



**RACJONALIZACJA WYKORZYSTANIA
ZASOBÓW WODNYCH NA TERENACH
ZURBANIZOWANYCH**
Poradnik dla gmin

Racjonalizacja wykorzystania zasobów wodnych na terenach zurbanizowanych

Poradnik dla gmin

Kraków 2019

Autorzy: dr hab. inż. **Tomasz Bergier**, Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie
dr hab. inż. **Ewa Burszta-Adamiak**, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
dr inż. **Wiesław Fiałkiewicz**, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
dr hab. **Piotr Małecki**, Uniwersytet Ekonomiczny w Krakowie
Małgorzata Owsiany, Regionalny Zarząd Gospodarki Wodnej w Krakowie
dr **Ksymena Rosiek**, Uniwersytet Ekonomiczny w Krakowie
dr hab. inż. **Stanisław M. Rybicki**, Politechnika Krakowska
dr hab. inż. **Ewa Wojciechowska**, Politechnika Gdańska

Konsultacja naukowa: dr hab. inż. **Ewa Burszta-Adamiak**, dr inż. **Wiesław Fiałkiewicz**

Recenzent: dr hab. inż. **Jadwiga Królikowska**, Politechnika Krakowska
im. Tadeusza Kościuszki; Wydział Inżynierii Środowiska;
Instytut Zaopatrzenia w Wodę i Ochrony Środowiska

Redakcja techniczna: Stowarzyszenie Gmin Polska Sieć „Energie Cités”

Wydawca: Stowarzyszenie Gmin Polska Sieć „Energie Cités”
ul. Sławkowska 17, 31-016 Kraków
tel. + 48 12 429 17 95; fax +48 12 429 17 93
e-mail: biuro@pnec.org.pl
www.pnec.org.pl

Skład: Agencja Reklamowo-Wydawnicza „Ostoja”, tel. 601 41 01 01

Druk: Łódzkie Zakłady Graficzne Sp. z o.o.
ul. Chemików 2, 95-100 Zgierz

ISBN: 978-83-947495-8-3

Publikacja została wydrukowana na papierze ekologicznym.

© Copyright by Stowarzyszenie Gmin Polska Sieć „Energie Cités”, Kraków 2019



Niniejszy poradnik został dofinansowany ze środków Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej. Za jego treść odpowiada wyłącznie Stowarzyszenie Gmin Polska Sieć „Energie Cités”.



Unia Europejska
Fundusz Spójności



Exemplarz bezpłatny – sprzedaż zabroniona!

Przedmowa

Oddajemy w Państwa ręce poradnik pt. „Racjonalizacja wykorzystania zasobów wodnych na terenach zurbanizowanych” z nadzieją, że przyczyni się on do zwiększania świadomości lokalnych decydentów i mieszkańców w zakresie potrzeby racjonalnego gospodarowania wodą.

Kompleksowe działania w tym obszarze są szczególnie istotne, gdyż wskutek obserwowanych zmian klimatycznych deficyt wody na terenie Polski może się w przyszłości pogłębiać. Zasoby wodne Polski w przeliczeniu na jednego mieszkańca należą do najniższych w Europie, dlatego też efektywne gospodarowanie nimi pozostaje jednym z najważniejszych priorytetów naszego kraju.

Ponad 60% ludności Polski zamieszkuje miasta, w których coraz większe powierzchnie zabudowy są pokryte przez materiały nieprzepuszczalne, a decydenci zmagają się z zaburzeniem naturalnego obiegu wody i koniecznością zaspokojenia wszystkich potrzeb ludności i gospodarki w okresach zagrożenia suszą oraz zapobiegania podtopieniom i powodziom w okresie nawałnych opadów.

Z tych względów istnieje potrzeba wdrażania systemu zarządzania zasobami wodnymi, a w realizacji tych zadań może pomóc wskaźnik śladu wodnego, któremu poświęcony jest niniejszy poradnik. Wierzymy, że rozpowszechnienie stosowania śladu wodnego przyczyni się do lepszego gospodarowania wodą w miastach.

Bez aktywnego zaangażowania samorządów lokalnych oraz mieszkańców miast nie jest możliwa ochrona zasobów wodnych i łagodzenie zmian klimatu przy jednoczesnym zapewnieniu rozwoju gospodarczego i wyższej jakości życia obywateli.

Chcąc zainspirować władze lokalne do realizacji nowatorskich na polskim gruncie przedsięwzięć, oddajemy do Państwa rąk tę publikację.

Poradnik został opracowany z inicjatywy Stowarzyszenia Gmin Polska Sieć „Energie Cités”, lidera projektu pt. „Ślad wodny jako narzędzie edukacji, integracji oraz podejmowania inicjatyw na rzecz ochrony zasobów wodnych w miastach”, finansowanego przez NFOŚiGW w ramach Programu Operacyjnego Infrastruktura i Środowisko 2014–2020. Do jego opracowania zaangażowaliśmy ekspertów, o których informacje zamieszczono na początku każdego z rozdziałów.

*Zespół redakcyjny
Stowarzyszenia Gmin Polska Sieć „Energie Cités”*

Stowarzyszenie Gmin Polska Sieć „Energie Cités”



Jest pozarządową organizacją non-profit, od 1994 r. współpracującą z samorządami lokalnymi na rzecz kształtowania lokalnej gospodarki niskoemisyjnej, efektywnego wykorzystania energii i jej odnawialnych źródeł oraz edukacja ekologicznej i ochrony klimatu.

Nasza sieć zrzesza kilkadziesiąt miast i gmin z całej Polski będących liderami zrównoważonego rozwoju oraz członków wspierających – firmy branżowe.

Od 2009 r. działamy jako pierwsza w Polsce Organizacja Wspierająca Porozumienie Burmistrzów, aktywnie promując tę europejską inicjatywę i pomagając polskim sygnatariuszom w realizacji ich celów i zobowiązań.



CZYM SIĘ ZAJMUJEMY?

- pozyskujemy fundusze na partnerskie projekty i działania z zakresu efektywności energetycznej, ochrony klimatu i gospodarki niskoemisyjnej;
- prowadzimy wymianę doświadczeń promując innowacyjne technologie i najlepsze rozwiązania;
- współpracujemy z ponad 70 partnerami z 25 krajów;
- zrealizowaliśmy ponad 80 projektów krajowych i międzynarodowych;
- przygotowaliśmy, wydaliśmy i bezpłatnie rozprowadziliśmy publikacje dotyczące innowacji w energetyce, ekologii i edukacji.

PRZYŁĄCZ SIĘ DO NAS, JEŻELI CHCESZ:

- lepiej zarządzać energią w swoim mieście lub gminie;
- obniżyć koszty zużycia energii;
- efektywnie wykorzystywać odnawialne źródła energii;
- uczestniczyć w realizacji międzynarodowych projektów i zyskać nowe doświadczenia;
- znaleźć partnerów do współpracy;
- pogłębić wiedzę na temat ochrony klimatu i źródeł finansowania projektów z tej dziedziny;
- poprawić jakość powietrza w swojej gminie;
- aktywizować i edukować społeczność lokalną;
- szeroko promować swoją aktywność na forum krajowym i międzynarodowym.

**RAZEM CHRONIMY ŚRODOWISKO!
Z NAMI TWOJA GMINA MOŻE WIĘCEJ**

www.pnec.org.pl

Spis treści

Przedmowa	3
Wprowadzenie	9
Definicje pojęć stosowanych w poradniku	11
1. Zasoby wodne Polski i ich użytkowanie	15
1.1. Specyfika zasobów wodnych Polski	15
1.2. Możliwości wykorzystania zasobów wodnych Polski	18
1.2.1. Zasoby wodne Polski na tle innych krajów europejskich	18
1.2.2. Zmiany w specyfice miast i ich wpływ na wykorzystanie wody	22
1.3. Dynamika wykorzystania zasobów wodnych w Europie i w Polsce	24
1.4. Trendy zmian w wykorzystaniu zasobów wód	29
Bibliografia	32
2. Zarządzanie zasobami wodnymi na obszarze Polski	33
2.1. Dokumenty strategiczne dla zapewnienia ochrony i czystości zasobów wodnych	33
2.2. Uregulowania prawne w zakresie gospodarki wodno-ściekowej kraju	39
2.3. Kompetencje administracji rządowej i samorządowej	46
2.3.1. Organizacja Wód Polskich	46
2.3.2. Zgody wodnoprawne w nowym Prawie wodnym	47
Bibliografia	49
3. Rozwój zrównoważony a efektywne wykorzystanie zasobów wodnych ...	51
3.1. Wody opadowe jako naturalny zasób wodny	51
3.2. Antropogeniczne czynniki wpływające na gospodarowanie wodami opadowymi	55
3.3. Wyzwania w zakresie gospodarowania wodami opadowymi w kontekście zrównoważonego rozwoju	62
3.4. Korzyści z właściwego gospodarowania wodami opadowymi	69
3.5. Podsumowanie	72
Bibliografia	73
4. Racjonalizacja wykorzystania zasobów wodnych poprzez pomiar śladu wodnego	77
4.1. Definicja śladu wodnego	77
4.2. Metodologie wyznaczania śladu wodnego	78
4.2.1. Metodologia WFN	78
4.2.2. Metodologia LCA	80

4.3. Ślad wodny kraju	80
4.4. Ślad wodny miasta	82
4.5. Ślad wodny wydzielonych obszarów w mieście	86
4.6. Ślad wodny mieszkańca miasta	88
Bibliografia	91
5. Możliwości zastosowania wskaźnika śladu wodnego w praktyce.....	93
5.1. Wprowadzenie.....	93
5.2. Ślad wodny a codzienne nawyki konsumenta wody.....	95
5.3. Ślad wodny a model konsumpcji	97
5.4. Ślad wodny a rolnictwo zrównoważone.....	101
5.5. Ślad wodny a marnowanie żywności	103
5.6. Ślad wodny a konsumpcjonizm towarów przemysłowych.....	107
5.7. Ślad wodny a proekologiczne zachowania w przemyśle.....	109
5.8. Ślad wodny a gospodarka wodą w miastach.....	111
5.9. Ślad wodny a decyzje polityczne	114
5.10. Ślad wodny a planowanie przestrzenne	117
5.11. Ślad wodny a edukacja społeczeństwa	118
5.12. Podsumowanie	121
Bibliografia	122
6. Nowoczesne rozwiązania umożliwiające poprawę gospodarki wodnej... 127	
6.1. Urządzenia do retencji i infiltracji wód opadowych	127
6.1.1. Urządzenia do rozsączania wody deszczowej pod powierzchnią terenu.....	130
6.1.2. Urządzenia do retencionowania i rozsączania wód opadowych na powierzchni terenu	134
6.2. Zielona infrastruktura.....	147
6.3. Systemy wodooszczędne stosowane w procesie produkcyjnym oraz w gospodarstwach domowych.....	150
6.3.1. Zbieranie i wykorzystanie wody opadowej	151
6.3.2. Wykorzystanie ścieków szarych.....	153
Bibliografia	156
7. Przykłady dobrych praktyk wpływających na redukcję śladu wodnego... 161	
7.1. Wprowadzenie	161
7.2. Zmniejszenie strat w krakowskiej sieci wodociągowej.....	163
7.3. Green City, Clean Waters (zielone miasto, czyste wody), Filadelfia, USA	166
7.4. Ogrody deszczowe w polskich miastach	169
7.5. Plac wodny, Rotterdam, Holandia	175
7.6. Zintegrowane zarządzanie zlewniami rzek Delaware i Catskill w celu poprawy jakości wody dla mieszkańców Nowego Jorku	178
7.7. Podsumowanie	181
Bibliografia	182

8. Finansowanie przedsięwzięć z zakresu gospodarki wodno-ściekowej...	185
8.1. Źródła i formy finansowania inwestycji środowiskowych.....	185
8.2. Mechanizmy i programy finansowania przedsięwzięć z zakresu ochrony środowiska i gospodarki wodnej.....	191
8.3. Opłaty i kary w gospodarce wodno-ściekowej.....	200
8.4. Instrumenty ekonomiczne zachęcające do wykonywania inwestycji proekologicznych.....	204
Bibliografia	210
9. Wyniki obliczeń śladu wodnego w miastach	215
9.1. Charakterystyka miast.....	216
9.1.1. Uwarunkowania klimatyczne	216
9.1.2. Ukształtowanie terenu	217
9.1.3. Zagospodarowanie przestrzenne.....	218
9.1.4. Gospodarka wodno-ściekowa	220
9.2. Dane do obliczeń	223
9.3. Ślad wodny miast	231
9.4. Ślad wodny mieszkańców	240
Bibliografia	247

Wprowadzenie

Określenie zużycia wody w dotychczasowym ujęciu bazowało najczęściej na oszacowaniu wielkości bezpośredniego poboru wody, a analizy w tym zakresie prowadzone były w odniesieniu do terenu, na którym te wody występują. Bardziej kompleksowe ujęcie tematu wymaga zwrócenia uwagi na całość zasobów wodnych. Woda jest odnawialnym zasobem, nie znaczy to jednak, że nieograniczonym. Do tej pory wydawało się, że deficyt wody dotyczy jedynie krajów Afryki. Statystyki są jednak bardziej niepokojące. Problemy z małą ilością dyspozycyjnych zasobów wodnych mają również państwa europejskie, w tym Polska. W warunkach zmieniającego się klimatu oraz rozwoju gospodarczego dostarczanie wody w dostatecznej ilości staje się wyzwaniem o znaczeniu globalnym. Problem ten najprawdopodobniej będzie się pogłębiał. Jednym z wyzwań, zarówno na świecie jak i w Polsce, jest zabezpieczenie wszystkich potrzeb ludności i gospodarki w okresach zwiększającego się zagrożenia suszą oraz radzenie sobie z większą ilością wody w okresie jej nadmiaru. Z tych względów istnieje potrzeba wdrażania elastycznego systemu zarządzania zasobami wodnymi oraz zwiększania świadomości społeczeństwa w zakresie potrzeby racjonalnego gospodarowania wodą. W realizacji tych zadań może pomóc wskaźnik śladu wodnego, któremu tematycznie poświęcony jest niniejszy poradnik.

Koncepcja śladu wodnego była rozwijana od lat dziewięćdziesiątych XX w., ale wzrost zainteresowania nią nastąpił po wprowadzeniu przez John A. Allana w 1993 r. pojęcia „wody wirtualnej”. Nieco później, bo w 2002 r. Arjen Y. Hoekstra wprowadził definicję śladu wodnego. Ślad wodny, obok śladu węglowego, stanowi element śladu środowiskowego (ekologicznego), którego analiza pozwala na określenie zapotrzebowania człowieka na zasoby naturalne. Ślad wodny, jak sama nazwa wskazuje, koncentruje się w tym aspekcie na zasobach wodnych. Obliczanie śladu wodnego umożliwia znalezienie odpowiedzi na co najmniej kilka pytań. W podstawowym podejściu pozwala na określenie, jakie jest zapotrzebowanie na zasoby wodne (ile wody zużywamy) z podziałem na niebieski, zielony i szary ślad wodny. Wskaźnik ten umożliwia dokonanie analizy przestrzennej wpływu działalności człowieka np. zabudowy, rolnictwa na system wodny. Przy tej okazji można odpowiedzieć na pytanie, gdzie i w jakim stopniu konsumowane są zasoby wodne i gdzie znajdują się obszary, dla których ślad wodny przyjmuje najwyższe wartości i w konsekwencji działania podejmowane na rzecz racjonalnego korzystania

z zasobów wodnych powinny być traktowane priorytetowo. Wykorzystanie koncepcji śladu wodnego do oceny zużycia wody w szerszym aspekcie m.in. do zintegrowanego zarządzania wodą, jako narzędzia do zwiększenia świadomości mieszkańców oraz władz w zakresie wpływu na środowisko podejmowanych przez nich decyzji, jako metody promowania i wspierania rozwiązań proekologicznych, jako podstawy wyboru modelu konsumpcji itp. pozwala na zastanowienie się, w jaki sposób można poprawić gospodarowanie wodą przy użyciu różnych rozwiązań technologicznych oraz jakie strategie należy wdrażać na rzecz zmniejszenia śladu wodnego na danym obszarze.

Pomimo upływu kilkunastu lat od momentu wykonania po raz pierwszy obliczeń śladu wodnego, jego wykorzystanie w praktyce wciąż pozostaje na niezadowalającym poziomie. Jedną z przyczyn jest brak powszechnej wiedzy na temat metodyki wyznaczania śladu wodnego oraz możliwości jego praktycznego wykorzystania. Niniejszy poradnik jest opracowaniem, które zapełnia tę lukę. Podjęta w nim tematyka pozwala kompleksowo spojrzeć na problematykę gospodarowania wodami. W części wprowadzającej scharakteryzowano wielkości zasobów wodnych, opisano kluczowe problemy w gospodarce wodno-ściekowej i wyzwania środowiskowe na tle aktualnych uwarunkowań formalno-prawnych. W najbardziej rozbudowanej części poradnika, poświęconej wskaźnikowi śladu wodnego, omówiono metodykę jego wyznaczania na szczeblu lokalnym, regionalnym i krajowym. W tej części opracowania opisano także wybrane możliwości zastosowania tego wskaźnika w praktyce oraz przedstawiono wyniki obliczeń śladu wodnego, przeprowadzonych dla pięciu polskich miast tj. Ełku, Milanówka, Kalisza, Jasła i Cieszyna. W poradniku czytelnik znajdzie także inspirujące przykłady rozwiązań oraz dobrych praktyk, które mają na celu poprawę śladu wodnego oraz dowie się, z jakich form i źródeł finansowania można skorzystać, aby zrealizować inwestycje z zakresu ochrony środowiska i gospodarki wodnej.

Niniejszy poradnik jest przeznaczony dla szerokiego grona odbiorców. Treści w nim przedstawione mogą być interesujące zarówno dla lokalnych samorządów, jak i przedstawicieli instytucji wyższych szczebli administracyjnych, organizacji pozarządowych, właścicieli firm, studentów, mieszkańców oraz innych grup interesariuszy, którzy uczestniczą bezpośrednio lub pośrednio w programach naprawczych z zakresu ochrony zasobów wodnych. Właściwe wykorzystanie wiedzy z poradnika pozwala mieć nadzieję, że obliczenia śladu wodnego będą częścią przeprowadzanych, a ich wymierne wyniki pozwolą na podejmowanie inicjatyw na rzecz ochrony zasobów wodnych w praktyce.

Ewa Burszta-Adamiak
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

Definicje pojęć stosowanych w poradniku

Zintegrowane zarządzanie zasobami wodnymi (*ang. Integrated Water Resources Management, IWRM*) – koordynacja działań politycznych, gospodarczych i społecznych w zakresie realizacji idei zrównoważonego rozwoju oraz zarządzania wodą, przestrzenią i innymi zasobami w celu zwiększenia korzyści społecznych i ekonomicznych w sposób równorzędny, bez konieczności naruszania równowagi przyrodniczej. Ten element polityki wodnej krajów członkowskich UE jest skutecznym narzędziem realizowania zasad rozwoju zrównoważonego w odniesieniu do zasobów wodnych w zakresie kształtowania i wykorzystania zasobów wód powierzchniowych i podziemnych, z uwzględnieniem ich ilości i jakości, potrzeb użytkowników i konsumentów wód oraz ekosystemów od wód zależnych.

Koncepcja zabudowy o niskim oddziaływaniu na środowisko (*ang. Low Impact Development, LID*) – dotyczy zagospodarowania wód opadowych. Koncepcja ta powstała w Stanach Zjednoczonych i polega na takim planowaniu przestrzennym terenów miejskich, które uwzględnia przy planowaniu zabudowy specyfikę uwarunkowań lokalnych (ukształtowanie terenu, poziomy wód gruntowych) danego terenu, aby ograniczyć negatywny wpływ zabudowy na funkcjonowanie sąsiadujących terenów oraz systemu przyrodniczego. Podejście to promuje zagospodarowanie wód opadowych za pomocą rozwiązań, których funkcjonowanie naśladuje przebieg naturalnych procesów hydrologicznych (retencja, detencja, infiltracja w miejscu opadu).

Koncepcja planowania miasta ukierunkowanego (uwrażliwionego) na wodę (*ang. Water Sensitive Urban Design, WSUD*) – koncepcja powstała w Australii i podobnie jak LID dotyczy zagospodarowania wód opadowych. Podejście to bazuje na takim planowaniu przestrzennym i projektowaniu inżynierskim, które uwzględniają miejski obieg wody, nastawiony na minimalizację zagrożeń dla środowiska oraz poprawę walorów estetycznych i rekreacyjnych. W koncepcji tej podkreśla się potrzebę współpracy interdyscyplinarnej pomiędzy specjalistami z zakresu gospodarki wodnej, planowania przestrzennego, architektury krajobrazu

i ochrony środowiska w sprawach dotyczących zagospodarowania wód opadowych w przestrzeniach miejskich.

Systemy zrównoważonego zagospodarowania wód opadowych w miastach (*ang. Sustainable Urban Drainage Systems, SUDS*) – rozwiązania techniczne, zarówno powierzchniowe jak i podziemne, służące do infiltracji lub retencji wód opadowych na miejscu opadu, które pozwalają na wdrażanie koncepcji LID oraz WSUD w praktyce. Do zrównoważonych systemów zaliczane są m.in. niecki chłonne, zbiorniki retencyjne i infiltracyjne, ogrody deszczowe, zielone dachy, skrzynki retencyjno-rozsączające, komory drenażowe itd.

Najlepsze praktyki w zagospodarowaniu wód opadowych (*ang. Best Management Practices, BMPs*) – działania strukturalne (techniczne) i niestructuralne (nietechniczne) pozwalające, podobnie jak SUDS, na retencjonowanie wód opadowych, podczyszczanie spływów, ograniczenie szybkości odpływu powierzchniowego oraz wydłużanie drogi spływu wód do odbiorników. Rozwiązania techniczne, proponowane w ramach BMPs, są takie same jak SUDS, stąd nazwy te stosowane są w praktyce naprzemiennie.

Zielona infrastruktura (*ang. Green Infrastructure, GI*) – naturalne lub semi-naturalne systemy (z wykorzystaniem roślinności), które umożliwiają osiągnięcie celów gospodarki wodnej na równorzędnym lub wyższym poziomie niż konwencjonalna „szara” infrastruktura (systemy kanalizacyjne). Urządzenia tego typu oferują nie tylko możliwość zagospodarowania wód opadowych na miejscu opadu, ale dodatkowo zapewniają korzyści natury estetycznej, społecznej i środowiskowej, które sprawiają, że miasta stają się bardziej przyjazne dla mieszkańców, z większym udziałem terenów biologicznie czynnych. Do zielonej infrastruktury zalicza się takie rozwiązania jak zielone dachy, ogrody deszczowe, niecki i zbiorniki infiltracyjne, pasaże roślinne itp.

Ślad wodny (*ang. water footprint*) – wskaźnik określający zużycie zasobów wody słodkiej w ujęciu objętościowym (wyrażony np. w m³/jedn. produktu lub w m³/rok) dla analizowanego rejonu, produktu lub usługi, z uwzględnieniem zarówno ilości zużywanej wody, jak i jej jakości w przypadku wprowadzania zanieczyszczeń do środowiska.

Niebieski ślad wodny (*ang. blue water footprint*) – składnik śladu wodnego. Określa konsumpcję zasobów wód powierzchniowych i podziemnych. Uwzględnia zużycie wody bezpośrednie i pośrednie, czyli tę ilość wody, która została bezpośred-

nio zużyta przez konsumenta lub producenta, odprowadzona w wyniku parowania z powierzchni uszczelnionych, zmagazynowana w postaci wody opadowej lub eksportowana poza granice administracyjne analizowanego terenu.

Zielony ślad wodny (*ang. green water footprint*) – składnik śladu wodnego. Określa zużycie tej części wody opadowej, która nie zamienia się w spływ powierzchniowy ale jest przechwytywana przez rośliny, które zużywają ją w procesie ewapotranspiracji lub włączają w produkowaną biomasę.

Szary ślad wodny (*ang. grey water footprint*) – składnik śladu wodnego. Odnosi się do zanieczyszczenia wody i jest definiowany jako objętość wody, która byłaby potrzebna do rozcieńczenia ładunku odprowadzanych zanieczyszczeń do takiego stopnia, aby jakość wody w odbiorniku nie przekraczała obowiązujących standardów jakości wody.

Woda wirtualna (*ang. virtual water*) – ilość wody, która jest potrzebna do wyprodukowania produktów będących przedmiotem handlu, czyli jest to woda, która jest używana w całym cyklu produkcyjnym artykułów żywnościowych i przemysłowych, wykorzystywanych na co dzień.

Ślad wodny krajowej konsumpcji (*ang. water footprint of nation*) – całkowita objętość wody wykorzystanej do wyprodukowania wszystkich artykułów i usług skonsumowanych przez mieszkańców danego kraju z uwzględnieniem zarówno składników wewnętrznych czyli wytworzonych w danym kraju, jak i zewnętrznych, czyli powstałych w innych krajach. Ślad wodny krajowej konsumpcji jest sumą wewnętrznego śladu wodnego i wody wirtualnej importowanej, pomniejszoną o wodę wirtualną wyeksportowaną.

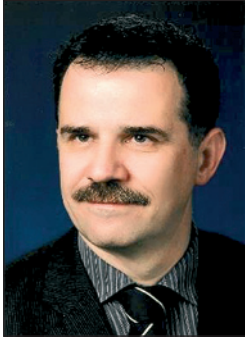
Ślad wodny miasta (*ang. urban water footprint*) – określa objętość wody, która została utracona, tzn. nie powróciła do zlewni, z której została pobrana, w granicach administracyjnych miasta.

Instalacja dualna (*ang. dual installation*) – instalacja „podwójna”, która musi być wykonana w budynku w przypadku wykorzystania wody opadowej (deszczowej) lub wody szarej np. do splukiwania misek ustępowych. To instalacja doprowadzająca osobno wodę deszczową/szarą oraz wodę wodociągową do punktów czerpalnych. W takim rozwiązaniu do toalety doprowadzana jest woda deszczowa, a do prysznicza, zlewozmywaka, zmywarki – woda wodociągowa. Przy projektowaniu instalacji dualnej należy wziąć pod uwagę wymogi normy PN-EN 1717:2003.

Ścieki szare (woda szara, *ang. grey sewage/grey water*) – woda pochodząca z ujęcia wody lub sieci wodociągowej, która została już raz użyta, ale nadaje się w ograniczonym zakresie do powtórnego wykorzystania (do splukiwania misek ustępowych czy podlewania terenów zielonych). Może to być woda pochodząca z kąpieli, prania, umywalek. Woda ta, ze względu na swój skład, aby mogła być powtórnie wykorzystana w instalacjach dualnych, musi zostać poddana procesowi wstępnego podczyszczania. Polska norma PN-EN 12056-1:2002 definiuje ścieki szare jako ścieki bytowo-gospodarcze, niezawierające fekalii i moczu.

Linia demarkacyjna (*ang. demarcation line*) – wyznacza granicę pomiędzy programami dofinansującymi oraz wyjaśnia sposób rozgraniczenia wsparcia pomiędzy nimi. Zostaje ustalona po to, aby wyeliminować sytuację, w której jeden projekt jest finansowany z kilku źródeł unijnych. Przy wsparciu z funduszy unijnych zabrania się tzw. podwójnego finansowania, tzn. dany projekt może zostać sfinansowany tylko z jednego funduszu, z jednego programu unijnego. Każdy beneficjent powinien dobrze się z nią zapoznać, gdyż spełnienie kryteriów linii demarkacyjnej to jeden z podstawowych elementów zatwierdzenia wniosku.

Umowa bilateralna (*ang. bilateral agreement*) – umowa dwustronna pomiędzy zainteresowanymi krajami, która definiuje zakres realizacji zobowiązań dwóch państw lub organizacji międzynarodowych względem siebie.



dr hab. inż. Stanisław Maria Rybicki, prof. PK – dziekan Wydziału Inżynierii Środowiska Politechniki Krakowskiej, członek Polskiej Izby Inżynierów Budownictwa, International Water Association IWA oraz Rady Programowej ds. gospodarki wodnościekowej Miasta Krakowa. Obszar badań to: inżynieria środowiska, gospodarka wodno-ściekowa, technologia wody i ścieków, gospodarka osadowa, projektowanie sieci i instalacji wodno-kanalizacyjnych, projektowanie systemów zaopatrzenia w wodę oraz zbiorników wodnych. Autor i współautor prac naukowych publikowanych w czasopismach lub wydawnictwach o zasięgu międzynarodowym oraz wielu monografi i kilkudziesięciu projektów realizowanych na zamówienie instytucji i urzędów centralnych.

1. Zasoby wodne Polski i ich użytkowanie

1.1. Specyfika zasobów wodnych Polski

Zasoby wodne to wody powierzchniowe zgromadzone w jeziorach, stawach, zbiornikach i wody płynące w rzekach oraz wody podziemne, przy czym szacuje się, że około 18% zasobów wód podziemnych jest corocznie zasilane przez przenikanie wód powierzchniowych w głąb ziemi. Pojęcie wód podziemnych obejmuje zarówno zasoby nadające się do wykorzystania przez człowieka (wody głębinowe, które uważane są za najcenniejsze dla zaopatrzenia w wodę ludności), jak i zasoby wodne o ograniczonej przydatności gospodarczej. Do tej grupy możemy zaliczyć wody zlokalizowane pod powierzchnią ziemi, w strefie nasycenia i bezpośredniego kontaktu z podłożem, szczególnie narażone na przenikanie do nich zanieczyszczeń z powierzchni, jak też wody nasycone związkami chemicznymi.

Zasoby wodne określa się na podstawie bilansu wodnego obszaru (np. kraju), porównując przychody i rozchody wody. Przychody stanowią: opady atmosferyczne, objętość wody dopływającej w rzekach i jeziorach rozpatrywanego obszaru oraz wody dopływające z zagranicy, natomiast przez rozchód wody rozumiemy: parowanie, zużycie wody na potrzeby przemysłowe, szeroko pojęte potrzeby komunalne oraz odpływ powierzchniowy i podziemny.

Polska leży prawie w całości (99,7%) na terenie zlewiska Morza Bałtyckiego, jedynie niewielkie tereny należą do zlewni innych mórz, są to: rzeka Iżera, której tylko nieznaczny początkowy odcinek leży na terenie Polski, jednak rzeka uchodzi do Łaby i znajduje się w zlewni Morza Północnego. Ponadto część dorzecza Strwiąża w Ustrzykach Dolnych i okolicach oraz Czarna Orawa w Kotlinie

Orawskiej na Podhalu znajdują się w zlewni Morza Czarnego. Większość terytorium naszego kraju leży w granicach zlewni dwóch największych rzek: Wisły (54% powierzchni) oraz Odry (33,9%), około 11,8% powierzchni położone jest w zlewniach rzek Przymorza, które uchodzą bezpośrednio do Bałtyku. Długość łączna rzek, potoków, strumieni, kanałów żeglownych i melioracyjnych na terenie Polski jest szacowana na około 98 tys. km. Tę rozległą sieć hydrograficzną tworzą dwie wspomniane, najważniejsze rzeki, płynące od źródeł w południowej części Polski¹ do ujścia do Bałtyku:

- Wisła oraz jej główne dopływy: Wisłoka, San, Wieprz, Pilica, Narew (z Bugiem i Bzurą), ich łączna długość jest szacowana na 3945 km, natomiast powierzchnia dorzecza wynosi 194 424 km² (z czego w granicach Polski leży 87%). Całkowita długość rzeki Wisły wynosi 1047 km, przepływ średni w ujściu do Bałtyku wynosi 1080,0 m³/s. Obszar jej zlewni charakteryzuje się pewnym zróżnicowaniem opadów deszczu, np. w obszarze źródłiskowym średnioroczne sumy opadów zmieniają się w zakresie 1200–1600 mm/rok, w przytłaczającej części zlewni zakres ten wynosi 500–600 mm/rok, podczas gdy dla odcinka bezpośrednio przed ujściem do Bałtyku wartość ta jest nieznacznie wyższa i wynosi od 600 do 700 mm/rok.
- Odra oraz jej główne dopływy: Warta, Nysa Kłodzka, Barycz, Bóbr, Nysa Łużycka, Warta oraz Noteć, ich łączna długość jest szacowana na 2889 km, natomiast powierzchnia dorzecza wynosi 118 861 km² (z czego w granicach Polski położone jest około 89% obszaru zlewni tej rzeki). Całkowita długość rzeki Odry wynosi 855 km, z czego w granicach Polski około 742 km, przepływ średni przy ujściu do Bałtyku wynosi 567,0 m³/s, a więc jest prawie o połowę mniejszy niż przepływ Wisły. Podobnie jak w przypadku Wisły, także zlewnia Odry wykazuje znaczące zróżnicowanie rocznej wielkości opadów: dla części zlewni położonej w obszarze górskim jest to od 1000 do 1400 mm/rok, natomiast pozostała część zlewni – podobnie jak w przypadku Wisły: 500–600 mm/rok.

Należą do niej także rzeki Przymorza, z których najważniejsze to Słupia, Łupawa i Łeba (w zlewisku Bałtyku), Pasłęka i Łyna zasilające Zalew Wiślany oraz należąca do dorzecza Niemna – Czarna Hańcza.

¹ Odra ma swoje źródła w czeskiej części Sudetów, jednak na teren Polski wpływa od południowej granicy naszego kraju.

Oddzielną grupę zasobów wodnych, będących wodami powierzchniowymi, stanowią jeziora, których jest około 9000 (liczba ta obejmuje te z nich, których powierzchnia przekracza 1 ha), około 12% z nich to jeziora duże, o powierzchni powyżej 50 ha każde. Jedynie 32 z nich mają powierzchnię przekraczającą 1000 ha. Jeziora w większości mają charakter polodowcowy, dlatego występują przede wszystkim w północnej części Polski, a więc na obszarze niegdysiejszej aktywności lodowców, tj. na Pojezierzach: Pomorskim, Wielkopolskim, Mazurskim i Litewskim. Wyjątkiem jest grupa czterech jezior w południowo-wschodniej części Polski, na Równinie Łęczyńsko-Włodawskiej. W strukturze polskich jezior dominują jeziora o relatywnie niewielkiej głębokości, głębokość maksymalną powyżej 30 m posiada jedynie 15% z nich. W Polsce podstawową formą wykorzystania jezior, poza użytkowaniem rybackim, jest rekreacja, którą ogranicza fakt, że około 20% jezior to odbiorniki ścieków bytowych oraz przemysłowych, oczyszczanych w różnym stopniu. Nieliczne jeziora, przede wszystkim sztuczne zbiorniki jak Jez. Dobczyckie czy Zalew Sulejowski wykorzystywane są do poboru wody do spożycia i na cele gospodarcze.

Wody podziemne, szczególnie wody wgłębne o bardzo niskiej zawartości soli, ze względu na stabilność składu chemicznego oraz brak zanieczyszczeń bakteriologicznych są uważane za najlepsze źródło zaopatrzenia w wodę, szczególnie odbiorców komunalnych, gdyż w większości nadają się do bezpośredniego wykorzystania na cele gospodarcze po zastosowaniu nieskomplikowanych i niskokosztowych metod uzdatniania, opartych na usuwaniu żelaza i manganu na drodze napowietrzania powietrzem atmosferycznym i filtracji pospiesznej. Wody te są szczególnie pożądane także dlatego, że odbiorcy preferują je ze względu na brak stosowania (lub stosowanie w stopniu niewielkim) środków chemicznych do ich uzdatniania. Jakość tych wód jest zróżnicowana, jednak nie występuje np. zmienność sezonowa, typowa dla wód powierzchniowych. Przeszkodą w szerszym zastosowaniu wód podziemnych dla zaopatrzenia w wodę np. dużych miast jest nie tyle ich skład jakościowy, ile niewystarczająca wydajność ujęć wynikająca z relatywnie niewielkich zasobów. Oczywiście najważniejszym czynnikiem ograniczającym zasobność wód podziemnych jest budowa geologiczna. W Polsce wody podziemne występują głównie w osadach kenozoiku, dominują np. w regionie wodnym Małej Wisły i Górnej Wisły, znacznie mniejszy jest udział wód w utworach kredy, jury, triasu i paleozoiku, które – przykładowo – występują na pograniczu regionów Wisły: Górnej i Środkowej. W regionie Środkowej Wisły, podobnie jak Wisły Dolnej, dominują wody w utworach czwartorzędowych, natomiast udział trzeciorzędu i kredy jest niewielki. Z kolei w zlewni Górnej Odry dominują utwory czwartorzędowe, jedynie

na terenach górskich tej zlewni pobierane są wody zawarte w rumoszach skalnych starszego paleozoiku. Region wodny Środkowej Odry to obszar dominacji skał kenozoiku, podobnie jak w regionie Dolnej Odry. Statyczne zasoby zwykłych wód podziemnych na obszarze Polski są szacowane na około 3000 km³ (3 * 10⁶ mln m³), jednak – co jest szczególnie niekorzystne w aspekcie rozważań nad ich wykorzystywaniem – charakteryzują się one niewielką zdolnością do odnawiania. Z tej przyczyny zasoby eksploatacyjne szacuje się na 16 km³/rok, co stanowi jedynie 0,5% całkowitej objętości wód podziemnych. Należy z kolei pamiętać, że około 1/3 tych zasobów zlokalizowana jest w warstwach zalegających tak głęboko, że ich wykorzystanie jest nieopłacalne ekonomicznie. Oddzielną grupę wód podziemnych stanowią zasoby wód leczniczych, termalnych i solanek, które stanowią (szczególnie wody lecznicze) obszar zainteresowań przedsięwzięć uzdrowiskowych oraz działalności typu „wellness and spa”. Obserwuje się też wzrastające w ostatnich latach zainteresowanie możliwością wykorzystania wód termalnych jako źródła tzw. energii odnawialnej, czystej ekologicznie.

1.2. Możliwości wykorzystania zasobów wodnych Polski

1.2.1. Zasoby wodne Polski na tle innych krajów europejskich

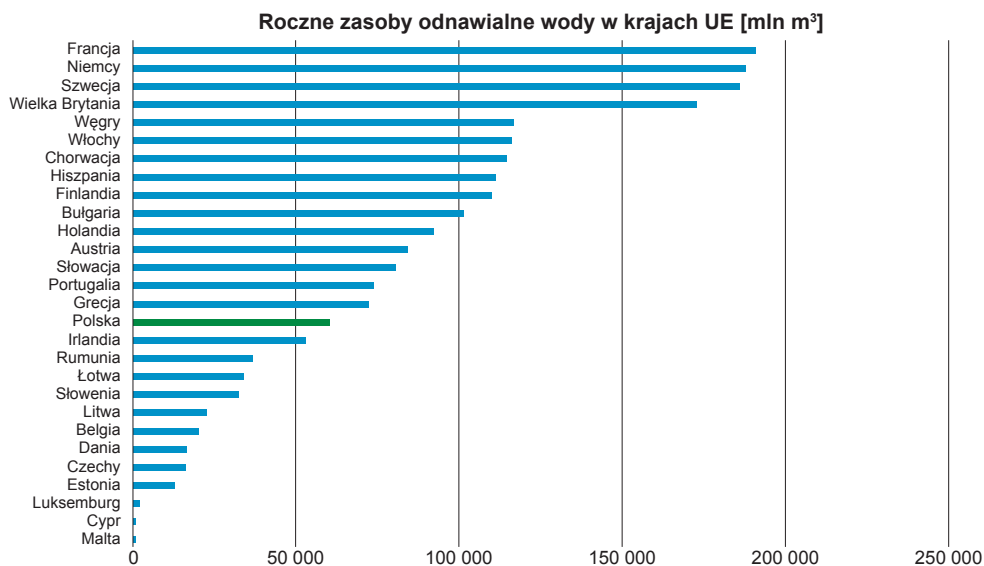
Powszechne przekonanie, że Polska jest krajem o relatywnie niewielkich zasobach wodnych, szczególnie w zakresie zasobów odnawialnych, wynikające z analizy hydrogeologicznej specyfiki tych zasobów, znajduje także potwierdzenie w danych statystycznych. Zestawienia dla krajów członkowskich i stowarzyszonych z UE z roku 2019, wskazują, że spośród badanych 31 państw największe zasoby odnawialnych wód słodkich (dane dotyczą średnich wieloletnich) miały (opracowanie własne na podstawie danych Eurostat):

- Norwegia 370 996 mln m³;
- Francja 190 950 mln m³;
- Niemcy 188 000 mln m³.

Najmniejsze zasoby wykazywały natomiast:

- Luksemburg 1644,1 mln m³;
- Cypr 320,9 mln m³;
- Malta 94,1 mln m³.

Na tej liście Polska z zasobami szacowanymi przez Eurostat na poziomie 60 183 mln m³ zajmuje 18. pozycję. Rysunek 1 stanowi ilustrację skali zjawiska w krajach europejskich według danych z 2018 roku.



Rys. 1. Wielkość zasobów odnawialnych w krajach UE i wybranych krajach stowarzyszonych

Źródło: Opracowanie własne wg danych Eurostat.

Natomiast porównanie zasobów wodnych w przeliczeniu na jednego mieszkańca, przedstawione na rys. 2 wyraźnie ilustruje skalę problemów, przed jakimi stoi Polska wobec rzeczywistej szczupłości zasobów wodnych.



Rys. 2. Wielkość zasobów odnawialnych w krajach UE w przeliczeniu na 1 mieszkańca

Źródło: Opracowanie własne wg danych Eurostat.

Spośród krajów Unii Europejskiej największe zasoby odnawialne wód słodkich w przeliczeniu na jednego mieszkańca, według danych Eurostatu z 2018 roku, posiadają:

- Chorwacja 27 901 m³/Mk/rok;
- Finlandia 19 952 m³/Mk/rok;
- Szwecja 18 364 m³/Mk/rok.

Najniższą wartość wskaźnika zaobserwowano dla czterech krajów, są to:

- Malta 198 m³/Mk/rok;
- Cypr 371 m³/Mk/rok;
- Czechy 1506 m³/Mk/rok;
- Polska 1585 m³/Mk/rok.

Dane te, szczególnie w porównaniu ze średnimi zasobami odnawialnymi w UE wynoszącymi około 8000 m³/Mk/rok, ponad wszelką wątpliwość wypadają dla naszego kraju niekorzystnie.

Trudności w wykorzystywaniu tych zasobów pogłębia fakt, iż zasoby wód Polski cechują się znaczącą, niekorzystną zmiennością sezonową (czyli w różnych latach występują nadmiary bądź odczuwalne deficyty wody w przyrodzie), przy czym uwaga ta dotyczy zarówno wód powierzchniowych, jak i podziemnych Polski. Na przykład coraz częściej ujawniają się niżówki rzek, niejednokrotnie z częstotliwością występowania znacznie wyższą niż w okresie wieloletnich obserwacji w latach poprzednich. Obserwacje wodowskazowe, ale także informacje uzyskiwane od eksploatorów ujęć wód wskazują, iż można się spodziewać bardziej dotkliwych niż dotychczas długotrwałych susz, które będą obejmować coraz większe obszary, szczególnie Polski środkowej.

Abstrahując od przyczyn zjawiska tzw. globalnego ocieplenia klimatu, można jednoznacznie stwierdzić, że skutkuje ono bardzo niekorzystnym pogłębieniem okresowych deficytów wód powierzchniowych i podziemnych. To z kolei może spowodować konieczność rozważenia poboru wody z coraz głębszych zbiorników wód podziemnych, lecz takie działanie pociągnąć może za sobą wzrost kosztów pozyskania i ceny wody. Ponadto, ze względu na wspomnianą szczupłość zasobów, taki scenariusz był możliwy do zrealizowania w nielicznych pozytywnych przypadkach (np. w Nowym Targu). Czynnikiem łagodzącym ten problem w skali Polski były: zmniejszenie jednostkowego zużycia wody oraz stabilizacja demograficzna, dlatego biorąc pod uwagę (społecznie niekorzystną) prognozę demograficzną można spodziewać się, że ogólne wskaźniki wykorzystania zasobów wodnych nie powinny ulec znacznemu pogorszeniu.

Specyfika ostatnich zmian klimatu Polski i związana z nim charakterystyka zmieniających się warunków meteorologicznych sprawia, że wszelkie szacunki

i prognozy na przyszłość winny być interpretowane z bardzo dużą dozą rezerwy. Problem niedoskonałości modeli stosowanych do prognoz hydrologicznych jest o tyle istotny, że to właśnie procesy klimatyczne i hydrologiczne decydują o kształcie bilansu wodnego (np. zasoby wodne rzek, jezior, a także wód podziemnych odpowiadają opadom, które decydują o ich zasilaniu). Dotychczasowe prognozy zmian klimatu przewidują dla Polski wzrost średniej temperatury powietrza do końca XXI w. o 3–3,5 °C, wzrost temperatury zimy o 3,5–5 °C, a lata o 3–3,5 °C. Duże rozbieżności istnieją między dostępnymi prognozami zmian opadów: o ile większość ich autorów zgadza się co do tego, że w okresach zimowych będzie powtarzać się scenariusz wzrostu opadów (wzrośnie częstość opadów deszczu w zimie, a zmaleje częstość opadów śniegu), to w zakresie wpływu zmian klimatu w okresie letnim na zjawiska hydrologiczne istnieje tak duża rozbieżność prognoz, że jedne modele ostrzegają przed wzrostem opadów inne natomiast – przeciwnie – sugerują spadek zasilania wodami opadowymi w okresie letnim w dłuższej perspektywie czasowej.

Z punktu widzenia odnawialności zasobów wodnych szczególnie niekorzystne jest prognozowane przez autorów większości symulacji modelowych skrócenie okresu zalegania pokrywy śnieżnej oraz zmniejszenie jej grubości, przy czym to niekorzystne zjawisko przewidywane jest także w górach, zwłaszcza na niższych wysokościach n.p.m. Niezależnie od szczegółów prognoz, wspólnym ich wnioskiem jest konstatacja, że najbardziej prawdopodobne zmiany klimatyczne będą niekorzystnie wpływały na wielkość zasobów wodnych, co znacząco pogorszy dostępność i ograniczy dyspozycyjność w zaopatrywaniu ludności i przemysłu w wodę. Niepokojącym, lecz obiektywnym wnioskiem jest stwierdzenie, że prognozowane obniżenie wielkości zasobów wodnych spowoduje obniżenie stopnia zaspokojenia potrzeb wodnych ludności i przyrody (dotyczy to także upraw rolnych i przemysłu). Należy się zatem organizacyjnie i technicznie przygotować do przeciwdziałania występowaniu okresowych lokalnych deficytów wody. Niezmiennie pozostaje zagrożenie czasowymi i lokalnymi niedoborami wody, wynikającymi z niekorzystnej specyfiki szczupłych zasobów wód. Niewielkie (w stosunku do potrzeb) zasoby wód podziemnych mogą stanowić źródło zaopatrzenia w wodę średnich i małych miast, dlatego duże jednostki korzystać muszą z ujęć wód powierzchniowych, choć np. Gdynia, Stalowa Wola czy Nowy Targ, będące dużymi miastami zaopatrywanymi wodami z ujęć podziemnych, stanowią tu nieliczne przykłady pozytywne. Wobec przedstawionej szczupłości zasobów wód istnieje bardzo silna, obiektywna konieczność natychmiastowego wdrażania wszelkich działań, procedur legislacyjnych i działalności edukacyjno-promocyjnej w społeczeństwie, które prowadzą do zwiększenia oszczędności w poborze wód, zmniejszenia

wodochłonności, racjonalnego wykorzystania oraz recyklingu wody. Z punktu widzenia ekonomicznego coraz bardziej istotne jest ograniczenie wodochłonności procesów produkcyjnych i racjonalizacja potrzeb komunalnych, tak aby nie przekraczać możliwości naturalnej odnawialności zasobów. Rozdział ten nie wyczerpuje zagadnień związanych ze szczupłością zasobów wodnych Polski, jednak stanowi próbę wskazania wagi tego problemu w nadchodzących latach, szczególnie zaś bezwzględnej konieczności racjonalnie oszczędnego korzystania z zasobów wód.

Wody podziemne są traktowane jako zasoby o znacznie lepszej jakości z punktu widzenia zaopatrzenia ludności niż wody powierzchniowe, jednak – jak wspomniano – występują w nich pewne zanieczyszczenia związane z budową geologiczną warstw wodonośnych oraz zanieczyszczenia specyficzne. Za część zanieczyszczeń tych wód odpowiada aktywność człowieka, choć oczywiście ten aspekt uzależniony jest od wielu czynników, szczególnie od głębokości zalegania wód i stopnia nieprzepuszczalności poziomów wodonośnych. Najbardziej zagrożone zanieczyszczeniami są wody znajdujące się w utworach czwartorzędowych, dominujących w Polsce centralnej i północnej. Specyfika filtracji w tych utworach powoduje istnienie warunków dla migracji zanieczyszczeń z powierzchni terenu oraz wód powierzchniowych. Wody położone głębiej, w warstwach, które cechuje lepsza izolacja od powierzchni terenu, zazwyczaj są dobrej jakości, choć pewnym problemem są zanieczyszczenia azotanami przedostającymi się z powierzchni terenu. Szacuje się, że ponad 50% wód pobieranych ze studni indywidualnych zawiera ponad 10 mg/1 azotu azotanowego. Zjawisko to jest sygnalizowane przez wielu badaczy, lecz nie zostało kompleksowo rozpoznane. Przyczyną tego stanu rzeczy jest specyfika wymogów formalnych (Rozporządzenie Ministra Zdrowia ws. jakości wody do spożycia i na potrzeby gospodarcze), która zwalnia użytkowników małych studni, pobierających wodę na swoje własne cele, z konieczności badania ich jakości, nie istnieje też wymóg formalny, aby woda taka spełniała standardy jakościowe ustanowione dla systemów większych.

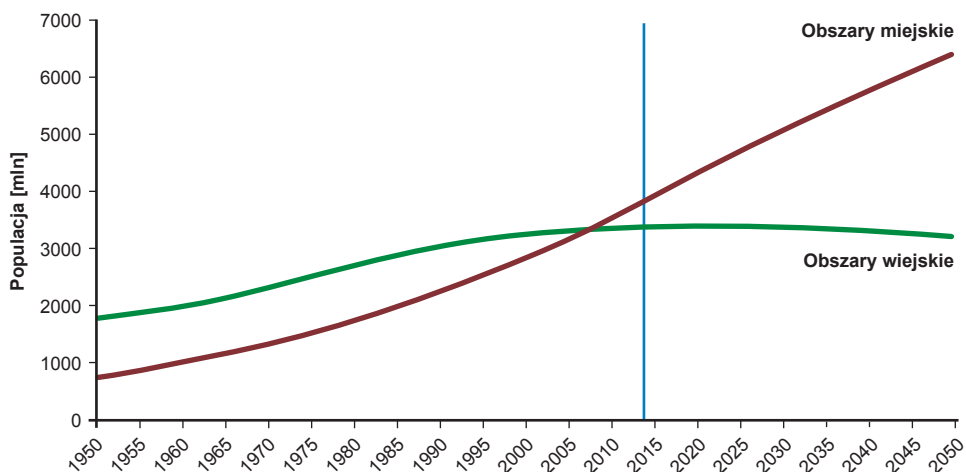
1.2.2. Zmiany w specyfice miast i ich wpływ na wykorzystanie wody

O specyfice problemów związanych z wykorzystywaniem wód decydują dwa niekorzystne zjawiska:

- ograniczanie dostępnych zasobów wód w przyrodzie (spowodowane omówionymi problemami klimatycznymi);
- masowe przemieszczanie się ludności do miast, które wymagają coraz większych scentralizowanych systemów zaopatrzenia

w wodę. Ten drugi problem jeszcze niedawno wydawał się być odległy od naszego kraju, gdyż dotyczył głównie tzw. megamiast (miast liczących powyżej 10 mln mieszkańców).

W okresie ostatnich stu lat praktycznie na całej kuli ziemskiej obserwuje się wzrost udziału mieszkańców miast w ogólnej liczbie ludności, a proces ten dotyczy zarówno kontynentów (poza Antarktydą), regionów, jak i większości poszczególnych państw. Obserwuje się przy tym tendencję najbardziej intensywnego wzrostu liczby ludności w największych miastach danego regionu, co potęguje problemy związane z kształtowaniem, utrzymaniem i planowaniem infrastruktury komunalnej tych jednostek. O ile około sto lat temu (w roku 1920) jedynie 14% z ówczesnych 1,9 mld mieszkańców naszego globu zamieszkiwało w miastach, w roku 1960 było to już 34% (z 3 mld ówczesnej liczby ludności). Statystyki ONZ pokazują, że w roku 2014 w miastach zamieszkiwało już 54% spośród 7,2 mld mieszkańców Ziemi, przy czym tempo przyrostu procentowego udziału mieszkańców miast w ogólnej liczbie ludności szacuje się obecnie na około 1,5% rocznie. Połowa mieszkańców miast mieszka w jednostkach o populacji pomiędzy 100 000 a 500 000 mieszkańców, a około 10% ludności naszego globu zamieszkuje megamiasta o liczebności powyżej 10 milionów każde (choć akurat ten problem obecnie nie dotyczy Polski). Prognozy mówią o 70% udziale mieszkańców miast w całkowitej liczbie ludności w roku 2050. Rysunek 3 pokazuje nieuchronność tego procesu, co jest dla gospodarki zasobami wodnymi kwestią o dużym znaczeniu, gdyż koncentruje na niewielkim obszarze znaczącą liczbę konsumentów wody (zarówno komunalnych, jak i przemysłowych).



Rys. 3. Zmienność proporcji ludności żyjącej w miastach i na obszarach poza nimi wg ONZ

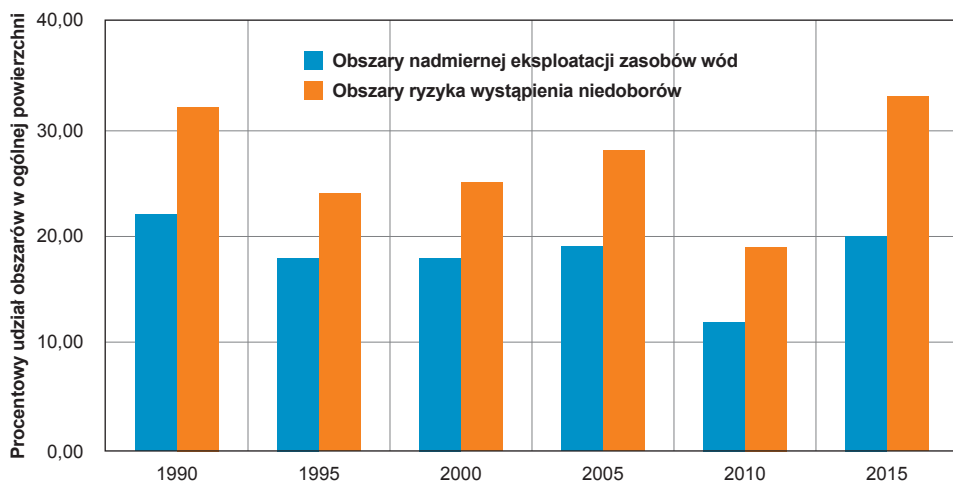
Niekorzystne zjawiska zwiększania zapotrzebowania na wodę w miastach widoczne są także w Polsce, choć oczywiście skala zjawiska jest tu mniejsza niż w Azji czy Stanach Zjednoczonych. W naszym kraju udział mieszkańców miast wynoszący 25% w roku 1920, wzrósł do 30% w roku 1938, w roku 1960 wynosił niemal połowę (48%), a obecnie przekracza 60%. Należy zwrócić uwagę, że obecnie Polskę zamieszkuje około 38,5 mln mieszkańców, czyli jedynie o 10% więcej niż w 1938 roku, co wskazuje na specyficzny, konsekwentny wzrost znaczenia miast. Widoczny jest wzrost udziału dużych miast w ogólnej liczbie ludności: o ile w 1938 roku mieszkańcy 10 największych miast stanowili jedynie 10% całkowitej liczby mieszkańców, to obecnie jest to niemal 20% mieszkańców naszego kraju (choć oczywiście są to inne miasta). Tak znacząca dynamika wzrostu populacji miast w ostatnich latach generuje problemy związane z zarządzaniem nimi i planowaniem ich rozwoju, z jednej bowiem strony miasta stają się silniejsze ekonomicznie, z drugiej jednak pojawiają się zagrożenia ich istnienia, związane – w interesującym nas obszarze – z nadmiernym obciążeniem środowiska naturalnego przez aktywność życiową i zawodową tak dużych mas ludzi. Istnieje konieczność adaptacji do zmian zachodzących w strukturze społecznej miast, których zaludnienie wykazuje silny trend rosnący, stawia to przed organami odpowiedzialnymi za gospodarowanie wodą szereg zadań, z których najważniejsze to:

- konieczność dostosowania systemów zaopatrzenia w wodę (a także systemów odbioru i oczyszczania ścieków) do zwiększającej się liczby ludności miast i dążenie do podnoszenia jakości życia, oznaczającej również dostępność do efektywnych technologii wodno-ściekowych oraz bezpieczeństwo zdrowia i niezawodność infrastruktury wodno-ściekowej;
- zachowanie zasad zrównoważonego rozwoju w odniesieniu do społeczno-gospodarczego działania na rzecz wzrostu gospodarczego w harmonii z ochroną środowiska.

1.3. Dynamika wykorzystania zasobów wodnych w Europie i w Polsce

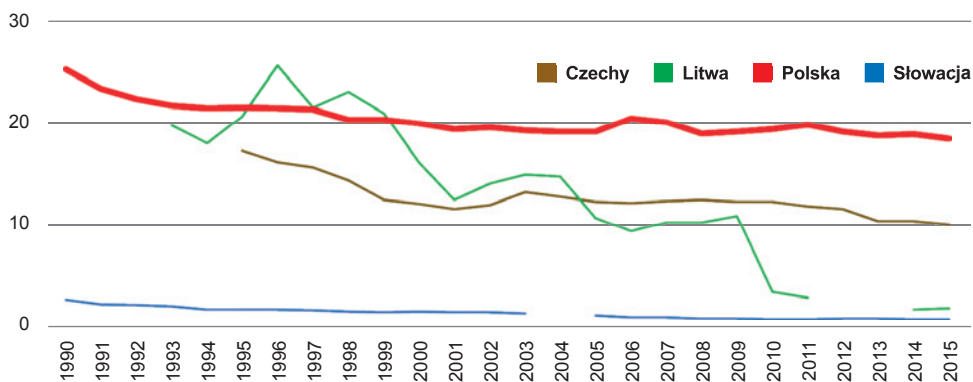
Istnieją różne wskaźniki określające rzeczywistą dostępność wody dla mieszkańców. W ostatnich latach jako wskaźnik uogólniony w Unii Europejskiej stosuje się wskaźnik wykorzystania wody (WEI+), którego wartość określa, jaki odsetek odnawialnych zasobów wodnych jest wykorzystywany na danym obszarze. Przyjęto, że wartości (WEI+) powyżej 20% wskazują, że zasoby wodne są wykorzystywane w wysokim stopniu i lokalnie może występować deficyt wody z tym związany, natomiast wartość (WEI+) ponad 40% wskazuje na wyraźnie niezrów-

noważone wykorzystanie zasobów słodkiej wody. Rysunek 4 ilustruje zmienność wartości tego wskaźnika łącznie dla krajów członkowskich UE, natomiast na rysunku 5 przedstawiono wskaźnik wykorzystania zasobów w Polsce i w sąsiednich krajach UE. Nie pokazano jedynie RFN, gdyż dla tego kraju Eurostat podaje dane jedynie dla dwóch lat.



Rys. 4. Udział procentowy obszarów UE, w których wartość wskaźnika WEI+ wskazuje na możliwe niedobory w zaopatrzeniu w wodę

Źródło: Opracowanie własne wg Eurostat.

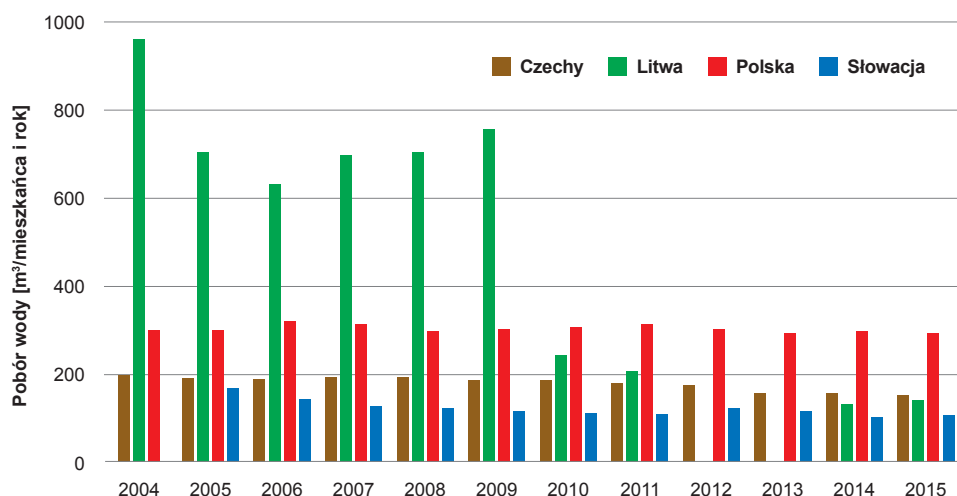


Rys. 5. Zmienność wartości wskaźnika (WEI+) w Polsce i krajach sąsiednich – członkach UE

Źródło: Opracowanie własne wg Eurostat.

Zmienność wartości wskaźnika (WEI+) w przypadku Polski wskazuje, że mimo iż ulega on – korzystnemu – ciągłemu obniżaniu, to jednak wykazuje

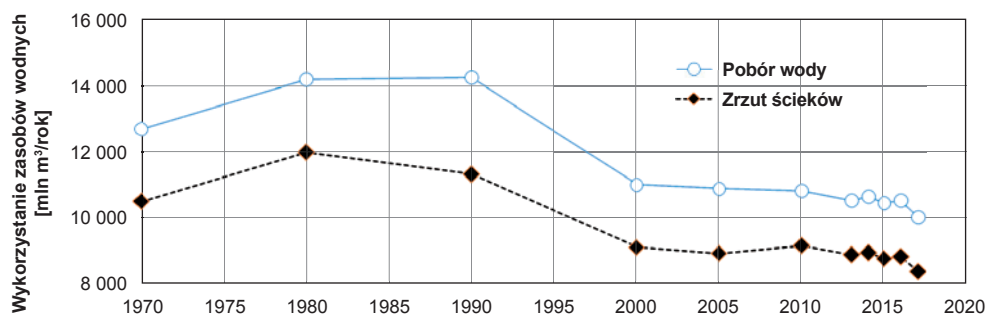
wartość niekorzystną na tle państw sąsiednich. Szczególną uwagę należy zwrócić na fakt, iż Czechy, posiadające równie niskie jak Polska zasoby odnawialne w przeliczeniu na jednego mieszkańca, wykazują jednak znacznie korzystniejszy niż Polska wskaźnik wykorzystania wód. Pobór wody na potrzeby przemysłu i gospodarki komunalnej w Polsce wynosi rocznie około 12 000 mln m³, z czego 71,4% pobiera przemysł, 19,8% gospodarka komunalna, a 8,8% rolnictwo i leśnictwo, co jest zbieżne z proporcjami pomiędzy gałęziami gospodarki w Unii Europejskiej, choć w Polsce większy jest udział poborów dla celów przemysłowych i stosunkowo niewielki pobór do nawodnień w sektorze rolniczym. Rysunek 6 ilustruje dynamikę poboru wód ogółem w przeliczeniu na jednego mieszkańca w Polsce i w sąsiadujących krajach UE (ponownie bez RFN). Można wyraźnie stwierdzić stabilność wielkości poboru w naszym kraju na przestrzeni lat 2004–2015.



Rys. 6. Zmienność rocznego poboru wody w przeliczeniu na jednego mieszkańca w Polsce i sąsiadujących krajach UE

Źródło: Opracowanie własne wg Eurostat.

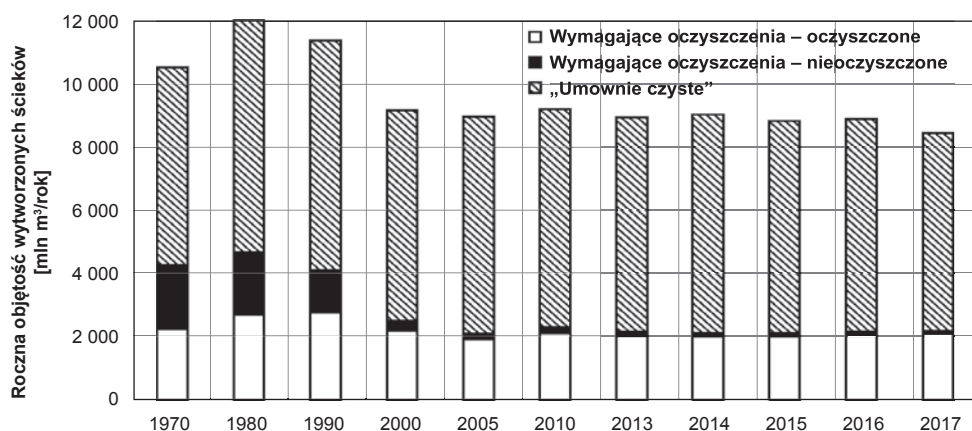
Struktura wykorzystania wód na zaopatrzenie ludności zmieniała się w ostatnim półwieczu relatywnie nieznacznie, wraz z rozwojem cywilizacyjnym i urbanizacją Polski, niestety negatywną konsekwencją tego procesu było też zwiększanie ilości wytworzonych ścieków. Rysunek 7 pokazuje dynamikę zmian tych dwóch wskaźników wykorzystania zasobów wodnych. Obecnie szacuje się, że około 85% pobieranej wody trafia z powrotem do wód powierzchniowych jako ścieki. Struktura ścieków jest następująca: około 17% stanowią ścieki komunalne, około 83% ścieki przemysłowe.



Rys. 7. Trendy zmian wykorzystania zasobów wodnych w Polsce od 1970 roku

Źródło: Opracowanie własne wg danych GUS.

Pozytywnym aspektem polityki inwestycyjnej ostatniego ćwierćwiecza jest drastyczny spadek udziału ścieków nieoczyszczonych w całkowitym bilansie wytworzonych ścieków. Na rysunku 8 pokazano także specyfikę polskiego wykorzystania wód, w którym istotną rolę odgrywa pobór wody na potrzeby energetyki, wykorzystującej wodę jako czynnik chłodzący (oraz w pewnym zakresie jako czynnik uzupełnienia obiegów chłodniczych). Wody te pobierane z rzek i/lub zbiorników wodnych po wykorzystaniu nie zawierają istotnych zanieczyszczeń, a zatem są wprowadzane praktycznie bez zmiany składu do rzeki/jeziora, skąd woda ta została pobrana, jednak w temperaturze wyższej niż temperatura wody pobieranej. Nie jest to jednak działanie całkowicie obojętne dla środowiska. Uważa się, że wody te noszące eufemistyczną nazwę „umownie czyste” nie muszą być oczyszczane zaawansowanymi metodami biologicznymi, dlatego o jakości wód w naszym kraju decydują ścieki komunalne (nawet te oczyszczone).

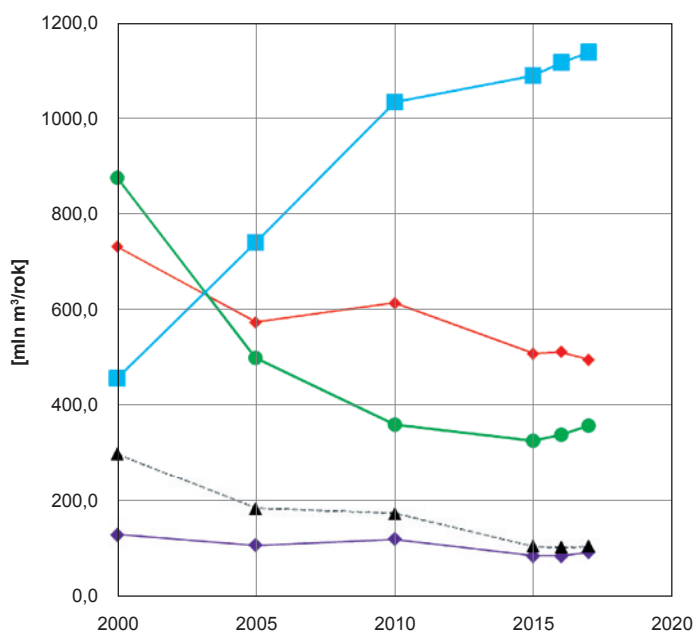


Rys. 8. Trendy zmian struktury ścieków wytworzonych w Polsce od 1970 roku

Źródło: Opracowanie własne wg danych GUS.

W ostatnim okresie systematycznie zmniejszała się ilość ścieków odprowadzanych do wód, rosła natomiast liczba oczyszczalni, czego wynikiem jest poprawa jakości wód powierzchniowych. Zakres zmian i poziom oczyszczania ścieków komunalnych osiągnięty w ostatnich latach zilustrowano na rysunku 9, gdzie widać wyraźnie znaczące polepszenie stopnia wyposażenia obiektów. Szczególnie jest to widoczne w przypadku bardzo dynamicznego wzrostu ilości ścieków komunalnych oczyszczonych w obiektach posiadających zdolność usuwania związków biogennych (szczególnie azotu i fosforu).

Polska w tym zakresie należy do liderów Unii Europejskiej, gdyż obecnie aż 54% ścieków oczyszczanych poddawanych jest procesom usuwania związków biogennych. Innym optymistycznym wskaźnikiem jest spadek udziału ścieków komunalnych nieoczyszczonych z 12% całkowitej ilości ścieków komunalnych wytworzonych w roku 2000 do jedynie 5% w roku 2017. Świadczy to o konsekwentnej trosce o właściwe wykorzystanie zasobów wodnych, które, jak omówiono to wcześniej, są w Polsce szczególnie cenne.



Rys. 9. Zmiany w strukturze oczyszczania ścieków komunalnych od 2000 roku

Źródło: Opracowanie własne wg danych GUS.

1.4. Trendy zmian w wykorzystaniu zasobów wód

Konieczność realizacji zadań wynikających z przedstawionego problemu coraz trudniejszej dostępności do wody odpowiedniej jakości wymusza i nadal będzie wymuszać rozważanie nowych koncepcji wykorzystania zasobów wodnych, tak aby spełnić sprzeczne wymagania: dostarczania coraz większej ilości wody przy malejących zasobach dyspozycyjnych oraz umożliwiać mieszkańcom dostęp do wody do spożycia o odpowiedniej jakości. Jedną z takich strategii jest idea „smart cities” oparta na wykorzystaniu współczesnych technik komunikacyjno-informatycznych dla lepszego zarządzania obiektami (stosowany najczęściej zamiennie termin polskojęzyczny „miasta inteligentne” nie do końca oddaje znaczenia słowa „smart”). Obserwujemy obecnie okres pewnej ewolucji prognoz określających przewidywane kierunki rozwoju struktury zarządczej miast, wobec coraz szerszych możliwości, jakie niosą ze sobą techniki komputerowe i – szerzej – informatyczne. W ostatnich latach pojawiały się idee miast przyszłości („future cities”), następnie miast zrównoważonych („sustainable cities”) czy też miast cyfrowych („digital cities”) i wreszcie „smart cities”. Można spotkać różne opisy tej koncepcji rozwoju, jednak najczęściej mówimy o „smart city” jako o wizji rozwoju opartej na technologiach informacyjnych i komunikacyjnych (IT) oraz tzw. „Internecie rzeczy” (czyli wymianie informacji pomiędzy obiektami/urządzeniami bez ingerencji człowieka), a prowadzącej do odpowiedniego zarządzania coraz bardziej skomplikowaną i stale rozrastającą się infrastrukturą miasta. Obecnie w dyskusjach dominują aspekty techniczne, przede wszystkim chodzi o szerokie użycie technologii IT dla podniesienia efektywności wykorzystania obiektów, urządzeń i zasobów miejskich, efektywnego wykorzystania energii, wody, zasobów naturalnych w celu obniżenia negatywnego wpływu rosnących miast na środowisko, ale także w celu zmniejszenia kosztów utrzymania jednostek miejskich. Coraz więcej uwagi poświęca się też podniesieniu świadomości obywatelskiej mieszkańców m. in. przez ich szerszy udział w opiniowaniu, planowaniu i ulepszaniu otoczenia z wykorzystaniem zaawansowanych technologii szybkiej wymiany informacji na różnych poziomach działania miast. Właściwym wydaje się tutaj pytanie o rolę przedsiębiorstw wodociągowych. Pod tym pojęciem rozumiemy wszystkie struktury zarządzające i eksploatujące tę część miast, która jest odpowiedzialna za dostarczenie mieszkańcom wymaganej ilości wody odpowiedniej jakości oraz za bezpieczne odprowadzenie wody wykorzystanej, zużytej czy też pochodzącej z naturalnych zjawisk klimatycznych do otaczającego środowiska tak, aby nie obniżyć jakości życia mieszkańców. Przedsiębiorstwa wodociągowe w Polsce w ostatnim ćwierćwieczu z dużym sukcesem rozwiązały szereg problemów technicznych

i ekonomicznych, ich wymienianie i omówienie mogłoby być tematem oddzielnego artykułu. Najbardziej znane z tych rozwiązań to: systematyczne podnoszenie wymagań dotyczących jakości oczyszczania wody i stopnia oczyszczania ścieków, balansowanie pomiędzy specyfiką gospodarki wolnorynkowej a społeczną rolą powszechnej dostawy usług komunalnych, konieczność realizacji sprzecznych wydawałoby się postulatów: niskich kosztów usług a jednocześnie wysokiej jakości działania, czyli specyfika przedsiębiorstw, które eksploatują najbardziej chyba wrażliwy element infrastruktury komunalnej. Nie są to działania całkiem nowe, gdyż poszukiwanie rozwiązań technologicznych i technicznych, ukierunkowanych na wysokoefektywne oczyszczanie wody i ścieków, od dawna jest związane z szybkim rozwojem społeczno-gospodarczym, w tym zwłaszcza w kontekście rozwoju urbanizacji i metropolizacji. Dlatego polskie przedsiębiorstwa wodociągowe stale wdrażają nowe, oparte na technikach IT technologie eksploatacji i zarządzania, np. związane z zarządzaniem dostawami wody i określaniem zasadności opłat za korzystanie z usług. Grupy autorów i organizacje międzynarodowe wskazują na konieczność działania przedsiębiorstw wodociągowych w oparciu o jednoczesne zastosowanie czterech podstawowych zasad, takich jak:

- 1) wprowadzenie wielokrotnego wykorzystania zasobów wodnych;
- 2) projektowanie miast (zarówno całych dzielnic jak i poszczególnych budynków) tak, aby idea wielokrotnego (cyrkulacyjnego) wykorzystania wody była realizowana w skali od pojedynczych gospodarstw domowych, poprzez bloki, dzielnice do miasta jako całości;
- 3) eksploatowanie systemów wodociągowo-kanalizacyjnych w powiązaniu z ochroną ilościową i jakościową wody w środowisku, w otoczeniu miast;
- 4) zaangażowanie mieszkańców, instytucji, organizacji, jednostek przemysłowych działających w mieście dla wdrażania przyjętych rozwiązań technicznych.

Zasada wielokrotnego wykorzystania zasobów wodnych będzie w praktyce prowadzić do coraz wyższego stopnia oczyszczania ścieków tak, aby po ich oczyszczeniu można było wprowadzać je do odbiorników będących źródłem zaopatrzenia w wodę. Najbardziej zaawansowana w tej grupie technologii jest odnowa wody, tzn. oczyszczanie ścieków do takiego stopnia czystości, aby uzyskały parametry jakościowe wody do spożycia. Wymaga to, oprócz wysokosprawnego oczyszczania mechaniczno-biologicznego (które w Polsce jest obecnie standardem działania), także wysokosprawnego oczyszczania fizyczno-chemicznego, do tej pory typowego dla oczyszczania wody powierzchniowej. Wprawdzie – poza

nielicznymi wyjątkami – w świecie unika się stosowania wody z odnowy do zaopatrzenia w wodę ludności, pozostawiając ją do zaopatrzenia rolnictwa, ewentualnie przemysłu, jednak jest to technologia posiadająca duży potencjał aplikacyjny w megamiastach. Projektowanie tak, aby idea wielokrotnego wykorzystania wody była realizowana w skali miasta jako całości, to stosowanie w gospodarstwach domowych wyłącznie urządzeń o niskim zużyciu wody, wykorzystywanie wody tzw. „szarej” lub wody z odnowy do tych zastosowań, które nie wymagają wody o jakości wody do spożycia, czy też wykorzystanie wód deszczowych jako pomocniczego źródła zaopatrzenia w wodę np. do splukiwania toalet. Należy zwrócić uwagę na potencjał, który niesie ze sobą właściwe kształtowanie struktury konstrukcyjnej i instalacyjnej nowopowstających budynków, nawet jeśli stymuluje się te działania instrumentami finansowymi. Szczególny potencjał posiada lepsze niż dotychczas wykorzystanie wód opadowych, które są obecnie traktowane jako zagrożenie dla obszarów miejskich (zwłaszcza wobec obserwowanej w ostatnim okresie ekstremalizacji zjawisk atmosferycznych), choć w obszarach o znaczącym deficycie wód powierzchniowych mogą być wykorzystane w praktyce.

Doświadczenia innych krajów borykających się z długotrwałym deficytem wody potwierdzają, że właściwe wykorzystanie danych ze zdalnego pomiaru natężenia przepływu i ciśnienia wody umożliwiła szybką reakcję na nagły wzrost zapotrzebowania w obszarach zaopatrzenia, co – przy wykorzystaniu nowoczesnych technik obliczeniowych – pozwala na obniżenie kosztów eksploatacji, a czasami także na uniknięcie zbędnych inwestycji, zastępowanych zaawansowanymi technikami sterowania. Prace nad stworzeniem systemu sterowania jednocześnie ilością i jakością wody w sieci wydają się obecnie najważniejsze dla przedsiębiorstw wodociągowych, a także są chyba najbliższe realizacji pełnoskalowej. Jest to klasyczne działanie zgodnie z ideą „smart”, gdyż przedsiębiorstwo zaopatrzone w wodę jest jednocześnie producentem energii elektrycznej, zmniejszając tzw. „odcisk/ślad ekologiczny” miasta (czyli obniżając uciążliwość ekologiczną przez zmniejszenie zużycia np. paliw kopalnych do wytwarzania energii). Wdrożenie ostatniej z omawianych zasad (czyli zaangażowanie mieszkańców, instytucji, organizacji do stosowania w praktyce przyjętych rozwiązań technicznych i organizacyjnych) jest bardzo istotne dla powodzenia idei „smart”. Przedsiębiorstwa wodociągowe doświadczają wielu problemów związanych z brakiem zrozumienia przez odbiorców specyfiki eksploatacji infrastruktury wodno-ściekowej. Typowym przykładem jest tutaj brak zrozumienia przez odbiorców, że obniżenie jednostkowego zużycia wody i ilości odprowadzanych ścieków musi skutkować podniesieniem cen jednostkowych, lecz w końcowym efekcie jest zjawiskiem korzystnym dla mieszkańców także ekonomicznie. Dlatego szczególnie znaczenia nabiera

poznanie przez obywateli złożoności zagadnień prawidłowego gospodarowania wodą, a zrozumienie tego problemu i podjęcie właściwych działań zaradczych jest silnie wspomagane przez ideę śladu wodnego.

Bibliografia

Materiały do studiowania ekonomiki zaopatrzenia w wodę i ochrony wód,

M. Cygler, R. Miłaszewski (red.), wyd. Ekonomia i środowisko, Białystok 2008.

Podział hydrograficzny Polski, IMGW, 1983.

Dane GUS, Eurostat.



Małgorzata Owsiany – absolwentka Politechniki Krakowskiej (kierunek: Gospodarka Wodna i Hydrologia) oraz Uniwersytetu Ekonomicznego w Krakowie (kierunek: Zarządzanie i Marketing). Wieloletni pracownik Urzędu Miasta Krakowa, wydziałów: Strategii i Rozwoju Miasta, Wydziału Planowania Przestrzennego oraz Wydziału Ochrony Środowiska. Od 2004 r. pracownik Regionalnego Zarządu Gospodarki Wodnej, w którym w latach 2008–2014 pełniła funkcję zastępcy dyrektora, 2014–2017 dyrektora i ponownie od 2017 r. zastępcy dyrektora. Obecnie domeną jej działania są sprawy związane z zarządzaniem środowiskiem i usługami wodnymi.

