

3. ZAGROŻENIA EKOSYSTEMÓW WODNYCH

Agnieszka Bańkowska

Siedliska wodne i wodo-zależne są **szczególnie narażone** na degradację. Wynika to z zasadniczego znaczenia wody dla gospodarki człowieka i wynikającego z niego szerokiego wykorzystywania środowisk wodnych. Korzystanie z wód, w szerokim ujęciu, powoduje nie tylko skutki „uboczne” (zanik ekosystemów wodnych w dolinach rzecznych ze względu na obwałowanie koryt), ale często stwarza konieczność celowego przekształcania środowisk wodnych na cele gospodarcze (jak na przykład regulacja rzek na cele żeglugowe). Także dostosowanie otoczenia do określonych form jego użytkowania zazwyczaj wiąże się z koniecznością silnego przekształcenia środowiska wodnego, chociażby poprzez odwodnienia gruntów na cele rolnicze czy pod zabudowę.

Oddziaływanie antropogeniczne na zasoby wodne ma zarówno wymiar **ilościowy** (zmiana stosunków wodnych), jak i **jakościowy** (zanieczyszczenia wód, zmiany chemizmu) oraz **morfologiczny** (przekształcenia kształtu koryt cieków czy mis zbiorników). Oddziaływania te mają w konsekwencji skutki **ekologiczne**, polegające na zmianie warunków siedliskowych, ustępowaniu określonych gatunków, zmniejszaniu się bioróżnorodności itd.

Jednocześnie, w zasadzie **każda forma** działalności człowieka wywiera silny wpływ na środowisko wodne - począwszy od bezpośredniego poboru wód, produkcję ścieków i budowlę wodne, poprzez emisję spalin, które trafią do wód wraz z opadem, składowanie odpadów, będące źródłem odcieków docierających do wód gruntowych itd.

Zagrożenia, jakim podlegają obecnie środowiska wodne, podzielić można na zagrożenia **troficzne**, to jest zwiększające trofię (żywność) wód i analogicznie - **nietroficzne** (wpływające m.in. na ilość zasobów wodnych).

ZAGROŻENIA TROFICZNE

czyli o proszku do prania i zakwitach wód

Pod pojęciem zagrożeń troficznych wód rozumie się eutrofizację. **Eutrofizacja** polega na wzroście żywności wód. Żywność oznacza natomiast zawartość w wodzie soli pokarmowych, które umożliwiają wzrost i rozwój organizmów. Związki te w określonych postaciach są przyswajalne dla organizmów samożywnych, które asymilują je i wbudowują w swoją biomasę. Organizmy te stają się natomiast źródłem pożywienia dla innych mieszkańców ekosystemu. Większa zawartość soli pokarmowych umożliwia zatem większy wzrost biologiczny. W odróżnieniu od gleb, w wodach nie jest to zjawisko korzystne. Ze względu na stale wzrastającą pulę substancji odżywczych następuje

bowiem coraz silniejszy rozwój glonów, a tym samym ilość pożywienia dla zwierząt, przez co ekosystem staje się coraz bardziej produktywny - wytwarzana jest w nim coraz większa ilość materii organicznej [1, 2, 15, 16, 18]. Procesy te mają szereg negatywnych konsekwencji dla życia biologicznego w wodzie i ograniczają możliwości jej użytkowania przez człowieka:

⊕ Większa ilość fitoplanktonu (glonów) zmniejsza przezroczystość wody, pogarszając jej właściwości organoleptyczne - woda nabiera zielonkawej barwy i nieprzyjemnego zapachu. Są to tzw. „zakwity wód” (Rys. 3.1.), dostrzegalne szczególnie w przypadku glonów nitkowatych. W wodzie mniej przezroczystej panują gorsze warunki świetlne, przez co hamowany jest rozwój roślinności [1, 2, 15, 16, 17, 18].

⊕ Powstała materia organiczna ulega w wodzie rozkładowi, zużywając zasoby tlenu i ponownie uwalniając sole pokarmowe do toni wodnej. W warunkach beztlenowych zanika wiele gatunków fauny głębinowej, w tym ryb. W jeziorach dochodzi do nawet całkowitego **odtlenienia wód**, głównie stref głębszych, w rzekach do silnych dobowych wahań zawartości tlenu [1, 15, 16, 17, 18].

⊕ Kiedy rozkład materii organicznej przebiega bez obecności tlenu, powstaje toksyczny siarkowodór oraz metan, co prowadzi do dalszego zaniku wielu gatunków zwierząt wodnych [1, 15, 16, 17, 18].

⊕ W miarę wzrostu żyzności wód wśród fitoplanktonu zaczynają dominować **sinice**, które, przyżyciowo lub w procesie rozkładu komórek, wydzielają substancje toksyczne. Stąd w zbiornikach wodnych ich obecność stwarza konieczność wprowadzenia **zakazu kąpieli**. W rzekach i estuariach zakwitają zielenice i okrzemki [1, 15, 16, 18]. Obecność dużej ilości glonów utrudnia także proces uzdatniania wód dla celów zaopatrzenia ludności w wodę i przemysłowych, znacznie zwiększając koszty „obróbki” wody [3, 10].



Rys. 3.1. Zakwit wód



Już bardzo niewielkie ilości fosforu w wodzie jeziornej (>0,000001 g/l) mogą wywołać „zakwity wód” (dla porównania, ta wartość graniczna dla azotu wynosi około 15 razy więcej) [15].

Solami pokarmowymi w głównej mierze odpowiedzialnymi za eutrofizację wód są **azot i fosfor**. Są one konieczne do życia, dzięki ich obecności w wodzie możliwy jest wzrost i rozwój organizmów, przez co (obok węgla, wodoru i tlenu), nazywane są **pierwiastkami biogenicznymi** (nutrientami, biogenami). Szczególnie „kłopotliwym” pierwiastkiem eutrofizującym jest fosfor - zapotrzebowanie organizmów na ten pierwiastek jest wielokrotnie mniejsze niż na azot [15].

Szczególnie podatne na eutrofizację, jak i wszelkie zanieczyszczenia o charakterze chemicznym, są **wody stojące** i to głównie one są **zagrożone wzrostem trofii**. Z uwagi na swój „stateczny”

charakter, mają ograniczone możliwości samooczyszczania w porównaniu do rzek, m.in. ze względu na mniejsze „przepłukiwanie wód” (tzw. wymiana wody) i spowolnienie przepływu, przez co działają jak naturalne osadniki. W systemach rzeczno-jeziornych jeziora przepływowe funkcjonują jako zbiorniki naturalnie podczyszczające wody rzeczne. Jeziora gromadzą materię dopływającą do nich z otoczenia (allochtoniczną) i z niej produkują materię „własną” (autochtoniczną), przez co w naturalnym toku sukcesji ekologicznej starzeją się, to jest wypełniają osadami, i stopniowo zamieniają w bagna, a dalej w las [2].

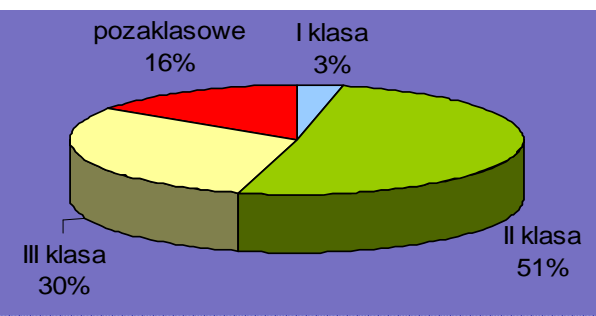


Eutrofizacja jest naturalnym procesem, bowiem do wód stale dopływa materia z otoczenia. W warunkach naturalnych zachodzi to jednak bardzo powoli i trwa setki - tysiące lat. W ostatnich dziesięcioleciach proces ten skrajnie nasilił się, z uwagi na dostawę biogenów z licznych źródeł antropogenicznych. Mówimy zatem o eutrofizacji antropogenicznej [16].

