwasu siarkowego może istotnie skrócić okres użytkowania dozownika nawozów.

Praktycznie do regularnego stosowania do dyspozycji pozostają dwa kwasy: fosforowy, który jest źródłem przyswajalnego dla roślin fosforu i azotowy – źródło azotu. Dlatego też, w przypadku

stosowania kwasów w instalacji pracującej w polu jesienią lepszym wyborem jest kwas fosforowy (azot azotanowy jest bardzo mobilny i do wiosny na pewno zostanie wymyty w głąb profilu glebowego). W trakcie uprawy roślin, stosując zakwaszenie wody (np. w uprawie borówki wysokiej) kwasem azotowym, jednocześnie dostarcza się roślinom azot. Ilość dodawanego do wody kwasu, w zależności od jakości wody, można obliczyć za pomocą aplikacji „Kalkulator zakwaszania” lub wykonując krzywą zakwaszania.

Okresowe traktowanie instalacji kroplowej wodą o niskim pH mogą bardzo łatwo przeprowadzić ogrodnicy posiadający miksery nawozowe. Mogą oni wprowadzić do programu dozownika wymagany poziom pH i czas nawadniania, a komputer - w zależności od jakości wody - doda do niej odpowiednią ilość kwasu.

Po godzinie traktowania instalacji wodą o niskim pH (4–5) należy zatrzymać pracę instalacji i odczekać (całą noc), aby pozostała w niej zakwaszona woda mogła rozpuścić pozostałe osady. Po tym czasie należy przepłukać instalację wodą dla wymycia wszystkich osadów. Według zaleceń opisanych powyżej płukanie prowadzimy przy otwartych końcówkach linii kroplujących.

Plantatorzy, którzy nagle zauważyli, że instalacja jest częściowo zapchana, w celu udrożnienia emiterów muszą reagować interwencyjnie stosując znacznie bardziej zakwaszoną wodę. Należy wtedy traktować instalację przez 10 do 20 minut wodą o pH 2–3. Po tym czasie należy odczekać ok. godziny i przepłukać instalację wodą, oczywiście otwierając końce linii nawadniających. Należy pamiętać, aby nie traktować roślin uprawianych w pojemnikach lub węgnie mineralnej wodą o tak niskim odczynie. Przy instalacjach polowych (np. w sadzie) zabieg taki można wykonać jesienią, jednak nie wolno przekraczać podanego czasu traktowania, aby nie uszkodzić systemu korzeniowego roślin.

W przypadku traktowania interwencyjnego, kiedy nie ma możliwości automatycznego regulowania pH lub poprawnego wykonania krzywej zakwaszenia, można traktować instalację roztworem kwasu o stężeniu (0,6%) przez ok. 10 minut. To stężenie roztworu dotyczy 63% kwasu azotowego i 85% kwasu fosforowego. Dla ułatwienia obliczeń zakładane stężenie 0,6% nie dotyczy czystego kwasu, ale jego handlowych roztworów (kwas azotowy 63% i fosforowy 85%).

Dozowanie kwasów o wyższych stężeniach można prowadzić tylko za pomocą przystosowanych do tego dozowników. Dlatego przed przystąpieniem do zakwaszania wody należy spytać dostawcę o maksymalne stężenie kwasu, który może być dozowany za pomocą konkretnego dozownika.

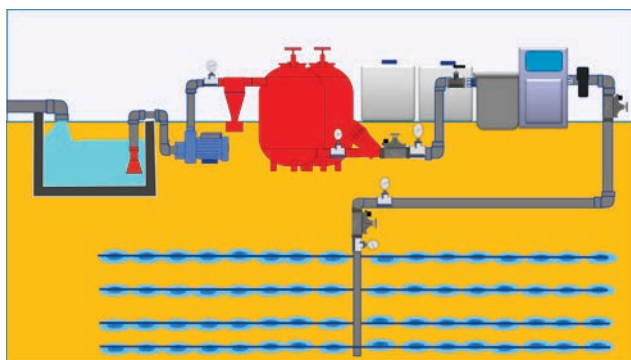
Praca z kwasem jest niebezpieczna. Powinny ją wykonywać przeszkolone dorosłe osoby znające przepisy BHP i zaopatrzone w niezbędną odzież ochronną (okulary, rękawice, płaszcz i buty ochronne). Instalacja nawodnieniowa, do której dozujemy jakiegokolwiek substancje w celu ochrony źródła wody musi być zaopatrzona w zawór zwrotny. Powodzenie płukania i traktowania instalacji kwasem zależy od ilości i jakości zanieczyszczeń. Niestety kwasy mineralne nie wypłukują z instalacji osadów żelaza i manganu.

8.5. Ogólne zasady projektowania instalacji nawodnieniowej

Niezwykle ważne jest, aby przed przystąpieniem do projektowania i budowy instalacji nawodnieniowej skontrolować jakość wody. Prawidłowo dobrany rodzaj i wielkość filtrów zapewnią długotrwałą i optymalną pracę instalacji.

