

# Zasoby wodne na świecie a produkcja żywności

Jerzy Śliwiński, Mirosław Cieśla

Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

*Problem z wodą polega na tym, że jej wytwarzanie już się skończyło* (Marq de Villiers)

Stały wzrost liczby ludności na świecie wiąże się z coraz większym zapotrzebowaniem na wodę. Jest ona niezbędna nie tylko dla zaspokojenia potrzeb żywnościowych. Pozwala utrzymać odpowiedni poziom warunków sanitarnych. Jest w wielu przypadkach niezbędna w procesach technologicznych w przemyśle, energetyce i transporcie. Zapewnia rozwój rekreacji i turystyki. Zasoby wodne decydują o istnieniu i stanie ekologicznym środowiska przyrodniczego. Ludzie od zawsze korzystali z zasobów wodnych i uzależnieni byli od ich ilości oraz jakości. Także obecnie, zarówno nadmiar, jak i niedobór wody czy też jej niska jakość stanowią podstawowe zagrożenie [15].

Zasoby wodne naszej planety z pozoru są bogate. Woda pokrywa większość powierzchni globu. Jednak jeżeli weźmiemy pod uwagę jej objętość i dostępność, okaże się, że bogactwo to jest pozorne. Ponad 96,5% zasobów wodnych świata to wody zasolone, zgromadzone w morzach i oceanach, które nie mogą być wykorzystane. Pozostała część, ok. 3,5%, to wody słodkie, jednak w większości (ponad 90%) nie są dostępne bezpośrednio, gdyż związane są w formie lodowców i pokrywy śnieżnej lub w pokładach podziemnych. W zasadzie zaledwie 1% słodkich wód powierzchniowych i podziemnych nadaje się potencjalnie do wykorzystania przez człowieka. Zasoby te wystarcząłyby dla zaspokojenia potrzeb wodnych całej ziemskiej populacji, jednak ich rozmieszczenie jest bardzo nierównomierne. Znaczna część obu kontynentów amerykańskich, północnej Europy i Azji posiada wystarczającą ilość wody. Na pozostałych obszarach obserwuje się jej deficyty [18]. W 6 państwach (Indie, Chiny, Rosja, USA, Brazylia, Kanada) znajduje się 40% odnawialnych zasobów wody. Największym użytkownikiem jest Azja, która zużywa około 2530 km<sup>3</sup> wody rocznie, czyli około 57% poboru światowego [24].

Ziemię zamieszkuje 7 mld ludzi, a prognozy mówią, że w 2050 roku liczba ta przekroczy 9 mld [4]. Z raportu ONZ [28] opublikowanego w 2003 roku wynika, że według najbardziej pesymistycznych prognoz do roku 2050 nawet 7 mld ludzi w 60 krajach cierpieć będzie z powodu niedoboru wody. Mekonnen i Hoekstra [19] podają, że około dwie trzecie światowej populacji (około 4 miliardów ludzi) żyje w warunkach krótkoterminowego, poważnego niedoboru wody, 1,8 do 2,9 miliardów ludzi boryka się z tym problemem przez 4 do 6 miesięcy w roku, a około pół miliarda przez cały rok. Raport UNEP „GEO-4” [26] stwierdza, że do 2025 roku zużycie wody ma wzrosnąć o 50% w krajach rozwijających się i o 18% w krajach rozwiniętych. Omawiany problem nie jest obcy Europie. Według raportu Europejskiej Agencji Środowiska „Zasoby wodne w Europie – zagrożenie brakiem wody i suszą” [2] na kontynencie rośnie jej deficyt. Państwa Europy południowej borykają się z ogromnymi problemami niedoboru wody. Deficyt zaczyna być obserwowany również na północy kontynentu. Światowe Forum Ekonomiczne opublikowało w 2015 roku swój coroczny raport, wymieniając „kryzys wodny” jako zagrożenie, które może najbardziej wpłynąć na świat w najbliższym czasie [29]. Do tej pory na pierwszym miejscu listy plasowały się inne zagrożenia, np. ekonomiczne, zdrowotne lub wynikające z konfliktów zbrojnych. Woda jest z pewnością surowcem o charakterze strategicznym. Dlate-

go też dostęp do zasobów wodnych jest i będzie przyczyną konfliktów międzynarodowych na różną skalę i stanie się jednym z głównych czynników wpływających na bezpieczeństwo i rozwój gospodarczy poszczególnych krajów czy regionów.