Żyzność wód to inaczej **trofia**, a wody w zależności od zasobności w biogeny można podzielić na: **oligotroficzne** (mało żyzne), **mezotroficzne** (umiarkowanie żyzne), **eutroficzne** (żyzne) i **hipertroficzne** (inaczej politroficzne, bardzo żyzne). W skrajnym przypadku może dojść do **saprotrofii** - takiego obciążenia wód materią organiczną (pochodzącej na przykład ze ścieków), że ekosystem dusi się od jej nadmiaru - całkowicie wyczerpuje się tlen, a wiele gatunków fauny wodnej zanika [1, 2, 15, 16].

Naturalne źródła azotu i fosforu w wodach to wietrzenie skał i opady atmosferyczne. Azot atmosferyczny może bowiem rozpuszczać się w wodzie, a fosfor zawarty jest w wielu minerałach. Zdecydowanie bardziej niebezpiecznym **dostawcą biogenów jest jednak człowiek**. Azot i fosfor stosowane są w rolnictwie jako składniki nawozów (sztucznych i naturalnych), zawarte są w fekaliami wydalanych przez zwierzęta i ludzi, fosforany zawarte są także w środkach piorących i myjących (detergentach). Związki azotu trafiają także do wód z opadem atmosferycznym, dostając się wcześniej do powietrza m.in. jako uboczne produkty spalania paliw [2, 9, 15, 16]. Związki azotu i fosforu trafiają do wód głównie z następujących **źródeł**:

- 🌐 zrzuty ścieków, dopływy cieków, ujścia sieci drenarskiej (źródła punktowe),
- 🌐 opady atmosferyczne, spływy powierzchniowe - głównie z terenów rolniczych (źródła obszarowe),
- 🌐 nieskanalizowana zabudowa, kąpiący się (źródła rozproszone) [2].



Rys. 3.2 Stan czystości jezior Polski badanych w roku 2003 (opracowanie własne na podstawie [35])

Znaczna część jezior polskich to zbiorniki zeutrofizowane (Rys. 3.2). Spośród jezior badanych w roku 2003, prawie połowa to zbiorniki przeżyźnione ((III klasa), w tym hipertroficzne (pozaklasowe), podczas gdy rzeki polskie w większości badanych stanowisk miały roku 2004 charakter oligo- i mezotroficzny (do roku 2008 jakość wód jeziornych oceniano według Systemu Oceny Jakości Jezior, obejmującego 3 klasy czystości

i uwzględniającego wskaźniki jakości związane z trofią [17], natomiast jakość wód rzecznych oceniano inną metodą, 5-klasową, obejmującą nie tylko wskaźniki troficzne, ale i inne zanieczyszczenia [29]; obecnie, kondycję wód ocenia się w 5-stopniowej klasyfikacji stanu ekologicznego [30](patrz także Rodział 4).

Mówiąc o eutrofizacji wód należy wspomnieć także o **mokradłach**. Na torfowiskach, ze względu na dużą zawartość związków humusowych, azot i fosfor są związane w związki niedostępne dla roślin (dlatego też bagna stanowią naturalny filtr dla biogenów). Jednak w przypadku przesuszenia torfu, następuje jego mineralizacja i związane wcześniej **biogeny są uwalniane**. Stają się one dostępne dla roślin, co powoduje zmiany w roślinności - wkraczanie gatunków preferujących siedliska żyzniejsze i ustępowanie roślinności siedlisk ubogich [21, 28].

Niezwykły przypadek Jeziora Etckiego

Degradacja Jeziora Etckiego to typowy przykład eutrofizacji antropogenicznej. Zbiornik ten znajduje się w Etku. Jezioro Etckie zaliczane jest do grupy 120 największych i 8 najgłębszych jezior Polski. Jego powierzchnia wynosi 382,4 ha, a głębokość maksymalna 55,8 m. Zbiornik otoczony jest od strony wschodniej zabudową miasta, od strony zachodniej - terenami użytkowanymi rolniczo (Rys. 3.3 i 3.4) [13,31].

Do północnej części jeziora trafiają wody ze stawów hodowlanych, a cały zbiornik jest odbiornikiem ścieków deszczowych z terenu miasta i spływów z pól uprawnych. Najbardziej jednak obciążona była część południowa, do której do połowy lat 80-tych odprowadzano ścieki miejskie oczyszczone jedynie mechanicznie [27,31].

Już w latach 70-tych zaobserwowano silną degradację wód tego jeziora, której objawem było m.in. odtlenienie znacznej części toni wodnej. Przy maksymalnej głębokości części południowej wynoszącej blisko 60 metrów, tlen zanikał już na głębokości kilku metrów! (Rys. 3.5), a wody miały charakter silnie eutroficzny, pozaklasowy. Po odcięciu w połowie lat 70-tych dopływu ścieków do tego plosa (części jeziora), obserwowano stopniową samoczynną poprawę warunków tlenowych i powolny powrót do stanu mezotrofii i II klasy czystości*. Tak znaczące zahamowanie eutrofizacji było możliwe z uwagi na bardzo wysoką naturalną odporność plosa na degradację [19, 27, 31].

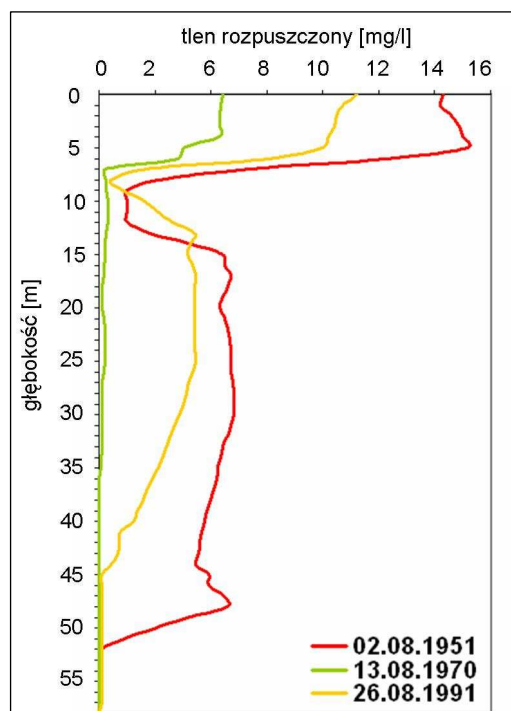
Niestety część północna, znacznie mniej odporna na degradację niż południowa (m.in. ze względu na mniejszą głębokość), także osiągnęła stadium eutrofii, pomimo iż nie była odbiornikiem ścieków komunalnych. W latach 90-tych do plosa północnego trafiało rocznie ponad 4 tony fosforu. Również w tej części jeziora nastąpiło niemal całkowite odtlenienie toni wodnej, a wody osiągnęły III klasę czystości*. Tak szybko posuwająca się degradacja zbiornika wymusiła konieczność podjęcia zabiegów ochronnych i renaturyzacyjnych, m.in. poprzez wieloletnie napowietrzanie wód jeziora [19, 27].



Rys. 3.3 Położenie Jeziora Etckiego (1 – płoś północne, 2- południowe,



Rys. 3.4. Zabudowa miasta Etka nad Jeziorem Etckim (płoś północne)



Rys. 3.5 Warunki tlenowe plosa południowego Jeziora Etckiego (opracowanie własne na podstawie [27])

ZAGROŻENIA NIETROFICZNE

czyli o rtęci, wysychaniu jezior i przekładaniu rzek

Środowiska wodne podlegają także zagrożeniom i przekształceniom nie związanym z trofią. Są to m.in.

- ☉ zanieczyszczenie wód związkami szkodliwymi,
- ☉ zakwaszenie,
- ☉ zabudowa i regulacja rzek,
- ☉ ubytki wody (wysychanie),
- ☉ inne.