Instalacja nawodnieniowa składa się m.in.: z pomp, zaworu zwrotnego, zaworów odpowietrzających i sterujących, systemu

filtracji, dozownika nawozów, magistrali, kolektorów, elementów wykonawczych sieci (zraszaczy, minizraszaczy, linii kroplujących, złączek, manometrów, regulatorów ciśnienia itp. (rys. 28). Wszystkie te elementy powinny być prawidłowo dobrane, według kryteriów optymalnego i maksymalnego przepływu wody. Każdy z nich ma kartę danych technicznych, które powinny być brane pod uwagę przy projektowaniu instalacji. Charakterystyka kroplowników i linii kroplujących określa wydatek rurociągów, a przez to zalecane maksymalne długości ciągów nawodnieniowych.



Rys. 28. Przykładowy schemat instalacji nawodnieniowej. (W. Treder)

Każdy z tych elementów powinien być dobrany pod względem funkcjonalno-użytkowym. Parametrem krytycznym dla każdej instalacji nawodnieniowej jest równomierność nawadniania. Dobra instalacja nawodnieniowa powinna charakteryzować się wysokim poziomem równomierności dystrybucji wody. Niestety zastosowanie złej jakości kroplowników, nawet przy dobrze zaprojektowanej instalacji, będzie powodem nierównomiernego nawadniania. W Serwisie Nawodnieniowym w zakładce Równomierność nawadniania: <http://www.nawadnianie>.

inhort.pl/rownomiernosc-nawadniania znajdują się aplikacje do oceny równomierności dystrybucji wody kroplowych i deszczowniczych systemów nawodnieniowych. Jest to możliwość oceny równomierności nawadniania za pomocą współczynnika dystrybucji wody - DU_{lq}. Współczynnik (wyrażony w %) jest parametrem opisującym zmienność wyływu wody z emiterów pracujących w jednej sekcji. Definiujemy go jako średni wydatek 25% pobranych próbek o najmniejszym wydatku w odniesieniu do średniego wydatku wszystkich próbek. Do przeprowadzenia oceny niezbędny jest stoper, naczynie miarowe lub waga i 36 pojemników, do których pobierana będzie woda kapiąca z emiterów kroplowych lub zebrana na obiektach, gdzie stosowane jest minizraszanie lub deszczowanie.

Dobra instalacja nawodnieniowa może powstać tylko wtedy, gdy z jednej strony spotka się świadomy problemu i dobrze przygotowany inwestor, a z drugiej profesjonalna firma, która zaoferuje odpowiedni sprzęt, przygotuje projekt (lub szkic projektowy), zapewni doradztwo lub nawet wykona całą instalację. Przy obecnych materiałach budowa prostej instalacji nie jest procesem skomplikowanym i w wielu przypadkach (szczególnie na małych powierzchniach) inwestor może przeprowadzić ją sam. Jednak szkic projektowy, dobór sprzętu i obliczenia hydrauliczne powinny być wykonywane przez osoby o odpowiednich kwalifikacjach.

Przed przystąpieniem do projektowania instalacji niezbędna jest dokładna wiedza na temat ilości dostępnej wody. Ważna jest nie tylko możliwa intensywność poboru (m^3/h), lecz także całkowita ilość dostępnej wody (m^3). Wielkość nawadnianej powierzchni należy dostosować do ilości dostępnej wody. Gdy gospodarstwo nie posiada jeszcze ujęcia wody, pompę należy dobrać do wydajności źródła wody w projektowanej instalacji nawodnieniowej.

Jednak w wielu przypadkach ogrodnicy posiadają już ujęcie wody z istniejącymi pompami. W takim przypadku muszą znać minimalny i maksymalny wydatek pompy oraz zmieniające się ciśnienie, w zależności od wydatku. W przypadku gdy pompa już istnieje, instalację projektuje się tak, aby jak najlepiej wykorzystywać parametry istniejącej pompy. Dla ułatwienia wykonania projektu instalacji należy przygotować dokładny plan nawadnianego obiektu. Na planie odwzorowującym kształt kwater należy nanieść następujące dane:

- wymiary i powierzchnia nawadnianego obiektu lub kwatery,
- podkład geodezyjny (tylko w przypadku terenu pofałdowanego),
- liczba, długość i kierunki rzędów,
- odległość od źródła wody,
- rodzaj gleby.

Dane te pozwolą sporządzić założenia techniczne instalacji. Dla prawidłowej pracy całego systemu trzeba dokonać obliczeń sieci hydraulicznej.

Dobór średnic przewodów zależy od wymaganych przepływów wody oraz od dopuszczalnych strat ciśnienia.