Wzrastająca populacja ludzi na świecie, w warunkach deficytu zasobów wodnych, stoi również przed rozwiązaniem problemu rosnącego kryzysu wodno-sanitarnego, co stwierdza opublikowany Raport o Rozwoju Społecznym [25]. Prawie połowa mieszkańców krajów rozwijających się cierpi z powodu problemów zdrowotnych związanych z brakiem dostępu do czystej wody oraz urządzeń sanitarnych. Ponad miliard ludzi na Ziemi cierpi na brak dostępu do wody zdanej do spożycia. W warunkach sanitarnych zagrażających zdrowiu spowodowanych brakiem wody żyje 2,6 miliarda ludzi. W cytowanym raporcie z 2006 roku [25] określono minimalne jednostkowe zapotrzebowanie wody na cele bytowo-sanitarne człowieka (gotowanie, picie, higiena itp.) na 25-40 litrów. Nawet to minimum w wielu przypadkach jest nieosiągalne. Dotyczy to przede wszystkim mieszkańców Afryki i Azji. Według Raportu [25] zła jakość wody jest większym zagrożeniem dla bezpieczeństwa społecznego niż konflikty zbrojne. W 2004 roku liczba zgonów na świecie wywołanych spożyciem skażonej wody przewyższała sześcioletnią liczbę ofiar konfliktów zbrojnych w latach 90. XX wieku.

Zmiany klimatyczne na Ziemi stają się faktem. Globalne ocieplenie wpłynie na cykl obiegu wody w skali całego globu, co z kolei będzie miało konsekwencje dla dostępności do jej zasobów. Efektem tych zmian będzie sytuacja, w której na obszarach, gdzie występuje największy niedobór wody – Afryce Wschodniej, Sahelu oraz Afryce Południowej, jej deficyt się pogłębi [27]. Wzrośnie również prawdopodobieństwo ekstremalnych zjawisk pogodowych, takich jak dotkliwe susze i powodzie. Globalna powierzchnia terenów objętych silną suszą może ulec znacznemu zwiększeniu: 10-30-krotnie do końca wieku [14]. Wystąpią zaburzenia cykli opadów monsunowych w Azji Południowej. Przyspieszy proces topnienia lodowców, nastąpi wzrost poziomu wód morskich, co sprawi, że woda w deltach wielkich rzek ulegnie zasoleniu. Według IPCC [9], również w Europie wystąpią omawiane zjawiska. Scenariusze klimatyczne mówią również o wzroście sumy opadów na północy Europy, szczególnie w zimie, oraz o zmniejszeniu sumy opadów w południowych regionach Europy.

## Woda w produkcji żywności

*Bezpieczeństwo żywnościowe na świecie nie jest możliwe bez zapewnienia dostępu do wody i odpowiedniego zarządzania jej zasobami* (José Graziano da Silva, dyrektor generalny Organizacji Narodów Zjednoczonych ds. Wyżywienia i Rolnictwa (FAO)).

Światowy rynek żywności to również rynek wody, którą ta żywność zawiera. W jej skład wchodzi woda zużyta na ewapotranspirację w procesie wzrostu roślin, ale również woda technologiczna niezbędna w hodowli i procesie przetwarzania żywności. Objętość wody niezbędna dla otrzymania jednostki produktu przyjęło się nazywać „wodą wirtualną”. Pojęcie to wprowadził J.A. Allan w latach 90. zeszłego wieku [22]. Przykładowo, na wyprodukowanie kromki chleba zużywamy 40 l wody wirtualnej, 1 kg wołowiny – 15 000 l, a na wytworzenie 1 kg pszenicy – 1 500 l. Magazynowane w elewatorach świata zboże to 500 km<sup>3</sup> wody wirtualnej, a łącznie z cukrem, mięsem i oliwą wielkość ta zwiększa się do 850 km<sup>3</sup>. Jest to objętość równa 14% pojemności zbiorników wodnych na świecie [20]. Uważa się, że eksport żywności może być zatem utożsamiany z eksportem wody, która była potrzebna do wytworzenia tej żywności. Jak stwierdza Mioduszewski [20], należy zwrócić uwagę, że nawet kraje dysponujące większymi zasobami wodnymi niż Polska (np. Niemcy, Wielka Brytania), poprzez wymianę produktów żywnościowych stają się krajami importującymi wodę. Szczególnie dużym importerem jest bogata w wodę Japonia. Dzięki temu może ograniczać inwestycje związane z gospodarką wod-

na na obszarach rolniczych. Problemy związane z gospodarką wodną w USA wynikają natomiast z dużego eksportu wody wirtualnej, gdzie ponad 10% zasobów wody zużywa się na produkcję dóbr eksportowanych do innych krajów.