2. Zarządzanie zasobami wodnymi na obszarze Polski

2.1. Dokumenty strategiczne dla zapewnienia ochrony i czystości zasobów wodnych

Ramowa dyrektywa wodna (RDW) to dokument ustanawiający ramy ochrony śródlądowych wód powierzchniowych, wód przejściowych, wód przybrzeżnych i wód podziemnych. Celem powyższej dyrektywy jest zapobieganie zanieczyszczeniu wód i jego ograniczanie, a także promowanie zrównoważonego wykorzystania wody, ochrona i poprawa środowiska wodnego oraz łagodzenie skutków powodzi i suszy. Zapisy tej dyrektywy zostały przeniesione do polskiego prawa m.in. poprzez ustawę z 20 lipca 2017 r. Prawo wodne. Zgodnie z art. 316 ustawy Prawo wodne, planowanie w gospodarowaniu wodami służy programowaniu i koordynowaniu działań mających na celu: osiągnięcie lub utrzymanie dobrego stanu wód oraz ekosystemów zależnych od wód; ochronę, poprawę i zapobieganie dalszemu pogarszaniu stanu ekosystemów wodnych, lądowych i terenów podmokłych; poprawę stanu zasobów wodnych; promowanie zrównoważonego korzystania z wód opartego na długoterminowej ochronie dostępnych zasobów wodnych; zmniejszanie ilości wprowadzanych do wód lub do ziemi substancji i energii mogących negatywnie oddziaływać na wody; poprawę ochrony przeciwpowodziowej oraz przeciwdziałanie skutkom suszy, a także osiągnięcie celów środowiskowych ustalonych dla JCW powierzchniowych i podziemnych.

Podstawowymi dokumentami planistycznymi wymaganymi przepisami Ramowej Dyrektywy Wodnej i ustawy Prawo wodne są: program wodno-środowiskowy kraju (PWŚK) i plany gospodarowania wodami na obszarach dorzeczy (PGW).

Program wodno-środowiskowy kraju określa działania podstawowe i uzupełniające zaplanowane celem poprawy lub utrzymania dobrego stanu wód, a jego podsumowanie stanowi kluczowy element planów gospodarowania wodami na obszarach dorzeczy.

Działania podstawowe, zawarte w PWŚK to minimalne wymogi niezbędne do wypełnienia dla jednolitych części wód (JCW), obejmujące przede wszystkim działania, których realizacja wynika z zapisów aktów prawa krajowego oraz wspólnotowego w zakresie ochrony i przywracania dobrego stanu wód oraz ekosystemów od wód zależnych. Do działań takich zalicza się m.in. realizację Krajowego Programu Oczyszczania Ścieków Komunalnych (KPOŚK). Działania podstawowe są obowiązkowe do wdrożenia we wszystkich JCW, niezależnie od ich aktualnego stanu czy też ryzyka nieosiągnięcia celów środowiskowych.

Natomiast *działania uzupełniające* nie są obowiązkowe dla wszystkich JCW, są one obowiązkowe dla tych JCW, dla których zidentyfikowano zagrożenie nieosiągnięciem celów środowiskowych. Należą do nich np. środki prawne, administracyjne i ekonomiczne, działania na rzecz ograniczenia emisji, czy działania służące efektywnemu korzystaniu z wody i ponownemu jej wykorzystaniu. *Działania uzupełniające* w PWŚK zostały ujęte w ośmiu kategoriach: działania kontrolne, działania organizacyjno-prawne, gospodarka komunalna, kształtowanie stosunków wodnych oraz ochrona ekosystemów od wód zależnych (w tym morfologia i zachowanie ciągłości biologicznej cieków), monitoring, rekultywacja oraz rolnictwo. Każdą kategorię działań podzielono na odpowiednie grupy działań, którym przydzielono konkretne działania z podaniem zakresu rzeczowego, jednostki odpowiedzialnej za realizację działania oraz harmonogramem realizacji i szacowanymi kosztami.

Program wodno-środowiskowy kraju jest aktualizowany co 6 lat.

Plany gospodarowania wodami na obszarach dorzeczy są dokumentami strategicznymi, które m.in. opisują stan wód powierzchniowych i podziemnych, określają cele środowiskowe dla jednolitych części wód i obszarów chronionych oraz wskazują zadania prowadzące do osiągnięcia dobrego stanu wód.

Zgodnie z art. 318 ustawy Prawo wodne, plany gospodarowania wodami na obszarach dorzeczy zawierają:

- 1) ogólny opis cech charakterystycznych obszaru dorzecza, obejmujący w szczególności:
 - a) wykaz jednolitych części wód powierzchniowych wraz z podaniem ich typów i ustalonych warunków referencyjnych,
 - b) wykaz jednolitych części wód podziemnych;

- 2) podsumowanie identyfikacji znaczących oddziaływań antropogenicznych i oceny ich wpływu na stan wód powierzchniowych i podziemnych, w tym:
 - a) oszacowanie punktowych źródeł zanieczyszczeń,
 - b) oszacowanie rozproszonych źródeł zanieczyszczeń wraz z informacją o przeznaczeniu gruntów,
 - c) oszacowanie oddziaływań wywieranych na ilościowy stan wód wraz z informacją na temat poboru wód,
 - d) analizę innych oddziaływań antropogenicznych na stan wód;
- 3) wykazy obszarów chronionych wraz z graficznym przedstawieniem przebiegu ich granic oraz określeniem podstaw prawnych ich utworzenia;
- 4) mapę sieci monitoringu wraz z prezentacją programów monitoringowych;
- 5) ustalenie celów środowiskowych dla jednolitych części wód i obszarów chronionych;
- 6) podsumowanie wyników analiz ekonomicznych związanych z korzystaniem z wód;
- 7) zestaw działań z uwzględnieniem sposobów osiągnięcia ustanowianych celów środowiskowych wraz z jego podsumowaniem;
- 8) informacje o planowanych i podjętych działaniach, które służą wdrożeniu zasady zwrotu kosztów usług wodnych, przy uwzględnieniu wkładu wniesionego przez użytkowników wód oraz kosztów środowiskowych i zasobowych, zawierające w szczególności informacje o wynikach tych działań oraz ich wpływie na stan wód;
- 9) podsumowanie działań podjętych dla realizacji:
 - a) celów środowiskowych,
 - b) wymagań wynikających z przepisów ustawy z 7 czerwca 2001 r. o zbiorowym zaopatrzeniu w wodę i zbiorowym odprowadzaniu ścieków – dla jednolitych części wód przeznaczonych do poboru wody na potrzeby zaopatrzenia ludności w wodę przeznaczoną do spożycia przez ludzi;
- 10) informacje dotyczące pozwoleń wodnoprawnych udzielonych na:
 - a) pobór wód,
 - b) magazynowanie wód,
 - c) wprowadzanie ścieków do wód,
 - d) regulację wód,

wraz z informacją dotyczącą wyjątków od wymogu posiadania pozwolenia wodnoprawnego oraz odniesieniem się do rejestru pozwoleń wodnoprawnych zawartych w systemie informacyjnym gospodarowania wodami;

- 11) informacje o przypadkach, w których udzielono zezwolenia na wprowadzanie zanieczyszczeń bezpośrednio do wód podziemnych, rozumiane jako wprowadzanie w inny sposób niż przez przesiąkanie przez glebę i podglebie;
- 12) podsumowanie działań podjętych w celu eliminowania stężeń substancji priorytetowych, dla których środowiskowe normy jakości zostały określone w faunie i florze oraz które wykazują tendencje do akumulowania się w osadach, zawierające w szczególności informacje o wynikach prowadzonych działań oraz ich wpływie na stan wód;
- 13) podsumowanie działań podjętych w celu zapobieżenia skutkom zanieczyszczeń niedających się przewidzieć lub łagodzenia tych skutków, zawierające w szczególności informacje o wynikach prowadzonych działań oraz ich wpływie na stan wód;
- 14) podsumowanie działań podejmowanych w razie zagrożenia osiągnięcia celów środowiskowych (o których mowa w art. 325), zawierające w szczególności informacje o wynikach przeglądu pozwoleń wodnoprawnych oraz programów monitoringu wód;
- 15) informacje o sposobie prowadzenia działań polegających na utrzymywaniu wód i uwzględniających cele środowiskowe;
- 16) informacje o działaniach zastosowanych w celu niedopuszczenia do wzrostu zanieczyszczeń wód morskich;
- 17) informacje o pozostałych działaniach, innych niż wskazane w pkt 8–16, które podjęto ze względu na konieczność osiągnięcia ustalonych celów środowiskowych;
- 18) wykaz szczegółowych programów i planów gospodarowania dla obszaru dorzecza dotyczących zlewni, sektorów gospodarki, problemów lub typów wód wraz z omówieniem zawartości tych programów i planów;
- 19) podsumowanie działań zastosowanych w celu informowania społeczeństwa i konsultacji publicznych, opis wyników i dokonanych na tej podstawie zmian w planie;
- 20) wykaz organów właściwych w sprawach gospodarowania wodami dla obszaru dorzecza;

- 21) informację o sposobach i procedurach pozyskiwania informacji i dokumentacji źródłowej wykorzystanej do sporządzenia planu oraz informacji o spodziewanych wynikach realizacji planu;
- 22) wykaz inwestycji oraz działań, które mogą spowodować nieosiągnięcie dobrego stanu wód lub pogorszenie dobrego stanu wód;
- 23) tabelę przedstawiającą granice oznaczalności stosowanych metodyk referencyjnych, określonych w przepisach wydanych na podstawie art. 350 ust. 1 ustawy Prawo wodne, w odniesieniu do substancji priorytetowych, określonych w przepisach wydanych na podstawie art. 114, oraz informacje dotyczące wyników tych metodyk, z uwzględnieniem minimalnych kryteriów w zakresie wyników danej metodyki;
- 24) uzasadnienie częstotliwości prowadzenia monitoringu substancji priorytetowych, określonej w przepisach wydanych na podstawie art. 350 ust. 1 ustawy Prawo wodne.

Zgodnie z zapisami RDW i ustawy Prawo wodne, plany gospodarowania wodami są poddawane przeglądowi i aktualizacji cyklicznie, co 6 lat. Projekty planów gospodarowania wodami na obszarach dorzeczy opracowują Wody Polskie po zasięgnięciu opinii właściwych wojewodów.

Po raz pierwszy plany gospodarowania wodami zostały opracowane i przyjęte uchwałą Rady Ministrów w dniu 22 lutego 2011 r.

Pierwsza aktualizacja tych dokumentów była prowadzona w latach 2010–2015. Za opracowanie dokumentów odpowiedzialny był Prezes Krajowego Zarządu Gospodarki Wodnej. Po opracowaniu projekty dokumentów zostały poddane procedurze strategicznej oceny oddziaływania na środowisko i półrocznym konsultacjom społecznym. Rada Ministrów przyjęła I aktualizację PGW w formie rozporządzenia 18 października 2016 r.

Na terenie administrowanym przez PGW WP RZGW w Krakowie obowiązują plany gospodarowania wodami opracowane dla obszaru dorzecza Wisły oraz dla obszaru dorzecza Dunaju.

Obecnie prowadzone są prace zmierzające do opracowania II aktualizacji planów gospodarowania wodami (3 cykl planistyczny 2016–2021).

Opracowywane obecnie dokumenty staną się podstawą do podejmowania decyzji mających wpływ na stan zasobów wodnych, a ponadto określą zasady gospodarowania wodami w okresie 6-letniego cyklu planistycznego. Plany mają wpływ nie tylko na kształtowanie gospodarki wodnej, ale także na inne sektory, w tym m.in. na: przemysł, gospodarkę komunalną, rolnictwo, leśnictwo, transport, rybołówstwo, turystykę.

Ponadto ramowa dyrektywa wodna została uzupełniona bardziej szczegółowymi dokumentami tj.:

- Dyrektywa 2006/118/WE z 12 grudnia 2006 r. *w sprawie ochrony wód podziemnych przed zanieczyszczeniem i pogorszeniem ich stanu* – w dokumencie tym przewidziano szczegółowe kryteria oceny dobrego stanu chemicznego, kryteria służące identyfikacji znaczących i utrzymujących się trendów wzrostowych oraz kryteria służące definiowaniu początkowych punktów odwrócenia takich trendów.
- Dyrektywa Rady 98/83/WE z 3 listopada 1998 r. *w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi*, określa najważniejsze normy jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi. Nakłada ona na państwa członkowskie obowiązek regularnego monitorowania jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi z zastosowaniem metody punktów pobierania próbek. W dyrektywie przewidziano również wymóg regularnego udzielania informacji konsumentom.
- Dyrektywa 2006/7/WE z 15 lutego 2006 r. *dotycząca zarządzania jakością wody w kąpieliskach i uchylającą Dyrektywę 76/160/EWG*, której celem jest umocnienie ochrony zdrowia publicznego i środowiska przy pomocy przepisów dotyczących monitorowania i klasyfikacji wody w kąpieliskach oraz przekazywania informacji na ten temat społeczeństwu. W sezonie kąpielowym państwa członkowskie zobowiązane są do pobierania próbek wody i oceny stężenia co najmniej dwóch konkretnych bakterii raz w miesiącu w każdym kąpielisku.
- Dyrektywa Rady 91/271/EWG z 21 maja 1991 r. *dotycząca oczyszczania ścieków komunalnych*, której celem jest ochrona środowiska przed niekorzystnymi skutkami odprowadzania zanieczyszczeń komunalnych i przemysłowych. Dyrektywa określa minimalne normy i harmonogramy zbierania, oczyszczania i odprowadzania ścieków komunalnych; wprowadza także kontrolę odprowadzania osadów ściekowych i nakazuje wyeliminowanie zrzutów osadów do mórz.
- Dyrektywa Rady 2008/105/WE z 16 grudnia 2008 r. *w sprawie środowiskowych norm jakości w dziedzinie polityki wodnej zmieniająca i w następstwie uchylająca dyrektywy Rady 82/176/EWG, 83/513/EWG, 84/156/EWG, 84/491/*

EWG i 86/280/EWG oraz zmieniająca dyrektywę 2000/60/WE Parlamentu Europejskiego i Rady, przewiduje ograniczenia stężenia w wodach powierzchniowych dla 45 substancji priorytetowych i ośmiu innych substancji zanieczyszczających.

- *Dyrektywa Rady 91/676/EWG z 12 grudnia 1991 r. dotycząca ochrony wód przed zanieczyszczeniami powodowanymi przez azotany pochodzenia rolniczego oraz Rozporządzenie uzupełniające zobowiązuje państwa członkowskie do przedkładania Komisji co cztery lata sprawozdania zawierającego szczegółowe informacje na temat kodeksu dobrych praktyk rolniczych, wyznaczonych stref zagrożonych zanieczyszczeniem azotanami, wyników monitorowania wód, jak również streszczenia programów działań. Celem zarówno dyrektywy, jak i rozporządzenia jest zagwarantowanie zasobów wody pitnej i przeciwdziałanie szkodom związanym z eutrofizacją.*
- *Dyrektywa 2007/60/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z 23 października 2007 r. w sprawie oceny ryzyka powodziowego i zarządzania nim, potocznie zwana Dyrektywą Powodziową, ma na celu ograniczenie ryzyka i zarządzanie ryzykiem, które powodzie stanowią dla zdrowia ludzi, środowiska naturalnego, infrastruktury i majątku. Nakłada ona na państwa członkowskie obowiązek przeprowadzenia ocen wstępnych w celu zidentyfikowania dorzeczy i obszarów wybrzeża, na których występuje zagrożenie, a następnie przygotowania map zagrożenia powodziowego i planów zarządzania ryzykiem skoncentrowanych na zapobieganiu, ochronie i gotowości. Wszystkie te działania należy przeprowadzić zgodnie z ramową dyrektywą wodną oraz zawartymi w niej planami gospodarowania wodami na obszarach dorzeczy.*

2.2. Uregulowania prawne w zakresie gospodarki wodno-ściekowej kraju

Zasadnicze uregulowania prawne w zakresie gospodarki wodno-ściekowej zostały określone w ustawie z 20 lipca 2017 r. Prawo wodne (Dz.U. z 2018 r., poz. 2268, z późn. zm.). Na mocy jej zapisów gospodarowanie wodami powinno odbywać się zgodnie z zasadą zrównoważonego rozwoju, w szczególności w zakresie kształtowania i ochrony zasobów wodnych, korzystania z wód oraz zarządzania zasobami wodnymi. Gospodarowanie wodami prowadzi się

z zachowaniem zasady racjonalnego i całościowego traktowania zasobów wód powierzchniowych i podziemnych, z uwzględnieniem ich ilości i jakości. Gospodarowanie to opiera się na zasadzie zwrotu kosztów usług wodnych, uwzględniających koszty środowiskowe i koszty zasobowe oraz analizę ekonomiczną. Gospodarowanie wodami prowadzi się w zgodzie z interesem publicznym, nie dopuszczając do wystąpienia możliwego do uniknięcia pogorszenia ekologicznych funkcji wód oraz pogorszenia stanu ekosystemów lądowych zależnych od wód.

Organami właściwymi w sprawach gospodarowania wodami są: minister właściwy do spraw gospodarki wodnej, minister właściwy do spraw żeglugi śródlądowej, prezes Wód Polskich, dyrektor regionalnego zarządu gospodarki wodnej Wód Polskich, dyrektor zarządu zlewni Wód Polskich, kierownik nadzoru wodnego Wód Polskich, dyrektor urzędu morskiego, wojewoda, starosta, wójt, burmistrz lub prezydent miasta. Kompetencje poszczególnych organów oraz wzajemne ich relacje zostały określone m.in. w art. 14, 240 i 397 ustawy.

Ustawa określa również ramy korzystania z wód wskazując, że nie powinno ono powodować pogorszenia stanu wód i ekosystemów od nich zależnych, w szczególności nie może naruszać ustaleń planu gospodarowania wodami na obszarze dorzecza, powodować marnotrawstwa wody lub marnotrawstwa energii wody, a także nie może wyrządzać szkód. Wyróżnia się następujące formy korzystania z wód: **korzystanie powszechne** (art. 32 ustawy Prawo wodne), **korzystanie zwykłe** (art. 33 ustawy Prawo wodne), **korzystanie szczególne** (art. 34 ustawy Prawo wodne) oraz **usługi wodne** (art. 35 ustawy Prawo wodne). Dopuszcza się jednak korzystanie z każdej wody w rozmiarze i w czasie wynikających z konieczności w przypadku zwalczania poważnych awarii, klęsk żywiołowych, pożarów lub innych miejscowych zagrożeń oraz w celu zapobieżenia poważnemu i nagłemu niebezpieczeństwu grożącemu życiu lub zdrowiu ludzi albo mieniu znacznej wartości, którego w inny sposób nie można uniknąć.

Powszechne korzystanie z wód służy do zaspokajania potrzeb osobistych, gospodarstwa domowego lub rolnego, bez stosowania specjalnych urządzeń technicznych, a także do wypoczynku, uprawiania turystyki, sportów wodnych oraz, na zasadach określonych w przepisach odrębnych, amatorskiego połowu ryb. Każdemu przysługuje prawo do powszechnego korzystania z publicznych śródlądowych wód powierzchniowych, morskich wód wewnętrznych oraz z wód morza terytorialnego.

Właścicielowi gruntu przysługuje prawo do **zwykłego korzystania z wód** stanowiących jego własność oraz z wód podziemnych znajdujących się w jego gruncie. Zwykłe korzystanie z wód służy zaspokojeniu potrzeb własnego gospodarstwa domowego oraz gospodarstwa rolnego, przy czym nie uprawnia ono

do wykonywania urządzeń wodnych bez wymaganej zgody wodnoprawnej. Zwykłe korzystanie z wód obejmuje pobór wód podziemnych lub wód powierzchniowych w ilości średniorocznie nieprzekraczającej 5 m³ na dobę oraz wprowadzanie ścieków do wód lub do ziemi w ilości nieprzekraczającej łącznie 5 m³ na dobę.

Szczególnym korzystaniem z wód jest korzystanie z wód wykraczające poza powszechne korzystanie z wód oraz zwykłe korzystanie z wód obejmujące m.in.: odwadnianie gruntów i upraw, użytkowanie wód znajdujących się w stawach i rowach, wprowadzanie do urządzeń kanalizacyjnych będących własnością innych podmiotów ścieków przemysłowych zawierających substancje szczególnie szkodliwe dla środowiska wodnego, wykonywanie na nieruchomości o powierzchni powyżej 3500 m² robót lub obiektów budowlanych trwale związanych z gruntem, mających wpływ na zmniejszenie naturalnej retencji terenowej przez wyłączenie więcej niż 70% powierzchni nieruchomości z powierzchni biologicznie czynnej na obszarach nieujętych w systemy kanalizacji otwartej lub zamkniętej, wydobywanie z wód powierzchniowych kamienia, żwiru, piasku oraz innych materiałów, a także wycinanie roślin z wód lub brzegu itd. Szczegółowy katalog działań objętych szczególnym korzystaniem z wód został wskazany w art. 34 ustawy Prawo wodne.

Natomiast **usługi wodne** polegają na zapewnieniu gospodarstwom domowym, podmiotom publicznym oraz podmiotom prowadzącym działalność gospodarczą możliwości korzystania z wód w zakresie wykraczającym poza poprzednio wymienione formy korzystania z wód. Usługi wodne obejmują m.in. pobór wód podziemnych lub wód powierzchniowych, piętrowanie, magazynowanie lub retencjonowanie wód podziemnych i wód powierzchniowych oraz korzystanie z tych wód, uzdatnianie wód podziemnych i powierzchniowych oraz ich dystrybucję, odbiór i oczyszczanie ścieków, wprowadzanie ścieków do wód lub do ziemi (obejmujące także wprowadzanie ścieków do urządzeń wodnych), korzystanie z wód do celów energetyki, w tym energetyki wodnej, odprowadzanie wód opadowych lub roztopowych do wód lub do urządzeń wodnych, trwałe odwadnianie gruntów, obiektów lub wykopów budowlanych oraz zakładów górniczych, a także odprowadzanie do wód wód pochodzących z odwodnienia gruntów w granicach administracyjnych miast oraz odprowadzanie do wód lub do ziemi wód pobranych i niewykorzystanych.

Zgoda wodnoprawna jest udzielana przez:

- 1) wydanie pozwolenia wodnoprawnego;
- 2) przyjęcie zgłoszenia wodnoprawnego;
- 3) wydanie oceny wodnoprawnej;
- 4) wydanie decyzji, o których mowa w art. 77 ust. 3 i 8 oraz w art. 176 ust. 4.

Organem właściwym w sprawie zgód wodnoprawnych są właściwe organy Wód Polskich. Kompetencje poszczególnych organów w sprawie zgód wodnoprawnych zostały wskazane w art. 397 ustawy Prawo wodne. Za udzielenie zgód wodnoprawnych ponosi się **opłatę**.

Katalog przypadków wymagających uzyskania **pozwolenia wodnoprawnego** znajduje się w art. 389 i art. 390 ustawy Prawo wodne. Decyzja ta uzyskiwana jest na m.in.: usługi wodne, szczególne korzystanie z wód, długotrwałe obniżenie poziomu zwierciadła wody podziemnej, wykonywanie urządzeń wodnych, rekultywację wód powierzchniowych lub wód podziemnych, wprowadzanie do wód powierzchniowych substancji hamujących rozwój glonów, regulację wód, zabudowę potoków górskich oraz kształtowanie nowych koryt cieków naturalnych, prowadzenie przez wody powierzchniowe płynące oraz przez wały przeciwpowodziowe obiektów mostowych, rurociągów, przewodów w rurociągach osłonowych lub przepustów itd.

Udzielone pozwolenie wodnoprawne **nie może naruszać**:

- 1) ustaleń planu gospodarowania wodami na obszarze dorzecza, z wyłączeniem okoliczności, o których mowa w art. 66;
- 2) ustaleń planów ochrony i planów zadań ochronnych dla obszarów chronionych;
- 3) ustaleń planu zarządzania ryzykiem powodziowym;
- 4) ustaleń planu przeciwdziałania skutkom suszy;
- 5) ustaleń programu ochrony wód morskich;
- 6) ustaleń krajowego programu oczyszczania ścieków komunalnych;
- 7) ustaleń miejscowych planów zagospodarowania przestrzennego, decyzji o warunkach zabudowy i decyzji o ustaleniu lokalizacji inwestycji celu publicznego;
- 8) wymagań ochrony zdrowia ludzi, środowiska, ochrony przyrody i dóbr kultury wpisanych do rejestru zabytków oraz wynikających z przepisów ustawy oraz przepisów odrębnych, w tym z **warunków korzystania z wód regionu wodnego**.

Wydania pozwolenia wodnoprawnego **odmawia się**, jeżeli projektowany sposób korzystania z wód narusza ustalenia ww. dokumentów, a projektowany sposób korzystania z wód dla celów energetyki wodnej nie zapewni wykorzystania potencjału hydroenergetycznego w sposób technicznie i ekonomicznie uzasadniony. Wydania pozwolenia wodnoprawnego odmawia się również, jeżeli zakład planujący korzystanie z wód lub wykonanie urządzeń wodnych albo inne działania wymagające pozwolenia wodnoprawnego nie wywiązuje się z obowiązków wynikających z dotychczas wydanych pozwoleń wodnoprawnych.

W kontekście nowego Prawa wodnego warto także pamiętać o **instytucji przyrzeczenia** wydania pozwolenia wodnoprawnego, regulowanej przez art. 412 ust. 1 ustawy Prawo wodne. Przyrzeczenie takie może zostać udzielone w drodze decyzji z ramienia organu właściwego w sprawie zgód wodnoprawnych. W decyzji przyrzeczonej zostanie określony okres ważności przyrzeczenia, z tym że nie może być on krótszy niż rok. W zdefiniowanym w ten sposób okresie ważności przyrzeczenia organ nie ma uprawnień, by odmówić wydania pozwolenia wodnoprawnego – za wyjątkiem przesłanek określonych w art. 399 Prawa wodnego.

Zgodnie z art. 394 ustawy Prawo wodne **zgłoszenia wodnoprawnego** wymaga m.in. wykonanie pomostu o szerokości do 3 m i długości całkowitej do 25 m, stanowiącej sumę długości jego poszczególnych elementów, postój na wodach płynących statków przeznaczonych na cele mieszkaniowe lub usługowe, wykonanie kąpieliska lub wyznaczenie miejsca okazjonalnie wykorzystywanego do kąpeli, trwałe odwadnianie wykopów budowlanych, prowadzenie robót w wodach oraz innych robót, które mogą być przyczyną zmiany stanu wód podziemnych, wykonanie urządzeń odwadniających obiekty budowlane, o zasięgu oddziaływania niewykraczającym poza granice terenu, którego zakład jest właścicielem itd.

Przy dokonaniu zgłoszenia wodnoprawnego obowiązuje tzw. zasada **milczącej zgody organu**. Oznacza to, że do wykonywania czynności, robót lub urządzeń wodnych podlegających obowiązkowi zgłoszenia wodnoprawnego można przystąpić, jeżeli w terminie 30 dni od dnia doręczenia zgłoszenia organ właściwy w sprawach zgłoszeń wodnoprawnych nie wniesie, w drodze decyzji, sprzeciwu i nie później niż po upływie 3 lat od określonego w zgłoszeniu terminu ich rozpoczęcia.

Warto w tym miejscu przytoczyć także czynności, które są **zwolnione zarówno z obowiązku uzyskania pozwolenia wodnoprawnego, jak i zgłoszenia wodnoprawnego**. Chodzi tu m.in. o lokalizowanie, na okres do 180 dni, tymczasowych obiektów budowlanych na obszarach szczególnego zagrożenia powodzią (to wyłączenie wprowadziła uchwalona przez Sejm 20 lipca 2018 r. nowelizacja Prawa wodnego), a także uprawianie żeglugi na śródlądowych drogach wodnych; holowanie oraz spław drewna; wycinanie roślin z wód lub brzegu w związku z utrzymaniem wód, śródlądowych dróg wodnych oraz remontem urządzeń wodnych; wykonanie pilnych prac zabezpieczających w okresie powodzi; wykonanie urządzeń wodnych do poboru wód podziemnych na potrzeby zwykłego korzystania z wód z ujęć o głębokości do 30 m; rybackie korzystanie ze śródlądowych wód powierzchniowych.

Za usługi wodne, o których mowa w art. 268 i 269 ustawy Prawo wodne, ponosi się stosowną **opłatę**. Opłata ta może składać się z opłaty stałej oraz opłaty zmiennej, uzależnionej od rodzaju usługi. Wysokość opłat ustalają Wody Polskie oraz przekazują ją podmiotom obowiązującym do ponoszenia opłat za usługi wodne, w formie informacji, zawierającej także sposób obliczenia tej opłaty. Wysokość opłaty za usługi wodne za zmniejszenie naturalnej retencji terenowej na skutek wykonywania na nieruchomości o powierzchni powyżej 3500 m² robót lub obiektów budowlanych trwale związanych z gruntem, mających wpływ na zmniejszenie tej retencji przez wyłączenie więcej niż 70% powierzchni nieruchomości z powierzchni biologicznie czynnej na obszarach nieujętych w systemy kanalizacji otwartej lub zamkniętej, ustala wójt, burmistrz lub prezydent miasta oraz przekazuje ją podmiotom obowiązującym do ponoszenia opłat za usługi wodne, w formie informacji, zawierającej także sposób obliczenia tej opłaty. Ustawa reguluje również górne jednostkowe stawki opłat za usługi wodne uzależnione od rodzaju usługi oraz celu, na jaki woda jest przeznaczona, jak również procedurę naliczania opłat oraz wnoszenia reklamacji.

Aglomeracje (teren, na którym zaludnienie lub działalność gospodarstwa są wystarczająco skoncentrowane, aby ścieki komunalne były zbierane i przekazywane do oczyszczalni ścieków albo do końcowego punktu zrzutu tych ścieków) o równoważnej liczbie mieszkańców powyżej 2000 (ładunek substancji organicznych biologicznie rozkładalnych wyrażonych jako wskaźnik pięciodobowego biochemicznego zapotrzebowania tlenu (BZT₅) w ilości 60 g tlenu na dobę) powinny być wyposażone w systemy kanalizacji zbiorczej dla ścieków komunalnych. Aglomeracje wyznacza, w drodze uchwały będącej aktem prawa miejscowego, rada gminy. Krajowy program oczyszczania ścieków komunalnych, którego integralną część stanowi wykaz aglomeracji oraz wykaz niezbędnych przedsięwzięć w zakresie budowy i modernizacji urządzeń kanalizacyjnych, sporządza i aktualizuje minister właściwy do spraw gospodarki wodnej, a zatwierdza Rada Ministrów. Krajowy program oczyszczania ścieków komunalnych określa w szczególności zakres rzeczowo-finansowy oraz termin zakończenia. Gminy przedkładają Wodom Polskim, corocznie nie później niż do dnia 31 stycznia, sprawozdania z realizacji krajowego programu oczyszczania ścieków komunalnych za rok ubiegły, zawierające informacje o:

- 1) stanie wyposażenia aglomeracji w systemy kanalizacji zbiorczej, oczyszczalnie ścieków komunalnych oraz indywidualne systemy oczyszczania ścieków;
- 2) postępie realizacji przedsięwzięć określonych w krajowym programie oczyszczania ścieków komunalnych;

- 3) ilości wytworzonych w ciągu roku Mg suchej masy osadów ściekowych w oczyszczalniach ścieków komunalnych w aglomeracji oraz o sposobie zagospodarowania tych osadów. Wody Polskie w terminie do dnia 31 grudnia każdego roku zamieszczają na stronie podmiotowej Biuletynu Informacji Publicznej wzór sprawozdania z realizacji krajowego programu oczyszczania ścieków komunalnych wraz z informacjami o sposobie przekazania tego sprawozdania. Wody Polskie dokonują analizy sprawozdań oraz przekazują gminie informację o wynikach tej analizy. Jeżeli na podstawie wyników analizy zostanie ustalone, że sprawozdania zawierają dane nieprawdziwe lub niekompletne, Wody Polskie wzywają gminy do przekazania uzupełnionych sprawozdań. Wody Polskie przedkładają ministrowi właściwemu do spraw gospodarki wodnej corocznie, w terminie do dnia 30 kwietnia, sprawozdanie z realizacji krajowego programu oczyszczania ścieków komunalnych. Wójt, burmistrz lub prezydent miasta co 2 lata dokonuje przeglądu obszarów i granic aglomeracji, z uwzględnieniem kryterium ich utworzenia, oraz zaistniałych zmian równoważnej liczby mieszkańców w aglomeracji i w razie potrzeby informuje radę gminy o konieczności zmiany obszarów i granic aglomeracji. Minister właściwy do spraw gospodarki wodnej przedkłada co 2 lata Radzie Ministrów sprawozdanie z wykonania krajowego programu oczyszczania ścieków komunalnych.

31 lipca 2017 r. Rada Ministrów przyjęła piątą aktualizację KPOŚK. Przyjęta przez rząd aktualizacja zawiera listę zadań zaplanowanych przez samorządy do realizacji w latach 2016–2021.

Aktualizacji krajowego programu oczyszczania ścieków komunalnych dokonuje się co najmniej raz na 4 lata. Minister właściwy do spraw gospodarki wodnej ogłasza, w drodze obwieszczenia, w Dzienniku Urzędowym Rzeczypospolitej Polskiej „Monitor Polski”, krajowy program oczyszczania ścieków komunalnych oraz jego aktualizacje. Obwieszczeniem Ministra Środowiska z 11 grudnia 2017 r. została ogłoszona aktualizacja krajowego programu oczyszczania ścieków komunalnych, zatwierdzona przez Radę Ministrów 31 lipca 2017 r. (M.P. z 2017 r. poz. 1183).

2.3. Kompetencje administracji rządowej i samorządowej

Ustawa z 20 lipca 2017 r. – Prawo wodne – zmieniła dość diametralnie dotychczasowe kompetencje organów właściwych w sprawach gospodarowania wodami. Obecnie zgodnie z art. 14. Prawa wodnego organami odpowiedzialnymi za gospodarowanie zasobami wodnymi są:

- minister właściwy ds. gospodarki wodnej,
- minister właściwy do spraw żeglugi,
- Prezes Wód Polskich,
- dyrektor regionalnego zarządu gospodarki wodnej Wód Polskich,
- dyrektor zarządu zlewni Wód Polskich,
- kierownik nadzoru wodnego Wód Polskich,
- dyrektor urzędu morskiego,
- wojewoda,
- starosta,
- wójt, burmistrz lub prezydent miasta.

2.3.1. Organizacja Wód Polskich

W związku z nowym podziałem państwa na obszary dorzeczy, regiony wodne i zlewnie od 1 stycznia 2018 r. utworzone zostało Państwowe Gospodarstwo Wodne Wody Polskie (dalej jako: „Wody Polskie”). Jednostkami organizacyjnymi wchodzącymi w jego skład są obecnie: Krajowy Zarząd Gospodarki Wodnej z siedzibą w Warszawie, regionalne zarządy gospodarki wodnej z siedzibami w jedenastu miastach, na których czele stoją dyrektorzy regionalnych zarządów gospodarki wodnej, zarządy zlewni z dyrektorami zarządów zlewni oraz nadzory wodne z kierownikami nadzorów wodnych. Organem Wód Polskich, kierującym ich działalnością, jest Prezes Wód Polskich.

Wody Polskie reprezentują Skarb Państwa i wykonują część jego uprawnień właścicielskich, a także uczestniczą w postępowaniach administracyjnych i sądowych.

Zadaniem organów i jednostek w ramach Wód Polskich jest między innymi przygotowanie projektów niektórych dokumentów związanych z zarządzaniem zasobami wodnymi, ryzykiem powodziowym oraz przeciwdziałaniem skutkom suszy.

W nowej ustawie Prawo wodne została wprowadzona regulacja umożliwiająca jednostkom samorządu terytorialnego partycypację w kosztach inwestycji prowadzonych na wodach będących własnością Skarbu Państwa oraz w kosztach utrzymania tych wód. Regulacja umożliwi jednostkom samorządu terytorialnego ponoszenie części kosztów inwestycji prowadzonych w szczególności

w zakresie ochrony przed powodzią. Nowe Prawo wodne stanowi, że ochrona przed powodzią jest zadaniem Państwowego Gospodarstwa Wodnego Wody Polskie oraz organów administracji rządowej i samorządowej.

2.3.2. Zgody wodnoprawne w nowym Prawie wodnym

Nowe Prawo wodne wprowadziło do polskiego porządku prawnego nową instytucję zgody wodnoprawnej, która jest jednym z instrumentów w systemie zarządzania gospodarką wodną. Zgody wodnoprawne to m.in. decyzje administracyjne, bez których zainteresowane podmioty nie mogą realizować wielu działań związanych z korzystaniem z wód. Intencją ustawodawcy było zapewnienie jednolitości orzekania administracyjnego w tej dziedzinie. Z tego względu w wydawaniu pozwoleń wodnoprawnych marszałków województw i starostów powiatowych zastąpiły właściwe organy Państwowego Gospodarstwa Wodnego Wody Polskie.

Zgoda wodnoprawna została uregulowana w Dziale IX nowego Prawa wodnego. Zgodnie z art. 388, ust. 1 tego aktu jest ona udzielana przez:

- 1) wydanie pozwolenia wodnoprawnego;
- 2) przyjęcie zgłoszenia wodnoprawnego;
- 3) wydanie oceny wodnoprawnej;
- 4) wydanie decyzji, które zwalniają z zakazów dotyczących:
 - a) obszarów szczególnego zagrożenia powodzią – m.in. zakaz lokalizowania nowych cmentarzy, gromadzenia odpadów i niektórych innych substancji i materiałów;
 - b) poruszania się pojazdami w wodach powierzchniowych oraz po gruntach pokrytych wodami;
 - c) niektórych robót lub czynności, które mogą wpływać na szczelność lub stabilność wałów przeciwpowodziowych.

Nowe Prawo wodne nie wprowadziło istotnych zmian w zakresie pozwoleń wodnoprawnych i zgłoszeń wodnoprawnych. Wydanie pozwolenia wodnoprawnego lub przyjęcie zgłoszenia wodnoprawnego wymagane jest m.in. przed uzyskaniem (art. 388, ust. 2–4):

- 1) decyzji o pozwoleniu na budowę,
- 2) decyzji o pozwoleniu na rozbiórkę obiektów jądrowych,
- 3) decyzji o zezwoleniu na realizację inwestycji drogowej,
- 4) decyzji o zezwoleniu na prowadzenie obiektu unieszkodliwiania odpadów wydobywczych,
- 5) zezwolenia na zbieranie odpadów, zezwolenia na przetwarzanie odpadów i zezwolenia na zbieranie i przetwarzanie odpadów,
- 6) decyzji o warunkach zabudowy i zagospodarowaniu przestrzennym.

Pozwolenie wodnoprawne wymagane jest m.in. na:

- 1) usługi wodne, do których zalicza się pobór wód podziemnych lub wód powierzchniowych; piętrzenie, magazynowanie lub retencjonowanie wód podziemnych i wód powierzchniowych oraz korzystanie z tych wód; uzdatnianie wód podziemnych i powierzchniowych oraz ich dystrybucję; odbiór i oczyszczanie ścieków; wprowadzanie ścieków do wód lub do ziemi, obejmujące także wprowadzanie ścieków do urządzeń wodnych; korzystanie z wód do celów energetyki, w tym energetyki wodnej; odprowadzanie do wód lub do urządzeń wodnych wód opadowych lub roztopowych, ujętych w otwarte lub zamknięte systemy kanalizacji deszczowej służące do odprowadzania opadów atmosferycznych albo w systemy kanalizacji zbiorczej w granicach administracyjnych miast i in. wymienione w ustawie Prawo wodne (art. 35, ust. 3);
- 2) szczególne korzystanie z wód (art. 34);
- 3) długotrwałe obniżenie poziomu zwierciadła wody podziemnej;
- 4) rekultywację wód powierzchniowych lub wód podziemnych;
- 5) wykonanie urządzeń wodnych, czyli urządzeń lub budowli służących do kształtowania zasobów wodnych lub korzystania z tych zasobów np. kanałów, rowów, sztucznych zbiorników, stawów czy wylotów urządzeń kanalizacyjnych.

Organem właściwym do wydania pozwolenia wodnoprawnego jest dyrektor regionalnego zarządu gospodarki wodnej lub dyrektor zarządu zlewni Wód Polskich, w zależności od sprawy, której dotyczy złożony wniosek. Organem właściwym w sprawie zgłoszeń wodnoprawnych jest natomiast kierownik nadzoru wodnego Wód Polskich. Pozwolenie wodnoprawne wydaje się na podstawie operatu wodnoprawnego oraz zgromadzonych w toku postępowania dowodów, dokumentów i informacji.

Nowe Prawo wodne wprowadziło możliwość przedłużenia okresu trwania dotychczasowego pozwolenia wodnoprawnego bez konieczności tworzenia nowego operatu wodnoprawnego, jeżeli zawarte w nim informacje są aktualne. W celu przedłużenia pozwolenia wodnoprawnego należy w terminie do 90 dni przed upływem okresu obowiązywania dotychczasowej decyzji złożyć wniosek o ustalenie kolejnego okresu jej obowiązywania.

Pozwolenia i zgłoszenia wodnoprawne są już zakorzenione w polskim porządku prawnym. Nowością jest natomiast ocena wodnoprawna. Jej uzyskanie jest wymagane dla inwestycji lub działań mogących wpłynąć na możliwość osiągnięcia

nięcia celów środowiskowych, określonych dla jednolitych części wód powierzchniowych i jednolitych części wód podziemnych, o których mowa w art. 56, 57, 59 oraz 61 Prawa wodnego. Artykuły te dotyczą m.in. ochrony oraz poprawy stanu ekologicznego i chemicznego wód powierzchniowych, zapobiegania lub ograniczania wprowadzania zanieczyszczeń do wód podziemnych czy osiągnięcia norm i celów wynikających z dokumentów planistycznych. Ocena wodnoprawna zostanie wydana, jeżeli podczas oceny planowanej inwestycji zostanie ustalony jej korzystny wpływ na możliwość osiągnięcia celów środowiskowych. Jeżeli natomiast zostanie ustalone, że inwestycja będzie miała negatywny wpływ na te cele, wnioskodawca zobowiązany będzie do udokumentowania wyjątkowych okoliczności, które mogą umożliwić podjęcie takiej działalności. Badanie przesłanek wydania oceny wodnoprawnej nie jest już kompetencją regionalnych dyrektorów ochrony środowiska. Zadanie to zostało przeniesione do właściwości organów Wód Polskich.

Prawo wodne stanowi również (art. 395), że pozwolenia wodnoprawne albo zgłoszenia wodnoprawne nie wymagają m.in.: uprawianie żeglugi na śródlądowych drogach wodnych, holowanie oraz spław drewna, wycinanie roślin z wód lub brzegu w związku z utrzymywaniem wód, śródlądowych dróg wodnych oraz remontem urządzeń wodnych, wykonanie pilnych prac zabezpieczających w okresie powodzi, wykonanie urządzeń wodnych do poboru wód podziemnych na potrzeby zwykłego korzystania z wód z ujęć o głębokości do 30 m, rybackie korzystanie ze śródlądowych wód powierzchniowych, pobór wód powierzchniowych lub wód podziemnych w ilości średniorocznie nieprzekraczającej 5 m³ na dobę oraz wprowadzanie ścieków do wód lub do ziemi w ilości nieprzekraczającej łącznie 5 m³ na dobę, na potrzeby zwykłego korzystania z wód.

Bibliografia

Ustawa z 20 lipca Prawo wodne (tj. Dz.U. z 2018, poz. 2268).

Dyrektywa 2000/60/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z 23 października 2000 r. ustanawiająca ramy wspólnotowego działania w dziedzinie polityki wodnej.

Strony internetowe:

<http://www.europarl.europa.eu>

<http://www.apgw.gov.pl>



Ksymena Rosiek – naukowiec, dydaktyk, pracownik Katedry Polityki Przemysłowej i Ekologicznej Uniwersytetu Ekonomicznego w Krakowie. Łącząc zainteresowania z dziedziny zarządzania zasobami środowiska, ekonomii społecznej i przemysłu specjalizuje się w kwestiach związanych z rozwojem zrównoważonym. W szczególności interesuje się ekosystemami miasta, zieloną i niebieską infrastrukturą, a więc między innymi kwestiami wody i efektywności energetycznej. Gospodarowanie wodami opadowymi z perspektywy ekonomicznej, koszty i korzyści środowiskowe w kontekście gospodarki o obiegu zamkniętym (circular economy) są przedmiotem obecnie prowadzonych badań. Członek międzynarodowych zespołów badawczych oraz wieloletnia współpracowniczka badaczy z Japonii.

3. Rozwój zrównoważony a efektywne wykorzystanie zasobów wodnych

3.1. Wody opadowe jako naturalny zasób wodny

Woda jest podstawowym zasobem warunkującym życie na ziemi. Jest również podstawą gospodarki ludzkiej. Pierwsze cywilizacje rozwijały się w żyznych dorzeczeniach, pierwsze miasta powstawały nad rzekami lub przy ich ujściu do mórz czy oceanów. Już w starożytności zdawano sobie sprawę z roli wody w zapewnieniu jakości życia w miastach. Zarówno działalność rolnicza (wylesianie, orka), jak i nieczystości z miast i działalności produkcyjnej (zwłaszcza po przejściu od wytwórstwa rzemieślniczego do manufakturowego, a następnie przemysłowego) wpływały na jakość wód. Istotne znaczenie ma więc nie tylko dostępność wody, ale także to, aby była ona odpowiedniej jakości (np. do spożycia).

W przypadku wody zaznaczają się wszystkie kryteria rzadkości¹, a rzadkość jest podstawowym kryterium w naukach ekonomicznych, stanowiącym o potrze-

¹ W ekonomii kryterium rzadkości decyduje o potrzebie gospodarowania zasobem. Podstawowe kryteria rzadkości to: ilość zasobu, jakość zasobu oraz kryterium technologiczne (cywilizacyjne). Kryterium ilościowe jest intuicyjnie rozumiane, jakościowe – w momencie wyczerpywania zasobu sięga się po coraz trudniej dostępne zasoby, zasoby w mniejszym stężeniu lub gorszej jakości (duże znaczenie ma dostępność substytutów), kolejne kryterium technologiczne – odwołuje się do faktu, że niektóre zasoby „stają się” rzadkie ze względu na rozwój gospodarki, wiedzy i technologii. Ropa naftowa była znana w starożytności jako „olej skalny”, ale nie znano jej zastosowania, dopiero technologia rafinacji uczyniła z niej zasób rzadki, podobnie jest dziś z pierwiastkami ziem rzadkich. Wydaje się, że do tych kryteriów należałoby dołożyć współcześnie kryterium geograficzne i czasowe.

bie gospodarowania danym zasobem. Woda wykazuje zróżnicowaną dostępność u układzie geograficznym (są obszary stałego deficytu, narażone na deficyt lub mające nadmiar wody), ale również w czasie (ten sam obszar latem cierpi z powodu suszy, a wiosną zmagają się z powodzią). Na skutek działalności gospodarczej człowieka zasoby wodne szybko ulegają zanieczyszczeniu (kryterium jakości). Woda jest niezbędna w wielu procesach produkcyjnych (kryterium technologiczne) i w produkcji żywności. Na świecie to rolnictwo jest głównym użytkownikiem wód, a następnie przemysł. W Polsce odwrotnie, głównym konsumentem wody jest przemysł (zwłaszcza energetyka konwencjonalna), a następnie rolnictwo i gospodarstwa domowe².

Powszechnie zasoby wodne są zaliczane do zasobów odnawialnych³. Jest to prawidłowe podejście z punktu widzenia ekologii (nauka o strukturze i funkcjonowaniu przyrody na różnych poziomach organizacji, ekonomika przyrody⁴). Woda krąży w ekosystemie Ziemi i w skali geologicznej jest zasobem odnawialnym, a wśród zasobów mineralnych – odnawialnym najszybciej⁵. Z punktu widzenia sozologii⁶ (nauka zajmująca się podstawami ochrony przyrody i jej zasobów oraz zapewnieniem trwałości ich użytkowania) można i należy przyjąć nieco inne podejście.

Współcześnie należy postrzegać zasoby wodne nie tyle przez pryzmat ich geologicznej odnawialności, ale bardziej z punktu widzenia ich ekonomicznej czy też gospodarczej wyczerpywalności, przez pryzmat niezbędnej funkcji dla utrzymania ekosystemów, życia na Ziemi i podstawowych elementów procesów gospodarczych. Mnogość konkurencyjnych celów i użytkowników potęguje potrzebę szeroko rozumianego gospodarowania wodami (np. przemysł produkcyjny, energetyka konwencjonalna, energetyka wodna, rolnictwo, gospodarstwa

² *Facing the challenges: case studies and indicators*; UNESCO's contributions to the United Nations world water development report 2015, s. 52 <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000232179> (data dostępu: 15.01.2019 r.) oraz *Mały Rocznik Statystyczny Polski*, GUS, Warszawa 2018, s. 33 (Tab. 10).

³ W. Chelmiński, *Woda: Zasoby, degradacja i ochrona*, Wydawnictwo PWN, Warszawa 2001, s. 50.

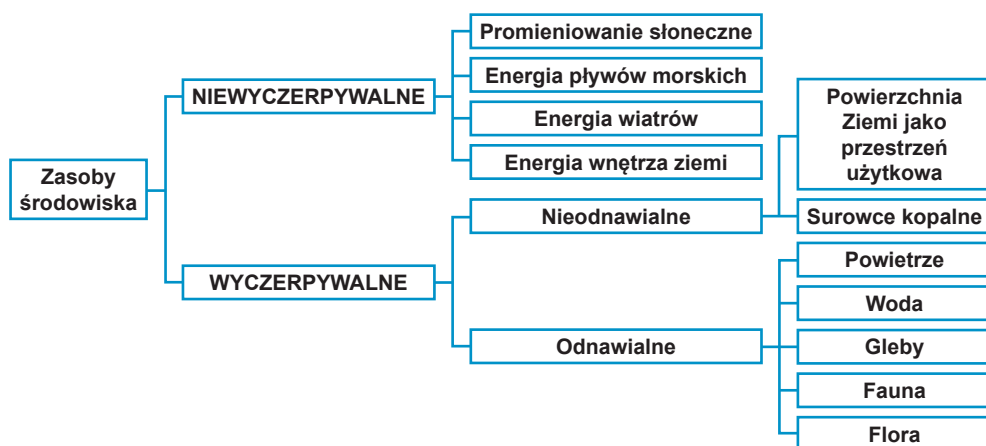
⁴ *Encyklopedia PWN*, <https://encyklopedia.pwn.pl/haslo/ekologia;3896979.html> (data dostępu: 15.01.2019 r.).

⁵ W. Chelmiński, *Woda: Zasoby, degradacja i ochrona*, Wydawnictwo PWN, Warszawa 2001, s. 50.

⁶ W szczególności nauka o przyczynach i następstwach przemian zachodzących w przyrodzie w wyniku działalności człowieka oraz o skutecznych sposobach zapobiegania ich negatywnym następstwom dla społeczeństwa lub o możliwościach maksymalnego ich łagodzenia; sozologia jest nauką kompleksową, *Encyklopedia PWN*, <https://encyklopedia.pwn.pl/haslo/sozologia;3977941.html> (data dostępu: 15.01.2019 r.). Szerzej: K. Górka, M. Łuszczuk, A. Thier, *Kierunki rozwoju ekonomii środowiska i zasobów naturalnych*, „Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu”, nr 453, 2016, s. 25–37.

domowe, wykorzystanie turystyczne, ochrona przed powodzią i suszą⁷). Tak więc z tego punktu widzenia zasoby wód należy uznać za wyczerpywalne choć odnawialne (rysunek 1). Oznacza to, że w skali globalnej woda jest dostępna jako zasób odnawialny, ale tu i teraz jej brakuje (lub jest jej katastrofalny nadmiar), nie spełnia kryteriów jakości dla celów, dla jakich planowano jej użyć lub też konkurencyjne cele jej wykorzystania stanowią o jej deficycie (nie ma możliwości zaspokojenia nawet uzasadnionych potrzeb konkurencyjnych użytkowników wód).

Niestety zasoby wodne są bardzo często przez społeczeństwo nadal postrzegane jako odnawialne, w sensie: powszechnie dostępne i nieograniczone, co powoduje trudności w zmianie podejścia do tych zasobów i zwiększaniu świadomości o potrzebie gospodarowania nimi.



Rys. 1. Woda jako zasób odnawialny – wyczerpywalny

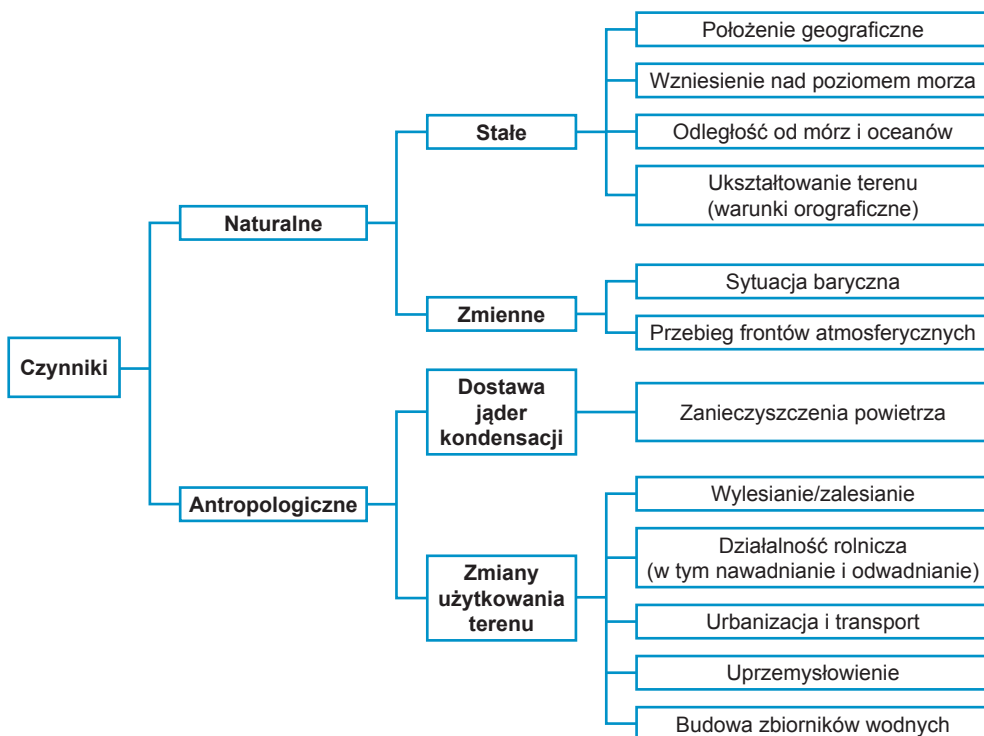
Źródło: K. Rosiek, *Opłaty od wód opadowych – okiem ekonomisty*, „Wodociągi polskie – Gospodarka wodami opadowymi i roztopowymi”, 2018, nr 3 [55], s. 28, za: J. Śleszyński, *Ekonomiczne problemy ochrony środowiska*, Wydawnictwo Paries, Warszawa 2000, s. 72.

Opad to podstawowy mechanizm transportujący wodę z atmosfery na powierzchnię ziemi, element stanowiący o obiegu wody w przyrodzie. Wody opadowe są podstawową częścią zasobów wodnych zapewniających odnawialność zarówno wód powierzchniowych, jak i podziemnych⁸. Opady mogą występować

⁷ Różnorodność celów gospodarowania widać najlepiej na przykładzie funkcji sztucznych zbiorników wodnych. Jeżeli ich główną funkcją jest zapewnienie wody pitnej, to ogranicza ona funkcje turystyczne a nawet produkcji energii czy potrzeby rolników w niższym biegu rzeki.

⁸ J. Królikowska, A. Królikowski, *Wody opadowe: odprowadzanie, zagospodarowanie, podczyszczanie i wykorzystanie*, Wydawnictwo Zeidel-Przywecki Sp. z o.o, Lublin, 2012, s. 9.

w formie ciekłej lub stałej (śnieg, szadź, szron). Opad atmosferyczny to proces dynamiczny, odznacza się znaczną zmiennością przestrzenną i czasową⁹. Wielkość i natężenie opadu zależą od wielu czynników. Czynniki naturalne takie jak położenie geograficzne czy ukształtowanie terenu są postrzegane jako determinujące. Jeżeli chodzi o czynniki antropogeniczne, to ustalenie związku przyczynowo-skutkowego jest znacznie trudniejsze, aczkolwiek prowadzone są liczne badania potwierdzające występowanie takiego wpływu w dwóch płaszczyznach: wprowadzanie jąder kondensacyjnych (zanieczyszczenia) lub ograniczanie ich naturalnego występowania (wylesianie), a z drugiej strony zmiany związane z urbanistycznym i rolniczym wykorzystaniem terenu¹⁰.



Rys. 2. Czynniki kształtujące opady atmosferyczne

Źródło: W. Chełmicki, *Woda: Zasoby, degradacja i ochrona*, Wydawnictwo PWN, Warszawa 2001, s. 60 i nast.

⁹ W. Chełmicki, *Woda: Zasoby, degradacja i ochrona*, Wydawnictwo PWN, Warszawa 2001, s. 50.

¹⁰ Temat ten jest bardzo rozległy, szerzej: W. Chełmicki, *Woda: Zasoby, degradacja i ochrona*, Wydawnictwo PWN, Warszawa 2001, s. 60 i nast., T. Walczykiewicz, Ł. Woźniak, *Współczesne problemy retencji wód*, IMGW – Państwowy Instytut Badawczy, Warszawa 2018.

3.2. Antropogeniczne czynniki wpływające na gospodarowanie wodami opadowymi

Na zasoby wody można popatrzeć przez pryzmat usług, jakich dostarczają społeczeństwu i gospodarce (*ecosystem services*). Ogólnie usługi ekosystemów – nie tylko w odniesieniu do wody – dzieli się na: zapatrujące, siedliskowe, regulacyjne i kulturalne. Pierwsze dwie są wyraźnie dostrzegane, natomiast trzecia kategoria – usługi regulacyjne – są bardzo często pomijane, a mają ogromne znaczenie dla prawidłowego funkcjonowania gospodarki oraz wysokiej jakości życia społeczeństwa.

Do grupy usług ekosystemów związanych regulacyjnymi funkcjami wód zaliczyć należy: odbiór i neutralizację ścieków, kontrolę biologiczną oraz podczyszczanie wód opadowych. Pamiętać należy, że ekosystemy mają granicę, po której przekroczeniu ulegają degradacji. Jednak współcześnie rośnie wiedza na temat procesów zachodzących w ekosystemach i ich naturalne mechanizmy mogą być wykorzystywane celowo w procesie oczyszczania powietrza i podnoszenia jego wilgotności, obniżania nagrzewania się infrastruktury przez zacienianie czy też podczyszczanie wód opadowych (zielona i niebieska infrastruktura). Do kolejnych usług ekosystemów dostarczanych przez wody zaliczyć należy wzbogacanie powietrza i gleby w wilgoć oraz poprawę komfortu termicznego. Nie można zapominać o tak podstawowych elementach jak stymulowanie ruchów konwekcyjnych powietrza (różnica w nagrzewaniu się i oddawaniu ciepła przez wodę i grunt, a na terenach zurbanizowanych dochodzą jeszcze tereny „zabetonowane”) oraz podtrzymywanie globalnego obiegu wody, retencja czy regulacja przepływów hydrologicznych (rysunek 3). We wszystkich tych usługach znaczącą rolę pełnią opady, a dodatkowo na terenach zurbanizowanych przyczyniają się do oczyszczania powierzchni miasta oraz poprawy jakości powietrza.



Rys. 3. Wybrane funkcje wody w mieście w oparciu o koncepcję usług ekosystemów

Źródło: Poradnik TEEB dla miast: usługi ekosystemów w gospodarce miejskiej, tłumaczenie na język polski Fundacja Sendzimira, Kraków 2012.

Poprzez swoją działalność człowiek w znaczący sposób ogranicza funkcje, usługi ekosystemów wodnych, co prowadzi do występowania, wzmaganie się i kumulacji negatywnych skutków na terenach zurbanizowanych¹¹. Można wyróżnić dwie główne antropogeniczne przyczyny narastających problemów z wodami opadowymi w Polsce. Po pierwsze wzrost powierzchni uszczelnionej nie tylko w centrach miast, ale również na obrzeżach (rozlewanie się miast, chaotyczna zabudowa) oraz funkcjonujące przez dziesięciolecia przekonanie, że wody opadowe trzeba jak najszybciej zebrać i odprowadzić z miasta. Należy również wskazać na czynniki naturalne w postaci intensyfikacji zjawisk pogodowych (np. gwałtowne deszcze). W latach 2004–2015 przyrost powierzchni zabudowanej i zurbanizowanej¹² w Polsce nie przekroczył jednego punktu procentowego (wzrost z 4,66 do 5,28%¹³), więc wydaje się niewielki. Jednak gdy zostanie przeliczony na wartości naturalne, to otrzymujemy przyrost na poziomie blisko 2000 km², czyli tak jakby w okresie 10 lat w Polsce przybyło 6 miast wielkości Krakowa (przyjmując powierzchnię lądową Polski 311 888 km² oraz powierzchnię Krakowa 327 km²)¹⁴. Oczywiście tereny zaliczane do powierzchni zabudowanej i zurbanizowanej są uszczelnione w różnym stopniu (rysunek 4), ale takie ogólne wyliczenia lepiej trafiają do naszej wyobraźni i obrazują skalę procesu. Ponadto zebrane dane pokazują, że w Polsce rośnie liczba szybkich (nagłych) powodzi miejskich: w latach 1971–1980 odnotowano ich około 120, w kolejnych dziesięcioleciach ich liczba wzrastała 1981–1990 – około 250, w latach 1991–2000 – niespełna 400, a w latach 2001–2010 już ponad 550¹⁵. Oznacza to, że w okresie czterech dekad zarejestrowana liczba nagłych powodzi miejskich wzrosła 4,5-krotnie. To wszystko wskazuje na fakt, iż procesy urbanizacyjne są istotnym elementem wpływającym na obieg wody w ekosystemach, choć nie można bagatelizować zjawisk pogodowych i klimatycznych.

Co do zasady prędkość spływu powierzchniowego w zlewni zabudowanej (uszczelnionej) jest większa niż w zlewni naturalnej, ale również szybciej następu-

¹¹ Również na terenach rolniczych i leśnych widoczne są negatywne skutki niewłaściwego gospodarowania i wieloletnich zaniedbań, ale nie są one przedmiotem tego opracowania.

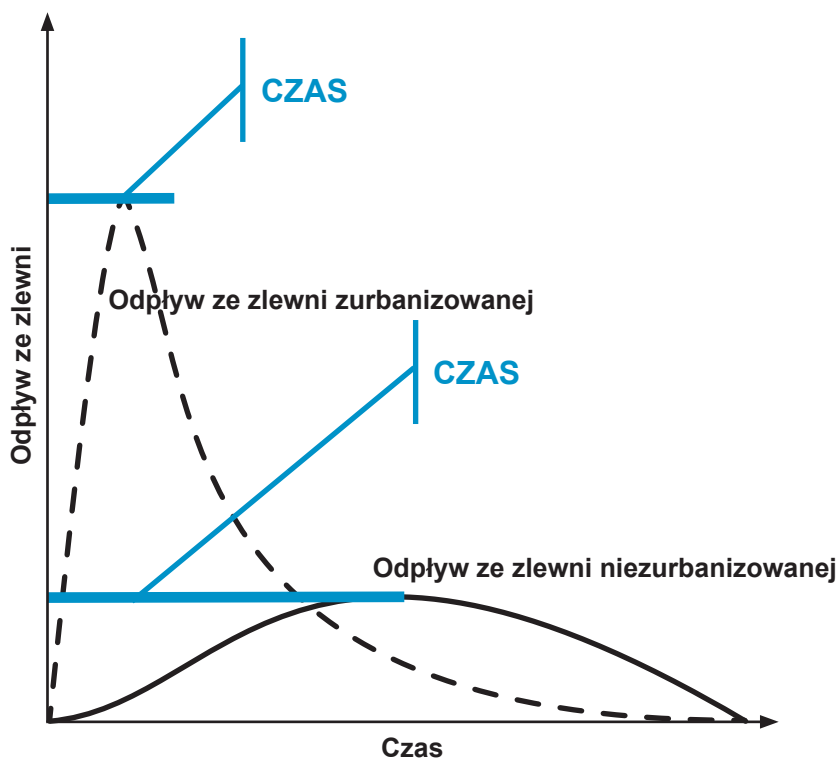
¹² Według GUS powierzchnia zabudowana i zurbanizowana obejmuje: tereny mieszkaniowe, przemysłowe, inne tereny zabudowane, zurbanizowane tereny niezabudowane, tereny rekreacyjno-wypoczynkowe, tereny komunikacyjne, użytki kopalne.

¹³ Źródło: dla lat 2004–2014 – *Wskaźniki zrównoważonego rozwoju Polski*, GUS 2015, <http://wskaznikizrp.stat.gov.pl/prezentacja.jsf?q=005003006001&p=kraj>, dla 2015 roku obliczenia własne na podstawie *Rocznik statystyczny Rzeczypospolitej Polskiej 2015*, GUS 2016, s. 100, tab. 1(12).

¹⁴ K. Rosiek, *Wody opadowe jako przedmiot gospodarowania*, [w:] „Gospodarka w Praktyce i Teorii”, nr 44, nr 3 (2016), s. 67.

¹⁵ *Klęski żywiołowe a bezpieczeństwo wewnętrzne Kraju*, H. Lorenc (red.), Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej, Państwowy Instytut Badawczy, Warszawa 2012, s. 157–158.

je kulminacja odpływu (krótszy czas koncentracji), a wilgoć po opadzie utrzymuje się krócej. Schematyczny hydrogram dla zlewni uszczelnionej i nieuszczelnionej prezentuje rysunek 4, a w rzeczywistości wymienione zjawiska zależą oczywiście od wielu czynników, udziału powierzchni uszczelnionej, nachylenia terenu, przepuszczalności gruntu, występującej szaty roślinnej i sposobu zagospodarowania gruntu (z wypielegnowanych trawników spływa więcej wody niż z dzikiej łąki).

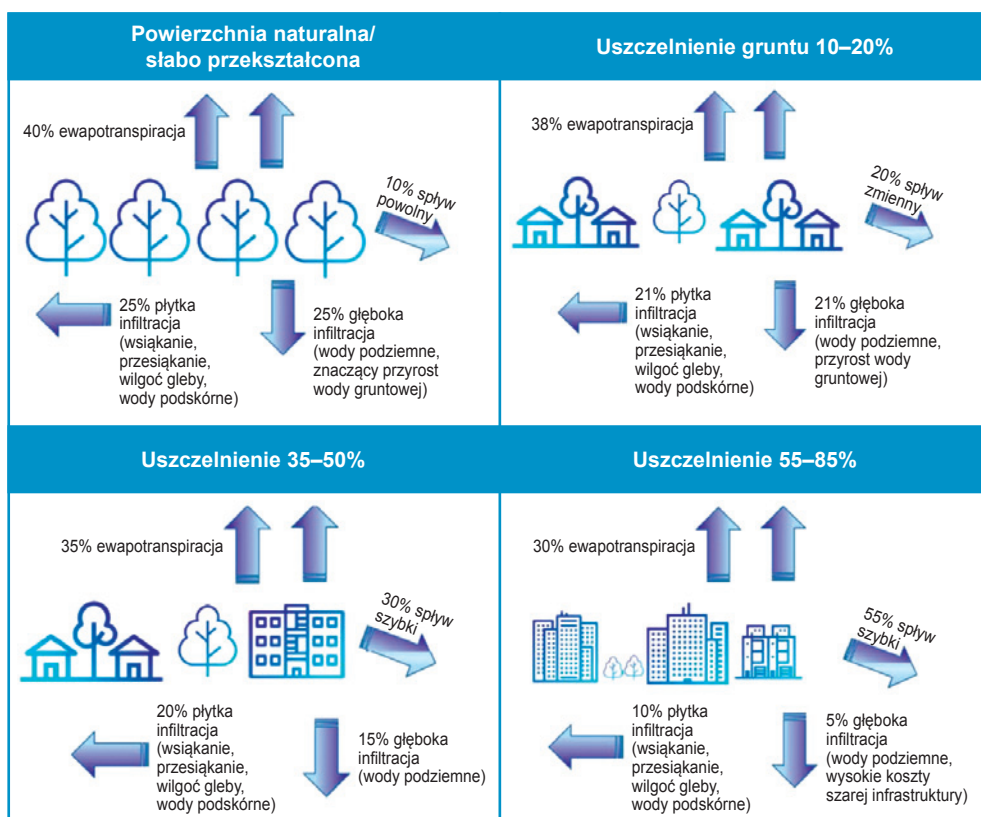


Rys. 4. Hydrogram odpływu wód opadowych ze zlewni zurbanizowanej i niezurbanizowanej

Źródło: D. Słyś, *Zrównoważone systemy odwodnienia miast*, Dolnośląskie wydawnictwo edukacyjne, s. 9.

Na terenach zurbanizowanych ograniczone zostaje parowanie, infiltracja, retencja, transpiracja, natomiast wzrasta i to bardzo gwałtownie spływ powierzchniowy¹⁶.

¹⁶ E. Wojciechowska, *Zastosowanie zielonej infrastruktury do ograniczania zanieczyszczenia wód powierzchniowych w zlewni miejskiej*, Polska Akademia Nauk, Komitet Inżynierii Środowiska, Seria Monografie, nr 145, Gdańsk 2018, s. 25.



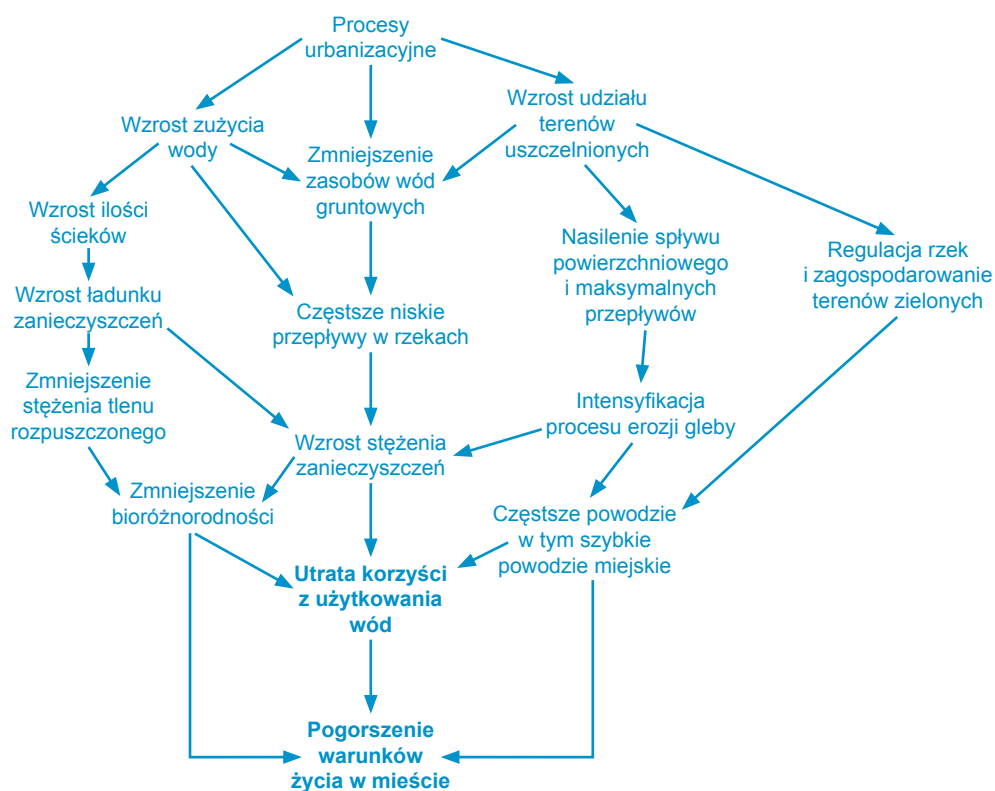
Rys. 5. Degradacja cyklu wodnego wraz ze wzrostem uszczelnienia gruntu

Źródło: Opracowanie własne na podstawie: <https://www.epa.gov/greeningepa/epa-facility-stormwater-management> [data dostępu: 20.01.2019 r.], ikony <https://www.flaticon.com/authors/pause08> (CC BY 3.0).

Jak już wspomniano, procesy urbanizacyjne w znaczącym stopniu wpływają na obieg wody w ekosystemie miejskim. Na rysunku 6 wskazano główne czynniki wpływające na jakość wód i obieg wody, związane z procesem urbanizacji, w tym z rozrostem miast. Wzrost udziału terenów uszczelnionych przyczynia się do zwiększonego spływu powierzchniowego, zmniejszania zdolności retencyjnych, a tym samym wpływa na zmniejszenie zasobów wód gruntowych, degradację gleby, ograniczenie bioróżnorodności i utrudnia funkcjonowanie roślinom. Przyczynia się też do wzrostu ładunku niesionych zanieczyszczeń. Regulacja cieków wodnych, osuszanie terenów podmokłych i wspomniany przyspieszony spływ przyczyniają się do wzrostu ryzyka podtopień rzecznych i deszczowych. Betonowe i asfaltowe powierzchnie szybciej się nagrzewają tworząc miejską wyspę ciepła i wzmagając procesy miejskiej wyspy smogu. Ruchy konwekcyjne powietrza zostają zaburzone.

To wszystko powoduje, że niemożliwe jest korzystanie z naturalnych mechanizmów nawilżania i chłodzenia, oczyszczania powietrza i podczyszczania wody oraz zaopatrywania roślinności w wodę, czyli nie można zrealizować korzyści, jakie oferują naturalne mechanizmy obiegu wody w przyrodzie. Prowadzi to do pogorszenia stanu zdrowia ludności i jakości życia w mieście¹⁷.

Co więcej, im dalej idące przekształcenia antropogeniczne, tym większe koszty generowane z tytułu niewłaściwego gospodarowania wodami opadowymi (koszty budowy, utrzymania i przeciążenia szarej infrastruktury, rosnące koszty energii, koszty wykorzystywania uzdatnionej do picia wody do podlewania zieleni miejskiej i chłodzenia ulic i placów) – zob. tabela 1.



Rys. 6. Wpływ urbanizacji na środowisko wodne

Źródło: Opracowanie własne na podstawie E. Wojciechowska, M. Gajewska, N. Zurkowska i in., *Zrównoważone systemy gospodarowania wodą deszczową, Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej, Gdańsk 2015, s. 31.*

¹⁷ Szerzej: I. Kupryś-Lipińska, P. Kuna, I. Wagner, *Woda w przestrzeni miejskiej a zdrowie mieszkańców*, [w:] *Zrównoważony rozwój – zastosowania nr 5: Woda w mieście*, Fundacja Sendzimira, Kraków 2014, s. 49–58.

Tabela 1. Wybrane skutki nadmiernego uszczelnienia powierzchni na terenach zurbanizowanych

Kategoria	Wybrane skutki
Bezpośrednie	<ul style="list-style-type: none"> - Degradacja gleby, utrata zdolności retencyjnych - Wzrost objętości i prędkości spływu deszczówki - Przeciążenie sieci kanalizacyjnej i oczyszczalni ścieków - Zwiększenie ryzyka powodzi i podtopień - Degradacja cyklu wodnego - Spadek poziomu wód gruntowych
Pośrednie	<ul style="list-style-type: none"> - Degradacja jakości wód powierzchniowych na skutek niekontrolowanego odpływu zanieczyszczonych wód opadowych z ulic i placów - Nasilenie efektów suszy w okresach bezdeszczowych - Wzrost ryzyka powodzi przez przyspieszenie spiętrzenia wody w ciekach - Degradacja środowiska przyrodniczego - Degradacja zasobów wodnych, brak zasilania warstw wodonośnych, obniżenie poziomu wód gruntowych - Zmniejszenie przepływu w ciekach w okresach niżówek, problemy z utrzymaniem przepływu nienaruszalnego - Pogorszenie mikroklimatu w mieście - Wzmaganie efektu wysp ciepła, inwersje termiczne, zaburzenie cyrkulacji powietrza - Wzmaganie efektu wysp smogu - Degradacja krajobrazu miasta - Zanikanie lokalnych cieków wodnych lub ich kanalizowanie - Spadek poziomu jakości życia
Pośrednie ekonomiczne	<ul style="list-style-type: none"> - Wzrost zużycia wody sieciowej (chłodzenie ulic, podlewanie) - Koszty przeciążenia oczyszczalni ścieków - Wzrost zużycia energii na klimatyzowanie budynków - Wzrost kosztów utrzymania miasta - Koszty prywatne i publiczne podtopień i suszy

Źródło: Opracowanie własne na podstawie: A. Janucha-Szostak, Miasto w symbiozie z wodą, „Czasopismo Techniczne – Architektura”, 6-A/2010, Zeszyt 14, s. 95–103 oraz E. Wojciechowska, M. Gajewska, N. Zurkowska i in., Zrównoważone systemy gospodarowania wodą deszczową, Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej, Gdańsk 2015, s. 27.

W tabeli 1 zestawiono w nieco szerszym kontekście skutki nadmiernego uszczelnienia powierzchni i ich wpływ na społeczeństwo, środowisko i gospodarkę lokalną. Uwzględniono skutki bezpośrednie, pośrednie oraz wydzielono powodowane przez nie koszty (lub utratę korzyści). Należy wyraźnie podkreślić, że niekorzyści związane z nieprawidłowym gospodarowaniem wodami opadowymi przekładają się na konkretne koszty, które są pokrywane zarówno z budżetu samorządu, jak i mieszkańców, a zaliczyć do nich należy większe niż optymalne

zużycie wody sieciowej do podlewania zieleni miejskiej i ogrodowej oraz chłodzenia ulic i torowisk. W tym wypadku strata jest podwójna, gdyż najpierw ponoszone są koszty uzdatniania wody do jakości wody pitnej, a następnie jest ona wylewana na zieleńce, podczas gdy wody opadowe spływają niejednokrotnie nawet z trawników na chodniki, ulice i do kanalizacji, po czym ponoszone są koszty ich oczyszczania. W przypadku dużych opadów istnieje ryzyko przeciążenia infrastruktury, wzrastają koszty w oczyszczalni ścieków, nie mówiąc o trudnych do oszacowania kosztach przelewów wód opadowych z systemów kanalizacji (zwłaszcza ogólnospławnej) do gruntu lub innych odbiorników. Koszty ogrzewania i chłodzenia konwencjonalnie budowanych budynków są wyższe niż tych z zielonymi dachami lub choćby zacienionych przez wysokie drzewa. No i dochodzą jeszcze koszty prywatne i publiczne podtopień i suszy.

Ostatnim ważnym zagadnieniem jest pytanie o stan (jakość) wód opadowych. Czy należy je traktować jako ściek? Choć w polskim prawie wody opadowe przestały być definiowane jako ściek¹⁸, odpowiedź na to pytanie wcale nie jest jednoznaczna. Jakość wód opadowych zależy na pewno od czystości powietrza oraz czystości powierzchni, z którą się styka. Ale na ich jakość wpływają również takie czynniki jak długość okresu bezdeszczowego. Tak więc wody opadowe mogą zawierać niebezpieczne związki chemiczne w tym: pyły, środki ochrony roślin i nawozy, substancje ropopochodne i in. Jednak zasadnicza część zanieczyszczeń nabywana jest w czasie spływu powierzchniowego¹⁹. Inaczej należałoby więc traktować wody z parkingów, terenów przemysłowych czy magazynowych, a inaczej z dachów, trawników czy ścieżek osiedlowych. Zasada szybkiego odprowadzania wód opadowych z terenów zurbanizowanych powinna być zakwestionowana i zastąpiona zagospodarowaniem wód opadowych w zgodzie z zasadami zrównoważonego rozwoju²⁰. Proces planowania i wykonania inwestycji musi być prowadzony zgodnie z tymi zasadami²¹.

¹⁸ Wody opadowe lub roztopowe – rozumie się przez to wody będące skutkiem opadów atmosferycznych; Obwieszczenie Marszałka Sejmu Rzeczypospolitej Polskiej z 9 listopada 2018 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu ustawy Prawo wodne (Dz.U. 2018, poz. 2268).

¹⁹ E. Wojciechowska, M. Gajewska, N. Zurkowska i in., *Zrównoważone systemy gospodarowania wodą deszczową*, Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej, Gdańsk 2015, s. 16–19.

²⁰ P. Kowalczyk, *Zintegrowana gospodarka wodna na obszarach zurbanizowanych. Część I: Podstawy hydrologiczno-środowiskowe*, Wydawnictwo Produkt, Poznań, 2018, s. 242.

²¹ Zasady zrównoważonego gospodarowania wodami opadowymi pochodzącymi z nawierzchni i pasów drogowych http://www.zzm.wroc.pl/pl/aktualnosci/katalog_dobrych_praktyk_zasady_zrownowazonego_gospodarowania_wodami_opadowymi_pochodzacyimi_z_nawierzchni_pasow_drogowych,298.html; Zrównoważony rozwój – zastosowania, nr 5/2014: Woda w mieście (<http://www.sendzimir.org.pl/magazyn5>); Ogrody deszczowe – broszury instruktażowe (<http://www.sendzimir.org.pl/publikacje/ogrody-deszczowe>); „Cenna deszczówka – krótki przewodnik o tym, jak zatrzymać ją na działce” (<https://deszczowka.info/bezplatny-poradnik-cenna-deszczowka/#.XEy9hVxKiUk>).