Ilość wody, która przepływa w jednostce czasu przez magistralę równa jest sumie wody przypadającej na wszystkie otwarte jednocześnie zawory. Wydatek wody na poszczególne zawory zależy od jednostkowego wydatku emitera i liczby emiterów przypadających na dany zawór. W przypadku zraszaczy, minizraszaczy i emiterów kropłowych bez kompensacji wydatek wody rośnie wraz ze wzrostem ciśnienia. W dalszym etapie należy dokładnie wyznaczyć straty ciśnienia na doprowadzeniu wody do kwater. Często zdarza się, że woda na dość długie odległości transportowana jest zbyt cienkimi przewodami. Wysokość strat

ciśnienia w przewodzie zależy od wielkości przepływu i odległości, na jaką pompowana jest woda (tab. 17). Aby ograniczyć straty ciśnienia podczas przepływu wody, należy zwiększyć średnicę przewodu. Jeśli znamy długość przewodu, ilość przepływającej wody i zakładaną dopuszczalną na tym odcinku stratę ciśnienia, wtedy możemy wyznaczyć właściwą średnicę przewodu. W prawidłowym jej obliczeniu pomogą odpowiednie wzory przeliczeniowe lub specjalne nomogramy czy programy komputerowe.

Tabela 17. Przepływ wody przez przewody PE o różnej średnicy przy założeniu, że strata ciśnienia na 100 m wyniesie 0,5 atm. (dane wyznaczono dla PE klasy wytrzymałości 4 atm).

Średnica zewnętrzna przewodu (mm)					
32	40	50	63	75	90
Przepływ (m ³ /h)					
2,4	4,55	8,3	15	24	46

Dopuszczalne straty ciśnienia wyznacza się odejmując od wysokości ciśnienia uzyskanego przy źródle wody (na pompie) ciśnienia niezbędnego do prawidłowej pracy instalacji (emiterów). W zależności od wysokości maksymalnego ciśnienia wody dobiera się odpowiednią grubość ścianek przewodów. Im grubsza ścianka, tym wyższa cena, większa trwałość, ale większe straty ciśnienia. Wytrzymałość na ciśnienie (klasa polietylenu) określona jest dla wody o temperaturze do 20°C. Jeśli maksymalne ciśnienie w instalacji wynosi np. 3,5 atm, wówczas nie ma żadnego uzasadnienia, by stosować przewody 6 lub 10 atmosferyczne.

W instalacjach polowych magistrale, które doprowadzają wodę, oraz kolektory wykonane są z polietylenu, a rzadziej z PVC. W instalacjach polowych, ze względu na łatwy montaż oraz odporność na uszkodzenia spowodowane zamarzającą w instalacji

wodą, częściej stosuje się przewody polietylenowe. Na plantacjach truskawki coraz częściej jako kolektory stosuje się miękkie przewody z PVC (*Lay Flats*; fot. 65).



Fot. 65. Przewody typu *Lay Flats*. (W. Treder)

Układa się je na powierzchni gruntu, a gdy się akurat nie nawadnia, można po nich nawet przejechać ciągnikiem. Po zakończeniu nawadniania zwija się je i zabiera z pola. Tego typu przewody mogą mieć średnicę od 25 do 400 mm.

Omówione zagadnienia nie rozwiązują wszystkich problemów związanych ze wstępnym zaplanowaniem instalacji nawodnieniowej. Powinny jednak pomóc w podejmowaniu (często nietrywnych) decyzji związanych z wyborem konkretnego rozwiązania technicznego.

Średnice zastosowanych przewodów należy dobrać tak, aby na poszczególnych kwaterach była dostępna odpowiednia ilość wody pod odpowiednim ciśnieniem. „Odpowiednie” ilość i ciśnienie wody to wartości specyficzne dla każdego z rodzajów systemów nawodnieniowych.

Przykładowo instalacje kropłowe do nawadniania sadów mają niewielki wydatek wody: 7–10 m³/ha sadu oraz pracują też zazwyczaj przy niskim ciśnieniu wody 1,5–2,5 atm.

Systemy deszczowniane wymagają znacznie większych wydatków wody i wyższych ciśnień. Na przykład przy stosowaniu deszczowni do ochrony sadu przed przymrozkami wiosennymi, cała chroniona powierzchnia musi być zraszana jednocześnie, co dla powierzchni 1 ha wymaga zapewnienia minimum 30–35 m³ wody na godzinę, a zraszanie w zależności od przebiegu temperatur musi być prowadzone nawet kilka godzin. Tak duża wydajność źródła wody jest wystarczająca do jednoczesnego nawadniania kropłowego ok. 5 ha sadu.

W przypadku kiedy nawadniana powierzchnia jest pofałdowana, wskazane jest naniesienie na planie poziomicy wysokościowych z dokładnością do 1 m. Różnica poziomów 1 m odpowiada różnicy ciśnień 0,1 atm. Straty (lub podwyższenie) ciśnienia wynikające z różnic poziomów terenu muszą być uwzględniane przy obliczeniach hydraulicznych.