Rolnictwo jest największym użytkownikiem wody na świecie, ponieważ konsumuje 69% jej światowego zużycia. W Afryce i Azji ten odsetek jest jeszcze większy, i wynosi ponad 89%. Natomiast zużycie wody na cele bytowe gospodarstw domowych w tych krajach stanowi zaledwie 8% [13]. Warto przy tym pamiętać, że Azję zamieszkuje 60% ludności świata, dysponującej tylko 1/3 zasobów wodnych globu. W Europie, gdzie średnio 24% pobieranej wody zaspokaja potrzeby rolnictwa, 21% przeznaczona jest na dostawy publiczne. Konsumpcja wody w europejskim rolnictwie nie jest jednak jednolita. W Europie południowej rolnictwo zużywa bowiem 60% całkowitej ilości pobieranej wody, a na niektórych obszarach nawet 80%. Najwyższymi wskaźnikami zużycia wody w rolnictwie charakteryzuje się Grecja (88%) oraz Hiszpania (72%).

Organizacja Narodów Zjednoczonych ds. Wyżywienia i Rolnictwa [4] ostrzega, że w 2050 roku wyraźnie zmniejszy się dostęp do wody w niektórych częściach świata, co zagrazi bezpieczeństwu żywnościowemu i źródłom utrzymania znacznej liczby ludzi. Zapotrzebowanie na żywność wzrośnie od 60 do 100%. Oznacza to dodatkową presję na globalne zasoby. W tej sytuacji rolnicy będą musieli znaleźć sposoby, aby zwiększyć swoją produkcję, korzystając z ograniczonych możliwości wykorzystania wody. Kindler [12] opisuje dwójaki sposób wykorzystywania zasobów wody w rolnictwie. Pierwszy, gdy uprawy pobierają wodę w potrzebnej ilości bezpośrednio z opadów, a człowiek może tylko wpływać na zmniejszenie lub zwiększenie jej użycia przez stosowanie odpowiednich upraw i zabiegów. Efektem tego wpływu jest zmniejszenie lub zwiększenie odpływu oraz ewapotranspiracji (parowania terenowego). Drugi zaś, gdy na obszarach charakteryzujących się wyraźnym deficytem wody (opadów lub lokalnych zasobów), szczególnie w okresach krytycznych, konieczne jest dostarczenie dodatkowych ilości wody przez systemy sztucznych nawodnień. W efekcie, już teraz na dużych obszarach Azji Południowo-Wschodniej, Bliskim Wschodzie, w Afryce Północnej oraz Ameryce Północnej i Środkowej zużywa się więcej wód gruntowych niż może zostać uzupełnionych w naturalny sposób. Nawadnianie upraw, umożliwiające wyższą wydajność w porównaniu z rolnictwem zasilanym tylko opadami atmosferycznymi, jest największym konsumentem wody w skali świata. Zajmując 20% światowego arealu gruntów objętych uprawą, zapewnia 40% światowych plonów. Nawodnienia rolnicze są odpowiedzialne za 70% światowych poborów wody, ale w niektórych krajach wartość ta przekracza 90%. Około 2% całej wody użytej do nawodnień służy do produkcji biopaliw [30]. Rosnący deficyt zasobów wody zagraża zbiorom zbóż, co w przypadku kluczowych producentów i konsumentów zboża – w Stanach Zjednoczonych, Indiach i Chinach, budzi szczególne obawy. Do tej pory kraje te zdołały zapobiec spadkowi zbiorów zbóż, ale w sytuacji nieustającego nadmiernego zużycia wód podziemnych może to być niedługo niemożliwe.

Nadmierna eksploatacja zasobów zwiększa prawdopodobieństwo poważnych braków wody w okresach suchych, wpływa negatywnie na jakość wody (z powodu mniejszego rozcieńczenia zanieczyszczeń) oraz zwiększa ryzyko przedostania się wody słonej do wód gruntowych w regionach przybrzeżnych. Wywiera silny wpływ na ekosystemy, które są od wody uzależnione. Raporty Europejskiej Agencji Środowiska [2, 3] opisują skutki nadmiernego poboru wody na cele rolnicze. Podają przykłady zmniejszenia powierzchni jezior w Turcji na skutek pobierania wody do nawadniania pól, w Grecji, gdzie wywiercone studnie wyschły lub zostały porzucone z powodu nadmiernego zasolenia, czy na Cyprze, gdzie poważne niedobory wody w 2008 roku spowodowały konieczność jej przywożenia tankowcami.