Szczególną uwagę należy poświęcić wodom z ulic, parkingów i terenów przemysłowych oraz tam, gdzie występują osuwiska lub słabo przepuszczalna gleba, kopalnie, wody wykorzystywane do celów uzdrowiskowych, wysoki poziom wód gruntowych, ujęcia wody pitnej.

Prowadzone zarówno w kraju jak i za granicą badania potwierdzają skuteczność naturalnych systemów podczyszczania wód, opartych na procesach infiltracji i retencji (aktywne substraty, odpowiednio dobrana roślinność, tzw. zielona i niebieska infrastruktura) nawet w przypadku wód odprowadzanych z dróg o dużym natężeniu ruchu²²:

- usuwanie zawiesin – 80–100%;
- usuwanie metali ciężkich – 50–90%;
- usuwanie substancji ropopochodnych – 60–80%.

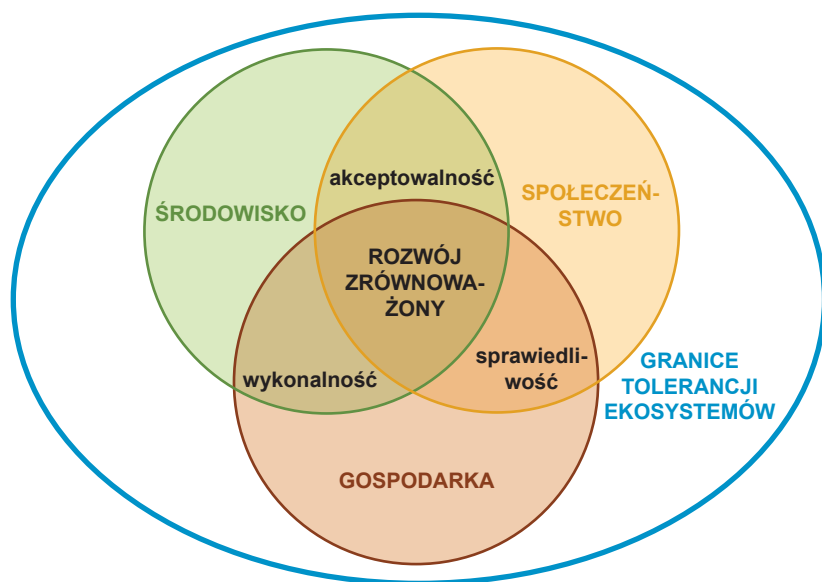
3.3. Wyzwania w zakresie gospodarowania wodami opadowymi w kontekście zrównoważonego rozwoju

W literaturze funkcjonuje kilka podejść do definiowania rozwoju zrównoważonego. Podkreśla się zachowanie równowagi pomiędzy społeczeństwem, środowiskiem i gospodarką z uwzględnieniem granic tolerancji ekosystemów. Ważną cechą podkreślaną w tej koncepcji jest sprawiedliwość wewnątrz- oraz międzypokoleniowa. Typowy sposób przedstawiania koncepcji zrównoważonego rozwoju pokazuje rysunek 7. Na rysunku dodano również podstawowe cechy budujące relacje pomiędzy elementami systemu w kontekście instrumentów polityki gospodarczej, umożliwiających wdrażanie koncepcji rozwoju zrównoważonego (w schematycznym uproszczeniu). Relacjami między społeczeństwem i gospodarką (np. miejsca pracy, siła robocza, zabezpieczenie społeczne itp.) powinna kierować sprawiedliwość wewnątrzpokoleniowa i międzygeneracyjna. Relacjami między gospodarką a środowiskiem w odniesieniu do działań podejmowanych w ramach polityki ekologicznej – wykonalność, jeżeli koszty transakcyjne danej regulacji są zbyt wysokie, to będzie trudna do realizacji. Relacjami między środowiskiem a społeczeństwem – akceptowalność (dobry przykład stanowi wprowadzenie opłat za wodę w Irlandii czy nałożenie podatku ekologicznego we Francji,

²² *Zasady zrównoważonego gospodarowania wodami opadowymi pochodzącymi z nawierzchni i pasów drogowych*, Wrocław 2017, s. 13 (http://www.zzm.wroc.pl/pl/aktualnosc/katalog_dobrych_praktyk_zasady_zrownowazonego_gospodarowania_wodami_opadowymi_pochodzacyimi_z_nawierzchni_pasow_drogowych,298.html).

mimo że założenia są słuszne, społeczeństwo nie akceptuje takich instrumentów²³).

Koncepcja zrównoważonego rozwoju ma charakter horyzontalny, łączy i scala wszystkie działania podejmowane w ramach polityki gospodarczej. To nie jest kwestia „dodania” celów ekologicznych, to zmiana sposobu myślenia i postrzegania relacji pomiędzy społeczeństwem i gospodarką a środowiskiem, to przejęcie odpowiedzialności za prowadzoną działalność od najmniejszych decyzji w każdym gospodarstwie domowym po podejmowane na szczytach klimatycznych ważne globalne zobowiązania. Rozwój zrównoważony to odpowiedzialność za naszą planetę i ludzkość – współczesną i przyszłe pokolenia. Przykład przenikania się celów według koncepcji zrównoważonego rozwoju zawarto w tabeli 2. Trzeba też zaznaczyć, że nadal najważniejszymi kwestiami jest walka z ubóstwem, nierównościami społecznymi (w regionach i pomiędzy nimi), dostęp do bezpiecznej wody i sanitariatów, edukacja i ochrona zdrowia. Jednak nie da się tego osiągnąć w gospodarce opartej na niepełnej kalkulacji kosztów, gdy w cenach nie są odzwierciedlone koszty środowiskowe.



Rys. 7. Koncepcja zrównoważonego rozwoju

Źródło: Opracowanie własne.

²³ Protesty z powodu wprowadzenia opłat za wodę dla obywateli w Irlandii http://wyborcza.pl/1,75399,17638065,Irlandczycy_po_raz_pierwszy_od_150_lat_musza_placic.html, protesty przeciwko podnoszeniu ceny paliw we Francji <https://www.pap.pl/aktualnosci/news,386993,francja-w-paryżu-doszło-do-starc-podczas-marszu-żółtych-kamizelek.html> (data dostępu: 21.01.2019 r.).

Tabela 2. Przykładowe wiązki celów w koncepcji zrównoważonego rozwoju

Cele ekologiczne	Cele ekonomiczne	Cele społeczno-kulturowe
Ochrona atmosfery ziemskiej (ograniczenie zmian klimatu)	Stabilność gospodarki narodowej: zapewnienie samodzielnej egzystencji przy akceptowalnej jakości pracy	Demokracja uczestnicząca i praworządność we wszystkich dziedzinach życia
Nieszkodzenie przyrodzie: zachowanie różnorodności biologicznej i krajobrazowej	Zaspokajanie podstawowych potrzeb przez zrównoważone produkty (żywność, mieszkanie, energia), stosowne ceny	Wyeliminowanie ubóstwa, bezpieczeństwo społeczne, opanowanie wyzwań demograficznych
Zrównoważone wykorzystanie zasobów odnawialnych	Stabilność cen oraz przeciwdziałanie koncentracji władzy ekonomicznej, internalizacja kosztów zewnętrznych	Równość szans, integracja (np. płci, imigrantów)
Zrównoważone wykorzystanie zasobów nieodnawialnych	Pozagospodarcza równowaga i współpraca na rzecz rozwoju przy jak najmniejszym imporcie surowców	Bezpieczeństwo zewnętrzne i wewnętrzne, rozwiązywanie konfliktów bez przemocy
Zdrowe warunki życia (eliminowanie szkodliwych substancji, promieniowania i hałasu)	Wydolny budżet państwowy przy wystarczających standardach zaopatrzenia społeczeństwa w dobra merytoryczne/kolektywne oraz właściwy podział dochodów	Ochrona zdrowia i poprawa jakości życia człowieka

Źródło: H. Rogall, *Ekonomia zrównoważonego rozwoju – teoria i praktyka*, Wydawnictwo Zysk i Spółka, Poznań 2010, s. 47.

Sens tej koncepcji został dobrze oddany w definicji zawartej w Strategii zrównoważonego rozwoju UE: ma zapewnić pokoleniom obecnym i przyszłym **stały wzrost jakości życia i dobrobytu** na Ziemi. Dlatego łączy się z propagowaniem dynamicznej gospodarki przy **pełnym zatrudnieniu obywateli i wysokim poziomie ich wykształcenia, ochrony zdrowia, spójności społecznej i terytorialnej oraz ochrony środowiska** – w świecie, w którym panuje pokój, bezpieczeństwo i poszanowanie różnorodności kulturowej²⁴.

Podsumowując: trwały i zrównoważony rozwój charakteryzuje się²⁵:

- trwałością ekologiczną,
- rozwojem ekonomicznym,

²⁴ *Communication from the Commission – A Sustainable Europe for a Better World: A European Union Strategy for Sustainable Development (Commission's proposal to the Gothenburg European Council)* COM/2001/O264 final.

²⁵ S. Kozłowski, *Przyszłość ekorozwoju*, Wydawnictwo KUL, Lublin 2005, s. 45.

- sprawiedliwością społeczną między pokoleniami i w obrębie jednego pokolenia.

Jak koncepcja zrównoważonego rozwoju jest realizowana w odniesieniu do gospodarowania wodami opadowymi? Z pewnością opiera się na **zarządzaniu umożliwiającym zaspokojenie uzasadnionych potrzeb użytkowników wód, przy wysokim poziomie ochrony i utrzymania zasobów wodnych i jednoczesnym uwzględnieniu kwestii społecznych** (prawo dostępu i korzystania z wody jako prawo podstawowe, zapewnianie dostępu do wody obecnym i przyszłym użytkownikom).

Procesu zarządzania wodami w duchu zrównoważonego rozwoju nie da się zamknąć w kilku prostych zasadach po prostu dlatego, że odmienne w każdym miejscu lokalne warunki (ukształtowanie terenu i inne czynniki klimatyczno-geograficzne, rodzaj i stan istniejącej infrastruktury, a nawet – a może zwłaszcza – świadomość ekologiczna mieszkańców), stan zasobów wodnych, potrzeby społeczno-gospodarcze – to wszystko powoduje, że konieczne jest wypracowywanie najbardziej dopasowanych do lokalnej sytuacji rozwiązań, przy zaangażowaniu jak największej możliwej liczby interesariuszy.

Współcześnie zrównoważony rozwój najczęściej wiąże się ze zintegrowanym zarządzaniem zasobami wodnymi (*Integrated Water Resources Management*, IWRM), a raczej IWRM jest skutecznym narzędziem realizowania zasad zrównoważonego rozwoju w odniesieniu do zasobów wodnych.

Zintegrowane zarządzanie zasobami wodnymi jest definiowane jako proces gospodarowania zasobami wodnymi w pełnej koordynacji z różnorodnymi działaniami podejmowanymi w zakresie gospodarowania zasobami naturalnymi, w celu maksymalizacji korzyści społecznych i gospodarczych, przy zachowaniu we właściwym stanie środowiska naturalnego i podtrzymujących życie ekosystemów, zgodnie z zasadą rozwoju zrównoważonego²⁶.

Zintegrowane zarządzanie opiera się na trzech zasadach, wywodzących się z koncepcji zrównoważonego rozwoju²⁷:

- 1. Równości społecznej:** wszyscy mają równe prawo dostępu do zasobów w zakresie gwarantującym godne życie, niezależnie od sytuacji ekonomicznej;

²⁶ K. Mroziak, Cz. Przybyła, P. Szczepański, M. Napierała, P. Idczak, *Zintegrowane zarządzanie zasobami wodnymi jako czynnik rozwoju społeczno-gospodarczego*, [w:] *Gospodarka przestrzenna. Dylematy i wyzwania współczesności*, „Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu”, nr 339, 2014, s. 130–140.

²⁷ K. Krauze, I. Wagner, *Woda w przestrzeni miejskiej a zintegrowane zarządzanie miastem*, „Zrównoważony rozwój – zastosowania nr 5: Woda w mieście”, Fundacja Sendzimira, 2014, s. 97.

2. **Wydajności ekonomicznej:** należy zapewnić jak największe korzyści płynące z zasobów jak największej liczbie użytkowników w granicach dostępnych możliwości oraz zasobów wody;
3. **Ekologicznej równowagi:** ekosystemy mają być traktowane jak inni użytkownicy wody, zatem ich prawa do dostępu do niezbędnych zasobów, w zakresie zapewniającym istnienie i trwałość, muszą być zagwarantowane na równi z prawem ludzi do korzystania z zasobów.

Na świecie zostały opracowane techniki zarządzania nakierowane na gospodarowanie wodami w mieście, w tym wodami opadowymi. Warto podkreślić, że wszystkie one są oparte na:

- holistycznym podejściu: łączeniu aspektów środowiskowych (w tym zarządzania w zlewni), gospodarowania przestrzenią, zdrowia ludzi, ale też aspektów finansowych, prawnych i gospodarczych;
- podejściu horyzontalnym i interdyscyplinarności (architekci, inżynierowie, architekci krajobrazu, hydrologi, geolodzy, biolodzy, ichtiolodzy, ornitolodzy, hydrobiolodzy, ekonomiści i prawnicy i inni);
- innowacyjności, wykorzystaniu zielonej i niebieskiej infrastruktury, naśladowaniu i wykorzystywaniu naturalnych procesów w celu wsparcia ochrony przed powodzią i suszą, tworzeniu systemów wiążących tereny zielone i ekosystemy wodne, wspierające je i chroniące je; przestrzenie zielone powinny być możliwe ciągłe;
- wypracowywaniu rozwiązań dostosowanych do potrzeb lokalnych, łączących sprawność techniczną, skuteczność ekologiczną, efektywność ekonomiczną z walorami estetycznymi i przestrzenną spójnością;
- współpracy władz lokalnych, wspólnoty lokalnej, NGO i przedsiębiorstw – decyzje podejmowane w oparciu o konsensus;
- wieloletnim planowaniu i konsekwencji we wdrażaniu.

Do wspomnianych narzędzi, wspierających wdrażanie zrównoważonego gospodarowania wodami opadowymi, zaliczyć należy takie jak²⁸:

- **Zabudowa o niskim oddziaływaniu na środowisko** (*Low Impact Development, LID*). Koncepcja, która powstała w Stanach Zjed-

²⁸ I. Wagner, K. Krauze, *Jak bezpiecznie zatrzymać wodę opadową w mieście? Narzędzia techniczne*, [w:] „Zrównoważony rozwój – zastosowania nr 5: Woda w mieście”, Fundacja Sendzimira, 2014, s. 77.

noczonych, polega na takim planowaniu przestrzennym nowych i rewitalizowanych terenów miejskich, które uwzględnią specyfikę krajobrazu (np. ukształtowanie, budowę geologiczną, obecność ekosystemów wodnych i lądowych) jako ramy dla rozwoju przestrzeni miejskiej. Takie podejście ogranicza negatywny wpływ zabudowy na funkcjonowanie nowo zagospodarowanej i sąsiadujących przestrzeni oraz systemu przyrodniczego. Opad wykorzystywany jest w miejscu jego wystąpienia, w oparciu o retencję krajobrazową, wspomagana rozwiązaniami technicznymi.

- **Planowanie miasta ukierunkowane na wodę** (*Water Sensitive Urban Design*, WSUD). Jest to opracowany w Australii system interdyscyplinarnej współpracy pomiędzy specjalistami z zakresu gospodarki wodnej, architektury, planowania przestrzennego i ochrony środowiska. Dotyczy wszystkich elementów miejskiego cyklu wodnego (opad, zaopatrzenie w wodę, odprowadzanie ścieków, ekosystemy wodne) i łączy ich funkcjonalność z zasadami urbanistyki. Jego celem jest upodobnienie miejskiego obiegu wody (zwłaszcza wód opadowych) do obiegu naturalnego.
- **System zrównoważonego zagospodarowania wód opadowych** (*Sustainable Urban Drainage Systems*, SUDS). Obejmuje rozwiązania techniczne odprowadzające wody opadowe z miasta, które są jednak bardziej przyjazne środowisku niż tradycyjne rozwiązania inżynierskie. Połączenie wielu działań minimalizuje zanieczyszczenia i stres hydrauliczny rzek i jezior. Koncepcja powstała w Wielkiej Brytanii.
- **Najlepsze praktyki w zagospodarowaniu wód opadowych** (*Best Management Practices*, BMPs). Obejmują działania strukturalne, retencjonujące opad i usuwające zanieczyszczenia, oraz nie-strukturalne, ograniczające odpływ powierzchniowy i powstawanie zanieczyszczeń. Rozwiązania techniczne, proponowane przez BMPs są elementem wszystkich przedstawionych tu koncepcji, stąd często dla opisu zrównoważonego zagospodarowania wód opadowych używa się określenia „najlepsze praktyki” lub BMPs.

Istotne znaczenie ma fakt, że proponowane rozwiązania muszą być zaprojektowane na szeroką skalę i długi okres. Należy wprowadzać różnorodne rozwiązania w różnych obszarach – pasach drogowych, zieleni publicznej i przestrzeni publicznej, rozwiązania dedykowane dla mieszkańców, deweloperów i zarządzają-

cych nieruchomościami. Istotą procesu jest powstawanie bardzo dużej liczby małych i większych instalacji. Często używa się porównania, że obecnie miasta są jak nagrzana betonowa płyta, a powinny być jak gąbka.

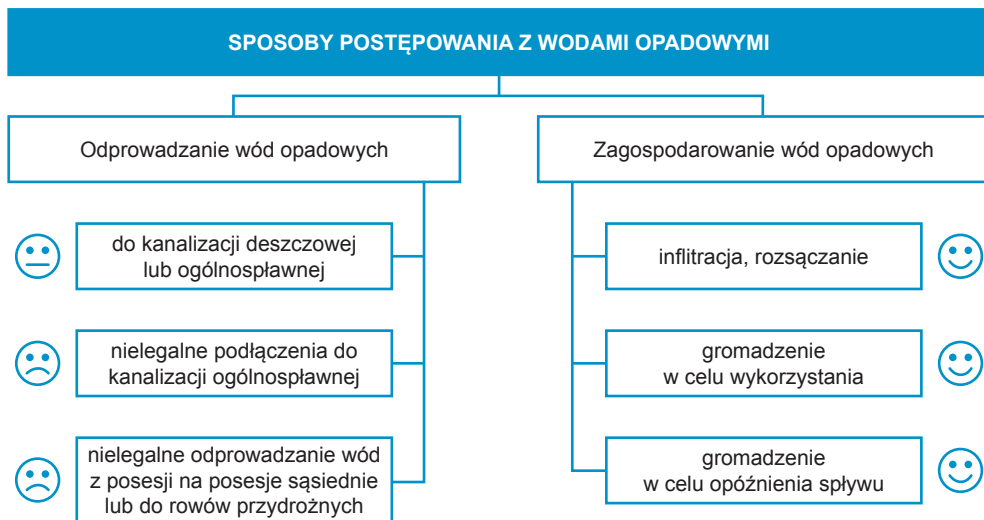
Bardzo ważnym elementem powodzenia takich programów, oprócz różnorodności podejmowanych działań, kierowanych do różnych grup inwestorów, musi być ich wspieranie rozsądnymi instrumentami ekonomicznymi – dopłatami, podatkami i ulgami w tych podatkach.

Władze lokalne powinny dawać dobry przykład np. poprzez modernizację budynków publicznych, wprowadzanie elementów zielonej i niebieskiej infrastruktury w tkankę miejską. Równocześnie pamiętać należy o ogromnym znaczeniu edukacji, informacji oraz partycypacji społecznej.

Niestety w Polsce ciągle dominuje odprowadzanie wód opadowych, w tym – i należy to wyartykułować – nielegalne podłączenia do sieci kanalizacyjnej lub odprowadzenie wód z terenu posesji na posesje sąsiednie lub w obszar pasu drogowego (rysunek 8).

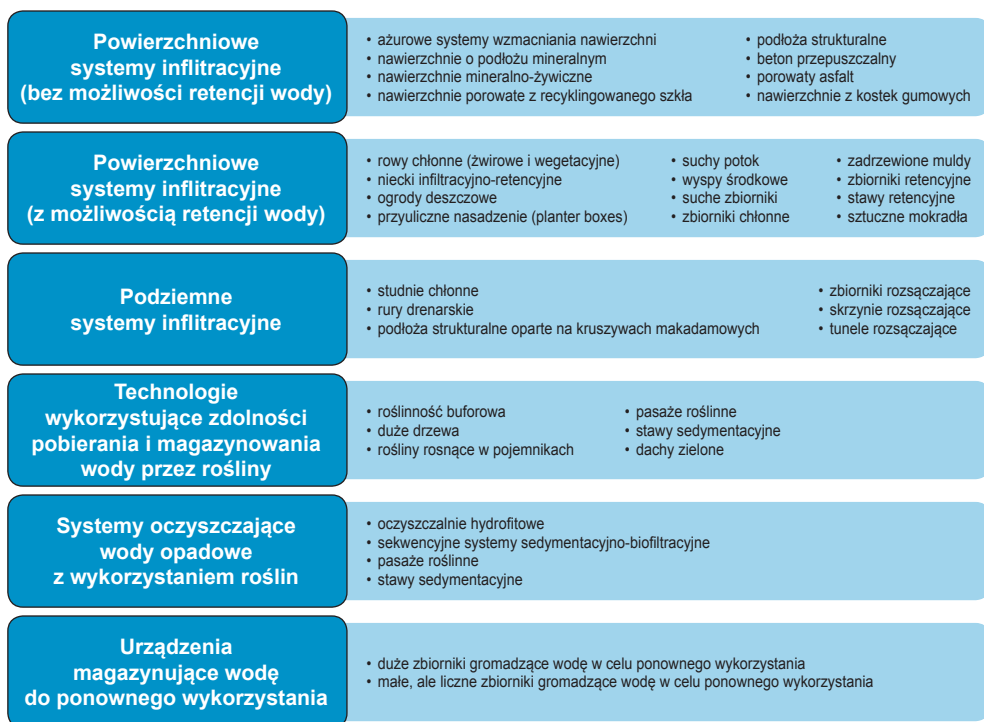
Dzięki wielu inicjatywom rośnie świadomość, że Polska jest krajem ubogim w wodę i należy każdą kroplę wody zachować w ekosystemach. Widoczne są już pierwsze pozytywne skutki właściwej gospodarki wodami opadowymi w licznych miejscach w Polsce, jak chociażby w Trójmieście.

Na rysunku 9 pokazano zestawienie wybranych technicznych rozwiązań wykorzystywanych przy gospodarowaniu wodami opadowymi.



Rys. 8. Sposoby postępowania z wodami opadowymi

Źródło: Opracowanie własne, ikony: <https://www.flaticon.com/authors/baianat> [CC BY 3.0].



Rys. 9. Wybrane rozwiązania gospodarowania wodami opadowymi

Źródło: Opracowanie własne na podstawie: M. Suchocka, M. Drapińska, *Jak zatrzymać wodę w polskich miastach?*, „Przegląd Komunalny”, nr 6/2018, s. 42.

3.4. Korzyści z właściwego gospodarowania wodami opadowymi

Najistotniejszym stwierdzeniem jest przyznanie, że wody opadowe to cenny zasób, którym należy gospodarować. Wymaga to zmiany sposobu myślenia i podejmowanych działań. Główny cel zarządzania wodami deszczowymi i roztopowymi należy zdefiniować jako: **takie gospodarowanie wodami opadowymi i roztopowymi, aby zminimalizować ryzyko powodzi i suszy oraz ograniczać zanieczyszczenia wód, w tym powierzchniowych i gruntowych, przy jednoczesnym stworzeniu możliwości gospodarczego i przyrodniczego wykorzystania tych wód bez szkód dla ekosystemów wodnych i od wody zależnych**²⁹.

²⁹ K. Rosiek, *Oplaty od powierzchni uszczelnionej jako instrument zrównoważonego zarządzania wodami opadowymi i roztopowymi*, [w:] „Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu”, nr 453, K. Kociszewski (red.), Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu, Wrocław 2016, s. 270–281.

Właściwe gospodarowanie wodami opadowymi przynosi wiele korzyści dla społeczeństwa, środowiska i gospodarki miejskiej. Wymagane jednak jest holistyczne, interdyscyplinarne i zintegrowane podejście do tematu.

Właściwe gospodarowanie wodami opadowymi przede wszystkim przynosi korzyści dla ekosystemów, związane z zachowaniem i ochroną zasobów wodnych, ale również z wspieraniem bioróżnorodności i ochroną gleby przed degradacją. Przy prawidłowo przeprowadzanych inwestycjach wartością dodaną są korzyści związane z uporządkowaniem, rewitalizacją przestrzeni miejskich, tworzeniem nowych miejsc do rekreacji i aktywnego spędzania czasu. W tabeli 3 próbowano zestawić i pogrupować korzyści, jakie można uzyskać w przypadku właściwej gospodarki wodami opadowymi. Oprócz już wymienionych niezwykle istotne są te, które zostały przypisane do kategorii „funkcjonalne”, związane ze wspieraniem ochrony przeciwpowodziowej oraz zapobieganiem przeciwdziałaniu suszy, a także najogólniej wspierające wzrost możliwości adaptacji miasta do zmian klimatu.

Argumentem przemawiającym za realizowaniem przedsięwzięć mających na celu właściwe gospodarowanie wodami opadowymi są z pewnością koszty, a właściwie uniknięte koszty. A więc koszty związane z bezpośrednimi i pośrednimi stratami związanymi z powodzią i suszami, zmniejszenie kosztów utrzymania miasta, rozbudowy szarej infrastruktury i jej utrzymania (mogą jednak występować pewne procesy zmniejszające te korzyści). Pojawiają się również korzyści związane ze wzrostem wartości nieruchomości.

Najistotniejsze jednak są trudno mierzalne korzyści związane z ochroną ekosystemów, poprawą jakości życia mieszkańców i ich zdrowia.

Omawiając ten temat należy pamiętać, że korzyści związane z wdrażaniem zielonej i niebieskiej infrastruktury początkowo są słabo widoczne i wzrastają z czasem wraz ze wzrostem liczby zielono-niebieskich rozwiązań (kumulują się).

Istotne znaczenie ma również wypełnianie wymagań prawnych krajowych i międzynarodowych, a więc uniknięcie konsekwencji – w tym finansowych – niewypełnienia zobowiązań np. unijnych.

Często pomijane są korzyści społeczno-kulturowe. Znaczna część inwestycji związanych z zielono-niebieską infrastrukturą ma charakter egalitarny, umożliwia dostęp do atrakcyjnych miejsc osobom wykluczonym, zachęca do spędzania tam wolnego czasu, przyczynia się do społecznego ożywienia danego miejsca. Często również inwestycje takie nawiązują do lokalnych zasobów, wartości, walorów i je wykorzystują, stając się atrakcyjne dla mieszkańców. Ważne jest również promowanie współpracy pomiędzy mieszkańcami, władzami i inwestorami.

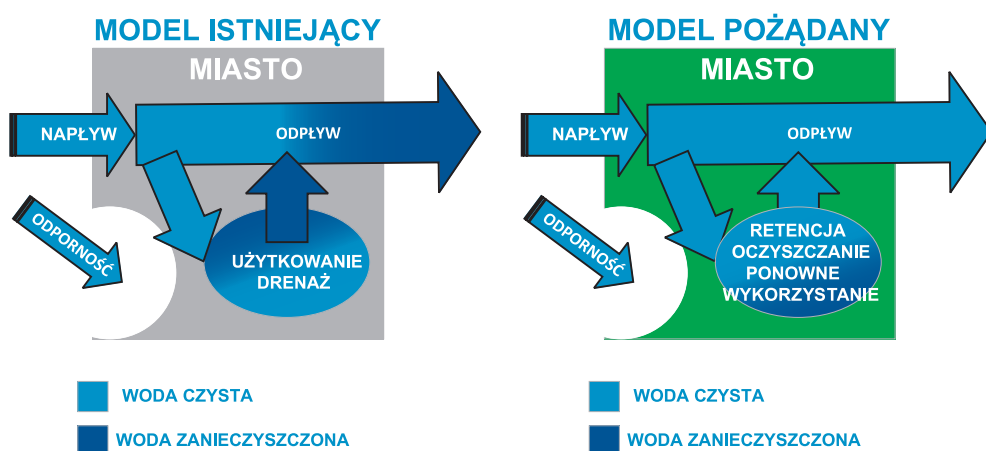
Tabela 3. Korzyści z prawidłowego gospodarowania wodami opadowymi

Kategoria	Wybrane cele
Ekologiczne	<ul style="list-style-type: none"> - Ochrona i odnowa ekosystemów, w tym wodnych - Ochrona gleby - Zachowanie i odtwarzanie bioróżnorodności - Wzrost odporności na zmiany klimatyczne
Funkcjonalne	<ul style="list-style-type: none"> - Wspomaganie ochrony przeciwpowodziowej, zmniejszanie intensywności maksymalnych przepływów w odbiorniku - Ochrona wód gruntowych i w odbiornikach przed zanieczyszczeniami, podczyszczanie - Wspomaganie ochrony przed suszą - Nawadnianie roślin - Zmniejszanie efektu miejskiej wyspy ciepła i smogu - Poprawa jakości powietrza i mikroklimatu w mieście - Większe zdolności adaptacji do zmian klimatycznych
Ekonomiczne	<ul style="list-style-type: none"> - Zmniejszenie szkód i strat w majątku (prywatnym i publicznym) wywołanych podtopieniami - Zmniejszenie wypłacanych odszkodowań - Zmniejszenie strat wywołanych falami upałów i kosztów np. w służbie zdrowia - Zmniejszenie kosztów utrzymania miasta - Zmniejszenie kosztów oczyszczalni ścieków i kosztów środowiskowych związanych z odprowadzaniem nieoczyszczonych wód opadowych bezpośrednio do odbiornika (przelewy) - Zmniejszenie zapotrzebowania na szarą infrastrukturę, brak konieczności budowy kanalizacji deszczowej - Wzrost wartości nieruchomości (na skutek wprowadzania nowoczesnej zielonej i niebieskiej infrastruktury) - Redukcja kosztów tworzenia i utrzymania szarej infrastruktury
Krajobrazowe	<ul style="list-style-type: none"> - Odnowa i integracja przestrzeni miejskiej, wzrost atrakcyjności miejsc publicznych - Poprawa estetyki miasta, rewitalizacja - Ulepszenie przestrzeni miejskiej dzięki niebieskiej i zielonej infrastrukturze - Tworzenie dodatkowej przestrzeni dla rekreacji i dla sportu - Promowanie unikatowych środowiskowych zasobów lokalnych
Spółeczno-kulturowe	<ul style="list-style-type: none"> - Poprawa jakości życia w mieście - Aktywizacja i integracja mieszkańców - Zmniejszenie ryzyka zdrowotnego - Poprawa zdrowia mieszkańców (w długim okresie) - Unikanie szkód moralnych (np. na skutek traumy po stratach powodziowych) - Wspieranie współpracy władz i mieszkańców, partycypacji społecznej, poczucia odpowiedzialności za tereny wspólne - Promowanie równego dostępu do zasobów, egalitaryzm - Tworzenie miejsc wspólnego spędzania czasu, przestrzeń do integracji i sportu - Nakierowanie na wrażliwe grupy społeczne: dzieci, osoby starsze - Promowanie wartości lokalnych, sztuki i kultury
Prawne	<ul style="list-style-type: none"> - Wypełnienie zobowiązań międzynarodowych - Zgodność z prawem krajowym

Źródło: Zmodyfikowane na podstawie: K. Rosiek, *Oplaty od powierzchni uszczelnionej jako instrument zrównoważonego zarządzania wodami opadowymi i roztopowymi*, [w:] „Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu”, nr 453, K. Kociszewski (red.), Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu, Wrocław 2016, s. 270-281.

Obecnie na terenach zurbanizowanych funkcjonuje linearny sposób gospodarowania wodami: pobierz – wykorzystaj – odprowadź. Tam gdzie za dużo wody – osusz, tam gdzie za mało – dolej. Główną zasadą jest jak najszybsze odprowadzenie wody z terenów miasta. Powoduje to nadmierne zużywanie zasobów i dużą presję na nie (zarówno ze względu na wzmożony pobór, jak i nadmierne zanieczyszczenie).

W proponowanym modelu (rysunek 10) przy wykorzystaniu zielonej i niebieskiej infrastruktury wspiera się retencję wody, oczyszczanie, opóźnianie spływu, ponowne wykorzystanie. W kontekście najnowszych trendów związanych z gospodarką o obiegu zamkniętym (*circular economy*) podkreślić należy właśnie te procesy, związane z zatrzymywaniem i ponownym wykorzystaniem wody opadowej do celów kształtowania i zasilania elementów krajobrazu lokalnego, ale również wykorzystywania zgromadzonej wody opadowej do celów gospodarczych i w gospodarstwach domowych.



Rys. 10. Schemat gospodarowania wodą w mieście

Źródło: Opracowanie własne na podstawie: A. Janucha-Szostak, *Rola Urbanistyki i architektury w gospodarowaniu wodą*, [w:] „Zrównoważony rozwój – zastosowania nr 5”, Fundacja Sendzimira, 2015, s. 35.

3.5. Podsumowanie

Wody opadowe są cennym zasobem. Z przyczyn antropogenicznych w postaci nadmiernego uszczelnienia powierzchni oraz wdrażania zasady natychmiastowego ich odprowadzania stały się dziś dużym wyzwaniem. Możliwe jest jednak odwrócenie tego negatywnego trendu. Na obszarach zurbanizowanych jak w so-

czewce skupiają się problemy związane z gospodarowaniem wodami, zwłaszcza z wodami opadowymi. Wiele miast w Polsce od lat prowadzi działania zmierzające do poprawnego nimi gospodarowania w celu zmniejszenia ryzyka powodzi i suszy.

W dużym uproszczeniu można powiedzieć, że rozwiązywanie tych problemów zamyka się w kilku prostych zasadach:

- traktowanie wody opadowej jak zasobu a nie ścieku;
- ograniczanie spływu powierzchniowego – należy wprowadzać zasadę zagospodarowywania wody opadowej w miejscu jej wystąpienia i ograniczać natężenie spływu przez jego opóźnianie;
- oczyszczanie spływu – nie można dopuszczać do nadmiernego zanieczyszczenia wody opadowej; należy stosować nowoczesną zieloną i niebieską infrastrukturę, w tym oczyszczanie hydrofitowe;
- recykulacja – ponowne wykorzystanie wód opadowych;
- zachowanie wysokiego poziomu ochrony wód powierzchniowych i gruntowych.

Istnieją narzędzia/podejścia umożliwiające lepsze zarządzanie wodami opadowymi w mieście, takie jak LiD – *Low Impact Development*, WSUD – *Water Sensitive Urban Design*, SUDS – *Sustainable Urban Drainage Systems* czy BMPs – *Best Management Practices*. Jednak zawsze należy pamiętać, że wybierane rozwiązania muszą być dostosowane do lokalnych potrzeb i możliwości. Niezwykle ważne jest zaangażowanie wielu interesariuszy, w tym przedstawicieli społeczności lokalnej, tworzenie interdyscyplinarnych zespołów i długookresowe planowanie.

Jest to z pewnością jedno z największych wyzwań dla miast w okresie najbliższych dziesięcioleci w kontekście adaptacji do zmian klimatu.

Bibliografia

Chelmicki W., *Woda: Zasoby, degradacja i ochrona*, Wydawnictwo PWN, Warszawa 2001.

Communication from the Commission, *A Sustainable Europe for a Better World: A European Union Strategy for Sustainable Development (Commission's proposal to the Gothenburg European Council) COM/2001/O264 final*.

Górka K., Łuszczuk M., Thier A., *Kierunki rozwoju ekonomii środowiska i zasobów naturalnych*, „Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu”, nr 453, 2016, s. 25–37.

- Janucha-Szostak A.**, *Miasto w symbiozie z wodą*, „Czasopismo Techniczne – Architektura”, 6-A/2010, Zeszyt 14, s. 95–103.
- Janucha-Szostak A.**, *Rola Urbanistyki i architektury w gospodarowaniu wodą*, [w:] „Zrównoważony rozwój – zastosowania nr 5”, Fundacja Sendzimira, 2015, s. 35.
- Kłęski żywiolowe a bezpieczeństwo wewnętrzne Kraju**, H. Lorenc (red.), Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej, Państwowy Instytut Badawczy, Warszawa 2012, s. 157–158.
- Kowalczyk P.**, *Zintegrowana gospodarka wodna na obszarach zurbanizowanych. Część I: Podstawy hydrologiczno-środowiskowe*, Wydawnictwo Pro-druk, Poznań, 2018, s. 242.
- Kozłowski S.**, *Przyszłość ekorozwoju*, Wydawnictwo KUL, Lublin 2005, s. 45.
- Królikowska J., Królikowski A.**, *Wody opadowe: odprowadzanie, zagospodarowanie, podczyszczanie i wykorzystanie*, Wydawnictwo Zeidel-Przywecki Sp. z o.o, Lublin, 2012, s. 9.
- Kupryś-Lipińska I., Kuna P., Wagner I.**, *Woda w przestrzeni miejskiej a zdrowie mieszkańców*, [w:] „Zrównoważony rozwój – zastosowania nr 5: Woda w mieście”, Fundacja Sendzimira, Kraków 2014, s. 49–58.
- Mały Rocznik Statystyczny Polski**, GUS, Warszawa 2018, s. 33 (Tab. 10).
- Mroziak K., Przybyła Cz., Szczepański P., Napierała M., Idczak P.**, *Zintegrowane zarządzanie zasobami wodnymi jako czynnik rozwoju społeczno-gospodarczego*, [w:] *Gospodarka przestrzenna. Dylematy i wyzwania współczesności*, „Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu”, nr 339, 2014, s. 130–140.
- Poradnik TEEB dla miast: usługi ekosystemów w gospodarce miejskiej**, tłumaczenie na język polski Fundacja Sendzimira, Kraków 2012.
- Rocznik statystyczny Rzeczypospolitej Polskiej 2015**, GUS 2016.
- Rogall H.**, *Ekonomia zrównoważonego rozwoju – teoria i praktyka*, Wydawnictwo Zys i Spółka, Poznań 2010, s. 47.
- Rosiek K.**, *Opłaty od powierzchni uszczelnionej jako instrument zrównoważonego zarządzania wodami opadowymi i roztopowymi*, [w:] „Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu”, nr 453, K. Kociszewski (red.), Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu, Wrocław 2016, s. 270–281.

- Rosiek K.**, *Opłaty od wód opadowych – okiem ekonomisty*, „Wodociągi polskie – Gospodarka wodami opadowymi i roztopowymi”, 2018, nr 3 (55), s. 28.
- Rosiek K.**, *Wody opadowe jako przedmiot gospodarowania*, [w:] „Gospodarka w Praktyce i Teorii”, nr 44, nr 3 (2016), s. 67.
- Słyś D.**, *Zrównoważone systemy odwodnienia miast*, Dolnośląskie wydawnictwo edukacyjne, s. 9.
- Suchocka M., Drapińska M.**, *Jak zatrzymać wodę w polskich miastach?*, „Przeгляд Komunalny”, nr 6/2018, s. 42.
- Śleszyński J.**, „Ekonomiczne problemy ochrony środowiska”, Wydawnictwo Paries, Warszawa 2000, s. 72.
- Wagner I., Krauze K.**, *Jak bezpiecznie zatrzymać wodę opadową w mieście? Narzędzia techniczne*, „Zrównoważony rozwój – zastosowania nr 5: Woda w mieście”, Fundacja Sendzimira, 2014.
- Walczykiewicz T., Woźniak Ł.**, *Współczesne problemy retencji wód*, IMGW – Państwowy Instytut Badawczy, Warszawa 2018.
- Wojciechowska E.**, *Zastosowanie zielonej infrastruktury do ograniczania zanieczyszczenia wód powierzchniowych w zlewni miejskiej*, Polska Akademia Nauk, Komitet Inżynierii Środowiska, Seria Monografie, nr 145, Gdańsk 2018, s. 25.
- Wojciechowska E., Gajewska M., Zurkowska N. i in.**, *Zrównoważone systemy gospodarowania wodą deszczową*, Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej, Gdańsk 2015.

Strony internetowe

<http://wskaznikizrp.stat.gov.pl/prezentacja.jsf?q=005003006001&p=kraj>

http://wyborcza.pl/1,75399,17638065,Irlandczycy_po_raz_pierwszy_od_150_lat_musza_placic.html

http://www.zzm.wroc.pl/pl/aktualnosci/katalog_dobrych_praktyk_zasady_zrownowazonego_gospodarowania_wodami_opadowymi_pochodzacyimi_z_nawierzchni_pasow_drogowych,298.html

<http://www.sendzimir.org.pl/magazyn5>

<http://www.sendzimir.org.pl/publikacje/ogrody-deszczowe>

<https://deszczowka.info/bezplatny-poradnik-cenna-deszczowka/#.XEy9hVxKiUk>

<https://encyklopedia.pwn.pl/haslo/ekologia;3896979.html>

<https://encyklopedia.pwn.pl/haslo/sozologia;3977941.html>

<https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000232179>

<https://www.flaticon.com/authors/baianat> (CC BY 3.0)

<https://www.flaticon.com/authors/pause08> (CC BY 3.0)

<https://www.epa.gov/greeningepa/epa-facility-stormwater-management>

<https://www.pap.pl/aktualnosci/news,386993,francja-w-paryżu-doszło-do-startu-podczas-marszu-żółtych-kamizelek.html>



dr inż. Wiesław Fiałkiewicz – jest adiunktem na Uniwersytecie Przyrodniczym we Wrocławiu. Ukończył studia na Akademii Rolniczej we Wrocławiu i Wageningen Agricultural University (Holandia). Stopień naukowy doktora uzyskał w 2001 r. z nauk rolniczych w zakresie kształtowania środowiska. W latach 2002–2004 odbył staż zagraniczny w Bureau de Recherches Géologiques et Minières (Francja). Główne zainteresowania dotyczą procesów hydrologicznych, wpływu zmian klimatu i działalności człowieka na środowisko oraz popularyzacji śladu wodnego. W swojej działalności zawodowej realizował prace na rzecz gospodarki narodowej oraz uczestniczył w międzynarodowych projektach badawczych.

4. Racjonalizacja wykorzystania zasobów wodnych poprzez pomiar śladu wodnego

Woda jest elementem niezbędnym do życia dla wszystkich organizmów na naszej planecie. Jej zasoby mają charakter zarówno globalny, jak i lokalny. Dlatego ważne jest, aby zarządzanie wodą odbywało się na różnych poziomach: lokalnym, regionalnym i globalnym. Powszechnie używanym wskaźnikiem oceny zużycia wody w aspekcie ilościowym jest pomiar pobranej wody przez gospodarstwo domowe, przedsiębiorstwo lub jednostkę administracyjną. Ocenę jakościową prowadzi się w kierunku określenia ilości odprowadzanych ścieków i koncentracji zanieczyszczeń w ściekach. Wskaźnikiem, który pozwala połączyć ocenę ilościową i jakościową i wyrazić ją za pomocą jednej liczby jest „ślad wodny”.

4.1. Definicja śladu wodnego

Prekursorem śladu wodnego jest pojęcie wody wirtualnej (Allan, 1997), które zostało wprowadzone, aby wykazać, że woda jest elementem handlu międzynarodowego. Określenia „wirtualna” użyto, ponieważ w handlu woda nie musi występować w postaci rzeczywistej lecz jako woda, która została zużyta do wyprodukowania produktów będących przedmiotem handlu. Jest to więc woda, która jest używana w procesach produkcji artykułów żywnościowych i przemysłowych. Można sobie wyobrazić, że jeśli kraje ubogie w zasoby wodne zaczną importować produkty, które wymagają dużej ilości wody do ich wytworzenia, a będą eksportować produkty niewymagające dużych ilości wody, to dzięki temu staną

się importerami netto 'wody wirtualnej'. Jest to o wiele korzystniejsze od importowania rzeczywistej wody, która może być o wiele bardziej kosztowna. Ponadto dzięki takiemu zabiegowi można zmniejszyć presję na posiadane zasoby wodne we własnym kraju.

Pierwsze próby oszacowania przepływów wody wirtualnej pomiędzy krajami podjęto w pracy Hoekstrai Hung (2002), w której bilanse wody wirtualnej przedstawiono w kontekście zapotrzebowania na wodę i jej dostępności w poszczególnych krajach. W tej samej pracy pojawiła się też pierwsza definicja śladu wodnego jako sumy wewnętrznego (krajowego) zużycia wody i zewnętrznego, którym jest import netto wody wirtualnej z zagranicy. Zaproponowany wskaźnik pokazuje całościowo, w jakim stopniu działalność człowieka przyczynia się do uszczuplania globalnych zasobów wody. Kolejne prace nad śladem wodnym doprowadziły do opracowania szczegółowych metodologii wyznaczania śladu wodnego.

4.2. Metodologie wyznaczania śladu wodnego

Aktualnie do wyznaczania śladu wodnego stosowane są dwie metodologie. Pierwsza została zaproponowana w podręczniku Hoekstra i in. (2011), opublikowanym przez organizację pozarządową Water Footprint Network (WFN). Druga metodologia wyznaczania śladu wodnego została wypracowana przez społeczność zajmującą się oceną cyklu życia (Life Cycle Assessment – LCA) i zawarta jest w Międzynarodowej Normie ISO 14046, opublikowanej w 2014 roku.

Pomimo tego, że do wyznaczania śladu wodnego stosowane są dwie różne metodologie, podstawowe różnice dotyczą raczej tylko używanej terminologii i sposobów przekazywania informacji, a nie fundamentalnych zasad, na których są oparte.

4.2.1. Metodologia WFN

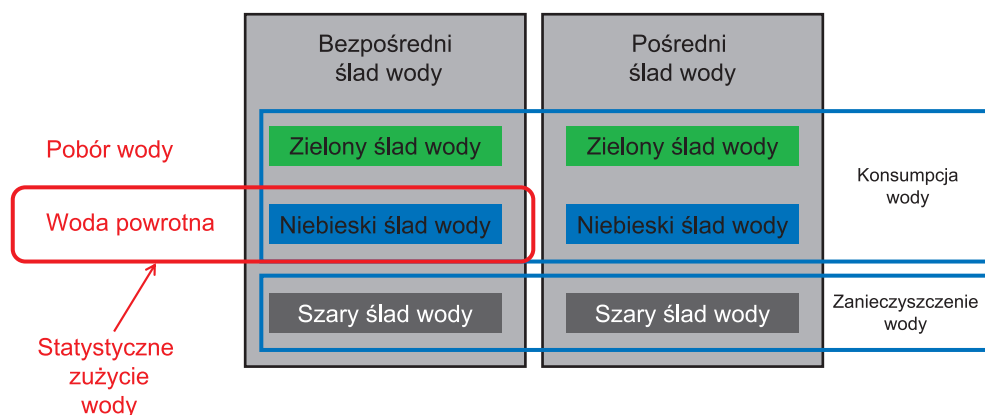
Według WFN ślad wodny to wskaźnik zużycia wody słodkiej przez konsumenta lub producenta, który uwzględnia zużycie wody bezpośrednio i pośrednio, a mierzony jest w jednostce czasu lub dla całego procesu wytwarzania. Śladem wodnym produktu jest zatem objętość wody słodkiej użytej do wytworzenia tego produktu, z uwzględnieniem całego łańcucha dostaw. Jest to wielowymiarowy wskaźnik ukazujący objętość skonsumowanej wody według źródła jej pochodzenia i objętość zanieczyszczonej wody z uwzględnieniem typu zanieczyszczenia.

Ślad wodny reprezentuje trzy aspekty zużycia wody nazywane: wodą niebieską, zieloną i szarą. Niebieski ślad wodny oznacza uszczuplenie zapasów

wody dostępnych w danej zlewni. Strata wody następuje w wyniku parowania, transferu wody do innej zlewni lub morza albo poprzez zużycie w procesie produkcji określonych dóbr. Zielony ślad wodny to zużycie tej części wody opadowej, która nie zamienia się w spływ powierzchniowy, ale jest przechwytywana przez rośliny, które zużywają ją w procesie ewapotranspiracji lub włączają w produkowaną biomasę. Ostatnim elementem jest szary ślad wodny, który odnosi się do zanieczyszczenia wody i jest definiowany jako taka objętość wody słodkiej, w której dodane zanieczyszczenie nie przekroczyłoby obowiązujących standardów jakości wody.

Od klasycznych wskaźników zużycia wody ślad wodny różni się pod trzema względami (rys. 1):

- a) nie uwzględnia jako zużycie wody niebieskiej, która powraca do miejsca, z którego została pobrana;
- b) nie ogranicza się do wody niebieskiej, ale uwzględnia też wodę zieloną i szarą;
- c) uwzględnia zarówno bezpośrednie, jak i pośrednie zużycie wody.



Rys. 1. Składniki śladu wodnego

Źródło: Hoekstra i in., 2011.

Proces oceny śladu wodnego składa się z następujących etapów (Hoekstra i in., 2011):

- 1) Ustalenie celów i zakresu.
- 2) Obliczenie śladu wodnego.
- 3) Ocena zrównoważenia śladu wodnego.
- 4) Sformułowanie działań poprawiających ślad wodny.

4.2.2. Metodologia LCA

Nowy międzynarodowy standard definiujący ślad wodny został zawarty w normie ISO 14046. Jego podstawowym celem jest dostarczenie spójnych ram służących usystematyzowanemu wyznaczaniu wskaźnika śladu wodnego i podniesienie wiarygodności uzyskanych wyników.

Standard ISO 14046 określa zasady, wymagania i wytyczne dotyczące wykonywania i raportowania oceny śladu wodnego. Dotyczy przede wszystkim wyrobów, procesów i organizacji na podstawie oceny cyklu życia (LCA). Ocena śladu wodnego wg ISO 14046 może być samodzielna, czyli dotyczyć potencjalnego wpływu na środowisko wywołanego wyłącznie używaniem wody, lub być częścią szerszej oceny środowiskowej, w której rozpatrywane są różne oddziaływania na środowisko, nie tylko te związane z wodą. W proponowanej ocenie uwzględniono tylko emisje do powietrza i gleby, które wpływają na jakość wody. Wynikiem oceny śladu wodnego może być pojedyncza wartość lub profil wartości wskaźnika wpływu.

Według ISO 14046 ślad wodny zdefiniowany jest jako wskaźnik, który określa ilościowo potencjalne oddziaływanie na środowisko związane z wodą i w pierwszej kolejności nie podaje objętości zużytej wody, ale wywołane przez nie potencjalne oddziaływanie na środowisko.

4.3. Ślad wodny kraju

Ślad wodny kraju (SW_{kraju}) obejmuje ogół wody zużywanej i zanieczyszczonej w obrębie terytorium danego kraju. Obliczany jest jako suma śladów wodnych wszystkich procesów odbywających się w danym kraju:

$$SW_{\text{kraju}} = \sum SW_{\text{proc}} [q] \quad [\text{objętość}/\text{czas}]$$

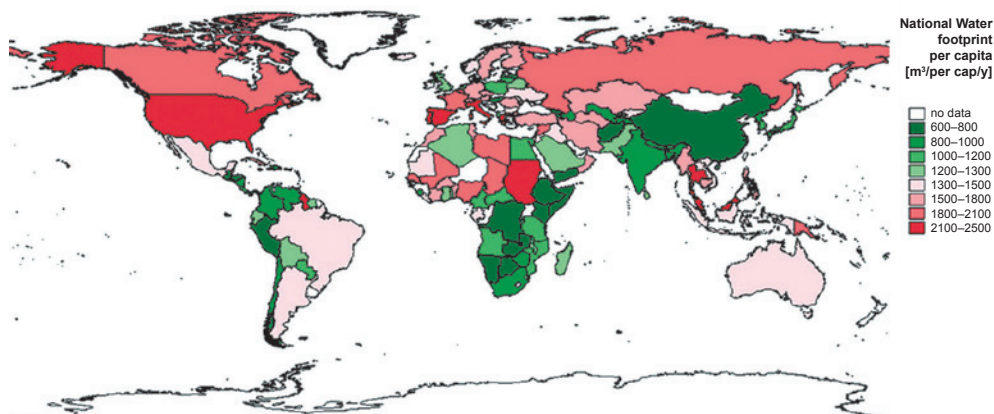
gdzie:

$SW_{\text{proc}} [q]$ – to ślad wodny procesu q odbywającego się na terytorium danego kraju.

Jeśli woda rzeczywista jest eksportowana, to traktowana jest jako ślad wodny procesu eksportu i zaliczana jest dla kraju eksportującego.

Można też powiedzieć, że ślad wodny kraju to suma śladu wodnego wszystkich produktów wytworzonych w danym kraju i skonsumowanych przez jego mieszkańców oraz wody wirtualnej zawartej w produktach wyeksportowanych, ale wytworzonych w tym kraju.

Na rys. 2 pokazano w kolorze zielonym kraje, których ślad wodny w przeliczeniu na jednego mieszkańca jest równy lub mniejszy od wartości średniej dla wszystkich krajów, natomiast w kolorze czerwonym kraje, które mają ślad wodny większy od wartości średniej.

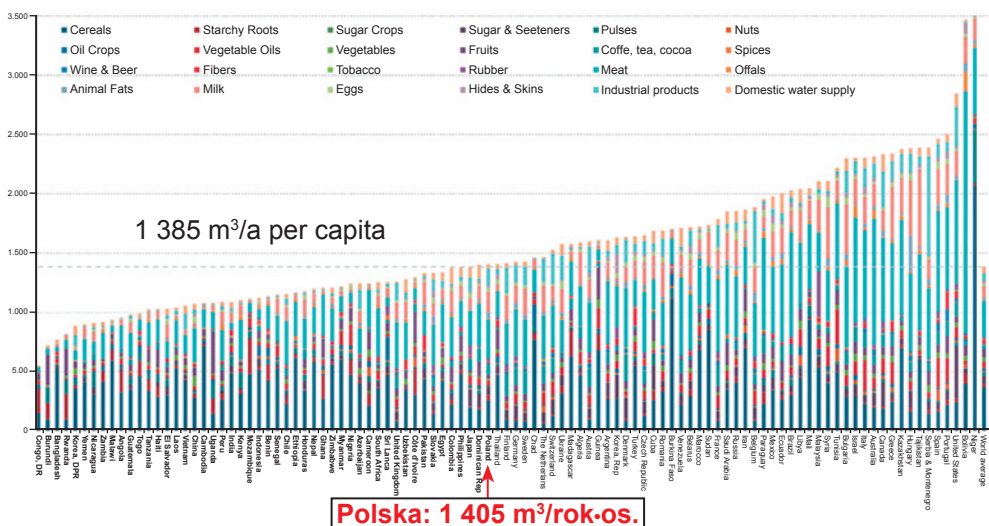


Rys. 2. Średni roczny ślad wodny krajów na osobę w latach 1997–2001

Źródło: GWSP Digital Water Atlas, 2008.

Tradycyjne krajowe zużycie wody odnosi się tylko do wody pobieranej na terenie danego kraju. W tym podejściu brak jest rozróżnienia pomiędzy wodą używaną do wytworzenia produktów spożywanych wewnątrz kraju a wodą użytą na produkty eksportowane. Nie uwzględnia się też wody zużywanej poza własnymi granicami na wytworzenie produktów importowanych i konsumowanych przez własnych mieszkańców. Dodatkowo uwzględnia się tylko wodę niebieską, pomijając wodę zieloną i szarą. Dlatego w celu pogłębienia analizy zużycia wody i lepszego informowania decydentów różnego stopnia tradycyjne liczenie zużycia wody powinno zostać rozszerzone.

Drugim wskaźnikiem odnoszącym się do całego kraju jest ślad wodny krajowej konsumpcji. Przedstawia on całkowitą objętość wody wykorzystaną do wyprodukowania wszystkich artykułów i usług skonsumowanych przez mieszkańców danego kraju z uwzględnieniem zarówno składników wewnętrznych, czyli wytworzonych w danym kraju, jak i zewnętrznych, czyli powstałych w innych krajach. Ślad wodny krajowej konsumpcji jest zatem sumą wewnętrznego śladu wodnego i wody wirtualnej importowanej, pomniejszoną o wodę wirtualną wyeksportowaną. Średni ślad wodny krajowej konsumpcji statystycznego Polaka wynosi 1 405 m³ w ciągu roku i nieznacznie przekracza wartość średnią uzyskaną dla wszystkich krajów o liczbie ludności przekraczającej 5 mln (rys. 3).



Rys. 3. Ślad wodny krajowej konsumpcji dla krajów o populacji większej niż 5 mln w latach 1996–2005, z podziałem na kategorie produktów

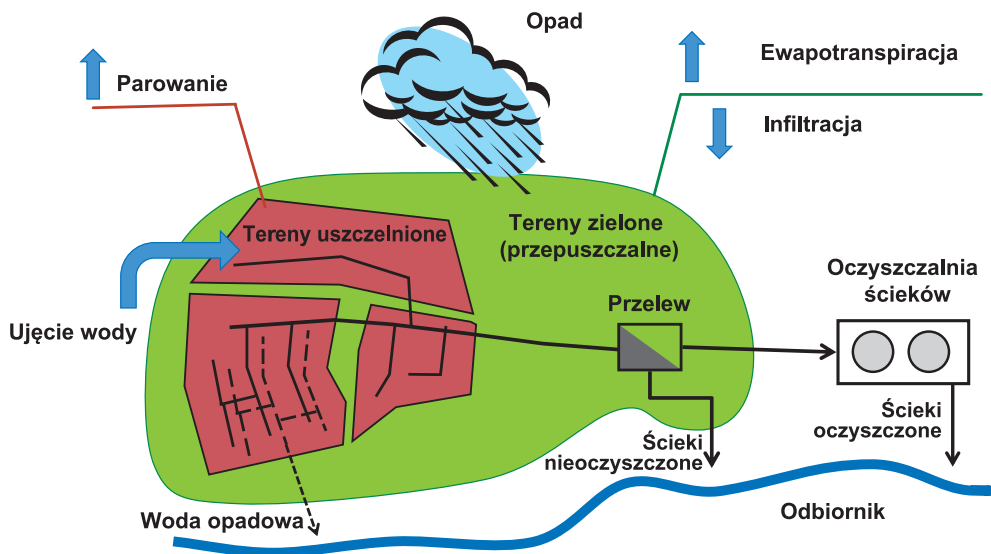
Źródło: Hoekstra i Mekonnen, 2012.

Blizsza analiza śladu wodnego przeciętnego konsumenta pokazuje, że 3,8% śladu wodnego to zużycie wody w domu, a pozostałe 96,2% śladu wodnego jest „niewidzialne”, czyli zawarte w produktach kupowanych w sklepach, z czego 91,5% to produkty rolnicze i 4,7% produkty przemysłowe (Hoekstra i Mekonnen, 2012).

4.4. Ślad wodny miasta

Rozpatrując miasto jako obiekt zamknięty, można wyróżnić w nim grupy obiektów o wspólnej charakterystyce i procesy biorące udział w obiegu wody (rys. 4). Woda do miasta dostarczana jest z ujęć zaopatrujących ludność w wodę pitną oraz w wyniku opadów atmosferycznych. Odprowadzanie wody z miasta następuje wskutek spływu powierzchniowego nadmiaru wód opadowych, który w przypadku kanalizacji rozdzielczej po wstępnym oczyszczeniu może być odprowadzany bezpośrednio do odbiornika, którym najczęściej jest pobliska rzeka lub w przypadku kanalizacji ogólnospławnej trafia do systemu kanalizacyjnego i razem ze ściekami komunalnymi kierowany jest do oczyszczalni. Po oczyszczeniu ścieki kierowane są również do odbiornika, ale w przypadku deszczy nawalnych część ścieków nieoczyszczonych może trafić bezpośrednio do odbiornika, po uruchomieniu przelewów bezpieczeństwa. Poza tym woda opuszcza też miasto

w wyniku parowania z terenów uszczelnionych, ewapotranspiracji z terenów pokrytych zielenią oraz w wyniku infiltracji na terenach przepuszczalnych. Wreszcie utratę pewnej ilości wody w mieście powoduje konsumpcja przez mieszkańców oraz usługi i przemysł.



Rys. 4. Schemat miasta i składniki bilansu wodnego

Źródło: Opracowanie własne.

Uproszczone równanie bilansu wody dla miasta można przedstawić w następującej postaci:

$$Q_{del} = Q_{in} - Q_{out}$$

gdzie

Q_{del} – ilość wody zużytej i zmagazynowanej w ciągu roku, m^3/rok ,

Q_{in} – całkowita wielkość dopływu, m^3/rok ,

Q_{out} – całkowita wielkość odpływu, m^3/rok .

Ilość wody dopływającej do miasta można wyrazić równaniem:

$$Q_{in} = Q_{opad} + Q_{pub} + Q_{pryw}$$

gdzie

Q_{opad} – roczna objętość opadów, m^3/rok ,

Q_{pub} – wielkość poboru z ujęć miejskich, m^3/rok ,

Q_{pryw} – wielkość poboru z ujęć prywatnych, m^3/rok .

Wielkość całkowitego odpływu wody z miasta przedstawia równanie:

$$Q_{out} = Q_{sp_o} + Q_{sp_no} + Q_{infil} + Q_{etr} + Q_{st_w} + Q_{st_s} + Q_{exp} + Q_{s_o} + Q_{s_no}$$

gdzie:

- Q_{sp_o} – wielkość spływu powierzchniowego trafiająca do oczyszczalni, m^3/rok ,
- Q_{sp_no} – wielkość spływu wód opadowych odprowadzona bezpośrednio do odbiornika, m^3/rok ,
- Q_{infil} – całkowita wielkość infiltracji, m^3/rok ,
- Q_{etr} – całkowita wielkość ewapotranspiracji, m^3/rok ,
- Q_{st_w} – wielkość strat podczas transportu wody wodociągowej, m^3/rok ,
- Q_{st_s} – wielkość strat podczas transportu ścieków w kanalizacji, m^3/rok ,
- Q_{exp} – woda eksportowana, m^3/rok ,
- Q_{s_o} – objętość ścieków doprowadzanych do oczyszczalni ścieków, m^3/rok ,
- Q_{s_no} – objętość ścieków nieoczyszczana na oczyszczalni ścieków, m^3/rok .

Biorąc pod uwagę wszystkie składniki bilansu wodnego ślad wodny miasta można zdefiniować jako objętość wody, która została utracona, tzn. nie powróciła do zlewni, z której została pobrana, w granicach administracyjnych miasta. W podejściu proponowanym przez Fiałkiewicza i in. (2018) brane są pod uwagę tylko tereny zurbanizowane miasta, z pominięciem obszarów rolnych i przedsiębiorstw przemysłowych prowadzących własną gospodarkę wodną. Dla tych dwóch sektorów (rolnictwa i przemysłu) ślad wodny powinien być obliczany indywidualnie jako ślad wodny wytwarzanych produktów lub przedsiębiorstwa.

W ogólnym przypadku ślad wodny (SW) jest sumą trzech składników: zielonego śladu wodnego ($SW_{zielony}$), niebieskiego śladu wodnego ($SW_{niebieski}$) i szarego śladu wodnego (SW_{szary}), czyli:

$$SW = SW_{zielony} + SW_{niebieski} + SW_{szary}$$

Jednostką śladu wodnego jest zazwyczaj objętość wody zużytej w ciągu roku. W odniesieniu do miasta zielony ślad wodny jest konsumpcją tej części opadu, która nie zamienia się w spływ powierzchniowy, a jest transferowana z powierzchni zielonych do atmosfery w wyniku ewapotranspiracji. Jeśli dostępna jest wartość ewapotranspiracji wskaźnikowej, można przyjąć, że:

$$SW_{\text{zielony}} = ET_0 / 1000 * (A_{\text{ziel}} * k_c)$$

gdzie:

- H – roczna suma ewapotranspiracji wskaźnikowej, mm/rok,
- A_{ziel} – powierzchnia terenów pokrytych zielenią, m²,
- k_c – współczynnik roślinny zależny od gatunku roślin porastających teren zielony, %/100.

W przypadku kiedy wartość ewapotranspiracji wskaźnikowej jest niedostępna dla analizowanego terenu i wybranego okresu czasu, można z dużym przybliżeniem przyjąć, że zielony ślad wodny dla miasta równy jest:

$$SW_{\text{zielony}} = H / 1000 * (A_{\text{ziel}} * K_{\text{ziel}})$$

gdzie:

- H – średnia z wielolecia roczna suma opadów, mm/rok,
- K_{ziel} – współczynnik ewapotranspiracji określający, jaką część opadu konsumują rośliny na terenach zielonych, %/100.

Niebieski ślad wodny określa bezpośrednią konsumpcję zasobów wód powierzchniowych i podziemnych na terenie miasta. Obejmuje ona parowanie z powierzchni uszczelnionych, zużycie wody, magazynowanie wody opadowej i eksport poza granice miasta:

$$SW_{\text{niebieski}} = Q_{\text{p_usz}} + Q_{\text{p_wod}} + Q_{\text{ter}} + Q_{\text{eks}} + Q_{\text{str}} + Q_{\text{mag}}$$

gdzie:

- $Q_{\text{p_usz}}$ – wielkość parowania z terenów uszczelnionych, m³/rok,
- $Q_{\text{p_wod}}$ – wielkość parowania z terenów pokrytych wodą, m³/rok,
- Q_{ter} – wielkość strat wody podczas produkcji ciepła i schładzania, m³/rok,
- Q_{eks} – ilość wody eksportowanej (wysyłanej poza granice miasta), m³/rok,
- Q_{str} – wielkość strat podczas transportu wody wodociągowej, m³/rok,
- Q_{mag} – ilość wody zużytej i zmagazynowanej, m³/rok.

Szary ślad wodny definiowany jest jako objętość czystej wody, która byłaby konieczna do rozcieńczenia wytworzonych zanieczyszczeń do takiego stopnia, aby jakość wody w odbiorniku nie była gorsza od obowiązujących standardów. Obliczany jest na podstawie ładunku zanieczyszczeń odprowadzanych do odbiornika:

$$SW_{szary} = (C_{zan} - C_{akt}) * Q_{ści} / (C_{max} - C_{nat})$$

gdzie:

C_{zan} – stężenie zanieczyszczeń w wodzie odprowadzanej do odbiornika, mg/l,

C_{akt} – aktualne stężenie zanieczyszczeń w odbiorniku, mg/l,

$Q_{ści}$ – objętość wód zanieczyszczonych odprowadzanych z miasta do odbiornika, m³/rok,

C_{max} – dopuszczalne stężenie zanieczyszczeń w odbiorniku, mg/l,

C_{nat} – naturalne stężenie zanieczyszczeń w odbiorniku, mg/l.

Kompletna metodyka oceny śladu wodnego miasta składa się z następujących etapów:

- określenie celu i zakresu – wyznacza zasięg przeprowadzanej analizy oraz identyfikuje problemy związane z wodą, które powinny być rozwiązane;
- zbieranie danych – podstawowym źródłem danych są ankiety wypełniane m. in. przez pracowników urzędu miasta i przedsiębiorstw wodno-kanalizacyjnych, mieszkańców, zawierające informacje niezbędne do wykonania bilansu wodnego miasta, dotyczące użytkowania terenu w mieście i stopnia zanieczyszczenia wód na terenie miasta;
- wykonanie obliczeń – odbywa się w arkuszu kalkulacyjnym lub środowisku GIS z wykorzystaniem równań bilansu wodnego miasta i śladu wodnego;
- prezentacja wyników i ich analiza – obejmuje wizualizację wyników celem zidentyfikowania obszarów, gdzie istnieje potencjał do oszczędzania i racjonalnego gospodarowania wodą na terenie miasta;
- wskazanie działań poprawiających ślad wodny – sformułowanie propozycji rozwiązań, które po wprowadzeniu przyczynią się do usprawnienia gospodarowania wodą i podniesienia świadomości mieszkańców na temat używania wody w życiu codziennym.

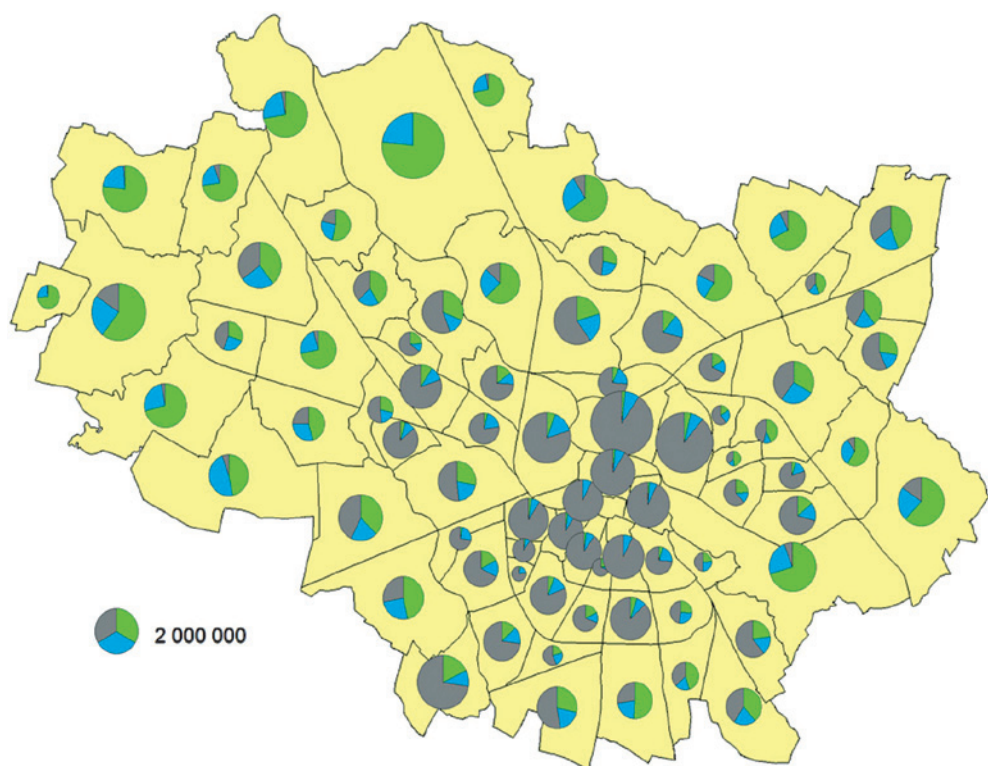
4.5. Ślad wodny wydzielonych obszarów w mieście

W każdym mieście istnieje podział na mniejsze jednostki administracyjne, którymi mogą być dzielnice, osiedla, spółdzielnie itp. Obszary te często charakteryzują się różną funkcją (mieszkalna, usługowa, przemysłowa) lub za-

gospodarowaniem terenu (drogi, parki, ogrody działkowe). W przypadku, kiedy ogólna ocena śladu wodnego miasta nie jest wystarczająca, należy ją uszczegółowić, na przykład dokonując analizy przestrzennego rozkładu śladu wodnego. Dzięki temu będzie można zidentyfikować miejsca wrażliwe („hot spots”), w których należy zastosować odpowiednie środki poprawiające gospodarowanie wodą.

Do wykonania obliczeń śladu wodnego w wydzielonych regionach miasta przede wszystkim należy pozyskać dane przestrzenne w postaci map cyfrowych użytkowania/pokrycia terenu. Mapy takie dla miast powyżej 100 tysięcy mieszkańców dostępne są w atlasie obszarów zurbanizowanych (Urban Atlas) Europejskiej Agencji Środowiska lub w Bazie Danych Obiektów Topograficznych (BDOT) centralnego zasobu geodezyjnego i kartograficznego w Głównym Urzędzie Geodezji i Kartografii.

Przykładowy rozkład przestrzenny śladu wodnego dla miasta Wrocławia przedstawiono na rys. 5.



Rys. 5. Przestrzenny rozkład śladu wodnego dla miasta Wrocławia

Źródło: Opracowanie własne.

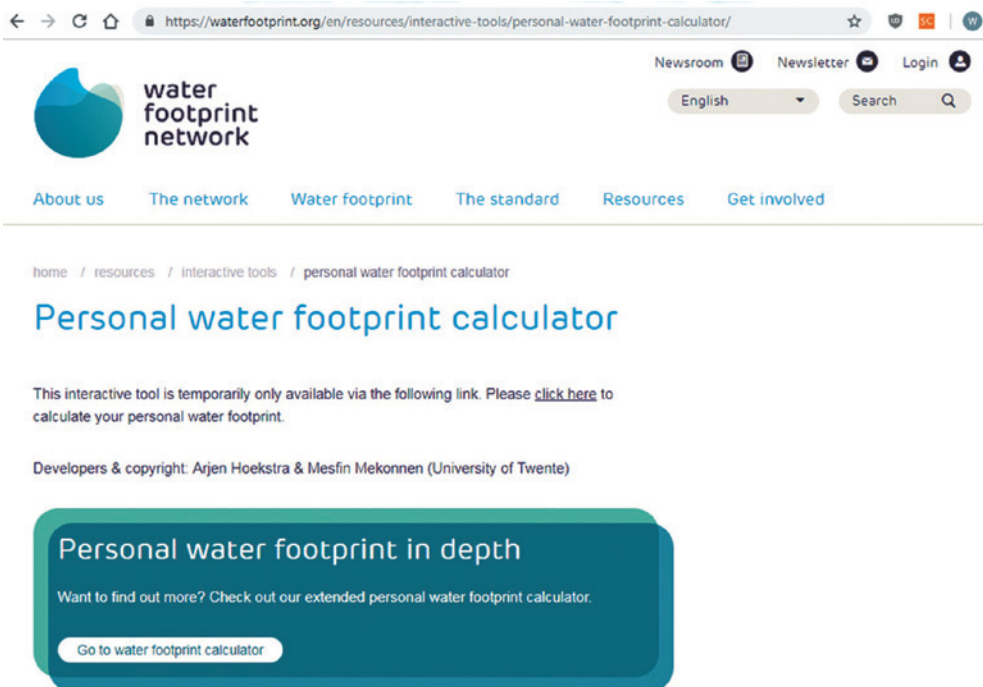
Aby uzyskać rozkład przestrzenny śladu wodnego w mieście, konieczne jest przyjęcie następujących założeń:

- obliczenia wykonywane są w środowisku GIS,
- miasto podzielone jest na regiony składające się z modułów elementarnych,
- moduł elementarny jest wielobokiem należącym do jednej z wydzielonych kategorii użytkowania terenu,
- każda kategoria posiada własne współczynniki parowania, spływu i infiltracji,
- bilans i ślad wody obliczany jest dla każdego modułu elementarnego,
- wyniki śladu wodnego dla regionów otrzymuje się w wyniku agregacji śladów wodnych obliczonych dla modułów elementarnych.

W zależności od ilości i szczegółowości posiadanych danych należy przyjąć dodatkowe uproszczenia. Jeśli w mieście nie istnieje sieć pomiaru wysokości opadu, zakłada się, że opad jest równomierny na całym obszarze miasta i równy sumie rocznej opadu zaobserwowanego w najbliższej stacji meteorologicznej. W przypadku braku informacji o dystrybucji wody w mieście należy całkowity pobór wody dla miasta rozdzielić w rozpatrywanych obszarach proporcjonalnie do liczby ludności zamieszkującej dany obszar lub do liczby i rozmiarów budynków (liczby kondygnacji).

4.6. Ślad wodny mieszkańca miasta

W celu określenia wskaźnika śladu wodnego indywidualnego mieszkańca miasta należy przeprowadzić badania ankietowe, aby określić zachowania mieszkańców dotyczące zarówno korzystania z wody podczas wykonywania codziennych czynności, jak i związane z konsumpcją artykułów żywnościowych i przemysłowych. Przygotowana ankieta powinna zawierać pytania, które zawarte są w kalkulatorze śladu wodnego znajdującym się na stronie internetowej <http://waterfootprint.org> (rys. 6). Po uzyskaniu reprezentatywnej liczby ankiet należy je przeanalizować i stworzyć profil przeciętnego mieszkańca miasta. Wykorzystując rozszerzoną opcję obliczeń kalkulatora, można otrzymać precyzyjniejsze wyniki, ale wymagać to będzie wprowadzenia większej ilości danych. Kalkulator opracowany jest również w formie arkusza ankietowego i daje możliwość obliczenia wielkości śladu wodnego mieszkańca na podstawie kraju zamieszkania, wzorca konsumpcji, określenia formy korzystania z wody podczas wykonywania codziennych czynności oraz wysokości rocznych rozchodów.

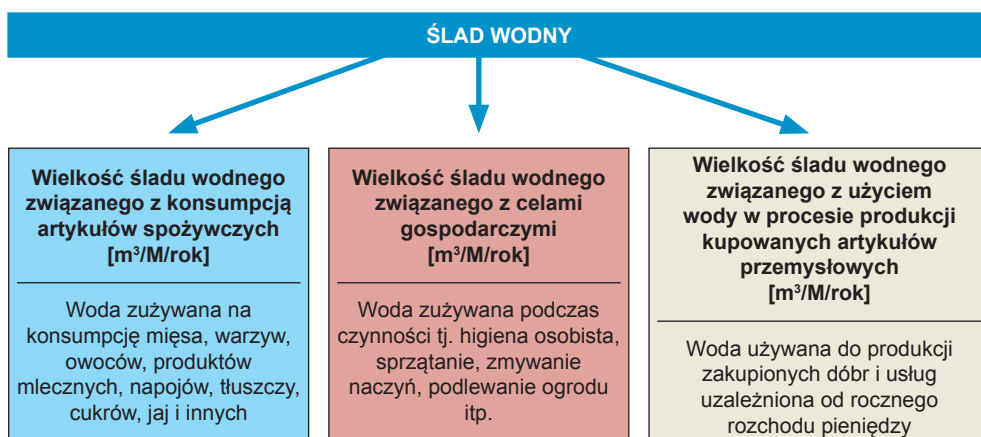


Rys. 6. Kalkulator indywidualnego śladu wodnego

Źródło: <http://waterfootprint.org>.

Wynikiem przeprowadzonego badania jest rozpoznanie przyzwyczajień mieszkańców w zakresie czynności zużywających wodę z uwzględnieniem oceny zużycia wody w sposób bezpośredni np. na podlewanie ogrodu oraz w sposób pośredni tzn. poprzez konsumpcję artykułów spożywczych i przemysłowych. Otrzymana końcowa wartość śladu wodnego wyrażona jest w metrach sześciennych zużytej wody w ciągu roku przez mieszkańca.

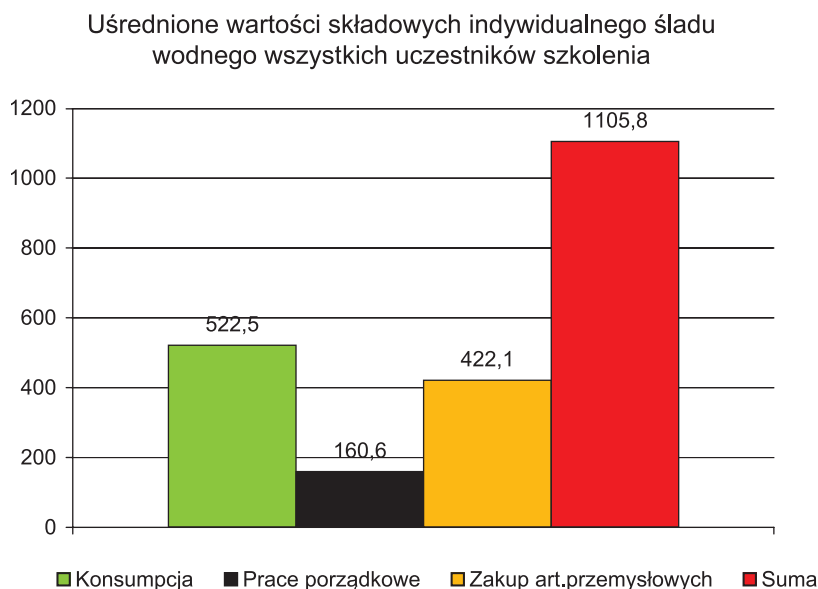
Aby badanie uwzględniało wszystkie aspekty wpływające na ślad wodny, ankieta powinna składać się z trzech bloków tematycznych (rys. 7). Pierwszym jest zużycie wody na konsumpcję produktów spożywczych, drugim zużycie wody na cele gospodarcze z podziałem na gospodarowanie wodą wewnątrz budynku oraz na zewnątrz, do prac porządkowych, podlewania ogrodu itp. W ostatnim bloku pytań ankietowani powinni oszacować i podać miesięczny rozchód pieniędzy. Na jego podstawie kalkulator śladu wodnego oblicza zużycie wody potrzebnej do wyprodukowania kupowanych przez respondentów artykułów przemysłowych tj. odzież, sprzęt gospodarstwa domowego itp.



