

Przyrodnicze problemy nawodnień

Jerzy Jeznach

*Katedra Kształtowania Środowiska, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego
ul. Nowoursynowska 166, 02-787 Warszawa
e-mail: jeznach@alpha.sggw.waw.pl*

Słowa kluczowe: nawodnienia, problemy przyrodnicze, rola nawodnień, zużycie wody, erozja, sedymentacja

Stan rozwoju nawodnień w świecie

Nawodnienia są jedną z najstarszych technologii stosowanych w produkcji rolniczej. Pierwsze instalacje zakładano w czasach starożytnych w dolinach czterech rzek: Nilu – 6000 lat p.n.e., Eufratu i Tygrysu – 4000 lat p.n.e., Żółtej Rzeki – 3000 lat p.n.e. i Indus – 2500 lat p.n.e. Nawodnienia przyczyniały się znacząco do rozkwitu cywilizacji i kultury. Zniszczenia wojenne i zaniedbania urzędów nawadniających powodowały niekiedy upadek całych społeczności (Mezopotamia) [1].

Nowoczesne systemy nawodnień na szerszą skalę rozwinęły się na początku ubiegłego stulecia w Europie i Stanach Zjednoczonych Ameryki Północnej. Szczególnie intensywny rozwój obserwuje się po drugiej wojnie światowej. Około 1948 r. obszary nawadniane szacowano na 82 mln ha, natomiast w 1990 r. na 248 mln ha. Wzrost był więc trzykrotny [5].

Porównanie powierzchni aktualnie objętej nawodnieniami w świecie do ogólnej powierzchni lądów wykazało bardzo skromny udział nawodnień w stosunku do tej powierzchni.

Prawie 90% powierzchni nawadnianej świata koncentruje się w 15 krajach, głównie w Indiach, Chinach, krajach byłego Związku Radzieckiego, USA i Pakistanie. Ogółem na świecie nawadnia się około 15% powierzchni gruntów uprawnych, a w wielu krajach obszary nawadniane stanowią 60–100% użytków rolnych. 70% powierzchni nawadnianej w 1990 r. przypada na kraje rozwijające się, z czego 60% na Azję [3, 4]. W 1985 r. Bank Światowy, na budowę nowych systemów nawodnień, udzielił kredytów na sumę 1,1 mld USD, w tym 85% dla krajów Azji. Związane jest to przede wszystkim z ekspansją demograficzną.

Interesujący jest fakt, że w każdym kraju, zarówno w strefie suchej, jak i umiarkowanej, posiadającym grunty orne są stosowane nawodnienia.