Plan obiektu powinien zawierać także liczbę i kierunek biegu rzędów roślin rosnących na poszczególnych kwaterach. Wydatki wody na poszczególne zawory dla systemów deszczownianych, minizraszania oraz nawadniania kropłowego można obliczyć w Serwisie Nawodnieniowym w zakładce Systemy Nawodnieniowe pod adresem: www.nawadnianie.inhort.pl/systemy-nawodnieniowe. W aplikacji, poza wydatkiem wody oraz intensywnością nawadniania, można uzyskać także informację o liczbie zraszaczy, minizraszaczy lub linii kroplujących.

8.6. Audyt wodny

Zwiększenie efektywności wykorzystania wody do nawadniania można uzyskać już tylko po dogłębnym przeprowadzeniu

audytu nawodnieniowego w swoim gospodarstwie. Praktyka ta dotyczy tylko użytkowników już istniejących instalacji nawodnieniowych. W ramach tej praktyki użytkownik wody w gospodarstwie powinien zbierać niezbędne informacje o wodzie używanej do nawadniania. Informacje te mają za zadanie dostarczyć danych umożliwiających poprawę efektywności wykorzystania wody. Dodatkowe korzyści wynikające z audytu mogą również obejmować oszczędność energii i zmniejszenie kosztów poniesionych na nawozy i środki ochrony roślin. Informacje z audytu nawadniania w gospodarstwie stanowią podstawę do wdrożenia środków mających na celu zwiększenie wydajności obecnych praktyk rolniczych oraz podstawę do podjęcia decyzji, które dodatkowe najlepsze praktyki zarządzania wodą należy wdrożyć.

Audyt polega na zebraniu następujących informacji:

- charakterystyka pompowni: wydajność wody, zapotrzebowanie na energię, stan techniczny,
- charakterystyka systemów nawodnieniowych stosowanych do nawadniania konkretnych upraw, stan techniczny, czas użytkowania,
- ilości wody użytej do nawadniania,
- ilościowe i jakościowe efekty nawadniania,
- wysokość zastosowanych dawek wody,
- zdolności techniczne i umiejętności pracowników zarządzających nawadnianiem,
- określenie kryteriów, według których prowadzone jest nawadnianie.

Tak pozyskane dane powinny zostać poddane szczegółowej analizie i - jeżeli jest to konieczne - powinien być wdrożony program działań zawierający niezbędne zalecenia wpływające

na rzeczywiste podniesienie efektywności nawadniania upraw w tym gospodarstwie.

Audyty wodne to skuteczna metoda rozliczania całego zużycia wody do nawadniania w gospodarstwie oraz identyfikowania możliwości poprawy efektywności wykorzystania wody. Korzyści z wdrożenia tej praktyki mogą również obejmować oszczędność energii i zmniejszenie kosztów.

Analiza danych uzyskanych podczas audytu powinna być przeprowadzona z pomocą i zgodnie z sugestiami lokalnego doradcy wodnego ODR.

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

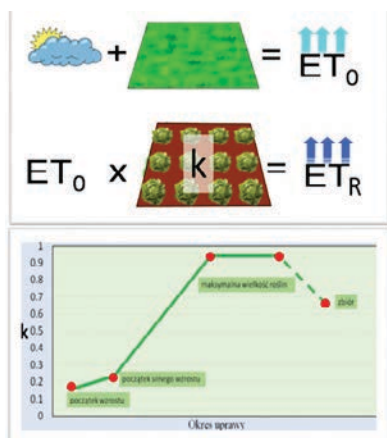
Każdy użytkownik systemu nawodnieniowego powinien stosować wiarygodne kryteria nawadniania, które pozwolą na optymalne wykorzystanie wody. Decyzję o konieczności nawadniania powinno podejmować się na podstawie kryteriów klimatycznych, glebowych i/lub roślinnych.

9.2.1. Kryteria klimatyczne

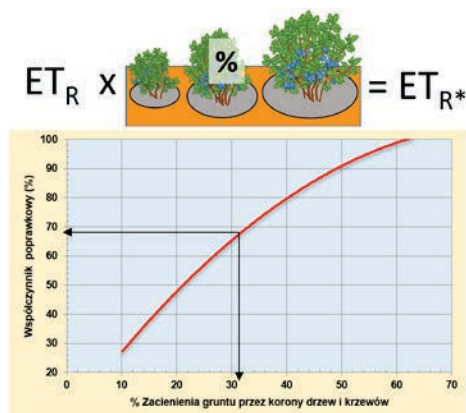
Potrzeby wodne roślin zależą od przebiegu warunków pogody, specyficznych cech gatunkowych oraz wielkości roślin. Przebieg pogody wpływa na wysokość parowania z powierzchni gleby (ewaporacja) oraz roślin (transpiracja). Suma parowania nazywana jest ewapotranspiracją. Wartość ewapotranspiracji

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. 29). 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. 30).



Rys. 29. Schemat metodyki wyznaczania potrzeb wodnych roślin. (W. Treder)



Rys. 30. 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 m³ 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 m³ wody dziennie. Ponieważ wielkość ewapotranspiracji (ET_o) 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 funkcję; 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 oraz aplikacje służące do wyznaczania potrzeb nawadniania kropłowego roślin sadowniczych (jabłoni, grusza, czereśnia, śliwa, 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.