Zanieczyszczenie związkami szkodliwymi

Poza substancjami biogenicznymi, do wód trafia mnóstwo innych związków zanieczyszczających, o odmiennym niż azot i fosfor działaniu. Są to zanieczyszczenia:

- ☉ mineralne - m.in. **metale ciężkie**, chlorki,
- ☉ organiczne - m.in. **węglowodory** alifatyczne, węglowodory aromatyczne, wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne (WWA), fenole oraz różne pochodne tych związków. Przykłady substancji z wymienionych grup to: chloroform, lindan, polichlorowane bifenyle (PCB), piren, antracen, benzen, benzo(a)piren, fenol, krezol [9, 12].

Źródłem wymienionych substancji w wodach są m.in.: **substancje ropopochodne** (benzyna i produkty jej spalania, asfalt i jego ścieranie na drogach, oleje mineralne), smary, **pestycydy**, nawozy sztuczne, **detergenty**, środki antykorozyjne, usuwanie śniegu i lodu z dróg (chlorki). Zanieczyszczenia mogą trafiać do wód razem ze ściekami przemysłowymi, ściekami komunalnymi, sptywami z pól uprawnych (pestycydy, nawozy), sptywami z ulic, parkingów, placów, opadem atmosferycznym (np. zanieczyszczenia powstałe w trakcie spalania węgla czy benzyny, sól) [9, 12, 33].

Szkodliwe oddziaływanie tych substancji na ekosystemy wodne jest wielorakie:


- ☉ mogą ograniczać dyfuzję tlenu do wody (np. oleje mineralne, które są nierozpuszczalne w wodzie i zalegają na jej powierzchni, detergenty),
- ☉ ograniczają fotosyntezę i hamują wzrost roślin (PCB, rtęć, miedź, kadm, srebro, nikiel, chlorki),
- ☉ hamują procesy samooczyszczania się wód (m.in. ołów, rtęć, nikiel),
- ☉ są bezpośrednio toksyczne dla fauny wodnej (niektóre pestycydy, chlorowane związki aromatyczne takie jak PCB, WWA, fenole, rtęć, miedź, glin) [9, 12, 34].

Związki te są często silnie szkodliwe dla człowieka (przy określonych stężeniach prawie wszystkie metale), w tym mają działanie rakotwórcze (niektóre pestycydy, WWA, sole niklu i chromu) [9, 12, 34].

Wiele z wymienionych metali jest niezbędnych do życia roślin i zwierząt (np. miedź, kobalt, chrom, żelazo), jednak przy określonych stężeniach stają się one dla nich szkodliwe [9, 12, 34].

Oddziaływanie wymienionych substancji i preparatów na ekosystem wodny zależy m.in. od ich rozpuszczalności w wodzie i formy, w której występują. Na przykład oleje mineralne są trudno rozpuszczalne w wodzie, przez co nie stanowią bezpośredniego, fizjologicznego zagrożenia dla organizmów wodnych. Z drugiej strony, niektóre potencjalnie nierozpuszczalne związki mogą rozpuszczać się w wodzie w „sprzyjających” warunkach (np. obecność detergentów wpływa na wzrost rozpuszczalności WWA w wodzie) [9]. Wiele z wymienionych związków jest natomiast dobrze rozpuszczalnych w tłuszczach, przez co może kumulować się w tkankach organizmów wodnych, w tym ryb. Jest to tzw. **bioakumulacja**. Nagromadzenie niektórych związków może być


w organizmach wodnych tysiące razy większe niż w wodzie. Duże możliwości kumulacji w organizmach wodnych mają m.in. niektóre pestycydy, PCB, ołów i rtęć. Jest to niekorzystne dla fauny wodnej, ze względu na toksyczne działanie tych substancji na organizmy, jak i z uwagi na gromadzenie się tych niebezpiecznych związków na kolejnych poziomach łańcucha pokarmowego [9, 15, 33].

 **Koncentracja mireksu (pestycyd chloroorganiczny, nierozpuszczalny w wodzie) jest w organizmach wodnych wielokrotnie wyższa niż w wodzie: w glonach - 12000, w dafniach - 15000, w rybach - 2500 razy większa [9].**

Na terenach zurbanizowanych, wymienione wyżej związki szkodliwe trafiają do wód m.in. wskutek ich wymywania z ulic, parkingów, placów, a także z opadem atmosferycznym i ze ściekami. **Spływy opadowe z dróg**, parkingów, stacji paliw itp. zawierają szczególnie dużo metali ciężkich, chlorków, substancji ropopochodnych, WWA, a więc substancji związanych z eksploatacją dróg (ścieranie się asfaltu), i samochodów (ścieranie się opon, smary, oleje), spalaniem paliw i usuwaniem śniegu. Substancje te trafiają do wód za pośrednictwem kanalizacji deszczowej, a więc w postaci skoncentrowanej, często nie oczyszczonej [33].

Zakwaszenie wód

Za zakwaszenie wód odpowiadają m.in. **kwasy siarkowy i azotowy**, powstające w wyniku fotoutleniania tlenków siarki i azotu w powietrzu atmosferycznym. Dostają się one do wód jako tzw. kwaśne deszcze. Zakwaszenie bezpośrednio, w sposób fizjologiczny, szkodliwie oddziałuje na organizmy wodne, hamując rozwój ikry lub jaj owadów. Większość gatunków ryb nie znosi pH niższego niż 5 [1, 15, 18].

 **W przyrodzie występują także jeziora polihumusowe, naturalnie kwaśne ze względu na dużą zawartość humusu. Położone są wśród lasów iglastych czy torfowisk, z których docierają do nich substancje humusowe. Ich wody mają barwę brunatno-żółtą. Zbiorniki takie ładowieją m.in. poprzez narastanie kożucha mchów, tzw. pła, pod którym znajduje się dawna powierzchnia jeziora [16].**

Ponadto, zakwaszenie w sposób pośredni jest szkodliwe dla biocenozy zbiornika wodnego, ponieważ zwiększa **rozpuszczalność metali**, w tym glinu, miedzi, cynku, żelaza,

niku oraz ołowiu (kwaśne opady powodują także wzmożone ługowanie metali z gleb i ich transport do wód). W środowisku kwaśnym dochodzi na przykład do przesunięcia równowagi pomiędzy różnymi formami glinu w kierunku jonu Al^{3+} , które są silnie toksyczne dla organizmów wodnych. Glin wytrąca się również z toni wodnej ze związkami humusowymi, przez co zakwaszone wody stają się przezroczyste i pozornie czyste (związki humusowe nadają wodom ich rzeczywistą barwę). Mobilizacja glinu powoduje także wytrącanie fosforu i oligotrofizację zakwaszonych jezior. Może to wywołać szereg innych zjawisk, w tym bujny wzrost glonów ze względu na większą przezroczystość wód (lepsze warunki świetlne), któremu sprzyja ustępowanie roślinożernych bezkręgowców spowodowane spadkiem pH [1, 15, 18].

Reakcja zbiornika wodnego na zakwaszenie zależy od charakteru podłoża. Na terenach o glebach zasobnych w wapń wody w zasadzie nie reagują na kwaśne opady dzięki buforującemu działaniu wapnia. Na terenach o podłożu twardym, wolno wietrzejącym, np. granitowym, wody szybciej ulegają zakwaszeniu [1, 18].

Regulacja i zabudowa rzek

Wraz z rozwojem osadnictwa i urbanizacją dolin rzecznych, wzrastała presja człowieka na rzeki, nad którymi człowiek szczególnie chętnie się osiedlał. Wody płynące spełniają szereg funkcji gospodarczych, w związku z czym rzeki, potoki, strumienie, jak i ich całe doliny, są silnie przebudowywane i przekształcane.

Główne cele regulacji rzek i przekształceń ich dolin to:

- tworzenie warunków do rozwoju osadnictwa i rolnictwa (odwodnienia),
- przystosowanie do wymagań żeglugi,
- zabezpieczenie przed powodzią,
- odprowadzanie wód opadowych,
- zaopatrzenie w wodę [8, 26].