Skoncentrowana produkcja zwierzęca potrzebuje większych zasobów wodnych. Dla efektywnej produkcji 1 l mleka organizm współczesnej krowy potrzebuje 5 l wody pitnej. Średnia towarowa ferma chowu zwierząt zużywa dziennie ilość wody porównywalną z 25 tys. osiedlem mieszkaniowym. Jednocześnie, obiekty te – w przypadku złej gospodarki nawozowej – mogą istotnie zanieczyszczać tak powierzchniowe, jak i podziemne jej źródła [7].

W jednym z raportów ONZ [28] znalazło się stwierdzenie, że: „spośród różnych branż to przemysłowa hodowla zwierząt w największym stopniu odpowiada za zanieczyszczenie wód i przyczynia się do eutrofizacji. Zużycie wody przez ten sektor gospodarki przekracza o ponad 8% globalne zużycie wody przez ludzi”. Największy udział przypada na uprawę roślin paszowych. Podczas gdy cały sektor hodowlany odpowiada za 8% globalnego zużycia wody słodkiej, wyprodukowanie paszy dla zwierząt pochłania 7/8 tej ilości.

Czy konsekwencją deficytu wody będą zmiany w diecie ludzi? Zjawiskiem obserwowanym w procesie rozwoju ludzkości jest większe spożycie produktów pochodzenia zwierzęcego wraz ze wzrostem dobrobytu. Kwasek [16], opierając się na wieloletnich danych FAO, przedstawiła analizę potwierdzającą opisywaną prawidłowość. W latach 1961/63-2007/09 spożycie mięsa ogółem w ujęciu ilościowym na świecie wzrosło o 75%, do poziomu 41,5 kg na mieszkańca rocznie. Największe zmiany w spożyciu mięsa odnotowano na kontynencie azjatyckim (wzrost o 416%). Spożycie mięsa w Europie wzrosło o 56%, w Ameryce – o 43%, w Afryce – o 32%, a w Oceanii – o 5%.

Coraz bardziej odczuwalne problemy dysproporcji pomiędzy zapotrzebowaniem a istniejącymi zasobami wody, w niedalekiej przyszłości mogą doprowadzić do zmiany sposobu odżywiania się ludzi. Wynika to z faktu, że wyprodukowanie żywności na potrzeby diety mięsnej wymaga zużycia dużo większej ilości wody aniżeli produkcja żywności dla diety wegetariańskiej. W literaturze pojawia się w związku z tym pojęcie „diety imperatywnej”, sformułowane na Światowym Forum Wodnym [13].

### Czy „rolnictwo wodne” wyżywi świat?

Światowe rybactwo dostarczyło w 2012 roku ponad 182 mln ton ryb i innych organizmów wodnych, z czego blisko połowa pochodziła z systemów akwakultury [8]. Obejmują one chów i hodowlę praktycznie wszystkich grup organizmów wodnych przeznaczonych na cele spożywcze oraz wykorzystywanych w innych gałęziach przemysłu. W 2012 roku wyprodukowano w tych systemach ponad 40 mln ton produktów [6]. Liczne źródła dowodzą, że akwakultura stanie się w najbliższej przyszłości sektorem kluczowym dla zapewnienia bezpieczeństwa żywnościowego świata, bazując na tzw. błękitnej technologii [17]. Z punktu widzenia wykorzystania zasobów wodnych szczególnie marikultura, czyli produkcja w wodach morskich (słonnych), ma duże znaczenie [5]. Podstawą marikultury jest chów mięczaków i skorupiaków morskich. Z 10 najważniejszych gatunków zwierząt hodowanych w marikulturze tylko dwa są rybami: łosoś atlantycki (*Salmo salar*), hodowany głównie w Chile i Norwegii oraz tzw. ryba mleczna (*Chanos chanos*), hodowana w Azji w stawach ziemnych zasilanych wodami słonawymi. Pozostałe gatunki to mięczaki (omułki i ostrygi) oraz krewetki z rodziny Penaeidae, które są hodowane głównie w stawach ziemnych zasilanych wodą słonawą. Marikultura jest dziedziną akwakultury, która rozwija się bardzo dynamicznie. Wprowadza się nowe technologie i nowe gatunki ryb oraz bezkręgowców wodnych (np. jeżowce, głowonogi). Wzrost produkcji notowany jest również w branży akwakultury roślin, głównie glonów. Dzięki swoim dużym wartościom odżywczym, algi są powszechnie wykorzystywane w produkcji żywności. Jako uzupełnienie codziennej diety, doceniane są szczególnie w Chinach i Bretanii, gdzie odławia się je w dużych ilościach [11].