Rys. 7. Schemat struktury zadawanych w ankiecie pytań

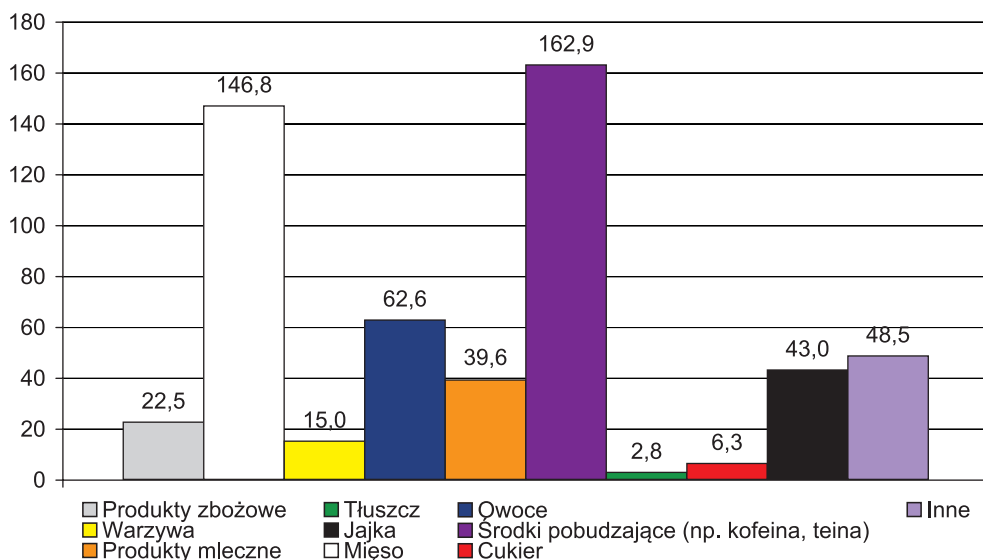
Źródło: Opracowanie własne.

Przykładowe wyniki uzyskane za pomocą kalkulatora śladu wodnego dla uczestników jednego ze szkoleń organizowanych w ramach projektu śladwodnymiast.pl pokazano na rys. 8 i 9.



Rys. 8. Składowe indywidualnego śladu wodnego

Źródło: Opracowanie własne.



Rys. 9. Udział danej kategorii produktów na tle całkowitego śladu wodnego

Źródło: Opracowanie własne.

Bibliografia

- Allan T., 1997. *Virtual water: a long term solution for water short Middle Eastern economies?*
- Fiałkiewicz W., Burszta-Adamiak E., Kolonko-Wiercik A., Manzardo A., Loss A., Mikovits C., Scipioni A., 2018, *Simplified Direct Water Footprint Model to Support Urban Water Management*, „Water”, 10(5):630.
- GWSP Digital Water Atlas, 2008, Map 33: Water Footprint per Country (V1.0). Available online at <http://atlas.gwsp.org>.
- Hoekstra A. Y., Chapagain Ashok K., Aldaya M. M., Mekonnen M. M., 2011, *The water footprint assessment manual: setting the global standard*. Earthscan.
- Hoekstra A. Y., Hung P. Q., 2002, *Virtual Water Trade: a Quantification of Virtual Water Flows Between Nations in Relation to International Crop Trade Value of Water*, „Research Report Series” No. 11. IHE, The Netherlands.
- Hoekstra A. Y. Mekonnen M. M., (2012), *The water footprint of humanity*, Proceedings of the National Academy of Sciences, 109(9): 3232–3237.
- PN-EN ISO 14046:2016-04 (wersja angielska) – Zarządzanie środowiskowe – Ślad wodny – Zasady, wymagania i wytyczne.



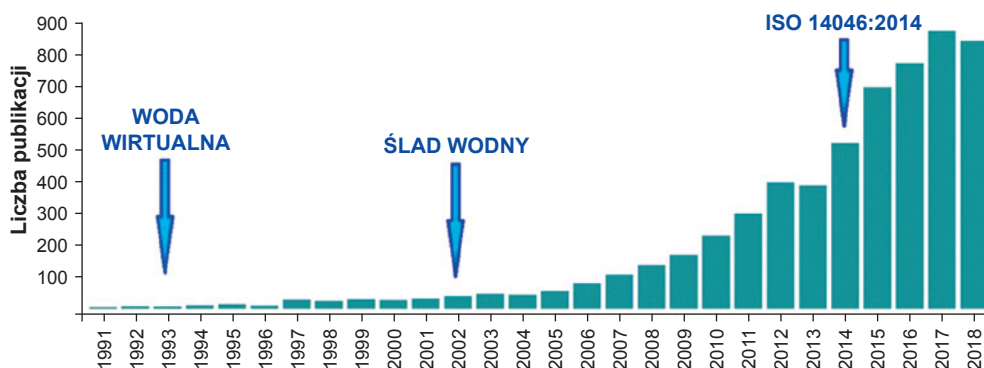
dr hab. inż. Ewa Burszta-Adamiak, prof. UPWr – pracownik naukowo-dydaktyczny w Instytucie Inżynierii Środowiska na Uniwersytecie Przyrodniczym we Wrocławiu. Działalność naukową wiąże z tematyką z zakresu hydrologii miejskiej, zagospodarowania wód opadowych oraz wykonawstwa i funkcjonowania dachów zielonych w przestrzeniach miejskich. Współuczestnicząc w realizacji projektów o zasięgu krajowym i międzynarodowym zajmuje się także tematyką dotyczącą zastosowania wskaźnika śladu wodnego jako narzędzia wspomagającego proces decyzyjny w gospodarce wodno-ściekowej. Należy do grona ekspertów firmy RETENCJAPL Sp. z o.o. Jest członkiem-założycielem Polskiego Stowarzyszenia „Dachy Zielone” (PSDZ). Prywatnie jest szczęśliwym człowiekiem, kochającym życie i swój dom.

5. Możliwości zastosowania wskaźnika śladu wodnego w praktyce

5.1. Wprowadzenie

Od momentu wprowadzenia przez John A. Allana pojęcia woda wirtualna (1993 r.) i później przez Arjen Y. Hoekstra koncepcji śladu wodnego (2002 r.) zainteresowanie obliczeniami śladu wodnego stale rośnie. Świadczy o tym zarówno wzrastająca liczba publikacji, w których można znaleźć wyniki obliczeń śladu wodnego rozpatrywanego w różnych aspektach (rys. 1), jak i rosnąca liczba realizowanych szkoleń, projektów dotyczących zastosowania śladu wodnego, którymi zainteresowani są decydenci, inwestorzy, planiści a także indywidualni mieszkańcy. Do popularyzacji koncepcji śladu wodnego niewątpliwie przyczyniło się założenie w 2008 r. organizacji Water Footprint Network (<https://waterfootprint.org/en/>). Głównym jej zadaniem jest dostarczenie podstaw teoretycznych i przykładów praktycznych rozwiązań, które mogą być wykorzystane przez władze, sektor publiczny i prywatny, społeczeństwo obywatelskie w celu racjonalizacji zużycia zasobów wodnych. Obecnie z uwagi na realizację przez wszystkie państwa członkowskie Organizacji Narodów Zjednoczonych (ONZ) celów zrównoważonego rozwoju, powiązanych tematycznie z ochroną zasobów wodnych, z koniecznością zapewnienia wszystkim ludziom dostępu do wody i warunków sanitarnych, z poprawą jakości wody poprzez redukcję zanieczyszczeń, wskaźnik śladu wodnego jest jeszcze bardziej docenianym narzędziem, a jego zastosowanie ma szersze oddziaływanie. Dowodem na to jest opublikowanie, po raz pierwszy w 2014 roku, normy ISO 14046: *Environmental management – Water footprint*

– *Principles, requirements and guidelines* (pol. *Zarządzanie środowiskowe – Ślad wodny – Zasady, wymagania i wytyczne*). W normie tej podano zasady, wymagania i wytyczne związane z oceną śladu wodnego wyrobów, procesów i organizacji na podstawie oceny cyklu życia (LCA) oraz zasady, wymagania i wytyczne dotyczące wykonywania i raportowania oceny śladu wodnego, wykonywanej jako ocena samodzielna lub jako część bardziej wszechstronnej oceny środowiskowej. W roku 2016 międzynarodowa norma ISO zyskała statut normy PN-EN (PN-EN ISO 14046:2016-04).



Rys. 1. Liczba publikacji na temat śladu wodnego w latach 1991–2018

Źródło: Opracowanie własne na podstawie międzynarodowej bazy czasopism angielskojęzycznych: <https://webofknowledge.com>.

Bezpośrednim celem wykorzystania w praktyce podejścia śladu wodnego jest:

- pomoc w zidentyfikowaniu tzw. „hot spotów”, czyli miejsc, w których ślad wodny przyjmuje najwyższe wartości i przez to wskazanie obszarów, w których działania podejmowane na rzecz racjonalnego korzystania z zasobów wodnych powinny być traktowane priorytetowo;
- monitorowanie i ocena postępu prac w zakresie zrównoważonego podejścia do zasobów wodnych poprzez porównanie wartości wskaźnika przed i po wdrożeniu inicjatyw minimalizujących wpływ na środowisko wodne;
- monitorowanie oraz ocena potencjalnego wpływu konsumpcji, produkcji czy podejmowanych decyzji politycznych na środowisko, zarówno pod względem ilościowym, jak i jakościowym;
- określenie kosztu środowiskowego (ilości zmarnowanej wody) jako wskaźnika potencjalnej skali problemu marnowania żywności;

- ocena zużycia wody przez indywidualnego mieszkańca, gospodarstwo domowe, miasto, kraj itp.

Analiza śladu wodnego może także pośrednio wspomóc:

- motywowanie do zmiany nawyków i przyzwyczajzeń użytkownika wody w codziennym korzystaniu z jej zasobów;
- podnoszenie świadomości mieszkańców;
- promowanie i wspieranie zachowań proekologicznych;
- promowanie wodoszczędnych rozwiązań technologicznych;
- racjonalizację zarządzania wodą opadową, szczególnie w terenach zurbanizowanych.

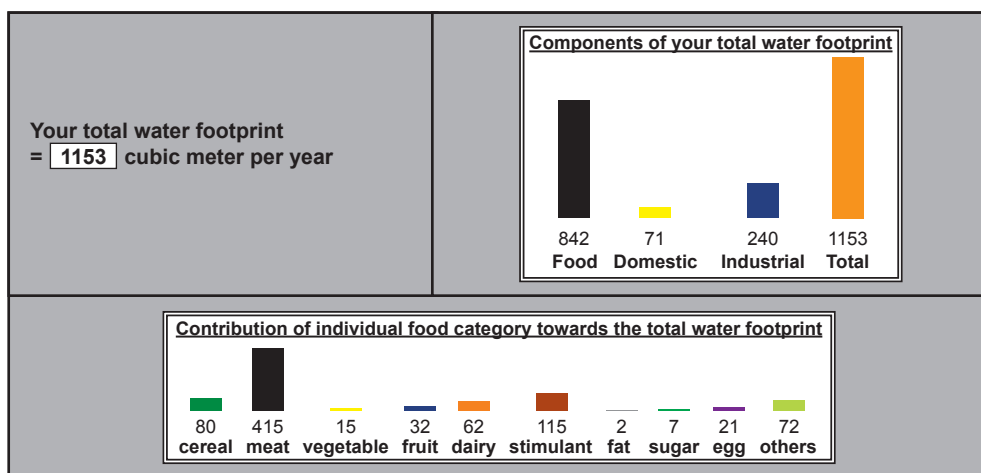
Wybrane zastosowania wskaźnika śladu wodnego w praktyce scharakteryzowano poniżej.

5.2. Ślad wodny a codzienne nawyki konsumenta wody

W Polsce bilanse zużycia wody w gospodarstwach domowych są najczęściej sprawozdane do zużycia bezpośredniego, wyrażonego jako wielkość poboru wód. Jednak wskaźniki poboru wody nie dostarczają informacji na temat rzeczywistych potrzeb wodnych mieszkańców w stosunku do ich konsumpcji wody. Z tych względów ślad wodny, który ujmuje zagadnienie w szerszym ujęciu, poprzez pomiar pośredniego i bezpośredniego zużycia wody znajduje tu zastosowanie. Na stronie www.waterfootprint.org można znaleźć bazę produktów z wylicznymi wartościami śladu wodnego dla wielu produktów codziennie użytkowanych lub konsumowanych. Z zestawienia tego można się dowiedzieć, że wyprodukowanie jednego kilograma kukurydzy wymaga 1 222 l wody, ziemniaków – 287 l, wołowiny – 15 415 l, a kawy – 1 120 l. Znaczne ilości wody pochłania też produkcja dżinsów (8000 l/szt.) oraz bawełnianej koszulki typu T-shirt (2500 l/szt.) itd. Z badań prowadzonych przez Bursztę-Adamiak i Perz (2016) wynika, że ślad wodny przeciętnego Polaka wynosi około 1400 m³ wody/rok, w tym 62% to woda związana z konsumpcją artykułów spożywczych, 21% z konsumpcją produktów przemysłowych, a 17% to woda zużyta na użytek domowy (np. do prac porządkowych). Oszacowanie indywidualnego śladu wodnego pomaga zrozumieć skalę problemu, jakim jest nadmierne korzystanie z ograniczonych zasobów wodnych.

Na stronach internetowych tj. <https://waterfootprint.org>, www.watercalculator.org, <https://moonfarmer.com/work/water-footprint-calculator> są dostępne specjalne kalkulatory śladu wodnego (ang. *water footprint calculator*), za pomocą których można obliczyć poziom zużycia wody w gospodarstwie domowym lub indywidualnie przez danego mieszkańca. Narzędzie to pozwala w sposób

szybki i obrazowy nakreślić wielkość śladu wodnego z podziałem na 3 kategorie zużycia wody: na konsumpcję produktów spożywczych (*food*), na cele gospodarcze (*domestic*) oraz na potrzeby wyprodukowania kupowanych artykułów przemysłowych (*industrial*). Dodatkowo wyniki analiz dotyczące zużycia wody na konsumpcję artykułów spożywczych są prezentowane z wyszczególnieniem poszczególnych kategorii produktów (zbożowe (*cereal*), mięsne (*meat*), warzywa (*vegetable*), owoce (*fruit*), mleczne (*dairy*), napoje zawierające teinę lub kofeinę tj. herbata, kawa (*stimulant*), jaja (*egg*) oraz inne artykuły spożywcze (*others*). W czasie obliczeń szacowane jest także zużycie wody przypadające na deklarowane przez użytkownika kalkulatora śladu wodnego ilości konsumowanego tłuszczu (*fat*) i cukrów (*sugar*) (rys.2).



Rys. 2. Wyniki przykładowych obliczeń przeprowadzonych w kalkulatorze śladu wodnego znajdującego się na stronie <https://waterfootprint.org> (tłumaczenie podpisów w tekście)

Obecnie, w dobie szybkiego rozwoju technologii informatycznych przyczyniającego się do powszechnego używania telefonów komórkowych, tabletów, zegarków typu smartwatch itp. istnieje możliwość zainstalowania specjalnej aplikacji Virtual Water iOS na urządzeniach mobilnych typu iPhone, iPad oraz iPod touch (wymagania odnośnie systemu iOS 10.0 lub nowszego). Aplikacja powstała w 2010 roku, a jej twórcą jest projektant Timm Kekeritz oraz Frank Rausch z firmy Raureif (Niemcy). Aplikacja Virtual Water wskazuje poziom zużycia wody w przypadku produkcji różnych produktów spożywczych, dzięki czemu jej użytkownik może w pełni świadomie, na bieżąco kontrolować ilość wody zużywanej każdego dnia. Dane liczbowe śladu wodnego w aplikacji pochodzą z bazy zestawionej

w publikacji Hoekstra i Chapagain (2008) oraz z wyników otrzymanych w ramach prac badawczych prowadzonych przez Timm'a Kekeritz (jednego z twórców programu). Więcej informacji na temat aplikacji można znaleźć na stronie: <http://virtualwater.eu/>.

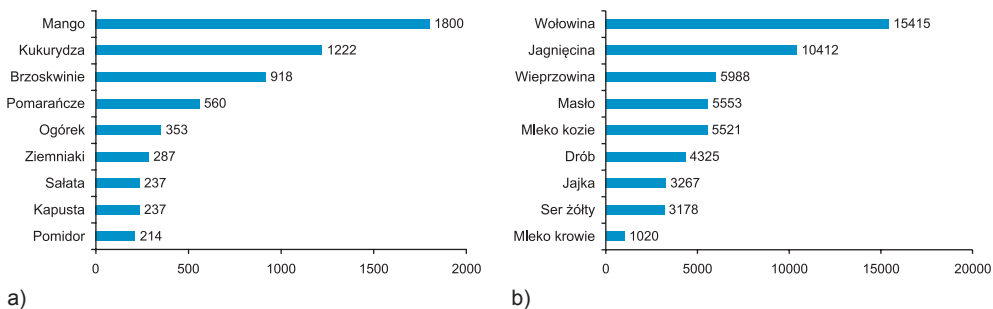
Zobrazowanie rozmiaru zużycia wody powinno prowadzić do szukania oszczędności w jej poborze, gdyż świadome korzystanie z wody to element pozwalający na jej racjonalnie użycie.

5.3. Ślad wodny a model konsumpcji

Bezpośredni wpływ na indywidualne zużycie wody ma model konsumpcji. Jak podaje FAO (*Food and Agriculture Organization of the United Nations – Organizacja Narodów Zjednoczonych do spraw Wyżywienia i Rolnictwa*), przeciętny człowiek wypija od dwóch do czterech litrów wody dziennie, lecz wyprodukowanie dziennej dawki żywności na potrzeby jednej osoby pochłania już od dwóch do pięciu tysięcy litrów wody, w zależności od stosowanej diety (Bielski 2016). W oparciu o porównanie wartości śladu wodnego konsumowanych artykułów spożywczych mogą pojawić się postulaty zastąpienia w diecie przeciętnego konsumenta produktów pochodzenia zwierzęcego przez produkty roślinne. Obliczenie śladu wodnego różnych modeli konsumpcji ma na celu podniesienie świadomości na temat dużej ilości wody używanej do produkcji żywności i znaczącej różnicy w zapotrzebowaniu na wodę w różnego typu dietach. Na przykład zdrowsze (bogate w warzywa, owoce) i niskoproduktowe diety mogą zaoszczędzić wodę używaną obecnie do produkcji żywności. Obliczenia śladów wodnych, przeprowadzone przez Vanham i in. (2017) dla trzech scenariuszy diet wykazują, że dieta wegetariańska pozwala na zaoszczędzenie 2 224 l/Md (53%) wody w porównaniu z modelem żywieniowym obecnie praktykowanym na co dzień przez mieszkańców Hong Kongu (Chiny), w którym na wyprodukowanie artykułów konsumowanych w tym modelu w ciągu doby potrzeba aż 4 717 l/Md. W przeliczeniu na masę produktu artykuły pochodzenia zwierzęcego mają na ogół większy ślad wodny niż produkty roślinne. Analogicznie do śladu wodnego pod względem kalorycznym. Średni ślad wodny na kalorię dla wołowiny jest dwadzieścia razy większy niż w przypadku zbóż i skrobi. Przeliczając zapotrzebowanie wody na białko, można stwierdzić, że ślad wodny na gram białka dla mleka, jaj i drobiu jest około 1,5 razy większy niż dla roślin strączkowych. W przypadku wołowiny ślad wodny na gram białka jest 6 razy większy niż w przypadku roślin strączkowych (Mekonnen i Hoekstra 2010). Ślad wodny mięsa to nie tylko woda, którą wypija zwierzę, ale także ta którą nawadniane są pola, na których uprawiane są zboża na pasze

dla zwierząt i również ta zanieczyszczana podczas prowadzenia hodowli (szary ślad wodny) (Kłós 2014). Na rys. 3 przedstawiono zużycie wody do produkcji wybranych artykułów pochodzenia roślinnego i zwierzęcego. Zmiana diety może wpłynąć nie tylko na niebieski ślad wodny, ale także na szary ślad wodny (ograniczenie spożycia produktów zwierzęcych przyczynia się do zmniejszenia ilości zanieczyszczeń przedostających się do wód). Odchody zwierząt z wielkich ferm przemysłowych są dużym zagrożeniem dla ujęć wody pitnej, dla rzek, jezior oraz Morza Bałtyckiego, do którego ostatecznie odpływy ścieków trafiają, np. z fermy o obsadzie 25 tys. świń może wydzielać się w ciągu godziny około 10 kg amoniaku, co powoduje wzrost jego stężenia na obszarze 600 km².

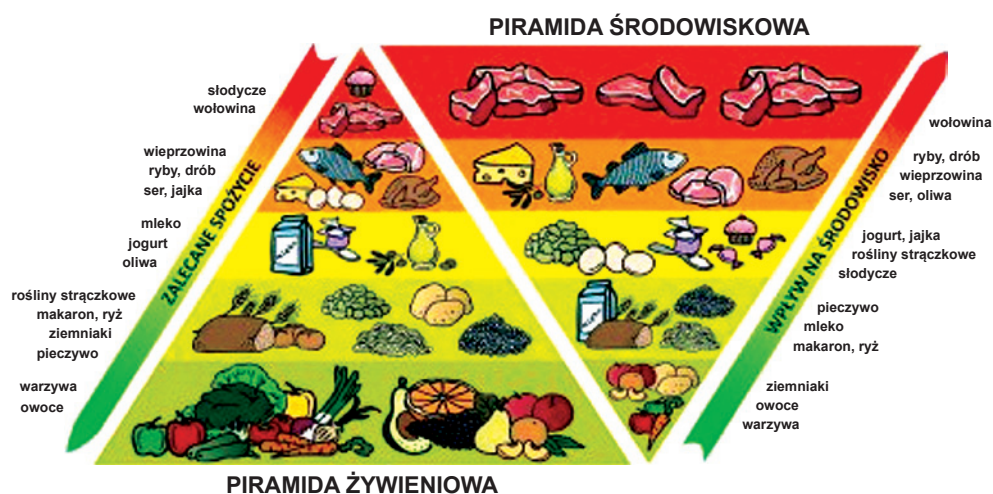
Wartości śladu wodnego są stosunkowo wysokie także dla produktów zwierzęcych, takich jak nabiał i jajka, ponieważ pasza dla zwierząt hodowanych w klatkach składa się zazwyczaj z produktów o wysokich śladach zużycia wody niebieskim i zielonym, takich jak zboże, kukurydza i soja. Natomiast zwierzęta hodowane na pastwiskach (wolnym wybiegu) jedzą paszę, którą przede wszystkim zasila woda deszczowa, a zatem taką, która wpływa na wartość zielonego śladu wodnego. Aby zwierzęta karmione trawą dotarły do pożądanej wagi rynkowej, potrzeba więcej czasu, zatem mięso z tych zwierząt będzie miało wyższy zielony ślad wodny niż jego odpowiednik hodowany w klatce. Za to wartość niebieskiego śladu wodnego (ilość zużytej wody gruntowej i powierzchniowej) będzie znacznie niższa. Zmieniając swoją dietę oraz wybierając produkty, których produkcja nie wymaga dużych ilości wody, można oddziaływać korzystnie na zmniejszenie wskaźnika śladu wodnego.



Rys. 3. Zużycie wody na produkcję artykułów: a) pochodzenia roślinnego i b) pochodzenia zwierzęcego

Popularyzowanie wiedzy o śladzie wodnym wśród konsumentów żywności można wykorzystać do wdrożenia koncepcji „zrównoważonego żywienia” (ang. *sustainable nutrition*). Polega ona na promowaniu spożywania produktów nie

tylko przyjaznych środowisku, lecz także łatwostrawnych, opartych na komponentach pochodzenia roślinnego, o możliwie niskim stopniu przetworzenia, otrzymany metodami uznawanymi za zbliżone do natury. W zrównoważonej diecie powinny być preferowane produkty regionalne i sezonowe. Zalecaną edukację współczesnego konsumenta żywności można zilustrować tzw. podwójną piramidą żywieniowo-środowiskową, opracowaną w Centrum Żywności i Żywienia włoskiego koncernu spożywczego Barilla (rys. 4). W zintegrowanym modelu promuje ona związek pomiędzy dwoma nadrzędnymi celami tj. zdrowiem oraz ochroną środowiska. Do tej pory ujęcie tej problematyki było rozpatrywane w ujęciu śladu węglowego [Konieczny i in. 2013]. Przyszłościowo do analiz można włączyć ślad wodny.



Rys. 4. Piramida żywieniowo-środowiskowa jako nowe narzędzie ekologicznej edukacji konsumenta żywności

Źródło: Konieczny i in. 2013 za Poli (2010).

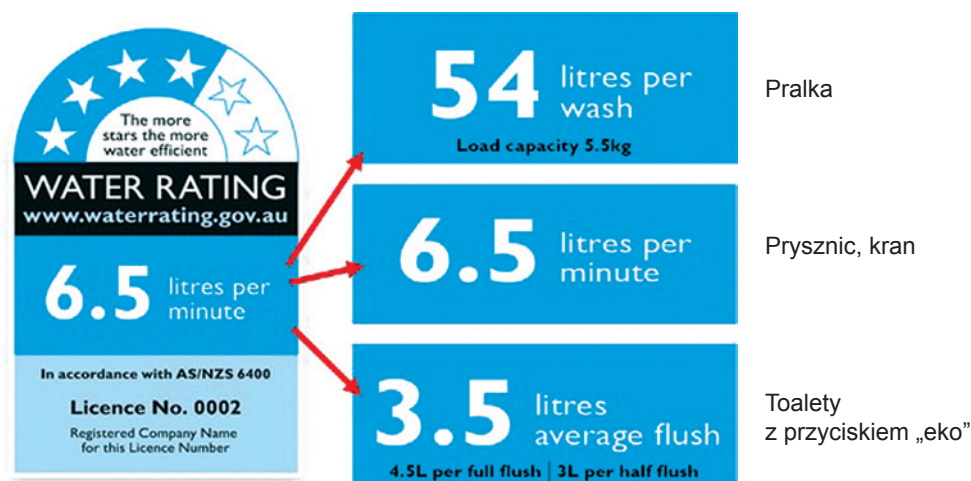
Wskaźnik śladu wodnego może być wykorzystany także przez duże sieci handlowe, lokale gastronomiczne oraz ośrodki promujące rozwiązania wodoszczędne czy też zdrowy styl życia do charakterystyki pod względem zużycia wody sprzedawanych lub serwowanych produktów. Pierwsze kroki w tym kierunku zostały poczynione zagranicą, gdzie można spotkać produkty oznaczone etykietami informującymi o ilości wody zużytej na ich wyprodukowanie. Firma Raisio (Finlandia) jako pierwsza na świecie dodała etykietę „wodną” na opakowaniu żywności o treści: „Ślad wodny płatków obejmuje transport owsa z pola poprzez produkcję do magazynu sklepowego. Od tego momentu codzienne wybory konsumenckie wpływają w istotny sposób na ślad wodny. Całkowite zużycie wody we

wspomnianych płatkach owsianych wynosi 101 litrów na 100 gramów produktu. Obejmuje ono wodę wykorzystywaną przez rośliny do wzrostu oraz do wytworzenia produktu, a także zanieczyszczenie wód spowodowane produkcją ścieków.” (rys. 5). Inne przykłady produktów można znaleźć na australijskiej rządowej stronie internetowej: <http://www.waterrating.gov.au/>, na której znajduje się wyszukiwarka produktów objętych systemem etykietowania i standaryzacji wody (WELS – *Water Efficiency Labelling and Standards*) (rys. 6). Etykieta ma na celu pomóc konsumentowi w dokonywaniu świadomych wyborów dotyczących efektywności wodnej produktów, które kupuje.



Rys. 5. Pierwsza etykieta „wodna” na opakowaniu płatków owsianych sprzedawanych w Finlandii

Źródło: Opracowanie własne na podstawie https://www.raisio.com/en_US/water-footprint-of-elovena.



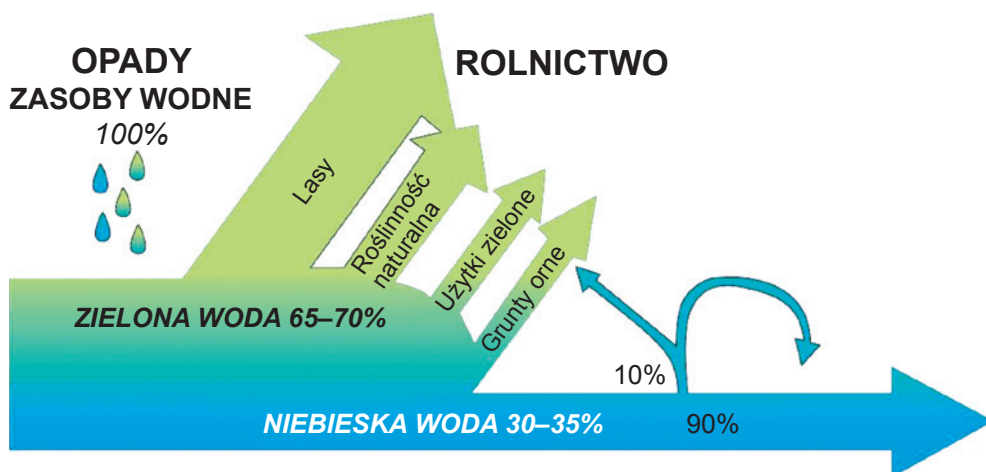
Rys. 6. Przykłady etykiet „wodnych” produktów objętych systemem etykietowania i standaryzacji wody

Źródło: Opracowanie własne na podstawie <http://www.waterrating.gov.au/>.

5.4. Ślad wodny a rolnictwo zrównoważone

Produkcja żywności i nieodłącznie z nią związane rolnictwo są branżami intensywnie wykorzystującymi wodę. Podawana w rocznikach statystycznych GUS informacja na temat zużycia wody w rolnictwie obejmuje tylko objętość wody zużywanej do nawodnień, które w Polsce nie są tak rozpowszechnione jak w innych krajach europejskich. Całkowite zużycie zasobów wodnych w rolnictwie w rzeczywistości jest znacznie większe, gdyż obejmuje poza bezpośrednim wykorzystaniem wody (np. do nawodnień) także wodę wykorzystywaną w sposób pośredni, tzn. do wyprodukowania żywności w całym okresie wegetacji z uwzględnieniem wód pochodzących z opadów atmosferycznych. Bardziej kompleksowe ujęcie problemu wymaga zwrócenia uwagi na całość zasobów wodnych, których wielkość wynika z ilości opadów atmosferycznych jako jedyne źródła wody na kuli ziemskiej. Z tych względów w szerszym ujęciu metodyka obliczeń śladu wodnego może być wykorzystana do oceny potencjalnego wpływu na środowisko konsumpcji zielonej wody przez rolnictwo czy leśnictwo. Przyjmując w uproszczonym bilansie wodnym opady atmosferyczne jako 100% zasobów wodnych, odpływ rzeczny, czyli „woda niebieska” stanowi w uwarunkowaniach klimatycznych Polski około 30–35% zasobów wodnych. Tą częścią zasobów, nazywanych „niebieskim śladem wodnym” jest zainteresowana głównie gospodarka wodna. W uprawie roślinnej większość zasobów jest wykorzystywana jako „woda zielona” (zielony ślad wodny), czyli ta ilość zużywanej wody pochodzącej z opadów atmosferycznych, która jest magazynowana w glebie i jednocześnie pobierana przez rośliny. Jej udział w całości zasobów wodnych wykorzystywanych przez rolnictwo jest wysoki (oszacowany poziom wynosi 65–70%) (rys. 7). Potwierdzają to wyniki badań uzyskane przez Bursztę-Adamiak i Fiałkiewicza (2018), którzy w ramach analiz zużycia wody, wykorzystanej w rolnictwie do produkcji artykułów pochodzenia roślinnego w latach 2014–2017 na terenie województwa dolnośląskiego wykazali, że spośród trzech składowych śladu wodnego największe wartości osiągnięto dla zielonego śladu wodnego (na poziomie 76%).

Nowe zagrożenia obejmujące wyzwania związane ze zmianami klimatycznymi mogą zmienić zarówno dostępność do wody, jak i zapotrzebowanie na wodę w rolnictwie. Z tych względów optymalne wykorzystanie zasobów wodnych do produkcji rolniczej jest jednym z głównych wyzwań na świecie (Saccon 2018). Kompleksowa ocena ilości wody zużytej w rolnictwie jest możliwa poprzez zastosowanie wskaźnika śladu wodnego, głównie zielonego, którym zainteresowane jest najbardziej rolnictwo i gospodarka leśna. Ze wstępnych szacunków Mioduszewskiego (2008b) wynika, że rozdzielenie zielonego śladu wodnego może wyglądać następująco: uprawy rolne – 49% zielonego śladu wodnego, lasy – 37% oraz pozostałe tereny zazielenione – 14%.



Rys. 7. Podział zasobów wodnych na wody niebieskie (niebieski ślad wodny) i wody zielone (zielony ślad wodny)

Źródło: Mioduszewski 2008a.

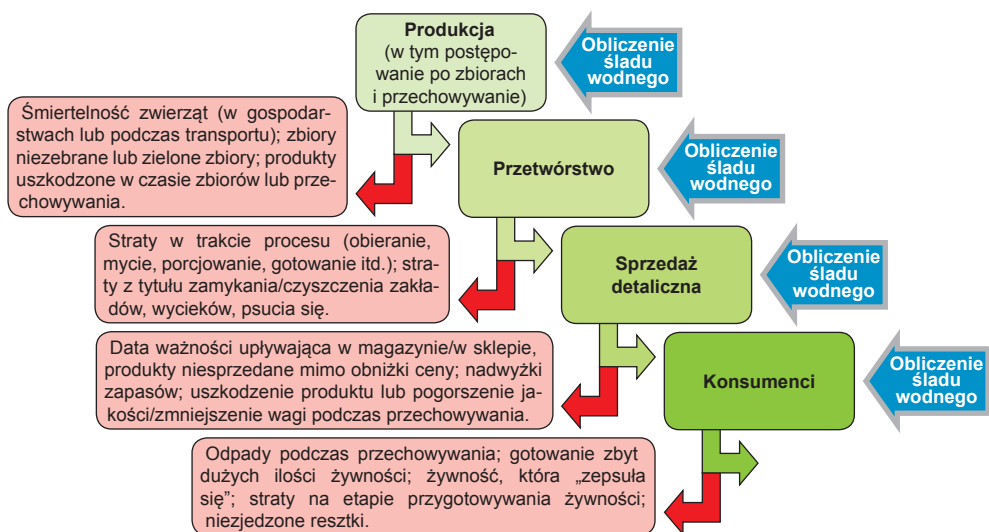
Perspektywiczne zaspokojenie potrzeb wodnych, rozumianych jako sumaryczne zużycie wody zielonej i niebieskiej pobieranej do ewentualnych nawodnień, przy jednoczesnym zachowaniu wysokich walorów przyrodniczych krajobrazu rolniczego i ekosystemów leśnych, wymusza poszukiwanie nowych, bardziej przyjaznych przyrodzie metod gospodarowania wodą (Mioduszewski 2008a). Jednym z takich rozwiązań jest rolnictwo regeneracyjne, permakultura i rolnictwo ekologiczne, które dążą do wykorzystania zasobów w celu poprawy jakości i produktywności gleby, tak aby zatrzymywała ona wilgoć, minimalizując potrzebę dodatkowego nawadniania. Zauważalny obecnie wzrost częstości występowania okresów suszy, głównie w okresie wegetacyjnym roślin, zmusza do ukierunkowywania rolnictwa w stronę upraw roślin, które charakteryzują się zwiększoną odpornością na zmiany klimatu oraz mniejszą wodochłonnością (niższym jednostkowym śladem wodnym). Choć żadna aktualna metoda uprawy nie jest doskonała, mogą one współpracować w celu stworzenia lokalnych i regionalnych systemów żywnościowych, decydujących o wydajności i oszczędnym gospodarowaniu zasobami w rolnictwie i w zaspokajaniu codziennych potrzeb żywieniowych (<https://ecowater.pl>).

W dotychczas prowadzonych analizach podejmowano próby użycia wskaźnika śladu wodnego do obliczeń zużycia wody w rolnictwie w ujęciu globalnym (Mekonnen i Hoekstra 2012, 2014) i krajowym, m.in. dla Chin (Sun i in. 2013, Xinchun i in. 2018), Stanów Zjednoczonych (Marston i in. 2018) oraz państw, w których już dziś występują poważne problemy z dostępnością do wody (Pahlow i in. 2015). Badania bardziej szczegółowe, rozpatrujące zagadnienie zużycia

wody w produkcji rolniczej w mniejszej skali, tzn. wydzielonej jednostki terytorialnej, zostały wykonane m.in. przez Fingera (2013) oraz Sun i in. (2013). Niejednokrotnie podkreślana jest potrzeba tworzenia lokalnych zbiorów danych o wysokiej rozdzielczości i wiarygodności (Shtull-Trauring i Bernstein 2018), aby móc obliczać ślad wodny w rolnictwie dla gospodarstw lokalnych.

5.5. Ślad wodny a marnowanie żywności

Ślad wodny może być również istotnym wskaźnikiem, ukazującym poważny problem w aspekcie marnowania żywności, a wraz z nią tysiące m³ wody, która została początkowo użyta do wyprodukowania wyrzucanych artykułów. Marnotrawienie żywności stanowi znany problem, który w ostatnich latach zyskał znaczenie polityczne i społeczne. W wyniku przeprowadzonej kontroli FAO wykazano, że na poziomie globalnym około jedna trzecia żywności produkowanej do spożycia przez ludzi jest marnotrawiona i ostatecznie wyrzucana (FAO 2011). Organizacja FAO dokonała oceny kosztu marnotrawienia żywności w wymiarze globalnym i stwierdziła, że poza szacowanym kosztem gospodarczym w wysokości 1 bln dolarów rocznie (wartość zmarnotrawionych produktów i dotacji wypłaconych w celu ich wyprodukowania) koszty środowiskowe (takie jak emisje gazów cieplarnianych, niedobór wody i erozja) sięgają dodatkowo około 700 mld dolarów (FAO 2013). Według Greenpeace Polska rocznie w naszym kraju marnuje się aż 9 mln ton żywności. Wyrzucane jest głównie pieczywo, wędlina, warzywa, owoce oraz jogurty. Powodów wyrzucania żywności jest kilka, ale najważniejsze z nich to nieprzemysłane, zbyt duże zakupy, upływanie terminu przydatności do spożycia, przygotowywanie zbyt dużych posiłków, nieodpowiednie warunki przechowywania czy źle zaplanowana dystrybucja artykułów dla przedsiębiorstw oraz gospodarstw domowych. Do marnotrawstwa dochodzi na wszystkich etapach łańcucha dostaw żywności: na etapie produkcji, przetwarzania, handlu detalicznego i konsumpcji (rys. 8). Problem ten w przyszłości będzie odgrywał coraz większą rolę. Postępująca globalizacja powoduje istotne zmiany w sferze produkcji i konsumpcji żywności. Niestety, obok pozytywnych zjawisk w postaci otwarcia się na nowe rynki zbytu oraz zwiększenia dostępności produktów spożywczych, obserwowane są niekorzystne zmiany zachowań i upodobań konsumentów w zakresie spożycia żywności, zachodzące pod wpływem różnych czynników (Gulbicka 2007, Kwasek 2010). W ostatnich latach różne organizacje i gremia zwracają uwagę na skalę marnotrawstwa, w tym marnotrawstwa żywności. Potrzebę zwalczania marnotrawienia żywności wyrażono w wielu deklaracjach politycznych wysokiego szczebla sformułowanych w okresie ostatniej dekady.



Rys. 8. Etapy marnotrawienia żywności na wszystkich odcinkach łańcucha dostaw żywności

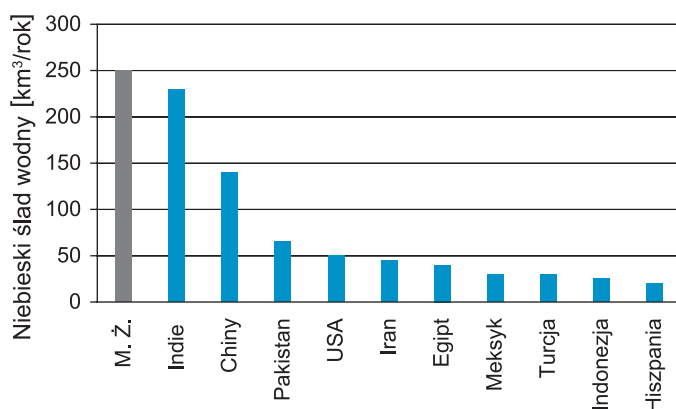
Źródło: Opracowanie własne na podstawie sprawozdania specjalnego Europejskiego Trybunału Obrachunkowego 2016.

Marnowana żywność oznacza zmarnowane zasoby, w tym wodę. Jak wielkie jest to obciążenie dla środowiska naturalnego (śląd wodny, śląd węglowy) można sprawdzić w publikacjach m.in. Lewandowska i Kurczewski 2012, Gosiewska 2013, Konieczny i in. 2013). Kluczową dla powstrzymania marnotrawstwa, w tym także marnotrawstwa żywności, stała się idea zrównoważonej produkcji i zrównoważonej konsumpcji. Głównym założeniem zrównoważonej produkcji jest jak najlepsze wykorzystanie surowców naturalnych tak, aby zapewnić trwały rozwój cywilizacyjny przy zachowaniu środowiska przyrodniczego (Adamczyk 2012). Czynności takie jak sporządzanie listy potrzebnych artykułów przed dokonaniem zakupów, planowanie posiłków, używanie resztek i kompostowanie, mogą spowodować znaczne zmniejszenie ilości żywności (i wody), która jest marnowana na co dzień. Badania Śmiechowskiej (2016) pozwalają na przypuszczenie, że śląd wodny z tytułu marnowanej żywności będzie większy w przypadku miast o większej liczbie mieszkańców w porównaniu do miast mniejszych (poniżej 50 tys.) i terenów wiejskich, gdzie częściej niż w dużych miastach nieskonsumowane produkty (np. pieczywo) są zagospodarowywane, co pozwala na ograniczenie marnotrawstwa artykułów spożywczych.

Dziś wskaźnik śladu wodnego nie jest oficjalnie przyjęty jako jeden z instrumentów, które mogą mieć wpływ na zachowanie różnych uczestników łańcucha dostaw żywności w zakresie zapobiegania marnotrawieniu lub przekazywa-

nia żywności, która w przeciwnym razie zostałaaby zmarnowana. Jednak rosnąca jego popularność i pierwsze wyniki badań, informujące o narastającej skali problemu marnotrawienia wody wraz z wyrzucaną żywnością, pozwalają na przypuszczenie, że znajdzie on zastosowanie także i w tej dziedzinie. Kierunek takiego myślenia przedstawiony jest w Raporcie FAO (2013), w którym do oceny wpływu marnotrawienia żywności na środowisko wykorzystuje się cztery różne wskaźniki tzn. ślad węglowy, ślad wodny, wpływ na degradację ziemi oraz wpływ na bioróżnorodność (ang. *carbon footprint; water footprint; land occupation/degradation impact; potential biodiversity impact*), uzupełniając je analizą ekonomiczną.

Jak podano w publikacji Mekonnen i Hoekstra (2011), światowy niebieski ślad wodny zmarnowanej w 2007 roku żywności pochodzenia rolniczego wyniósł 250 km³, czyli ponad 38 razy więcej niż niebieski ślad wodny dla gospodarstw domowych w USA lub 3,6 razy więcej niż niebieski ślad wodny dla całkowitej konsumpcji w USA. Taka ilość zmarnowanej wody odpowiada objętości 379 razy większej niż ta mieszcząca się w jeziorze Śniardwy, największym pod względem powierzchni polskim jeziorze. Wielkości niebieskiego śladu wodnego związanego z konsumpcją artykułów pochodzenia roślinnego w porównaniu ze światowym niebieskim śladem wodnym obliczonym dla zmarnowanej żywności przedstawiono na rys. 9.

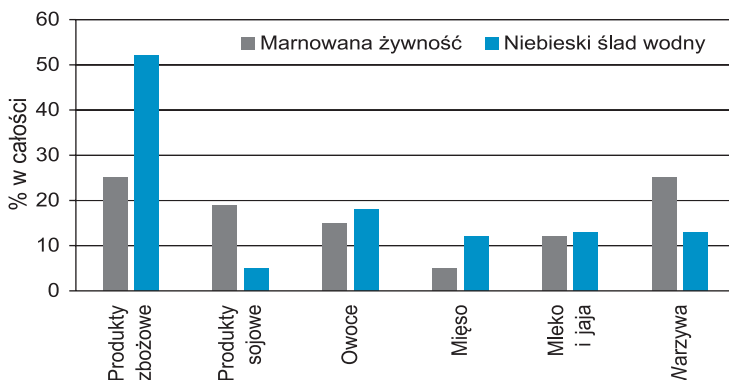


Rys. 9. Niebieski ślad wodny konsumowanych artykułów pochodzenia rolniczego w poszczególnych krajach w porównaniu z globalnym niebieskim śladem wodnym zmarnowanej żywności (średnia roczna dla okresu 1996–2005)

Źródło: Opracowanie własne na podstawie FAO 2013; M.Ż. – marnowana żywność.

Na ilość marnowanej wody mają wpływ rodzaje marnowanej żywności, bo każdy z nich oddziałuje w innym stopniu na zasoby wodne. Z wyników badań prezentowanych w raporcie FAO (2013) wynika, że niebieski ślad wodny w ujęciu

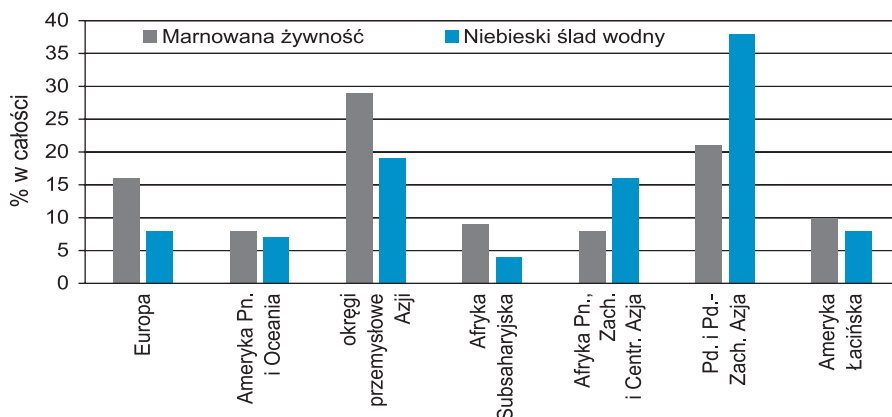
globalnym w największym stopniu jest odcisnięty w przypadku marnowania produktów zbożowych (52% udział w całkowitej ilości zmarnowanej wody) oraz owoców (18% udział). Stosunkowo dużo wyrzucanych jest warzyw (24%), ale z uwagi na ich niski jednostkowy niebieski ślad wodny (100–200 l/kg) w całkowitej ilości marnowanej wody udział ich jest nieznaczny, tzn. kształtuje się na poziomie 12%. Podobnie marnowanie produktów sojowych na poziomie 19% w całkowitym udziale wyrzucanej żywności odciska tylko 3% niebieski ślad wodny (rys. 10).



Rys. 10. Udział produktów w ilości marnowanej żywności i niebieskim śladzie wodnym

Źródło: Opracowanie własne na podstawie FAO2013.

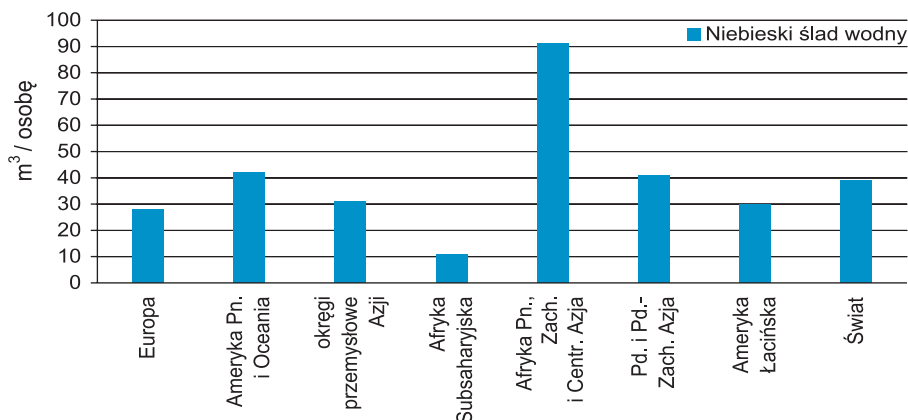
Porównywania wielkości śladów wodnych niezagospodarowanych produktów należy wykonywać jednak bardzo ostrożnie. Globalne średnie ślady wodne mogą znacznie się różnić od śladów wodnych charakterystycznych dla danego regionu (rys. 11).



Rys. 11. Udziały regionu w ilości marnowanej żywności i niebieskim śladzie wodnym

Źródło: Opracowanie własne na podstawie FAO2013.

Według FAO średni niebieski ślad wodny wynikający z marnotrawienia żywności (biorąc pod uwagę tylko produkty roślinne, bez uwzględnienia produktów pochodzenia zwierzęcego) wynosi około 30 m³ na mieszkańca rocznie (rys. 12). Ta wartość jest zbliżona do wykazywanych w innych badaniach przez Kummu i in. (2012).



Rys. 12. Niebieski ślad wodny marnowanej żywności w zależności od regionu w przeliczeniu na osobę

Źródło: Opracowanie własne na podstawie FAO2013.

Na koniec warto podkreślić, że środowiskowy koszt marnotrawienia żywności ponosi całe społeczeństwo, gdyż rosnący niedobór zasobów naturalnych w perspektywie długoterminowej może przełożyć się na wzrost ceny tych zasobów, a w konsekwencji na ceny konsumowanych produktów.

5.6. Ślad wodny a konsumpcjonizm towarów przemysłowych

Konsumpcjonizm jest zjawiskiem relatywnie młodym. Po raz pierwszy został scharakteryzowany przez dziennikarza Samuela Straussa w 1925 r. Społeczeństwo konsumpcyjne rozwinęło się w drugiej połowie XX w., a swoje apogeum osiągnęło na przełomie wieku XX i XXI (Byrska 2015). Współczesny konsumpcjonizm można opisać poprzez trzy jego zasadnicze elementy: materialistyczne podejście do życia, skłonność do konsumpcji na pokaz i coraz powszechniejsze uzależnienie od impulsywnego kupowania (Kacprzak-Choińska 2007).

Konsumpcjonizm stawia bardziej na ilość niż na jakość, stąd bardziej opłacalnym niż wytworzenie pewnej liczby produktów wysokiej jakości jest produkcja

mniej trwałych produktów na skalę masową. Takie działania przyczyniają się do zwiększenia śladu wodnego kupowanych produktów. Obecnie cykl życia sprzętów RTV i AGD się skraca. Potwierdzają to badania przeprowadzone przez niemiecki Urząd ds. Środowiska (UBA – *Umweltbundesamt*), który opublikował raport, z którego wynika m.in. że liczba urządzeń domowych, które zepsuły się w ciągu pięciu lat od zakupu wzrosła w ostatnich latach niemal dwukrotnie z 3,5 proc. w 2004 r. do 8,3 proc. w roku 2013. Zdaniem autorów raportu, ekspertów z Instytutu Badawczego Oeko-Institut oraz Uniwersytetu Bonn, jeszcze w 2004 r. przeciętny żywot pralki wynosił 16 lat, a w 2013 r. już prawie trzy lata mniej. Lodówka w 2004 r. psuła się po około 15,5 roku użytkowania, w 2013 r. po 14 latach. Efektem ubocznym konsumpcjonizmu w tym kontekście jest degradacja środowiska (nadmierne zużycie wody na wyprodukowanie towarów, emisja gazów cieplarnianych) oraz osłabianie lokalnych gospodarek na rzecz korporacji przenoszących produkcję w inne rejony świata, w których mogą powiększyć swoje zyski tj. Azja czy Afryka.

Według zapowiadanych trendów zmian, w najbliższych latach nastąpi wzrost konsumpcyjnego stylu życia. W ten sposób wpływ na pośrednie zużycie zasobów wodnych może być jeszcze większy. Z tych względów oprócz spożywanej i marnowanej żywności powinno również uwzględnić się w analizach wpływ produkcji na środowisko pozostałych produktów przemysłowych wykorzystywanych w codziennym życiu, jak np. odzież, sprzęt AGD itp. Warto też pamiętać, że im bardziej złożony proces produkcji (np. komputera, telefonu komórkowego czy samochodu), tym wyższy ślad wodny (tabela 1).

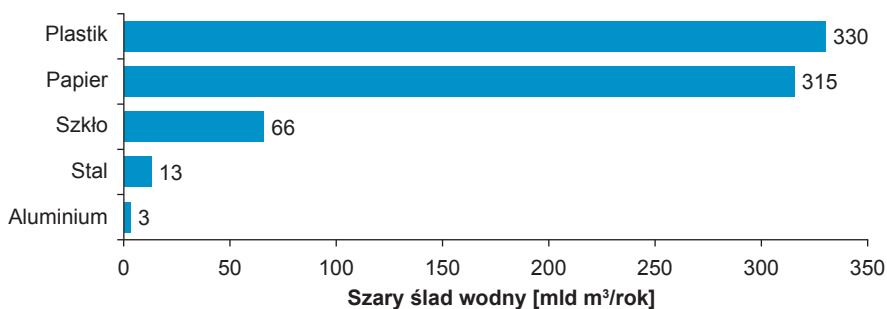
Tabela 1. Zużycie wody do produkcji wybranych artykułów przemysłowych

Produkt	Ilość zużytej wody, litry/kg lub szt.
Arkusze papieru A4	10
Stal (1kg)	300
Skórzana torba podróżna (kg)	1 709
Biopaliwo z ziemniaków (1 l)	2 500
Bawełniana koszulka (1 szt.)	2 700
Biopaliwo z pszenicy (1 l)	5 000
Buty skórzane (1 para.)	6 000
Dżinsy (1 szt.)	6 000
SmartPhone (1 szt.)	14 355
Komputer (1 szt.)	15 000
Wełna (1 kg)	170 000
Samochód (1 szt.)	379 000–450 000

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych na stronie <https://waterfootprint.org/en/>.

5.7. Ślad wodny a proekologiczne zachowania w przemyśle

Do każdej produkcji potrzebna jest odpowiednia ilość wody, która może być przeliczana na ślad wodny. Wskaźnik ten można wykorzystać do oszacowania ilości zużywanej wody na etapie projektowania, planowania produkcji i dystrybucji towarów. Z raportu międzynarodowej organizacji Water Footprint Network nt. produkcji opakowań [2017] wynika, że sama produkcja opakowań pochłania miliony litrów wody będących ukrytym kosztem środowiskowym wyprodukowania towaru. Szacuje się, że globalnie około 650–800 mld m³ wody rocznie zużywa się do wyprodukowania potrzebnych ponad 400 mln ton opakowań. Poza tym, że podczas produkcji opakowań zużywane są duże ilości wody, to dodatkowo zanieczyszcza się wody w odbiornikach, do których trafiają ścieki z produkcji. Zanieczyszczenie wody mierzone jest za pomocą wskaźnika szarego śladu wodnego, który pomaga ocenić wpływ, jaki proces produkcji wywiera na zasoby wodne w wyniku ich zanieczyszczenia. Pośród wielu materiałów, stosowanych na co dzień do opakowania produktów, tj. stal, aluminium, szkło, papier i plastik, najmniejsze wartości szarego śladu wodnego uzyskuje się przy produkcji opakowań aluminiowych – 3 mld m³ wody rocznie. Przy produkcji opakowań papierowych szary ślad wodny w skali roku jest równy 315 mld m³ wody. Najwyższe wartości szarego śladu wodnego uzyskuje się przy produkcji plastiku – około 330 mld m³ [rys. 13].



Rys. 13. Światowy szary ślad wodny rocznej produkcji opakowań

Z przedstawionych liczb wynika, że firmy tylko poprzez wybór mniej wodochłonnego opakowania mogą zmniejszyć zużycie wody. Do zmniejszenia śladu wodnego przyczynia się także recykling opakowań. Globalne wskaźniki recyklingu są obecnie niskie (D-Waste, The Waste Atlas 2017). Kraj o najwyższym poziomie recyklingu (w przypadku tworzyw sztucznych, papieru i tektury, szkła, stali i aluminium) to Słowenia (55%), a tuż za nią są Korea Południowa (49%)

i Niemcy [47%]. Jednak wiele innych krajów pozostaje daleko w tyle, wśród nich np. Brazylia (1%), USA (24%) czy Wielka Brytania (28%). Recykling nie tylko ograniczy zanieczyszczenie wody (zmniejszy szary ślad wodny), ale może również przyczynić się do zmniejszenia niedoborów wody w danym kraju (niebieski ślad wodny).

Wyliczenie ilości zużywanej wody na poszczególnym etapie produkcji, w sposób bezpośredni lub z wyznaczeniem wskaźnika śladu wodnego, zmobilizowało wiele firm do zmniejszenia ilości zużywanej wody. W tym celu do cyklu produkcyjnego wdrażano programy mające na celu ograniczenie jej zużycia. Przykładem takiej firmy jest United Milka Pic – mleczarnia w Anglii wytwarzająca mleko oraz produkty mleczne. W zakładzie mleczarskim zainwestowano w instalacje odwróconej osmozy, pozwalającej na odzyskanie wody, która wykorzystywana jest w dalszych procesach przetwórczych w zakładzie. Po zaspokojeniu własnych potrzeb pozostała część wody sprzedawana jest sąsiadom. Po wdrożeniu tego systemu zaobserwowano roczną oszczędność wody na poziomie 657 tys. m³, co pozwoliło na zaoszczędzenie około 1,5 mln zł.

Nieco inny program oszczędnościowy dla wody zastosowała firma Coca-Cola Poland wraz z Coca-Cola Hellenic Passion for Excellence. Zwrócili oni uwagę na ilość wody zużywanej w procesie produkcji napojów i postanowili ograniczyć jej pobór (www.coca-colahellenic.pl). W ramach prowadzonych kampanii edukacyjnych informują konsumentów, iż woda jest głównym składnikiem ich produktów. Informują także o innych surowcach potrzebnych do produkcji ich napojów, takich jak cukier czy kawa, które są wodochłonne na etapie ich pozyskania. Swoje działania skupiają na zoptymalizowaniu i zmniejszeniu zużycia wody na etapie produkcji. Firmy te współpracują przy wielu projektach pozwalających na ochronę zasobów wody m.in. „Ochrona i odtwarzanie naturalnych zasobów wodnych” oraz „Budowanie świadomości ekologicznej”. Efektami tych działań jest oszczędność wody na poziomie około 30%. Innowacyjnością w ich zakładach jest wprowadzenie nowoczesnego systemu płukania butelek przy wykorzystaniu sterylizowanego powietrza zamiast wody. Pozwoliło to na całkowite wyeliminowanie użycia wody w tym procesie, co przyczyniło się do oszczędności na poziomie 24 tys. m³ wody rocznie. Firmy te wciąż pracują nad kolejnymi programami i rozwiązaniami, które w efekcie dadzą coroczną redukcję zużywanej wody w przeliczeniu na liter produktu (założony poziom co najmniej o 5%). Firma Coca-Cola Poland wraz z Coca-Cola Hellenic Passion for Excellence nie skupiła się tylko na zmniejszeniu zużycia wody w zakładach produkcyjnych, ale również postanowiła edukować swoich pracowników o możliwościach zmniejszenia zużycia wody w ich domach (www.coca-colahellenic.pl). Firma w ramach inwestycji środowiskowych reali-

zowała „Projekt redukcji śladu węglowego i wodnego w Coca-Cola HBC Polska Sp. z o.o.”. Postawiony do zrealizowania przez firmę cel to osiągnięcie 30% redukcji do 2020 r. w stosunku do wielkości wskaźnika zużycia wody w 2010 r. Projekt jest realizowany w trzech zakładach produkcyjnych tj. w Radzyminie, Krakowie i Tyliczu (<https://pl.coca-colahellenic.com/pl>).

W 2011 r. firma Levis, znana na całym świecie jako producent dżinsów, wyznaczyła sobie za cel zaoszczędzenie 200 mln litrów wody. Aby go zrealizować, w firmie rozpoczęto produkcję dżinsów, pochłaniającą mniejsze ilości wody, oznaczonych marką „Water<Less™ jeans”. Zaoszczędzone ilości wody firma rozdysponowuje do osób, które mają do niej ograniczony dostęp (w ramach współpracy z organizacją water.org). Wprowadzenie nowych technologii produkcji dżinsów pozwala na zaoszczędzenie średnio od 28% do 96% wody w zależności od kroju i fasonu spodni. Do 2020 r. firma Levis zobowiązała się objąć w 80% produkcję dżinsów technologią „Water<Less™ jeans” (<http://store.levi.com/waterless/index.html>).

Ślad wodny staje się istotnym wskaźnikiem dla zrównoważenia systemów produkcji także w przemyśle spożywczym. Międzynarodowa Federacja Mleczarska (IDF – *International Dairy Federation*) opracowała przewodnik IDF w celu ujednolicenia metodologii obliczania śladu wodnego w sektorze mleczarskim (Biuletyn Międzynarodowej Federacji Mleczarskiej 2017). Przewodnik ten zawiera zasady i wymagania dla oszacowania śladu wodnego, opisuje poszczególne etapy, dane i modele, potrzebne do obliczeń oceny cyklu życia wody (LCA), podając przykłady i zalecenia, oparte zarówno na modelach wykorzystania wody konsumpcyjnej, jak i wody zdegradowanej. Przy każdej ocenie śladu wodnego ocena zbioru wchodzących i istniejących przepływów wody pozwala na ogólne zrozumienie istotności źródeł wody i jej zastosowań, zarówno bezpośrednich jak i pośrednich, aby wskazać, gdzie można dokonać redukcji jej zużycia. Wytyczne te mają na celu wsparcie rozwiązań gospodarki wodnej poprzez identyfikację punktów zapalnych („hot spotów”) zużycia wody dla przemysłu.

5.8. Ślad wodny a gospodarka wodą w miastach

Obecnie miasta stoją przed wieloma wyzwaniem współczesnego świata. Stąd pomiar śladu wodnego zmusza decydentów do dyskusji i szukania odpowiedzi na szereg pytań, w tym m.in.:

- Ile wody jest konsumowane w mieście?
- Czy styl życia mieszkańców wpływa na ilość i jakość zużywanej wody?

- W jaki sposób miasta mogą efektywniej zarządzać dystrybucją i zużyciem wody?
- Jak infrastruktura miejska może nadążyć za rosnącym popytem i zmiennością dostaw wody?
- W jaki sposób dostępne rozwiązania technologiczne pozwolą na minimalizowanie wyczerpywania się zasobów wodnych?
- W jaki sposób miasta mogą planować przyszłość w niepewnych i szybko zmieniających się uwarunkowaniach klimatycznych, społecznych czy przestrzennych?
- W jaki sposób miasta danego kraju powinny współpracować z innymi miastami na świecie w celu zapewniania ciągłości wymiany towarów i usług zużywających wodę?

Do tego typu analiz, związanych z eksploatacją i zarządzaniem zasobami wodnymi, można wykorzystać podejście śladu wodnego.

Zastosowanie metodologii śladu wodnego na obszarach miejskich nie jest łatwe, stanowi element nowości i wymaga pokonania przeszkód wynikających ze złożoności i rozmiarów obszarów miejskich. W związku z tym ślad wodny najczęściej jest rozpoznawany w oparciu o wielopoziomowe modelowanie. Stąd, w przeciwieństwie do dobrze udokumentowanych danych dotyczących śladu wodnego obliczonego na poziomie krajowym (Zhao i in., 2009), dostęp do wyników śladu wodnego określanego dla miast jest ograniczony. Do tej pory tego rodzaju obliczenia przeprowadzono dla Berlina (Niemcy), Delhi (Indie) i Lagos (Nigeria) (Hoff i in., 2014) oraz Leshana (Zhao i in., 2015) i Pekinu w Chinach (Zhang i in., 2011), dla Mediolanu we Włoszech (Vanham i Bidoglio, 2014), jak również dla Akry, Kumasi, Tamale i Ouagadougou w Afryce Zachodniej (Drechsel i in., 2014) i 225 miast USA z populacją większą niż 100 000 (Padowski i Jawitz, 2012). Jenerette i in. (2006) wybrali do analiz miasta w Chinach (26 miast) i w Stanach Zjednoczonych (6 miast) o różnej liczbie mieszkańców (od 500 000 do ponad 5 mln). Od kilku lat podejmowane są także badania z wykorzystaniem podejścia śladu wodnego w ramach projektów finansowanych ze źródeł zewnętrznych (tabela 2).

Pierwszym miastem w Polsce, dla którego zostały wykonane obliczenia śladu wodnego, był Wrocław (Fiałkiewicz i in. 2013). Oceny śladu wodnego dokonano w ramach międzynarodowego projektu unijnego pn. Zastosowanie podejścia Water Footprint do monitorowania, oceny i poprawy gospodarowania wodą na obszarach miejskich (URBAN_WFTP) (tabela 2). Analiza wskaźnika śladu wodnego została przeprowadzona na trzech poziomach. Pierwszy z nich bazował na wykonaniu bilansu ilości wody doprowadzanej i odprowadzanej z terenu miasta, po-

zwalając tym samym na ogólną ocenę śladu wodnego. Na drugim poziomie analiz ślad wodny miasta był rozpatrywany z uwzględnieniem podziału terenu na obszary o różnym sposobie użytkowania (podział wykonano na podstawie Europejskiego Atlasu Miejskiego wykorzystując do tego celu oprogramowanie ArcGIS). Ten poziom pozwolił na wyodrębnienie tzw. hotspotów, czyli miejsc w których należałoby w pierwszej kolejności podjąć inicjatywy poprawiające ślad wodny tych terenów. Poziom trzeci obejmował ocenę śladu wodnego dla budynków. Ten ostatni poziom modelowania umożliwił lepsze zrozumienie wpływu zasad lokalnej polityki i technologii na zużycie wody przez indywidualnego mieszkańca miasta. Dodatkowo na przykładzie Innsbrucka (Austria) zostało określone zużycie tzw. wody wirtualnej, czyli dokonano analizy ilości wody, która została zużyta do wyprodukowania towarów i usług skonsumowanych w mieście (Burszta-Adamiak i Fiałkiewicz 2015).

Zastosowanie ujednoczonego podejścia śladu wodnego przy wykorzystaniu różnych wariantów ocen (dla miasta, obszarów o różnym zagospodarowaniu terenu oraz pojedynczych budynków) pozwala przeprowadzić analizę odmiennych problemów gospodarki wodnej, charakterystycznych dla danego miasta. Metodyka wyliczania śladu wodnego dla terenów zurbanizowanych, wypracowana w ramach Projektu WFTP obecnie jest kontynuowana w ramach działań podjętych przez Stowarzyszenie Gmin Polska Sieć „Energie Cités” (PNEC) w projekcie pn. Ślad wodny miast (tabela 2). Analizą zostało objętych 5 kolejnych miast w kraju tzn. Kalisz, Cieszyn, Elk, Milanówek i Jasło (szczegółowe informacje na temat uzyskanych wyników można znaleźć w rozdziale 9).

Tabela 2. Przykłady projektów finansowanych ze źródeł zewnętrznych, w ramach których analizowano ślad wodny

Nazwa projektu: Ślad wodny jako narzędzie edukacji, integracji oraz podejmowania inicjatyw na rzecz ochrony zasobów wodnych w miastach

Instytucja realizująca: Stowarzyszenie Gmin Polska Sieć „Energie Cités” (PNEC)

Cel: wykorzystanie śladu wodnego jako narzędzia budowania potencjału i integracji różnych środowisk (władze miast, przedstawiciele urzędów miast, spółek komunalnych, planistów oraz przedsiębiorstw wodno-kanalizacyjnych, deweloperów, lokalnych przedsiębiorców) oraz edukacji mieszkańców na rzecz ochrony zasobów wodnych w miastach. Poza celami edukacyjnymi w ramach projektu będą wykonane obliczenia śladu wodnego dla 5 miast tzn. Kalisza, Milanówka, Elku, Jasła i Cieszyna oraz zostanie opracowany program komputerowy do obliczania śladu wodnego, który będzie dostępny dla wszystkich zainteresowanych.

Źródło finansowania: Program Operacyjny Infrastruktura i Środowisko 2014–2020, działanie 2.4: ochrona przyrody i edukacja ekologiczna, typ projektu 2.4.5: Prowadzenie działań informacyjno-edukacyjnych w zakresie ochrony środowiska i efektywnego wykorzystania jego zasobów, podtyp projektu 2.4.5b: Budowanie potencjału i integracja oraz Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej.

Lata realizacji: 2017–2020

Więcej informacji: www.pnec.org.pl

Nazwa projektu: *Introduction of water footprint (WFTP) approach in urban area to monitor, evaluate and improve the water use (URBAN_WFTP; pol. Zastosowanie podejścia Water Footprint do monitorowania, oceny i poprawy gospodarowania wodą na obszarach miejskich)*

Institucja realizująca: Projekt był realizowany przez konsorcjum, w skład którego wchodziły: Uniwersytet w Padwie (Włochy), Giacomo Rumor Foundation – Veneto Productivity Center (Włochy), Gmina Vicenza (Włochy), Uniwersytet w Innsbrucku (Austria), Alpy Ltd. (Austria), INNOVA Eszák-Alföld Regionalna Agencja Rozwoju Regionalnego i Innowacji (Węgry), Przemysłowa Izba Gospodarcza Norymbergii i Środkowej Frankonii (Niemcy), Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Miejskie Przedsiębiorstwo Wodociągów i Kanalizacji we Wrocławiu.

Cel: Opracowanie metodyki wyznaczania wskaźnika Water Footprint dla obszarów zurbanizowanych, przygotowanie strategii poprawy zarządzania zużyciem wody dla utworzonych trzech laboratoriów i sprawdzenie ich efektywności. Ponadto prowadzone będą akcje promujące zrównoważone używanie wody, organizowane szkolenia i udzielana pomoc przy wdrażaniu wypracowanej metodologii. Cele były wdrażane w trzech europejskich miastach: Vicenzie we Włoszech, Innsbrucku w Austrii oraz we Wrocławiu.

Źródło finansowania: Program Operacyjny dla Europy Środkowej (EFRR)

Lata realizacji: 2012–2014

Więcej informacji: www.urban-wftp.eu

Nazwa projektu: *Technical and decision making support system for sustainable water management (STEDIWAT) (pol. System wsparcia technicznego i decyzyjnego w zakresie zrównoważonej gospodarki wodnej)*

Institucja realizująca: Uniwersytet Techniczny "Gheorghe Asachi" w Iasi (Rumunia)

Cel: opracowanie systemu wsparcia, który będzie stanowić bazę naukową dla podejmowania decyzji i będzie prowadzić do transferu wiedzy a także rozwój regionalnej, krajowej oraz międzynarodowej współpracy zainteresowanych stron i wdrożenie zintegrowanego podejścia do zarządzania zasobami wodnymi na 4 zlewniach w Rumunii. W badaniach wykorzystano podejście śladu wodnego do oceny konsumpcji wody przez mieszkańców ww. zlewni.

Źródło finansowania: PNCDI II – Krajowy Program Badań, Rozwoju i Innowacji II (ang. National Programme for Research, development and Innovation II) z Ministerstwa Nauki i Rozwoju

Lata realizacji: 2008–2011

Więcej informacji: www.waterrtom.eu/projet/463

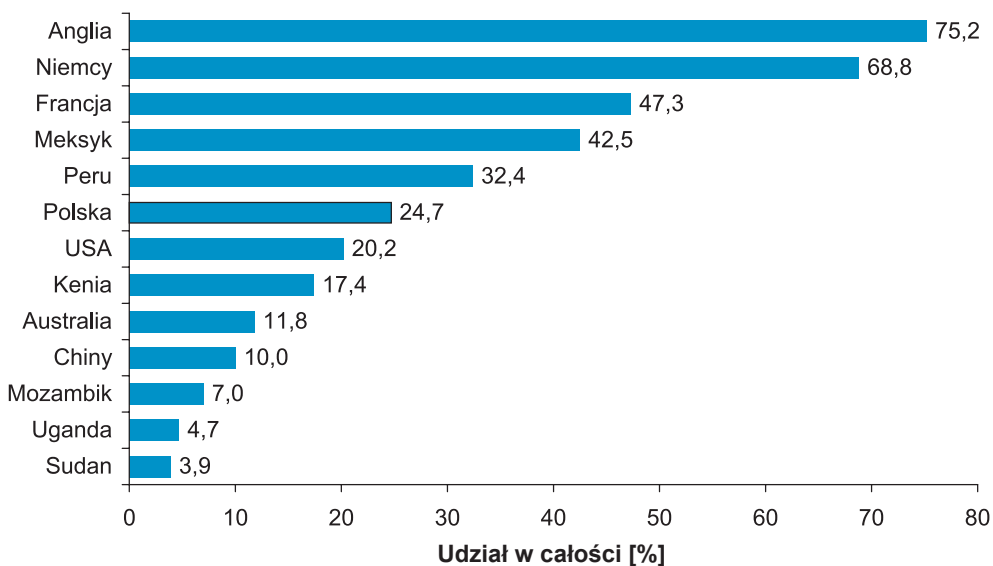
5.9. Ślad wodny a decyzje polityczne

Koncepcja śladu wodnego może być wykorzystana do oceny zużycia wody w aspekcie szerszym tzn. zintegrowanego zarządzania wodą np. w zlewni, regionie, kraju. Analiza wody wirtualnej pozwala spojrzeć na zagadnienie w ujęciu globalnej polityki prowadzonej na etapie porozumień handlowych pomiędzy krajami w zakresie importu i eksportu produktów. Uzyskiwane wielkości śladu wodnego zwiększają świadomość społeczeństwa, władz i zainteresowanych stron rozważających wpływ decyzji politycznych na środowisko.

W większości państw rozwiniętych aż 40% śladu wodnego odciskanego jest poza granicami. Każdy kraj swój ślad wodny zawdzięcza zarówno wodzie zużywanej na swoim terytorium, jak i tej, która jest importowana razem z artyku-

łami, do produkcji których została użyta. Natomiast do śladu wodnego nie jest wliczana woda użyta w kraju do produkcji artykułów przeznaczonych na eksport. Ta woda jest wliczona do śladu wodnego kraju importującego te dobra. Ślad wodny krajowej konsumpcji oznacza więc sumę wody pitnej używanej do produkcji dóbr i usług konsumowanych przez mieszkańców danego kraju. Ślad ten zawiera zatem dwa elementy: ślad wodny w ramach danego kraju, tzn. wewnętrzny ślad wodny oraz ślad wodny odciskany w innych krajach (eksportowany) i regionach, tzw. zewnętrzny ślad wodny [Kłos 2014]. Obliczenia śladu wodnego pozwalają na lepsze zarządzanie zasobami wodnymi w danym kraju i uświadomienie ilości zużytej i zanieczyszczonej wody wzdłuż całego łańcucha produkcji żywności (ang. *food production chain*), łańcucha wartości (ang. *value chain*) czy łańcucha dostaw (ang. *supply chain*). Nie ulega wątpliwości, że wymiana handlowa pomiędzy krajami jest potrzebna, ale w zakresie zużywania zasobów wodnych powinna być przemyślana. Zatem wskaźnik śladu wodnego może być pomocny w podejmowaniu decyzji dotyczących wody i jej znaczenia dla środowiska. Wykorzystanie wody w regionie bogatym w wodę nie ma takiego samego oddziaływania na dobrostan człowieka i zdrowy ekosystem, co wykorzystywanie wody w regionie z jej niedoborem. Przykładem takiej relacji może być zużycie wody w sektorze rolnictwa, które – jak wspomniano wcześniej – jest wodochłonne. Z tych względów już profesor John Anthony Allan (twórca pojęcia „woda wirtualna”) apelował w swojej publikacji [Allan 2003], aby kraje ubogie w wodę nie zajmowały się uprawą roślin wymagających dużych nakładów wody, potrzebnych na ich nawadnianie. Lepszą alternatywą dla tych państw jest import tych produktów, które zostały wyprodukowane w krajach o większych zasobach wodnych. W efekcie zakup tych towarów od innych krajów będzie dużo tańszy niż własna produkcja. Wówczas kraje ubogie w wodę mogą skupić się na wytwarzaniu produktów, które nie wymagają dużych zasobów wodnych. Państwa podejmujące się produkcji artykułów wymagających dużych zasobów wodnych a nie posiadające ich za dużo, mogą wówczas mieć problemy z gospodarką wodną, a nawet w dostarczeniu odpowiedniej, niezbędnej do życia wody swoim obywatelom. Zyskać na tym mogą dobrze rozwinięte gospodarczo jednostki, które pomimo braku większych problemów z zasobami wodnymi importują produkt wymagający dużych zasobów wodnych z zagranicy, zapewniając sobie potrzebny produkt, ale ślad wodny pozostaje poza granicami kraju. Tak dzieje się np. w przypadku produkcji bawełny, która jest jedną z najważniejszych i najbardziej rozpowszechnionych roślin uprawnych na świecie. Wg szacunków FAO wartość światowej produkcji bawełny wynosi ponad 30 miliardów dolarów rocznie. Uprawiana jest w ponad 80 krajach na około 2% ziemi uprawnej dostępnej na świecie, co stawia ją na trzecim miejscu pod tym względem, zaraz po zbożach i soi. Bawełna jest także bardzo ważnym

produktem handlu międzynarodowego, ponieważ w jej eksport i import zaangażowanych jest ponad 100 krajów świata. Największymi producentami bawełny są Chiny, Indie, Stany Zjednoczone, Pakistan, Brazylia, Uzbekistan i Turcja. Bawełna jest też produkowana w Afryce Zachodniej (w Burkina Faso, Mali, Czadzie, Beninie) oraz Egipcie (<http://www.fao.org/faostat/en>). Z jej uprawy utrzymuje się ponad 100 milionów rolników i ich rodzin bezpośrednio zaangażowanych w produkcję. Uprawa bawełny na potrzeby przemysłu odzieżowego pochłania ogromne ilości wody, co wpływa na rozregulowanie gospodarki wodnej w okolicach upraw. Szacuje się, że zużycie wody może wynosić od ponad 2 tys. litrów w Sudanie do 7 tys. litrów w Izraelu na kilogram gotowej bawełny. Wynika z tego, że aby wyprodukować 1 parę dżinsów potrzeba co najmniej dwa tysiące litrów wody. Niszczycielski wpływ upraw bawełny bardzo wyraźnie widać w Uzbekistanie, gdzie Morze Aralskie zmniejszyło swoją objętość o 85%, zwiększając przy tym swoje zasolenie o prawie 600%. Spowodowało to wymarcie wszystkich zwierząt żyjących w tym akwenie (www.ekonsument.pl). Największy ślad wodny odcisnięty poza granicami mają Anglia, Niemcy i Francja (rys 14).



Rys. 14. Procentowy udział zagranicznego (odcisniętego poza granicami danego państwa) śladu wodnego w całkowitym, wyliczonym dla danego kraju śladzie wodnym

Źródło: Opracowanie własne na podstawie Kłos 2014.

Wykorzystanie tego wskaźnika w praktyce może być przydatne także dla decydentów, w tym władz miast, zarządców infrastruktury w przedsiębiorstwach

wodociągowo-kanalizacyjnych, a także planistów, którzy mają wpływ na realizowane inwestycje związane z gospodarką wodno-ściekową w miastach. Potrzeba kontroli jakości ścieków zwróconych do środowiska po etapie ich oczyszczania ma kluczowe znaczenie dla oceny wydajności i zrównoważonego zarządzania zarówno oczyszczalniami ścieków, jak i zasobami wodnymi. Jako przykład wykorzystania wskaźnika do tych celów mogą posłużyć badania prezentowane w publikacji Gómez-Llanos i in. (2018). Zaproponowano w niej metodykę oceny niebieskiego i szarego śladu wodnego dla optymalizacji pracy oczyszczalni ścieków (badania prowadzono na dwóch oczyszczalniach o podobnych układach technologicznych, w których oczyszczanie ścieków odbywało się w oparciu o osad czynny – biologiczną metodę oczyszczania ścieków). Analizowane oczyszczalnie różniły się wydajnością. Wyniki odniesiono do strumienia ścieków nieoczyszczanych, odprowadzonych do odbiornika.

Próby wykorzystania śladu wodnego do oceny efektywności pracy oczyszczalni były też prowadzone przez Shao i Chen (2013). W swoich badaniach autorzy uwzględniali tylko niebieski ślad wodny, pomijając w obliczeniach szary ślad wodny, który z punktu widzenia wpływu jakości ścieków na ekosystemy wodne jest bardziej istotny. Z kolei Gu i in. (2016) oceniali synergii pomiędzy zużyciem energii i wody w dziewięciu oczyszczalniach ścieków o różnych układach technologicznych i wydajnościach, które funkcjonowały w Chinach.