Środkiem przystosowywania rzek do wymienionych potrzeb są m.in. zmiany biegu rzeki i kształtu koryta, porządkowanie tarasów zalewowych, budowa obwałowań.

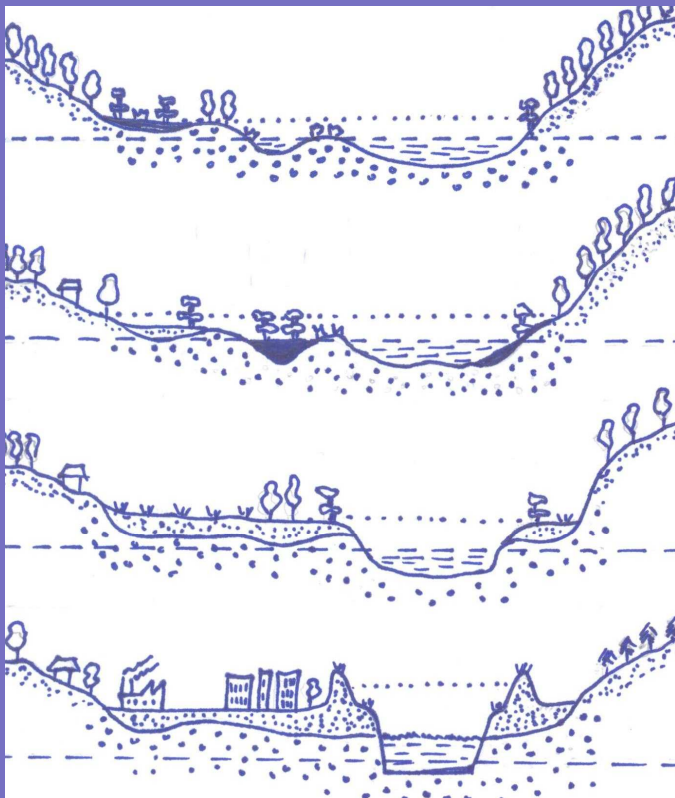
Zmiany biegu rzeki i kształtu koryta polegają na jego **kanalizacji**, to jest m.in. prostosowaniu i pogłębianiu koryta, nadaniu mu jednolitych kształtów, likwidacja odnóg i rękawów, usuwanie roślinności z koryta. W celu ochrony przed wylewami wód buduje się także wały czy podnosi skarpy brzegowe. W ten sposób



Rys. 3.6 Przykłady regulacji małych cieków

przygotowuje się rzekę na przyjęcie większych ilości wody (pogłębienie koryta), dąży się do przyspieszenia odpływu wód (krótszy bieg, większa drożność) i zapobiega wylewom, chroniąc tereny nadrzeczne. Aby rzeka nie płynęła „swoim biegiem”, utrwala się nowo nadane kształty koryta poprzez umocnienia dna i brzegów, w tym betonowe i kamienne (Rys. 3.6) [8, 26].

W ten sposób zupełnemu przeobrażeniu ulegają warunki abiotyczne panujące w rzece. W korytach naturalnych istnieją miejsca płytsze i głębsze, różnorodne struktury rzeczne (wyspy, odsypiska), brzegi łagodne i strome, przeszkody w nurcie (drzewa, gałęzie), zróżnicowana roślinność - takie elementy stanowią siedliska fauny wodnej, w tym miejsca tarlisk, schronisk i żerowisk ryb czy miejsc żerowania ptaków. **Bogactwo takich struktur zapewnia różnorodność siedliskową** i umożliwia rozwój i bytowanie fauny i flory wodnej posiadającej różne preferencje. W korycie uregulowanym następuje ujednoczenie i zubożenie tych warunków: w zabetonowanym korycie nie rozwijają się bujna roślinność ani związane z nią organizmy. Jednocześnie, takie zróżnicowanie warunków abiotycznych oraz występowanie różnorodnych gatunków flory i fauny składa się na możliwości **samoczyszczania się** wód rzecznych. Ubożenie siedliskowe i biologiczne wód znacznie ogranicza te naturalne mechanizmy obronne cieków [1, 26].



Rys. 3.7. Kolejne „etapy” przekształcania dolin rzecznych i zabudowy rzek – kropkowana linia oznacza zasięg zalewów (na podstawie [26])

Ograniczenie wylewania rzek (zarówno przez budowę obwałowań, jak i przyspieszanie odpływu wód), to jest odcięcie terenów zalewowych od wód rzecznych, powoduje niekorzystne zmiany w ekosystemach dolinowych, które zależą od okresowego zalewania (Rys. 3.7). Są to na przykład oczka wodne, starorzecza, mokradła (w tym lasy łąkowe), które - odcięte od tego źródła zasilania - **zanikają**. Obiekty takie stanowią naturalne magazyny wody i okresową ją retencjonują. Ich zanik zmniejsza możliwości retencyjne terenów nadrzecznych, a w konsekwencji wzrasta ryzyko powodzi [8, 21, 26].

Szczególnie wiele szkód w środowisku przyrodniczym rzek i ich dolin powoduje **przegradzanie cieków** poprzez budowę

zapór w celu spiętrzenia wody. Powstałe w ten sposób zbiorniki zaporowe służą jako element ochrony przeciwpodziowej (zwiększenie rezerwy powodziowej), do produkcji energii (elektrownie wodne), zaopatrzenia ludności w wodę, jako obiekty sportów wodnych i rekreacji. W takich zbiornikach, ze względu na spowolnienie przepływu i stagnowanie wód, wody rzeczne mogą ulegać **przyspieszonej eutrofizacji**, następują zmiany temperatury i zmiany charakteru dna wskutek jego

zamulania. Te procesy oznaczają radykalną zmianę warunków życia organizmów lub wręcz zanik siedlisk czy tarlisk [1, 7, 8, 16, 37]. Na ciekach często budowane są także inne budowle poprzeczne, np. progi, jazy, stopnie (Rys. 3.8), których zadaniem jest m.in. zmniejszenie spadku rzeki i ograniczenie erozji (wywołanych często wcześniejszą regulacją) [26].

Budowle poprzeczne, także „małe”, mają szczególnie niekorzystny wpływ na wody płynące, jako że pozbawiają je ich podstawowej naturalnej cechy - ciągłości. Rzeki i

ich doliny stanowią **korytarze ekologiczne**, zapewniające łączność wielu ekosystemów. Na przykład ryby wędrowne dwuśrodowiskowe migrują rzekami do miejsc tarła, a zabudowa poprzeczna rzeki uniemożliwia dotarcie do tarlisk lub powrót. Budowle piętrzące powodują także **fragmentację** środowiska wodnego, przez co na przykład ryby danego gatunku żyją w kilku zamkniętych, odizolowanych od siebie populacjach, co jest bardzo niekorzystne ze względów genetycznych. **Niszczenie ciągłości** cieków jest jednym z najpoważniejszych zagrożeń dla ekosystemów wód płynących [1, 7, 8, 16, 26, 37].

Piętrzenie wód płynących powoduje ponadto niszczenie tarlisk ze względu na zamulenie dna, stanowiącego miejsce składania ikry i odrostu niektórych gatunków ryb. W warunkach spiętrzenia wód następuje bowiem spowolnienie przepływu i silniejsza sedymentacja; do zamulenia może dochodzić także w przypadku wzruszenia osadów w zbiorniku i ich przeniesienia w dół rzeki, przypadkowego czy w trakcie czyszczenia czaszy zbiornika. Silne przekształcenia środowiska wodnego, w tym przegradzanie rzek, doprowadziło do znacznego zmniejszenia się populacji łosia

w Polsce, gatunku wędrownego migrującego z morza do tarlisk w rzekach. Do połowy lat 80-tych ostatnia populacja łosia w Polsce występowała w Drawie. Czyszczenie zbiornika na tej rzece - spuszczenie osadów - spowodowało pokrycie dna warstwą piasku i uniemożliwienie tarła łososi na następne kilka lat, co doprowadziło **do wyginięcia ostatniej populacji** łosia w naszym kraju [5].