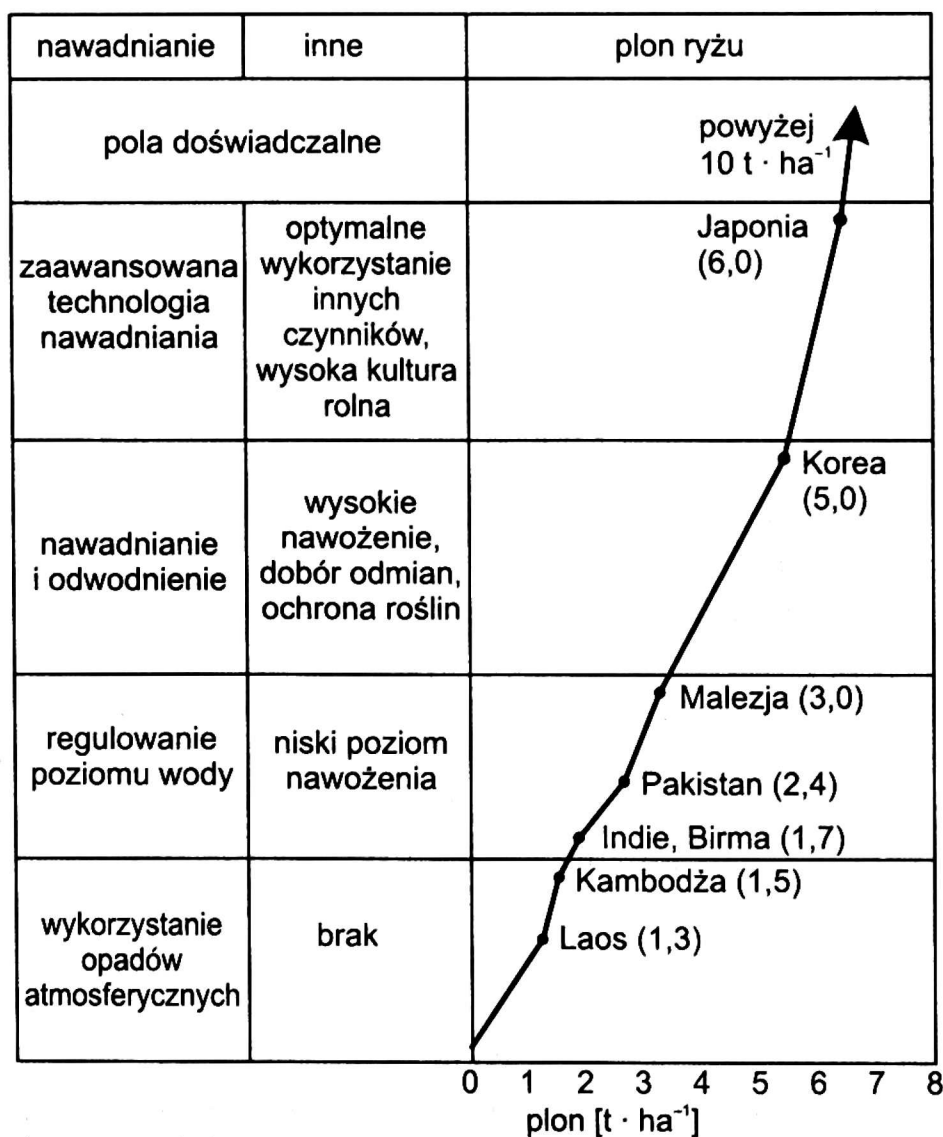
Problemy demograficzne świata

Ludność świata w 1993 r. liczyła 5,5 mld, a przewiduje się, że w 2025 r. przekroczy liczbę 8,5 miliardów, z czego prawie 85% zamieszkiwać będzie w krajach rozwijających się [8, 15]. Jednym z najważniejszych wyzwań dla świata pozostaje zwiększenie produkcji żywności dla gwałtownie wzrastającej liczby ludności.

Aby zapewnić bezpieczeństwo żywnościowe ludności, roczny przyrost produkcji rolniczej nie może być mniejszy od 2%. Może to nastąpić głównie poprzez wzrost plonów, ponieważ większość gruntów uprawnych na świecie jest już użytkowana. Do dalszej intensyfikacji produkcji niezbędne są nawodnienia. Woda jest, co prawda tylko jednym z czynników zwiększających plony, ale koniecznym do uruchomienia innych np. nawozów [16, 17].

Rola nawodnień w produkcji żywności

W ciągu ostatnich trzech dekad nawodnienia odegrały najważniejszą rolę w podwyższeniu produkcji żywności w krajach rozwijających się [2, 3]. W niektórych



Rysunek 1. Wpływ nawadniania i innych czynników na plony ryżu w różnych krajach świata

rejonach systemy nawodnień zakładano często w celu likwidacji klęski głodu, a dopiero po jego zakończeniu mogły spełniać funkcje przeobrażeniowe i kulturowe.

W strefach suchych i posusznych można szacować produktywność 1 ha nawadnianego jako równą produktywności 4–5 ha gleb nienawadnianych. W strefie umiarkowanej wskaźnik ten jest oczywiście niższy i kształtuje się w wysokości 1,5–2,0. Przy ocenie znaczenia nawodnień należy przypomnieć fakt, że z powierzchni nawadniającej, a stanowiącej obecnie około 15% powierzchni uprawnej świata, zbiera się plon wartości 36% łącznej produkcji roślinnej [4].