5.10. Ślad wodny a planowanie przestrzenne

Planowanie przestrzenne w Polsce ma charakter oddolny i opiera się na prawie samorządów lokalnych do podejmowania decyzji o formach zagospodarowania przestrzennego gminy (Januchta-Szostak 2014). Choć coraz większa liczba architektów i urbanistów jest świadoma negatywnych skutków urbanizacji i potrzeby uwzględniania zarządzania wodą w planowaniu przestrzennym, wciąż brakuje ram prawnych i skutecznych narzędzi, które wspierałyby zintegrowane i proekologiczne podejście do zarządzania przestrzenią i wodą w miastach. Zdaniem Januchty-Szostak (2014) zarządzanie wodą nie może być wyłącznie przedmiotem planowania sektorowego (branżowego), ale wymaga pełnej integracji z gospodarką przestrzenną, urbanistyką i architekturą, ponieważ sposób zagospodarowania terenu ma decydujący wpływ na możliwości gospodarowania wodą w obrębie zlewni. Podstawowymi instrumentami planowania przestrzennego są: studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego gminy (studium) oraz miejscowe plany zagospodarowania przestrzennego (mpzp), których zapisy muszą korespondować ze strategią rozwoju miasta i planem

zagospodarowania przestrzennego województwa oraz uwzględniać ustalenia innych nadrzędnych programów i planów sektorowych, w tym planów gospodarki wodnej (Ustawa Prawo wodne (Dz.U. 2017 poz. 1566)). Z tych względów i w tym zakresie wskaźnik śladu wodnego może znaleźć zastosowanie m.in. do analiz:

- możliwości powiązania sposobów zagospodarowania oraz użytkowania terenów z priorytetami gospodarki wodnej, w tym ochroną zasobów wodnych;
- kontrolowania stopnia uszczelnienia terenu, formułowanego na podstawie analiz zdolności retencyjnych zlewni;
- możliwości poprawy integracji gospodarki wodnej z planowaniem przestrzennym, w zakresie zagospodarowania zlewni.

Obecnie podejmowane są próby oceny wpływu zielonego śladu wodnego na środowisko z uwzględnieniem zagadnienia biogospodarki, często też określanej bioekonomią, opartej na założeniu, że należy efektywnie wykorzystywać surowce naturalne i w większym stopniu stosować odnawialne zasoby biologiczne w celu zaspokajania potrzeb konsumentów i zapobiegania skutkom zmian klimatu. Przykładem działania w tym zakresie jest planowanie terenów zieleni miejskiej. Wyniki badań uzyskane przez Quinteiro i in. (2018) wskazują, że istnieją istotne różnice w wartościach zielonego śladu wodnego w zależności od sposobu zagospodarowania terenów zieleni (gatunków roślinności je porastających). Ma to bezpośredni wpływ na zasilenie zasobów wody oraz regulację spływu powierzchniowego (niebieski ślad wodny). Zatem zastosowanie metod oceny ograniczenia niedoborów zielonego śladu wodnego z wykorzystaniem metodyki obliczania śladów wodnych może być wykorzystane przez decydentów na etapie planowania zagospodarowania terenu, lokalizacji i udziału terenów biologicznie czynnych w celu m.in. wyznaczenia przedsięwzięć dla ochrony zasobów wody zielonej (opadowej). Określanie potencjalnego oddziaływania jest istotne zarówno z uwagi na aktualne uwarunkowania klimatyczne, jak i ze względu na przyszłe scenariusze zmian klimatu.

5.11. Ślad wodny a edukacja społeczeństwa

W Polsce za pionierskie, całościowe badania poświęcone ocenie świadomości ekologicznej, tj. społecznym problemom ochrony środowiska i postawom wobec środowiska uważa się badania tarnobrzeskie z 1983 roku. W tych badaniach zwrócono uwagę na fakt, że ludzie mobilizują się do działania bardziej przez elementy zagrażające bezpośrednio człowiekowi, np. zanieczyszczenie wody pitnej w konkretnej miejscowości niż zagrożenia „odległe”, jak zagrożenie stanu la-

sów przez wycinkę lub szkodniki, co z kolei może powodować zmiany klimatyczne. Jednak w tamtych latach świadomości zagrożeń towarzyszyła wciąż niewielka wiedza na temat ich źródeł i skutków (Tuszyńska 2014). Dziś celem edukacji ekologicznej jest uświadamianie, że jakość naszego życia zależy od stanu środowiska, w którym żyjemy. Strategia edukacji dla zrównoważonego rozwoju zakłada, że „podstawowym prawem człowieka jest prawo do edukacji, niezależnie od wieku i przynależności instytucjonalnej”. Edukacja ta obejmuje m.in. ochronę środowiska oraz zrównoważone gospodarowanie zasobami naturalnymi w taki sposób, by zaspokoić potrzeby obecnego pokolenia, nie pozbawiając przy tym możliwości zaspokajania potrzeb przyszłych pokoleń. Z najnowszych badań poziomu świadomości ekologicznej społeczeństwa polskiego wynika, że w tym obszarze zachodzą zmiany na lepsze.

Wskaźnik śladu wodnego może być wykorzystywany jako narzędzie do edukacji społeczeństwa. W tym przypadku edukacja ekologiczna może odbywać się na kilku szczeblach m.in. edukacji sterowanej (np. szkolenie, warsztaty w miejscu pracy lub poza nią), w szkole (w ramach wykonywanego obowiązku szkolnego dzieci i młodzieży) oraz w domu (w relacji rodzice-dzieci). Rozpowszechnianie wiedzy na temat podejścia śladu wodnego na organizowanych warsztatach, seminariach oraz szkoleniach jest coraz chętniej wykorzystywane przez władarzy, decydentów czy zarządców infrastruktury wodno-ściekowej. Przykładem kształcenia w szkołach w zakresie zużywania wody mogą być lekcje, podczas których przeprowadzane są z uczniami symulacje komputerowe, dające możliwość skalkulowania indywidualnych wskaźników śladu wodnego w zależności od kraju zamieszkania, zamożności, sposobu odżywiania się i nawyków bytowych. Można też porównać swoje wskaźniki z wariantami alternatywnymi oraz ze wskaźnikami mieszkańców różnych krajów. Innym przykładem edukacji w zakresie uwzględniania aspektów środowiskowych w osobistych wyborach są analizy, które mogą być prowadzone w ramach zajęć w szkołach o profilach zawodowych czy na wyższych uczelniach technicznych. Zastosowanie przez ucznia czy studenta metody obliczania tzw. ekowskaźników, do których ślad wodny także należy, umożliwia tworzenie wersji produktu bardziej przyjaznego środowisku ze względu na użyte surowce i materiały, zastosowane technologie ich obróbki, procesy transportowe, a także tzw. scenariusze usuwania zużytych wyrobów (Budniak i in. 2016). Na podstawie wyników analiz porównawczych ilości wody, zużywanej na poszczególnych etapach produkcji czy utylizacji produktu, przyszły inżynier może świadomie podjąć decyzję, który z produktów wybierać.

Przykłady metod edukacji w zakresie śladu wodnego można znaleźć w tabeli 3.

Tabela 3. Przykłady metod edukacyjnych, za pomocą których można pozyskać wiedzę o śladzie wodnym

Metoda edukacji	Grupa docelowa
Szkolenia prowadzone np. przez CE2 Centrum Edukacji M. Dziewa E. Tarnas – Szwed Sp. j. Centrum Edukacji CE2 (http://ce2.pl)	Osoby pracujące w branżach stojących przed wyzwaniami związanymi z celami zrównoważonego rozwoju, którego jednym z elementów jest ograniczenie zużycia wody, zarówno w życiu codziennym człowieka, jak i przez organizacje, w procesach technologicznych oraz towarzyszące wytworzeniu określonego produktu. Osoby przygotowujące projekty, w których jednym z wymaganych elementów jest analiza śladu wodnego.
Broszury edukacyjne np. „Studnia dla Południa. Broszura edukacyjna dla nauczycieli i nauczycielek realizujących kampanię edukacyjną Polskiej Akcji Humanitarnej (PAH). Poziom drugi. Wirtualna woda” Broszura Polskiej Akcji Humanitarnej (www.pah.org.pl); „Woda nas uwodzi” (https://www.woda.edu.pl)	Nauczyciele i nauczycielki realizujące kampanię edukacyjną na temat wody.
Scenariusze lekcji i gier edukacyjnych, których przykłady są umieszczone np. na stronie: https://globalna.ceo.org.pl ; platforma edukacyjna eODRA.pl (http://eodra.pl), wodna gra terenowa (www.pah.org.pl)	Nauczyciele i nauczycielki, szkoleniowcy z zakresu tematyki związanej z wodą.
Warsztaty ekologiczne tj. np. na stronie www.zrodla.org/edukacja/ekologiczna/	Zajęcia dostosowane są do różnych grup wiekowych. Szkolenia dla nauczycieli zaangażowanych w realizację szkolnych projektów ekologicznych, dla rad pedagogicznych przedszkoli i szkół.

Źródło: Opracowanie własne.

Na szczeblu lokalnym poza szkołami w proces edukacji mogą włączać się przedsiębiorstwa, w których produkcja wymaga zużycia wody. Przykładem może być firma Nestle Waters Polska S.A., która promuje oszczędzanie wody od początku swojej działalności. Wraz z fundacją Project WET (www.projectwet.org) zajmuje się organizacją wielu akcji edukacyjnych w szkołach w ramach Światowego Dnia Wody (www.raportnestle.pl). Zajęcia realizowane są w formie zabaw i gier, które prowadzone są w szkołach w celu zainteresowania dzieci tematem wody. Np. w 2012 r. edukację taką odbyło 5860 uczniów z 51 szkół podstawowych. Zajęcia prowadzone były przez pracowników w formie wolontariatu.

Edukacja może się odbywać także poprzez organizowanie wizyt studyjnych, w czasie których prezentowane są technologie stosowane w sektorze wodno-ściekowym oraz przykłady zrównoważonych najlepszych praktyk, pozwalających na zmniejszenie śladu wodnego.

Wskazanie najlepszych praktyk, procedur i technologii dla lepszego wykorzystania wody i gospodarki wodnej było celem przyświecającym stworzeniu,

w ramach projektu URBAN_WFTP (patrz tabela 2), specjalnej bazy danych. Zawiera ona dane o podmiotach z sektora publicznego i prywatnego (firmy, jednostki naukowe, laboratoria itp.), których działalność przyczynia się do poprawy gospodarowania zasobami wodnymi na terenach zurbanizowanych. Baza danych jest ogólnodostępna (szczegóły w zakładce Water Database na stronie internetowej projektu <http://www.urban-wftp.eu/en/>). Z jej zasobów mogą korzystać wszyscy użytkownicy wody, począwszy od indywidualnego mieszkańca, jak i jednostki administracyjne zajmujące się produkcją, dystrybucją i zarządzaniem wodą. Zapisy do bazy nie zostały przerwane wraz z zakończeniem projektu. Wciąż istnieje możliwość zapisania się do niej i poszerzenia grona specjalistów prowadzących działalność z zakresu sektora wodno-ściekowego, którzy swoją działalnością wpływają korzystnie na wielkość śladu wodnego miast.

W ramach realizacji projektu URBAN_WFTP została utworzona także sieć ekspertów śladu wodnego. Z ich wiedzy i doświadczeń mogą skorzystać osoby, które chcą lepiej zrozumieć metodykę obliczania śladu wodnego oraz dowiedzieć się o możliwościach praktycznego zastosowania najlepszych praktyk, procedur i technologii dla lepszego wykorzystania wody na poziomie miast, przedsiębiorstw czy wspólnot mieszkaniowych. Aby uzyskać kontakt z członkami sieci, należy wysłać e-mail na adres: experts@urban-wftp.eu, wskazując powód kontaktu oraz kluczowe kompetencje a także branżę, w której pomoc ma być udzielona, zgodnie z instrukcją podaną na stronie projektu w zakładce Network of Experts.

Jak podaje Raport o Gospodarce Wodnej na Świecie (<http://www.unic.un.org.pl>), największym wyzwaniem w skali globalnej jest nakłonienie władz do wdrożenia zmian w dziedzinie gospodarki wodnej. Specjaliści od zagadnień wodnych powinni częściej brać pod uwagę kwestie społeczne, ekonomiczne i polityczne, natomiast politycy muszą być lepiej zorientowani w problematyce zasobów wodnych. Dalsza poprawa świadomości ekologicznej zależeć będzie od towarzyszącym społecznościom lokalnym programów „edukacji przez całe życie”, co z pewnością wpłynie na kształtowanie osobowości ich członków, opartej na odpowiedzialności i szacunku dla środowiska, w tym zasobów wodnych.

5.12. Podsumowanie

Przedstawione w niniejszym rozdziale różne zastosowania wskaźnika śladu wodnego wskazują na możliwość jego wykorzystania przez różne grupy interesariuszy, którzy zajmują się na co dzień problematyką środowiskową związaną z gospodarką zasobami wodnymi. Charakteryzowane zastosowania nie wyczerpują jednak tematu, a wręcz przeciwnie – powinny być traktowane jako inspiracja

do poszukiwania szczegółowych informacji na temat zasygnalizowanych w tym rozdziale praktyk lub szukania nowych zastosowań, w których metodyka obliczeń śladu wodnego może być wykorzystana. Przy jej użyciu można wspierać konsumentów, producentów oraz inwestorów w ich wysiłkach na rzecz prawidłowego zarządzania wodą w gospodarstwie domowym, zakładzie produkcyjnym, mieście, zlewni lub większym regionie podlegającym ocenie.

Bibliografia

- Adamczyk W.**, (2012), *Współczesne problemy zrównoważonej produkcji i zrównoważonej konsumpcji*, „Zarządzanie i Finanse”, 10(3), 177–179.
- Allan J. A.**, (2003), *Virtual water – the water, food, and trade nexus: Useful concept or misleading metaphor?*, „Water International”, 28 (1), 106–113.
- Bielski P.**, (2016), *Święto wody, czyli zostawmy w spokoju krany...* (<https://globalna.ceo.org.pl>).
- Biuletyn Międzynarodowej Federacji Mleczarskiej**, (2017), Przewodnik IDF do metodologii śladu wodnego w sektorze mleczarskim, ISSN 0250-5118.
- Budniak E., Mateja B., Sławińska M.**, (2016), *Specyfika kompleksowego ujęcia edukacji w zakresie ergonomii w bezpieczeństwie pracy*, „Zeszyty Naukowe Politechniki Poznańskiej. Organizacja i Zarządzanie”, (69), 5–16.
- Burszta-Adamiak E., Fiałkiewicz W.**, (2015), *Racjonalizacja wykorzystania zasobów wodnych poprzez pomiar śladu wodnego*, „Technologia Wody”, (3 (41)), 24–28.
- Burszta-Adamiak E., Fiałkiewicz W.**, (2018), *Ślad wodny jako wskaźnik zużycia zasobów wodnych w produkcji roślinnej na terenie województwa dolnośląskiego*, „Inżynieria Ekologiczna”, 19(6), 71–79.
- Burszta-Adamiak E., Perz E.**, (2016), *Ocena wielkości indywidualnych śladów wodnych mieszkańców miasta*. „Gaz, Woda i Technika Sanitarna”, (10), 370–375.
- Byrska J. M.**, (2015), *Wpływ wartości świata konsumpcji na sferę publiczną*. „Filo-Sofija”, 15(29).
- Drechsel P., Cofie O. O., Amoah P.**, (2014), *Thirsty cities: the urban water footprint and the peri-urban interface, a four city case study from West Africa*, „In The Security of Water, Food, Energy and Liveability of Cities”, Springer, Dordrecht, 113–120.

- D-Waste**, *The Waste Atlas*, (2017), dostępny na: www.atlas.d-waste.com/.
- FAO**, (2013), *Food wastage footprint: Impacts on natural resources. Summary Report* (<http://www.fao.org/nr/sustainability/food-loss-%c2%adand-waste/en/>).
- FAO G.**, (2011), *Global food losses and food waste – Extent, causes and prevention*, SAVE FOOD: An initiative on Food Loss and Waste Reduction.
- Fiałkiewicz W.**, **Burszta-Adamiak E.**, **Malinowski P.**, **Kolonko A.**, (2013), *Urban Water Footprint – system monitorowania i oceny gospodarowania wodą w miastach*, „Ochrona Środowiska”, 35(3), 9–12.
- Finger R.**, (2013), *More than the mean – a note on heterogeneity aspects in the assessment of water footprints*, „Ecological indicators”, 29, 145–147.
- Gosiewska M.**, (2013), *Nie marnuj żywności – myśl ekologicznie*, „Przemysł Spożywczy”, 67(9), 41–44.
- Gómez-Llanos E.**, **Durán-Barroso P.**, **Matías-Sánchez A.**, (2018), *Management effectiveness assessment in wastewater treatment plants through a new water footprint indicator*, „Journal of Cleaner Production”, 198, 463–471.
- Gu Y.**, **Dong Y.**, **Wang H.**, **Keller A.**, **Xu J.**, **Chiramba T.**, **Li F.**, (2016), *Quantification of the water, energy and carbon footprints of wastewater treatment plants in China considering a water_energy nexus perspective*, „Ecol. Indic. cat.”, 60, 402–409.
- Gulbicka B.**, (2007), *Tendencje w spożyciu żywności*, [w:] Gulbicka B., Kwassek M., *Wpływ globalizacji na wyżywienie ludności w Polsce, Program wieloletni 2005–2009*, Instytut Ekonomiki Rolnictwa i Gospodarki Żywnościowej – Państwowy Instytut Badawczy, Warszawa.
- Hoekstra A. Y.**, **Chapagain A. K.**, (2008), *Globalization of Water: Sharing the Planet's Freshwater Resources*, Blackwell Publishing, Oxford.
- Hoff H.**, **Döll P.**, **Fader M.**, **Gerten D.**, **Hauser S.**, **Siebert S.**, (2014), *Water footprints of cities indicators for sustainable consumption and production*, „Hydrol. Earth Syst. Sci.”, 18, 213–226.
- Januchta-Szostak A.**, (2014), *Rola urbanistyki i architektury w gospodarowaniu wodą*, „Zrównoważony Rozwój – Zastosowania”, (5), 31–47.
- Jenerette G. D.**, **Wu W.**, **Goldsmith S.**, **Marussich W. A.**, & **Roach W. J.**, (2006), *Contrasting water footprints of cities in China and the United States*, „Ecological Economics”, 57(3), 346–358.

- Kacprzak-Choińska A.**, (2007), *Konsument ponowoczesny. Nowe trendy w zachowaniach nabywczych i ich konsekwencje dla marketingu*, „Stud. Mater. Wydziału Zarządzania UW”, 2, 14–20.
- Kłos L.**, (2014), *Wirtualna woda*, „Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego”, „Studia i Prace Wydziału Nauk Ekonomicznych i Zarządzania” (37, t. 1 Gospodarka regionalna i międzynarodowa. T. 1), 33–45.
- Konieczny P., Mroczek E., Kucharska M.**, (2013), *Ślad węglowy w zrównoważonym łańcuchu żywnościowym i jego znaczenie dla konsumenta żywności*, „Journal of Agribusiness and Rural Development”, (03 [29]).
- Kummu M., de Moel H., Porkka M., Siebert S., Varis O., Ward P. J.**, (2012), *Lost food, wasted resources: Global food supply chain losses and their impacts on freshwater, cropland, and fertilizer use*, „Science of the Total Environment”, 438, 477–489.
- Kwasek M.**, (2010), *Tendencje w spożyciu żywności w krajach Unii Europejskiej, Program wieloletni 2005–2009*, Instytut Ekonomiki Rolnictwa i Gospodarki Żywnościowej – Państwowy Instytut Badawczy, Warszawa.
- Lewandowska A., Karczewski P.**, (2012), *Środowiskowa ocena cyklu życia (LCA) oraz ślad węglowy (CFP)*, „Problemy Jakości”, 44(7-8), 71–75.
- Marston L., Ao Y., Konar M., Mekonnen M. M., Hoekstra A. Y.**, (2018), *High-Resolution Water Footprints of Production of the United States*, „Water Resources Research”, 54(3), 2288–2316.
- Mekonnen M. M., Hoekstra A. Y.**, (2012), *A global assessment of the water footprint of farm animal products*, „Ecosystems”, 15(3), 401–415.
- Mekonnen M. M., Hoekstra A. Y.**, (2014), *Water footprint benchmarks for crop production: A first global assessment*, „Ecological indicators”, 46, 214–223.
- Mekonnen M. M., Hoekstra A. Y.**, (2011), *National water footprint accounts: the green, blue and grey water footprint of production and consumption. Volume 1: Main Report*, „Value of Water Research Report Series”, No. 50. The Netherlands, UNESCO-IHE Institute for Water Education.
- Mekonnen M. M., Hoekstra A. Y.**, (2010), *The green, blue and grey water footprint of farm animals and animal products*, „Value of Water Research Report Series”, No.48, UNESCO-IHE.
- Mioduszewski W.**, (2008a), *Mała retencja w lasach elementem kształtowania i ochrony zasobów wodnych*, „Studia i Materiały Centrum Edukacji Przyrodniczo-Leśnej”, 10(2 [18]), 33–48.

- Mioduszewski W., (2008b), *Czy Polska jest krajem ubogim w wodę?*, „Gospodarka Wodna”, (5), 186–193.
- PN-EN ISO 14046:2016-04 Zarządzanie środowiskowe – Ślad wodny – Zasady, wymagania i wytyczne** [wersja angielska].
- Padowski J. C., Jawitz J. W., (2012), *Water availability and vulnerability of 225 large cities in the United States*, „Water Resources Research”, 48(12).
- Pahlow M., Snowball J., Fraser G., (2015), *Water footprint assessment to inform water management and policy making in South Africa*, „Water SA”, 41(3), 300–313.
- Poli A., (2010), *The Food Pyramid and the Environmental Pyramid*, Barilla Center for Food & Nutrition (<http://www.fao.org/ag/humannutrition>).
- Quinteiro P., Rafael S., Villanueva-Rey P., Ridoutt B., Lopes M., Arroja L., Dias A. C., (2018), *A characterisation model to address the environmental impact of green water flows for water scarcity footprints*, „Science of The Total Environment”, 626, 1210–1218.
- Saccon P., (2018), *Water for agriculture, irrigation management*, „Applied Soil Ecology”, 123, 793–796.
- Shao L., Chen G. Q., (2013), *Water Footprint Assessment for Wastewater Treatment: Method, Indicator, and Application*, „Environmental Science and Technology”, 47 (14), 7787–7794.
- Shtull-Trauring E., Bernstein N., (2018), *Virtual water flows and water-footprint of agricultural crop production, import and export: A case study for Israel*, „Science of The Total Environment”, 622, 1438–1447.
- Sprawozdanie specjalne Europejskiego Trybunału Obrachunkowego**, (2016), *Zwalczanie marnotrawienia żywności – szansa dla UE na poprawę efektywności gospodarowania zasobami w łańcuchu dostaw żywności*, nr 34.
- Sun S., Wu P., Wang Y., Zhao X., Liu J., Zhang X., (2013), *The impacts of interannual climate variability and agricultural inputs on water footprint of crop production in an irrigation district of China*, „Science of the Total Environment”, 444, 498–507.
- Śmiechowska M., (2016), *Marnotrawstwo żywności a zrównoważona konsumpcja w gospodarstwach domowych. Próba oszacowania marnotrawstwa pieczywa*, „Handel Wewnętrzny”, (1 (360)), 151–160.
- Tuszyńska L., (2014), *Edukacja i świadomość ekologiczna polskiego społeczeństwa*, „Edukacja ustawiczna dorosłych”, (3 (86)), 54–61.

- Water Footprint Network**, *Report: Fair and smart use of the world's fresh water*, 2017 (<https://www.teraz-srodowisko.pl/media/pdf/aktualnosci/3180-World-water-day.pdf>).
- Vanham D. A. V. Y., Bidoglio G.**, (2014), *The water footprint of Milan*, „Water Science and Technology”, 69(4), 789–795.
- Vanham D., Gawlik B. M., Bidoglio G.**, (2017), *Cities as hotspots of indirect water consumption: The case study of Hong Kong*, „Journal of Hydrology” (w druku).
- Xinchun C., Mengyang W., Rui S., La Z., Dan Ch., Guangcheng S., Xiangping G., Weiguang W., Shuhai T.**, (2018), *Water footprint assessment for crop production based on field measurements: A case study of irrigated paddy rice in East China*, „Science of the Total Environment”, 610, 84–93.
- Zhang Z., Yang H., Shi M.**, (2011), *Analyses of water footprint of Beijing in an interregional input-output framework*, „Ecological Economics”, 70(12), 2494–2502.
- Zhao X., Chen B., Yang Z. F.**, (2009), *National water footprint in an input-output framework – a case study of China 2002*, „Ecological Modelling”, 220(2), 245–253.
- Zhao X., Liu J., Liu Q., Tillotson M. R., Guan D., Hubacek K.**, (2015), *Physical and virtual water transfers for regional water stress alleviation in China*, „Proceedings of the National Academy of Sciences”, 112(4), 1031–1035.



dr hab. inż. Ewa Wojciechowska, prof. nadzw. PG jest autorką lub współautorką około 120 publikacji naukowych, w tym 25 artykułów JCR i 6 monografii (w tym jedna w jęz. angielskim) oraz kilkunastu rozdziałów w monografiach. Uczestniczyła w realizacji 4 projektów badawczych finansowanych ze środków krajowych oraz 6 projektów badawczych finansowanych ze źródeł międzynarodowych. Zainteresowania naukowe dotyczą przede wszystkim oczyszczalni hydrofitowych, zrównoważonego zagospodarowania wód opadowych oraz zanieczyszczeń wód powierzchniowych na terenie zlewni zurbanizowanej. Jest zatrudniona na stanowisku profesora nadzwyczajnego Politechniki Gdańskiej, na Wydziale Inżynierii Lądowej i Środowiska, w Katedrze Inżynierii Sanitarnej.

6. Nowoczesne rozwiązania umożliwiające poprawę gospodarki wodnej

6.1. Urządzenia do retencji i infiltracji wód opadowych

W związku z zaburzeniami w cyklu hydrologicznym na terenach miejskich, które prowadzą do groźnych w skutkach konsekwencji, takich jak powódzie i podtopienia oraz brak zasilania warstw wodonośnych czy niedobory wody w okresach suchych, nowoczesne podejście do zagospodarowania wód opadowych zakłada przede wszystkim zatrzymanie opadu w miejscu jego powstawania. Stąd pierwszą zasadą powinna być retencja, czyli czasowe przetrzymanie opadu. W dalszej kolejności zgromadzona woda opadowa może być rozsączona do gruntu, odprowadzona do sieci kanalizacyjnej lub do odbiornika. Zanieczyszczone spływy powinny zostać oczyszczone przed odprowadzeniem do wód powierzchniowych. Część wody zmagazynowanej w urządzeniach retencyjnych można wykorzystać gospodarczo, na przykład do podlewania zieleni, a w przypadku zastosowania instalacji dualnej, również do spłukiwania toalet.

Retencja wód opadowych ma na celu opóźnienie i wydłużenie czasu odpływu wód deszczowych oraz zmniejszenie przepływów kulminacyjnych w odbiorniku. Zastosowanie urządzeń do retencji wymaga odpowiedniej powierzchni terenu. Retencja to nie tylko zbiorniki retencyjne – stosowane są również urządzenia w skali „mikro”, umożliwiające retencję wody na terenie pojedynczych posesji lub niedużych osiedli mieszkaniowych. W przypadku braku dostępnego miejsca na powierzchni terenu można zastosować zbiorniki podziemne. Warto jednak zauważyć, że urządzenia na powierzchni terenu często oprócz funkcji retencyjnej

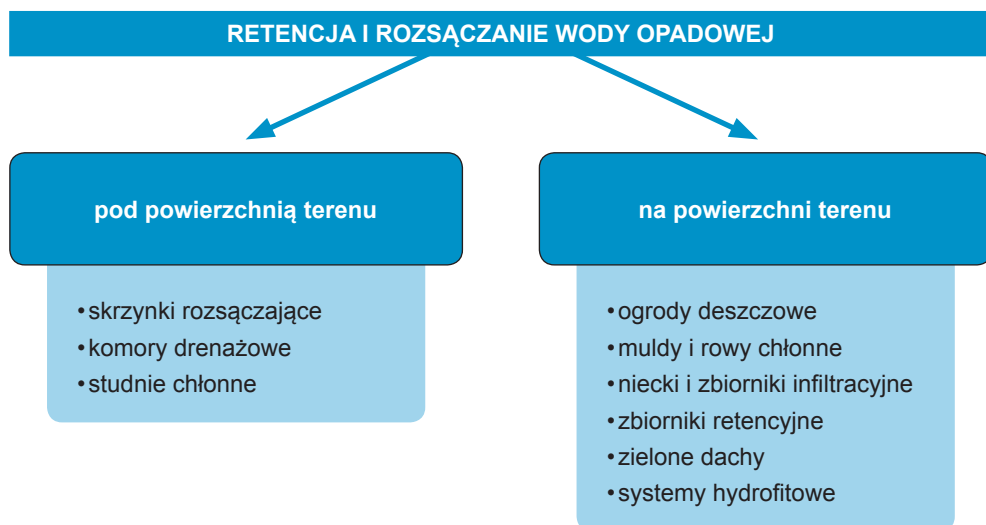
oferują dodatkowe korzyści, szczególnie po obsadzeniu roślinnością. Urządzenia retencjonujące wodę opadową na powierzchni terenu porośnięte roślinnością nazywane są bioretencją (ang. *bioretention*). Wśród ich zalet można wymienić estetyczny wygląd, tworzenie miejsc wypoczynku i rekreacji, podnoszenie bioróżnorodności oraz pozytywny wpływ na mikroklimat (Wojciechowska i in. 2015). Te dodatkowe zalety na pewno przemawiają na korzyść urządzeń bioretencyjnych, choć każdy przypadek należy rozważyć indywidualnie.

Urządzenia infiltracyjne umożliwiają wsiąkanie wody deszczowej w miejscu opadu, co ogranicza wielkość spływów deszczowych oraz przepływy kulminacyjne w kanalizacji i w odbiornikach. Filtracja wody deszczowej przez warstwy gruntu zapewnia usuwanie zawiesin. Do innych zalet systemów wsiąkania należy zasilanie wód gruntowych oraz formowanie odpływu podziemnego, który pozwala na utrzymanie przepływów w ciekach w okresie suszy. Warunkiem zastosowania urządzeń do wsiąkania wód opadowych jest odpowiedni rodzaj gruntu, który musi charakteryzować się współczynnikiem filtracji na poziomie 10^{-5} m/s i wyższym (Królikowska i Królikowski 2012, Geiger i Dreiseitl 1999, Słyś 2013). Urządzeń do infiltracji nie można też stosować w pobliżu ujęć wody. Podczas eksploatacji urządzeń następuje stopniowe uszczelnianie porów gruntu wskutek deponowania zawiesin usuwanych z wody deszczowej. Aby uniknąć zmniejszenia efektywności urządzeń infiltracyjnych, należy stosować odpowiednie zabiegi eksploatacyjne (czyszczenie, płukanie pod ciśnieniem). W przypadku spływów zawierających wysokie stężenia zawiesin można zastosować wstępne podczyszczanie (sedymentację).

Często trudno dokonać rozgraniczenia pomiędzy urządzeniami do retencji i do wsiąkania wód opadowych. Wiele urządzeń działa w taki sposób, że najpierw magazynuje wodę opadową, a potem powoli rozsącza ją do gruntu. Najprostsza metoda infiltracji wody opadowej do gruntu to infiltracja przez powierzchnie nieumocnione lub zastosowanie perforowanych nawierzchni (rys. 1). Do typowych urządzeń infiltracyjnych zalicza się skrzynki rozsączające, komory drenażowe i studnie chłonne – wszystkie te urządzenia magazynują wodę opadową pod powierzchnią terenu, następnie rozsączają ją do gruntu. Z kolei urządzenia infiltracyjne na powierzchni terenu to ogrody deszczowe, niecki chłonne, zbiorniki infiltracyjne, rowy i muldy chłonne. Nazwa „infiltracyjny” lub „chłonny” odróżnia w tym przypadku urządzenia umożliwiające infiltrację zmagazynowanej wody od urządzeń retencyjnych: zbiorników, stawów, rowów, których zadaniem jest wyłącznie gromadzenie wody opadowej i opóźnianie jej odpływu do odbiornika. Przykładem innych urządzeń zapewniających retencję wody opadowej są zielone dachy oraz systemy hydrofitowe, coraz bardziej popularne w miastach amerykańskich i europejskich (rys. 2).



Rys. 1. Przykład zastosowania nawierzchni perforowanych na parkingu
(fot. E. Wojciechowska)



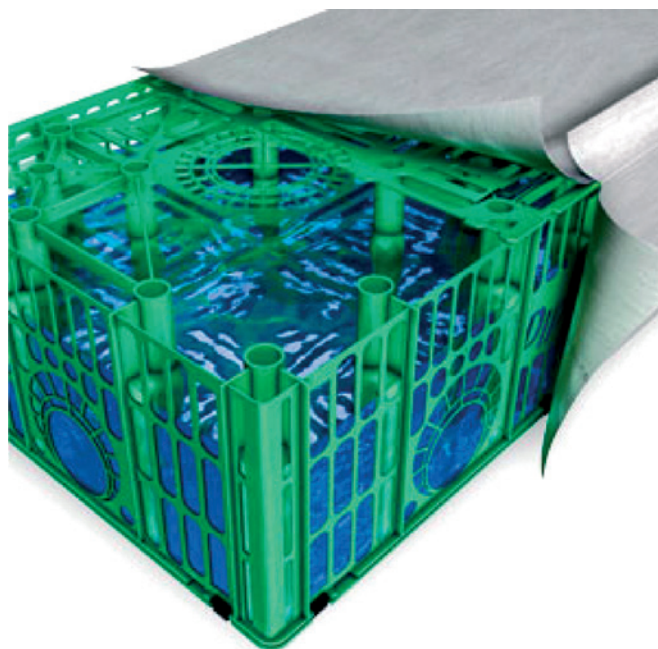
Rys. 2. Podział urządzeń do rozsączania i retencji wody opadowej

Źródło: Opracowanie własne.

6.1.1. Urządzenia do rozsączania wody deszczowej pod powierzchnią terenu

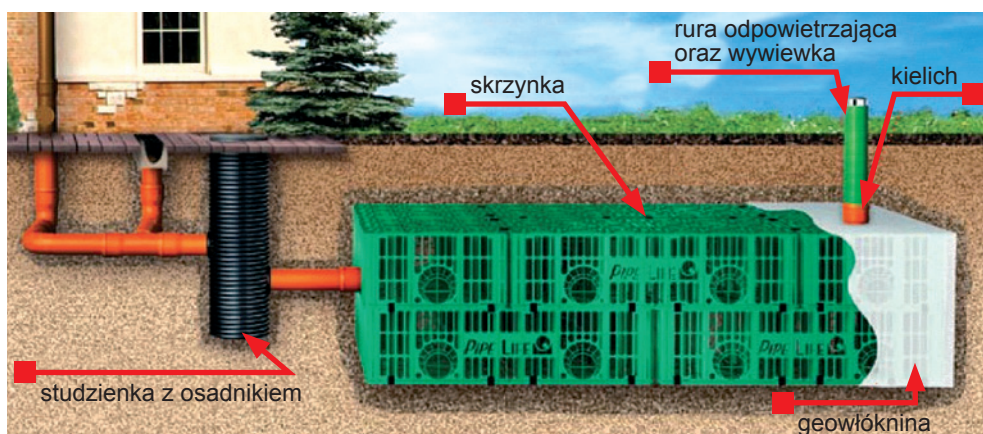
Skrzynki rozsączające

Zadaniem skrzynek rozsączających jest retencja oraz infiltracja wody opadowej do gruntu. Woda deszczowa zbierana z terenów uszczelnionych odprowadzana jest systemem rur spustowych do skrzynek rozsączających. Konstrukcja skrzynek najczęściej wykonana jest z polipropylenu lub polietylenu w postaci ażurowej ramy ze znacznym udziałem otworów wypływowych, w zależności od producenta od około 40% do około 75% powierzchni skrzynki (rys. 3). W zależności od ilości wód deszczowych skrzynki rozsączające mogą być łączone w grupy urządzeń w pionie bądź poziomie, w układach szeregowych, równoległych lub mieszanych. Dobór liczby skrzynek można łatwo wykonać opierając się na materiałach producentów. Skrzynki zajmują niewiele miejsca, bo kubatura ich wynosi jedynie od 0,2 do 0,4 m³. Ze względu na zagrożenie kolmatacją, skrzynki zabezpieczone są izolacją z geowłókniny. Przed dopływem do skrzynek należy oczyścić wodę deszczową z zawiesiny, ponieważ osadza się wewnątrz urządzenia zmniejszając tym samym jej pojemność (rys. 4).



Rys. 3. Skrzynka rozsączająca STORMBOX firmy Pipelife

Źródło: https://www.pipelife.com/pl/Produkty/eko/skrzynki_stormbox.php.



Rys. 4. Schemat podłączenia skrzynki rozsączającej

Źródło: <http://www.k-rain.com.pl>.

Skrzynki umieszcza się w odpowiednio głębokim wykopie, uprzednio prawidłowo przygotowanym. Skrzynkę należy usadowić na wykonanej warstwie filtracyjnej, która zapewnia stabilność posadowienia i usprawnia proces odpływu wody. Następnie urządzenie zabezpiecza się geowłókniną, aby zminimalizować wnikanie materiału gruntowego do skrzynki. Na koniec, aby uzyskać wymagane przykrycie, nanosi się tłuczeń o odpowiedniej granulacji. Minimalna odległość skrzynki od zwierciadła wód gruntowych wynosi 1 m. Konserwacja skrzynek polega na okresowej inspekcji stanu technicznego za pomocą zdalnie sterowanych kamer oraz na usuwaniu zanieczyszczeń, w postaci zawiesin i sedymentów, które osadzają się na warstwach włókniny.

Lokalizacja skrzynek rozsączających powinna uwzględniać odległości od:

- budynków mieszkalnych bez izolacji przeciwwilgociowej – 5 m;
- budynków mieszkalnych z izolacją przeciwwilgociową – 2 m;
- granicy działki – 2 m;
- drogi publicznej bądź chodnika – 2 m;
- drzew – 3 m;
- przewodów wodociągowych i gazowych – 1,5 m;
- kabli elektrycznych – 0,8 m;
- kabli telekomunikacyjnych – 0,5 m;
- zwierciadła wód podziemnych – 1 m.

Komory drenażowe

Komory drenażowe kształtem odpowiadają odwróconej literze „U”. Wsiąkanie magazynowanej wody przebiega przez otwarte dno oraz perforacje w bocznych ścianach (rys. 5). Komory wykonane są z polietylenu z ożebrowaniem, co zwiększa ich wytrzymałość na obciążenia i umożliwia zastosowanie pod obszarami o ruchu samochodowym. Minimalne przykrycie komór należy każdorazowo skonsultować z producentem, zależy ono przede wszystkim od rodzaju przewidywanych obciążeń. Konstrukcja komór drenażowych umożliwia stosowanie ich nawet przy zagłębieniach rzędu 6 m, stosowanych w przypadku ruchu samochodów ciężarowych (Burszta-Adamiak 2011). Podobnie jak skrzynki rozsączające, komory drenażowe mają budowę modułową, zatem mogą być łączone w większe systemy, w zależności od wielkości dopływu i warunków lokalnych.



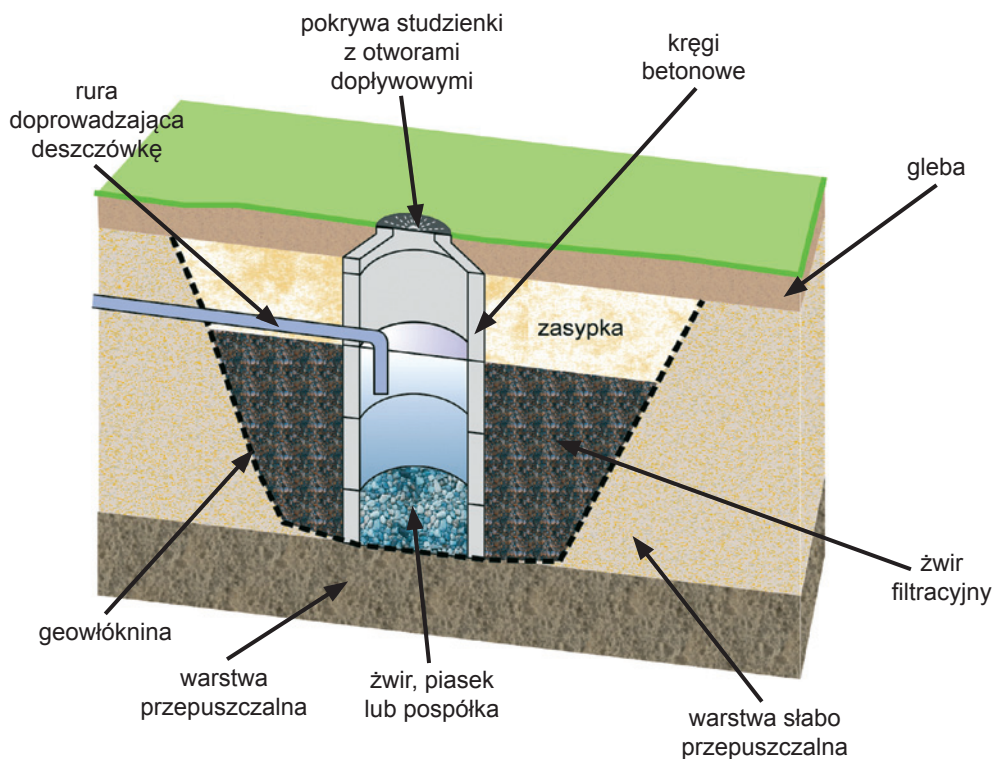
Rys. 5. Podłączenie komory drenażowej do budynku jednorodzinnego

Źródło: <http://www.ekobudex.pl/zagospodarowanie-wody-deszczowej/galeria/>.

Studnie chłonne

Studnie chłonne służą do punktowego wprowadzania wody deszczowej do gruntu. Konstrukcja studni chłonnej przypomina zwykłą studnię zbudowaną z kręgów betonowych, z tą różnicą, że posiada przepuszczalne dno (warstwa żwiru), przez które dopływająca woda deszczowa przesącza się do gruntu (rys. 6). W niektórych przypadkach rozsączanie odbywa się również przez otwory w ścianach studni. Dopływ wody do studni odbywa się za pomocą przewodu podziemne-

go lub bezpośrednio do otworu w pokrywie studni, który może być zabezpieczony specjalnym koszem, w celu oddzielenia zanieczyszczeń mechanicznych. W przypadku bardziej zanieczyszczonych wód opadowych należy wstępnie podczyścić wody deszczowe przed dopływem do studni chłonnej, np. zastosować osadnik. Studnie chłonne charakteryzują się niską efektywnością rozsączania, co wynika z niewielkiej powierzchni. Są również podatne na kolmatację (Burszta-Adamiak 2011). Spełniają swoją rolę w miejscach, gdzie powierzchniową warstwę stanowi nieprzepuszczalny grunt, np. glina, ił, powodujący zastój wody opadowej na powierzchni ziemi. W takiej sytuacji studnia pozwala na bezpośrednie odprowadzenie wody deszczowej do warstwy przepuszczalnej, położonej nawet kilka metrów pod powierzchnią terenu. Studnie chłonne nie sprawdzają się w przypadku płytkiego zalegania wód gruntowych. Ze względu na niewielką sprawność studnie chłonne często łączone są w układy z przewodami drenarskimi lub rowami chłonnymi. Średnica studni wynosi najczęściej powyżej 1 m, a jej wysokość minimum 2 m. Odległość studni chłonnej od budynku powinna wynosić minimum 6 m, natomiast odległość pomiędzy dwiema sąsiednimi studniami – minimum 10 m.



Rys. 6. Schemat studni chłonnej

Źródło: Wojciechowska i in. (2015).

6.1.2. Urządzenia do retencjonowania i rozsączenia wód opadowych na powierzchni terenu

Ogrody deszczowe

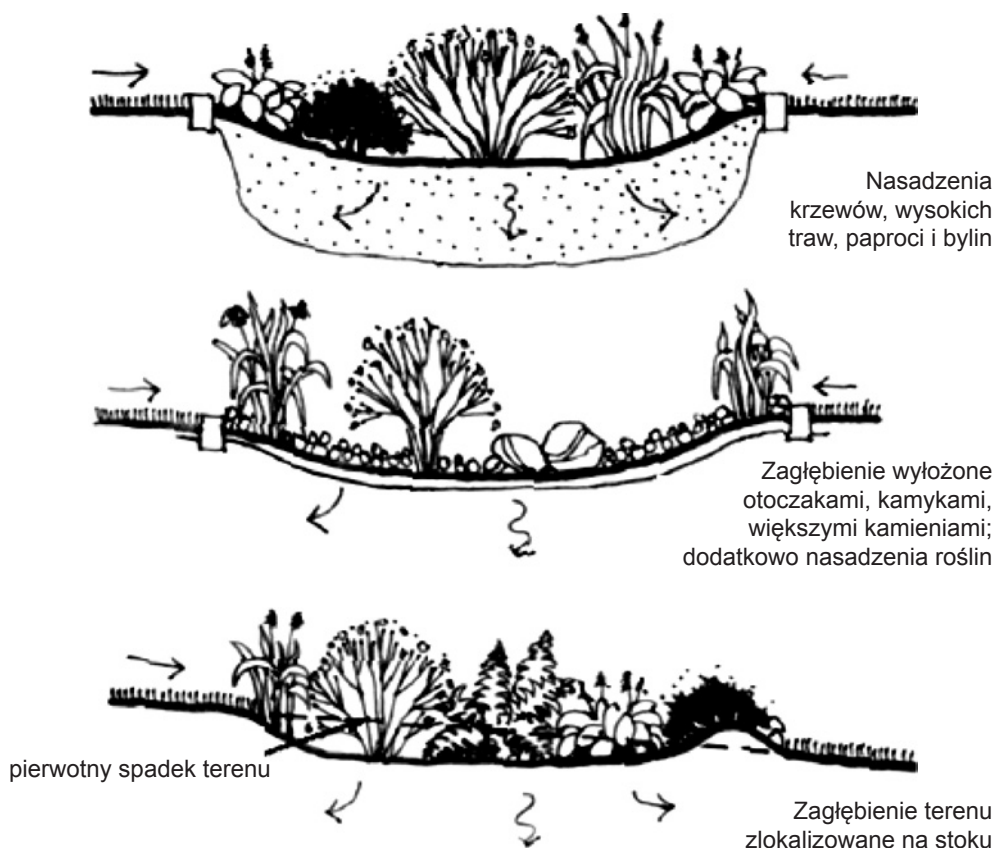
Ogrody deszczowe to coraz bardziej popularny sposób retencji i infiltracji wody opadowej w skali lokalnej. Przypominają zwyczajny ogród, ale ich najważniejszym zadaniem jest gromadzenie, infiltracja i transpiracja wody opadowej odprowadzanej z dachów, chodników i ulic. Typowy ogród deszczowy to płytkie zagłębienie terenu (głębokość do 0,5 m), w którym gromadzi się woda deszczowa, obsadzone roślinnością rodzimą lub ozdobną. Wymiary zagłębienia zależą od rodzaju gruntu oraz od powierzchni zlewni. Według poradnika „*Ogród deszczowy w 5 krokach*”, wydanego przez Gdańskie Wody (www.gdmel.pl), należy przewidzieć 6 m² powierzchni ogrodu na 100 m² powierzchni utwardzonej, przy średniej głębokości 0,5 m. Autorzy poradnika przyjęli w obliczeniach opad o prawdopodobieństwie 10% i czasie trwania 60 minut, zakładając 30 dm³ pojemności ogrodu deszczowego na 1 m² powierzchni nieprzepuszczalnej. Odległość ogrodu deszczowego od zabudowań powinna wynosić przynajmniej 5 m; spadek terenu w kierunku ogrodu powinien wynosić przynajmniej 2%.



Rys. 7. Przykład ogródka deszczowego w miejscowości Gig Harbor w USA

Źródło: <http://www.diynetwork.com/made-and-remade/learn-it/rain-gardens-design-ideas>.

W zależności od przepuszczalności podłoża gruntowego można wymieniać dwa rodzaje ogrodów deszczowych. Ogród deszczowy „suchy” urządza się na podłożu przepuszczalnym. Zakłada się, że cała zgromadzona w nim woda deszczowa zostanie rozsączona do gruntu; nie ma potrzeby wykonywania przelewów awaryjnych. Natomiast w przypadku podłoża nieprzepuszczalnego konieczne jest rozprowadzenie nadmiaru wody za pomocą drenażu lub studni chłonnej, ewentualnie wykonanie przelewu awaryjnego do kanalizacji deszczowej. W przypadku podłoża nieprzepuszczalnego można również założyć ogród deszczowy w pojemniku – rozwiązanie tego typu dobrze współpracuje z odprowadzeniem wody deszczowej z rur spustowych budynków (rys. 9). Ogród w pojemniku wymaga gęstych nasadzeń roślin (6 sadzonek na 1 m² powierzchni). Różne sposoby wykonywania ogrodu deszczowego w zależności od warunków terenowych przedstawiono również w poradniku SuDS Manual by CIRIA (<https://www.ciria.org>) (rys. 8).



Rys. 8. Schematy ogrodów deszczowych

Źródło: Opracowano na podstawie SuDS manual by CIRIA https://www.ciria.org/Resources/Free_publications/SuDS_manual_C753.aspx.

Drzewa i krzewy rosnące na terenie ogrodu deszczowego powinny być z rodzaju tolerujących wodę. Najlepiej jest używać rodzimych, nieinwazyjnych gatunków, które odporne są na stres klimatyczny, na krótkie okresy zalewień oraz na susze pomiędzy okresami opadów deszczu. Dzięki różnorodności roślin o rozbudowanych strukturach korzeniowych, ogród staje się bardziej efektywny oraz mniej podatny na choroby. Zalecane jest sadzenie roślin o wykształconych korzeniach, ponieważ nasiona mogą nie przeżyć trudnych warunków, a także w celu lepszego zabezpieczenia gleby przed erozją. Szczegółowe zalecenia dotyczące projektowania ogrodów deszczowych i doboru roślin można znaleźć we wspomnianym już poradniku „*Ogród deszczowy w 5 krokach*”, dostępnym na stronie internetowej Gdańskie Wody Sp. z o.o. pod adresem <http://www.gdmel.pl/downloads/>.



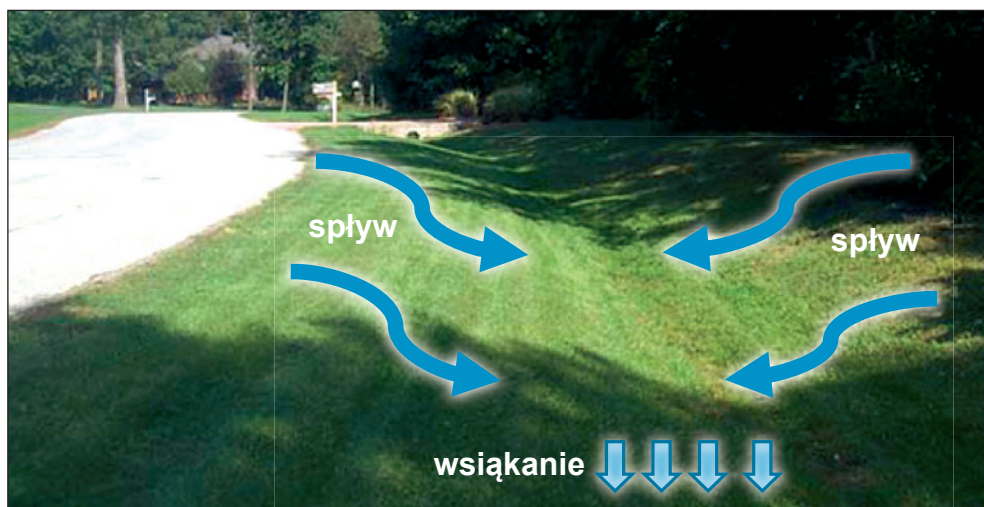
Rys. 9. Ogród deszczowy w pojemniku, Łódź

Źródło: <https://ulicaekologiczna.pl/wp-content/uploads/2015/08/ogr%C3%B3d-deszczowy.jpg>.

Muldy i rowy chłonne

Muldy i rowy chłonne stanowią element odwodnienia podłużnego, stosowanego do odwadniania ciągów komunikacyjnych. Zasadniczo oba elementy mają podobną budowę i funkcję. Główna różnica polega na tym, że muldy są płytsze, a ich przekrój ma łagodny, zaokrąglony kształt, w przeciwieństwie do rowów, których przekrój ma kształt trapezowy, ewentualnie trójkątny. Muldy stanowią często łagodny rodzaj przejścia pomiędzy drogą a poboczem, podczas gdy rowy, ze względu na swoją głębokość i nachylenie stoków, są raczej granicą. Z tego powodu muldy są chętniej stosowane na terenach miejskich, również do odwadniania ścieżek rowerowych i ciągów pieszych, zaś rowy to częsty sposób odwodnienia dróg poza obszarem zurbanizowanym.

Szerokość muld wynosi od 1 do 2,5 m, a głębokość co najmniej 20 cm, przy czym nie powinna przekroczyć 20% szerokości (Edel 2010). Niweleta dna jest równoległa do spadku jezdni. Rowy chłonne mają przekrój trapezowy lub trójkątny, o nachyleniu skarp 1:2 lub 1:3. Spadek podłużny rowu odpowiada na ogół spadkowi drogi i wynosi od 0,1 do 3% (Edel 2010). Podstawa musi być wykonana z wodoprzepuszczalnego gruntu. Na tej warstwie umiejscawia się warstwę mieszanki torfu i piasku, którą obsiewa się trawą. Skarpy pokrywa się warstwą humusu, który również obsiewa się trawą (Słyś 2013). Objętości wykonywanych rowów, większe od muld chłonnych, stwarzają możliwość retencjonowania. Wysokość spiętrzenia powinna być niższa od poziomu drogi, średnio o 20 cm (Edel 2010). Średnia głębokość nie przekracza 70 cm (Słyś 2013).



Rys. 10. Mulda chłonna stanowiąca element odwodnienia drogi

Źródło: Opracowanie własne; zdjęcie: <http://upload.wikimedia.org>.

Rozwiązaniem coraz częściej stosowanym w miastach są muldy chłonne obsadzone rodzimymi lub ozdobnymi gatunkami roślin, podobnie jak ogrody deszczowe. Takie rozwiązanie posiada dodatkowe walory estetyczne i środowiskowe (poprawa jakości przesączającej się wody, siedliska dla owadów i mniejszych gatunków zwierząt). W niektórych miastach USA (przykładem może być Seattle), w dzielnicach o zabudowie jednorodzinnej nie ma kanalizacji deszczowej; woda opadowa z posesji jest odprowadzana do ogrodów deszczowych, zaś mulda wzdłuż ulicy (właściwie podłużny ogród deszczowy) ma za zadanie rozsączenie wody z jezdni.



Rys. 11. Przykład muldy chłonnej obsadzonej roślinnością rodzimą

Źródło: <http://www.holemanlandscape.com/wp-content/uploads/2015/09/high-point-012-1080x675.jpg>.

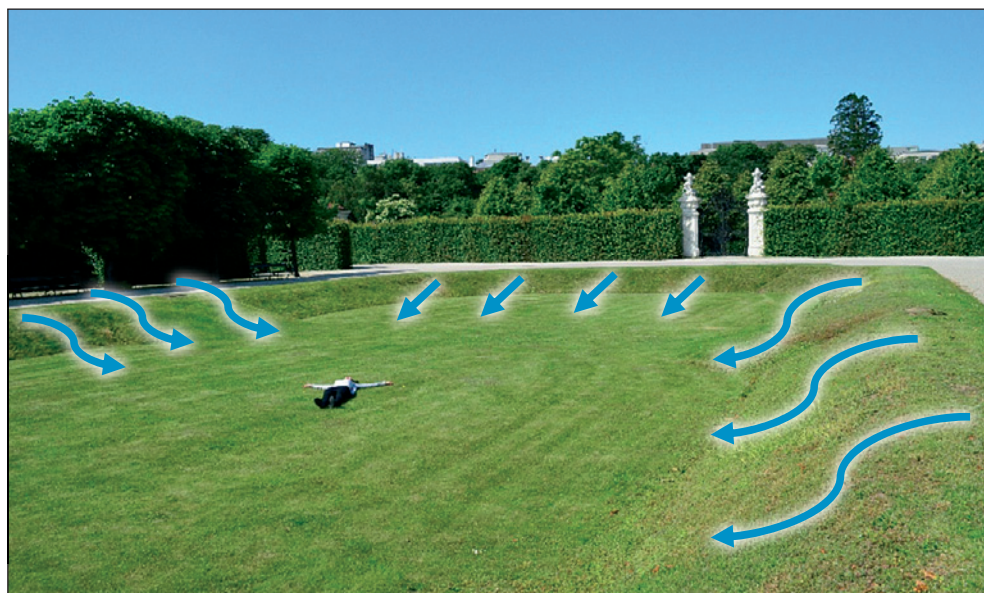
Niecki i zbiorniki infiltracyjne

Niecki infiltracyjne to otwarte, zazielenione, dość płytkie zagłębienia terenu o łagodnych zboczach, służące do tymczasowego (1–2 doby) gromadzenia wody opadowej, a następnie do rozsączenia jej do gruntu. Głębokość niecki nie powinna przekraczać 30 cm, nachylenie skarp nie większe niż 1:2 (Hypiak i Stec 2010). Jest to rodzaj płytkiego, bezpiecznego dla dzieci zbiornika infiltracyjnego. Ponieważ niecka jest wypełniona wodą tylko po opadach, w okresach bezdeszczowych może być wykorzystywana na różne sposoby, najczęściej do rekre-

acji (rys. 12), ale można w niej również urządzić na przykład boisko. Niecki są płytsze od zbiorników infiltracyjnych, z tego powodu charakteryzują się większym zapotrzebowaniem powierzchni – przyjmuje się 15 m² na 100 m² powierzchni uszczelnionej (Hypiak i Stec, 2010). Utrzymanie niecek infiltracyjnych wymaga regularnego koszenia trawy, wyrównywania powierzchni gdy zachodzi taka potrzeba, usuwania liści jesienią oraz czyszczenia studzienek.

Zbiorniki infiltracyjne różnią się od niecek głębokością spiętrzenia wody, która wynosi od 0,3 do 1,0 m oraz ściślej określonym wykonaniem technicznym. Również czas retencjonowania wody jest na ogół dłuższy niż w nieckach. Są to otwarte zbiorniki o nieutwardzonym dnie, na które najczęściej składa się humus obsiany mieszanką traw. Woda wsiąka powierzchniowo przez warstwę podłoża. Nachylenie skarp nie powinno wynosić więcej niż 1:1,5. Zbiorniki mogą posiadać części sedymentacyjne. Powinny być ogrodzone oraz wyposażone w pochylnię wjazdową w celu ułatwienia czyszczenia.

Zbiorniki infiltracyjne są często wykorzystywane do odwadniania dróg szybkiego ruchu. Charakteryzują się wysoką skutecznością oczyszczania, dają możliwość czasowej retencji wody. Mają niewielkie wymagania co do jakości doprowadzanych wód deszczowych, są łatwe w konserwacji. Zbiorniki infiltracyjne wymagają regularnego czyszczenia i kontroli: usuwania liści jesienią, pielęgnacji zieleni oraz usuwania osadu, mogącego zapychać i uszczelniać powierzchnię dna, zmniejszając efektywność wsiąkania.



Rys. 12. Niecka infiltracyjna, Belweder, Wiedeń (fot. N. Żurkowska)

Zbiorniki retencyjne

Zbiorniki retencyjne mają za zadanie czasowe zatrzymanie wody deszczowej i spowolnienie odpływu, a w rezultacie odciążenie rurociągów kanalizacji deszczowej i zmniejszenie przepływów kulminacyjnych w przewodach kanalizacyjnych i w odbiornikach. Zbiorniki są ważnym elementem zabezpieczenia terenów zurbanizowanych przed powodzią i podtopieniami. Spływ powierzchniowy na terenach intensywnie zurbanizowanych jest tak duży, że zastosowanie zbiorników jest niezbędne. Gospodarka wodami opadowymi w miastach musi przebiegać na kilku poziomach – po pierwsze należy zmniejszać spływy opadowe stosując lokalne urządzenia do infiltracji i retencji wód opadowych. Jednak aby zminimalizować zagrożenie podtopieniami i powodzią konieczne jest stosowanie zbiorników retencyjnych na miejskich ciekach oraz dużych kolektorach kanalizacji deszczowej.

Zbiorniki retencyjne można podzielić na otwarte – na powierzchni terenu oraz zamknięte – podziemne. Zbiorniki podziemne stosowane są przede wszystkim na obszarach gęstej zabudowy; mogą mieć konstrukcje jedno- lub wielokomorowe (Dziopak i Słyś 2003, Słyś 2013). Można również wykorzystywać zbiorniki podziemne rurowe, składające się z odcinków rur o bardzo dużych średnicach (3000 mm), wykonanych z GRP.



Rys. 13. Zbiornik retencyjny na potoku Oliwskim w Gdańsku (fot. K. Matej-Lukowicz)

Zbiorniki otwarte oprócz spełniania funkcji retencyjnej mogą być ważnym elementem kreowania estetyki krajobrazu miejskiego. Zbiorniki otwarte mogą być betonowe – takie stosuje się przeważnie w odwodnieniach drogowych albo

też – i takie właśnie dominują w miastach – mogą przypominać naturalne zbiorniki wodne: stawy i niewielkich rozmiarów jeziora. Zbiorniki dzieli się na ogół na osuszalne (tzw. zbiorniki suche) oraz nieosuszalne (inaczej zbiorniki mokre). W zbiornikach suchych zretencjonowana woda deszczowa jest odprowadzana do sieci kanalizacyjnej, do cieków lub rozszczynana do gruntu. W przypadku zbiorników mokrych część wody opadowej pozostaje w zbiorniku na stałe. Zbiorniki suche w okresie bezdeszczowym mogą służyć innym celom, zwykle rekreacyjnym, natomiast zbiorniki mokre (stawy) tworzą siedliska dla flory i fauny oraz pozytywnie oddziałują na mikroklimat, łagodząc efekt miejskiej wyspy ciepła.



Rys. 14. Zbiornik retencyjny suchy – Zbiornik Okrzei w Sopocie (fot. E. Wojciechowska)

W przypadku zbiorników nieosuszalnych wymagane jest wykonanie odpowiedniego zagłębienia, a często również uszczelnienia, uniemożliwiającego całkowity odpływ wód z zagłębionej niecki do gruntu lub takie zlokalizowanie wylotu, aby zostało zachowane pewne minimalne napełnienie w zbiorniku w okresach pomiędzy opadami.

Dopływ wód opadowych do zbiornika może być wykonany jako przewód podziemny lub dopływ powierzchniowy w postaci koryta ziemnego umocnionego lub nieumocnionego, w zależności od warunków lokalnych i krajobrazowych. Dla równomiernego rozprowadzenia wody deszczowej zalecane jest wykonanie narzutu kamiennego w części wlotowej do zbiornika, który zabezpieczy jego dno i skarpy przed rozmywaniem – wydzielona w ten sposób komora osadnika może pełnić funkcję komory osadowej. Korpus budowli wykonuje się w postaci budowli

ziemnej. Głębokość zbiorników w okresie bezdeszczowym na ogół wynosi około 1 m, nachylenie skarp 1:1,5 (Edel 2010). Skarpy należy obsiać trawą, zaś dobór pozostałej roślinności zależy od otoczenia. Zastosowanie krat na wlocie chroni zbiornik przed przedostawaniem się materiałów pływających. Wykonuje się rampy zjazdowe na dno służące do okresowego usuwania zgromadzonych osadów. W celu osiągnięcia naturalnego wyglądu zbiornika, stosuje się nieregularną linię brzegową, zróżnicowane i niewielkie nachylenie skarp, zaokrąglenie styku przecięcia skarp z otaczającym terenem oraz podział strefy brzegowej na rejon o różnej głębokości wody. Można też stosować sztuczne wyspy, a dojazd do zbiornika oraz zjazd na jego dno wykonuje się w postaci powierzchni porośniętej trawą (Królikowska i Królikowski 2012).

Niewątpliwie wadą zbiorników retencyjnych otwartych jest duże zapotrzebowanie przestrzenne. Z tego powodu zazwyczaj nie stosuje się ich w śródmieściach oraz na terenach intensywnie zabudowanych. Rozwiązaniem są w tym wypadku zbiorniki suche, które w okresie bezopadowym są po prostu skwerami. Przykładem może być Plac Bentheim w Rotterdamie (rys. 15) złożony z trzech, usytuowanych na różnej głębokości zbiorników. W okresach bezdeszczowych obszar pełni funkcje sceny, boiska i miejsca innej rekreacji. Dwie płytsze i wyżej zlokalizowane niecki gromadzą wodę przy mniej intensywnych opadach. Dopiero podczas bardzo ulewnych deszczy napełnia się ostatni zbiornik. Łącznie zbiorniki mają pojemność retencyjną 1700 m³.



Rys. 15. Zbiorniki wodne na placu Benthemplain w Holandii

Źródło: <https://www.dutchwatersector.com/news-events/news/8841-new-innovative-water-square-combines-leisure-and-storm-water-storage-in-rotterdam-the-netherlands.html>.

Przykładem miasta, w którym zbiorniki retencyjne pełnią niezwykle istotną rolę w ochronie przeciwpowodziowej jest Gdańsk. Na terenie miasta znajduje się obecnie 51 zbiorników retencyjnych, dodatkowo planowana jest budowa kolejnych. Liczne zbiorniki retencyjne są niezbędne z powodu specyficznego ukształtowania wysokościowego miasta. Południowe dzielnice położone są na skraju wysoczyzny Pojezierza Kaszubskiego (rzędne terenu około 140–150 m n.p.m.), natomiast rzędne terenu na tzw. Dolnym Tarasie (osiedla nadmorskie) kształtują się na poziomie od -1 do kilku m n.p.m. Gdańskie zbiorniki retencyjne to zbiorniki otwarte; tereny wokół zbiorników zagospodarowane są na tereny rekreacyjne. Jeden z nowych zbiorników retencyjnych na terenie miasta – zbiornik Madalińskiego (rys. 16) można określić jako zbiornik pół-suchy – część zbiornika to typowy zbiornik nieosuszalny. W przypadku wystąpienia dużych opadów wykorzystywana jest dodatkowa pojemność retencyjna części osuszalnej.



Rys. 16. Zbiornik Madalińskiego w Gdańsku

Źródło: https://www.gdansk.pl/subpages/inwestycje-miejskie/images/2015-07-13_inwestycje_i_projekty/2-3.jpg.

Zielone dachy

Zielone dachy to sposób na zmniejszenie spływów opadowych, który nie wymaga dodatkowej powierzchni. Oferują szereg zalet, wśród których można wymienić m.in. zwiększenie powierzchni biologicznie czynnej, dodatkową izolację cieplną budynków, redukcję hałasu, poprawę jakości powietrza, poprawę mikroklimatu w miastach oraz usuwanie zanieczyszczeń z wód opadowych wskutek filtracji przez warstwy dachu. Dachy zielone mogą być ekstensywne lub intensywne; te ostatnie niekiedy określa się jako ogrody dachowe. Oba rodzaje dachów różnią się liczbą warstw, ich grubością i ciężarem. Dachy ekstensywne są dość lekkie i mogą być wykonywane nawet na istniejących dachach budynków. Jednak warstwa wegetacyjna ma niewielką miąższość (kilka centymetrów) i umożliwia rozwój tylko pionierskich gatunków roślin, np. mchów i porostów. Można przebywać na nich jedynie w celu wykonywania prac konserwacyjnych (rys. 17). Również retencja wody jest mniejsza niż w przypadku dachów intensywnych. Ten rodzaj dachów charakteryzuje się z kolei dużym ciężarem (nawet $500\text{kg}/\text{m}^2$), ale w rezultacie dach budynku staje się parkiem lub ogrodem, możliwa jest uprawa roślin ozdobnych i wykorzystanie dachu do wypoczynku i rekreacji (rys. 18). Oczywiście ogród dachowy wymaga odpowiedniego utrzymania i pielęgnacji.



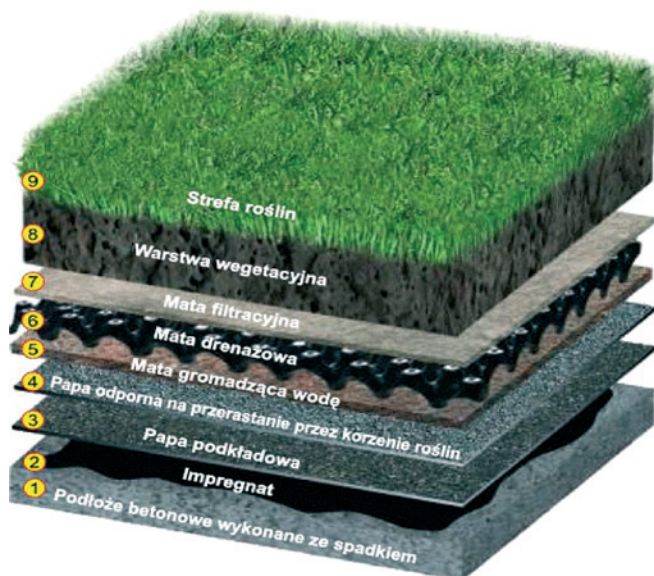
Rys. 17. Zielone dachy ekstensywne

Źródło: <http://www.inzynierbudownictwa.pl>.



Rys. 18. Ogród na dachu Biblioteki Uniwersytetu Warszawskiego (fot. N. Żurkowska)

Układy warstw dachów zielonych różnią się w zależności od oferty producentów. Przykładowy układ warstw dachu zielonego pokazano na rys. 19.

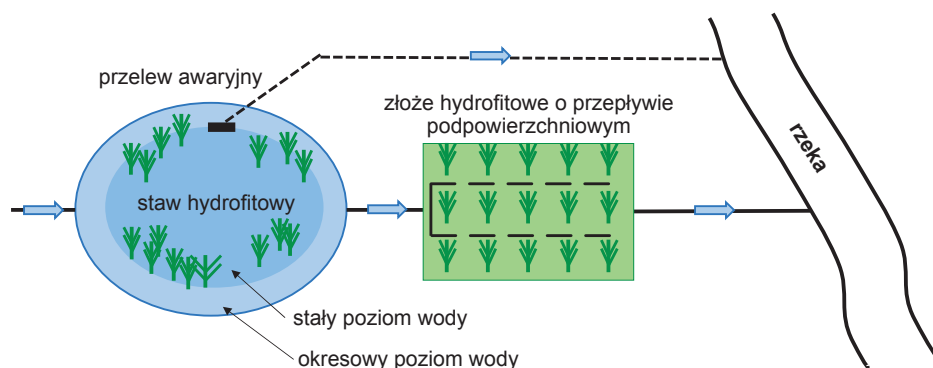


Rys. 19. Przykładowe rozwiązanie ekstensywnego dachu zielonego

Źródło: http://www.obud.pl/art,5933,specjalna-papa-zgrzewalna-do-dachow-zielonych—izolmat-plan-zielony-dach-pye-pv250-s5,d_dachy.

Systemy hydrofitowe

Systemy hydrofitowe są stosowane do oczyszczania ścieków począwszy od lat siedemdziesiątych XX w. Są to obiekty projektowane w taki sposób, aby symulować warunki hydrauliczne oraz siedliskowe naturalnych ekosystemów bagiennych (Obarska-Pempkowiak i in. 2010). Oczyszczalnie hydrofitowe budowane są w postaci filtrów żwirowo-piaskowych (obiekty o przepływie podpowierzchniowym) lub stawów (obiekty o przepływie powierzchniowym), zasiedlonych roślinami wodnymi i wodolubnymi – hydrofitami. W oczyszczalniach hydrofitowych, podobnie jak na naturalnych obszarach podmokłych, zachodzą różnorodne procesy fizyczno-chemiczne oraz biologiczne, które sprzyjają rozkładowi zanieczyszczeń organicznych, przemianom związków azotu oraz wiązaniu zanieczyszczeń specyficznych, np. adsorpcji metali ciężkich czy trwałych zanieczyszczeń organicznych. Dodatkowymi zaletami są naturalny wygląd, niskie koszty budowy i prosta eksploatacja. Obiekty hydrofitowe to ekosystem właściwie zaprojektowany przez inżynierów, zgodnie z wytycznymi technicznymi (np. DWA-262A).



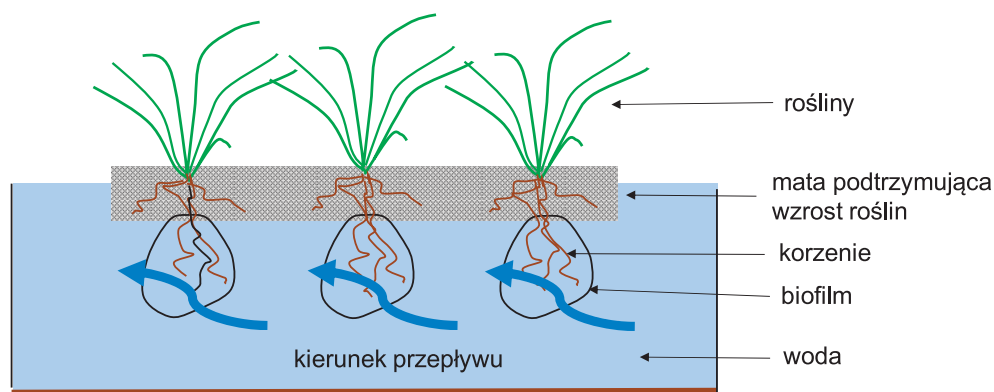
Rys. 20. System hydrofitowy do oczyszczania wód opadowych na terenie zurbanizowanym

Źródło: Opracowanie własne na podstawie Schmitt i in. (2015).

Oczyszczalnie hydrofitowe doskonale wpisują się w zrównoważone zagospodarowanie wód opadowych – umożliwiają retencję spływów opadowych, ich oczyszczanie, a dodatkowo hydrofity charakteryzują się wysoką zdolnością do transpiracji, co przyczynia się do redukcji objętości magazynowanych wód opadowych. Są wykorzystywane do oczyszczania spływów z dróg (Shutes i in. 1999, Wojciechowska 2010, Wojciechowska i in. 2015), spływów z terenów osiedli mieszkaniowych (Schmitt i in. 2015), a także do oczyszczania ścieków z przelewów burzowych na kanalizacji ogólnospławnej (Masi i in. 2017). Przykładowy system hydrofitowy do oczyszczania wód opadowych, złożony ze stawu hydrofito-

wego oraz złoża hydrofitowego o przepływie podpowierzchniowym, przedstawiono na rys. 20. Systemy tego typu stosowane są m.in. we Francji (Schmitt i in. 2015).

Stosunkowo nowym rozwiązaniem jest zastosowanie tzw. „pływających” oczyszczalni hydrofitowych (ang. *floating constructed wetland*) (rys. 21). Są to pływające wyspy zasiedlone roślinami. Łatwo je zastosować w istniejących zbiornikach retencyjnych gromadzących wody opadowe, również w zbiornikach betonowych, pozbawionych roślinności. Składają się z pływającej maty z tworzywa sztucznego (na ogół PE), podtrzymującej wzrost roślin, których korzenie unoszą się w toni wodnej. Dodatkową wyporność uzyskuje się przyczepiając do mat pływak lub wstrzykujących syntetyczne pianki. Na powierzchni pływającej maty ułożona jest warstwa substratu organicznego (np. włókien kokosowych), która ułatwia rozwój roślin. Zastosowanie wysp hydrofitowych poprawia jakość wody retencjonowanej w zbiornikach, choć skuteczność oczyszczania jest niższa w porównaniu do typowych obiektów hydrofitowych (Walker i in. 2017).



Rys. 21. Pływające wyspy hydrofitowe

Źródło: Opracowanie własne na podstawie Walker i in. (2017).

6.2. Zielona infrastruktura

Skuteczna gospodarka wodami deszczowymi na terenie zurbanizowanym powinna przebiegać równocześnie na wielu poziomach – począwszy od rozwiązań w skali lokalnej, o niewielkim zasięgu oddziaływania, takich jak pojedynczy ogród deszczowy czy dach zielony, do urządzeń zapewniających retencję dla osiedli czy dzielnic. Pojedyncze urządzenia nie zastąpią konwencjonalnej infrastruktury kanalizacji deszczowej, ale ich zespół (sieć) może to zadanie spełnić z powodzeniem,

dotatkowo oferując korzyści natury estetycznej, społecznej i środowiskowej, które sprawiają, że miasta stają się bardziej przyjazne dla mieszkańców. Sieci systemów do zagospodarowania wód opadowych przejmujące zadania konwencjonalnych systemów kanalizacyjnych tworzą tzw. zieloną infrastrukturę.



Rys. 22. Funkcje ekosystemów

Źródło: Opracowanie własne.

Według definicji podanej w opracowaniu Organizacji Narodów Zjednoczonych (WWAP 2018) zielona infrastruktura (ang. *Green Infrastructure – GI*) to naturalne lub semi-naturalne systemy, które umożliwiają osiągnięcie celów gospodarki wodnej na równorzędnym lub wyższym poziomie niż konwencjonalna „szara” infrastruktura. Z zieloną infrastrukturą związane jest także pojęcie funkcji ekosystemów zakładające, że zdrowe ekosystemy mogą w dużym stopniu przyczynić się do łagodzenia największych wyzwań związanych z urbanizacją czy zmianami klimatycznymi. Zazwyczaj funkcje ekosystemów dzieli się na cztery grupy (rys. 22):

- 1) zaopatrzeniowe, np. dostarczanie czystej wody, paliwa, pokarmu, drewna itd.;
- 2) wspomagające – wspomaganie obiegu wody i substancji odżywczych, produkcji pierwotnej, tworzenie siedlisk, funkcje glebotwórcze, zapewnianie bioróżnorodności;
- 3) regulacyjne – kontrola powodzi i podtopień, przeciwdziałanie zmianom klimatu i ich skutkom, oczyszczanie wody;
- 4) kulturowe – estetyczne, rekreacyjne i edukacyjne.

Nivala i in. (2018) definiują zieloną infrastrukturę jako sieć obiektów naturalnych i inżynierskich, które zostały zaprojektowane i są eksploatowane w taki sposób, aby zapewnić więcej funkcji ekosystemów i na wyższym poziomie, zarówno na terenach zurbanizowanych, jak i wiejskich.

Niezwykle istotne dla właściwego zrozumienia roli zielonej infrastruktury jest fakt, że składa się z wielu pojedynczych obiektów, często w skali mikro, które funkcjonują równolegle, niezależnie od siebie, wspólnie tworząc układ – sieć, która służy poprawie całokształtu gospodarki wodnej na danym obszarze, jednocześnie zapewniając funkcje ekosystemów. Ten aspekt odróżnia zieloną infrastrukturę od konwencjonalnych rozwiązań z zakresu tzw. szarej infrastruktury, które zazwyczaj pełnią tylko jedną funkcję, bez zwracania uwagi na całokształt oddziaływań środowiskowych. Wielofunkcyjność obiektów zielonej infrastruktury przyczynia się jednocześnie do poprawy stanu środowiska i przynosi korzyści społeczne. Rozwiązania z zakresu zielonej infrastruktury mogą być stosowane w różnej skali, zaś skumulowany efekt zastosowania tych obiektów jest większy, niż wynika to z prostego zsumowania efektów składowych (Nivala i in. 2018).

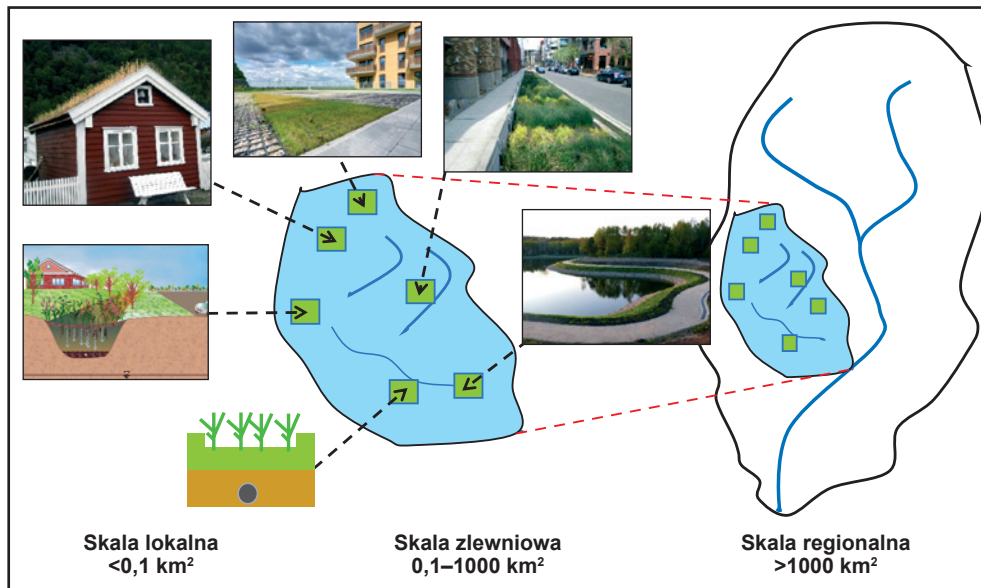
Ideę sieci złożonej z pojedynczych, niezależnych elementów w skali mikro schematycznie zilustrowano na rys. 23.