Trzeba także podkreślić, że powstałe poprzez przegradzanie rzeki zbiorniki zaporowe stanowią niekiedy wartość przyrodniczą jako ostoje ptaków podczas ich wędrówek. W przypadku dużych zapór korzyści wynikające z ich funkcjonowania są jednak mniejsze niż szkody przyrodnicze i społeczne, a w wielu przypadkach zmiany wywołane budową zapór są **nieodwracalne** [37].

Nie bez znaczenia jest także, że regulacja rzek często powoduje pogorszenie krajobrazu dolin i estetyki terenów nadrzecznych, chociażby ze względu na brak roślinności czy zabetonowanie brzegów. Wysokie brzegi czy obwałowania ograniczają kontakt rzeki z otoczeniem, czynią wody mniej dostępnymi dla ludzi [26].



Rys. 3.8 Jaz

! Ze względu na drastyczne zmniejszenie się lub zupełny zanik populacji niektórych ryb wędrownych, spowodowany m.in. przegradzaniem rzek, prowadzi się obecnie Polsce restytucję niektórych gatunków. Są to na przykład łosoś i troć [5].

Reasumując, techniczna regulacja rzek wywołuje szereg **negatywnych skutków**:

- 🌐 zanik zróżnicowanych struktur rzecznych i ubożenie flory i fauny,
- 🌐 zniszczenie ciągłości cieków,
- 🌐 degradacja i zanik ekosystemów dolinowych zależnych od rzek,
- 🌐 pogorszenie jakości wód,
- 🌐 zmniejszenie możliwości retencyjnych dolin rzecznych,
- 🌐 zmiany w krajobrazie, pogorszenie estetyki terenów nadrzecznych [1, 7, 8, 16, 26, 37].

Obecnie, w związku ze znacznym przekształceniem wód płynących, odchodzi się stopniowo od opisaną wyżej regulacji „technicznej” na rzecz regulacji „naturalnej”, a coraz częściej prowadzi się renaturyzację rzek, mającą na celu przywrócenie im utraconych cech [7, 26].

Przykładem skrajnie zmienionej sieci rzecznej są łódzkie rzeki. Spośród 18 strug i strumieni Łodzi, znaczna ich część płynie wybetonowanymi korytami, a na niektórych odcinkach zostały one słotczone w podziemne kanały. Obecnie prowadzona jest renaturyzacja jednej z nich - Sokotówki [www.komunalny.pl]

Szczególnie intensywnie zabudowywano rzeki i inne cieki na terenach miast, celem zajęcia terenów nadrzecznych pod zabudowę, ich odwodnienia i ochrony przed powodzią. Na terenach silnie zurbanizowanych wykorzystuje się cieki i jeziora jako **odbiorniki wód opadowych**, do których wody opadowe docierają za pośrednictwem **kanalizacji deszczowej**. Na obszarach niezabudowanych wody deszczowe mogą powoli wsiąkać w grunt i zasilać wody gruntowe. W przypadku pokrycia terenu powierzchniami

szczelnymi, nieprzepuszczalnymi (beton, asfalt, dachy), jak ma to miejsce w miastach, wody nie mają możliwości wsiąkania w grunt i istnieje konieczność ich odprowadzania - inaczej podtopiłyby place, ulice, parkingi. Wody deszczowe, spływające z takich terenów do studzienek kanalizacyjnych, spuszczone są często do cieków czy zbiorników (Rys. 3.9). W tym celu istnieje jednak potrzeba takiej regulacji rzek czy strumieni, która umożliwi szybkie odprowadzenie wód deszczowych, bez wylania na okoliczne tereny. W okresach intensywnej opadów do rzek takich trafiają bowiem ogromne ilości wody w postaci doływów skoncentrowanych (punktowych), a często są to ilości, których koryta rzek nie są w stanie przyjąć i wylewają (w naturalnych warunkach deszcz spływałby do rzeki powoli, po powierzchni terenu, a więc w sposób rozproszony, a częściowo wsiąkałby także w grunt czy byłby retencjonowany w dolinie) [4, 22, 33, 38].



Rys. 3.9 Kolektory wód deszczowych

W przypadku rozbudowy kanalizacji deszczowej następuje często zjawisko nieznanie przyrodzie - **zwiększenie zlewni cieków**, poprzez przyłączenie za pomocą systemu kanalizacji obszarów, które wcześniej były odwadniane w sposób naturalny przez inną, sąsiednią zlewnię. Zlewnia kanalizacyjna, a więc obszar, z którego wody spływają do cieków za pośrednictwem kanalizacji

deszczowej, jest znacznie większa niż zlewnia naturalna (hydrograficzna). W ten sposób następuje znaczny wzrost ilości wody dopływającej do rzeki, zbyt dużej, aby koryto mogło ją przyjąć, co często wywołuje konieczność dalszej regulacji. Ponadto, wraz z opadami, do wód spływają także **zanieczyszczenia** wmywane z ulic, w tym także substancje ropopochodne [4, 22, 33, 38].

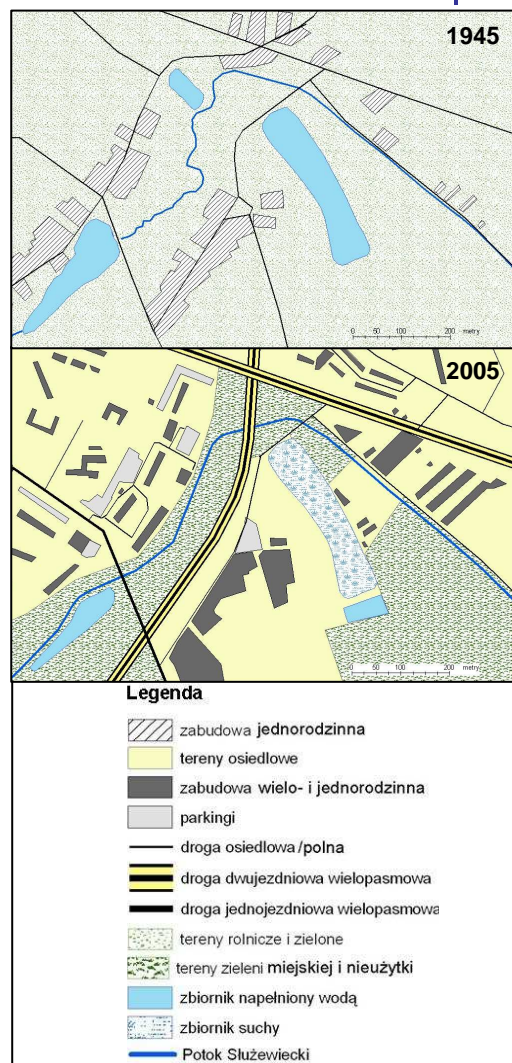
Burzliwe losy pewnego potoku

Potok Służewiecki, bo o nim mowa, jest najdłuższym, choć tylko częściowo zachowanym, dopływem Wisły w Warszawie i płynie w południowej części stolicy. Pierwotnie była to rzeka Sadurka (zwana też Służewką), która miała źródła w okolicy majątku Czyste (tereny dzisiejszej Woli) i uchodziła bezpośrednio do Wisły, prawdopodobnie w rejonie Królikarni. W XVII wieku zmieniono bieg Sadurki, kierując jej wody do Wilanowa, by zasilić system wodny tamtejszej rezydencji, w tym Jezioro Wilanowskie. W ten sposób całkowicie zlikwidowano pierwotny dolny odcinek tego ciek. W XIX wieku, ze względu na budowę trasy kolei Warszawa-Wiedeń oraz Gazowni Wola, zlikwidowano także odcinek źródłkowy [38].