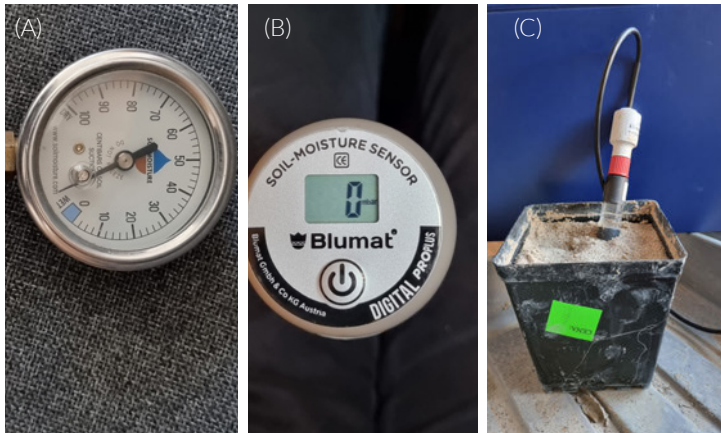
9.2.2. Kryteria glebowe

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 przesyca, 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.

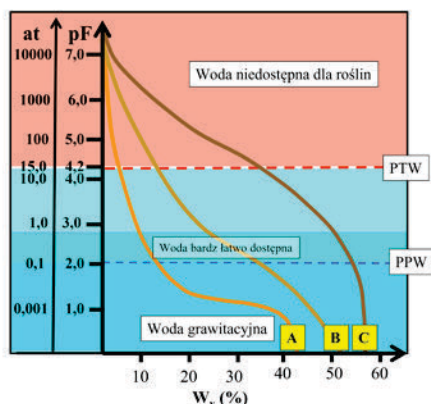


Fot 70. Tensjometr z wakuometrem do sterowania nawadnianiem przy określonym poziomie siły ssącej gleby. (W. Treder)

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. 31)



Rys. 31. 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% polowej pojemności wodnej (PPW). Obserwując przebieg odczytów miernika wilgotności można wyznaczyć punkt odpowiadający polowej 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-

czeniu 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 cm³) 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:

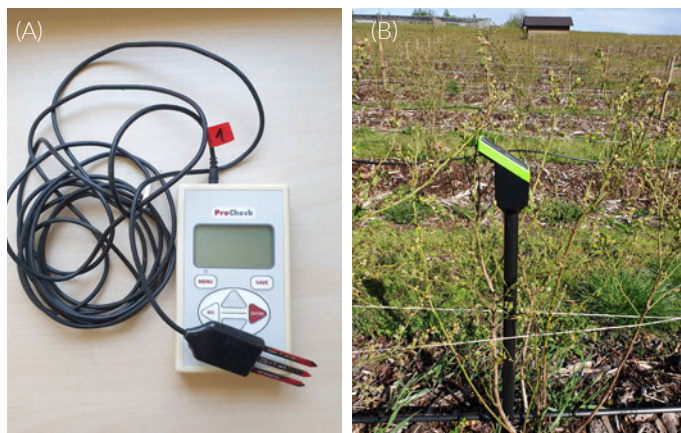
- Wv – wilgotność wyrażona w % objętościowych
- d1 - ciężar cylindra z glebą wilgotną (g)
- d2 - ciężar z glebą suchą (g)
- V - objętość cylindra (cm³)

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. 70).



Fot. 71. Miernik potencjału wodnego gleby wraz z czujnikiem opornościowym.

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).



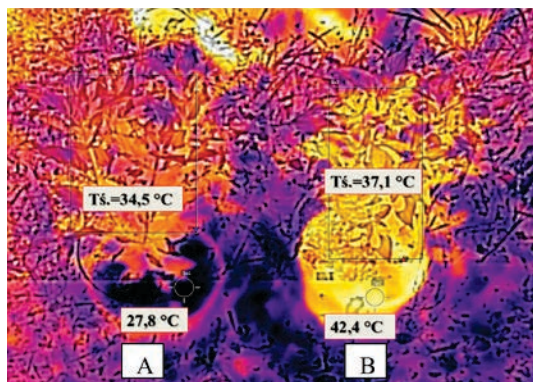
Fot. 73. Zwiędnięty z powodu suszy pęd borówki wysokiej. (W. Treder)

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 podłoży (fot. 75).