Według danych Organizacji Narodów Zjednoczonych ds. Wyżywienia i Rolnictwa [6], ponad połowa światowej produkcji ryb, skorupiaków i małży oraz roślin pochodzi z farm krajów azjatyckich. W 2012 roku wyprodukowały one ponad 50 mln ton takiej żywności.

Efektywność produkcji w systemach akwakultur jest wyższa niż w innych działach produkcji zwierzęcej. Przykładowo współczynnik pokarmowy, liczony jako zużycie paszy na jednostkę masy uzyskanego produktu, w systemach zamkniętych szacowany jest na 0,6-1,3. Dla porównania, w tuczu trzody chlewnej współczynnik ten wynosi 2,5-2,8, w tuczu brojlerów – 1,7-2,1, a w produkcji jaj – 2,15-2,5 [24]. Rozwój akwakultury wiąże się jednak z potrzebą zapewnienia odpowiedniej bazy paszowej (produkty pochodzenia roślinnego, jak i zwierzęcego) oraz wód o właściwej jakości i ilości, co ma istotny wpływ na wykorzystanie zasobów wód. Postęp technologiczny obserwowany w akwakulturze umożliwia stopniowe zmniejszanie negatywnego wpływu na zasoby wodne oraz redukując zapotrzebowania na jednostkę produktu.

W celu zmniejszenia negatywnego wpływu na środowisko wprowadzono w akwakulturze obiegi zamknięte (RAS), które usuwają lub przekształcają w formy nietoksyczne produkty przemiany materii. Jednak usuwanie z wody azotanów, fosforanów czy dwutlenku węgla wymaga dodatkowych nakładów. Zastosowanie akwaponiki, jako rozwiązania towarzyszącego produkcji zwierząt w akwakulturze, gdzie nawozem dla roślin są substancje biogenne wytworzone w procesach metabolicznych zwierząt, pozwala na znaczną oszczędność w zużyciu wody i potencjalny zysk z dwóch niezależnych hodowli.

W akwakulturze stosowane są liczne systemy produkcji o zróżnicowanym zużyciu wody. Najbardziej wodochłonne są tradycyjne systemy oparte na stałym przepływie, w których zużywa się od kilku do kilkunastu metrów sześciennych na 1 kg produkowanych ryb. Najnowocześniejsze rozwiązania, opierające się na systemach zamkniętych (recykulowane), wymagają zużycia zaledwie kilkadziesiąt do kilkuset litrów wody na 1 kg produktu [23]. Według Barszczewskiego i wsp. [1] na 1 kg masy ryb produkowanych w konwencjonalnym systemie chowu stawowego potrzeba zaangażować (nie zużyć!) ok. 5-6 metrów sześciennych wody.

### **Jak korzystać z wody by wykarmić ludzkość?**

W obliczu wzrastającej konkurencji w rywalizacji o zasoby wody na świecie warto zadać pytanie: czy wyprodukowana tak wielkim „nakładem wody” żywność jest dobrze wykorzystywana? Herbut i Walczak [7] cytują ciekawe dane dotyczące strat w łańcuchu żywnościowym. W światowym rolnictwie 25% produkowanych kalorii jest traconych jako odpady w całym łańcuchu od producenta do konsumenta. FAO [4] podaje, że ponad 1 mld ton żywności na świecie jest marnowana, i ocenia, że wartość zmarnowanej żywności, poza rybami i owocami morza, wynosi 750 mld dolarów rocznie, licząc według cen producentów. Do wyprodukowania tej żywności potrzeba ok. 250 km<sup>3</sup> wody i powierzchni upraw 1,4 mld hektarów! Stąd prosty wniosek, że ograniczenie marnotrawstwa żywności jest najmądrzejszą i najbardziej bezzwrotną drogą do zmniejszenia presji na zasoby wodne i lądowe.

Obok ograniczenia strat w łańcuchu żywnościowym, konsumpcja wody w produkcji i przetwórstwie żywności może być bardziej racjonalna. Z pewnością czynnikami sprzyjającymi w tym zakresie mogą być w rolnictwie prawidłowe, bardziej efektywne wykorzystanie wód opadowych przez poprawę retencji glebowej, przez kształtowanie krajobrazu rolniczego, stosowanie właściwych metod agrotechnicznych [10, 12].