Wraz z rozwojem stolicy, dolina rzeki ulegała kolejnym istotnym przekształceniom (Rys. 3.10). W okresie międzywojennym rozpoczęto regulację ciek w ramach osuszania terenów miasta według koncepcji ówczesnej Komisji Rewizyjnej Wodnej m. st. Warszawy. Następnie regulację prowadzono w celu przystosowania ciek do odbierania wód opadowych. Wyprostowano, skrócono, pogłębiono i umocniono koryto (Rys. 3.10-3.11), przeprowadzając niektóre jego odcinki pod ziemią. Jednocześnie następowała szybka urbanizacja zlewni, jej zabudowa powierzchniami nieprzepuszczalnymi i rozbudowa kanalizacji deszczowej, z której wody odprowadzano do Potoku. W 1971 r. rzekę skreślono z listy naturalnych cieków powierzchniowych, uznano za otwarty kanał deszczowy i nadano jej nazwę - kanał Wola-Okęcie-Wilanów [6, 38].

Obecnie Potok ma długość ok. 16 km, z czego ok. 5 km płynie kanałem podziemnym, i przyjmuje wody opadowe z południowych dzielnic Warszawy, w tym z płyty lotniska Okęcie. System kanalizacji deszczowej Potoku liczy aż 60 kolektorów i jest stale rozbudowywany. W czasie opadów ilość wody kierowanej do Potoku jest często zbyt duża dla jego koryta i ciek wylewa, podtapiając przylegającego do niego osiedla i ulice (Rys. 3.11) [4, 22, 38]. Problematyczna jest także jakość wód Potoku. W trakcie opadów jakość wód pogarsza się, ze względu na intensywny spływ zanieczyszczeń, m.in. znacznie spada zawartość tlenu. Badania wykazały także bardzo wysoką akumulację metali ciężkich i WWA w osadach dennych tego ciek [24]. Przez długi czas do Potoku trafiały m.in. nie oczyszczone ścieki deszczowe z płyty lotniska Okęcie i Centralnego Magazynu Paliw i Smarów, zawierające m.in. duże ilości środków odladzających. Dopiero od niedawna działa na lotnisku oczyszczalnia ścieków deszczowych [38].

Potok, uznany w 2000 roku ponownie za ciek naturalny [6], przez mieszkańców Warszawy potocznie nazywany jest „Smródka”.



Rys. 3. 10 Widok na fragment Potoku i jego doliny



Rys. 3. 11 Potok w okresie bezopadowym i podczas wezbrania

Utrata zasobów wodnych

Polska jest naturalnie uboga w wodę - pod względem zasobów wodnych jesteśmy jednym z najuboższych krajów Europy. W wielu miejscach Polski, w związku z deficytami wody, późnym latem dochodzi do przesychania cieków i zbiorników. Taka sytuacja występuje m.in. na Pojezierzu Mazurskim, a więc obszarze ogólnie zasobnym w wodę [8].

Deficyt wód jest jednak znacznie powiększany **intensywnymi poborami wód**, w tym podziemnych, i ich nieracjonalnym użytkowaniem (straty w sieci wodociągowej, nie stosowanie obiegu zamkniętych w procesach technologicznych, marnowanie wody w gospodarstwach domowych). Obecnie w Polsce na cele produkcyjne pobiera się ok. 11000 hm³ wód, z czego 85% pochodzi z wód powierzchniowych, a 15% z podziemnych. Szczególnie duże ilości wody pobierane są na potrzeby miast, ich mieszkańców i zlokalizowanych w nich zakładów. Miastami, w których pobierane są największe ilości wód, są: Konin, Ostrołęka, Warszawa, Skawina, przy czym są to pobory głównie na cele przemysłowe [8, 20].

W sytuacji intensywnego długotrwałego poboru wód podziemnych może dojść do obniżenia się poziomu wód gruntowych na znacznym obszarze, to jest powstania tzw. leja depresji. Taki sam efekt wywołują na przykład kopalnie odkrywkowe, na terenie których prowadzone są **odwodnienia**. Odwodnienia prowadzone są także w ramach melioracji dla celów rolnictwa lub pod zabudowę. W związku z tym leje depresji powstają zazwyczaj w rejonie kopalń i miast, to jest na terenach intensywnych odwodnień i poborów wód (leje depresji powstały na przykład w okolicach Bełchatowa i wielu innych miast)[39, 40].

Trwałe obniżenie się poziomu wód gruntowych wywołuje istotne zmiany w funkcjonowaniu ekosystemów wodnych i od wody zależnych, a niekiedy nawet ich zanikanie. Dotyczy to zarówno cieków, jak i wód stojących czy mokradel. Również pobory wód przez elektrownie wodne zlokalizowane na rzekach powodują obniżanie przepływów wody, co ma oczywiście swoje konsekwencje dla całego ekosystemu. Wahanie poziomu wód gruntowych, przepływów wód w ciekach i stanów wód w zbiornikach wywołują istotne zmiany ekosystemów zależnych od wody, w tym ustępowanie niektórych gatunków i ekspansję innych, a w przypadku całkowitego wyschnięcia cieku czy zbiornika dochodzi do zupełnego zaniku życia biologicznego [1, 14, 16, 36, 39].

Przesychanie zbiorników może być natomiast korzystne dla niektórych organizmów, na przykład dla trzaski grzebieniastej (*Triturus cristatus*). W przesychającym zbiorniku nie ma ryb, które są naturalnym wrogiem kijanek i osobników dorosłych trzaski [23]. Trzaska grzebieniasta jest gatunkiem naturowym - podlega ochronie na mocy unijnej Dyrektywy Siedliskowej.

! *Wpływ urbanizacji na zasoby wód gruntowych dobrze odzwierciedla sytuacja zachodniej części Wilanowa, dzielnicy Warszawy. W tym rejonie poziom wód gruntowych w latach 1993-1998, a więc w ciągu 5 lat, obniżył się aż o pół metra! [38]*

Na terenach zurbanizowanych może także dochodzić do okresowego zanikania cieków z uwagi na zabudowę powierzchni zlewni powierzchniami szczelnymi. W warunkach mniej bądź bardziej naturalnych, cieki zasilane są m.in. wodami gruntowymi. Do wód gruntowych docierają deszcz i woda pochodząca z roztopów. W sytuacji, gdy wody opadowe nie wsiąkają w grunt pokryty **powierzchniami nieprzepuszczalnymi** i są **natychmiast odprowadzane ze zlewni** za pośrednictwem kanalizacji, nie zasilają wód gruntowych, których zwierciadło się obniża. Taki system odprowadzania wód opadowych powoduje, iż wody opadowe są **bezwrotnie tracone**, podczas gdy mogłyby być magazynowane, co w warunkach ogólnie panującego i pogłębiającego się deficytu wody wydaje się niedopuszczalne. Przy mniejszych zasobach wód gruntowych obniża się także poziom wody w ciekach i zbiornikach. Betonowe umocnienia koryta (zabudowa skarp i dna), zupełnie odcinają je od kontaktu z wodami gruntowymi. W takim przypadku okazuje się, że w okresach intensywnych deszczy czy topnienia śniegu, cieki będące odbiornikami wód opadowych nie są w stanie przyjąć takiej ilości wody i wylewają, a w okresach bezopadowych - prowadzą bardzo małe ilości wody lub **zupełnie wysychają** [14, 22, 36, 38].

W przypadku silnej rozbudowy kanalizacji deszczowej może dojść, jak już wspomniano, do zwiększenia powierzchni zlewni czy zbiornika. Niekiedy zdarza się, że budowa kanalizacji czy systemów odwadniających powoduje zjawisko odwrotne, to jest **zmniejszenie powierzchni zlewni** danego obiektu. Tak dzieje się na przykład w przypadku skierowania wód deszczowych za pośrednictwem kanalizacji ze zlewni danego zbiornika czy cieku do innej zlewni i w ten sposób pozbawienie go ważnego źródła zasilania [14].