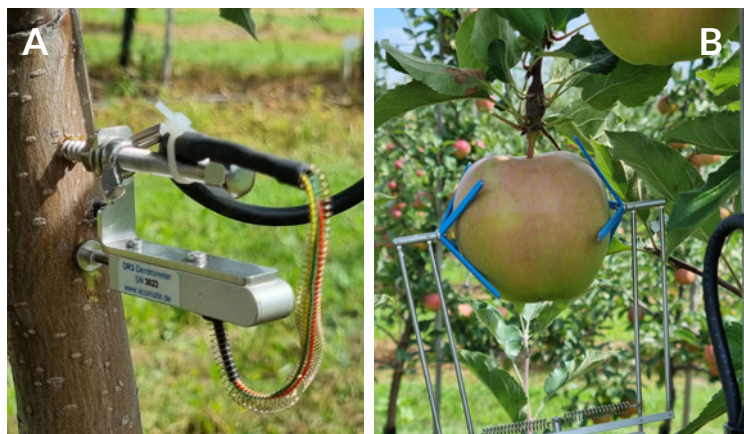


Fot. 75. Wpływ stresu wodnego na temperaturę liści roślin: roślina optymalnie nawadniana (A), roślina stresowana (B). (W. Treder)

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.

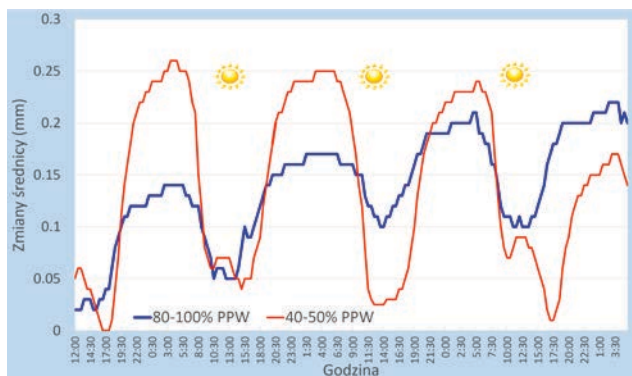
Kolejnym rozwiązaniem, które już od wielu lat wprowadzane jest do praktyki to monitorowanie dynamiki przyrostów śred-

nic 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 mikrozmiian średnicy pni (A) i owoców (B). (W. Treder)

Standardowe wykresy obrazujące dzienne przyrosty średnic tych organów wykazują wyraźne obniżenie w ciągu dnia (nawet przy optymalnym zaopatrzeniu w wodę (rys. 32).



Rys. 32. Przebieg zmian średnicy pnia jabłoni przy różnych poziomach wilgotności gleby. (W. Treder)

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 nawadnieniowe. Przy wykorzystaniu elementów sztucznej inteligencji system będzie mógł prowadzić nawadnianie samodzielnie. Prace badawcze w tym zakresie są prowadzone także w Instytucie Ogródnictwa – 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

wspomaganiu 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 korzenienia 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. 18). Dla utrzymania wysokiej wilgotności gleby do obliczeń brane są dane o zawartość wody bardzo łatwo dostępnej dla roślin.

Tabela 18. Zawartości wody bardzo łatwo dostępnej i dyspozycyjnej w (mm) w 10 cm warstwie różnego rodzaju gleb*.

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/

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/m²; 144 m³/ha). Obliczenia zapasu wody glebowej można wykonać także na Platformie Internetowej: 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

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

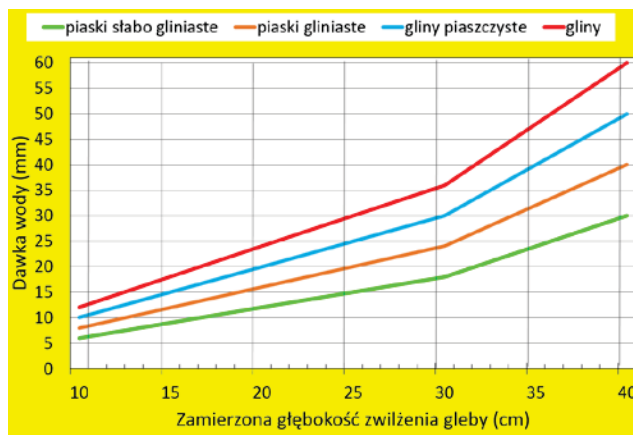
użytkownik instalacji nawodnieniowej powinien:

A/ - ustalić maksymalną jednorazową dawkę wody

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

Ustalenie maksymalnej jednorazowej dawki wody.

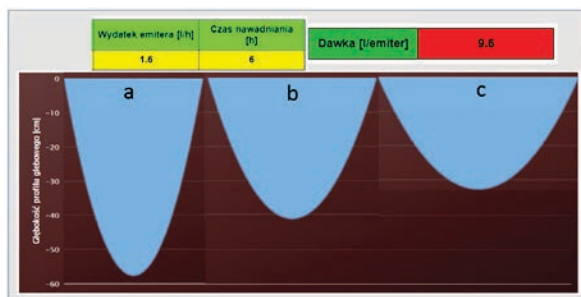
Użytkownicy systemów nawodnieniowych powinni ustalić empirycznie lub oszacować maksymalną jednorazową dawkę wody tak, aby glebę zwilżyć tylko na głębokość zalegania najbardziej aktywnej strefy korzeniowej roślin (w zależności od gatunku zazwyczaj jest to głębokość od 10 do 40 cm). W przypadku deszczowania szacowanie niezbędnej dawki wody dla zwilżenia gleby na określoną głębokość można wykonać wykorzystując dane zawarte na rysunku 33, 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. 33. Zależność pomiędzy dawką wody a szacowaną głębokością zwilżenia dla różnych rodzajów gleb. (W. Treder)

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. Po wyborze typu gleby, wydatku emitera kropłowego i czasu nawadniania powstaje graficzny obraz szacowanego obszaru zwilżenia gleby. Na rysunku 34 przedstawiona została symulacja pionowego zasięgu wody dla różnych typów gleb przy takim samym wydatku emitera i czasie nawadniania.