Do rozwiązań z zakresu zielonej infrastruktury należy większość urządzeń opisanych w rozdziale 6.1. – zielone dachy, ogrody deszczowe, oczyszczalnie hydrofitowe, muldy chłonne i rowy, niecki chłonne, często stosowane równolegle z takimi elementami jak nawierzchnie przepuszczalne, zbieranie i ponowne wykorzystywanie wody opadowej czy odzysk ścieków szarych.

Zielona infrastruktura nie zawęża się wyłącznie do rozwiązań wykorzystujących rośliny, podobnie jak teren zielony nie staje się automatycznie zieloną infrastrukturą. Według Nivali i in. (2018) aby dany obiekt mógł być zaliczony do zielonej infrastruktury, powinien:

- a) stanowić część większego systemu – „sieci” rozwiązań,
- b) spełniać funkcje ekosystemów z więcej niż jednej kategorii (np. nie tylko regulacyjną, ale jednocześnie wspomagającą lub kulturową).

Rozwiązania z zakresu zielonej infrastruktury przyczyniają się do retencji i oczyszczania wody w skali lokalnej, zasilania warstw wodonośnych wskutek infiltracji, ograniczania zużycia wody wodociągowej. Jednocześnie wpływają łagodząco na klimat obszarów zurbanizowanych, wspierają bioróżnorodność, tworzą miejsca wypoczynku i rekreacji oraz podnoszą estetykę miast.



Rys. 23. Oddziaływanie zielonej infrastruktury w skali lokalnej, zlewniowej i regionalnej

Źródło: Opracowanie własne na podstawie Zhang i Chui (2019).

6.3. Systemy wodooszczędne stosowane w procesie produkcyjnym oraz w gospodarstwach domowych

Wzrost liczby ludności świata oraz urbanizacja nieuchronnie prowadzą do deficytów wody. W niektórych regionach świata niedobory wody są odczuwane już obecnie, stanowiąc barierę rozwoju społeczeństw. Z niepokojem obserwowane są doniesienia o zmianach klimatycznych, które zmierzają w kierunku dalszego wzrostu nierównomierności opadów na świecie. Innymi słowy, regiony obecnie charakteryzujące się suchym klimatem staną się jeszcze bardziej suche, natomiast w regionach o dużych rocznych sumach opadów, wartości te jeszcze wzrosną, prowadząc do powodzi. Paradoksalnie nadmiar opadów i powodzie często również oznaczają deficyty wody do picia wskutek skażenia ujęć – zarówno nadmiar wody, jak i jej niedobór mogą być katastrofalne w skutkach.

Rozrastające się aglomeracje miejskie będą musiały zmierzyć się z różnymi wyzwaniami, z których wiele wiąże się z wodą. W aglomeracjach odpowiedniej jakości woda potrzebna jest do zaspokojenia potrzeb życiowych mieszkańców, do produkcji żywności, na potrzeby przemysłu, do podlewania zieleni, transportu wodnego, a także do celów estetycznych, np. w niektórych obiektów małej architektury. Zwiększony pobór wody wymaga utrzymania i rozbudowy infrastruktury wodociągowej i kanalizacyjnej oraz oznacza konieczność oczyszczenia większej ilości ścieków.

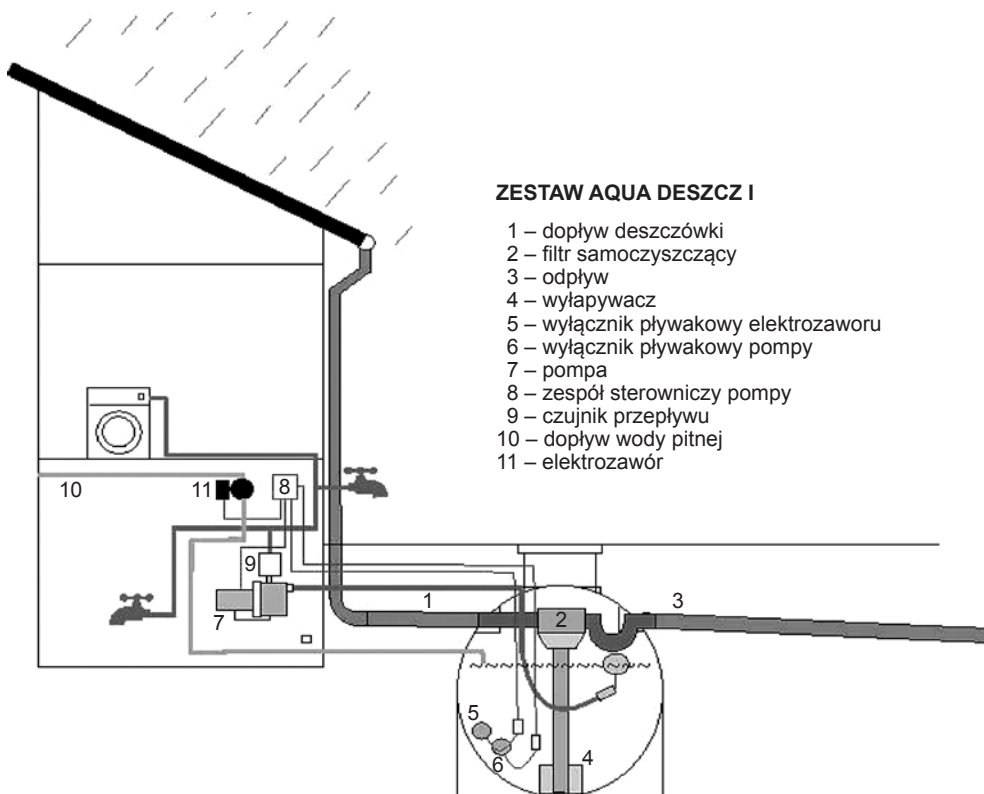
Odpowiedzią na te wyzwania związane z niedoborem wody jest konieczność jej oszczędzania i szanowania wody jako cennego zasobu naturalnego. Niezbędne jest wprowadzanie technologii charakteryzujących się niskim śladem wodnym oraz wprowadzanie zamkniętych obiegów wody w zakładach przemysłowych. W praktyce dostępne są rozwiązania pozwalające na oszczędzanie wody i wykorzystywanie do niektórych celów (podlewanie, splukiwanie ustępów, pranie) wody o obniżonej jakości – wody deszczowej lub ścieków szarych. W polskich normach (PN-EN 12056, PN-EN 1717) zdefiniowano wodę do celów bytowo-gospodarczych, która nie jest wodą pitną jako wodę używaną do zasilania: spluczek toaletowych, pralek, wodę wykorzystywaną do podlewania ogrodu i utrzymania części wspólnych (Lipska 2013). Kryterium oceny jakości wody jest jej przeznaczenie – najwyższe wymagania bakteriologiczne stawiane są w przypadku zasilania pralki, najniższe zaś przy nawadnianiu ogrodu.

6.3.1. Zbieranie i wykorzystanie wody opadowej

Wykorzystanie wód opadowych w budynku wymaga wykonania dodatkowej instalacji (tzw. instalacji dualnej). Oznacza to, że do każdego z przyborów doprowadzona jest pojedyncza instalacja, ale część z nich (toaleta, pralka) zaopatrywanych jest przez wodę deszczową, a część (prysznic, zlewozmywak) przez wodę z sieci wodociągowej. Należy zadbać o właściwą odporność chemiczną materiałów, z których wykonana jest instalacja oraz wyposażać ją w odpowiednią armaturę pomiarową, regulacyjną i antyskażeniową. Przybory instalacji dualnej należy czytelnie oznakować informując, że woda z nich płynąca jest wodą deszczową, niezdatną do picia. W polskim prawie brakuje przepisów i wytycznych mówiących o doborze, wymiarowaniu i projektowaniu systemów gospodarczego wykorzystania wód opadowych, dlatego projektanci wzorują się np. na normach niemieckich – DIN 1989-1:2001-10.

Woda deszczowa z dachu budynku odprowadzana jest rurami spustowymi, wyposażonymi w filtry, następnie trafia do zbiornika, gdzie jest gromadzona. Do wewnętrznej instalacji dostarczana jest za pomocą pompy, po

odpowiednim oczyszczeniu. Przykład instalacji do wykorzystania wody deszczowej w domu i ogrodzie przedstawiono na rys. 24.



Rys. 24. Instalacja do zbierania i gospodarczego wykorzystania wody opadowej w budynku mieszkalnym jednorodzinym z zestawem Aqua Deszcz I

Źródło: <http://deszczowka.pl/images/deszcz1.jpg>.

Podstawowymi urządzeniami do podczyszczania wód opadowych są filtry, których średnica oczek wkładów mieści się w przedziale 0,5 do 0,9 mm, co zapewnia stosunkowo dużą efektywność filtracji. Filtry przepływowe są przeznaczone do montażu przed zbiornikiem. Zanieczyszczenia zostają odseparowane od głównego strumienia wody deszczowej i odpływają wraz z niewielką ilością wody do kanalizacji deszczowej, a oczyszczona deszczówka trafia do zbiornika. Natomiast filtry zbierające działają na zasadzie koszy, w których osadzają się zanieczyszczenia i przeznaczone są do montażu w dolnej części rury spustowej. Dzięki zatrzymywaniu na filtrze liści, drobnych gałązek i mchu, zapobiega się zanieczyszczeniu zbiornika substancjami organicznymi. Jako dodatkowe zabezpieczenie można zainstalować na linii ssącej (pomiędzy zbiornikiem a pompą) filtr wypełnio-

ny wkładem o otworach wielkości np. 25 μm lub węglem aktywnym, który poprawia właściwości organoleptyczne wody, usuwa niepożądany zapach, barwę i mętność. Jeśli wymagana jest dezynfekcja wody, można zastosować promieniowanie UV (Rogasik i Piasny 2014).

Kluczowym zagadnieniem przy projektowaniu instalacji do gospodarczego wykorzystania wody opadowej jest właściwy dobór pojemności zbiornika. Jego pojemność powinna z jednej strony zapewniać wymaganą na założone cele ilość wody, z drugiej zaś nie powodować zbyt długiego okresu przetrzymywania wody (Rogasik i Piasny 2014). Stosowane są różne metody wymiarowania pojemności zbiornika:

- 5% średniego rocznego opadu,
- minimalnie 14-dniowe, a maksymalnie 30-dniowe zapotrzebowanie na wodę deszczową do spłukiwania toalet, 3-miesięczne do podlewania ogrodu,
- 1 m^3 zbiornika na 1 osobę korzystającą z instalacji,
- 1 m^3 zbiornika na 25 m^2 dachu, z którego zbierana jest woda opadowa.

W przypadku wykorzystania wody deszczowej w systemach domowych można dokonać zgłoszenia budowy w Starostwie Powiatowym i zakładzie wodociągowym w celu wystąpienia o opomiarowanie instalacji, co pozwoli na obniżenie kosztów związanych z usuwaniem wód opadowych do kanalizacji.

6.3.2. Wykorzystanie ścieków szarych

Ścieki bytowe produkowane w gospodarstwach domowych zawierają różne stężenia zanieczyszczeń w zależności od miejsca powstawania. Na przykład ścieki pochodzące z mycia ciała są stosunkowo mało zanieczyszczone, w przeciwieństwie do ścieków pochodzących ze spłukiwania toalet. Jednocześnie ścieki powstające podczas kąpieli mają dość znaczną objętość. Na każdorazową kąpiel pod prysznicem zużywane jest około 50 litrów wody, natomiast kąpiel w wannie to około 50–100 litrów wody. Stąd osobne odprowadzanie i oczyszczanie ścieków pochodzących z kąpieli oraz późniejsze wykorzystanie do spłukiwania ustępów, podlewania zieleni czy mycia samochodów, pozwala na duże oszczędności wody.

Zgodnie z PN-EN 12056-1:2002 ścieki szare to ścieki bytowo-gospodarcze, niezawierające fekalii i moczu. Ścieki szare dodatkowo dzieli się na mało zanieczyszczone (jasnoszare), pochodzące z umywalek, wanien i pryszniców, oraz mocno zanieczyszczone (ciemnoszare), zawierające zanieczyszczenia z praek i zlewozmywaków kuchennych (Jaszczyszyn i Komorowska-Kaufman 2014).

W praktyce osobno traktuje się ścieki z mycia ciała, ścieki z prania oraz ścieki kuchenne. Te ostatnie charakteryzują się na tyle wysokimi stężeniami zanieczyszczeń, że np. w państwach europejskich nie podlegają recyklingowi. Ścieki kuchenne zawierają reszki jedzenia, duże ilości oleju i tłuszczy, w tym detergentów do mycia naczyń. Stężenia materii organicznej kształtują się na poziomie: ChZT – 26–1380 mg O₂/dm³, BZT₅ – 5–1460 mg/dm³. Stężenia azotu ogólnego wynoszą w granicach 40–74 mg N/dm³, natomiast fosforu ogólnego 12,7–74 mg P/dm³ (Li i in. 2009). Ze względu na mycie surowych artykułów spożywczych zawierają też zanieczyszczenia mikrobiologiczne.

W ściekach pochodzących z prania występuje wysokie stężenie substancji chemicznych pochodzących ze środków piorących i wybielających (sód, fosfor, środki powierzchniowo czynne, azot). Skład ścieków zależy od rodzaju stosowanych detergentów. Stężenie zawiesiny ogólnej waha się w przedziale 68–465 mg/dm³, wartość ChZT w zakresie 725–1815 mgO₂/dm³, BZT₅ zaś 48–472 mg O₂/dm³. Podwyższone ryzyko higieniczne związane z obecnością patogenów może występować w przypadku prania ubrań małych dzieci, bądź gdy użytkownikami są osoby korzystające z pieluch.

Ścieki pochodzące z kąpeli uważane są za najmniej zanieczyszczone spośród ścieków szarych. Zawierają głównie mydła, szampony, pasty do zębów i inne produkty do pielęgnacji ciała. Ścieki pochodzące z kąpeli pod prysznicem charakteryzują się wyższym stężeniem zanieczyszczeń niż te z wanny, ze względu na mniejszą ilość zużywanej wody, przy podobnej ilości detergentów. Według Li i in. (2009) stężenie zawiesiny ogólnej w ściekach kąpielowych waha się między 43–120 mg/dm³, ChZT 100–633 mgO₂/dm³. Stężenie substancji biogenych jest bardzo niskie i wynosi odpowiednio dla fosforu ogólnego i azotu ogólnego 0,11–2 mgP/dm³ i 5–17 mgN/dm³ (Li i in. 2009).

Ścieki szare przed ponownym wykorzystaniem muszą zostać oczyszczone, aby nie stanowiły ryzyka zdrowotnego. W polskich przepisach nie ma sprecyzowanych regulacji odnośnie jakości ścieków poddawanych recyklingowi. Zwyczaj zakłada się, że ponownie wykorzystywane wody szare powinny spełniać wymagania Dyrektywy 2006/7/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z 15 lutego 2006 r. dotyczącej zarządzania jakością wód kąpieliskowych i uchylającą dyrektywę 76/160/EWG. Można też wzorować się na normach brytyjskich BS8525-1:2010 oraz BS 8525-2:2011, w których znajdują się również wytyczne dotyczące zasad projektowania, montażu i eksploatacji instalacji oraz jej oznakowania, w zależności od przeznaczenia oczyszczonej wody. W tabeli 1 zamieszczono dopuszczalne wartości stężeń zanieczyszczeń mikrobiologicznych i fizyczno-chemicznych w przypadku poddania ich recyklingowi.

Tabela 1. Wartości maksymalne stężeń zanieczyszczeń w ściekach oczyszczonych, poddawanych recyklingowi w gospodarstwie domowym, wg Lipskiej 2013

Parametr	Jednostka	Przeznaczenie wody		
		Splukiwanie toalet	Podlewanie ogrodu	Pralki automatyczne
Escherichia coli	ilość w 100 ml	250	250	0
Paciorkowce kałowe	ilość w 100 ml	100	100	0
Mętność	–	<10	brak danych	<10
pH	–	5,0–9,5		
Chlor	mg/dm ³	<2	<0,5	<2
Brom	mg/dm ³	<5	0	<5
Zawiesina ogólna	mg/dm ³	woda wolna od pływających zanieczyszczeń		
Barwa	–	wizualnie czysta, bez nadmiernego zabarwienia		

Do oczyszczania ścieków szarych stosuje się procesy mechaniczne, chemiczne i biologiczne, przy czym procesy chemiczne (np. koagulacja, wymiana jonowa, węgle aktywne) stosowane są rzadko. W większości systemów pierwszym etapem jest oddzielenie zanieczyszczeń stałych od cieczy, a cały proces zakończony jest dezynfekcją. Oczyszczanie mechaniczne ma na celu usunięcie ciał stałych i zawiesin ze ścieków przy pomocy sit, osadników i filtrów. Zasadniczym elementem jest oczyszczanie biologiczne. W Niemczech, gdzie oczyszczanie ścieków szarych zaczęto stosować już w połowie lat dziewięćdziesiątych XX w., za najbardziej skuteczne i niezawodne uważa się oczyszczalnie hydrofitowe, tarczowe złoża biologiczne i reaktory SBR. Można również stosować reaktory membranowe [Nolde 2005].

Przy projektowaniu instalacji umożliwiającej ponowne wykorzystanie ścieków szarych bierze się pod uwagę głównie dwa parametry: szacunkową objętość ścieków szarych, jakie będą wytwarzane w danym budynku oraz formę wykorzystania i jakość oczyszczonych ścieków szarych. W projektowaniu z wykorzystaniem uproszczonych modeli obliczeniowych ścieki szare używane są do splukiwania ustępów w indywidualnych mieszkaniach. Zgodnie z normą BSI8525 przyjmuje się stałe zapotrzebowanie na wodę przypadające na jedną osobę: 25 l do splukiwania ustępów i 15 l na pranie. Dzielne zasilanie ściekami szarymi zakłada się w ilości 50 l/osobę. Projekty z wykorzystaniem szczegółowych modeli obliczeniowych poza splukiwaniem toalet dodatkowo przewidują wykorzystywanie tych wód do podlewania terenów zielonych, mycia samochodu oraz do prania.

Metoda ta jest dokładniejsza, uwzględnia nie tylko liczbę mieszkańców, ale także dane opisujące pozyskiwanie wody szarej i współczynniki uwzględniające m.in. użytkowanie umywalki czy korzystanie z natrysku.

Koszty inwestycji w przypadku instalacji dualnej są wyższe niż w przypadku klasycznej instalacji, dodatkowo układ jest bardziej skomplikowany technologicznie, a ścieki szare wymagają oczyszczenia przed ponownym użyciem. Jednak biorąc pod uwagę coraz większe zapotrzebowanie na wodę oraz pojawiający się problem niedoborów wody, stosowanie tego rozwiązania może zyskiwać na popularności. Instalacja z odzyskiem ścieków szarych jest warta rozważenia szczególnie w przypadku budowy lub remontu obiektów charakteryzujących się dużym zużyciem wody, np. hotele, obiekty sportowe, domy studenckie.

Bibliografia

BS 8525-1:2010: „Greywater Systems, Part 1: Code of Practice”.

BS 8525-2:2011: „Greywater Systems, Part 2: Specification and method of test for treatment equipment”.

Burszta-Adamiak E., (2011c), *Odprowadzanie wód opadowych systemami do podziemnej retencji i infiltracji*, „Rynek Instalacyjny”, 5/2011.

DIN 1989-1:2001-10: „Regenwassernutzungsanlagen, Teil 1: Planung, Ausführung, Betrieb und Wartung”.

Dyrektywa 2006/7/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z 15 lutego 2006 r. dotycząca zarządzania jakością wód kąpieliskowych i uchylająca dyrektywę 76/160/EWG.

Dziopak J., Słyś D., (2003), *Modele hydrauliczne zbiorników grawitacyjno-pompowych w kanalizacji*, XII Konferencja Naukowo-Techniczna „Problemy gospodarki wodno-ściekowej w regionach rolniczo-przemysłowych”, „Zeszyty Naukowe Inżynierii Środowiska”, 16, Politechnika Białostocka, Białystok.

Edel R., (2010), *Odwodnienie dróg*, Wyd. Komunikacji i Łączności, Warszawa 2010.

Geiger W., Dreiseitl H., (1999), *Nowe sposoby odprowadzania wód deszczowych*, Wyd. Projprzem-EKO, Bydgoszcz.

Hypiak J., Stec A., *Sposoby zmniejszania odpływu wód opadowych ze zlewni miejskiej*, „INSTAL”, nr 10, 2010:40–41.

- Jaszczyszyn K., Komorowska-Kaufman M.**, (2014), *Zrównoważone gospodarowanie wodą – charakterystyka i wtórne wykorzystanie ścieków szarych*, „Gospodarka Wodna”, 2014(11):23–27.
- Królikowska J., Królikowski A.**, (2012), *Wody opadowe. Odprowadzanie, zagospodarowanie, podczyszczanie i wykorzystanie*, Wyd. Seidel-Przywecki, Warszawa.
- Li F., Wichmann K., Otterpohl R.**, (2009), *Evaluation of appropriate technologies for grey water treatments and reuses*, „Water Science & Technology”, 59(2):249–60.
- Lipska M.**, (2013), *Wykorzystanie wody niepitnej w budynku jako alternatywne źródło wody pitnej*, „Technologia Wody”, 2013 (1).
- Masi F., Bresciani R., Rizzo A., Conte G.**, (2017), *Constructed wetlands for combined sewer overflow treatment: Ecosystem services at Gorla Maggiore, Italy*, „Ecological Engineering”, 98:427–438.
- Nivala J., Zehnsdorf A., van Afferden M., Müller R.**, (2018), *Green Infrastructure for Increased Resource Efficiency in Urban Water Management*, [In:] *Urban Transformations. Sustainable Urban Development through resource efficiency, quality of life and resilience*, (ed. Kabisch S., Gawel E., Knapp S., Nivala J., Koch F., Haase A., Krellenberg K., Zehnsdorf A.) Springer International Publishing AG, 2018:133–143.
- Nolde E.**, (2005), *Greywater recycling systems in Germany – results, experiences and guidelines*, „Water Science and Technology”, 51(10):203–210.
- Obarska-Pempkowiak H., Gajewska M., Wojciechowska E.**, (2010), *Hydrofitowe oczyszczanie wód i ścieków*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2010.
- PN-EN 12056-1:2002**: „Systemy kanalizacji grawitacyjnej wewnątrz budynków.”
- PN-EN 1717:2003**: „Ochrona przed wtórnym zanieczyszczeniem wody w instalacjach wodociągowych i ogólne wymagania dotyczące urządzeń zapobiegających zanieczyszczeniu przez przepływ zwrotny”.
- Rogasik M., Piasny M.**, (2014), *Kompletne systemy zagospodarowania deszczówki*, „Wodociągi – Kanalizacja”, 2014(2), dostępne na stronie internetowej: <http://www.e-czytelnia.abrys.pl/wodociagi-kanalizacja/2014-2-736/raport-wod-kan-8572/kompletne-systemy-zagospodarowania-deszczowki-17546>.

- Schmitt N., Wanko A., Laurent J., Bois P., Molle P., Mose R.**, (2015), *Constructed wetlands treating stormwater from separate sewer networks in a residential Strasbourg urban catchment area: Micropollutant removal and fate*, „Journal of Environmental Chemical Engineering”, 3.10.1016/j.jece.2015.10.08.
- Shutes R. B. E., Revitt D. M., Lagerberg I. M., Barraud V. C. E.**, (1999), *The design of vegetative constructed wetlands for the treatment of highway runoff*, „The Science of the Total Environment”, 235 (1999): 189–197.
- Słyś D.**, (2013), *Zrównoważone systemy odwadniania miast*, Dolnośląskie Wyd. Edukacyjne, Wrocław.
- Standard DWA-A 262E**: „Principles for Dimensioning, Construction and Operation of Wastewater Treatment Plants with Planted and Unplanted Filters for Treatment of Domestic and Municipal Wastewater, listopad 2017”.
- Walker C., Tondera K., Lucke T.**, (2017), *Stormwater Treatment Evaluation of a Constructed Floating Wetland after Two Years Operation in an Urban Catchment*, „Sustainability”, 9(10): 1–10.
- Wojciechowska E.**, (2010), *Oczyszczanie wód opadowych w systemach korzeniowych*, „Wodociągi i Kanalizacja”, 4/2010.
- Wojciechowska E., Gajewska M., Żurkowska N., Surówka M., Obarska-Pempkowiak H.**, (2015), *Zrównoważone systemy gospodarowania wodą deszczową*, Wyd. Politechniki Gdańskiej, Gdańsk.
- WWAP** (United Nations World Water Assessment Programme)/UN-Water, (2018), *The United Nations World Water Development Report 2018: Nature-Based Solutions for Water*. Paris, UNESCO.
- Zhang K., Chui T. F. M.**, (2019), *Linking hydrological and bioecological benefits of green infrastructures across spatial scales – A literature review*, „Science of The Total Environment”, 646: 1219–1231.

Strony internetowe:

<http://www.geoproduct.pl>

<http://www.k-rain.com.pl>

<http://deszczowka.pl/images/deszcz1.jpg>

<http://www.inzynierbudownictwa.pl>

https://www.gdansk.pl/subpages/inwestycje-miejskie/images/2015-07-13_inwestycje_i_projekty/2-3.jpg

<http://www.ekobudex.pl/zagospodarowanie-wody-deszczowej/galeria/>

<http://www.diyenetwork.com/made-and-remade/learn-it/rain-gardens-design-ideas>

https://www.pipelife.com/pl/Produkty/eko/skrzynki_stormbox.php

<http://upload.wikimedia.org>

http://www.gdmel.pl/downloads/DoPobrania/Inne/OGR%C3%93D_W_5_KROKACH_6_do_druku_samodzielnego.pdf

<https://www.dutchwatersector.com/news-events/news/8841-new-innovative-water-square-combines-leisure-and-storm-water-storage-in-rotterdam-the-netherlands.html>

https://www.ciria.org//Resources/Free_publications/SuDS_manual_C753.aspx



dr hab. inż. Tomasz Bergier – pracownik naukowy i wykładowca AGH w Krakowie. Obszarem jego zainteresowań naukowych są zastosowania błękitno-zielonej infrastruktury w gospodarce wodnej, w szczególności w zarządzaniu ryzykiem powodziowym, gospodarowaniu wodami deszczowymi, adaptacji i łagodzeniu zmian klimatu. Autor ponad 100 publikacji naukowych i popularnych z powyższej tematyki. Realizator licznych międzynarodowych projektów naukowych, m.in. SaLMaR, Climate NBS Polska, Clearing House. Członek Rady Programowej ds. Gospodarki Wodno-Ściekowej Miasta Krakowa; ekspert z zakresu ekohydrologii i inżynierii środowiska podczas opracowania Kierunków Rozwoju i Zarządzania Terenami Zieleni w Krakowie.

7. Przykłady dobrych praktyk wpływających na redukcję śladu wodnego

7.1. Wprowadzenie

Nic tak nie inspiruje do działania i wprowadzania zmian jak tzw. dobre praktyki. Najlepiej uczyć się od tych, którym się udało. I nie chodzi tylko o bezpośrednie przenoszenie gotowych rozwiązań i wypracowanych systemów do naszych wyzwań i potrzeb. Równie istotne i inspirujące, a często nawet cenniejsze i ważniejsze dla udanego wprowadzania innowacji, jest samo analizowanie procesu wypracowania udanych rozwiązań, poznawanie mechanizmów i działań, które doprowadziły do sukcesu, sprawiły, że udało się rozwiązać problem w sposób kompleksowy i trwały. Jest to tym ważniejsze, że na sukces składa się bardzo wiele czynników, często trudnych do zmierzenia i zdefiniowania. Poza metodami technicznymi, równie ważne są wszelkie prace przygotowawcze, mozolne i czasochłonne budowanie odpowiedniego partnerstwa, szukanie źródeł i sposobów finansowania w wielu sektorowych budżetach, dostosowanie do wymogów prawnych i norm branżowych, generalnie przełamywanie wszelkich barier finansowych, biurokratycznych, mentalnych, wszechobecnej siłowości. Te aspekty są szczególnie ważne w przypadku działań tak interdyscyplinarnych jak ograniczanie śladu wodnego, gdyż wymagają zaangażowania wielu branż, przede wszystkim skutecznej współpracy między poszczególnymi wydziałami urzędu miasta, ale również pomiędzy lokalnym samorządem a różnorodną grupą interesariuszy i partnerów (mieszkańcy, organizacje pozarządowe, uczelnie, biznes, rządowe

i samorządowe instytucje wyższych szczebli administracyjnych]. Tym bardziej, że potencjalne korzyści ujawniają się nie tylko w zakresie ochrony środowiska czy szeroko pojętej gospodarki komunalnej, ale również często przyczyniają się do poprawy jakości życia mieszkańców, zwiększenia estetyki miasta, powstania przyjaznych i różnorodnych przestrzeni publicznych, wykreowania nowych możliwości biznesowych i miejsc pracy, a wreszcie przyczyniają się do racjonalnego wydawania publicznych, znaczących oszczędności w budżecie miejskim, często w długich horyzontach czasowych.

W niniejszym rozdziale zebraliśmy szereg dobrych praktyk z Polski i ze świata, których zasadniczym i nadrzędnym celem jest zmniejszanie śladu wodnego miast. Kolejność ich prezentacji w rozdziale odpowiada rodzajowi śladu wodnego, którego dana praktyka dotyczy w największym stopniu. I tak pierwsza dobra praktyka skupia się na poprawie przede wszystkim śladu niebieskiego, dzięki ograniczaniu zużycia wody, szczególnie poprzez minimalizację strat wody podczas jej przesyłania siecią wodociągową. Prezentuje ona przede wszystkim działania i osiągnięcia miasta Krakowa w tym zakresie.

Kolejne trzy praktyki tworzą blok dotyczący poprawy przede wszystkim śladu wodnego zielonego. Wspólnym mianownikiem tych praktyk jest wykorzystanie rozwiązań błękitno-zielonej infrastruktury, a szczególnie wprowadzanie ich – często w połączeniu z klasycznymi terenami zieleni – w przestrzeń miejską, w celu rozwiązania szeregu wyzwań urbanizacyjnych i cywilizacyjnych, a gospodarka wodą deszczową stanowi tylko jedno z nich. Aczkolwiek w wielu przypadkach to właśnie konieczność szukania metod racjonalnego zagospodarowania wód deszczowych była najważniejszym powodem tworzenia rozwiązań i rozpoczęcia procesów, które doprowadziły do powstania opisywanych dobrych praktyk. Pierwsza praktyka w tym bloku to szeroko zakrojony, długotrwały program miasta Filadelfia w Stanach Zjednoczonych, zawierający kompleksowe i interdyscyplinarne działania na rzecz ograniczenia zrzutu wód deszczowych do kanalizacji miejskiej i przywrócenia naturalnego obiegu wody w mieście. Chociaż – jak można się przekonać z lektury tego podrozdziału – mieszkańcy miasta dzięki realizacji tego programu zyskują również korzyści społeczne i zdrowotne, finansowe i gospodarcze, a także szereg innych. Druga dobra praktyka to program popularyzacji i budowy ogrodów deszczowych w szeregu polskich miast, realizowany przez Fundację Sendzimira, która udowadnia, że nawet realizacja obiektów o niewielkich rozmiarach i lokalnym zasięgu oddziaływania może stanowić istotny krok w procesie inicjowania znaczących zmian w naszych miastach, szukania nowych rozwiązań, generalnie zmiany podejścia i sposobu myślenia. Poza tym tego typu lokalne urządzenia konsekwentnie tworzone w przestrzeni całego mia-

sta mogą stanowić wartościową i efektywną alternatywę dla dużych, scentralizowanych rozwiązań konwencjonalnych. Trzecia praktyka zawiera charakterystykę pojedynczego obiektu – placu wodnego, stworzonego przez miasto Rotterdam. Jest to rozwiązanie łączące w niezwykle innowacyjny sposób gospodarkę wodami deszczowymi ze stworzeniem przestrzeni publicznej, pełniącej całą paletę funkcji społecznych. To doskonały przykład działań transdyscyplinarnych, które przy okazji rozwiązania konkretnego problemu komunalnego (tutaj woda deszczowa) przyczyniają się do rozwoju miasta, poprawy jakości życia mieszkańców, estetyki przestrzeni i uzyskania szeregu innych korzyści społecznych, środowiskowych i gospodarczych.

Ostatnia dobra praktyka w niniejszym rozdziale skupia się na śladzie szarym i ograniczaniu zanieczyszczenia wód: jest to program mający za zadanie poprawę jakości wody do spożycia, dostarczanej mieszkańcom miasta Nowy Jork. Dzięki wykorzystaniu usług ekosystemów, niestandardowemu, ponadbranżowemu podejściu, konsekwentnemu budowaniu partnerstwa udało się skutecznie rozwiązać ważny problem komunalny. Co więcej rozwiązanie to – w porównaniu do alternatywnych konwencjonalnych rozwiązań – cechowało się znacznie mniejszymi kosztami finansowymi, środowiskowymi i społecznymi. Jest to też przykład doskonale ilustrujący fakt, że zarządzając współczesnym miastem nie możemy się skupiać wyłącznie na obszarze naszych formalnych kompetencji. Skuteczne i innowacyjne działania nowoczesnego miasta mogą, czy wręcz powinny, znacznie wykraczać poza jego granice administracyjne. Tym samym działania na rzecz poprawy jakości życia mieszkańców metropolii można skutecznie łączyć ze zrównoważonym rozwojem terenów przyległych, tworzeniem obszarów naturalnych i poprawą bioróżnorodności, wsparciem lokalnej przedsiębiorczości, utrzymaniem dziedzictwa i tradycyjnych struktur społecznych.

Oczywiście powyższy podział na rodzaje śladu wodnego, dominujące w poszczególnych praktykach, ma charakter jedynie orientacyjny, gdyż większość zaprezentowanych przykładów ma charakter kompleksowy, a ich pozytywne oddziaływanie dotyczy w pewnym stopniu wszystkich rodzajów śladu wodnego, a zwykle również wielu innych ważnych aspektów funkcjonowania miasta i zarządzania nim.

7.2. Zmniejszenie strat w krakowskiej sieci wodociągowej

Ograniczanie strat wody na etapie dystrybucji i produkcji wody jest jednym z najskuteczniejszych narzędzi ograniczania śladu wodnego, przede wszystkim niebieskiego, gdyż mniejsze straty przekładają się bezpośrednio na mniejszą ilość

wody pobranej ze środowiska. Szczególnie istotny jest fakt, że redukcja śladu wodnego w tym przypadku odbywa się bez ograniczenia ilości wody dostarczanej do użytkowników, tak więc jakość życia mieszkańców nie ulega obniżeniu, tym samym akceptacja społeczna dla działań tego typu jest duża, również ze strony władz i instytucji miejskich.

Straty są nieuniknione w procesie poboru, uzdatniania i dystrybucji wody (Cichoń 2017). Te ostatnie, zwłaszcza w rozległych sieciach, są szczególnie znaczące, stanowiąc obiecujący obszar potencjalnych działań naprawczych. Jest wiele przyczyn powstawania strat wody, najważniejsze z nich to nieszczelności przewodów i urządzeń wodociągowych, ich awarie i okresowe remonty, czy wreszcie kradzieże wody. Należy jednak pamiętać, że część strat wynika z dbałości o wysoką jakość wody u odbiorcy i prowadzenia działań niezbędnych do jej utrzymania (np. okresowe przepłukiwanie fragmentów sieci czy innych urządzeń w systemie). Tak więc istnieje pewien kompromis w walce o ograniczanie strat wody, czy wręcz granica oszczędności, której nie powinno się przekraczać w trosce o dobro i komfort odbiorców.

Istnieje wiele rodzajów i definicji strat wody – najpowszechniejsza z nich i zarazem najbliższa powszechnemu rozumieniu określa straty wody jako różnicę pomiędzy ilością wody przesłanej do wodociągu a tą odebraną przez użytkowników końcowych (Cichoń i Królikowska 2017). Na tak rozumianych stratach, jako najistotniejszych dla ograniczenia śladu wodnego, skupimy się w niniejszym podrozdziale.

W miastach europejskich obserwuje się bardzo dużą różnorodność w zakresie strat w sieciach wodociągowych. W większości z nich wskaźnik ten mieści się w granicach 10–20% i jest uznawany za optymalny (przy czym 10% jest umownym poziomem, poniżej którego uznaje się, że nieracjonalne jest dalsze zmniejszanie strat). Chociaż istnieją niechlubne wyjątki znacznie przekraczające tę europejską średnią (np. 37% dla Glasgow w Wielkiej Brytanii czy 26% dla Rzymu we Włoszech). W Polsce nie ma niestety kompleksowych danych statystycznych na ten temat, jednak wydaje się, że nasze miasta nie odstają wyraźnie od średniej europejskiej (wyrwykowe badania mówią o stratach na poziomie 20–30% i niższych). Chociaż są polskie miasta i gminy o dużo gorszych wynikach w tym zakresie, z drugiej strony istnieją ośrodki, które osiągają wyniki lokujące je blisko liderów europejskich czy światowych, a wskaźniki strat wody przez nie osiągnane zbliżają się do granicznej wartości 10%, wspomnianej powyżej. Jednym z takich miast jest niewątpliwie Kraków, który – pomimo tego, że jego sieć wodociągowa ma stosunkowo dużą długość (ponad 2200 km) – jest jednym z liderów kompleksowego podejścia do minimalizowania strat wody w sieci przesyłowej. W latach

2002–2015 udało się zredukować wskaźnik strat w przeliczeniu na kilometr sieci wodociągowej o ponad 30% (MPWiK 2016). W związku z tym warto prześledzić działania podejmowane przez Miejskie Przedsiębiorstwo Wodociągów i Kanalizacji w Krakowie (MPWiK), które doprowadziły do tak znaczącej redukcji.

MPWiK od lat realizuje program redukcji strat wody. Najważniejsze działania podejmowane w jego ramach to monitorowanie szczelności systemu wodociągowego, aktywna kontrola nieszczelności, szybka reakcja na awarie i ich sprawne usuwanie, optymalizacja ciśnienia w sieci, pomiar ilości wody w kluczowych miejscach sieci (Żaba 2014, Cichoń 2017). Podkreślić należy, że działania te są prowadzone na szeroką skalę i z dużą konsekwencją. Regularnie prowadzone są kontrole stanu ochrony antykorozyjnej rurociągów oraz badania dotyczące zagrożeń korozyjnych, prowadzony jest stały nadzór i kontrole przewodów oraz urządzeń sieciowych, a także badania szczelności sieci wodociągowej, w tym monitorowanie sieci wodociągowej pod kątem wykrywania uszkodzeń i zmniejszania strat wody (np. w 2016 roku zbadano pod tym kątem przewody o łącznej długości 481 km). Niezwykle istotne dla szybkiego wykrywania awarii i ich usuwania (a tym samym eliminacji związanych z nimi strat wody) jest dokładne opróbowanie sieci w celu pomiaru ilości wody dostarczanej do poszczególnych obszarów wodociągów. Kraków konsekwentnie rozwija system wodomierzy na sieci wodociągowej, automatycznie przesyłających dane pomiarowe ilości wody, a w części z nich również jej ciśnienia. Dąży się do uzyskania małych stref opomiarowania o liczbie odbiorców 1000–3000 i nocnych przepływach 10–30 m³/h, co pozwala skutecznie i szybko zauważać zmiany przepływów spowodowane awariami (Żaba 2014). Poza tym dane z tego systemu są analizowane w większych horyzontach czasowych, co służy do wytypowania miejsc, w których niezbędne jest prowadzenie aktywnej kontroli wycieków.

Nierealne jest całkowite wyeliminowanie strat wody podczas jej uzdatniania i przesyłu, jednak na pewno konieczne jest podejmowanie działań zmierzających do ich ograniczenia do poziomu akceptowalnego i uzasadnionego ekonomicznie. Jak pokazuje przykład Krakowa, długotrwałe i konsekwentne działania pozwalają osiągnąć bardzo duży postęp w tym zakresie, a tym samym niski poziom strat w całym systemie zaopatrzenia w wodę, a w sieci wodociągowej w szczególności. Zdecydowanie warto opracowywać podobne programy naprawcze w innych polskich miastach, adaptować i twórczo rozwijać krakowskie doświadczenia w tym zakresie. Tym bardziej, że poza korzyściami środowiskowymi wynikającymi ze zmniejszenia śladu wodnego danego miasta, zyskujemy również wymierne korzyści ekonomiczne, a także poprawę funkcjonowania i niezawodności całego systemu zaopatrzenia w wodę.

7.3. Green City, Clean Waters (zielone miasto, czyste wody), Filadelfia, USA

Green City, Clean Waters (GCCW) to zainicjowany w 2011 r., zaplanowany na dwadzieścia pięć lat program miasta Filadelfia (rys. 1), którego głównym celem jest zrównoważenie gospodarki wodami deszczowymi na terenie tej metropolii (liczba mieszkańców ponad 1,5 mln, powierzchnia 367 km²) i docelowe znaczne ograniczenie zrzutów wód deszczowych do kanalizacji miejskiej i wynikających z tego podtopień (SBN 2016). Całościowy budżet programu wynosi 1,2 mld USD, w dużej mierze przeznaczony jest na inwestycje w zieloną infrastrukturę i urzędzenia towarzyszące. Dodatkowo 260 mln USD zarezerwowano na renaturalizację miejskich cieków i terenów podmokłych. Dla porównania, miasto oszacowało, że musiałoby wydać 8–10 mld USD, żeby uzyskać analogiczny efekt za pomocą konwencjonalnego podejścia, polegającego na stosowaniu urządzeń tzw. szarej infrastruktury. Tymczasem program GCCW zakłada rozwiązanie problemu wód deszczowych w sposób rozproszony, bazując na różnorodnych urządzeniach zielonej infrastruktury tworzonych na całym obszarze miasta. Działanie tych systemów polega na zatrzymaniu wody deszczowej w miejscu opadu, zagospodarowaniu jej w formie infiltracji do gruntu i odparowaniu do atmosfery, a tylko niewielka jej część (nadmiar występujący w wyjątkowych sytuacjach, przy deszczach nawalnych i długotrwałych) odprowadzana jest stopniowo do kanalizacji miejskiej. Takie podejście pozwala na odtworzenie naturalnego obiegu wody w silnie zurbanizowanym obszarze miejskim, a także na radykalne zmniejszenie śladu wodnego. Poza rozwiązaniem problemu wód deszczowych miasto podkreśla szereg dodatkowych korzyści płynących z tworzenia obszarów zieleni – w szczególności większy potencjał rekreacyjny, pozytywny wpływ na zdrowie mieszkańców, oszczędności energii, poprawa estetyki miasta, a także powstanie dodatkowych miejsc pracy oraz nowych szans prowadzenia działalności biznesowej (SBN 2016).

W okresie pierwszych pięciu lat realizacji programu stworzono szereg inwestycji na obszarze niemal całego miasta (zwłaszcza w obszarze zasięgu kanalizacji ogólnospławnej, która obejmuje około 65% powierzchni miasta). Przede wszystkim ze środków miejskich sfinansowano budowę 125 systemów, w ramach których wykonano 474 urządzeń zielonej infrastruktury (SBN 2016). Najczęściej tworzone były zielone dachy, ogrody deszczowe (rys. 2 – por. kolejny podrozdział), oczyszczalnie hydrofitowe, zielone pasaży, roślinne układy zwalniające ruch, mini formy zielone (np. donice i klomby obsadzone krzewami, drzewami lub inną roślinnością) zbierające wodę deszczową, zielone rowy i niecki, a także nawierzchnie przepuszczalne i inne metody rozszczelniania powierzchni miasta.

Zainstalowano również niezbędne urządzenia towarzyszące, m.in. zbiorniki podziemne w różnorodnych formach, skrzynki infiltrujące, studnie chłonne itp.



Rys. 1. *Green City, Clean Waters* realizowany w Filadelfii to prawdopodobnie największy i najbardziej kompleksowy na świecie program rozwiązania problemu wody deszczowej w mieście za pomocą zielonej infrastruktury, zintegrowany z wszechstronnym wykorzystaniem usług ekosystemów i związanych z nimi korzyści społecznych, gospodarczych i środowiskowych (fot. Leonel Ponce, Flickr; www.flickr.com/photos/leonizy/6233353514, CC BY-NC 2.0)



Rys. 2. *Ogród deszczowy w gruncie* rozdzielający jezdnię od ciągu pieszego, jednocześnie odbierający wodę deszczową z tych obiektów (fot. Leonel Ponce, Flickr; www.flickr.com/photos/leonizy/6233353514, CC BY-NC 2.0)

Poza przeznaczeniem środków z budżetu miasta na opisane powyżej inwestycje, program GCCW wprowadza szereg regulacji i zachęt, które powodują, że prywatni inwestorzy również realizują urządzenia i rozwiązania zielonej infrastruktury w celu zagospodarowania wód deszczowych. Zaowocowało to 172 inwestycjami prywatnymi w pierwszych pięciu latach funkcjonowania programu, w ramach których powstało 409 urządzeń zielonej infrastruktury. Analizując dotychczasowe wydatki w tym zakresie, szacuje się, że prywatni inwestorzy zainwestują co najmniej dodatkowe 600 mln USD w całym 25-letnim okresie programu GCCW (poza 1,2 mld USD z publicznych środków).

Dzięki wszystkim tym połączonym działaniom, po pięciu latach realizacji programu, do kanalizacji miejskiej spływa rocznie o 5,5 mln m³ wód deszczowych mniej. Jednak poza rozwiązaniem problemu wód deszczowych władze Filadelfii mocno podkreślają aspekt ekonomiczny i biznesowy programu GCCW (SBN 2016). Udało się m.in. stworzyć lokalny klaster, w którym funkcjonują firmy specjalizujące się w projektowaniu, tworzeniu oraz utrzymaniu systemów zielonej infrastruktury i generalnie wody deszczowej, a także dostarczaniu urządzeń i kompleksowych rozwiązań w tym zakresie. Ze względu na aktualność tematyki i rosnący popyt na tego typu usługi w całych Stanach Zjednoczonych, firmy te działają daleko poza granicami miasta Filadelfii i dynamicznie się rozwijają, przyczyniając się do wzrostu gospodarczego miasta i poprawy trudnej sytuacji na lokalnym rynku pracy. Poza tym zaobserwowano, że inwestycje w zieloną infrastrukturę, zrealizowane w ramach programu, przyczyniły się do wzrostu wartości okolicznych nieruchomości, a także zwiększenia intensywności działalności usługowej i komercyjnej. Wszystko to przyczynia się do wygenerowania dodatkowych dochodów dla budżetu miasta w formie lokalnych podatków (od nieruchomości, dochodowych itp.). A co najważniejsze, zaobserwowano niezwykle istotną zmianę społeczną – dotychczas inwestorzy i przedstawiciele lokalnego biznesu postrzegali regulacje środowiskowe jako barierę, źródło dodatkowych kosztów i opóźnień w procesie inwestycyjnym. Teraz dostrzegają, że wprowadzenie zielonej infrastruktury pozwala na uzyskanie przewagi konkurencyjnej, poprawienie wizerunku i widoczności na rynku, sprawniejsze dotarcie do klientów, wykreowanie możliwości wprowadzenia dodatkowych usług.

Poza opisanymi powyżej zyskami finansowymi i gospodarczymi miasto szczególnie docenia korzyści społeczne i poprawę jakości życia, co ma kluczowe znaczenie dla odbierania programu przez mieszkańców i innych lokalnych interesariuszy. Jedną z najważniejszych korzyści tego typu jest ograniczanie efektu miejskiej wyspy ciepła, szczególnie uciążliwej dla mieszkańców (jeden z najważniejszych powodów przedwczesnych zgonów w Filadelfii). Poza tym zauważane i doceniane są: poprawa jakości środowiska miejskiego (lepsza jakość wody, bio-

różnorodność, powstanie ekosystemów rzecznych i mokradłowych), mniejsze zużycie energii i wynikające z tego zmniejszenie emisji dwutlenku węgla oraz innych zanieczyszczeń do powietrza, jak również ich usuwanie na drodze bioremediacji. Dla jakości życia mieszkańców ogromne znaczenie ma potencjał rekreacyjny zielonych obiektów tworzonych w całym mieście oraz ich pozytywny wpływ na zdrowie fizyczne i równowagę mentalną, tym bardziej, że w wielu dzielnicach mieszkańcy nie mają dostępu do terenów zieleni w wymaganej przez lokalne prawo odległości (problem ten dotyczy niemal 100 000 osób w mieście).

Program Green City, Clean Waters jest bardzo dobrym przykładem kompleksowych i długoterminowych działań, wartym przenoszenia i dostosowania do realiów polskich miast. Tym bardziej, że większość z nich boryka się z analogicznym problemem wód deszczowych, jak również bardzo podobnymi wyzwaniem społecznymi, gospodarczymi i środowiskowymi, jak te występujące w Filadelfii. Szczególnie, że różnorodne korzyści w wielu sektorach i porozumienie pomiędzy branżami pozwoliłyby na konsolidację budżetów sektorowych (m.in. zieleń miejska, ochrona środowiska i przyrody, ograniczanie bezrobocia i wspieranie lokalnej przedsiębiorczości, ochrona zdrowia, rozwój lokalny), które obecnie są mocno rozproszone, a tym samym wydawane z mniejszą efektywnością. Aspektem tego programu, który wydaje się szczególnie rozwojowy w polskich realiach, jest tworzenie narzędzi i zachęt dla prywatnego biznesu i właścicieli gruntów, tak aby zapewnić ich udział w tworzeniu błękitno-zielonej infrastruktury. A w następnym kroku wypracowanie modeli biznesowych i mechanizmów, które umożliwiłyby przekształcenie problemu wód deszczowych w atut rynkowy czy wręcz sposób na prowadzenie działalności gospodarczej. Tylko takie łączenie sektora komunalnego i biznesu pozwoli na upowszechnienie błękitno-zielonej infrastruktury w naszych miastach, przyczyniając się do skutecznego rozwiązania problemu wód deszczowych, ale również do poprawy estetyki miasta i przyniesie inne korzyści, wynikające z usług dostarczanych przez te ekosystemy.

7.4. Ogrody deszczowe w polskich miastach

Ogrody deszczowe (ang. raingardens) to określenie stosowane dla pojedynczej i stosunkowo różnorodnej grupy rozwiązań zielonej infrastruktury, których głównym zadaniem jest retencja wody deszczowej, a tym samym zmniejszenie ryzyka wystąpienia podtopień i powodzi miejskich, a także zmniejszenie zrzutów wody do tzw. szarej infrastruktury ściekowej (Bergier i in. 2014). Ogrody deszczowe charakteryzują się dużą różnorodnością form i rozmiarów, często realizowane są w estetycznej formie mini ogródka czy nawet donicy. Ich cechą

charakterystyczną jest to, że są tak lokalne jak to tylko możliwe, często konstruowane bezpośrednio przy wylocie z rynny czy innych elementów odprowadzających deszczówkę z dachu lub z posesji. Zagospodarowanie odpływu nadmiaru wody z ogrodu deszczowego najczęściej realizowane jest w jeden z dwóch sposobów (w zależności od lokalnych warunków glebowych, dostępności przestrzeni, funkcjonującej infrastruktury czy wreszcie preferencji użytkowników):

- 1) infiltracja do gruntu – bezpośrednio z dna lub ścian ogrodu, ewentualnie za pomocą dodatkowych urządzeń;
- 2) odprowadzenie do kanalizacji deszczowej lub ogólnospławnej.

Poza podstawową funkcją, jaką jest zatrzymanie i retencja wody deszczowej jak najbliżej miejsca wystąpienia opadu, ogrody deszczowe zapewniają szereg innych korzyści, m.in. oczyszczenie wody deszczowej na drodze fitoremediacji i filtracji, zwiększenie bioróżnorodności, pozytywny wpływ na estetykę, poprawę lokalnego mikroklimatu, odparowanie części wody na drodze ewapotranspiracji przez rośliny, a także zasilenie wód gruntowych (w przypadku pierwszej opcji zagospodarowania odpływu). Wszystko to przyczynia się do skutecznego zmniejszenia śladu wodnego miasta, zwłaszcza w zakresie śladu zielonego (przez wykorzystanie wody deszczowej na potrzeby roślin), ale również szarego (dzięki bioremediacji zmniejsza się przenikanie zanieczyszczeń wód deszczowych do gruntu, wód powierzchniowych i podziemnych), a w pewnym stopniu także niebieskiego (poprzez równoważenie lokalnego tzw. małego obiegu wody i poprawę dostępności wody na potrzeby zaopatrzenia mieszkańców).

Jednym z ciekawszych i bardziej znanych miejskich programów promocji i tworzenia ogrodów deszczowych jest inicjatywa miasta Melbourne w Australii (Bergier 2017), funkcjonująca pod nazwą „10 000 raingardens”. Zakłada ona powszechne tworzenie ogrodów deszczowych na terenach prywatnych i publicznych. Pomimo tego, że ogrody deszczowe promowane i instalowane w ramach tego programu to obiekty w bardzo małej skali, o niewielkich rozmiarach i pojemnościach retencyjnych, to dzięki powszechnemu ich wprowadzaniu w przestrzeni całego miasta pozwalają na stworzenie rozproszonego, skutecznego systemu wspomagania gospodarki wodami opadowymi, przyczyniając się do znacznego odciążenia kanalizacji miejskiej, zapewniając jednocześnie dodatkowe korzyści i usługi ekosystemów, opisane powyżej.

Fundacja Sendzimira w 2015 r., korzystając z bogatych doświadczeń Melbourne i w bliskiej współpracy z przedstawicielami tego miasta, rozpoczęła program tworzenia ogrodów deszczowych w Polsce. Władze lokalne, mieszkańcy, inwestorzy i wszyscy zainteresowani tworzeniem tego typu konstrukcji otrzymują wsparcie w formie szczegółowych wytycznych projektowych (FS 2018) i filmów

instruktażowych (FS 2016). Poza wsparciem technicznym i edukacyjnym Fundacja stworzyła ogrody tego typu m.in. w Łodzi, Markach, Warszawie, Pile, Katowicach (rys. 3) i Lublinie. Zawsze w proces budowy ogrodu deszczowego w danej lokalizacji aktywnie włączani są użytkownicy danej przestrzeni, np. mieszkańcy, uczniowie (rys. 4). Realizują oni część prac terenowych (np. prace wykończeniowe, aranżacja przestrzeni wokół ogrodu, ozdabianie go), a przede wszystkim sadzenie roślin. Tego typu inicjatywy zawsze zawierają elementy edukacyjne, np. wykłady i pogadanki na temat problemu wód deszczowych w mieście, możliwych sposobów równoważenia gospodarowania nimi, roli roślinności w regulacji lokalnego obiegu wody i podnoszenia jej jakości. Poza edukacją połączoną z budową ogrodów deszczowych Fundacja prowadzi również regularne działania szkoleniowe w formie warsztatów czy wykładów, a także wydarzenia popularyzujące ideę ogrodów deszczowych i problematykę wody deszczowej (konkursy, gry miejskie, artykuły i inne publikacje). W pierwszej fazie funkcjonowania opisywanego programu wszystkie te działania były możliwe dzięki pozyskaniu środków, przede wszystkim z Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej oraz ich wojewódzkich odpowiedników.



Rys. 3. Jeden ze śląskich ogrodów deszczowych (ul. Gliwicka w Katowicach), stworzony w ramach projektu *Deszczowa Paczka*, stanowiących jedną z inicjatyw w programie *Wspólne działania na rzecz bioróżnorodności Fundacji Sendzimira* (fot. Maciej Zacher)



Rys. 4. Podczas budowy przyszłolnego ogrodu uczniowie aktywnie uczestniczą w pracach wykończeniowych, a szczególnie w sadzeniu roślin (fot. Fundacja Sendzimira)

Powyżej opisane działania zostały bardzo dobrze przyjęte, przedstawiciele miast partnerskich oraz mieszkańcy – użytkownicy ogrodów deszczowych doceniają wypracowaną formułę i efekty działań. Jest wiele czynników tego sukcesu, poza szeregiem korzyści opisanych wcześniej (retencja i oczyszczenie wody deszczowej, poprawa estetyki, aspekty edukacyjne), szczególnie ważny jest aspekt aktywizacji mieszkańców, tworzenie lokalnych partnerstw i grup sąsiedzkich wokół tworzonych obiektów. Dzięki temu program intensywnie się rozwija. Obecnie Fundacja otrzymuje zaproszenia od wielu miast oraz licznych lokalnych instytucji zainteresowanych tworzeniem ogrodów deszczowych oraz innymi działaniami w zakresie wykorzystania rozwiązań zielonej infrastruktury do równoważenia gospodarowania wodami deszczowymi i podejmowania innych wyzwań zarządzania współczesnym miastem. Partnerzy ci tworzą ogrody deszczowe, czy to we współpracy z pracownikami Fundacji, czy samodzielnie, bazując na dostępnych materiałach i kontaktach. Charakterystyczny dla obecnej fazy programu jest fakt, że działania te finansowane są ze środków własnych partnerów lub w ramach projektów przez nich realizowanych (na pewno nie bez znaczenia jest fakt, że ogrody deszczowe są raczej budżetowymi rozwiązaniami). Powstaje bardzo dużo ogrodów w różnych lokalizacjach, m.in. w Skawinie, Wielkiej Wsi, Gdyni (rys. 5), Jarosławiu (rys. 6). Szczególnie intensywną współpracę Fundacja podjęła ze stołecznym miastem Warszawa, czego efektem jest projekt „Warszawa chwyta wodę” – bardzo kompleksowa i interdyscyplinarna inicjatywa, a powstanie licznych ogrodów deszczowych jest tylko jednym z jej licznych elementów.



Rys. 5. Wyjątkowy ogród deszczowy, który powstał przy budynku InfoBox. Było to możliwe dzięki współpracy Centrum Informacji i Edukacji Ekologicznej w Gdańsku, Urzędu Miasta Gdyni i Fundacji Sendzimira (fot. Centrum Informacji i Edukacji Ekologicznej w Gdańsku)



Rys. 6. Ogród deszczowy w Jarosławiu, który powstał we współpracy z miastem Jarosław w ramach projektu „Dziś to jutro – szanujmy zielone dziedzictwo” w ramach Programu Współpracy Transgranicznej Interreg V-A Polska-Słowacja 2014–2020 (fot. Fundacja Sendzimira)

Jak wspomniano wcześniej, program wspierania ogrodów deszczowych kładzie duży nacisk – poza kwestiami technicznymi i konstrukcyjnymi – na aspekty społeczne i edukacyjne, a przede wszystkim wspieranie lokalnej aktywności i współpracy. W tym celu została stworzona m.in. internetowa „Mapa miejsc sprzyjających retencji” (FS 2019), na której zaznaczane są różne inicjatywy i urządzenia zielonej infrastruktury, nie tylko te tworzone, współtworzone czy inspirowane przez Fundację Sendzimira. Opisowi każdej lokalizacji towarzyszy dokumentacja fotograficzna oraz dane kontaktowe twórcy lub gospodarza obiektu. Na mapie można śledzić powstawanie nowych obiektów, oczywiście można również zaplanować stworzenie własnego ogrodu deszczowego i dodanie go do zasobu. Obecnie w całej Polsce planowane są kolejne analogiczne instalacje czy wręcz kompleksowe programy nakierowane na tworzenie ogrodów deszczowych.

7.5. Plac wodny, Rotterdam, Holandia

Wyjątkowym przykładem innowacyjnego i interdyscyplinarnego podejścia do zarządzania przestrzenią miejską jest plac wodny w Rotterdamie w Holandii (rys. 7), który został stworzony w 2013 r. (Bokern 2014). Jego niebanalna forma łączy funkcję estetycznej, przyjaznej użytkownikom przestrzeni publicznej z kompleksowym rozwiązaniem kwestii wód deszczowych, pochodzących z samego placu oraz z sąsiadujących z nim terenów, które są mocno zurbanizowane i zabudowane, a tym samym uszczelnione.

Proces opracowania koncepcji placu oraz jego projektowania został przeprowadzony w sposób niezwykle partycypacyjny. Przyszli użytkownicy tej przestrzeni (m. in. mieszkańcy terenów bezpośrednio przylegających do placu oraz sąsiednich dzielnic, studenci i pracownicy niedalekiej uczelni, uczniowie i nauczyciele liceum, przedstawiciele lokalnej parafii, teatru młodzieżowego, klubu sportowego) w ramach warsztatów, spotkań i innych partycypacyjnych form mieli szansę wyartykułować swoje oczekiwania odnośnie przyszłych sposobów jego użytkowania i funkcji, a także wyglądu i ogólnej atmosfery (De Urbanisten 2015).



Rys. 7. *Water Square Bentemplein, czyli plac wodny zaprojektowany przez firmę De Urbanisten na zlecenie urzędu miasta Rotterdam (fot. Ossip van Duivenbode)*

Źródło: *De Urbanisten – www.urbanisten.nl.*

W wyniku tego procesu powstała wyjątkowa wielofunkcyjna konstrukcja, choć oczywiście skuteczne i racjonalne zagospodarowanie wody deszczowej jest jej zasadniczym celem (De Urbanisten 2015). W czasie opadu deszczówka w pierwszej kolejności służy do dwóch płytszych zbiorników. Kierowana jest do nich za pomocą szerokich, płytkich kanałów. Wyjątkowo, w przypadku intensywnych lub długotrwałych opadów, woda deszczowa wypełnia przestrzeń centralną (rys. 8), która wraz z otaczającymi ją miejscami siedzącymi tworzy trzeci głębszy zbiornik. Dopływ wody do tych zbiorników zrealizowano w formie atrakcyjnych i unikalnych rozwiązań (np. ściana wodna, fontanny, kaskady czy mini wodospady). Po deszczu woda z dwóch płytkich zbiorników odprowadzana jest do podziemnych studni chłonnych, skąd stopniowo infiltruje zasilając wody gruntowe. Woda z samego placu odprowadzana jest do miejskich wód powierzchniowych (ze względów sanitarnych po maksymalnie 36 godzinach). Woda deszczowa z placu i jego otoczenia w ogóle nie jest kierowana do istniejącej kanalizacji miejskiej, co jest zgodne z polityką miasta, polegającą na zupełnej rezygnacji z mieszania wody deszczowej ze ściekami bytowymi.



Rys. 8. Widok na część centralną placu – boisko, zamieniające się w zbiornik otwarty na deszczówkę w przypadku długotrwałych, intensywnych opadów i przepelnienia się wszystkich pozostałych elementów systemu (fot. Maria Matos Silva, CC BY-4.0, Silva i Costa 2018)

W okresie bezdeszczowym opisane powyżej urządzenia pełnią szereg funkcji społecznych i rekreacyjnych. Pierwszy z płytkich zbiorników wraz z kanałami doprowadzającymi wodę tworzy swego rodzaju skatepark, a otaczające go ławki w formie schodów stanowią miejsce dla widzów. Drugi zbiornik może pełnić rolę mini sceny lub parkietu tanecznego. Najgłębszy i największy zbiornik jest boiskiem sportowym, na którym można grać w piłkę nożną, siatkówkę czy koszykówkę. Jest ono wyposażone w regularne trybuny dla publiczności. Przy wejściach na plac stworzono kameralne, nieco odosobnione miejsca do siedzenia i odpoczynku, otoczone drzewami, wysokimi trawami, krzewami i kwiatami.

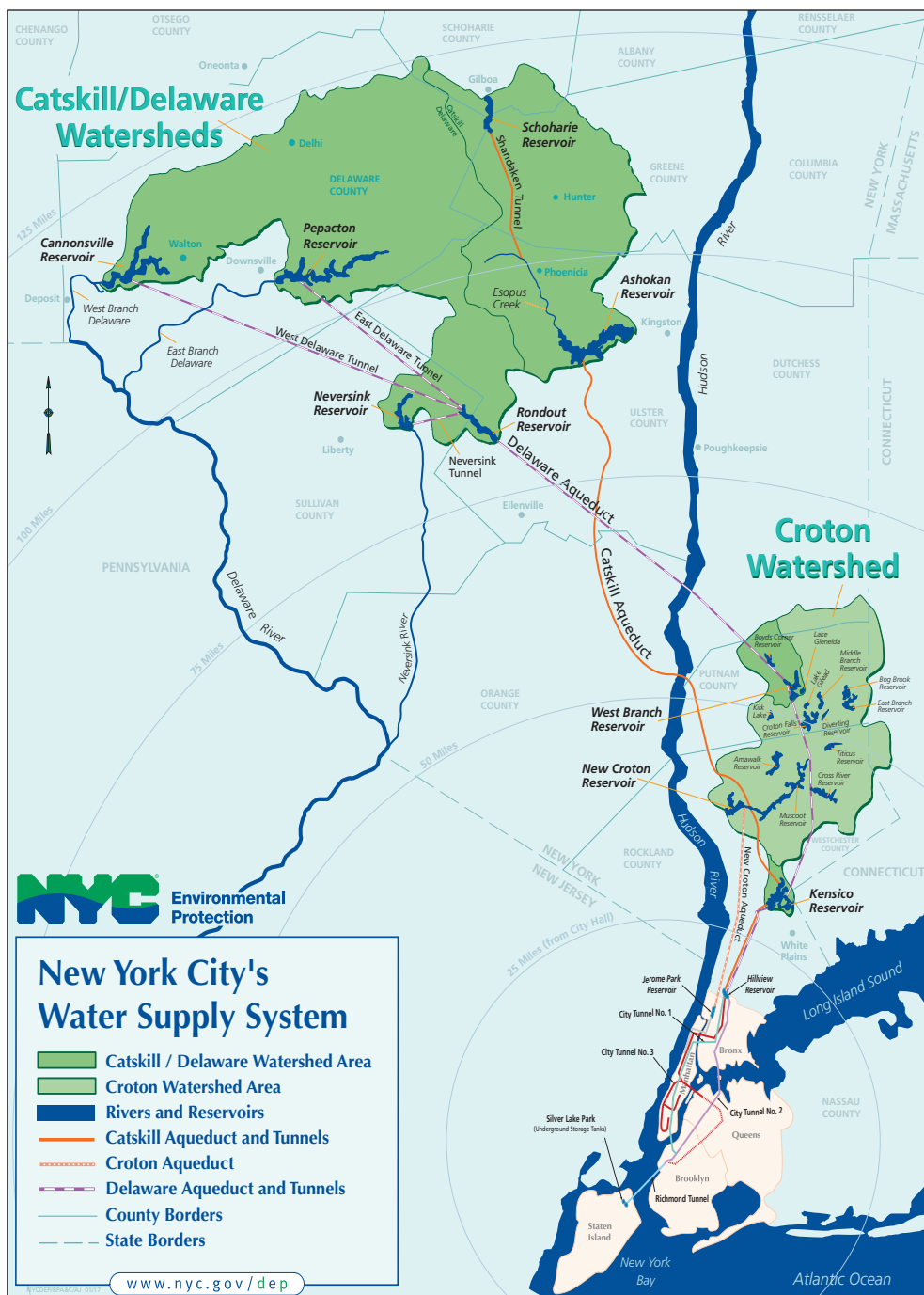
Taka konstrukcja placu i towarzyszącej mu infrastruktury zielonej i szarej zapewnia jego bezproblemowe użytkowanie przez większą część roku. Jedynie w okresach długich lub intensywnych deszczów część centralna placu zamienia się w zbiornik, co nieco utrudnia pełnienie przez niego normalnej roli centrum dzielnicy i większości innych funkcji rekreacyjnych i społecznych. Jednak po jego opróżnieniu wszystkie te funkcje są bezproblemowo przywracane.

Plac ten może być źródłem dwojakiej inspiracji dla osób zarządzających miastami w Polsce. Po pierwsze jest to doskonały przykład do bezpośredniego przenoszenia do Polski, pozwalający na kreowanie niezwykle atrakcyjnej przestrzeni publicznej, w której udało się pogodzić różnorodne oczekiwania okolicznych mieszkańców pomimo tego, że plac stanowi ważny element gospodarki wodami deszczowymi. Tymczasem urządzenia komunalne, w tym zwłaszcza gospodarki ściekami, zwykle generują problemy środowiskowe i społeczne, zabierają przestrzeń, degradują ją, obniżają estetykę. Drugi rodzaj inspiracji – mniej bezpośredni i wprost, jednak równie ważny, to wykorzystanie tego przykładu jako przykładu nowoczesnego i śmiałego podejścia do zarządzania miastem, wyłamującego się z sektorowego podejścia i wszechwładnej silosowości. Dzięki temu możliwe było połączenie niezwykle różnorodnych funkcji, nawet bardzo od siebie odległych, czy wręcz pozornie wykluczających się, a tym samym efektywne i efektowne wykorzystanie zwykle mocno ograniczonej przestrzeni miejskiej i równie ograniczonego budżetu. Oczywiście wymaga to wiele wysiłku i czasu niezbędnego do przeprowadzenia dialogu między branżami, uważnego i długotrwałego przygotowania inwestycji, jednak we współczesnym mieście, gdzie ścierają się tak różne potrzeby i oczekiwania, wydaje się to jedynym racjonalnym podejściem.

7.6. Zintegrowane zarządzanie zlewniami rzek Delaware i Catskill w celu poprawy jakości wody dla mieszkańców Nowego Jorku

Na skutek dynamicznego rozwoju miasta, a szczególnie wzrostu populacji mieszkańców oraz podniesienia poziomu i jakości ich życia, władze Nowego Jorku w połowie XX w. były zmuszone szukać dodatkowych źródeł zaopatrzenia miasta w wodę (Appleton 2012). Zdecydowano się sięgnąć w tym celu do zlewni dwóch dużych rzek Delaware i Catskill, pomimo stosunkowo dużej odległości od miasta (ponad 160 km – rys. 9). Decyzja ta była uzasadniona brakiem bliższych alternatyw oraz bardzo wysoką jakością wody pochodzącej z tych naturalnych górskich zlewni. W ten sposób powstało największe w Stanach Zjednoczonych ujęcie wody surowej, które obsługuje ponad 9 mln mieszkańców oraz liczne firmy i instytucje, dostarczając do Nowego Jorku około 5,3 mln m³ wody dziennie. Na początku użytkowania systemu ujmowana woda spełniała normy jakościowe i nie było konieczności jej uzdatniania w żadnej formie. Jednak w latach dziewięćdziesiątych XX w. pojawiły się problemy z dotrzymaniem jakości ujmowanej wody, które były spowodowane niekorzystnymi zmianami w zlewniach źródłowych z jednej strony, a z zaostrzeniem amerykańskich przepisów sanitarnych z drugiej. Koszty instalacji technicznych urządzeń uzdatniania wody, które zapewniłyby odpowiednią poprawę jej jakości u odbiorców, zostały oszacowane na minimum 6 mld USD, a średni koszt ich rocznej eksploatacji na 300 mln USD (Appleton 2012). Aby ocenić alternatywne możliwości rozwiązania tej kwestii, przeprowadzono wielokryterialną analizę aspektów finansowych, społecznych i środowiskowych. Okazało się, że kompleksowe i interdyscyplinarne działania w zlewniach zapewnią wymaganą poprawę jakości wody surowej i utrzymanie jej w przyszłości przy znacznie mniejszym budżecie (oszacowanym na 1,5 mld USD w okresie 10 lat). Dodatkową korzyścią była perspektywa znaczącej poprawy jakości środowiska naturalnego oraz rolnego (zamiast naprawiania skutków jego zanieczyszczenia za pomocą technologii uzdatniania wody), a także wsparcie finansowe lokalnych społeczności zamieszkujących zlewnie.

W celu realizacji tego programu, zakładającego poprawę jakości wody dzięki zasadom ochrony środowiska i wykorzystaniu usług ekosystemów, zostało stworzone partnerstwo, którego najważniejsi członkowie to władze miasta Nowy Jork i władze lokalne miejscowości istniejących na obszarze zlewni, agencje rządowe i federalne, rolnicy, instytucje środowiskowe i rolne, eksperci, mieszkańcy.



Rys. 9. Udział zlewni Daleware i Catskill w systemie zaopatrzenia miasta Nowy Jork w wodę

Źródło: New York City Department of Environmental Protection, www.nyc.gov/dep.

Program zakładał szeroki zakres różnorodnych działań podejmowanych lub finansowych przez miasto Nowy Jork, z których najistotniejsze to (Appleton 2012):

- wykup obszarów kluczowych dla utrzymania jakości wody, zapewnienie odpowiednich sposobów gospodarowania nimi i pokrycia terenu (zalesienia, a także utrzymanie lub stworzenie obszarów naturalnych, szczególnie mokradłowych, przyczyniających się do poprawy jakości wody);
- odbudowa naturalnego biegu cieków wodnych oraz ich renaturalizacja, ochrona i odtwarzanie obszarów mokradłowych;
- stosowanie w rolnictwie dobrych praktyk mających na celu zmniejszenie oddziaływania na środowisko, a szczególnie jakość wód;
- opracowanie planów kontroli zanieczyszczeń dla indywidualnych gospodarstw przez powołane zespoły eksperckie w ścisłej współpracy z właścicielami tych gospodarstw;
- po zatwierdzeniu ww. planu właścicielowi gospodarstwa była przydzielana odpowiednia kwota na dostosowanie działalności do założeń planu oraz stałe roczne dopłaty na pokrycie dodatkowych kosztów lub ewentualnego zmniejszenia zysków.

Udział w programie był dobrowolny dla rolników zamieszkujących zlewnie. Jednak dzięki odpowiedniemu skalkulowaniu dopłat oraz aktywnej działalności służb lokalnych, po pięciu latach aż 93% gospodarstw rolnych przystąpiło do niego (Vintinner 2008). Dzięki temu udało się osiągnąć niespodziewanie dobre rezultaty. Przede wszystkim o 75–80% zmniejszył się ładunek zanieczyszczeń trafiających do wód rzek z gospodarstw rolnych, dzięki czemu woda w mieście Nowy Jork jest bardzo wysokiej jakości. Tym samym udało się uniknąć wydatku ogromnych kwot ze środków publicznych na instalację i eksploatację urządzeń technicznych, co zresztą zaowocowało brakiem znaczących podwyżek w opłatach za wodę (charakterystycznych dla innych miast w Stanach Zjednoczonych w tym okresie). Program stanowił inspirację dla podobnych działań w całym Stanach Zjednoczonych i na świecie, przyczynił się do popularyzacji programów rolno-środowiskowych jako alternatywy dla inwestycji w twardą infrastrukturę.

Najtrudniejszym elementem programu były kwestie społeczne, w szczególności zbudowanie porozumienia między władzami miasta a rolnikami (opracowanie wyżej opisanych zasad programu zajęło niemal 2 lata). Udało się to tylko dlatego, że obie strony jasno formułowały swoje oczekiwania (ze strony miasta – wysoka jakość wody dla mieszkańców, ze strony rolników – możliwość prowadzenia opłacalnej działalności rolniczej i zachowanie tradycyjnych wartości i stylu życia). Istotny był również fakt, że rolnicy mieli duży udział w opracowaniu zasad

funkcjonowania programu (wysokość dopłat, opracowanie planów dla indywidualnych gospodarstw itp.), a miasto umożliwiło im samodzielne zorganizowanie procesów konsultacyjnych i wypracowanie tych zasad.

Olbrzymią barierą była również konieczność przełamania silosowości zarządzania miastem, zakres merytoryczny programu obejmował kompetencje szeregu jednostek miejskich, w tym przedsiębiorstw wodociągowych i kanalizacyjnych, wydziałów: zdrowia, rolnictwa, ochrony środowiska i rozwoju lokalnego (Appleton 2012). Porozumienie pomiędzy nimi, a szczególnie pogodzenie ich branżowych wymogów i regulacji było bardzo złożone, jednak dzięki konsekwentnym i zdecydowanym działaniom władz miasta udało się to osiągnąć i doprowadzić do operacjonalizacji programu.

Program jest niezwykle ciekawym przykładem tego, jak można finansować i organizować ochronę środowiska naturalnego i wsparcia lokalnych społeczności (zwłaszcza tych zagrożonych wykluczeniem) za pomocą wprowadzania opłat za usługi ekosystemów. A także tego jak zamiast konwencjonalnych metod (zwłaszcza technicznych) stosować tańsze rozwiązania, które choć bardziej złożone i czasochłonne, dostarczają wielu dodatkowych korzyści, tworząc zrównoważony i trwały system. W przypadku opisywanej tutaj dobrej praktyki poza zapewnieniem wysokiej jakości wody w nowojorskich wodociągach (przy dużo mniejszych nakładach finansowych) udało się również uzyskać szereg korzyści dla mieszkańców zlewni, z których najważniejsze to ochrona cennych przyrodniczo obszarów, zachowanie tradycyjnego rolniczego charakteru użytkowania tych terenów, poprawa jakości lokalnych wód powierzchniowych i podziemnych, stworzenie nowych możliwości działalności zarobkowej (np. nowe działy rolnictwa, leśnictwo, agroturystyka), zmniejszenie ryzyka powodziowego, skuteczniejsza sekwestracja dwutlenku węgla przez roślinność.

7.7. Podsumowanie

Powyższy rozdział stanowi wybór dobrych praktyk z zakresu ograniczania śladu wodnego. Mamy pełną świadomość, że istnieje wiele innych dobrych przykładów zarówno na świecie, jak w Polsce, gdzie inicjuje się coraz więcej ciekawych i innowacyjnych projektów, szczególnie dzięki aktywności i coraz większemu profesjonalizmowi władz samorządowych. Na pewno nie sposób opisać tych wszystkich dobrych przykładów, a nawet ich wymienić, w ograniczonej formie pojedynczego rozdziału. Z drugiej strony będziemy wdzięczni za dzielenie się nimi i przesyłanie odpowiednich informacji do redakcji lub bezpośrednio do autora rozdziału.

W materiałach zaprezentowanych w tym rozdziale duży nacisk został położony na kwestie zielonej infrastruktury w powiązaniu z wodami deszczowymi. Wynika to przede wszystkim z niezwyklej aktualności tej tematyki oraz faktu, że jest to olbrzymie wyzwanie dla polskich miast. Dodatkowo znaczenie i stopień złożoności tej kwestii będą rosły w najbliższej przyszłości, ze względu na postępującą urbanizację, rozprzestrzenianie się miast, silne uszczelnianie ich powierzchni, jak również zmiany wzorców opadów atmosferycznych, spowodowanych zmianami klimatu. Poza tym działania z tego zakresu charakteryzują się niezwyklej interdyscyplinarnością i złożonością, a analiza sposobu rozwiązania tak wielowarstwowych zagadnień, opisanego w zaprezentowanych dobrych praktykach, stanowi źródło inspiracji, które może być wykorzystane w planowaniu wszelkich działań, nie tylko tych związanych ze śladem wodnym miast.

Bibliografia

- Appleton A. F.**, (2012), *How New York City Used an Ecosystem Services Strategy Carried out Through an Urban-Rural Partnership to Preserve the Pristine Quality of Its Drinking Water and Save Billions of Dollars*, [w:] Water Commons, Water Citizenship and Water Security: Revolutionizing Water Management and Governance for Rio + 20 and Beyond. Our Water Commons, Minneapolis.
- Bergier T.**, (2017), *Aspekty ekohydrologiczne*, Aneks IV do „Kierunków Rozwoju i Zarządzania Terenami Zieleni w Krakowie na lata 2017–2030”, Urząd Miasta Krakowa.
- Bergier T., Kronenberg J., Wagner I.**, (2014), *Woda w mieście*, Zrównoważony Rozwój – Zastosowania 5, Fundacja Sendzimira, Kraków (dostępne pod adresem: www.sendzimir.org.pl/magazyn5).
- Bokern A.**, (2014), *Flood tactics. Water Square in Rotterdam by De Urbanisten*, Uncube Magazine.
- Cichoń T.**, (2017), *Monitorowanie strat wody w wydzielonych strefach sieci wodociągowej z zastosowaniem infrastrukturalnego wskaźnika wycieków*, „Woda i My”, 09/2017.
- Cichoń T., Królikowska J.**, (2017), *Efforts to Reduce Water Losses in Large Water Companies*, „Ekonomia i Środowisko”, 1 (60).
- De Urbanisten**, (2015), *Water Square Bentemplein*, Rotterdam.