Z racjonalizacją wykorzystania wody w produkcji żywności wiąże się również efektywne nawadnianie. Źródłem wody do nawodnień mogą być zasoby pochodzące ze zbiorników naturalnych bądź sztucznych lub woda oczyszczona (tzw. woda

szara), a nawet ścieki – jako źródło substancji pokarmowych dla roślin. W zależności od rodzaju upraw oraz warunków agrotechnicznych stosuje się różne sposoby prowadzenia nawodnień: nawadnianie powierzchniowe, tj. od góry systemem zalewowym, stokowym, bruzdowym lub deszczowaniem oraz nawadnianie wgłębne systemem podsiąkowym lub za pomocą sieci drenarskiej. Nawadnianie upraw stanowi jeden z obszarów rolnictwa, w ramach którego można uzyskać znaczącą poprawę dzięki wprowadzeniu nowych praktyk i strategii w zakresie oszczędnego gospodarowania wodą. Na obszarach suchych Europy Południowej prawie 80% wody wykorzystywanej w rolnictwie jest obecnie przeznaczane na cele związane z nawadnianiem. Dzięki wydajnemu systemowi transportu wody (ilość pobieranej wody faktycznie dostarczonej na pole), jak i dzięki wydajności dystrybucji wody na polu (stosunek wody faktycznie wykorzystywanej przez uprawiane rośliny do całkowitej ilości wody, w jaką zaopatrzone daną uprawę) notuje się znaczną oszczędność jej zużycia. Na przykład w Grecji, wprowadzenie usprawnionej sieci transportu i wydajnej dystrybucji wody doprowadziło do uzyskania wzrostu w zakresie oszczędnego gospodarowania wodą na poziomie 95% w porównaniu z wcześniejszymi stosowanymi metodami nawadniania. Wykorzystywanie oczyszczonych ścieków do celów rolniczych, jako alternatywne źródło wody, już teraz pozwala niektórym państwom europejskim uzyskać istotne korzyści w zakresie gospodarowania zasobami wodnymi. Na przykład, na Cyprze cele w zakresie wykorzystywania wody z recyklingu wyznaczone na 2014 rok odpowiadają ok. 28% zapotrzebowania na wodę zgłaszanego przez sektor rolnictwa w 2008 roku. Na Gran Canaria oczyszczone ścieki stanowią źródło ok. 20% wody wykorzystywanej we wszystkich sektorach; taką wodę stosuje się np. do nawadniania plantacji, na których uprawia się 5000 ha pomidorów i 2500 ha bananów [31].

Szybko rozwijającą się alternatywą dla konwencjonalnych źródeł zaopatrzenia w wodę, szczególnie w tych regionach, które dotyka deficyt wody, stało się odsalanie. Być może jest to przyszłość dla zaspokojenia potrzeb wodnych świata, jednak wiąże się z wysokimi kosztami, głównie energii, jakich wymaga ten proces.

### **Podsumowanie**

Omawiając problem wykorzystania zasobów wodnych w produkcji żywności nie wolno zapominać o jego środowiskowych aspektach. Działalność rolnicza jest postrzegana w kontekście niekorzystnych zmian w środowisku naturalnym [21]. Wzrastająca emisja substancji biogennych (związków azotu i fosforu), środków ochrony roślin czy metanu wymaga radykalnych działań redukujących. Dążenie do pozyskiwania powierzchni upraw doprowadziło do katastrofalnych zmian w ekosystemach obszarów podmokłych. W okresie ostatnich lat ich powierzchnia zmniejszyła się o połowę. Obniżanie się poziomu wód gruntowych wywołuje zjawisko stepowania znacznych obszarów wykorzystywanych rolniczo oraz narastającego procesu jałowienia gleb. Na obszarach, na których występuje największy niedobór wody będzie jej jeszcze mniej. Niestety, w najbliższych latach nie należy spodziewać się odwrócenia niekorzystnego trendu.

Systematycznie wzrastające globalne zapotrzebowanie na produkty pochodzenia zwierzęcego powoduje, że obliczu powszechnego kryzysu wodnego chów i hodowla zwierząt na świecie musi rozwijać się w kierunku umożliwiającym bardziej oszczędne wykorzystywanie zasobów naturalnych i rozwiązań przyjaznych dla środowiska naturalnego. Doskonalenie techniczne systemów utrzymania zwierząt, wykorzystujących recykulację wody, optymalizacja żywienia, wprowadzanie nowych ras hodowanych gatunków, rozwój ekstensywnych metod chowu być może sprawi, że produkcja zwierzęca nie będzie postrzegana jako podstawowe zagrożenie dla środowiska natural-

nego, a ludzkość, chcąc przeżyć, nie stanie przed koniecznością całkowitej reorientacji na wegetarianizm.