Na rysunku 1 przedstawiono wpływ nawadniania i innych czynników na plony ryżu w różnych krajach świata [12]. Wynika z niego rola nawodnień jako skutecznego czynnika w podnoszeniu wydajności rolnictwa w skali światowej. Wiąże się to jednak z wieloma problemami społecznymi, ekonomicznymi i środowiskowymi. Z ich analizy wynika bezwzględny priorytet zapewnienia bezpieczeństwa żywnościowego poprzez wzrost produkcji i poprawę jej jakości.

Środowiskowe problemy rozwoju nawodnień

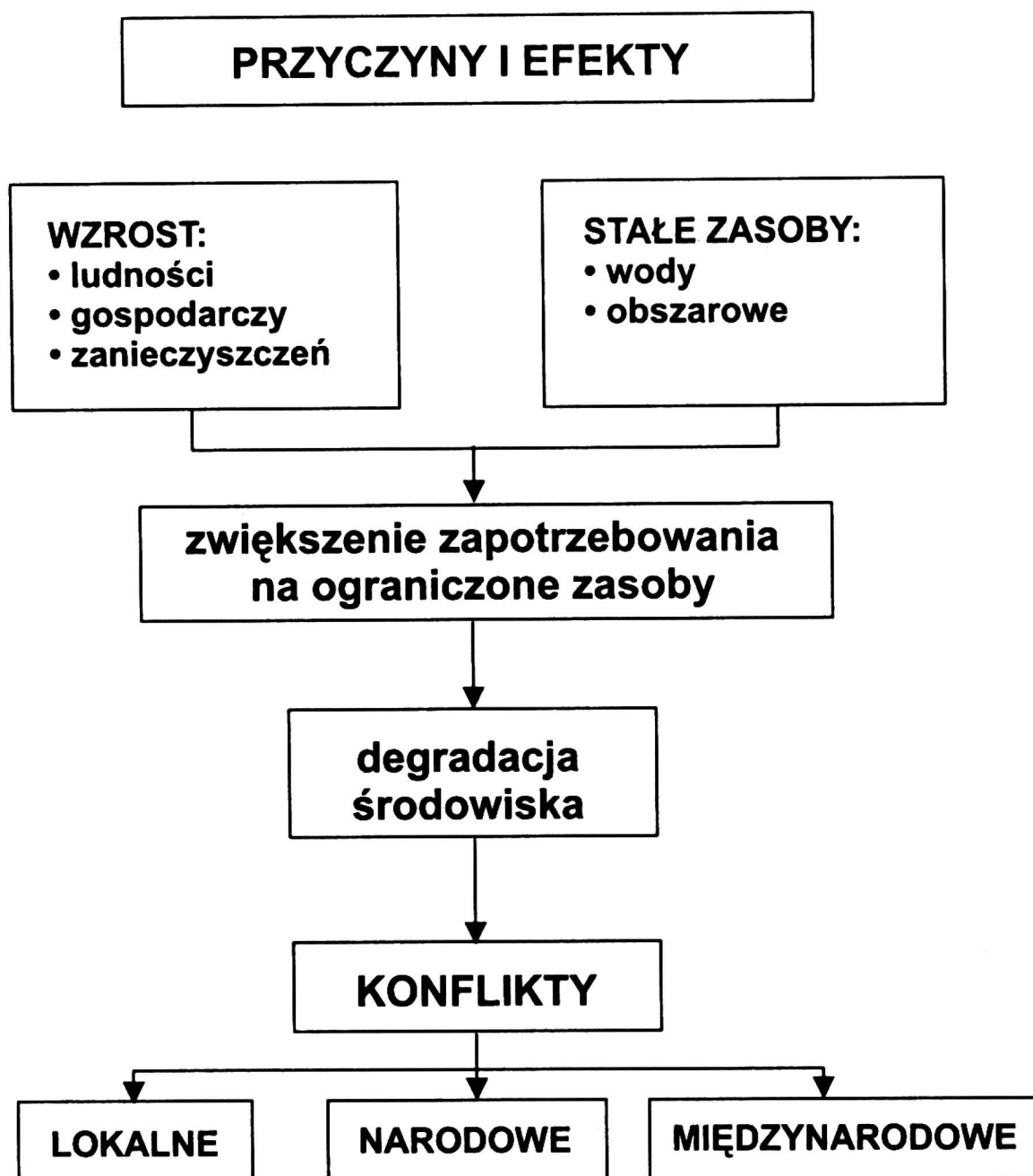
Rozwój współczesnej cywilizacji i związane z tym wyzwania stwarzają przed rolnictwem nawadnianym szereg problemów środowiskowych do rozwiązania. Najważniejsze z nich to:

- zasobność i jakość źródeł wody do nawodnień,
- zrównoważony wzrost produkcji rolniczej,
- erozja i sedymentacja,
- zanieczyszczenia wód odpływem z terenów nawadnianych,
- zabagnienie i zasolenie,
- ochrona zdrowia ludności.

Gospodarowanie zasobami naturalnymi obejmuje odpowiednie i rozważne użytkowanie wody, gleby i powietrza. Bezwzględnie należy przestrzegać zasady, że zasoby te muszą być utrzymane i przynosić trwałe korzyści przyszłym pokoleniom. Zwiększone zapotrzebowanie na wodę do nawodnień i innych konkurencyjnych działów gospodarki będą stwarzały kolizje, szczególnie na obszarach o bardzo ograniczonych zasobach. Należy więc podjąć szereg działań kompleksowych mających na celu ochronę i ograniczenie zużycia zasobów naturalnych. Można to osiągnąć poprzez rozwiązanie problemów technologicznych, ekologicznych, ekonomicznych i społecznych.

Ograniczone zasoby naturalne [4, 6], głównie wody i obszarów uprawnych, przy wzroście liczby ludności, zanieczyszczeń i kapitału prowadzą do degradacji naturalnego środowiska i wybuchu konfliktów o charakterze lokalnym, narodowym lub międzynarodowym (rys. 2.) [12].

Wszystkie aspekty gospodarowania są nabrzmiałe trudnościami i naznaczone ludzkimi ograniczeniami [16, 17]. Gospodarowanie zasobami wodnymi ma podobne



Rysunek 2. Przyczyny i efekty wzrostu liczby ludności, kapitału i zanieczyszczeń przy ograniczonych zasobach naturalnych

problemy, które często można rozwiązać przez porozumiewanie się zarówno na poziomie konsumentów, jak i zarządzających systemami wodnymi.

Wzrost produkcji żywności, dla zaspokojenia podstawowych potrzeb ludzkości, musi odbywać się w sposób zrównoważony [7, 13], zapewniający utrzymanie zdolności regeneracyjnych w agrosystemach, utrzymanie ich walorów krajobrazowych oraz zachowanie informacji genetycznej. Nawodnienia są technologią zapewniającą rozwiązanie tych problemów poprzez kompleksowe dostosowanie rozwiązań technologicznych do zmiennych potrzeb wodnych i pokarmowych roślin oraz niezawodność i elastyczność działania.

Problemy bezpieczeństwa żywnościowego stają się bardzo trudne do rozwiązania ze względu na zmniejszające się zasoby wodne i glebowe, wzrastającą konkurencję w zdobywaniu wody przez innych użytkowników, degradację środowiska naturalnego, postępujący proces dekapitalizacji urządzeń nawadniających, brak właściwej

organizacji i zarządzania oraz bariery ekonomiczne, społeczne, a niekiedy i polityczne [10, 11]. Do dziś nie zakończono wojny na Bliskim Wschodzie o Wzgórza Golan, które są najważniejszą zlewnią wody słodkiej w tym rejonie świata.