- Fundacja Sendzimira**, (2016), *Instruktaże filmowe tworzenia ogrodów deszczowych*, Fundacja Sendzimira, Kraków (<http://sendzimir.org.pl/node/649>).
- Fundacja Sendzimira**, (2018), *Wytyczne budowy ogrodów deszczowych*, Fundacja Sendzimira, Kraków (<http://www.sendzimir.org.pl/publikacje/ogrody-deszczowe>).
- Fundacja Sendzimira**, (2019), *Mapa miejsc sprzyjających retencji*, Fundacja Sendzimira, Kraków (http://www.sendzimir.org.pl/Mapa_miejsc_sprzyjajacych_retencji).
- MPWiK**, (2016), *Raport Roczny*, Wodociągi Krakowskie, Kraków.
- Sustainable Business Network**, (2016), *The Economic Impact of the Green City Clean Waters Program. Final Report*, Sustainable Business Network, Philadelphia.
- Silva M. M., Costa J. P.**, (2018), *Urban Floods and Climate Change Adaptation: The Potential of Public Space Design When Accommodating Natural Processes*, „Water”, 10, 180.
- Vintinner E. C.**, (2008), *Thirsty Metropolis: A Case Study of New York City's Drining Water*, American Museum of Natural History, Lessons in Conservation.
- Żaba T.**, (2014), *Straty wody i działania dla ich ograniczenia*, Część 1 – „Woda i My”, 09/2013; Część 2 – „Woda i My”, 04/2014.



dr hab. Piotr P. Małecki – naukowiec, dydaktyk, pracownik Katedry Polityki Przemysłowej i Ekologicznej, kierownik Zakładu Ekonomiki Ochrony Środowiska Uniwersytetu Ekonomicznego w Krakowie. Łącząc zainteresowania z dziedziny ekonomii środowiskowej i przemysłu specjalizuje się w kwestiach związanych z instrumentami ekonomicznymi w ochronie środowiska. W szczególności interesuje się zagadnieniami opłat i podatków ekologicznych. Inne obszary zainteresowań i dokonań badawczych to: sprawozdawczość statystyczna i efektywność ekonomiczna projektów w ochronie środowiska oraz koszty środowiskowe w przedsiębiorstwach. Członek Komisji Gospodarki Wodnej PAN Oddział w Krakowie. Członek Grupy zadaniowej do spraw rachunków środowiskowych GUS.

.....



Ksymena Rosiek – naukowiec, dydaktyk, pracownik Katedry Polityki Przemysłowej i Ekologicznej Uniwersytetu Ekonomicznego w Krakowie. Łącząc zainteresowania z dziedziny zarządzania zasobami środowiska, ekonomii społecznej i przemysłu specjalizuje się w kwestiach związanych z rozwojem zrównoważonym. W szczególności interesuje się ekosystemami miasta, zieloną i niebieską infrastrukturą, a więc między innymi kwestiami wody i efektywności energetycznej. Gospodarowanie wodami opadowymi z perspektywy ekonomicznej, koszty i korzyści środowiskowe w kontekście gospodarki o obiegu zamkniętym (circular economy) są przedmiotem obecnie prowadzonych badań. Członek międzynarodowych zespołów badawczych oraz wieloletnia współpracowniczka badaczy z Japonii.

.....

8. Finansowanie przedsięwzięć z zakresu gospodarki wodno-ściekowej

8.1. Źródła i formy finansowania inwestycji środowiskowych

Inwestycja to proces polegający na budowie lub skompletowaniu określonych środków trwałych, przy czym środki trwałe to kompletne i nadające się do użytkowania (w dniu przyjęcia do tego użytkowania) zasoby majątkowe o przewidywanym okresie użytkowania dłuższym niż rok (np. budynek fabryczny, instalacja produkcyjna, samochód). Inwestycje w ochronie środowiska (proekologiczne) to takie inwestycje, których jedynym lub głównym celem jest ograniczenie negatywnego oddziaływania na środowiska przyrodnicze w wyniku prowadzonej przez człowieka działalności – produkcyjnej (np. odprowadzanie do rzeki z fabryki

nieoczyszczonych ścieków) lub nieprodukcyjnej (np. emisja pyłów z węglowych kotłowni przydomowych).

Inwestycje proekologiczne dzielą się na dwie grupy: „końca rury” (wyłączny cel proekologiczny) i zintegrowane (główny cel proekologiczny). Pierwsze z wymienionych to takie, które nie ingerują w proces produkcyjny, lecz jedynie redukują bądź unieszkodliwiają zanieczyszczenia, które powstają w wyniku produkcji i są emitowane do otoczenia (np. budowa zakładowej oczyszczalni ścieków). Warto zwrócić uwagę, że produkcja może być nadal prowadzona bez takiej inwestycji. Natomiast inwestycje zintegrowane to takie, które prowadzą do zmniejszenia ilości wytwarzanych zanieczyszczeń, ale poprzez modyfikację procesów technologicznych (np. wprowadzanie zamkniętego obiegu chłodzenia w elektrociepłowni). Po ich zrealizowaniu inwestor uzyskuje, obok efektów bezpośrednio w ochronie środowiska, także inne efekty, np. w postaci oszczędności energii lub wody.

Trzeba pamiętać również, że część inwestycji związanych z szeroko rozumianym gospodarowaniem wodami zaliczana jest do inwestycji z zakresu ochrony środowiska (głównie te związane ze ściekami), a część – do inwestycji z zakresu gospodarki wodnej (ujęcia wody, ochrona przeciwpowodziowa, transport rzeczny i morski) – tabela 1.

Tabela 1. Inwestycje związane z gospodarowaniem wodami

Ochrona środowiska	Gospodarka wodna
<ul style="list-style-type: none"> – gospodarka ściekowa i ochrona wód: <ul style="list-style-type: none"> • urządzenia do unieszkodliwiania i oczyszczania ścieków przemysłowych, komunalnych, wód opadowych oraz zanieczyszczonych wód kopalnianych odprowadzanych bezpośrednio do wód powierzchniowych i do ziemi; • urządzenia do gospodarczego wykorzystania ścieków, do utylizacji, gromadzenia i transportu wód zasolonych, do gromadzenia ścieków; • wyposażanie oczyszczalni ścieków w urządzenia i aparaturę kontrolno-pomiarową; • budowa kanalizacji sanitarnej odprowadzającej ścieki oraz wody opadowe; • urządzenia do przeróbki i zagospodarowania osadów z oczyszczalni ścieków; • systemy obiegowego zasilania wodą; • zabezpieczenia przed przenikaniem do rzek, mórz oraz innych akwenów zanieczyszczeń powstających przy transporcie wodnym; • tworzenie stref ochrony źródeł i ujęć wody. – ochrona wód podziemnych i powierzchniowych (budowa, utrzymanie i obsługa urządzeń służących do neutralizacji zanieczyszczeń gleby, oczyszczania wód podziemnych, zapobieganie infiltracji zanieczyszczeń do gleby i wód podziemnych); – działalność badawczo-rozwojowa; – pozostałe (w tym: edukacja i szkolenia). 	<ul style="list-style-type: none"> – inwestycje związane z zaopatrzeniem w wodę (łącznie z urządzeniami uzdatniającymi oraz wodną siecią magistralną i rozdzielczą); – budowa laboratoriów kontroli jakości wody (w tym automatycznych stacji pomiaru jakości wody); – budowa: zbiorników retencyjnych (poza zbiornikami przeciwpożarowymi i wyrównania dobowego), stopni wodnych, żeglugowych i energetycznych oraz śluz i jazów; – regulacja rzek i zabudowa potoków, budowa obwałowań przeciwpowodziowych; – budowa stacji pomp na zwałach i obszarach depresyjnych.

Źródło: *Rocznik statystyczny, Ochrona Środowiska. GUS, Warszawa 2018, s. 183 i nast.*

Istnieje wiele mniej lub bardziej rozbudowanych klasyfikacji źródeł finansowania inwestycji proekologicznych w Polsce. W najprostszym ujęciu występuje podział na źródła krajowe oraz zagraniczne, a te z kolei dzielą się odpowiednio na: budżetowe, z funduszy ekologicznych i prywatne oraz: z budżetu Unii Europejskiej, z budżetów innych państw i z budżetów instytucji międzynarodowych. W rozbudowanej postaci pokazuje to rysunek 1.

Zgodnie z oficjalną statystyką GUS inwestycje w ochronie środowiska finansowane są z sześciu źródeł. Są to:

- 1) fundusze własne (przedsiębiorstw i innych jednostek organizacyjnych),
- 2) budżety (centralny, wojewódzkie, powiatowe, gminne),
- 3) fundusze ekologiczne (głównie: narodowy [NFOŚiGW] oraz wojewódzkie – fundusze ochrony środowiska i gospodarki wodnej [WFOŚiGW]),
- 4) inne instytucje finansowe (krajowe),
- 5) środki zagraniczne,
- 6) pozostałe źródła.

Podstawowym źródłem finansowania inwestycji w ochronie środowiska w Polsce są środki własne przedsiębiorstw. Ogółem ponad połowa inwestowanych środków pochodzi z tego źródła. W nieco mniejszym stopniu dotyczy to obszaru gospodarki wodnej. W obu jednak przypadkach widać tendencję wzrostową – pomiędzy 2000 r. a 2017 r. dość wyraźnie wzrósł udział finansowania inwestycji proekologicznych z funduszy własnych (por. tabela 2).

Tabela 2. Źródła finansowania inwestycji w ochronie środowiska ogółem i w gospodarce wodnej w latach 2000 i 2017

Wyszczególnienie	Ogółem				Gospodarka wodna			
	2000		2017		2000		2017	
	mln zł	%	mln zł	%	mln zł	%	mln zł	%
Fundusze własne	3 508,5	53,4	4 361,4	63,9	750,3	45,4	946,1	45,8
Środki budżetowe	354,8	5,4	211,6	3,1	340,5	20,6	471,0	22,8
Środki z zagranicy	256,2	3,9	825,9	12,1	216,5	13,1	380,1	18,4
Fundusze ekologiczne	1 314,1	20,0	662,1	9,7	147,1	8,9	159,1	7,7
Inne instytucje finansowe (krajowe)	768,7	11,7	477,8	7,0	67,8	4,1	82,6	4,0
Pozostałe źródła	367,9	5,6	286,7	4,2	130,6	7,9	26,9	1,3
Razem	6 570,3	100	6 825,4	100	1 652,7	100	2 065,7	100

Źródło: Opracowanie własne na podstawie Ochrona Środowiska 2018, GUS, Warszawa 2018.

Tendencja wzrostu udziału środków własnych w finansowaniu inwestycji proekologicznych jest słuszna, gdyż wynika z istoty gospodarki rynkowej, w tym zasady „zanieczyszczający płaci». Środki pochodzące z amortyzacji i zysku przedsiębiorstw są wspierane przez różnorodne rodzaje kredytów i pożyczek¹.

Jak widać (por. tabela 2), w 2017 r. zdecydowanie największym źródłem finansowania inwestycji w ochronie środowiska są środki własne. Ich udział w całości źródeł finansowania liczonych wg wartości inwestycji to 63,9%, nieco mniej w samej gospodarce wodnej – 45,8%. W obu wypadkach nastąpił wzrost tego udziału w stosunku do 2000 r., jednak nieznaczny – w gospodarce wodnej. Tak więc w porównywanym okresie widać generalnie spadek finansowania inwestycji proekologicznych ze środków obcych. Jest to zapewne wynikiem malejącego zapotrzebowania na takie inwestycje, gdyż wiele efektów zostało już uzyskanych (co nie znaczy, że w pewnych obszarach nadal nie występują potrzeby). Jeśli idzie o udział gospodarki wodnej w całości finansowania inwestycji proekologicznych, to wynosił on w 2000 r. około 1/4 i wzrósł w 2017 r. do około 30%.

Według danych GUS zdecydowanie dominującą grupą inwestorów z zakresu inwestycji proekologicznych (w sensie wydatkowania środków pieniężnych) są przedsiębiorstwa, których udział wyniósł w 2017 r. 70%. Udział pozostałych grup inwestorów, tj. gmin i jednostek budżetowych był znacznie mniejszy (gmin – 24%). Natomiast w zakresie gospodarki wodno-ściekowej i ochrony wód wyglądało to zupełnie inaczej. Najwyższy był bowiem udział jednostek budżetowych, gdyż wynosił około 44%, a przedsiębiorstw i gmin odpowiednio – 37% oraz 19%.

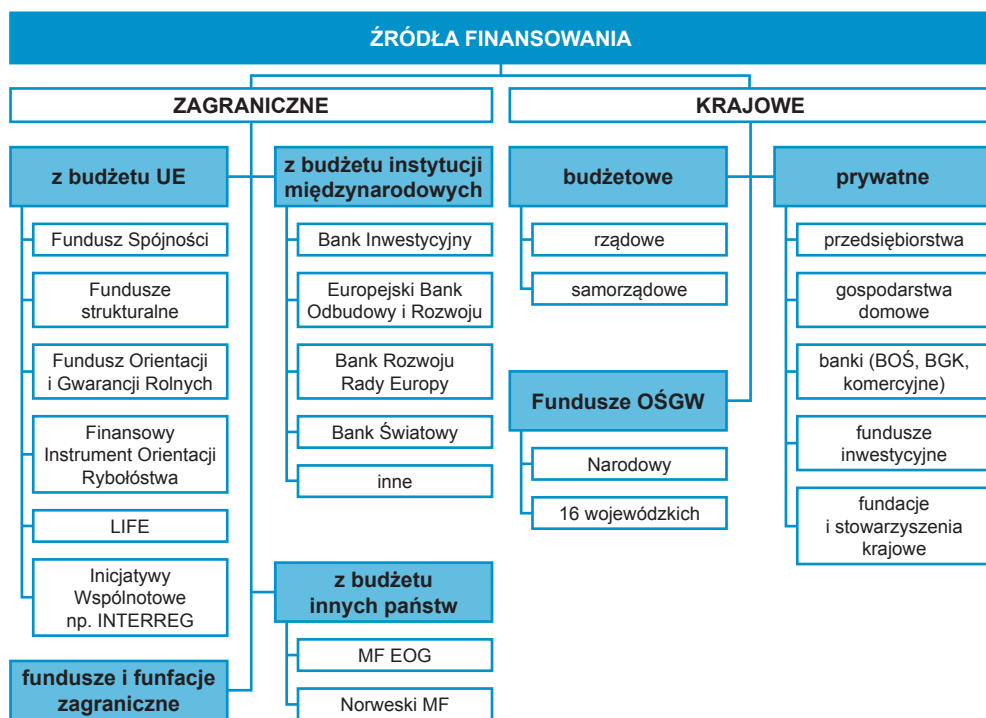
Fundusze ekologiczne (INFOŚIGW i WFOŚIGW) zalicza się do tzw. funduszy celowych. Najogólniej mówiąc fundusz celowy to pewna forma organizacyjna sektora finansów publicznych. Jej przychody pochodzą ze środków publicznych, a koszty są ponoszone na realizację wyodrębnionych zadań, w tym przypadku – związanych z ochroną środowiska. Fundusze ekologiczne w odniesieniu do projektów proekologicznych stosują zarówno finansowanie zwrotne (pożyczki, kredyty, konsorcja), jak i bezzwrotne (dotacje, dopłaty, umorzenia) oraz dodatkowo finansowanie kapitałowe (akcje, udziały, obligacje) i w niewielkim stopniu inne (np. poręczenia). Powiatowe i gminne budżety środowiskowe (dawniej powiatowe i gminne fundusze ochrony środowiska i gospodarki wodnej²) finansują projekty w ochronie środowiska wyłącznie w formie bezzwrotnej (dotacje).

¹ K. Górka, *Kontrowersje wokół stosowania funduszy ekologicznych w celu realizowania polityki gospodarczej w ochronie środowiska*, [w:] *Ocena funduszy ekologicznych w świetle ich dalszego funkcjonowania w Polsce* (K. Górka i P. P. Małecki red.), Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego w Krakowie, Kraków 2011, s. 121.

² Zastąpione od 2011 r. przez budżety środowiskowe – działające na praktycznie identycznych zasadach.

Preferencyjne niskooprocentowane kredyty bankowe mogą być udzielane dzięki dopłatom do oprocentowania udzielanym bankom głównie przez NFOŚiGW i WFOŚiGW. Przede wszystkim takich kredytów udziela Bank Ochrony Środowiska (BOŚ), w dalszej kolejności Bank Gospodarstwa Krajowego, a także niektóre inne.

Pomoc finansowa z zagranicy na inwestycje w ochronie środowiska udzielana jest Polsce w ramach funduszy UE oraz krajów współpracujących (Norwegia, Lichtenstein, Islandia). Największa liczba projektów (777 w 2016 r.) była finansowana przez Program Operacyjny Infrastruktura i Środowisko (POiŚ) – Fundusz Spójności, a także Norweski Mechanizm Finansowy i Mechanizm Finansowy Europejskiego Obszaru Gospodarczego (razem 151 w 2016 r.)³. W mniejszym stopniu finansowanie to odbywa się poprzez pozostałe fundusze POiŚ (m.in. Europejski Fundusz Rozwoju Regionalnego) oraz Instrument Finansowy LIFE+ (szerzej: podrozdział 8.2).



Rys. 1. Źródła finansowania inwestycji w ochronie środowiska

Źródło: Opracowanie własne.

³ Ochrona Środowiska 2017, GUS, Warszawa 2017, s. 457.

Istnieją różne formy finansowania inwestycji w ochronie środowiska. W najogólniejszym ujęciu można wydzielić następujące:

- preferencyjne (niskooprocentowane) pożyczki i kredyty funduszy ekologicznych,
- preferencyjne (niskooprocentowane) kredyty bankowe,
- dotacje i dopłaty,
- kredyty komercyjne,
- finansowanie bezpośrednio ze środków własnych,
- preferencje fiskalne,
- inne (konsorcja, poręczenia itp.),
- różne formy finansowania z zagranicy.

Bardziej szczegółowy przegląd form finansowania przedsięwzięć w ochronie środowiska stosowanych w Polsce pokazano w tabeli 3.

Tabela 3. Formy finansowania przedsięwzięć ochrony środowiska w Polsce

Podmioty finansujące	Forma finansowania przedsięwzięć ochronnych	
Podmioty gospodarcze	– zysk zatrzymany – wpływ z emisji akcji, obligacji	– dochody z tytułu sprzedaży udziałów w obcych spółkach
Banki	– kredyty komercyjne ze środków własnych banku – kredyty komercyjne ze środków powierzonych – kredyty preferencyjne ze środków własnych banku z dopłatą do oprocentowania od innych instytucji finansowych, np. funduszy ekologicznych	
Fundusze Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej	– dotacje – niskooprocentowane pożyczki – dopłaty do kredytów preferencyjnych	– umorzenia części kwoty pożyczki – zakup akcji lub udziałów w spółkach podejmujących przedsięwzięcia proekologiczne
Jednostki samorządowe	– wpływy z podatków – subwencje, dotacje	– wpływy z emisji obligacji
Budżet państwa	– dotacje i subwencje	– ulgi i zwolnienia podatkowe
Fundusze inwestycyjne	– udziały kapitałowe w przedsięwzięciach proekologicznych	
Zagraniczne instytucje finansowe	– granty i darowizny – pożyczki i kredyty preferencyjne	– kredyty komercyjne – udziały kapitałowe w przedsięwzięciach proekologicznych

Źródło: Opracowanie własne na podstawie K. Rosiek, Metody oceny skuteczności projektów ochrony środowiska w Polsce, współfinansowanych ze źródeł zagranicznych na przykładzie gospodarki wodno-ściekowej. Rozprawa doktorska, nie publikowana, Uniwersytet Ekonomiczny w Krakowie, Kraków 2011, s. 112–117; J. Famielec (red.), System finansowania ochrony środowiska w Polsce w warunkach integracji z Unią Europejską, Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej w Krakowie, Kraków 2005, s. 45.

8.2. Mechanizmy i programy finansowania przedsięwzięć z zakresu ochrony środowiska i gospodarki wodnej

Możliwość współfinansowania inwestycji w zakresie ochrony środowiska i gospodarki wodnej w Polsce znacząco wzrosła po przystąpieniu do Unii Europejskiej (por. tabela 2). Jak już wspomniano, inwestycje w ochronę środowiska (OŚ) i gospodarkę wodną (GW) można współfinansować zarówno ze źródeł zagranicznych, jak i krajowych. Odróżnić należy źródło finansowania od instytucji, do której się należy zwrócić (instytucja wdrażająca/zarządzająca niższego stopnia) w celu uzyskania dofinansowania. Często jest tak, że ta sama instytucja może zarządzać środkami z różnych źródeł zagranicznych i krajowych.

W tym podrozdziale zostaną skrótowo przedstawione najważniejsze instrumenty współfinansowania przedsięwzięć, przy czym – ze względu na ograniczenia objętościowe – skupiono się na tych najważniejszych. Dokonano wyboru celów i priorytetów związanych z gospodarowaniem wodami. Załączone linki pozwolą poszerzyć potrzebne informacje u źródeł.

Chcąc uzyskać dofinansowanie należy dopasować odpowiednie źródło współfinansowania do celu przedsięwzięcia proekologicznego, miejsca jego realizacji czy też grupy beneficjentów. Konieczne jest więc podstawowe rozeznanie w rodzajach źródeł finansowego wsparcia⁴, jak również możliwych kierunkach wydatkowania. Cel przedsięwzięcia musi być bowiem zawsze zgodny z celami programu, w ramach którego środki są wydatkowane.

Zagraniczne źródła finansowania można najogólniej podzielić na pochodzące z budżetu Unii Europejskiej (bezpośrednio poprzez programy zarządzane przez Komisję Europejską lub pośrednio przez struktury organizacyjne utworzone w każdym państwie członkowskim dla zarządzania tymi środkami), z budżetu innych państw oraz budżetów innych instytucji (rysunek 1).

W tabeli 4 zawarto zestawienie źródeł finansowania, programów, w ramach których są udostępniane, instytucji wdrażających (podano również strony internetowe). Skupiono się na przedsięwzięciach związanych z gospodarowaniem wodami.

Do najważniejszych źródeł wspierania rozwoju regionów i państw członkowskich UE zalicza się fundusze strukturalne i Fundusz Spójności. Fundusze strukturalne powstały w latach 1957–1988, a Fundusz Spójności w 1992 r., a potem ulegały reformom. Istotnym źródłem finansowania przedsięwzięć w OŚ i GW są środki przekazywane w ramach wspólnej polityki rolnej i rybackiej.

⁴ https://ec.europa.eu/info/funding-tenders_pl.

Dziś do najważniejszych funduszy strukturalnych i inwestycyjnych zaliczyć należy:

- Europejski Fundusz Rozwoju Regionalnego (EFRR)⁵,
- Europejski Fundusz Społeczny (EFS)⁶,
- Fundusz Spójności (FS)⁷,
- Europejski Fundusz Rolny na rzecz Rozwoju Obszarów Wiejskich (EFRROW)⁸,
- Europejski Fundusz Morski i Rybacki (EFMR)⁹.

Ponadto funkcjonuje jeszcze Fundusz Solidarności Unii Europejskiej (FSUE)¹⁰, który zapewnia wsparcie w przypadku poważnych klęsk żywiołowych oraz od stycznia 2007 roku Instrument pomocy przedakcesyjnej (IAP)¹¹ udostępniony dla krajów kandydujących. Zastąpił on wcześniej istniejące instrumenty znane w Polsce, takie jak PHARE, ISPA, SAPARD.

W tabeli 4 wskazano głównie na źródła zagraniczne, ale należy pamiętać, że udostępniane są również krajowe zasoby finansowe. Jako przykład został podany Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej, który z jednej strony pełni ważną rolę w strukturze systemu zarządzania środkami z zagranicy, a z drugiej udostępnia również środki krajowe. Do innych istotnych instytucji wspierających inwestorów przez preferencyjne kredyty i pożyczki należy Bank Ochrony Środowiska (BOŚ¹²) oraz Bank Gospodarstwa Krajowego (BGK¹³).

Zaznaczyć należy, że część inwestycji mogłaby być finansowana z różnych źródeł unijnych, aby wyraźnie rozgraniczyć, które projekty mogą być finansowane z którego programu, przyjęto dokument pt. Linia demarkacyjna pomiędzy Programami Operacyjnymi Polityki Spójności, Wspólnej Polityki Rolnej i Wspólnej Polityki Rybackiej z 4 marca 2014 roku¹⁴, który przypisuje konkretne pro-

⁵ EFR https://ec.europa.eu/regional_policy/pl/funding/erdf/ oraz <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/pl/TXT/?uri=CELEX:32013R1301>.

⁶ EFS https://ec.europa.eu/regional_policy/pl/funding/social-fund/ oraz <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/pl/TXT/?uri=CELEX:32013R1304>.

⁷ FS https://ec.europa.eu/regional_policy/pl/funding/cohesion-fund/ oraz <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/pl/TXT/?uri=CELEX:32013R1300>.

⁸ https://ec.europa.eu/agriculture/rural-development-2014-2020_pl.

⁹ https://ec.europa.eu/fisheries/cfp_pl.

¹⁰ https://ec.europa.eu/regional_policy/pl/funding/solidarity-fund/.

¹¹ https://ec.europa.eu/regional_policy/pl/funding/ipa/.

¹² <https://www.bosbank.pl/przedsiębiorstwa/finansowanie-1/fundusze-europejskie/europejska-oferta>.

¹³ <https://rpo.bgk.pl/>.

¹⁴ Linia demarkacyjna pomiędzy Programami Operacyjnymi Polityki Spójności, Wspólnej Polityki Rolnej i Wspólnej Polityki Rybackiej z 4 marca 2014 roku https://www.fundusze-europejskie.gov.pl/Dokumenty/Lists/Dokumenty%20programowe/Attachments/99/linia_demarkacyjna_040314.pdf (data dostępu: 12.12.2018 r.).

jekty do konkretnych źródeł finansowania według kryteriów celu, lokalizacji, beneficjentów czy też kryteriów finansowych (maksymalny bądź minimalny budżet) – tabela 5. W tabeli tej skupiono się na najważniejszych priorytetach związanych najbliżej z wodą, pominięto takie jak edukacja, turystyka, czy nawet ochrona przyrody.

Między Funduszami strukturalnymi i inwestycyjnymi UE (EFRR, EFS, FS, EFRROW, EFMR) a funduszem LIFE, finansowanym bezpośrednio z budżetu UE, nie ma linii demarkacyjnej, a więc te same zadania mogą być finansowane z jednego lub drugiego źródła, przy czym pamiętać należy, że Fundusz LIFE jest nastawiony bardziej na kwestie ochrony przyrody i zmian klimatu, a projekty z niego finansowane muszą generować „europejską wartość dodaną”.

Przedsięwzięcia mogą być również współfinansowane z Programów współpracy międzyregionalnej lub międzynarodowej, takich jak Interreg¹⁵, Współpraca transnarodowa w Europie Środkowej¹⁶ czy też Urbact¹⁷, które zawierają w swoich priorytetach np. zwiększanie zdolności zintegrowanego zarządzania środowiskiem w celu ochrony i zrównoważonego użytkowania dziedzictwa naturalnego i zasobów naturalnych, jednak nie zostały umieszczone w tabeli, gdyż skupiono się tam na największych i najważniejszych źródłach finansowania.

Drugim źródłem zagranicznym są środki finansowe udostępniane w ramach Mechanizmu Finansowego Europejskiego Obszaru Gospodarczego (MF EOG) oraz Norweskiego Mechanizmu Finansowego (NMF). W ramach priorytetów obu mechanizmów finansowych można znaleźć cele związane z gospodarowaniem wodami.

Możliwe jest również pozyskiwanie środków z funduszy udostępnianych w ramach umów bilateralnych.

¹⁵ https://ec.europa.eu/regional_policy/pl/atlas/programmes/2014-2020/poland/2014tc16fir001.

¹⁶ https://ec.europa.eu/regional_policy/pl/atlas/programmes/2014-2020/poland/2014tc16rftn003.

¹⁷ https://ec.europa.eu/regional_policy/pl/atlas/programmes/2014-2020/poland/2014tc16fir003.

Tabela 4. Źródła finansowania inwestycji w gospodarowaniu wodami

Źródło	Program	Instytucja pośrednicząca/wdrażająca	Wybrane priorytety gospodarowania wodami	Odesłania
Z budżetu UE				
Fundusz Spójności	Program Operacyjny Infrastruktura i Środowisko	NFOŚiGW	<p>Działanie 2.1. Adaptacja do zmian klimatu wraz z zabezpieczeniem i zwiększeniem odporności na klęski żywiołowe, w szczególności katastrofy naturalne oraz monitoring środowiska</p> <p>Działanie 2.3. Gospodarka wodno-ściekowa w aglomeracjach</p>	<p>http://nfosigw.gov.pl/oferta-finansowania/srodki-zagraniczne/program-operacyjny-infrastruktura-i-srodowisko-2014-2020/</p>
Europejski Fundusz Rozwoju Regionalnego EFRR Europejski Fundusz Społeczny EFS	Regionalne Programy Operacyjne	w zależności od priorytetu	W każdym regionalnym programie operacyjnym są zawarte priorytety dotyczące gospodarowania wodami	<p>http://www.funduszeuropejskie.gov.pl/strony/ofunduszach/dokumenty/#/domyslne=1/10501=1616</p> <p>https://ec.europa.eu/regional_policy/pl/atlas/managing-authorities/?search=1&key words=S.countryCode=PL&typeId=ALL</p>
Granty Komisji Europejskiej	LIFE – program działań na rzecz środowiska i klimatu	Komisja Europejska Krajowy Punkt Kontaktowy: NFOŚiGW	<ul style="list-style-type: none"> Podprogram na rzecz środowiska (1) – ukierunkowany na ochronę wód, powietrza i wdrażanie dyrektyw unijnych w zakresie ochrony środowiska, a także ochronę przyrody; Podprogram na rzecz klimatu (2) – ukierunkowany na ochronę klimatu, adaptację do zmian klimatu oraz informację w tym zakresie. <p>Np. ochrona torfowisk, mokradeł, niebieskie korytarze ekologiczne, renaturyzacja sieci hydrograficznej.</p>	<p>https://ec.europa.eu/easme/en/life</p> <p>http://www.nfosigw.gov.pl/oferta-finansowania/srodki-zagraniczne/instrument-finansowy-life/</p>

Europejski Fundusz Rolny na rzecz Rozwoju Obszarów Wiejskich (EFRROW)	Program Rozwoju Obszarów Wiejskich (PROW)	Inwestycje mające na celu ochronę wód przed zanieczyszczeniami azotanami pochodzącymi ze źródeł rolniczych. Odtwarzanie, chronienie i wzmacnianie ekosystemów zależnych od rolnictwa i leśnictwa.	https://www.gov.pl/web/rolnictwo/-program-rozwoju-obszarow-wiejskich-2014-2020-prow-2014-2020 https://www.arimr.gov.pl/pomoc-unijna/prow-2014-2020.html
Europejski Fundusz Morski i Rybacki (EFMR)	PO Ryby	Budowa lub instalacja urządzeń związanych m. in. z rekultywacją wód śródlądowych.	https://mgm.gov.pl/pl/rybolowstwo/po-ryby-morze-2014-2020/ https://mgm.gov.pl/pl/rybolowstwo/po-ryby-morze-2014-2020/
Z zasobów europejskich funduszy strukturalnych i inwestycyjnych oraz kapitału prywatnego w wysokości co najmniej 30%	Instrument finansowy – Fundusz na rzecz rozwoju obszarów miejskich	Poprawa środowiska miejskiego rekultywacja	https://ec.europa.eu/regional_policy/pl/funding/financial-instruments/#1 http://www.eib.org/en/products/blending/esif/ https://www.fi-compass.eu/sites/default/files/publications/case-study_urban_development_fund_in_pomorskie_poland.pdf
Z budżetu innych państw i instytucji zagranicznych			
Kraje EFTA (Norwegia, Islandia, Lichtenstein)	MF EOG	Środowisko, energia i zmiany klimatu	http://www.nfosigw.gov.pl/oferta-finansowania/srodki-nonweskie/ http://www.eog.gov.pl
	Norweski MIF		
Środki krajowe			
Środki krajowe	NFOŚiGW programy priorytetowe	1.1. Gospodarka wodno-ściekowa w aglomeracjach 1.2. Budowa i przebudowa obiektów hydrotechnicznych	http://www.nfosigw.gov.pl/oferta-finansowania/srodki-krajowe/programy-priorytetowe/

Środki krajowe	NFOŚiGW programy priorytetowe	NFOŚiGW	1.3. Inwestycje w gospodarce ściekowej poza granicami kraju, w zlewni rzeki Bug 4.1. Ochrona i przywracanie różnorodności biologicznej i krajobrazowej 5.4. Przeciwdziałanie zagrożeniom środowiska z likwidacją ich skutków 5.6. Współfinansowanie programu LIFE 5.7. SYSTEM – Wsparcie działań ochrony środowiska i gospodarki wodnej realizowanych przez partnerów zewnętrznych	file:///C:/Users/KR/Downloads/lista_2018_2018-09-27.pdf
----------------	-------------------------------------	---------	--	---

Źródło: <http://nfosigw.gov.pl/oferta-finansowania/srodki-zagraniczne/srodko-finansowy-life/informacje-ogolne/>.

Tabela 5. Linia demarkacyjna dla inwestycji związanych z gospodarowaniem wodami

Dziedzina	Regionalne Programy Operacyjne	Programy Operacyjne na poziomie centralnym PO Infrastruktura i Środowisko (PO IiŚ)	PO Wspólnej Polityki Rolnej i Wspólnej Polityki Rybackiej
Gospodarka wodno-ściekowa	<ul style="list-style-type: none"> oczyszczanie ścieków, sieci kanalizacyjne oraz zaopatrzenie w wodę <p>Lokalizacja:</p> <ul style="list-style-type: none"> nie objęte z PROW projekty dla aglomeracji do 15 tys. RLM i w KPOŚK <p>Kryterium finansowe:</p> <ul style="list-style-type: none"> na obszarach objętych interwencją PROW: projekty do 4 mln PLN (poniżej tylko w gdy gmina nie może już korzystać z PROW) na obszarach nie objętych PROW bez minimalnej wielkości wsparcia na gminę/wartości projektu 	<p>Gospodarka wodno-ściekowa</p> <ul style="list-style-type: none"> budowa, rozbudowa i modernizacja systemów kanalizacji zbiorczej lub/i oczyszczalni ścieków komunalnych – w uzasadnionych przypadkach włączona budowa i modernizacja systemów zaopatrzenia w wodę oraz budowa kanalizacji deszczowej (brak wsparcia projektów dotyczących tylko systemów zaopatrzenia w wodę lub budowy kanalizacji deszczowej) <p>Lokalizacja:</p> <ul style="list-style-type: none"> w aglomeracjach powyżej 15 tys. RLM i w KPOŚK 	<p>Program Rozwoju Obszarów Wiejskich (PROW)</p> <p>Podstawowe usługi dla ludności i gospodarki wiejskiej</p> <p>Gospodarka wodno-ściekowa w tym projekty dot. tylko zaopatrzenia w wodę</p> <p>Lokalizacja</p> <p>gminy wiejskie, miejsko-wiejskie i miejskiej o liczbie mieszk. miasta mniejszej niż 5 tys.</p> <p>Kryterium finansowe</p> <p>do 4 mln PLN</p>

<p>Ochrona przeciwpowodziowa</p>	<p>Zapobieganie powodziom, cele pozarolnicze:</p> <ul style="list-style-type: none"> • regulacja cieków wodnych, tworzenie stopni wodnych, poluderów oraz odbarwanie naturalnych terenów zalewowych • budowa i modernizacja małych zbiorników wielozadaniowych o pojemności mniejszej niż 10 mln m³ • utrzymanie w dobrym stanie rzek nizinnych, rzek i potoków górskich oraz związanej z nimi infrastruktury • budowa, modernizacja i poprawa stanu technicznego urządzeń przeciwpowodziowych • zwiększenie naturalnej retencji dolin rzecznych z zachowaniem równowagi stanu ekologicznego i technicznego utrzymania rzeki <p>zbiorniki retencyjne do 10 mln m³ Kryterium finansowe: projekty do 40 mln PLN</p>	<p>Retencjonowanie wody i zapewnienie bezpieczeństwa przeciwpowodziowego:</p> <ul style="list-style-type: none"> • przywracanie pierwotnego kształtu doliny i koryta cieków • budowa ponadregionalnych systemów małej retencji • utrzymanie w dobrym stanie rzek nizinnych, rzek i potoków górskich oraz związanej z nimi infrastruktury • budowa, modernizacja urządzeń przeciwpowodziowych • zwiększanie naturalnej retencji dolin rzecznych z zachowaniem równowagi stanu ekologicznego • w uzasadnionych przypadkach realizacja wielozadaniowych zbiorników retencyjnych i piętrzących wodę (zgodnie z wytycznymi KE) • plany gospodarowania wodami • budowa i modernizacja systemów odprowadzania wód opadowych i roztopowych <p>zbiorniki retencyjne od 10 mln m³ Kryterium finansowe: projekty od 40 mln PLN</p>	<p>PROW Poprawianie i rozwijanie infrastruktury związanej z rozwojem i dostosowaniem rolnictwa i leśnictwa – Schemat II Gospodarowanie rolniczymi zasobami wodnymi Zakres pomocy – obejmuje budowę urządzeń melioracji wodnych podstawowych, dostosowanych do potrzeb ochrony przeciwpowodziowej oraz retencji wody i nawodnień użytków rolnych</p>
<p>Nadzwyczajne zagrożenia środowiska i monitoring jego stanu</p>	<p>Zapobieganie i ograniczenie skutków zagrożeń naturalnych oraz przeciwdziałanie poważnym awariom (ograniczenie kwatowe regionalnym realizowanych przez jednostki Państwowej Straży Pożarnej oraz jednostki Policji)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Monitoring środowiskowy <p>Kryterium finansowe: projekty do 4 mln PLN</p>	<p>Zapobieganie i ograniczanie skutków zagrożeń naturalnych oraz przeciwdziałanie poważnym awariom.</p> <ul style="list-style-type: none"> • stanowiska do analizy i prognozowania zagrożeń naturalnych i z powodu awarii • specjalistyczny sprzęt do prowadzenia akcji ratowniczych oraz usuwania skutków ww. zagrożeń • wsparcie techniczne krajowego systemu reagowania kryzysowego i ratowniczo-gaśniczego w zakresie ratownictwa ekologicznego i chemicznego • przedsięwzięcia w zakresie metod i narzędzi do analizowania zagrożeń poważnymi awariami 	<p>PROW</p> <ul style="list-style-type: none"> • odtwarzanie potencjału produkcji leśnej zniszczonego przez katastrofy i wprowadzanie instrumentów zapobiegawczych • projekty na obszarach leśnych dotkniętych klęską żywiołową bądź negatywnym oddziaływaniem czynników biotycznych

<p>Nadzwyczajne zagrożenia środowiska i monitoring jego stanu</p>		<p>Monitoring środowiska:</p> <ul style="list-style-type: none"> wdrażanie nowych metod obserwacji i narzędzi wspomagających monitoring i ocenę stanu środowiska wzmocnienie infrastruktury informacyjnej w zakresie diagnozy stanu wód <p>Kryterium finansowe: projekty od 4 mln PLN</p>	<p>(Schemat I) lub na obszarach leśnych nieuszkodzonych, na których istnieje zwiększone zagrożenie wystąpienia pożaru</p>
<p>Wsparcie dla przedsiębiorstw w zakresie promocji produktów i procesów przyjaznych dla środowiska</p>	<ul style="list-style-type: none"> systemy zarządzania środowiskowego racjonalizacja gospodarki wodno-ściekowej, BAT <p>Wartość projektu poniżej 8 mln PLN W ramach RPO dopuszczalne jest wsparcie dla przetwórstwa produktów rolnych i obrotu tymi produktami, z zastrzeżeniami</p> <p>Kryterium podmiotowe: MŚP i duże przedsiębiorstwa</p> <p>Kryterium finansowe: projekty do 8 mln PLN</p>	<ul style="list-style-type: none"> systemy zarządzania środowiskowego wykonanie audytu dla potrzeb uzyskania certyfikatu/dokonywania rejestracji projekty dostosowawcze i doradztwo warunkujące uzyskanie certyfikatu <p>Kryterium podmiotowe: MŚP i duże przedsiębiorstwa</p> <p>Kryterium finansowe: brak ograniczeń kwotowych dla MŚP z wybranych województw, dla MŚP z pozostałych regionów od 8 mln PLN Wdrażanie BAT:</p> <ul style="list-style-type: none"> zmniejszenie zużycia wody zmniejszenie ilości substancji niebezpiecznych odprowadzanych wraz ze ściekami budowa lub modernizacja oczyszczalni lub podczyszczalni ścieków przemysłowych <p>Kryterium podmiotowe: MŚP i duże przedsiębiorstwa</p> <p>Kryterium finansowe: MŚP projekty od 8 mln PLN, duże przedsiębiorstwa – bez ograniczeń</p>	
<p>Rekultywacja</p>	<p>Rekultywacja terenów zdegradowanych</p> <ul style="list-style-type: none"> na cele środowiskowe <p>Kryterium finansowe: max. wartość projektu – do 20 mln PLN</p>	<p>Przywracanie terenom zdegradowanym wartości przyrodniczej i ochrona brzegów morskich</p> <p>Kryterium finansowe: min. wartość projektu – 20 mln PLN</p>	<p>PO „Ryby”</p> <ul style="list-style-type: none"> budowa lub instalacja urządzeń związanych m. in. z rekultywacją wód śródlądowych

<p>Porty morskie i rzeczne, drogi wodne</p>	<p>Lokalne i regionalne porty morskie oraz regionalne porty rzeczne. Bez portów finansowanych w PO IIŚ. Bez portów służących wyłącznie rybołówstwu.</p>	<p>Wsparcie rozwoju infrastruktury w portach morskich: Świnoujście, Szczecin, Gdynia, Gdańsk, Police, Elbląg, Kołobrzeg i Darłowo. Transport wodny śródlądowy na górnej i środkowej Odrze. Kryterium finansowe: min. wartość projektu – 20 mln PLN</p>	<p>PO „Ryby” Porty rybackie: wyposażenie istniejących portów rybackich, w tym małych przystani rybackich</p>
---	---	---	---

Źródło: https://www.funduszeuropejskie.2007-2013.gov.pl/Dokumenty/Lists/Dokumenty%20programowe/Attachments/99/linia_demarkacyjna_040314.pdf (data dostępu: 12.12.2018 r.).

8.3. Opłaty i kary w gospodarce wodno-ściekowej

Opłaty ekologiczne, jako jeden z rodzajów instrumentów ekonomicznych ochrony środowiska (rysunek 2), są swoistą ceną za korzystanie z zasobów środowiska. W literaturze naukowej definiowane są najczęściej jako obciążenia finansowe, o nie w pełni ekwiwalentnym charakterze, które są egzekwowane przez władze publiczne (centralne bądź lokalne), a pobierane w zamian za możliwość korzystania z zasobów naturalnych (powietrze, woda, powierzchnia ziemi i inne) i walorów środowiskowych¹⁸.

Podstawowe opłaty ekologiczne w gospodarce wodno-ściekowej to opłaty za pobór wody w związku z prowadzoną działalnością gospodarczą oraz opłaty za odprowadzanie ścieków do wód lub ziemi. Pierwsze z wymienionych dzielą się na dwie grupy, tj. opłaty za pobór wody powierzchniowej i za pobór wody podziemnej. Stawki opłat kalkulowane są w zł/m³ pobranej wody. Bardzo rozbudowana jest grupa opłat za odprowadzanie ścieków. Są one jednak kalkulowane głównie w odniesieniu do czterech wskaźników charakteryzujących substancje zawarte w ściekach, a mianowicie:

- pięciodobowe biochemiczne zapotrzebowanie na tlen (BZT5),
- chemiczne zapotrzebowanie na tlen (ChZT),
- zawiesina ogólna,
- suma chlorków i siarczanów.

Dodatkowo obowiązują pewne opłaty i należności związane z użytkowaniem obiektów i obszarów gospodarki wodnej, np. należności za korzystanie ze śródlądowych dróg wodnych oraz urządzeń wodnych czy wykonywanie infrastruktury transportowej, przemysłowej, komunalnej lub rolnej.

Obecnie opłaty ekologiczne w gospodarce wodno-ściekowej trzeba omawiać w kontekście znacznych zmian wynikłych z wejścia w życie w 2018 r. nowego Prawa wodnego¹⁹. Spowodowało ono bowiem znaczną modyfikację dotychczasowego systemu zarządzania gospodarką wodną, w tym opłat ekologicznych. Istotną zmianą jest stworzenie centralnie zarządzanej instytucji pod nazwą „Wody Polskie”, która ma bardzo duże kompetencje, w tym w zakresie opłat w obszarze gospodarki wodnej. Poza tym nowe Prawo wodne „przejmuje” regulacje zapisane dotąd w ustawie Prawo ochrony środowiska²⁰, a dotyczące opłat za pobór

¹⁸ P. P. Małecki, *System opłat i podatków ekologicznych w Polsce na tle rozwiązań w krajach OECD*, Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego w Krakowie, Kraków 2012, s. 24.

¹⁹ Ustawa z 20 lipca 2017 r. Prawo wodne (Dz.U. 2017, poz. 1566 ze zm.).

²⁰ Ustawa z 27 kwietnia 2001 r. Prawo ochrony środowiska (Dz.U. 2016, nr 62, poz. 672 ze zm.).

wody oraz za odprowadzanie ścieków. Poszerzony też zostaje zakres stosowania opłat ekologicznych w gospodarce wodnej. Wprowadza się opłaty za tzw. usługi wodne, które polegają na zapewnieniu gospodarstwu domowemu, podmiotom publicznym oraz podmiotom prowadzącym działalność gospodarczą możliwości w zakresie zwykłego oraz szczególnego korzystania z wód, w tym np. pobór wód podziemnych lub wód powierzchniowych, odbiór i oczyszczanie ścieków, czy korzystanie z wód do celów energetyki.

Tabela 6 przedstawia rodzaje usług wodnych, objęte opłatami zmiennymi wraz z maksymalnymi stawkami.

W nowym Prawie wodnym²¹ wyróżnia się (w odniesieniu do opłat za pobór wód oraz odprowadzanie ścieków) obok opłat zmiennych także opłaty stałe. Takie opłaty są naliczane w oparciu o pobór/zrzut maksymalny określony w zgodzie wodno-prawnej, podczas gdy opłaty zmienne – w oparciu o rzeczywiste korzystanie z zasobów wodnych. Przykładowo wysokość opłaty stałej za pobór wód lub ścieków ustala się jako: iloczyn jednostkowej stawki opłaty, czasu wyrażonego w dniach oraz odpowiednio – maksymalnej ilości wody wyrażonej w m³/s, która może być pobrana lub maksymalnej ilości odprowadzonych ścieków (w m³/s).

Warto dodać, że nowe Prawo wodne wprowadziło bardzo znaczne zwiększenie stawek dotychczasowych opłat ekologicznych w zakresie korzystania z wód, jak też wprowadziło nowe opłaty, np. za utratę naturalnej retencji (tabela 6). Ponadto ogranicza ono w znacznym stopniu dostęp do środków z tytułu omawianych opłat przez fundusze ekologiczne oraz budżety samorządowe, które dotąd praktycznie w całości dysponowały tymi środkami. Obecnie dominująca rola w tym zakresie przypada „Wodom Polskim”, do których trafia całość wpływów z tytułu opłat za usługi wodne (z wyjątkiem opłat za wprowadzanie ścieków).

W nowym Prawie wodnym dokonano też znacznej modyfikacji dotychczas obowiązujących sankcji za nieprzestrzeganie przepisów o ochronie wód. Przestają istnieć dotychczas obowiązujące administracyjne kary pieniężne nakładane za przekroczenie określonych w pozwoleniach warunków, tj. ilości pobieranej wody lub zrzucanych ścieków, ich stanu oraz składu. W ich miejsce ulegają rozszerzeniu dotychczasowe opłaty podwyższone, pobierane za korzystanie z wód bez wymaganego zezwolenia. Opłatami tymi objęte jest obecnie także wspomniane przekroczenie określonych w pozwoleniach warunków, ale tylko w odniesieniu do poboru wód oraz odprowadzania ścieków, a nie np. utraty retencji.

²¹ Ustawa z 20 lipca 2017 r. Prawo wodne (Dz.U. 2017, poz. 1566).

Tabela 6. Najważniejsze maksymalne stawki opłaty zmiennej za usługi wodne wg nowej ustawy Prawo wodne obowiązującej od 2018 r.

Rodzaj usług wodnych	Wysokość stawki
Pobór dla celów zaopatrzenia ludności w wodę do spożycia lub na cele socjalno-bytowe	0,30 zł za 1 m ³ pobranej wody (podziemnej lub powierzchniowej) w ilości średniorocznej przekraczającej 1 m ³ /s 0,20 zł z 1 m ³ pobranej wody (podziemnej lub powierzchniowej) w ilości średniorocznej od 0,26 do 1 m ³ /s 0,15 zł za 1 m ³ pobranej wody (podziemnej lub powierzchniowej) w ilości średniorocznej nieprzekraczającej 0,25 m ³ /s
Pobór do celów produkcyjnych wody, która wchodzi w skład albo w bezpośredni kontakt z produktami żywnościowymi, farmaceutycznymi lub na cele konfekcjonowania	produkcja artykułów spożywczych, farmaceutycznych i napojów: 0,70 zł za 1 m ³ wody podziemnej 0,35 zł za 1 m ³ wody powierzchniowej
Pobór wody do pozostałych celów produkcyjnych	0,70 zł za 1 m ³ wody podziemnej 0,35 zł za 1 m ³ wody powierzchniowej
Pobór wody w celu nawadniania wodami powierzchniowymi użytków rolnych	0,10 zł za 1 m ³ wody podziemnej 0,05 zł za 1 m ³ wody powierzchniowej
Pobór wody do chłodzenia w elektrowniach i elektrociepłowniach	0,70 zł za 1 m ³ różnicy między ilością wód podziemnych pobranych do tych celów a ilością wód z obiegów chłodzących elektrowni lub elektrociepłowni – wprowadzanych do wód lub do ziemi 0,35 zł za 1 m ³ różnicy między ilością wód powierzchniowych pobranych do tych celów a ilością wód z obiegów chłodzących elektrowni lub elektrociepłowni – wprowadzanych do wód lub do ziemi
Pobór wody przez elektrownie wodne	1,24 zł za 1 MWh wyprodukowanej energii elektrycznej w obiekcie energetyki wodnej oraz 0,35 z pobór bezzwrotny 1 m ³ wody technologicznej nieprzeznaczonej wprost do produkcji energii elektrycznej
Pobór wody na potrzeby chowu lub hodowli ryb oraz innych organizmów wodnych	wiele zróżnicowanych stawek 100–125 zł/ha/kwartał – wody podziemne 1–1,50 zł/h/kwartał – wody powierzchniowe
Wprowadzanie ścieków do wód lub do ziemi	wyrażonych jako wskaźnik: pięciodobowego biochemicznego zapotrzebowania tlenu (BZT5) – 4,28 zł za 1 kg chemicznego zapotrzebowania tlenu – 1,71 zł za 1 kg zawiesiny ogólnej – 0,52 zł za 1 kg sumy chlorków i siarczanów (Cl+SO ₄) – 0,050 zł za 1 kg
Wprowadzanie ścieków do wód lub do ziemi	dla: fenoli lotnych – 45,55 zł za 1 kg dla metali ciężkich (wraz z dużą grupą różnych innych substancji) – 124,56 zł za 1 kg

<p>Wprowadzanie do wód lub do ziemi wód pochodzących z obiegów chłodzących elektrowni lub elektrociepłowni</p>	<p>0,68 zł za 1 dam³ – jeżeli temperatura wprowadzanych wód pochodzących z obiegów chłodzących elektrowni lub elektrociepłowni jest wyższa niż +26 °C, a nie przekracza +32 °C</p> <p>1,36 zł za 1 dam³ – jeżeli temperatura wprowadzanych wód pochodzących z obiegów chłodzących elektrowni lub elektrociepłowni jest wyższa niż +32 °C, a nie przekracza +35 °C</p> <p>4,24 zł za 1 dam³ – jeżeli temperatura wprowadzanych wód pochodzących z obiegów chłodzących elektrowni lub elektrociepłowni jest wyższa niż +35 °C</p>
<p>Wprowadzanie do wód lub do ziemi wód opadowych lub roztopowych, ujętych w otwarte lub zamknięte systemy kanalizacji deszczowej</p>	<p>wody opadowe lub roztopowe, ujęte w systemy kanalizacji otwartej lub zamkniętej dla terenów o gęstości zaludnienia powyżej 1000 osób/km²:</p> <p>bez urządzeń do retencjonowania wody z terenów uszczelnionych – 1,50 zł za 1 m³ na 1 rok</p> <p>z urządzeniami do retencjonowania wody o pojemności do 10% odpływu rocznego z terenów uszczelnionych – 1,25 zł za 1 m³ na 1 rok</p> <p>z urządzeniami do retencjonowania wody o pojemności powyżej 10% odpływu rocznego z terenów uszczelnionych – 1,00 zł za 1 m³ na 1 rok</p> <p>z urządzeniami do retencjonowania wody o poj. powyżej 20% odpływu rocznego – 0,75 zł za 1 m³ na 1 rok</p> <p>z urządzeniami do retencjonowania wody o poj. powyżej 30% odpływu rocznego – 0,15 zł za 1 m³ na 1 rok</p>
<p>Utrata naturalnej retencji</p>	<p>za zmniejszenie naturalnej retencji terenowej na skutek wykonywania na nieruchomości o powierzchni powyżej 3500 m² robót lub obiektów budowlanych trwale związanych z gruntem, mających wpływ na zmniejszenie tej retencji przez wyłączenie więcej niż 70% powierzchni nieruchomości z powierzchni biologicznie czynnej na obszarach nieujętych w systemy kanalizacji otwartej lub zamkniętej:</p> <p>bez urządzeń do retencjonowania wody z powierzchni uszczelnionych trwale związanych z gruntem – 1,00 zł za 1 m² na 1 rok</p> <p>z urządzeniami do retencjonowania wody z powierzchni uszczelnionych o pojemności do 10% odpływu rocznego z powierzchni uszczelnionych trwale związanych z gruntem – 0,60 zł za 1 m² na 1 rok</p> <p>z urządzeniami do retencjonowania wody z powierzchni uszczelnionych o pojemności od 10 do 30% odpływu rocznego z powierzchni uszczelnionych trwale związanych z gruntem – 0,30 zł za 1 m² na 1 rok</p> <p>z urządzeniami do retencjonowania wody z powierzchni uszczelnionych o pojemności powyżej 30% odpływu rocznego z powierzchni uszczelnionych trwale związanych z gruntem – 0,10 zł za 1 m² na 1 rok</p>

Źródło: Opracowanie własne na podstawie: P. P. Małeckie, A. Thier, *Zmiany w systemie opłat ekologicznych w obszarze gospodarki wodnej w świetle nowego prawa wodnego*, [w:] „Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego w Krakowie”, nr 1/973, 2018.

8.4. Instrumenty ekonomiczne zachęcające do wykonywania inwestycji proekologicznych

W Polsce obecnie dużo mówi się o możliwości finansowego wspierania i stymulowania inwestycji w ochronie środowiska i gospodarki wodnej. Jest to zrozumiałe ze względu na skalę zjawiska. Jednak polityka gospodarcza oferuje cały szereg instrumentów, które mogą być z powodzeniem wykorzystywane w celu sprawniejszego (skuteczniejszego i bardziej efektywnego) osiągnięcia celów w tej dziedzinie. Na rysunku 2 przedstawiono ogólny podział tych instrumentów na bezpośrednie i pośrednie. Nie jest celem tej publikacji omawianie ich wszystkich, ale spośród nich wybrano kilka, które mogą się w szczególności przyczynić do lepszego osiągnięcia założonych celów ekologicznych. Do każdego instrumentu zostały podane przykłady ich zastosowania z Polski lub ze świata. Pamiętać należy, że każdy instrument ekonomiczny w ochronie środowiska musi się charakteryzować co najmniej trzema cechami. Musi być skuteczny ekologicznie (zapewnić osiągnięcie założonego celu), efektywny ekonomicznie (jego wdrożenie powinno pociągać uzasadnioną skalę kosztów) oraz akceptowalny społecznie (wykonalny społecznie i politycznie)²².

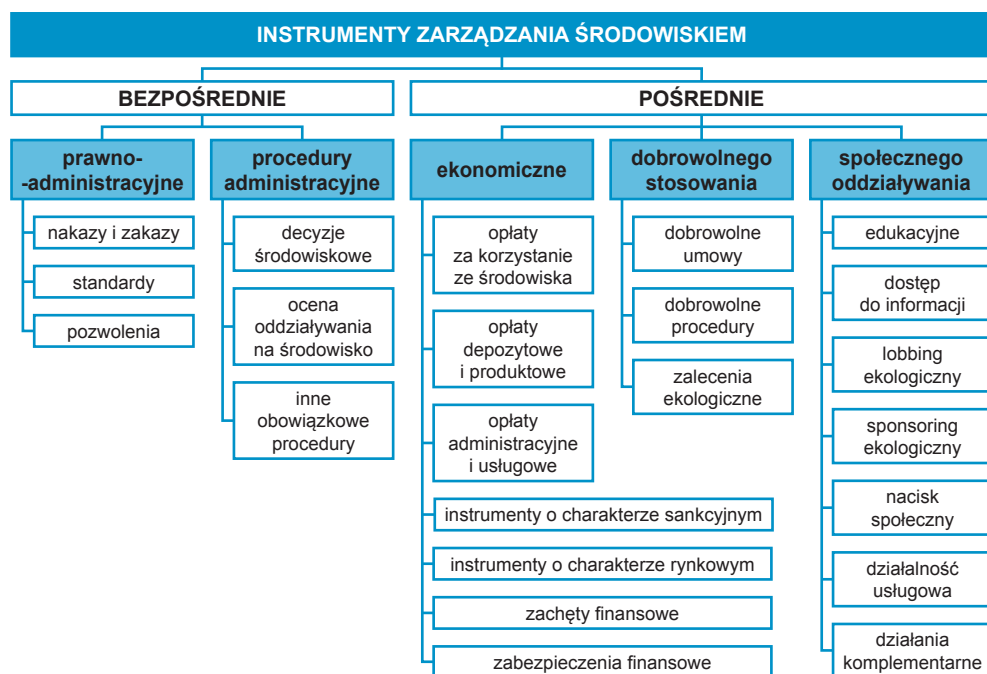
Ponadto każdy instrument ekonomiczny jest powiązany z regulacjami prawnymi i administracyjnymi instytucjami, a powinien być zawsze wspierany przez instrumenty miękkie: edukację i partycypację społeczną. Warto też śledzić doświadczenia innych krajów właśnie po to, by sprawdzać czynniki sukcesu lub uczyć się na cudzych błędach.

W Polsce po przemianach systemowych przyjęto nowatorski na tamte czasy system finansowania ochrony środowiska, poprzez „znakowane na zielono” pieniądze, co oznacza, że wpływy z opłat ekologicznych muszą być redystrybuowane za pośrednictwem Funduszy Celowych (funduszy ochrony środowiska i gospodarki wodnej) na cele ekologiczne. System ten zapewnia minimalny poziom nakładów na tę dziedzinę²³, zwłaszcza w trudniejszych dla gospodarki okresach. Tych środków finansowych po prostu nie można wydać na inne cele. Ponadto pamiętać należy, że każde wydatkowane środki publiczne pociągają za sobą wydatkowanie środków inwestorów. Bezpośrednie dopłaty zachęcają inwestorów do podejmowania działań proekologicznych. Mądre subsydiowanie (najlepiej

²² Szerzej: K. Górka, B. Poskrobko, W. Radecki, *Ochrona środowiska. Problemy społeczne, ekonomiczne i prawne*, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa 2001, s. 140 oraz B. Fiedor, S. Czaja Graczyk, Z. Jakubczyk, *Podstawy ekonomii środowiska i zasobów naturalnych*, Wydawnictwo C.H. Beck, Warszawa 2002, s. 250.

²³ Jest to widoczne w danych statystycznych, w latach 2002–2003 udział FOŚiGW w finansowaniu nakładów na OŚ przekraczał 25%, dziś jest to około 12–13%.

w formie bezpośrednich dopłat, co zapewnia największą przejrzystość, przy silnej kontroli zgodności celów oraz ocenie osiągniętych faktycznych efektów) może być bardzo skutecznym narzędziem wspierania realizacji celów ekologicznych²⁴. Tak więc jako pierwszy instrument należy wymienić bezpośrednie dopłaty do inwestycji, ale należy myśleć nie tylko o wspomnianych wcześniej wielkich programach, ale wskazać również na mniejsze dedykowane bezpośrednio dla mieszkańców rozwiązania, jak chociażby na programy uruchamiane w niektórych województwach na zagospodarowywanie wód opadowych na prywatnych posesjach²⁵. Możliwe są też inne formy wsparcia jak dopłata do częściowej spłaty kredytów bankowych, dopłata do odsetek od kredytów bankowych czy też preferencyjne pożyczki i inne obszary wsparcia np. likwidacja zbiorników bezodpływowych czy dofinansowywanie przyłączy kanalizacyjnych²⁶. W takich przypadkach niezbędne jednak jest zawsze podniesienie świadomości ekologicznej mieszkańców i dotarcie do nich z informacją.



Rys. 2. Instrumenty zarządzania środowiskiem

Źródło: B. Poskrobko, T. Poskrobko, *Zarządzanie środowiskiem w Polsce*, PWE 2012, s. 120.

²⁴ Szerzej: M. Kozuch, *Subsydiowanie ochrony środowiska przyrodniczego w gospodarce rynkowej: doświadczenia Polski*, Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego, Kraków, 2013.

²⁵ Np. w Krakowie – https://www.bip.krakow.pl/?dok_id=93659.

²⁶ WFOŚiGW w Krakowie – <https://www.wfos.krakow.pl/oferta/wedlug-dziedziny-finansowania/gospodarka%e2%80%8b-wodno%e2%80%8b-sciekowa/osoby-fizyczne/>.

Inną formą wsparcia, która dodatkowo w Polsce spotyka się z dużym zainteresowaniem mieszkańców, są ulgi w podatkach, jak chociażby nowo wprowadzana ulga termomodernizacyjna, czy też w Polsce jeszcze nieobecne, ale w wielu krajach Europy już rozpowszechnione dopłaty lub ulgi w podatkach w związku z zakupem aut elektrycznych (tzw. *Green Car Tax*). Wsparcie to ma silne działanie motywujące, zwłaszcza gdy ceny elektrycznych pojazdów są wyższe od tradycyjnych. Mogą być dodatkowo wspierane przez działania administracyjne czyli np. możliwość wjazdu do obszarów miast z ograniczonym ruchem, tańsze lub bezpłatne parkowanie czy też możliwość poruszania się pasami dla uprzywilejowanych pojazdów.

Jako pożądane kierunki wspierania inwestycji związanych z gospodarowaniem wodami należy wskazać inwestycje w zieloną i niebieską infrastrukturę (mała retencja, zielone dachy, ogrody deszczowe) oraz inwestycje związane z ponownym użyciem wody zarówno na skalę przemysłową (wykorzystanie wody z oczyszczalni ścieków zamiast jej odprowadzania²⁷), odzysk ciepła z wody np. na basenach, wykorzystanie szarej wody (woda z kranów do splukiwania toalet), jak i indywidualną (wykorzystanie szarej wody, wody opadowej). Niektóre rozwiązania wymagają nowych regulacji prawnych i zmiany wymogów sanitarnych.

Kolejnym niedocenianym instrumentem – w obszarze motywowania do pożądanych działań i zniechęcania do działań niepożądanych – są opłaty i podatki. W Polsce ciągle postrzegane są głównie ich funkcje budżetotwórcze, podczas gdy można i należy wykorzystywać ich funkcje motywujące. Przytoczone tu propozycje zostały zebrane na podstawie przeglądu międzynarodowych doświadczeń i nie wszystkie mogą być wprost zastosowane w Polsce, gdyż wymagałyby zmiany legislacji. Warto jednak o nich wiedzieć.

Woda jest nietypowym dobrem, bo z jednej strony jest dobrem podstawowym warunkującym życie, a z drugiej jest dobrem ekonomicznym i staje się wreszcie zwykłym towarem. Z tego pierwszego powodu panuje przekonanie, że nie można nikomu ograniczać dostępu do wody na poziomie potrzeb podstawowych. Dlatego opłaty za wodę stanowią szczególnie wrażliwy społecznie temat. Panuje jednak zgodność, że koszty usługi poboru, uzdatniania i dostarczania powinny być pokrywane przez odbiorców (wyjątek stanowi Irlandia²⁸). Na świecie rozwinęły się

²⁷ Wniosek Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady w sprawie minimalnych wymogów dotyczących ponownego wykorzystania wody COM/2018/337 final – 2018/O169 (COD) z późniejszymi zmianami.

²⁸ Protesty z powodu wprowadzenia opłat za wodę dla obywateli w Irlandii http://wyborcza.pl/1,75399,17638065,Irlandczycy_po_raz_pierwszy_od_150_lat_musza_placic.html, co spowodowało wycofanie się rządu z tej decyzji w 2017 roku <https://www.water.ie/for-home/refunds/>.

różne systemy naliczania opłat za pobór, uzdatnianie i dostarczanie wody, od ryczałtowych, przez degresywne, regresywne, zmienne w zależności od pór roku (np. w lecie wyższe), zależne od sposobu użytkowania (inna cena dla wody na cele konsumpcyjne, a inna do basenów czy podlewania trawników, co wymaga dodatkowych liczników). Często opłaty składają się z dwóch części, opłaty stałej za gotowość do dostarczenia wody i zmiennej – za zużytą wodę. Interesujące jest jednak rozwiązanie, w którym ustala się zapotrzebowanie minimalne na mieszkańca i ta ilość wody jest dostarczana po niskiej cenie (społecznie sprawiedliwej), a po przekroczeniu limitu – cena gwałtownie wzrasta. Takie rozwiązania jak te dwa ostatnie mają silne działania motywujące do ograniczenia zużycia wody, jak również do używania wody uzdatnionej do celów konsumpcyjnych, a wody deszczowej lub szarej do innych celów (za takimi rozwiązaniami muszą nadążać rozwiązania techniczne, co na szczęście już w Polsce się dzieje, i prawne²⁹). Instrumenty te muszą być wspierane przez rozwiązania techniczne, czyli pełne opomiarowanie poboru wody, a współcześnie należy dążyć do systemów umożliwiających stały monitoring elektroniczny poboru wody (i energii), co umożliwi gospodarstwom domowym i podmiotom gospodarczym optymalizację zużycia.

Drugim mechanizmem jest zapowiedziany wzrost cen w długim okresie (np. zaplanowane i zapowiedziane jest niwelowanie subsydiów szkodliwych dla środowiska³⁰ oraz wzrost opłat za usługi dostarczania wody). Musi być on poprzedzony i wspierany przez szeroko zakrojone akcje edukacyjne i informacyjne. Wydłużony okres wdrażania ma dać czas rynkowi i społeczeństwu na dostosowanie się do zmian oraz wprowadzenie rozwiązań i technologii umożliwiających wzrost oszczędności, a więc zniwelowanie efektu wzrostu cen dla budżetów indywidualnych.

W Polsce podobną strategię wykorzystują niektóre samorządy, przejmując obsługę wywozów nieczystości ze zbiorników bezodpływowych i ustalając ceny, które mają wzrastać. Ma to zachęcić mieszkańców do podłączania się do sieci kanalizacyjnej. Brak szeroko zakrojonej akcji informacyjnej i edukacyjnej dla

²⁹ W Polsce opłaty za odprowadzane ścieki są naliczane od poboru wody, w związku z tym używanie wody opadowej lub szarej na cele bytowe wymagałoby użycia dodatkowego licznika. Pojawia się pytanie, czy w kontekście konieczności zatrzymywania spływu wód opadowych jako ochrony przeciwpowodziowej można zrezygnować z pobierania takiej opłaty w ogólnym interesie społecznym, a szerokie informowanie o takiej możliwości oszczędzania wykorzystać jako instrument zachęty do tych inwestycji.

³⁰ K. Rosiek, *Subsidia oddziałujące na stan środowiska w świetle badań OECD*, [w:] „Prace z zakresu polityki przemysłowej i ekologicznej”, Uniwersytet Ekonomiczny w Krakowie, Zeszyty Naukowe nr 860, UEK Kraków 2011, s. 93–108 oraz M. Koźuch, *Subsydiowanie ochrony środowiska przyrodniczego w gospodarce rynkowej, doświadczenia Polski*, Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego w Krakowie, Kraków 2013.

mieszkańców (połączonej z informacją o możliwości pozyskania wsparcia finansowego na takie inwestycje) może jednak spowodować efekty niezamierzone i przeciwskuteczne.

Kolejnym instrumentem, o którym warto wspomnieć, jest opłata kompensacyjna. Niestety działania związane z kompensacją przyrodniczą są w Polsce słabo wykorzystywane (a wręcz przybierały formy karykaturalne), a ostatnio za sprawą nieprawidłowo przeprowadzonego procesu wdrażania nowych opłat w nowym Prawie wodnym – mają bardzo złą opinię. W odniesieniu do wód chodzi o to, że każdy inwestor zabudowujący teren i ograniczający w ten sposób retencję powinien zapewnić jej utrzymanie poprzez zastosowanie zielonej i niebieskiej infrastruktury. Jeżeli tego nie uczyni, powinien ponosić podwyższone opłaty (coroczne). Można też zastosować instrument odwrotny, czyli odgórnie narzucić wysoki poziom opłat za uszczelnienie powierzchni na wszystkie podmioty i mieszkańców w kraju, ale zaplanować znaczące ulgi, jeżeli zapewnia się zatrzymanie i wykorzystanie przyrodnicze lub gospodarcze albo opóźnienie spływu wód opadowych. Takie opłaty powinny właśnie stać się tematem publicznej dyskusji i edukacji społecznej oraz być wprowadzane w cyklach, czyli z góry powinno być zapowiedziane, że opłata będzie wzrastać np. co trzy lata. Dałoby to czas na dostosowanie się organizacyjne samorządom³¹ (sposób naliczania opłat i weryfikacji w terenie faktycznego uszczelnienia terenu nieruchomości w połączeniu ze współczynnikami spływu zależnymi od nachylenia terenu) oraz mieszkańcom i przedsiębiorcom na wprowadzenie rozwiązań optymalizacyjnych.

Kolejnym instrumentem, który nie jest wprawdzie instrumentem ekonomicznym tylko administracyjno-prawnym, ale ma duży potencjał i wpływa na realizację inwestycji, są zielone zamówienia publiczne (*green public procurement*).

Zgodnie z polskim prawodawstwem przez zamówienia publiczne należy rozumieć umowy odpłatne zawierane między zamawiającym a wykonawcą, których przedmiotem są usługi, dostawy lub roboty budowlane³². W Polsce w 2015 r. wartość udzielonych zamówień publicznych wyniosła 116,3 mld zł, co stanowiło 6,5 % PKB Polski³³. Stanowi to istotne przepływy pieniężne. Zamówienia publiczne mogą być wykorzystywane jako istotny instrument stymulowania przedsięwzięć, sektorów produkcji i usług przyjaznych środowisku, w tym gospodarowania wodami.

³¹ Wyzwaniem jest chociażby obliczanie deszczu miarodajnego w celu wyznaczenia opłat, w Polsce są już prowadzone nowe badania finansowane z NCBiR <https://retencja.pl/aplikacje/>; <https://retencja.pl/aplikacje/panda/>.

³² Ustawa z 29 stycznia 2004 r. Prawo zamówień publicznych (Dz.U. 2004, nr 19, poz. 177, art. 2, pkt. 13).

³³ Krajowy Plan Działań w zakresie zrównoważonych zamówień publicznych na lata 2017–2020, Urząd Zamówień Publicznych, Warszawa, 2017, s. 3.

Zamówienia publiczne odgrywają kluczową rolę w strategii „Europa 2020” jako jeden z instrumentów rynkowych, wykorzystywanych w celu osiągnięcia inteligentnego, trwałego wzrostu gospodarczego, sprzyjającego włączeniu społecznemu, przy jednoczesnym zagwarantowaniu najbardziej efektywnego wykorzystania środków publicznych.

Unia Europejska wskazuje właśnie na ten instrument jako narzędzie umożliwiające uzyskanie optymalnej relacji jakości do wielkości zainwestowanych środków publicznych, jak również szerszych korzyści gospodarczych, środowiskowych i społecznych pod względem generowania nowych pomysłów, przekładania ich na innowacyjne produkty i usługi, ekoinnowacje i innowacje społeczne, wspierając w ten sposób trwały i zrównoważony wzrost gospodarczy³⁴.

Tabela 7. Możliwości wdrażania proekologicznych rozwiązań w działalności podmiotów sektora publicznego

Dziedzina	Wybrane rozwiązania proekologiczne
Biuro, edukacja	Certyfikowane meble, papier z recyklingu, energooszczędny sprzęt biurowy, energooszczędne i automatyczne oświetlenie, ograniczenie wytwarzania odpadów
Żywność	Lokalni ekologiczni dostawcy (skrócenie transportu i jakość), produkty ze sprawiedliwego handlu, produkty lokalne i regionalne, certyfikowana żywność
Transport	Hybrydowy, elektryczny, napędzany paliwem CNG, systemy rowerów miejskich itp.
Budynki	Budynki pasywne, energooszczędne, energooszczędne ogrzewanie, pompy ciepła, efektywność energetyczna, certyfikowane ekologiczne materiały budowlane, odzysk ciepła, odzysk wody, ograniczenie wytwarzania odpadów, zielone dachy, zielone ściany, elewacje pochłaniające zanieczyszczenia
Woda	Zielona i niebieska infrastruktura, ponowne wykorzystanie wody

Źródło: Opracowanie własne na podstawie: D. Kiełczewski, Zielone zamówienia publiczne jako przejaw działań finansowych sektora publicznego na rzecz zrównoważonego rozwoju, „Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu”, 2013, nr 297, s. 148.

Zielone zamówienia publiczne można zdefiniować jako politykę, w ramach której podmioty publiczne włączają kryteria i wymagania ekologiczne do procesu zakupów (procedur udzielania zamówień publicznych) i poszukują rozwiązań minimalizujących negatywny wpływ tych wyrobów na środowisko oraz uwzględniających cały cykl życia produktów, a poprzez to wpływają na rozwój i upowszechnie-

³⁴ Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2014/24/UE z 26 lutego 2014 r. w sprawie zamówień publicznych, uchylająca dyrektywę 2004/18/WE; zobacz również Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2014/25/UE z 26 lutego 2014 r. w sprawie udzielania zamówień przez podmioty działające w sektorach gospodarki wodnej, energetyki, transportu i usług pocztowych, uchylająca dyrektywę 2004/17/WE.

nie technologii środowiskowych³⁵. Obok terminu zielonych zamówień publicznych można się spotkać również z terminem zrównoważone zamówienia publiczne, które najogólniej mówiąc stanowią wspólną kategorię zielonych zamówień publicznych i zamówień publicznych odpowiedzialnych społecznie³⁶.

W tabeli 7 zaprezentowano wybrane aspekty, które można wykorzystać przy udzielaniu zamówień publicznych.

Podsumowując należy stwierdzić, że niezbędne jest rozbudowywanie aparatu instrumentów ekonomicznych polityki ekologicznej, a szerzej gospodarczej w celu sprostania wyzwaniom stawianym przed współczesną gospodarką i środowiskiem w kontekście zarówno obserwowanych zmian, jak i celów rozwojowych związanych z rozwojem zrównoważonym. Można jednak już teraz mądrze korzystać z tych instrumentów, które są dostępne.

Należy również podkreślić ogromną rolę instrumentów miękkich, edukacji, negocjacji i partycypacji społecznej, zwłaszcza w dobie postępującej cyfryzacji i zmieniającej się dynamiki organizowania się grup społecznych.

Bibliografia

Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2014/24/UE z 26 lutego 2014 r. w sprawie zamówień publicznych, uchylająca dyrektywę 2004/18/WE.

Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2014/25/UE z 26 lutego 2014 r. w sprawie udzielania zamówień przez podmioty działające w sektorach gospodarki wodnej, energetyki, transportu i usług pocztowych, uchylająca dyrektywę 2004/17/WE.

EFR, https://ec.europa.eu/regional_policy/pl/funding/erdf/.

EFS, https://ec.europa.eu/regional_policy/pl/funding/social-fund/.

Fiedor B., Czaja S., Graczyk A., Jakubczyk Z., *Podstawy ekonomii środowiska i zasobów naturalnych*, Wydawnictwo C.H. Beck, Warszawa 2002.

FS, https://ec.europa.eu/regional_policy/pl/funding/cohesion-fund/.

³⁵ M. Pchątek, A. Juchnik, P. Kupczyk, *Prawne aspekty „zielonych” zamówień publicznych*, [w:] *Zielone zamówienia publiczne*, Urząd Zamówień Publicznych Warszawa 2009, s. 10.

³⁶ Proces, w którym organizacje zaspokajają swoje potrzeby na towary, usługi, roboty budowlane w oparciu o stosunek jakości do ceny w całym cyklu życia, generując korzyści nie tylko dla organizacji, ale także dla społeczeństwa i gospodarki, przy jednoczesnym minimalizowaniu szkód dla środowiska [w:] *Krajowy Plan Działań w zakresie zrównoważonych zamówień publicznych na lata 2017–2020*, Urząd Zamówień Publicznych, Warszawa, 2017, s. 8.

- Górka K.**, *Kontrowersje wokół stosowania funduszy ekologicznych w celu realizowania polityki gospodarczej w ochronie środowiska*, [w:] *Ocena funduszy ekologicznych w świetle ich dalszego funkcjonowania w Polsce*, K. Górka i P. P. Małecki (red.), Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego w Krakowie, Kraków 2011, s. 121.
- Górka K., Poskrobko B., Radecki W.**, *Ochrona środowiska. Problemy społeczne, ekonomiczne i prawne*, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa 2001.
- Kielczewski D.**, *Zielone zamówienia publiczne jako przejaw działań finansowych sektora publicznego na rzecz zrównoważonego rozwoju*, „Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu”, 2013, nr 297, s. 148.
- Koźuch M.**, *Subsydiowanie ochrony środowiska przyrodniczego w gospodarce rynkowej: doświadczenia Polski*, Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego, Kraków 2013.
- Krajowy Plan Działań w zakresie zrównoważonych zamówień publicznych na lata 2017–2020**, Urząd Zamówień Publicznych, Warszawa 2017.
- Krajowy Plan Działań w zakresie zrównoważonych zamówień publicznych na lata 2017–2020**, Urząd Zamówień Publicznych, Warszawa 2017.
- Linia demarkacyjna pomiędzy Programami Operacyjnymi Polityki Spójności, Wspólnej Polityki Rolnej i Wspólnej Polityki Rybackiej z 4 marca 2014 r.** https://www.funduszeuropejskie.2007-2013.gov.pl/Dokumenty/Lists/Dokumenty%20programowe/Attachments/99/linia_demarkacyjna_040314.pdf (data dostępu: 12.12.2018 r.).
- Małecki P. P.**, *System opłat i podatków ekologicznych w Polsce na tle rozwiązań w krajach OECD*, Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego w Krakowie, Kraków 2012.
- Małecki P. P., Thier A.**, *Zmiany w systemie opłat ekologicznych w obszarze gospodarki wodnej w świetle nowego prawa wodnego*, [w:] „Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego w Krakowie”, nr 1/973, 2018.
- Ochrona Środowiska 2017**, GUS, Warszawa 2017.
- Pchałek M., Juchnik A., Kupczyk P.**, *Prawne aspekty „zielonych” zamówień publicznych*, [w:] *Zielone zamówienia publiczne*, Urząd Zamówień Publicznych Warszawa 2009.
- Poskrobko B., Poskrobko T.**, *Zarządzanie środowiskiem w Polsce*, PWE, 2012.

Retencja.pl, <https://retencja.pl/aplikacje/>; <https://retencja.pl/aplikacje/panda/>.

Rocznik statystyczny, Ochrona Środowiska. GUS, Warszawa 2018.

Rosiek K., *Metody oceny skuteczności projektów ochrony środowiska w Polsce współfinansowanych ze źródeł zagranicznych na przykładzie gospodarki wodno-ściekowej* (rozprawa doktorska – nie publikowana), Uniwersytet Ekonomiczny w Krakowie, Kraków 2011.

Rosiek K., *Subsydia oddziałujące na stan środowiska w świetle badań OECD*, [w:] „Prace z zakresu polityki przemysłowej i ekologicznej”, Uniwersytet Ekonomiczny w Krakowie, Zeszyty Naukowe nr 860, UEK, Kraków 2011, s. 93–108.

Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) nr 1300/2013 z 17 grudnia 2013 r. w sprawie Funduszu Spójności i uchylające rozporządzenie (WE) nr 1084/2006 (Dz.U. L 347 z 20 grudnia 2013 r., s. 281–288) <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/pl/TXT/?uri=CELEX:32013R1300>.

Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) nr 1301/2013 z 17 grudnia 2013 r. w sprawie Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego i przepisów szczególnych dotyczących celu „Inwestycje na rzecz wzrostu i zatrudnienia” oraz w sprawie uchylenia rozporządzenia (WE) nr 1080/2006 (Dz.U. L 347 z 20 grudnia 2013 r., s. 289–302) <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/pl/TXT/?uri=CELEX:32013R1301>.

Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) nr 1304/2013 z 17 grudnia 2013 r. w sprawie Europejskiego Funduszu Społecznego i uchylające rozporządzenie Rady (WE) nr 1081/2006 (Dz.U. L 347 z 20 grudnia 2013 r., s. 470–486) <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/pl/TXT/?uri=CELEX:32013R1304>.

System finansowania ochrony środowiska w Polsce w warunkach integracji z Unią Europejską, J. Famielec (red.), Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej w Krakowie, Kraków 2005.

Ustawa z 20 lipca 2017 r. Prawo wodne (Dz.U. 2017, poz. 1566 ze zm.).

Ustawa z 27 kwietnia 2001 r. Prawo ochrony środowiska (Dz.U. 2016, nr 62, poz. 672 ze zm.).