**Literatura:** 1. Barszczewski J., Kaca E., Wojda R., 2010 – Warunki środowiskowe oraz wyniki produkcyjne w ekologicznym oraz konwencjonalnym chowie karpia. *J. Res. Appl. Agricult. Eng.* 55 (3), 14-19. 2. EEA, 2009 – Report. Water resources across Europe – confronting water scarcity and drought. 2, ss. 60. 3. EEA, 2015 – Środowisko Europy 2015 – Stan i prognozy: Synteza. Europejska Agencja Środowiska, Kopenhaga. 4. FAO, 2013 – The state of food and agriculture. 5. FAO, 2014 – The State of World Fisheries and Aquaculture Opportunities and Challenges. 6. FAO, 2015 – Fisheries and Aquaculture Information and Statistics Service. 7. Herbut E., Walczak J., 2015 – Polska produkcja zwierzęca a Wspólna Polityka Rolna. *Wiad. Zootech., R. LIII*, 4, 109-120. 8. Hryszko K., Kuzebski E., Lirski A., 2014 – Sytuacja na światowym rynku ryb i jej wpływ na rozwój sektora rybnego w Polsce 2014. IERiGŻ – PIB, ss. 132. 9. IPCC, 2007 – Climate Change 2007: Synthesis Report. IPCC, Geneva, Switzerland, ss. 104. 10. Kaca E., Łabędzki L., Lubbe I., 2011 – Gospodarowanie wodą w rolnictwie w obliczu ekstremalnych zjawisk pogodowych. *Postępy Nauk Rol.* 1, 37-49. 11. Kępska D., Olejnik Ł., 2014 – Algi – przyszłość z morza. *Chemicz. 68*, 11, 967-972. 12. Kindler J., 2014 – Zasoby wodne dziś i jutro a perspektywy wyżywienia świata. W: *Czy kryzys światowych zasobów?* (red. B. Galwas, B. Wyżnikiewicz). Wyd. Komitet Prognoz „Polska 2000 Plus”, PAN, Warszawa, 199-211. 13. Kuczyński W., Żuchowicki W., 2010 – Ocena aktualnej sytuacji w zaopatrzeniu w wodę w Polsce na tle sytuacji w świecie. *Rocznik Ochrona Środowiska, Środkowo-Pomorskie Towarzystwo Naukowe Ochrony Środowiska*, 12, 419-465. 14. Kundzewicz Z.W., Juda-Rezler K., 2010 – Zagrożenia związane ze zmianami klimatu. *Nauka* 4, 69-76. 15. Kundzewicz Z.W., Zalewski

M., Kędzióra A., Pierzgałski E., 2010 – Zagrożenia związane z wodą. *Nauka* 4, 87-96. 16. Kwasek M., 2013 – Tendencje w spożyciu mięsa na świecie. *Roczniki Ekonomiczne Kujawsko-Pomorskiej Szkoły Wyższej w Bydgoszczy* 6, 265-284. 17. Łukaszuk L., 2007 – Akwakultura i nowe problemy ochrony środowiska morskiego – z międzynarodowej perspektywy. *Studia Ecologiae et Bioethicae* 5, 193-207. 18. Małecki Z.J., Gołębiak P., 2012 – Zasoby wodne Polski i świata. *Zeszyty Naukowe Inżynieria Łądowa i Wodna w Kształtowaniu Środowiska* 7, 50-56. 19. Mekonnen M.M., Hoekstra A.Y., 2015 – Global gray water footprint and water pollution levels related to anthropogenic nitrogen loads to fresh water. *Environ. Sci. Technol.* 49 (21), 12860-12868. 20. Mioduszewski W., 2006 – Woda wirtualna – woda do produkcji żywności. *Gosp. Wodna* 5, 173-178. 21. OECD, 2008 – Raport. Wpływ rolnictwa na środowisko naturalne od 1990 r. Polska Sekcja poświęcona krajowi, ss. 21. 22. Stępniewska M., 2014 – Ile wody naprawdę zużywamy? Ocena śladu wodnego Polaków związanego z konsumpcją żywności. *Gosp. Wodna* 9, 321-324. 23. Strategia Rozwoju Zrównoważonej Akwakultury Intensywnej – 2020, 2013 – Stowarzyszenie Producentów Ryb Łososiołowych – SPRŁ 2013, Lębork, ss. 189. 24. Thier A., 2015 – Aksjologiczne, ekonomiczne i społeczne problemy gospodarki wodnej. *Ekonomia i Środowisko* 3 (54), 10-24. 25. UNDP, 2006 – Raport o Rozwoju Społecznym. Streszczenie. 26. UNEP „GEO-4”, 2007 – Global Environment Outlook GEO environment for development 4. Valetta. 27. United Nations World Report Development, 2009 – Report 3: Water in a Changing World. Paris: UNESCO. 28. Water for People Water for Life, Executive Summary 2003 – Materiał przygotowany przez Ośrodek Informacji ONZ. 29. World Economic Forum. Global Risks, 2015 – 10th Edition. Geneva. 30. WWAP, 2009 – World Water Assessment Programme. The United Nations World Water Development Report. 31. [www.klimada.gos.pl](http://www.klimada.gos.pl)