Rolnictwo nawadniane zużywa prawie 80% zapasów wody pitnej w krajach rozwijających się, z czego ponad 60% wody pobranej do nawadniania upraw nie bierze udziału w wytwarzaniu plonów, lecz bywa zmarnotrawione [12]. Zasoby wodne są ograniczone i bardzo wrażliwe na czynniki społeczne i środowiskowe. O ile w roku 1990 głębokim deficytem wody słodkiej było zagrożonych 3% ludności, to w roku 2025 w takiej sytuacji znajdzie się około 30%, o ile nie nastąpią zmiany klimatu i aż 37% w przypadku tych zmian [4].

Nowe prace [9, 14] wskazują na narastające problemy użytkowania zasobów wodnych i pogłębiający się brak dostępu do wody. Ponad miliard ludzi na świecie ma problemy ze stałym zaopatrzeniem w czystą wodę, a ponad 2,4 miliarda – czyli ponad 1/3 ludności świata – nie ma dostępu do pełnej bazy sanitarnej. Taki stan rzeczy ma katastrofalne skutki:

- ponad 2,2 miliona ludzi (głównie mieszkańców krajów rozwijających się) umiera każdego roku na choroby spowodowane zanieczyszczeniami wody i złymi warunkami sanitarnymi,
- 6000 dzieci umiera każdego dnia na choroby, którym można zapobiec dzięki poprawie jakości wody i warunków sanitarnych,
- na wspomniane powyżej choroby zapada rocznie ponad 250 milionów ludzi.

Wprawdzie większość regionów na świecie nadal dysponuje zasobami wody, które pozwalają w pełni zaspokoić potrzeby ich mieszkańców, ale cały świat musi nauczyć się racjonalnie gospodarować źródłami wody i stosować odpowiednie metody jej użytkowania. Dzisiejszy świat w dużym stopniu marnuje lub nieefektywnie wykorzystuje słodką wodę, a tempo odtwarzania jej zasobów przez naturę nie nadąża za rosnącym popytem. Co prawda rywalizacja o dostęp do wody jest potencjalnym źródłem konfliktów, ale historia dowodzi, że dzielenie się zasobami wody może być także czynnikiem sprzyjającym współpracy pomiędzy zainteresowanymi stronami.

W latach dziewięćdziesiątych ubiegłego wieku 835 milionów mieszkańców krajów rozwijających się zyskało dostęp do nieskażonej, czystej wody. W tym samym czasie 784 milionów zyskało dostęp do urządzeń sanitarnych.

Nawodnienia muszą więc uwzględniać zasady zrównoważonego rozwoju rolnictwa (ekorozwój), który zakłada stabilny sposób zaspokojenia różnorodnych potrzeb człowieka obecnie i w przyszłości. Ekorozwój może być realizowany przy uwzględnieniu współzależnych uwarunkowań społecznych, ekonomicznych, technicznych i ekologicznych.

Innymi ważnymi problemami środowiskowymi występującymi na terenach nawadnianych jest erozja i sedymentacja. Na skutek występujących zjawisk erozji zmniejsza się produktywność gleb poprzez niszczenie warstwy próchniczej. Ma to miejsce głównie przy stosowaniu powierzchniowych, grawitacyjnych systemów

nawodnień. Doświadczenia prowadzone w USA wykazały, że po 80 sezonach nawodnień brzdowych 75% warstwy powierzchniowej gleb jest całkowicie zniszczona. Na niektórych polach straty sięgają 20–35 cm. Na terenach nawadnianych narażonych, na których występuje erozja należy liczyć się ze zmniejszeniem plonów o około 25%.

Zjawisko sedymentacji występuje głównie w zbiornikach wodnych i w kanałach doprowadzających. Powoduje to zmniejszenie objętości gromadzonych zasobów wodnych oraz obniżenie sprawności wykorzystania systemów zasilających w wodę.

Ochronę przed erozją i sedymentacją należy prowadzić poprzez doskonalenie rozwiązań technicznych, optymalizację projektowania oraz odpowiednią agrotechnikę i organizację.