Rys. 34. Symulacja pionowego przesiąkania wody dla gleby bardzo lekkiej (A), lekkiej (B) i ciężkiej (C) po 6-godzinnym 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 intensywność 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. W aplikacji można oszacować wydatki wody zarówno w instalacjach kroplowych jak również w systemach mini zraszania 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 zanieczyszczenia 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 prowadzonych 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.

10. Automatyka nawadniania

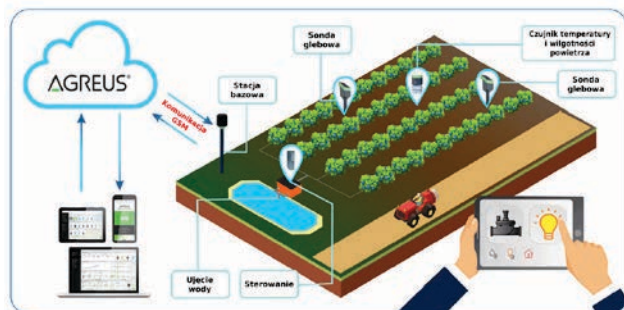
Zawory w instalacji nawodnieniowej mogą być otwierane ręcznie lub automatycznie. Do sterowania automatycznego wykorzystywane są różnego rodzaju sterowniki nawodnieniowe - od najprostszych sterowników stosowanych zazwyczaj w ogrodach przydomowych i na małych plantacjach, przez urządzenia bardziej zaawansowane technicznie współpracujące z czujnikami zewnętrznymi, aż po bezprzewodowe systemy sterujące z oprogramowaniem umieszczonym w tzw. chmurze. Najprostsze sterowniki pozwalają ustawić długości czasu i częstotliwości nawadniania. Sterowniki bardziej zaawansowane na wyposażeniu mogą mieć nawet stacje meteorologiczne do wyznaczania ewapotranspiracji (fot. 77)



Fot. 77. Sterownik współpracujący ze stacją meteo wyznaczającą ewapotranspirację. (W. Treder)

Obecny rozwój elektrotechniki pozwala tworzyć i rozwijać skomputeryzowane systemy sterowania nawadnianiem.

Urządzenia te mogą współpracować z szeroką gamą czujników mierzących wilgotność i zasolenie gleb, przebieg pogody oraz parametry morfologiczne roślin (rys. 35). Są to rozwiązania pozwalające na uzyskanie najwyższej efektywności wykorzystania wody.



Rys. 35. Schemat ideowy systemu sterowania nawadnianiem Agreus (Inventia)

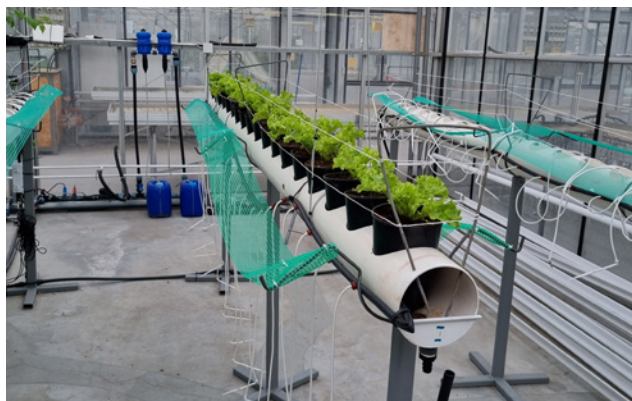
Nowoczesne kontrolery nawadniania wykorzystujące GPRS (ang. *General Packet Radio Service*) część swojego oprogramowania mają w tzw. chmurze, dzięki czemu programy mogą być zdalnie aktualizowane o nowe funkcje. Kontroler tego typu składa się z jednostki wykonawczej usytuowanej na obiekcie nawadnianym i wirtualnego oprogramowania umieszczonego na stronie internetowej. Praktycznie nie mają one wyświetlacza i klawiatury (fot. 78).



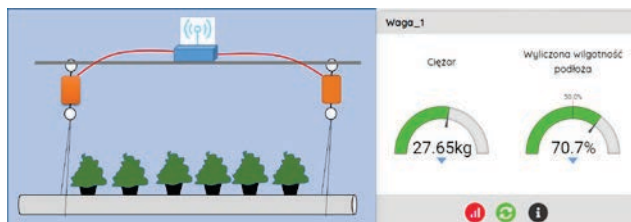
Fot. 78. Bezprzewodowy sterownik nawadniania. (W. Treder)

Sterowniki oraz cewki zaworowe mogą być zasilane z akumulatorów i baterii słonecznych, co pozwala na automatyczne sterowanie nawadnianiem w miejscach, gdzie nie ma dostępu do zasilania energią elektryczną.