## Funkcje i wykorzystanie wody w produkcji podstawowej i przetwórstwie żywności pochodzenia zwierzęcego

Mariusz Florek

Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

Dla człowieka nie ma takiej drugiej substancji na świecie jak woda. Jest zmienna i nieposkromiona, czczona i przeklinana, ma wielką wartość – ale jest nisko ceniona (i przy tym niechętnie), nie istnieje również jej substytut. Niektóre właściwości wody nawet współcześnie nie są do końca zrozumiałe, a wiele spośród jej nietypowych własności ma fundamentalne znaczenie dla życia na Ziemi. Termin woda (jako nazwa związku chemicznego) odnosi się do każdego jej stanu skupienia, tzn. ciekłego w warunkach standardowych, pary wodnej w stanie gazowym, lodu w stanie stałym. Woda (H<sub>2</sub>O, tlenek wodoru, oksydan) jest jedną z najpowszechniej występujących substancji we Wszechświecie (wraz z wodorem cząsteczkowym i tlenkiem węgla), w tym w Układzie Słonecznym i oczywiście na Ziemi. Z powodu mórz i oceanów, które pokrywają prawie 3/4 powierzchni naszego globu, Ziemia nazywana jest błękitną planetą. Większość wody na Ziemi jest słona, a tylko 3% jej zasobów stanowi woda słodka, której 70% uwięzione jest w lodowcach. Oznacza

to, że słodka woda dostępna do picia to zaledwie 1% światowych zasobów wodnych. Masa oceanów na Ziemi szacowana jest na ok. 0,02% całkowitej masy planety [23]. Wyniki badań wskazują również na istnienie rozległej strefy w płaszczu ziemskim bogatej w wodę [36]. Według Murakami i wsp. [23] minerały dolnego płaszczu Ziemi mogą zawierać 0,2% wagowych wody, tym samym objętość wody zgromadzona w tej strefie płaszczu może być 5 razy większa niż w oceanach. Taka ilość wody jest porównywalna do zgromadzonej w strefie przejściowej skorupy ziemskiej (ok. 6 razy więcej niż oceany) [36].

Woda stanowi bardzo złożone bogactwo, a w przeciwieństwie do statycznego zasobu jakim są łądy, jej obieg na Ziemi tworzy bardzo dynamiczny cykl złożony z opadów (np. deszcz, śnieg), cieków i zbiorników wodnych oraz parowania. Przeciętna ilość wody deszczowej na świecie wynosi 110 000 km<sup>3</sup> rocznie. Około 1/3 z tej ilości przedostaje się do warstw wodonośnych, rzek i jezior, z czego jedynie ok. 12 000 km<sup>3</sup> wody może być wykorzystana bezpośrednio przez ludzi. Aktualnie pobór wody dla miast, przemysłu i rolnictwa stanowi nie więcej niż 10% zasobów wody powierzchniowej i gruntowej. Pozostałe 2/3 tworzy wilgoć glebową lub wraca do atmosfery (na drodze ewaporacji z gleby i transpiracji roślin) [32]. Ogromne fluktuacje przestrzenne i czasowe wody, jak również zmienna jej jakość, całkowicie reorientuje jej wartość dla ludzi i ekosystemów. Jest oczywiste, że woda może zagrażać (jako powódź), jak również ratować życie (na obszarach pustynnych), jakkolwiek obie te sytuacje bardzo rzadko występują w jednym miejscu w okresie jednego roku [26].

Jako fundamentalne źródło życia, woda jest kluczowym czynnikiem rozwoju ludzkości i stanowi centralny problem do rozwiązania dla międzynarodowej społeczności w przyszłości. Aktualnie „ograniczona ilość (lub niedostatek)” jest jednym z przymiot-