Z nawadnianych pól może wystąpić odpływ powierzchniowy i gruntowy. O jego jakości i ilości decyduje typ nawodnień, gospodarowanie wodą w systemie oraz właściwości fizyko-wodne gleb. Zagospodarowanie odpływu wody jest trudne, ponieważ bywa zanieczyszczony substancjami nawozowymi, środkami ochrony roślin oraz bardzo często zasolony. Jeśli przekroczone są graniczne wartości zanieczyszczeń, to nie należy odprowadzać odpływu do wód powierzchniowych.

Zmniejszenie problemu zanieczyszczeń spowodowanych odpływem należy osiągnąć przez zastosowanie odpowiednich technik i technologii nawodnień, ograniczających znacząco jego ilość oraz właściwe stosowanie nawozów i środków ochrony.

Problem zabagnienia i zasolenia gleb występuje głównie w strefie suchej i związany jest najczęściej z nieprawidłowym gospodarowaniem i rozrzędem wody oraz brakiem sprawnego systemu drenarskiego. Nieodpowiedni sposób nawodnienia powoduje podniesienie zwierciadła wody gruntowej i jej stagnowanie. Gdy poziom ten zbliży się do powierzchni terenu, zaczynają cierpieć rośliny uprawne (to jest pierwszy symptom zabagnienia), a później również pozostałe. Przy tak wysokim zaleganiu wód gruntowych zachodzi intensywne podsiąkanie i parowanie, co prowadzi do nagromadzenia się soli w warstwie powierzchniowej. Jeśli nie nastąpi ich wymycie, co w przypadku zabagnienia jest zjawiskiem powszechnym, wtedy koncentracja soli może być tak wysoka, że hamuje, a nawet uniemożliwia wzrost roślin. Szacuje się, że zabezpieczenie gleb nawadnianych przed zabagnieniem i zasoleniem wymaga dodatkowych nakładów w wysokości 650 dolarów USA na 1 hektar. Aktualnie ocenia się, że około 40% obszarów nawadnianych tj. 100 mln ha jest zagrożonych zabagnieniem i zasoleniem. U podstaw tego zjawiska leży zwykle starzenie się urządzeń, zamulenie kanałów oraz bardzo często błędy projektowe i nieprawidłowa eksploatacja.

Innym ważnym zagadnieniem melioracji nawadniających jest ochrona zdrowia ludności. Na terenach nawadnianych, szczególnie w strefie klimatu gorącego, występuje większe niebezpieczeństwo rozwoju chorób typu malaria, motylca wątrobowa i ślepotą rzeczna.

Zmiany w środowisku naturalnym na skutek wykonania systemu nawadniającego mogą spowodować inne problemy ekologiczne, ekonomiczne i społeczne. Ich rozwiązaniem powinno zająć się grono polityków, naukowców, lekarzy i praktyków, a także zainteresowane organizacje międzynarodowe, rządowe i poza rządowe.

Podsumowanie

Nawodnienia są technologią zapewniającą rozwiązanie podstawowych problemów współczesnego świata jak gwałtowny przyrost ludności, ograniczenia zasobów naturalnych i degradacja środowiska, poprzez kompleksowe dostosowanie rozwiązań technologicznych do zmiennych potrzeb wodnych i pokarmowych roślin oraz niezawodność i elastyczność działania.

W ciągu ostatnich trzech dekad nawodnienia odegrały najważniejszą rolę w podwyższeniu produkcji żywności. Z powierzchni nawadnianej, a stanowiącej obecnie około 15% powierzchni uprawnej świata, zbiera się plon o wartości 36% łącznej produkcji roślinnej. Wiąże się to jednak z wieloma problemami społecznymi, ekonomicznymi, środowiskowymi i technologicznymi.

Intensywny rozwój systemów nawodnień wiąże się z szeregiem problemów środowiskowych, do których należą: zasobność i jakość źródeł wody do nawodnień, zrównoważony wzrost produkcji rolniczej, erozja i sedymentacja, zanieczyszczenia wód, zabagnienie i zasolenie oraz ochrona zdrowia ludności.