Nawadnianie roślin uprawianych pod osłonami może być także prowadzone za pomocą sterowników wagowych. Sterowniki tego typu monitorują przebieg zmian wagi platformy, na której umieszczone są rośliny uprawne. Platforma uprawowa może stać na wadze lub być podwieszona to tensometrów (elementów ważących; fot. 79). Wilgotność wyznaczana jest na podstawie kalibracji opartej o znaną wagę platformy z roślinami i aktualną wilgotność podłoża (rys. 36).



Fot. 79. Platforma wagowa do sterowania nawadnianiem. (W. Treder)



Rys. 36. Schemat platformy uprawowej podwieszanej do tensometrów określających wagę oraz zrzut ekranu monitora wilgotności. (W. Treder)

Nawadnianie odbywa się we wcześniej określonych godzinach i dawce po obniżeniu się wilgotności podłoża poniżej ustalonego progu.

11. Podsumowanie

Dotychczasowe doświadczenia, a także wyniki modeli predykcyjnych przekonują nas, że w wielu działach produkcji ogrodniczej nawadnianie staje się konieczne. Niestety o potrzebie wykonania instalacji nawodnieniowej ogrodnicy przypominają sobie zazwyczaj zbyt późno. Pośpiech w doborze sprzętu i montażu instalacji zazwyczaj niekorzystnie wpływa na wynik finalny. Każdy użytkownik instalacji nawodnieniowej powinien pamiętać o maksymalnej oszczędności wody. Zasada ta musi obowiązywać niezależnie od obecnie posiadanych zasobów. Oszczędne gospodarowanie wodą bardzo ważne jest już obecnie, a szczególnego znaczenia nabierze w przyszłości, kiedy wzrost populacji zmusi nas do zwiększenia produkcji żywności. Dlatego strategiczna jest ochrona naszych skromnych zasobów wodnych. Należy podjąć wszelkie możliwe działania, aby racjonalnie korzystać z wody. Optymalizacja nawadniania roślin to połączenie nowych możliwości technicznych systemów nawodnieniowych, nowoczesnej diagnostyki nawadniania oraz stosowania automatycznych systemów sterujących.

Pamiętając o kluczowym znaczeniu wody dla wszystkich żywych organizmów trzeba bezwzględnie pamiętać, że nadmiar wody może czasami przynieść większe szkody niż okresowa susza. Tak naprawdę problemem nie jest nadmiar wody, ale brak tlenu. Korzenie roślin pobierają tlen bezpośrednio z powietrza znajdującego się w przestworach glebowych. Jeżeli przez dłuższy okres czasu wilgotność gleby jest powyżej połowej pojemności

wodnej w strefie korzeniowej, to roślinom nie tylko brakuje tlenu, lecz także zachodzi wysokie prawdopodobieństwo, że bardzo szybko zaczną rozwijać się mikroorganizmy beztlenowe, które spowodują zgniwanie korzeni. Zbyt wysoka wilgotność gleby początkowo powoduje słabszy wzrost roślin, ale jeżeli stan ten będzie się przedłużał, rośliny zaczynają „wypadać”.

Dla podniesienia efektywności wykorzystania wody nie bez znaczenia jest także mała i duża retencja, efektywne metody zwiększenia pojemności wodnej gleby, a także hodowla nowych odmian roślin bardziej tolerancyjnych na suszę.

12. Literatura uzupełniająca:

Drupka St. 1980. Deszczowanie i deszczownie. PWRiL Warszawa
Dzieżyc J. 1989. Potrzeby wodne roślin uprawnych. PWN Warszawa

Kaniszewski St. 2005. Nawadnianie warzyw polowych. Plant press Kraków

Kaniszewski St., Treder W. 2021. Racjonalne nawadnianie warzyw. CDR Brwinów

Karczmarczyk S., Nowak L. 2006. Nawadnianie Roślin. PWRiL Poznań

Łabędzki L. 2006. Susze rolnicze. Zarys problematyki oraz metody monitorowania i klasyfikacji. Wydawnictwo IMUZ Falenty.

Mioduszewski W. 2003. Mała retencja. Poradnik. Wydawnictwo IMUZ Falenty

Mioduszewski W., Kowalewski Z. 2015. Zwiększenie eksploatacyjnych zasobów wód płytkich. Wydawnictwo ITP. Falenty

Treder W. 2021. Racjonalne nawadnianie roślin sadowniczych. CDR Brwinów.

http://www.nawadnianie.inhort.pl/artykuly?option=com_article&task=all

ponad 600 pozycji literatury dotyczącej problematyki nawadniania roślin

ISBN: 978-83-65903-74-7

InHort
INSTYTUT OGRODNICTWA 