Także regulacja rzek przyczynia się do zaniku wielu siedlisk ze względu na kwestie ilości wody. **Brak wylewów wód** powoduje odcięcie terenów zalewowych od wód rzecznych, które w naturalnych warunkach rozlewałyby się szerokim pasem na przybrzeżne tereny, zasilając jednocześnie znajdujące się na nich starorzecza, oczka wodne, bagna [8, 21, 26].

Szacuje się, że w Europie około 80%, a w skali światowej ponad połowa obszarów mokradłowych została osuszona lub zmieniona w taki sposób, że przestała pełnić swoje pierwotne funkcje siedliskowe, retencyjne i filtracyjne! [21].

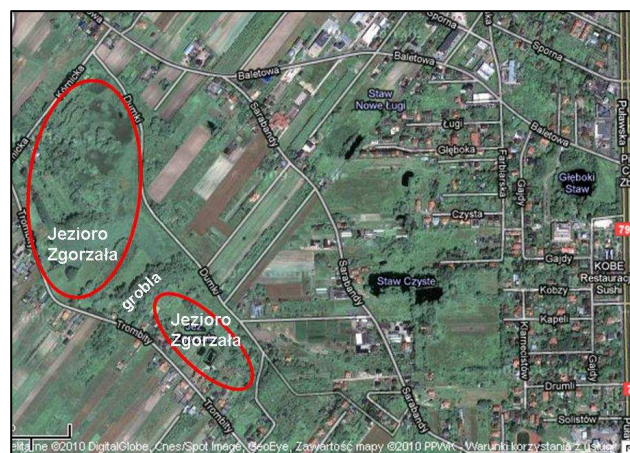
Ubytki wody są szczególnie niebezpieczne dla torfowisk. Przedłużające się braki wody prowadzą do mineralizacji torfu - warstwy jak gąbka gromadzącej wodę. Nadmierne przesuszenie torfu (**murszenie**) w zasadzie nieodwracalnie powoduje utratę jego zdolności wiązania wody. W konsekwencji torfowiska ulegają lądowieniu, zmienia się występująca na nich

roślinność. Mokradła takie tracą swoje zdolności retencjonowania wód, a także substancji biogenych, przez co **maleje ich znaczenie ochronne** jako naturalnych obiektów ochrony przeciwpowodziowej i filtra dla zanieczyszczeń wód. Co więcej, przesuszony torf może uwalniać zgromadzone wcześniej substancje biogeniczne [21, 25, 28].

Historia jeziora Zgorzala

W lewobrzeżnej części Warszawy znajduje się ok. 230 naturalnych i sztucznych zbiorników wodnych o powierzchni powyżej 0,005 ha. Analiza zagrożeń dla funkcjonowania tych zbiorników wykazała, że najpoważniejszym jest ograniczanie ich zasobów wodnych. Przyczyną tego są m.in.: odprowadzanie części wód opadowych kanalizacją deszczową, ograniczanie powierzchni zlewni rzeczynistej, obniżenie się poziomu wód gruntowych i zmniejszenie zasilania podziemnego ze względu na stosowanie powierzchni nieprzepuszczalnych, nadmierne zagęszczenie gruntu, eksploatacja wielu nowych ujęć wody [14, 36].

Przykładem zbiornika cierpiącego na brak wody jest Jezioro Zgorzala, wytopiskowe jezioro położone w południowej części Warszawy (Rys. 3.12). Rejon ten bogaty jest w niewielkie płytkie zbiorniki o podobnej genezie. Obecnie jezioro Zgorzala jest w 100% zarośnięte i zazwyczaj brak w nim wody. Jezioro to zostało pozbawione w latach 60-tych i 70-tych istotnej części swojego zasilania, ze względu na melioracje jego zlewni i włączenie urządzeń wodno-melioracyjnych do zlewni rzeki Raszynki. Powierzchnia zlewni jeziora zmniejszyła się z 3,45 km² do 1,45 km², a więc o ok. 60%. Oznacza to, że o tyle zmniejszył się obszar, z którego jezioro było zasilane sptywami powierzchniowymi. Wahania zwierciadła wody w tym zbiorniku wynoszą nawet 2m! Zarastanie i zanik jeziora (Rys. 3.13) pogarsza jego stopniowe zasypywanie - zasypano już ponad 10% powierzchni. Obecnie, w ramach realizacji programu małej retencji, planowana jest rekultywacja jeziora [36].



Rys. 3.12 Położenie jeziora Zgorzala
[<http://maps.google.com>]



Rys. 3.13 Wysychające i zarastające jezioro Zgorzala

Problematyka zmniejszania się zasobów wodnych będzie się prawdopodobnie nasilać wraz z postępującymi **zmianami klimatu** i spodziewanymi przedłużającymi się okresami suchymi. Jest to jedno z prognozowanych zagrożeń, które dotknie ekosystemy wodne [8, 32, 37]. Susza hydrologiczna, która nawiedziła Polskę w 2003 roku, wyraźnie odbiła się na zasobach wodnych wielu zbiorników. Opady były wtedy nawet o 80% niższe niż przeciętnie, a temperatury powietrza nieco wyższe niż zazwyczaj. W rzekach znacznie obniżył się poziom wód,



Rys. 3.14 Wyschnięte koryto Wielkiej Strugi –
głównego dopływu Jeziora Zdwojskiego
[WZMiUW o. Plock]

zarejestrowano wówczas stany wód niższe od dotychczas występujących, a liczne małe strumienie zupełnie wyschły - przepływ wody zanikał już w czerwcu, a stan ten utrzymywał się do końca lata, powodując całkowity zanik życia biologicznego [32]. Podobną sytuację zaobserwowano w największym na Mazowszu zbiorniku naturalnym - Jeziorze Zdrowskim, którego główny dopływ latem przestał prowadzić wodę, a w samym jeziorze poziom wody obniżył się aż o 40 cm (Rys. 3.14) [dane Wojewódzkiego Zarządu Melioracji Urządzeń Wodnych w Warszawie, Oddział w Płocku].

Inne zagrożenia

Zasypywanie, zaśmiecanie

Wiele małych zbiorników, cieków, mokradł jest niszczone poprzez ich zasypywanie, na przykład gruzem czy ziemią, a często stają się miejscem „składowania” odpadów od okolicznych mieszkańców. Poza oczywistymi szkodami, przyspiesza to zarastanie i zanikanie takich środowisk. Zaśmiecanie może także stanowić zagrożenie dla jakości wód (wycieki toksycznych substancji) czy dla zwierząt (butelki czy pojemniki działają jak pułapki itp.).

Niszczenie roślinności

Strefy roślinności wzdłuż cieków czy wokół zbiorników działają jak naturalne filtry: wiążą niektóre substancje i pierwiastki, przez co zatrzymują zanieczyszczenia. Analogicznie działa roślinność wodna w korytach rzek i misach zbiorników. Ponadto, roślinność w strefie brzegowej zbiorników ma także inne znaczenie dla jakości wód, a mianowicie sprzyja procesowi samooczyszczania się wód, nie wspominając o jej funkcjach ekologicznych jako siedliska, miejsca schronienia, żerowania czy rozrodu fauny wodnej [26]. Strefy roślinności nadwodnej są często niszczone ze względu na regulację cieków, zabudowę brzegów, zajmowanie pod zabudowę terenów bezpośrednio nad wodą.

Zagrożeń dla funkcjonowania ekosystemów wodnych można wymienić w tym miejscu jeszcze wiele, jak na przykład eksploatacja torfu, zasolenie, podgrzanie wód i wiele innych [8, 16, 25]. Jednak ze względu na i tak bardzo szeroki zakres niniejszych materiałów, przestaniemy na zagrożeniach już omówionych i do nich będą się odnosiły informacje na temat ochrony wód.