Około 70% zużycia słodkiej wody na świecie przypada na rolnictwo. Jednak z powodu niskiej sprawności systemów nawadniających straty wody w tym sektorze sięgają aż 60%. Decyduje o tym proces parowania oraz odpływ do rzek i wody gruntowej. Wtórne wykorzystywanie wody do nawadniania zwiększyło się od 1980 r. o około 60%.

Około 40% ludności świata żyje obecnie w warunkach umiarkowanego lub dużego niedoboru słodkiej wody. Szacunki wskazują, że do 2025 roku w podobnej sytuacji znajdzie się 2/3 światowej populacji, czyli około 5,5 miliarda ludzi. Stale rosną obszary globu, w których mieszkańcom brakuje słodkiej wody. Dotyczy to zwłaszcza północnej części Afryki oraz zachodniej i południowej części Azji.

W ubiegłym wieku zużycie wody rosło ponad dwukrotnie szybciej niż liczba ludności. Ogółem, konsumpcja wody wzrosła w XX wieku sześciokrotnie. Straty wody spowodowane wyciekami, nielegalnymi przyłączami do sieci wodociągowej i marnotrawstwem wody, odpowiadają prawie połowie objętości wody wykorzystywanej do picia przez mieszkańców krajów rozwijających się. Około 90% ścieków komunalnych i 70% ścieków przemysłowych nie przechodzi procesu oczyszczania, co często powoduje skażenie wody zdatnej do spożycia.

Ekosystemy wód śródlądowych uległy poważnej degradacji. Z powierzchni Ziemi zniknęła prawie połowa obszarów bagiennych i mokradeł. Podobny los spotkał ponad 20% spośród 10 000 gatunków żyjących w słodkowodnych ekosystemach.

W takich regionach świata jak Stany Zjednoczone, Chiny czy Indie dynamika zużycia wód gruntowych przewyższa tempo naturalnego odtwarzania ich zasobów. Konsekwencją tego stanu rzeczy jest ciągłe obniżanie się poziomu wód gruntowych w tych krajach. Częstym zjawiskiem w przypadku niektórych rzek, na przykład

Kolorado w zachodniej części Stanów Zjednoczonych i Żółtej Rzeki w Chinach, jest ich wysychanie w dolnym biegu.

W wielu krajach obowiązek zaopatrywania w wodę rodzin wiejskich spada na barki kobiet i dzieci, które muszą w tym celu przemierzać dziennie dziesiątki kilometrów. Problem braku wody i urządzeń sanitarnych najbardziej zagraża zdrowiu kobiet i dziewcząt.

Innymi ważnymi problemami środowiskowymi występującymi na terenach nawadnianych jest erozja i sedymentacja. Ochronę przed erozją i sedymentacją należy prowadzić poprzez doskonalenie rozwiązań technicznych, optymalizację projektowania oraz odpowiednią agrotechnikę i organizację.

Zmniejszenie problemu zanieczyszczeń spowodowanych odpływem z nawadnianych pól należy osiągnąć przez zastosowanie odpowiednich technik i technologii nawodnień, ograniczających znacząco jego ilość oraz właściwe stosowanie nawozów i środków ochrony.

Problem zabagnienia i zasolenia gleb występuje głównie w strefie suchej i związany jest najczęściej z niewłaściwym gospodarowaniem i rozrzędem wody oraz brakiem sprawnego systemu drenarskiego.

Innym ważnym zagadnieniem melioracji nawadniających jest ochrona zdrowia ludności. Na terenach nawadnianych, szczególnie w strefie klimatu gorącego, występuje większe niebezpieczeństwo rozwoju chorób typu malaria, motylca wątrobowa i ślepotą rzeczną.

Zmiany w środowisku naturalnym na skutek wykonania systemu nawadniającego mogą spowodować inne problemy ekologiczne, ekonomiczne i społeczne. Ich rozwiązaniem powinno zająć się grono polityków, naukowców, lekarzy i praktyków, a także zainteresowane organizacje międzynarodowe, rządowe i poza rządowe.

Literatura

- [1] Achtnich W. 1980. Bewässerungslandbau. Verlag Eugen Ulmer. Stuttgart: 621 ss.
- [2] Bucks D.A. 1995. Historical development in microirrigation. Proceed. of the Fifth International Microirrigation Congress. Orlando, Florida, USA: 1–5.
- [3] FAO 1992: World agricultural statistics. Rome.
- [4] FAO 2001: Crops and drops: making the best use of water for agriculture: 22 ss.
- [5] Higgins G.M., Dieleman P.J., Abernethy C.L. 1987: Trends in irrigation development, and their implications for hydrologists and water resources engineers. *Journal of Hydraulic Research* 25(3) 393–406.
- [6] Jeznach J. 1996. Analiza funkcjonowania systemów nawodnień kropłowych w różnych warunkach środowiskowych. SGGW, Warszawa, Rozprawy Naukowe i Monografie: 127 ss.
- [7] Jeznach J. 1998. Reliability of the drip irrigation systems under different operation conditions in Poland. *Agricultural Water Management. Elsevier* 35: 261–267.

- [8] Jeznach J., Pierzgalski E., Somorowski C. (red.) 2001. II Polish-Israeli Scientific Conference on „Water Resources Management and Irrigation of Cultivated Plants”. Scientific Review Faculty of Engineering and Environmental Sciences Warsaw Agricultural University. 22: 450 ss.
- [9] Jeznach J. 2003. Forest nursery irrigation systems reliability. *Acta Horticulturae et Regionecturae*. Vol. 6 Supplement. Slovak Agricultural University Nitra. 101–103.
- [10] Kgole M. A., Walker S. 2000. The use of micro-irrigation to promote household food security. 6th International Micro-Irrigation Congress. Cape Town, South Africa. 3.2.
- [11] Wagner A., Jeznach J., Ptach W. 2003: Ocena funkcjonowania systemu nawodnień kropłowych w warunkach nawadniania oczyszczonymi ściekami. *Przegląd Naukowy – Inżynieria i Kształtowanie Środowiska* XII 2(27): 20–26.
- [12] Land & Water International 1996. No. 84.
- [13] Oster J.D. 2000: Irrigation sustainability. 6th International Micro-Irrigation Congress. Cape Town, South Africa. P-6.
- [14] Treder W. 2003. Wpływ fertygacji nawozami azotowym i wieloskładnikowym na zmiany chemiczne gleby oraz na wzrost i owocowanie jabłoni. *Zeszyty Naukowe Instytutu Sadownictwa i Kwiaciarnictwa, Monografie i Rozprawy*: 97 ss.
- [15] United Nations 1993. World population trends, population and development and population policies.
- [16] Walker S. 2000. An overview of present research on micro-irrigation for use in developing agriculture. 6th International Micro-Irrigation Congress. Cape Town, South Africa. 3.5.
- [17] www.unic.un.org.pl/iyfw/

Natural problems of irrigation

Key words: irrigation, natural problems, role of irrigation water supply, erosion, sedimentation

Summary

Irrigation is a technology assuring the solution of main problems of modern world (such as a rapid growth of population, decrease in natural resources and environment degradation) through a complex application of technological solutions to the changing needs of plants as regards water and nutrition.

For last three decades the irrigation systems have played the most important role as regards the increase of food production. The irrigation area, covering about 15% arable area, provides a crop amounting to 36% of plant production. Rapid increase of irrigation systems is connected with a number of environmental issues such as the quantity and quality of water resources, sustainable agricultural production, erosion and sedimentation, water pollution, water logging and salinity, and the protection of people's health.

About 70% fresh water in the world is used in agriculture. Yet, due to low quality of the irrigation systems in this sector, the losses amount to 60%. Other important environmental problems connected with the irrigation systems are erosion and sedimentation. The protection against erosion and sedimentation should be achieved through technological solutions enhancement, as well as designing techniques and management. An important issue here is the protection of people's health. On irrigated territories there exists a greater risk of such diseases as malaria, fasciolosis and river blindness.