Rys. 3.15 Zaśmiecanie oczka wodne

Literatura

- [1] Allan J.D. 1998: Ekologia wód płynących. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- [2] Bajkiewicz-Grabowska E. 2002: Obieg materii w systemach rzeczno-jeziornych. Uniwersytet Warszawski, Wydział Geografii i Studiów Regionalnych, Warszawa.
- [3] Balcerzak W., Zymon W. 1993: Wstępne ozonowanie w uzdatnianiu wód zeutrofizowanych. Ochrona środowiska 4(51). Oddział Dolnośląski Polskiego Zrzeszenia Inżynierów i Techników Sanitarnych, Wrocław.
- [4] Banasik i in. 2006: Program utrzymania walorów przyrodniczych Parku w Wilanowie i Potoku Służewieckiego. Katedra Inżynierii Wodnej i Rekultywacji SGGW, Warszawa (niepublikowane).
- [5] Bartel R., Kleszcz M. 2008: Zarybianie rybami wędrównymi w Polsce. Użytkownik Rybacki - Nowa Rzeczywistość. Polski Związek Wędkarski, Spała.
- [6] Błaszczyk P. 2005: Istniejący system odprowadzania wód opadowych z terenu Warszawy i możliwości jego poprawy w wyniku zastosowania współczesnych metod ograniczania spływów powierzchniowych (niepublikowane).
- [7] Bojarski A., Jeleński J., Jelonek M., Litewka T., Wyźga B., Zalewski J. 2005: Zasady dobrej praktyki w utrzymaniu rzek i potoków górskich. Ministerstwo Środowiska, Warszawa.
- [8] Dobrowolski K.A., Lewandowski K. 1998: Ochrona środowisk wodnych i błotnych w Polsce. Oficyna Wydawnicza Instytutu Ekologii PAN.
- [9] Dojlido J. 1995: Chemia wód powierzchniowych. Wydawnictwo Ekonomia i Środowisko, Białystok.
- [10] Domańska M., Wiercik P., Idzikowski R. 2009: Problemy z uzdatnianiem wód zeutrofizowanych. Przegląd Naukowy Inżynieria i Kształtowanie Środowiska 3(45). Wydawnictwo SGGW, Warszawa.
- [11] Fidała-Szopa M., Sawicka-Siarkiewicz H., Koczyk A. 1999: Ochrona wód powierzchniowych przed zrzutami burzowymi kanalizacji ogólnospławnej. Poradnik. Instytut Ochrony Środowiska, Warszawa.
- [12] Hermanowicz W., Dożańska W., Dojlido J., Kosiorowski B. 1976: Fizyczno-chemiczne badanie wody i ścieków. Wydawnictwo Arkady, Warszawa.
- [13] Jańczak J. (red.) 1999: Atlas Jezior Polski. Tom 3. Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej, Bogucki Wydawnictwo Naukowe S.C., Poznań.
- [14] Jeznach J. 1999: Ekspertyza hydrologiczno-przyrodnicza jeziora Zgorzala wraz z oceną wpływu sposobu zagospodarowania obszaru na jego prawidłowe funkcjonowanie. Zespół Rzeczoznawców Inżynierów i Techników Wodnych i Melioracyjnych, Warszawa (niepublikowana).
- [15] Kajak Z., 1979: Eutrofizacja Jezior. PWN, Warszawa.
- [16] Kajak Z. 2001: Hydrobiologia - limnologia. Ekosystemy wód śródlądowych. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- [17] Kudelska D., Cydzik D., Soszka H., 1992: Wytyczne monitoringu podstawowego jezior. Biblioteka Monitoringu Środowiska, PIOŚ, Warszawa.
- [18] Lampert W., Sommer U. 2001: Ekologia wód śródlądowych. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- [19] Lossow K., Gawrońska H., 1992: Koncepcja rekultywacji Jeziora Etckiego. Akademia Rolniczo-Techniczna w Olsztynie, Olsztyn (niepublikowane).
- [20] Ochrona Środowiska 2009. Informacje i opracowania statystyczne. Główny Urząd Statystyczny, Warszawa.
- [21] Okruszko T. 2007: Ochrona mokradel jako elementu zlewni rzecznych [w:] Biernacka E. (red.)

Torfowiska i mokradła. Wydawnictwo SGGW, Warszawa.

[22] Oksiuta M. 2007: Odpływ ze zlewni zurbanizowanej na przykładzie Potoku Służewieckiego w Warszawie [w:] Michalczyk Z. (red.) Obieg wody w środowisku naturalnym i przekształconym. Wydawnictwo Uniwersytetu Marii Curie-Skłodowskiej, Lublin.

[23] Oldham R.S., Keeble J., Swan M.J.S., Jeffcote M. 2000: Evaluating the suitability of habitat for the Great Crested Newt (*Triturus cristatus*). *Herpetological Journal* 10(4).

[24] Osmólska-Mróż B. 1992: Prognozowanie i ochrona jakości wód powierzchniowych na terenach miejskich. Instytut Ochrony Środowiska, Warszawa.

[25] Pawlaczek P., Jermaczek A. 2009: Poradnik lokalnej ochrony przyrody. Wydawnictwo Klubu Przyrodników, Świebodzin.

[26] Popek Z., Żelazo J. 2002: Podstawy renaturyzacji rzek. Wydawnictwo SGGW, Warszawa.

[27] Projekt techniczny rekultywacji Jeziora Etckiego Północnego, 1998: EKO-TECH S.C., Warszawa (niepublikowany).

[28] Rotkiewicz J. 2007: Azot i fosfor w glebach hydrogenicznych [w:] Biernacka E. (red.) Torfowiska i mokradła. Wydawnictwo SGGW, Warszawa.

[29] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 11 lutego 2004 r. w sprawie klasyfikacji dla prezentowania stanu wód powierzchniowych i podziemnych, sposobu prowadzenia monitoringu oraz sposobu interpretacji wyników i prezentacji stanu tych wód (Dz. U. Nr 32, poz. 284).

[30] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 20 sierpnia 2008 r. w sprawie sposobu klasyfikacji stanu jednolitych części wód powierzchniowych (Dz.U.2008.162.1008).

[31] Różański S. (red.) 2003: Raport o stanie środowiska województwa warmińsko-mazurskiego w roku 2002. Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska w Olsztynie, Olsztyn.

[32] Sasim M., Mirkiewicz M. 2005: Susza w 2003 roku. *Obserwator IMGW* 51(2005).

[33] Sawicka-Siarkiewicz H. 2004: Ograniczanie zanieczyszczeń w sptywach powierzchniowych z dróg. Ocena techniczna. Instytut Ochrony Środowiska, Warszawa.

[34] Seńczuk W. (red) 2002: Toksykologia. Podręcznik dla studentów, lekarzy i farmaceutów. Wydawnictwo Lekarskie PZWL, Warszawa.

[35] Stan czystości rzek, jezior i Bałtyku na podstawie badań prowadzonych w ramach Państwowego Monitoringu Środowiska w latach 2003-2004. Biblioteka Monitoringu Środowiska, Warszawa

[36] Stańczyk T. 2003: Identyfikacja zagrożeń zbiorników wodnych na terenie Warszawy [w:] *Roczniki Akademii Rolniczej w Poznaniu CCCLV. Melioracje i inżynieria środowiska* 24 (2003), Poznań.

[37] Strategia ochrony obszarów wodno-błotnych w Polsce na lata 2006-2013 wraz z planem działań i kalkulacją kosztów. Ministerstwo Środowiska, Warszawa 2006.

[38] Studium ochrony i ukształtowania doliny Potoku Służewieckiego w Warszawie. Faza 3. Raport końcowy. WS Atkins, Warszawa 1998 (niepublikowane).

[39] Wachowiak G. 2005: Rozwój zespołu górniczo-energetycznego Bełchatów na tle lokalizacji posterunków wodowskazowych Działu Służby Obserwacyjno-Pomiarowej IMGW w Poznaniu. *Gazeta Obserwatora IMGW* 5(2005).

[40] Wpływ wydobycia węgla brunatnego na środowisko naturalne. PGE Polska Grupa Energetyczna SA [<http://www.bot.pl>].