Ustawa z 29 stycznia 2004 r. Prawo zamówień publicznych (Dz. U. 2004, nr 19, poz. 177).

WFOŚiGW w Krakowie, <https://www.wfos.krakow.pl/oferta/wedlug-dziedziny-finansowania/gospodarka%e2%80%8b-wodno%e2%80%8b-sciekowa/osoby-fizyczne/>.

Wniosek Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady w sprawie minimalnych wymogów dotyczących ponownego wykorzystania wody COM/2018/337 final – 2018/0169 (COD) z późn. zm.

Strony internetowe:

<http://nfosigw.gov.pl/oferta-finansowania/srodki-zagraniczne/instrument-finansowy-life/informacje-ogolne/>

http://wyborcza.pl/1,75399,17638065,Irlandczycy_po_raz_pierwszy_od_150_lat_musza_placic.html

https://ec.europa.eu/agriculture/rural-development-2014-2020_pl

https://ec.europa.eu/fisheries/cfp_pl

https://ec.europa.eu/info/funding-tenders_pl

https://ec.europa.eu/regional_policy/pl/atlas/programmes/2014-2020/poland/2014tc16rfir001

https://ec.europa.eu/regional_policy/pl/atlas/programmes/2014-2020/poland/2014tc16rftn003

https://ec.europa.eu/regional_policy/pl/atlas/programmes/2014-2020/poland/2014tc16rfir003

https://ec.europa.eu/regional_policy/pl/funding/ipa/

https://ec.europa.eu/regional_policy/pl/funding/solidarity-fund/

<https://rpo.bgk.pl/>

https://www.bip.krakow.pl/?dok_id=93659

<https://www.bosbank.pl/przedsiębiorstwa/finansowanie-1/fundusze-europejskie/europejska-oferta>

https://www.funduszeuropejskie.2007-2013.gov.pl/Dokumenty/Lists/Dokumenty%20programowe/Attachments/99/linia_demarkacyjna_040314.pdf

<https://www.water.ie/for-home/refunds/>



dr inż. Wiesław Fiałkiewicz – jest adiunktem na Uniwersytecie Przyrodniczym we Wrocławiu. Ukończył studia na Akademii Rolniczej we Wrocławiu i Wageningen Agricultural University (Holandia). Stopień naukowy doktora uzyskał w 2001 r. z nauk rolniczych w zakresie kształtowania środowiska. W latach 2002–2004 odbył staż zagraniczny w Bureau de Recherches Géologiques et Minières (Francja). Główne zainteresowania dotyczą procesów hydrologicznych, wpływu zmian klimatu i działalności człowieka na środowisko oraz popularyzacji śladu wodnego. W swojej działalności zawodowej realizował prace na rzecz gospodarki narodowej oraz uczestniczył w międzynarodowych projektach badawczych.

9. Wyniki obliczeń śladu wodnego w miastach

Prezentowane w niniejszym rozdziale wyniki obliczeń śladu wodnego zostały wykonane dla pięciu miast uczestniczących w projekcie „Ślad wodny jako narzędzie edukacji, integracji oraz podejmowania inicjatyw na rzecz ochrony zasobów wodnych w miastach”: Cieszyna, Ełk, Jasła, Kalisza i Milanówka (rys. 1).



Rys. 1. Miasta zaangażowane w realizację projektu „Ślad wodny”

W południowej części Polski położone są miasta: Cieszyn, na granicy polsko-czeskiej w południowej części województwa śląskiego, i Jasło. Miasta Kalisz i Milanówek położone są w środkowej Polsce, w województwie wielkopolskim i mazowieckim. Najbardziej na północ wysuniętym miastem jest Ełk, położony w województwie warmińsko-mazurskim.

Ze względu na zajmowaną powierzchnię największym miastem jest Kalisz zajmujący około 68 km², a następnie Jasło 36,5 km², Cieszyn 28,6 km² i Ełk 21 km². Najmniejszym z analizowanych miast jest Milanówek, którego powierzchnia wynosi 13,4 km², a więc pięciokrotnie mniej niż Kalisza.

Zakres oceny śladu wodnego został określony dla:

- całego miasta,
- obszarów administracyjnych miasta,
- indywidualnego mieszkańca.

Celem prezentowanej analizy zużycia wody w mieście z wykorzystaniem wskaźnika śladu wodnego jest wskazanie, w jakich dziedzinach funkcjonowania miasta kryje się potencjał do oszczędzania wody zarówno w skali lokalnej, jak i globalnej. Uzyskane wyniki obliczeń śladu wodnego mogą zostać wykorzystane do:

- ustalania polityki gospodarowania wodą w mieście, w szczególności dla nowych inwestycji,
- oszacowania wpływu lokalnej polityki na zużycie wody w mieście,
- optymalizacji gospodarki wodno-ściekowej,
- identyfikacji obszarów i obiektów wodochłonnych,
- edukacji i promocji oszczędzania wody wśród mieszkańców,
- zwiększenia świadomości mieszkańców, że woda jest zasobem ubogim.

9.1. Charakterystyka miast

9.1.1. Uwarunkowania klimatyczne

W mieście Cieszyn panuje klimat umiarkowany zimny. Średnia roczna temperatura powietrza wynosi +8,2 °C (dane dla wielolecia 1961–1990), a średnia roczna suma opadów atmosferycznych 939 mm (wielolecie 1931–1990).

Klimat w Ełku kształtowany jest oddziaływaniem kontynentalnym i należy do najchłodniejszych w Polsce. Występowanie poszczególnych typów pogody charakteryzuje się małą zmiennością. Średnia roczna temperatura powietrza wynosi +6,6 °C, a średnia roczna suma opadów atmosferycznych wynosi 609 mm.

W mieście Jasło jest umiarkowanie zimno, a opady deszczu są znaczące i występują nawet podczas suchych miesięcy. Klimat w Jasle można określić jako wilgotny kontynentalny, z łagodnym latem i opadami przez cały rok. Średnia roczna temperatura to około $+7,9^{\circ}\text{C}$, a średnie roczne opady wynoszą 674 mm.

Pod względem klimatycznym Kalisz leży w strefie klimatu kontynentalnego wilgotnego z ciepłym latem. Średnia roczna temperatura powietrza wynosi $+6,8^{\circ}\text{C}$, a suma rocznych opadów osiąga wartość 643 mm.

W Milanówku panuje klimat wilgotny kontynentalny, z łagodnym latem. Średnia roczna temperatura w mieście Milanówek wynosi $+7,8^{\circ}\text{C}$. Średnie roczne sumy opadów wynoszą około 514 mm.

Najwyższa średnia roczna temperatura panuje w Cieszynie, natomiast najniższa w Elku. Najwięcej opadów występuje również w Cieszynie natomiast najmniej w Milanówku.

9.1.2. Ukształtowanie terenu

Krajobraz Cieszyna jest bardzo zróżnicowany wysokościowo. Obszar miasta znajduje się na Pogórzu Śląskim na wysokości od 225 do 375 m n.p.m. Sieć rzeczna jest dobrze rozwinięta, a głównymi ciekami na terenie miasta są odcinek Olzy oraz jej prawobrzeżne dopływy. Grunty w mieście cechuje niewielka retencyjność oraz duży udział nieprzepuszczalnych łupków, co powoduje, że stosunkowo szybko znaczna część wody opadowej odpływa powierzchniowo lub przypowierzchniowo.

Teren miasta Elk jest mało pofałdowany, przechodzi stopniowo w kotlinę, a następnie w obszar równinny stanowiący część wielkiej Równiny Augustowskiej. W zachodniej części miasta znajduje się jezioro Elckie, którego powierzchnia zwierciadła wody wynosi 382,4 ha. Przez jezioro przepływa rzeka Elk.

Jasło położone jest nad rzeką Wisłoką i posiada urozmaiconą rzeźbę terenu, na północy ma charakter wyżynny, natomiast na południu – górski. Jasło położone jest w zlewisku trzech rzek: Wisłoki, Jasiołki i Ropy. Wisłoka jest zarówno źródłem zaopatrzenia w wodę pitną mieszkańców Jasła, jak i odbiornikiem ścieków komunalnych.

Miasto Kalisz usytuowane jest na Wysoczyźnie Kaliskiej będącej częścią Niziny Południowowielkopolskiej. W mieście występują znaczne różnice wysokości pomiędzy centrum miasta a jego peryferiami, dochodzące do 35 m. Przez miasto przepływa rzeka Proсна.

Miasto Milanówek położone jest w obrębie Niziny Środkowomazowieckiej, na Równinie Łowicko-Błońskiej, w zlewni rzeki Utraty. Teren Milanówka charakteryzuje się dużym zróżnicowaniem jakości i rodzaju gleb.

9.1.3. Zagospodarowanie przestrzenne

Ponad połowę obszaru miasta Cieszyn stanowią użytki rolne (52%). Grunty zabudowane i zurbanizowane zajmują drugą pozycję pokrywając 36% miasta, z czego 14% to tereny mieszkalne, a 9% tereny komunikacyjne (drogi, kolej i inne). Ponadto znaczącą część stanowią grunty leśne 9% (rys. 2a).

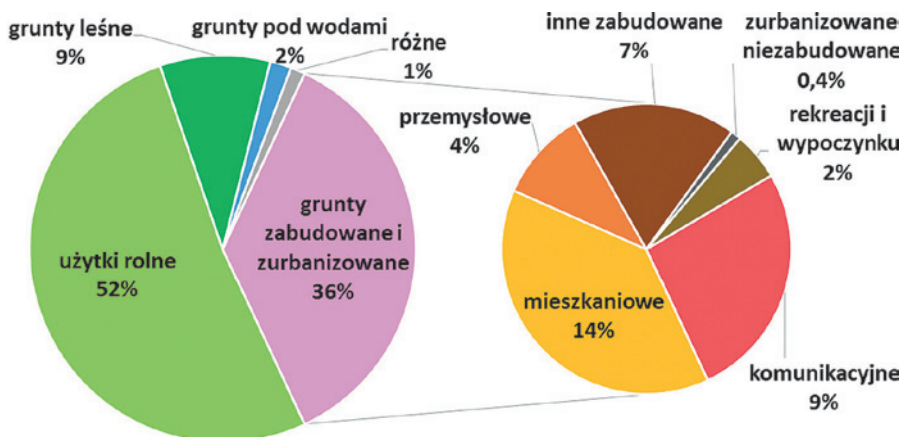
W mieście Elk natomiast ponad połowę obszaru stanowią grunty zabudowane i zurbanizowane (51%). Grunty stale znajdujące się pod wodą zajmują drugą pozycję pokrywając 21% miasta, a trzecią użytki rolne (19%). Największą część obszaru zurbanizowanego zajmują tereny komunikacyjne (drogi, kolej i inne) – 15% powierzchni całego miasta, następnie mieszkaniowe – 13% i inne zabudowane 10% (rys. 2b).

Ponad połowę (59%) obszaru Jasła stanowią użytki rolne (rys. 2c). Grunty zabudowane i zurbanizowane zajmują 28% powierzchni miasta. Trzecią pozycję zajmują lasy pokrywające 8% powierzchni miasta. Największą część obszaru zurbanizowanego zajmują tereny mieszkaniowe – 9% powierzchni całego miasta, następnie komunikacyjne (drogi, kolej i inne) – 8% i przemysłowe 6%.

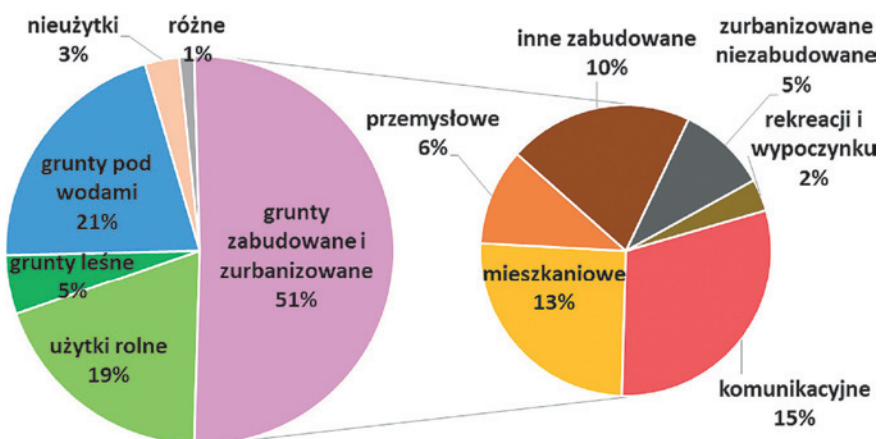
W strukturze użytkowania gruntów w Kaliszu dominują użytki rolne, które stanowią 61% powierzchni miasta (rys. 2d). Drugie miejsce pod względem zajmowanej powierzchni mają tereny zabudowane i zurbanizowane, które zajmują 32% powierzchni miasta. Największą część obszaru zurbanizowanego zajmują tereny mieszkaniowe – 10% powierzchni całego miasta, następnie komunikacyjne (drogi, kolej i inne) – 9%, inne zabudowane – 6% oraz przemysłowe – 5% .

W Milanówku ponad połowę (57%) obszaru miasta stanowią grunty zabudowane i zurbanizowane (rys. 2e). Użytki rolne zajmują drugą pozycję pokrywając 33% miasta, a trzecią grunty leśne (10%). Największą część obszaru zurbanizowanego zajmują tereny mieszkaniowe – 38% powierzchni całego miasta, następnie komunikacyjne (drogi, kolej i inne) – 11% i zurbanizowane niezabudowane około 4%.

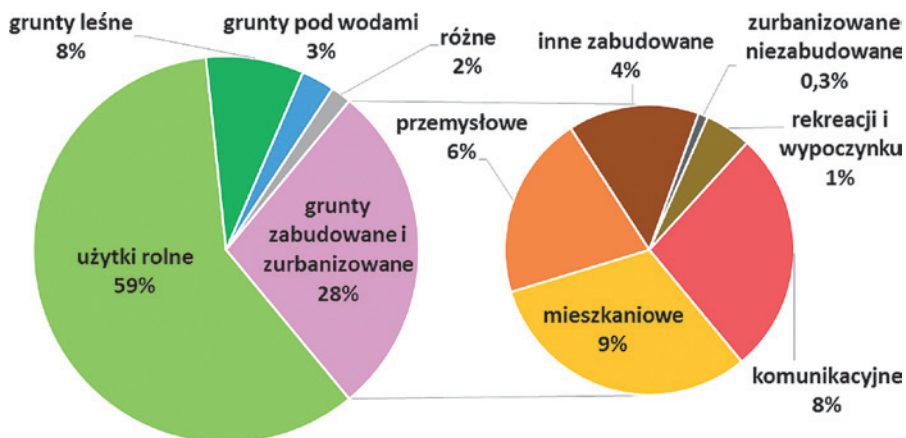
Podobną strukturę zagospodarowania terenu posiadają miasta Cieszyn, Jasło i Kalisz, gdzie ponad połowę stanowią użytki rolne. Ich przeciwieństwem są miasta Elk i Milanówek, w których ponad połowę zajmują grunty zabudowane i zurbanizowane.



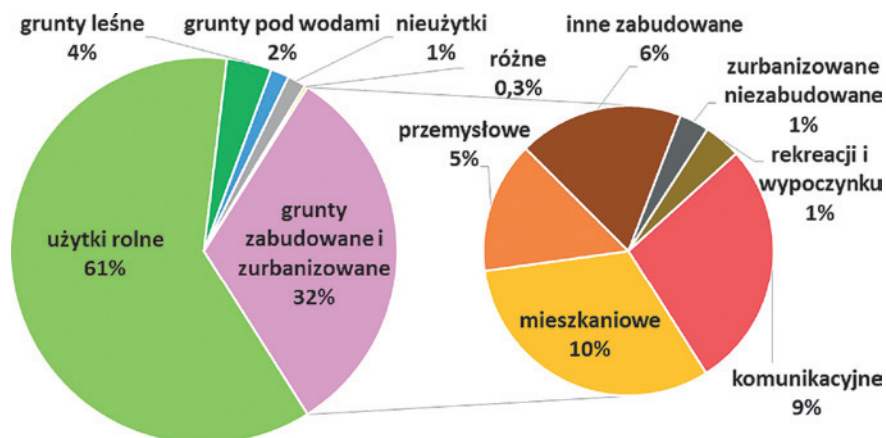
a) Cieszyn



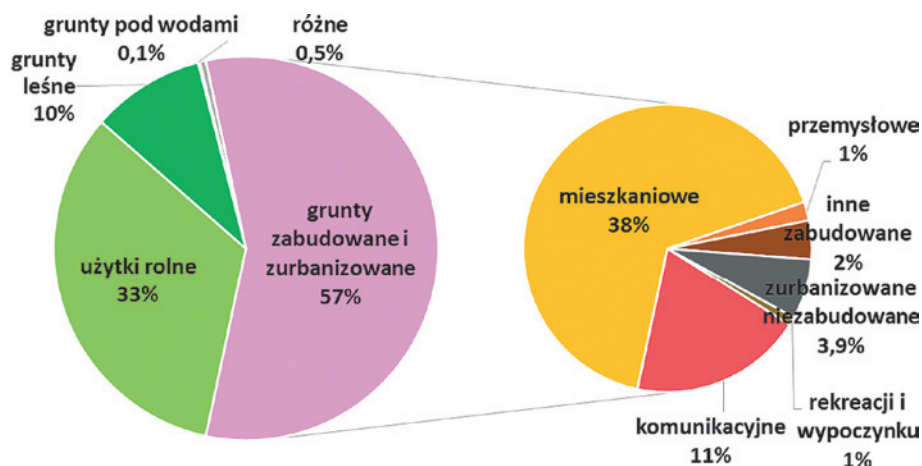
b) Elk



c) Jasło



d) Kalisz



e) Milanówek

Rys. 2. Struktura użytkowania gruntów w: a) Cieszynie, b) Ełku c) Jaśle, d) Kaliszu i e) Milanówku

Źródło: GUS, Bank danych lokalnych, 2014.

9.1.4. Gospodarka wodno-ściekowa

Cieszyn

Sieć wodociągowa na terenie miasta Cieszyn jest własnością Wodociągów Ziemi Cieszyńskiej Sp. z o.o. z siedzibą w Ustroniu. Miasto zaopatrywane jest w wodę z ujęcia wód podziemnych Pogórze koło Skoczowa. Ujęcie wody Pogórze, o charakterze infiltracyjnym, ujmuje wody poziomego czwartorzędowego. Składa się z 24 czynnych studni o głębokości od 6,0 do 16,2 m, zlokalizowa-

nych w trzech rejonach, położonych po obu stronach Wisły i jej dopływu Brennicy, a jego dobową produkcję wynosi $\sim 10\,700\text{ m}^3$. W czasie okresowych braków wody dla Cieszyna do sieci wodociągowej dostarczana jest woda z terenu Republiki Czeskiej w ilości około $1000\text{ m}^3/\text{d}$ oraz z ujęcia wody na zbiorniku Wisła Czarne, również w ilości około $1000\text{ m}^3/\text{d}$. Na terenie miasta funkcjonuje sieć wodociągowa o łącznej długości ponad 127 km, do której podłączonych jest szacunkowo 96% budynków mieszkalnych. W 2016 r. wielkość zużycia wody w gospodarstwach domowych wyniosła $1\,110\text{ dam}^3$, a w przeliczeniu na 1 mieszkańca $31,6\text{ m}^3$.

Sieciami kanalizacyjnymi i oczyszczalnią zarządza Zakład Gospodarki Komunalnej w Cieszynie Sp. z o.o. Tereny miasta są wyposażone w sieć kanalizacyjną sanitarną i ogólnospławną, której długość w 2016 r. wynosiła 182,9 km. W chwili obecnej około 96% lokali mieszkalnych podłączonych jest do sieci kanalizacyjnej. Miejska Oczyszczalnia Ścieków w Cieszynie jest oczyszczalnią mechaniczno-biologiczną z podwyższonym usuwaniem związków biogenych (głównie azot i fosfor). Łączna ilość ścieków odprowadzanych na terenie miasta w 2016 r. wyniosła 1598 dam^3 , z czego około 1225 dam^3 stanowiły ścieki bytowe.

Ełk

Gospodarkę wodno-ściekową na terenie miasta Ełk prowadzi Przedsiębiorstwo Wodociągów i Kanalizacji Spółka z o.o. Miasto zaopatrywane jest w wodę z ujęcia, na którego terenie znajduje się 26 studni głębinowych. Sieć wodociągowa miasta Ełk to pierścieniowy system rurociągów zasilany z jednego ujęcia wody, zlokalizowanego na terenie podmiejskich lasów. Według GUS sieć wodociągowa na terenie miasta na koniec 2016 r. osiągnęła długość 87,8 km. Z sieci wodociągowej korzysta 98,9% ludności. W 2016 r. wielkość zużycia wody w gospodarstwach domowych wyniosła $1,73\text{ dam}^3$, a w przeliczeniu na 1 mieszkańca $28,5\text{ m}^3$.

Sieć kanalizacji sanitarnej miasta Ełk jest systemem rozdzielczym – oddzielnym dla ścieków sanitarnych i oddzielnym na wód opadowych. Długość sieci kanalizacji sanitarnej w obrębie miasta, na koniec 2016 r. wyniosła 84,2 km. Z sieci kanalizacyjnej korzystało 94,9% mieszkańców miasta. Wszystkie ścieki komunalne trafiają do odległej o 5 km oczyszczalni ścieków w Nowej Wsi Ełckiej – gmina Ełk. Łączna ilość ścieków odprowadzanych na terenie miasta w 2016 r. wyniosła 2630 dam^3 , z czego 1672 dam^3 stanowiły ścieki bytowe. Ścieki z oczyszczalni miejskiej w Ełku są odprowadzane do rzeki Ełk poza zlewnię Jeziora Ełckiego, natomiast woda opadowa z licznych kolektorów burzowych zlokalizowanych na terenie miasta Ełk trafia do Jeziora Ełckiego.

Jasło

Na terenie miasta Jasło gospodarkę wodno-ściekową prowadzi Zakład Wodociągów i Kanalizacji, który wchodzi w skład Miejskiego Przedsiębiorstwa Gospodarki Komunalnej Spółka z o.o. w Jasle. Miasto zaopatrywane jest w wodę z dwóch ujęć: głównym ujęciem jest ujęcie wód powierzchniowych na prawym brzegu rzeki Wisłoki, a dodatkowym ujęciem wód podziemnych zlokalizowane przy ul. Na Kotlinę w Jasle. Długość sieci wodociągowej wynosiła w 2016 r. 159,2 km, podłączonych do niej było 68,5% ogółu budynków mieszkalnych, zaopatrując 87,2% ogółu ludności.

Sieć kanalizacji sanitarnej w obrębie miasta na koniec 2016 r. miała długość 223,7 km, przy 4596 przyłączach do budynków (82,7% ogółu budynków mieszkalnych), zapewniając dostęp do kanalizacji 88,9% mieszkańców miasta. Oczyszczalnia ścieków w Jasle jest oczyszczalnią mechaniczno-biologiczną z podwyższonym usuwaniem związków biogenych oraz przeróbką osadów i ich odwadnianiem po fermentacji. Do oczyszczalni doprowadzone są ścieki systemem kanalizacyjnym mieszanym, z przewagą kanalizacji ogólnospławnej. Obiekt przyjmuje do oczyszczania ścieki: miejskie, przemysłowe oraz wody deszczowe z terenu miasta i przyległych miejscowości. Ścieki oczyszczone odprowadzone są do rzeki Wisłoki.

Kalisz

Mieszkańcy Kalisza zaopatrywani są w wodę pochodzącą ze studni głębinowych, znajdujących się w pięciu ujęciach wód podziemnych. Głównym źródłem zaopatrzenia w wodę miasta Kalisza jest ujęcie infiltracyjne wzdłuż rzeki Prośny (tzw. ujęcie „Nad Prośną” lub „Lis”), składające się z 42 studni głębinowych. Właścicielem i zarządcą miejskiej sieci wodociągowej i kanalizacyjnej jest Przedsiębiorstwo Wodociągów i Kanalizacji Sp. z o.o. w Kaliszu. Kalisz cechuje się bardzo wysokim stopniem dostępności do sieci wodociągowej. W 2016 r. 99,2% wszystkich mieszkań było podłączonych do sieci wodociągowej, która zaopatrywała w wodę wodociągową 97,4% ogółu mieszkańców. Długość czynnej sieci rozdzielczej w mieście wynosiła 254,1 km (dane wg GUS). Zużycie wody w gospodarstwach domowych w 2016 r. wynosiło w przeliczeniu na 1 mieszkańca 36 m³.

Miasto wyposażone jest system kanalizacji ogólnospławnej, a także kanalizację deszczową. System ogólnospławny funkcjonuje w śródmieściu, a na pozostałym obszarze system rozdzielczy. Według danych GUS łączna długość czynnej sieci kanalizacyjnej wynosiła w 2016 r. 236,4 km. Z kanalizacji miejskiej korzystało 89,8% ogółu mieszkańców, ale tylko 63,7% ogółu budynków mieszkal-

nych było podłączone do kanalizacji. Ścieki z terenu Kalisza odprowadzane są do oczyszczalni w Kucharach, która jest oczyszczalnią mechaniczno-biologiczną z podwyższonym usuwaniem związków biogenych. Łączna ilość ścieków odprowadzanych na terenie miasta w 2016 r. wyniosła ogółem 4444 dam^3 ścieków, z czego 3371,8 dam^3 stanowiły ścieki bytowe. Odbiornikiem ścieków z oczyszczalni w Kucharach oraz dla istniejącej kanalizacji deszczowej na terenie miasta jest rzeka Proсна.

Milanówek

W Milanówku funkcjonuje miejski system wodociągowy oparty na 3 niezależnych ujęciach podziemnych wraz ze stacjami uzdatniania wody. Milanówek powiązany jest również siecią wodociągową z Grodziskiem Mazowieckim. Według GUS długość czynnej sieci rozdzielczej na terenie miasta na koniec 2016 r. wynosiła 98 km, przy 3232 podłączeniach do budynków. Z sieci wodociągowej korzystało 13 265 osoby, co stanowiło 85% ludności.

Sieć kanalizacji sanitarnej w obrębie miasta na koniec 2016 r. miała długość 57,5 km, przy 2254 przyłączach do budynków. Z sieci kanalizacyjnej korzystało 11 154 osób, tj. 71% mieszkańców miasta. Miasto Milanówek odprowadza ścieki komunalne do grupowej oczyszczalni ścieków w Grodzisku Mazowieckim.

9.2. Dane do obliczeń

Dane do wykonania obliczeń pozyskano za pomocą ankiety skierowanej do urzędów wszystkich pięciu miast. Pozyskane informacje dla 2015 r. dotyczą gospodarki wodno-ściekowej (tabela 1), użytkowania terenu (tabela 2) i jakości odprowadzanych wód z oczyszczalni (tabela 3). Stężenia zanieczyszczeń w odbiorniku przyjęto na podstawie oceny jakości jednolitych części wód powierzchniowych przeprowadzonej w latach 2013-2014 przez Wojewódzkie Inspektoraty Ochrony Środowiska w Katowicach, Olsztynie, Poznaniu, Rzeszowie i Warszawie (tabela 4).

Obliczenie przestrzennego rozkładu śladu wodnego w miastach wymagało dodatkowych danych przestrzennych w postaci map pokrycia terenu (rys. 3a, 4a, 5a, 6a i 7a), pozyskanych z Bazy Danych Obiektów Topograficznych (BDOT) centralnego zasobu geodezyjnego i kartograficznego w Głównym Urzędzie Geodezji i Kartografii. Dane pozyskane z bazy „Copernicus data and information” finansowanej przez Unię Europejską w ramach EU-DEM layers posłużyły do stworzenia map spadków terenu (rys. 3b, 4b, 5b, 6b i 7b). Przepuszczalność gruntów została oszacowana na podstawie Mapy Hydrograficznej Polski, dostępnej

w Głównym Urzędzie Geodezji i Kartografii. Dodatkowo do obliczenia bilansów wodnych zastosowano współczynniki spływu, infiltracji i parowania przedstawione w tabeli 5.

Miastem, w którym rok 2015 okazał się rokiem wyjątkowo suchym, był Kalisz, gdzie roczna suma opadów wyniosła około 50% średnich rocznych opadów z wielolecia. W tym samym roku wielkość opadów była niższa od średniej z wielolecia również w Cieszynie, Ełku i Milanówku. Jedynie w Jaśle opady nieznacznie przekroczyły wartość średnią. Wielkość poboru wody uzależniona była od liczby mieszkańców we wszystkich miastach, z wyjątkiem Cieszyna. Największa ilość wody pobierana była w Kaliszu a w drugiej kolejności w Cieszynie, choć drugim co do liczebności jest miasto Ełk. Spowodowane to było tym, że w Cieszynie pobierano 86 m³ wody w przeliczeniu na jednego mieszkańca, natomiast w Ełku zaledwie 49 m³. W przypadku ilości odprowadzanych ścieków przypadającą na jednego mieszkańca Cieszyn również osiągnął największą wartość równą 92 m³.

Jakość oczyszczonych ścieków odprowadzanych z oczyszczalni była różna dla każdego wskaźnika. Najmniejsze stężenia azotu zmierzono w oczyszczonych ściekach w Cieszynie, natomiast największe w Kaliszu. W przypadku fosforu sytuacja była odwrotna: najmniejsze stężenie wystąpiło w Kaliszu a największe w Cieszynie. Należy jednak zaznaczyć, że we wszystkich miastach stężenia zanieczyszczeń w oczyszczonych ściekach były niższe niż wartości dopuszczalne, wynikające z pozwoleń wodno-prawnych.

Tabela 1. Dane ogólne

	Cieszyn	Ełk	Jaśło	Kalisz	Milanówek
Liczba mieszkańców	35 274	59 234	35 880	102 808	15 736
Roczna suma opadów [mm/rok]	551	580	689	259	406
Wielkość poboru m ³ /rok:					
– wód podziemnych		2 915 300	35 910	5 244 306	569 875
– wody powierzchniowej			2 276 632		
– wody ze studni prywatnych					
– wody importowanej	3 031 294				
– produkcja ciepła i schładzanie				194 920	
Ilość odprowadzanych m ³ /rok:					
– wody poza granice miasta		491 000		327 000	
– ścieków do oczyszczalni	3 259 787	2 836 210	1 643 000	5 124 801	622 042
– podgrzanej wody				176 286	

Tabela 2. Użytkowanie terenu [ha]

Rodzaj powierzchni	Cieszyn	Elk	Jasło	Kalisz	Milanówek
– użytki rolne	1 420	403	2 167	4 190	433
– lasy	271	80	299	260	43
– woda	62	438	102	106	2
– zabudowana	771	756	753	1 549	713
– komunikacyjna	269	317	278	615	119
– zieleń publiczna	66	62	53	25	26
– zieleń prywatna	bd	bd	bd	65	8
Całkowita powierzchnia	2 859	2 106	3 652	6 810	1 344
Dachy (obrys budynków)	140	141	169	373	81

Tabela 3. Stężenia zanieczyszczeń w odprowadzanej wodzie z oczyszczalni ścieków [mg/l]

Wskaźnik	Dopuszczalne	Cieszyn *	Elk	Jasło *	Kalisz	Milanówek
Azot	10 (15')	4	8,69	6,75	8,95	8,6
Fosfor	1 (2')	1	0,39	0,331	0,28	0,84
BZT ₅	15	4	4,52	3,99	4,58	8,2
ChZT	125	29	46,58	41,2	45	32
Zawiesiny ogólne	35	6	5,6	3,62	8,58	8,6

Tabela 4. Aktualne stężenie zanieczyszczeń w odbiorniku [mg/l]

Wskaźnik	Cieszyn ¹	Elk ²	Jasło ³	Kalisz ⁴	Milanówek ⁵
Azot	2,16	1	1,2	4,47	4,8
Fosfor	0,134	0,04	0,055	0,169	0,257
BZT ₅	2,1	2,3	1,6	3,2	6,3
ChZT	12,9	24,3	bd	bd	32,8
Zawiesiny ogólne	10,3	2,2	bd	bd	41,5

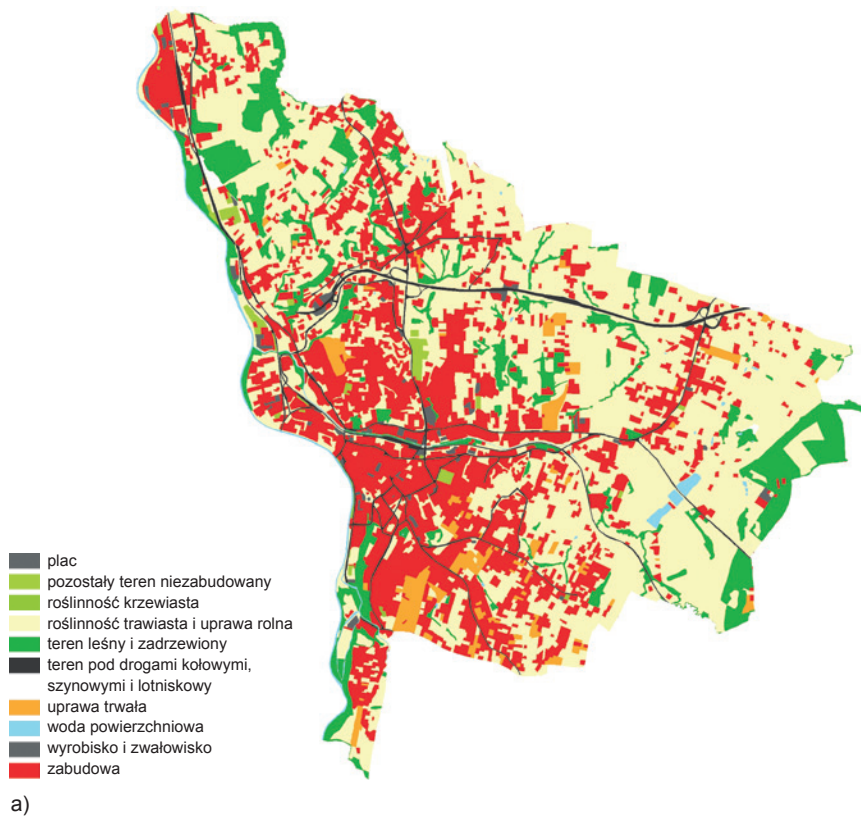
1) punkt pomiarowo-kontrolny Olza – powyżej Stonawki, 2014 r.

2) punkt pomiarowo-kontrolny Elk Łażna Struga – Barany, 2014 r.

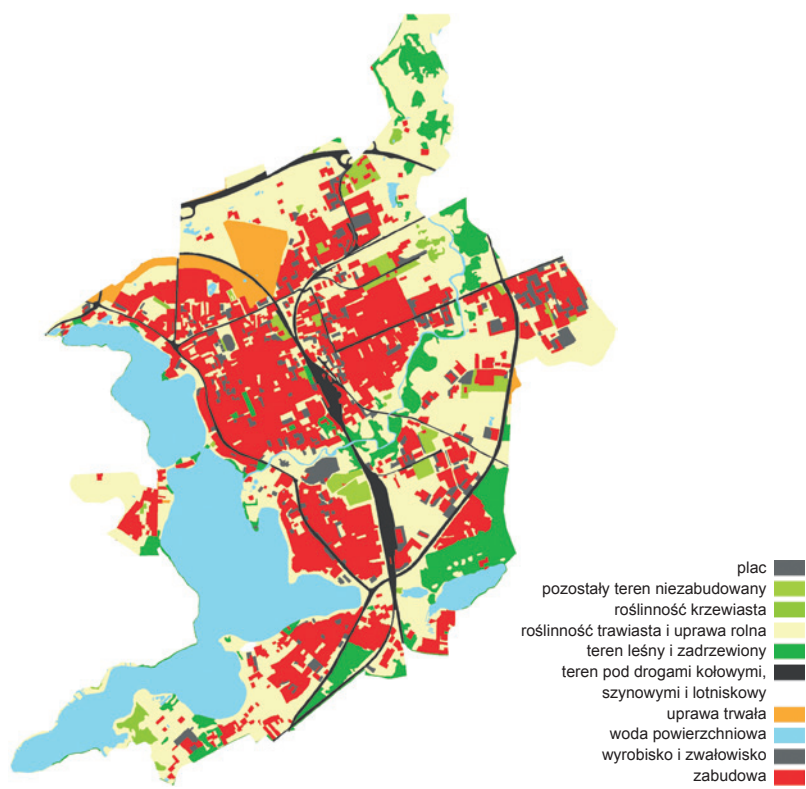
3) punkt pomiarowo-kontrolny Wisłoka – Gądky, 2013

4) punkt pomiarowo-kontrolny Prosna – Popówek i Prosna, 2014

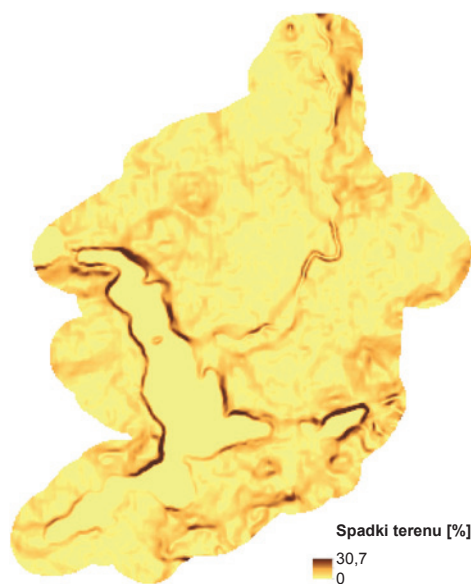
5) rzeka Rokitnica



Rys. 3. Mapa pokrycia terenu (a) i spadków terenu (b) dla Cieszyna

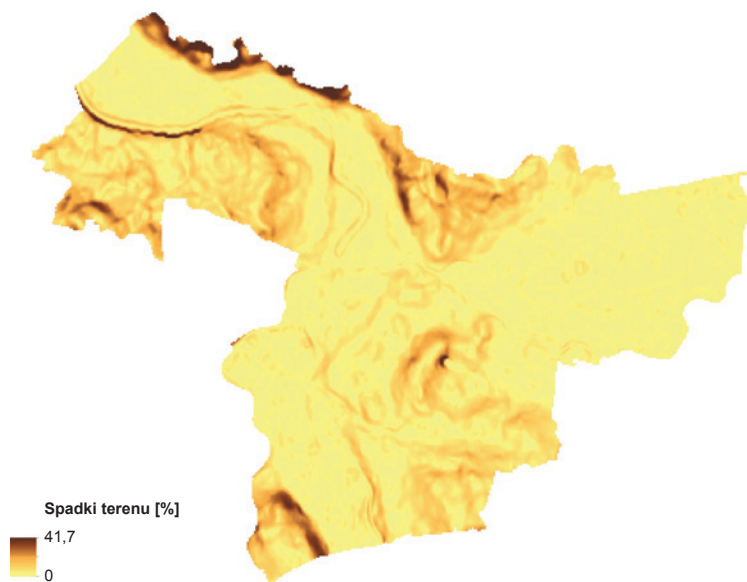
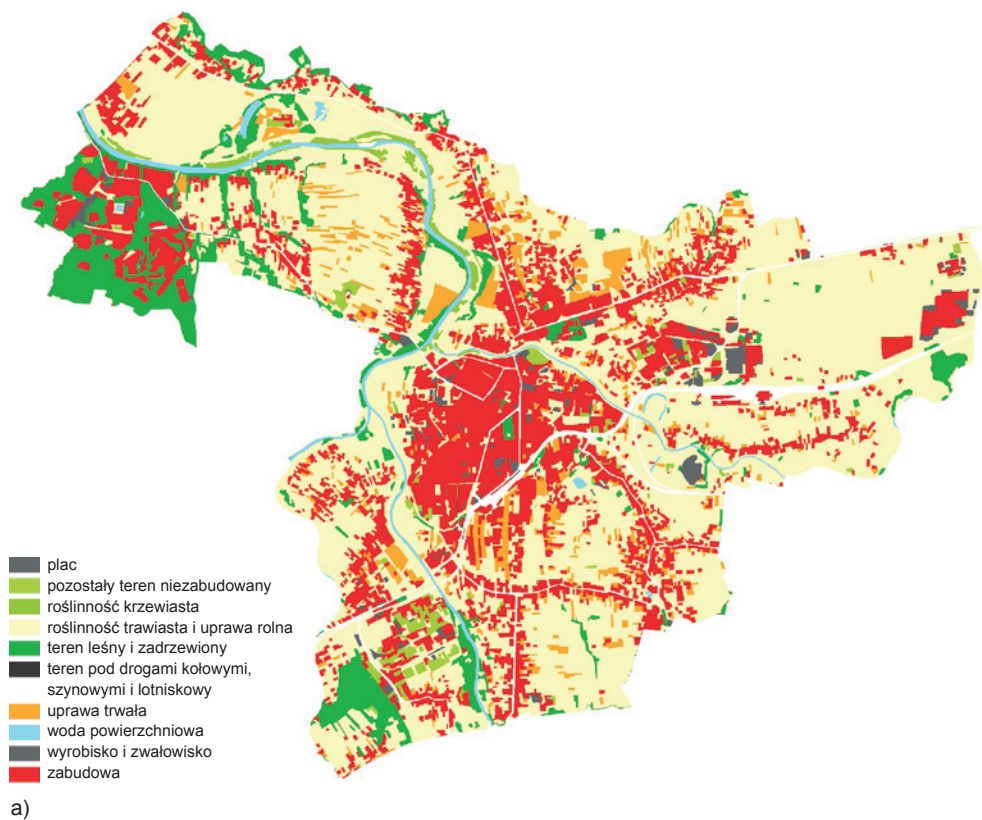


a)

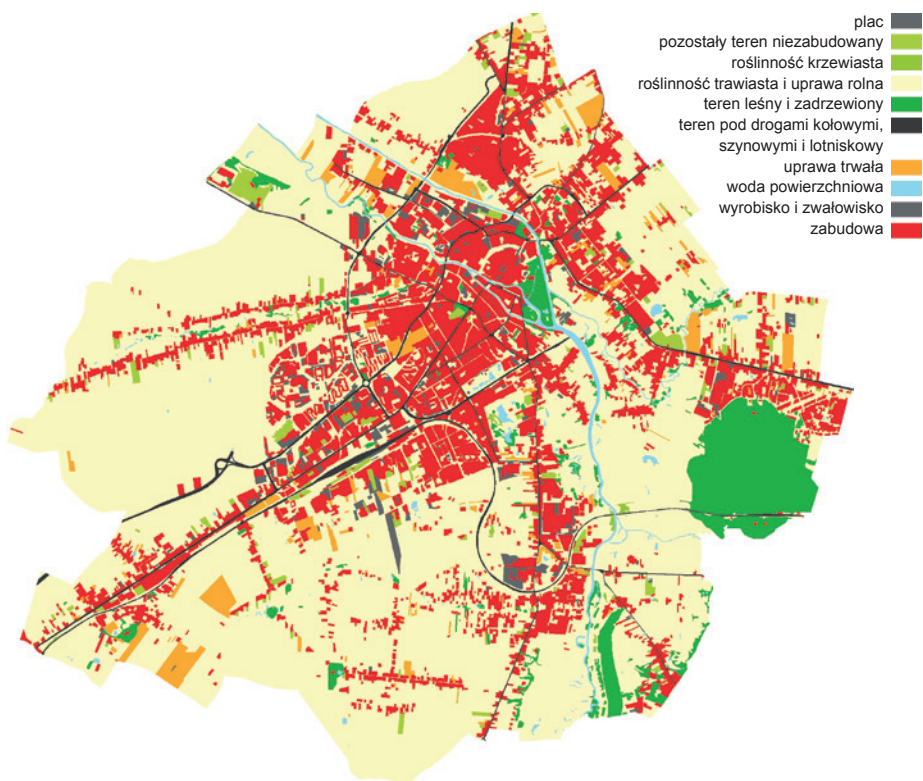


b)

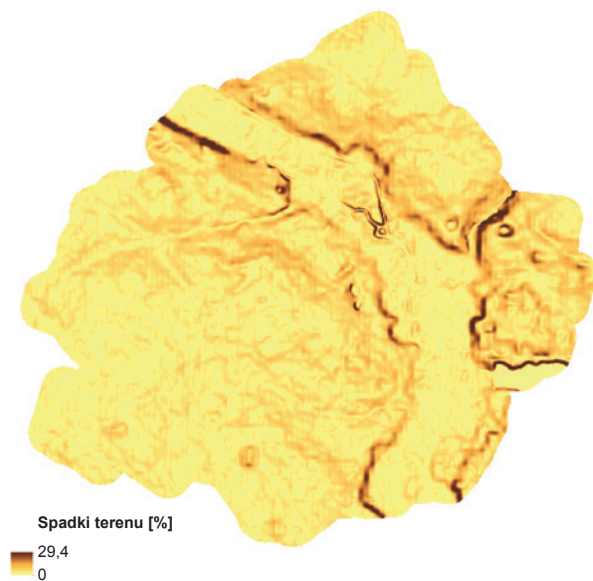
Rys. 4. Mapa pokrycia terenu [a] i spadków terenu [b] dla Elku



Rys. 5. Mapa pokrycia terenu (a) i spadków terenu (b) dla Jasła

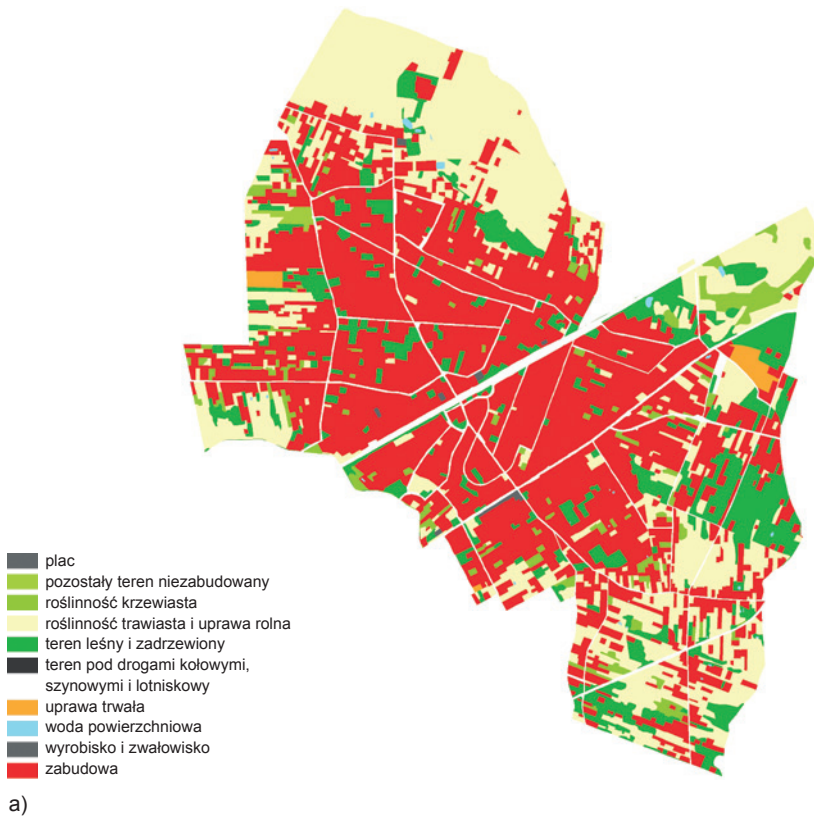


a)



b)

Rys. 6. Mapa pokrycia terenu (a) i spadków terenu (b) dla Kalisza



Rys. 7. Mapa pokrycia terenu (a) i spadków terenu (b) dla Milanówka

Tabela 5. Współczynniki spływu, infiltracji i parowania [%/100]

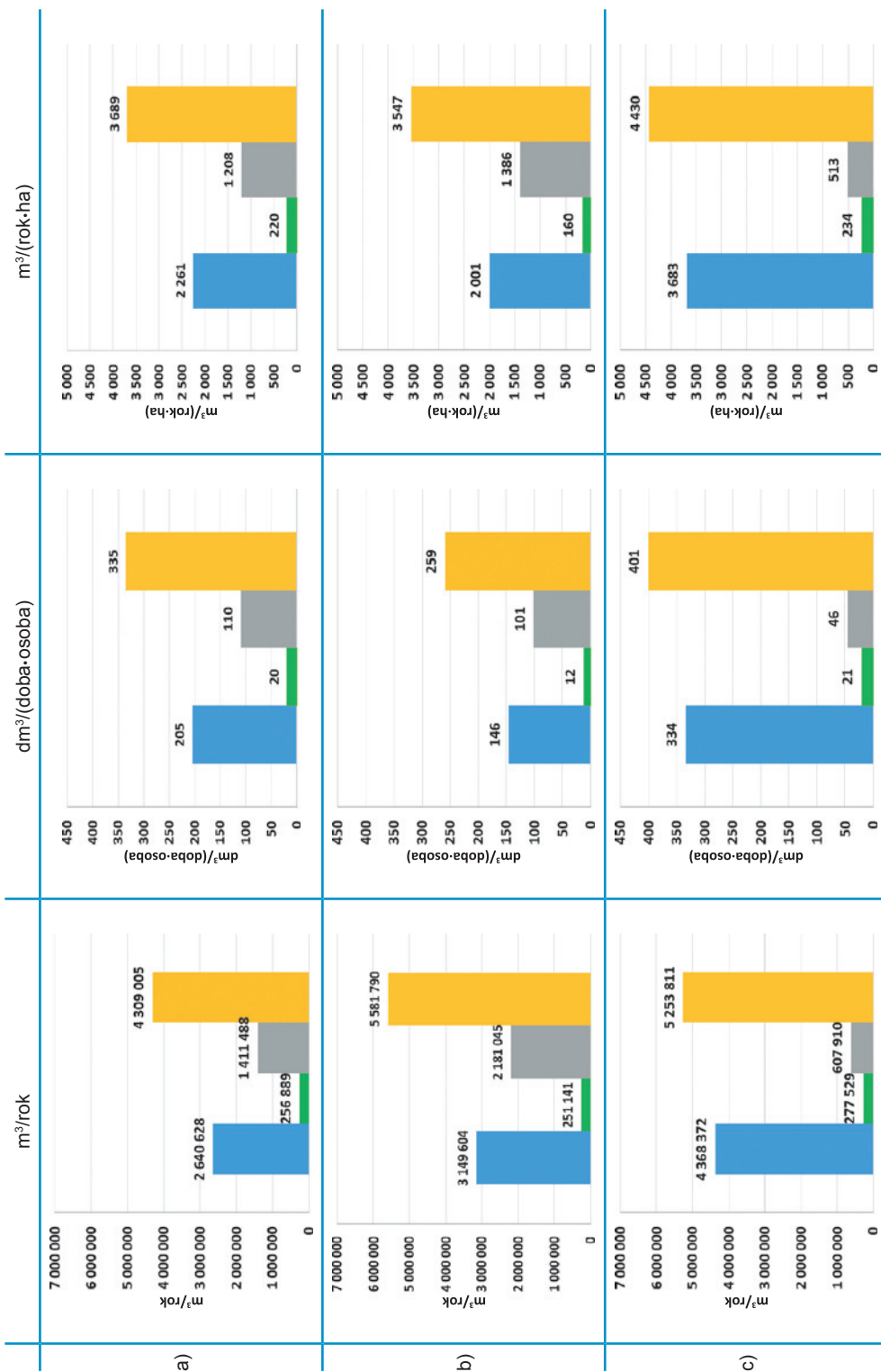
Nachylenie	Przepuszczalność	Rodzaj pokrycia terenu	Spływ	Infiltracja	Parowanie
do 4 %	średnia	budynek i drogi plus inne	0,90	0	0,10
do 4 %	średnia	rolne plus inne	0,08	0,20	0,72
do 4 %	średnia	lasy plus inne	0,02	0,15	0,83
do 4 %	średnia	zabudowa	0,62	0,11	0,27
do 4 %	słaba	budynek i drogi plus inne	0,90	0	0,10
do 4 %	słaba	rolne plus inne	0,15	0,05	0,80
do 4 %	słaba	lasy plus inne	0,09	0,04	0,87
do 4 %	słaba	zabudowa	0,69	0,03	0,28
do 4 %	łatwa	budynek i drogi plus inne	0,90	0	0,10
do 4 %	łatwa	rolne plus inne	0,03	0,32	0,65
do 4 %	łatwa	lasy plus inne	0,01	0,27	0,72
do 4 %	łatwa	zabudowa	0,57	0,24	0,19
> 4 %	średnia	budynek i drogi plus inne	0,97	0	0,03
> 4 %	średnia	rolne plus inne	0,20	0,18	0,62
> 4 %	średnia	lasy plus inne	0,10	0,13	0,77
> 4 %	średnia	zabudowa	0,75	0,09	0,16
> 4 %	słaba	budynek i drogi plus inne	0,97	0	0,03
> 4 %	słaba	rolne plus inne	0,27	0,03	0,70
> 4 %	słaba	lasy plus inne	0,17	0,02	0,81
> 4 %	słaba	zabudowa	0,82	0,07	0,11
> 4 %	łatwa	budynek i drogi plus inne	0,97	0	0,03
> 4 %	łatwa	rolne plus inne	0,15	0,30	0,55
> 4 %	łatwa	lasy plus inne	0,08	0,25	0,67
> 4 %	łatwa	zabudowa	0,70	0,21	0,09

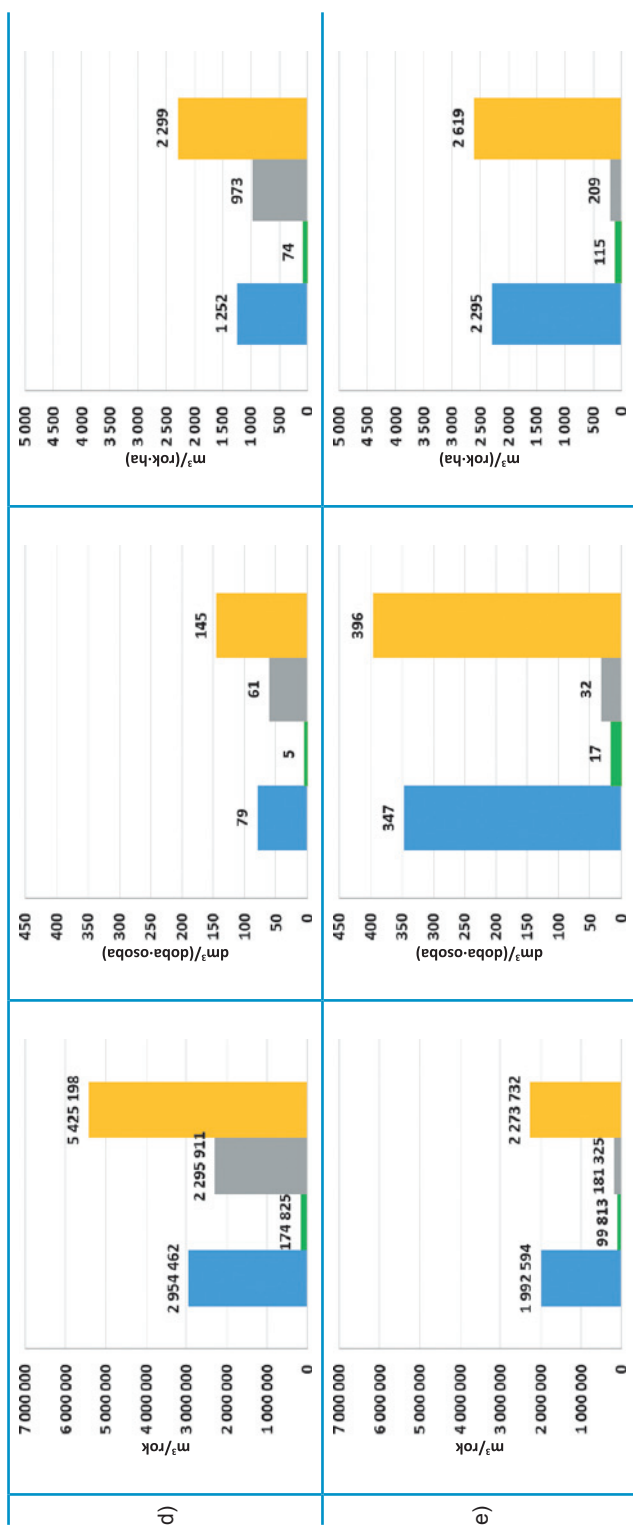
Źródło: Wartości współczynników spływu i infiltracji przyjęto na podstawie: Pazdro i Kozerski 1990 oraz Edel 2006.

9.3. Ślad wodny miast

Ślad wodny miast obliczony na poziomie ogólnym pokazuje, że pomimo różnic w powierzchni zajmowanej przez poszczególne miasta i liczebności mieszkańców trzy miasta tzn. Ełk, Kalisz i Jasło generują porównywalny ślad wodny wynoszący odpowiednio: 5,582 tys. m³, 5,425 tys. m³ i 5,254 tys. m³ na rok (rys. 8b, c, d). Miasto Milanówek będące najmniejszym z analizowanych miast posiada też najmniejszy ślad wodny wynoszący 2,274 tys. m³ na rok.

Zdecydowanie inaczej kształtują się wskaźniki śladu wodnego przeliczone na jednego mieszkańca. Okazuje się, że im większa liczebność miasta, tym mniejszy jednostkowy ślad wodny mieszkańca. W najliczebniejszym Kaliszu wyniósł on 145 dm³/(osoba·doba) (rys. 8d), natomiast w najmniej zaludnionym Cieszynie – 396 dm³/(osoba·doba) (rys. 8e), czyli około 2,7 razy więcej. Największy ślad wodny w przeliczeniu na jednego mieszkańca wystąpił jednak w Jaśle i wyniósł aż 401 dm³/dobę (rys. 8c).

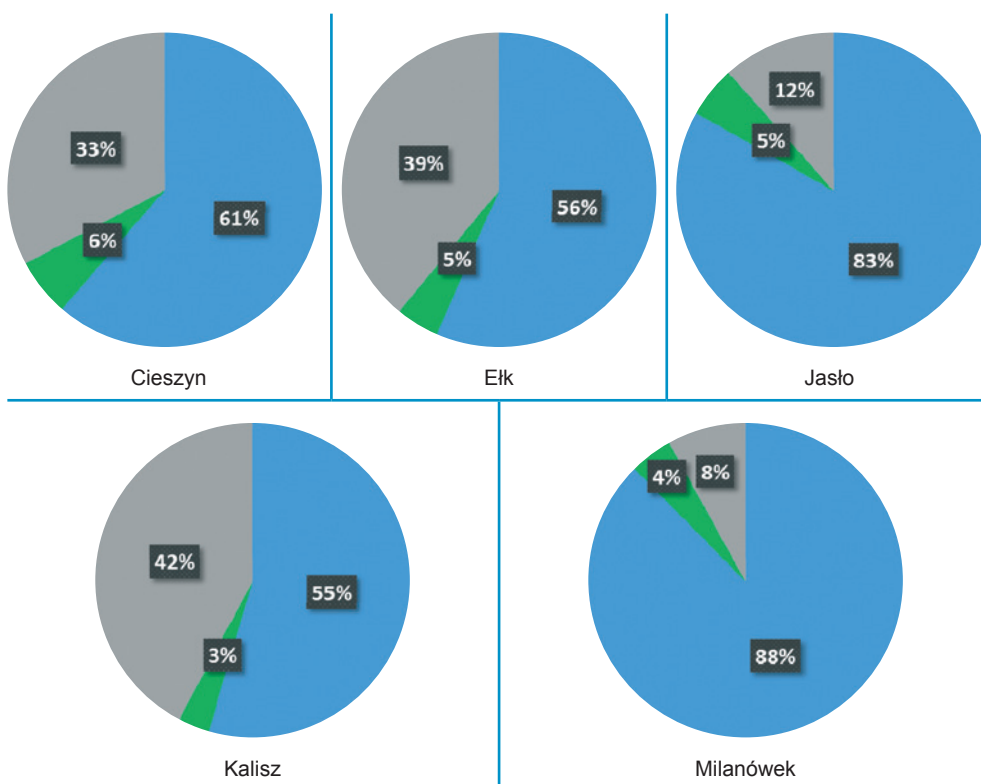




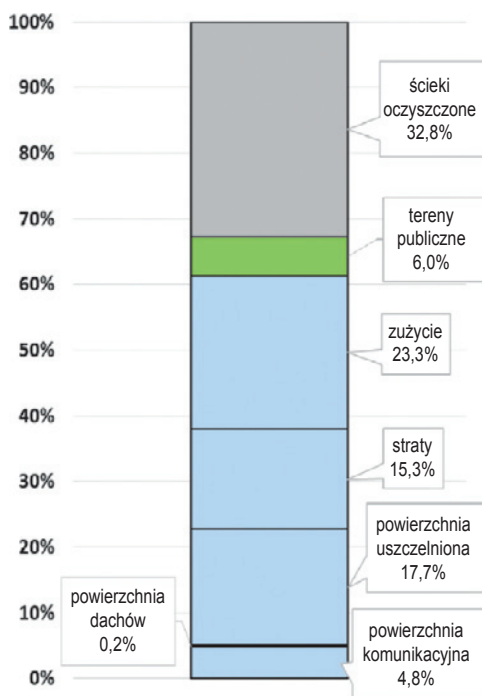
Rys. 8. Ślad wodny miast w 2015 r. w: a) Cieszyńskie, b) Eku, c) Jaśle, d) Kaliszu i e) Milanówku

Największy ślad wodny przeliczony na jednostkę powierzchni wystąpił również w Jasle (rys. 8c) i wyniósł 4430 m³/(ha·rok), a najmniejszy w Kaliszu – 2299 m³/(ha·rok) – zajmującym największą powierzchnię.

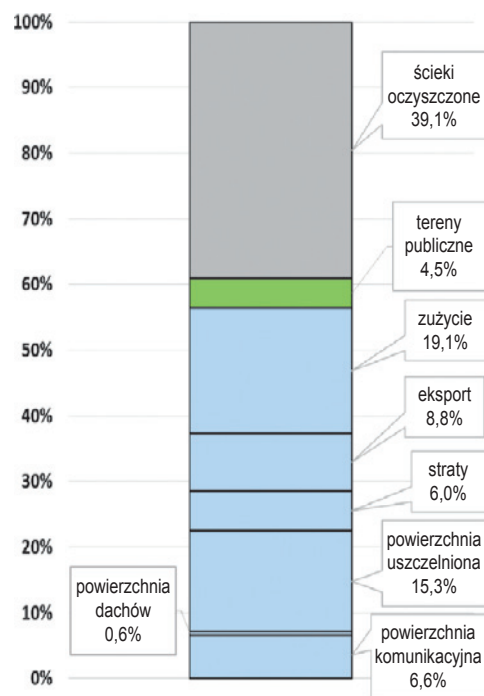
Udział procentowy poszczególnych składników śladu wodnego w całkowitym śladzie wodnym całego miasta wygląda podobnie we wszystkich pięciu miastach (rys. 9) pomimo wielu różnic pomiędzy nimi. We wszystkich miastach największy udział procentowy ma niebieski ślad wodny (od 55 do 88%), a najmniejszy zielony (od 3 do 6%). Spośród analizowanych miast największe podobieństwo pod względem udziału poszczególnych składników w całkowitym śladzie wodnym wykazują Cieszyn, Elk i Kalisz. Miasta Jasło i Milanówek wyraźnie wyróżniają się od pozostałych miast bardzo dużym udziałem niebieskiego śladu wodnego, wynoszącym ponad 80%. Należy tu zaznaczyć, że w obliczeniach zielonego śladu wodnego nie wzięto pod uwagę terenów użytkowanych rolniczo, które też są pokryte roślinnością, a zajmują w niektórych przypadkach ponad połowę powierzchni miasta.



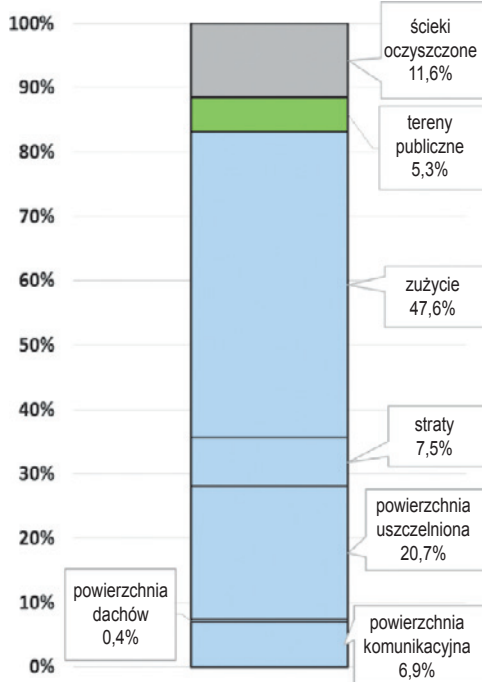
Rys. 9. Udział procentowy śladu zielonego, niebieskiego i szarego w całkowitym śladzie wodnym miast w 2015 r.



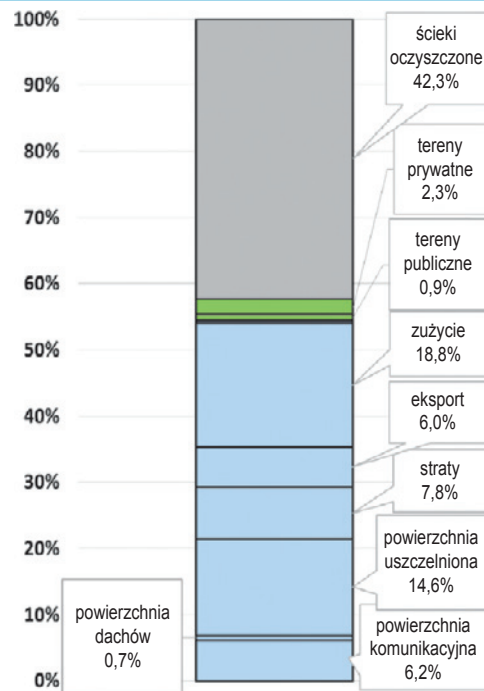
Cieszyn



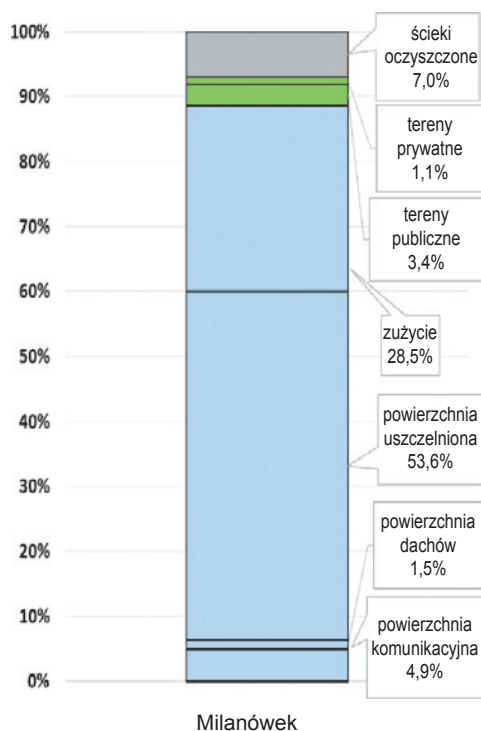
Ełk



Jasło



Kalisz



Rys. 10. Udział procentowy poszczególnych czynników w całkowitym śladzie wodnym miast w 2015 r.

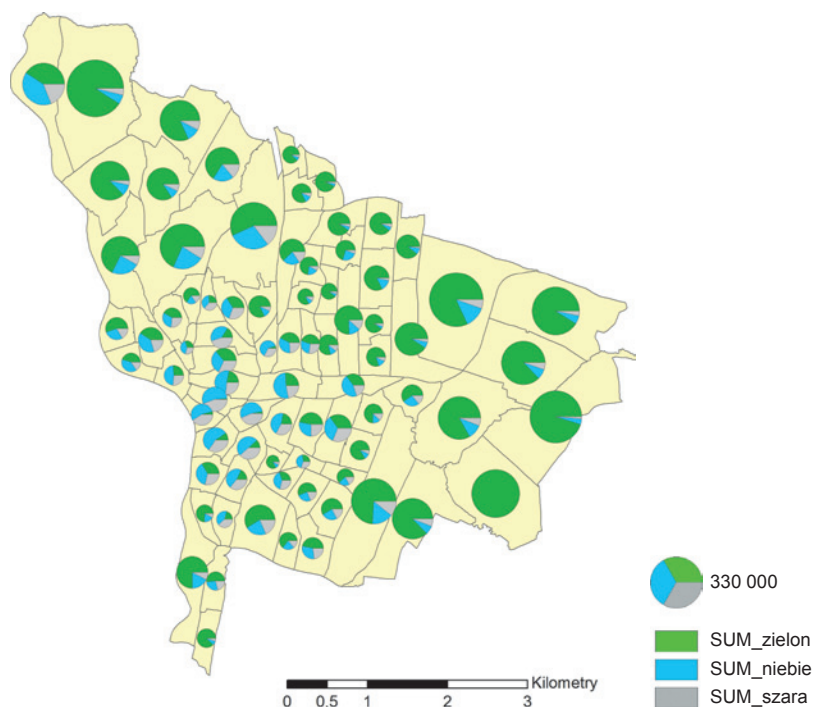
Aby zrozumieć, skąd biorą się różnice w śladzie wodnym poszczególnych miast i zidentyfikować główne czynniki wpływające na jego wartość, należy przeprowadzić szczegółową analizę każdego składnika śladu wodnego (rys. 10).

W przypadku Cieszyna, Jasła i Kalisza zdecydowanie największy udział w całkowitym śladzie wodnym mają ładunki zanieczyszczeń odprowadzanych do odbiorników przez oczyszczalnie ścieków. Na pewno poprawa jakości oczyszczonych ścieków powinna przyczynić się do redukcji szarego śladu wodnego. W przypadku Jasła i Milanówka szary ślad wodny nie ma największego udziału, co może być spowodowane nieprecyzyjnymi danymi o ilości odprowadzanych ścieków, które pozyskano z oczyszczalni przyjmującej ścieki z kilku sąsiednich gmin. Wśród czynników wpływających na niebieski ślad wodny największe znaczenie we wszystkich miastach prócz Milanówka odgrywa zużycie wody wynoszące od 18,8% w Kaliszu do 47,6% w Jaśle (rys. 10). Podnoszenie świadomości mieszkańców miast w zakresie świadomego oszczędzania wody powinno być zadaniem priorytetowym władz miasta. Parowanie z powierzchni nieprzepuszczalnej tj. uszczel-

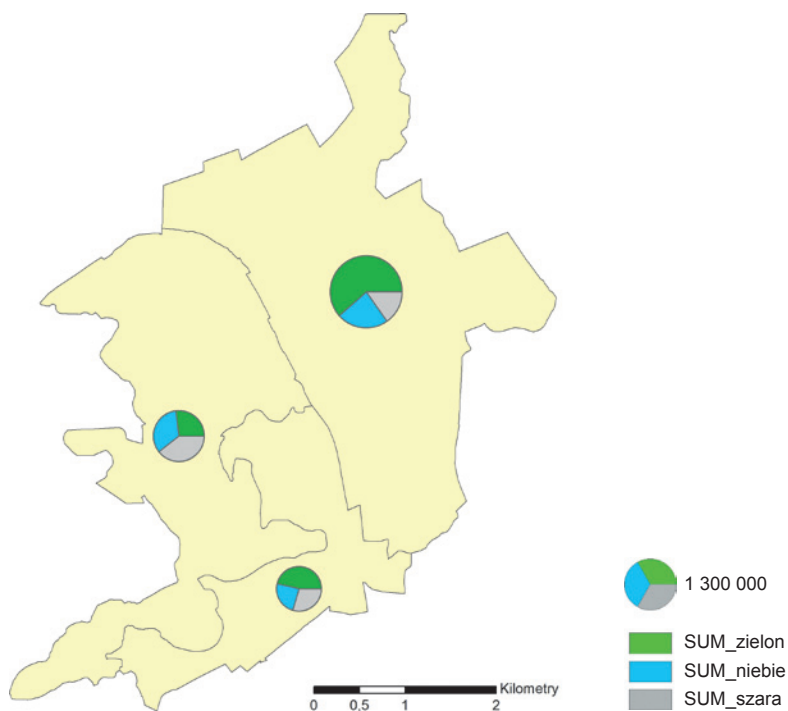
nionej, dachów i komunikacyjnej również przyczynia się do dużego niebieskiego śladu wodnego w miastach i wynosi sumarycznie od 21% w Kaliszu do 60% w Milanówku. Organy odpowiedzialne za planowanie przestrzenne powinny zatem zwracać szczególną uwagę na ograniczanie udziału powierzchni nieprzepuszczalnej w mieście. Cieszyn ma relatywnie duże w stosunku do innych miast straty wody podczas transportu, co powoduje, że niebieski ślad wodny utrzymuje się w tym mieście na wysokim poziomie. Ta informacja powinna skłonić przedsiębiorstwo wodociągowe do podjęcia kroków zmierzających do zmniejszenia strat. Zdecydowanie wszystkie miasta mają dużo do zrobienia, aby w całkowitym bilansie wodnym miasta zwiększyć udział zielonego śladu wodnego, który aktualnie wynosi kilka procent.

Inne spojrzenie na rolę śladu wodnego w mieście umożliwi przedstawienie go w postaci przestrzennego rozkładu dla wydzielonych obszarów w mieście. Na rysunku 11 pokazano mapy śladu wodnego rozdzielonego na obręby geodezyjne, wydzielone w miastach. W celu pokazania wpływu terenów zielonych na ślad wodny miasta na przedstawionych mapach tereny użytkowane rolniczo i lasy uznano za tereny generujące zielony ślad wodny. Założenie to jest słuszne w przypadku całościowego spojrzenia na miasto, w którym zazwyczaj ponad połowę obszaru zajmują tereny rolne służące do produkcji roślinnej. Tereny te przyczyniają się zatem również do uszczuplenia zasobów wodnych na terenie miasta. Mapy rozkładu przestrzennego śladu wodnego w miastach wykazują duże podobieństwo do map użytkowania terenu. Tam gdzie jest duża koncentracja terenów zabudowanych, udział szarego i niebieskiego śladu wodnego jest większy niż zielonego. Im większe jest zagęszczenie ludności na danym obszarze, tym większe znaczenie ma szary ślad wodny. Tam gdzie przeważają tereny użytkowane rolniczo i pokryte zielenią, tam największy udział ma zielony ślad wodny.

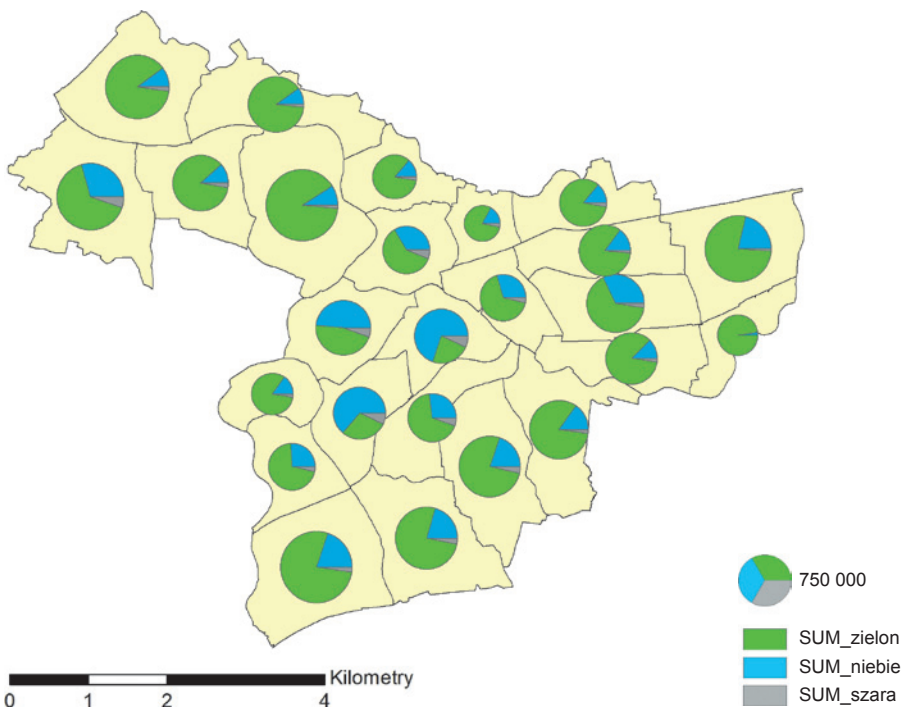
Podsumowując, całkowita wielkość śladu wodnego miasta uzależniona jest od jego wielkości. Im większe miasto tym większy ślad wodny, a co za tym idzie większe oddziaływanie na lokalne zasoby wody. Spośród trzech składników śladu wodnego wielkość szarego śladu wodnego zależna jest w głównej mierze od liczebności miasta. Zielony ślad wodny zależy od całkowitej powierzchni terenów zielonych i wielkości opadów. Natomiast na niebieski ślad wodny wpływ ma największa liczba składników takich jak bezpośrednie zużycie wody przez mieszkańców, powierzchnia terenów uszczelnionych czy warunki klimatyczne. Ślad wodny daje zatem możliwości wszechstronnego analizowania wzajemnych relacji pomiędzy różnymi elementami mającymi bezpośredni i pośredni wpływ na gospodarowanie wodą w miastach.



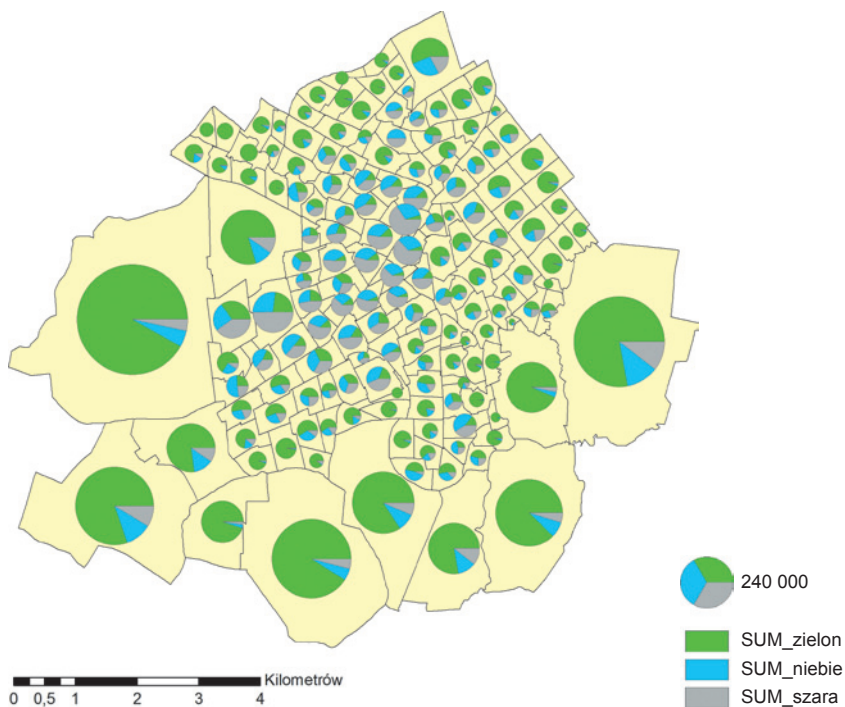
Cieszyn



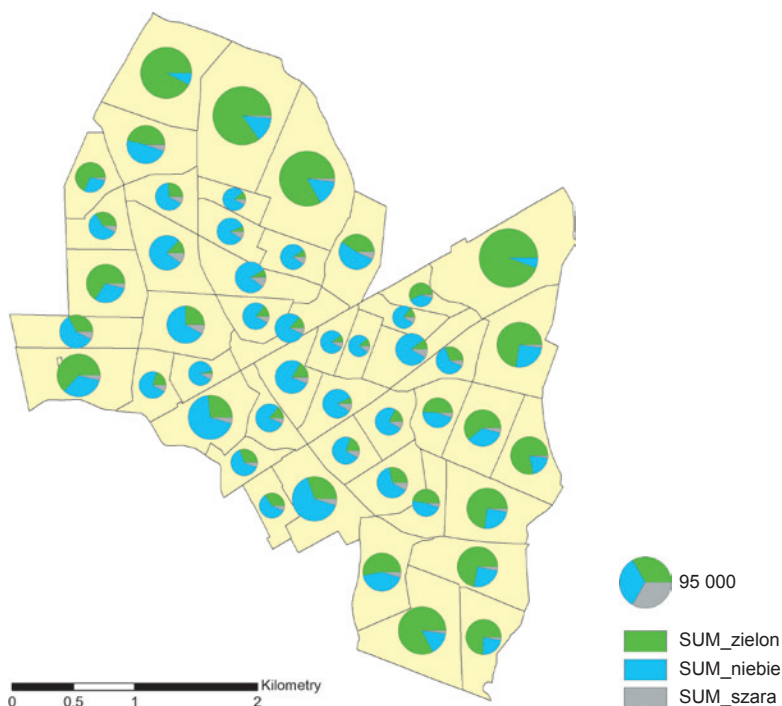
Elk



Jasło



Kalisz



Milanówek

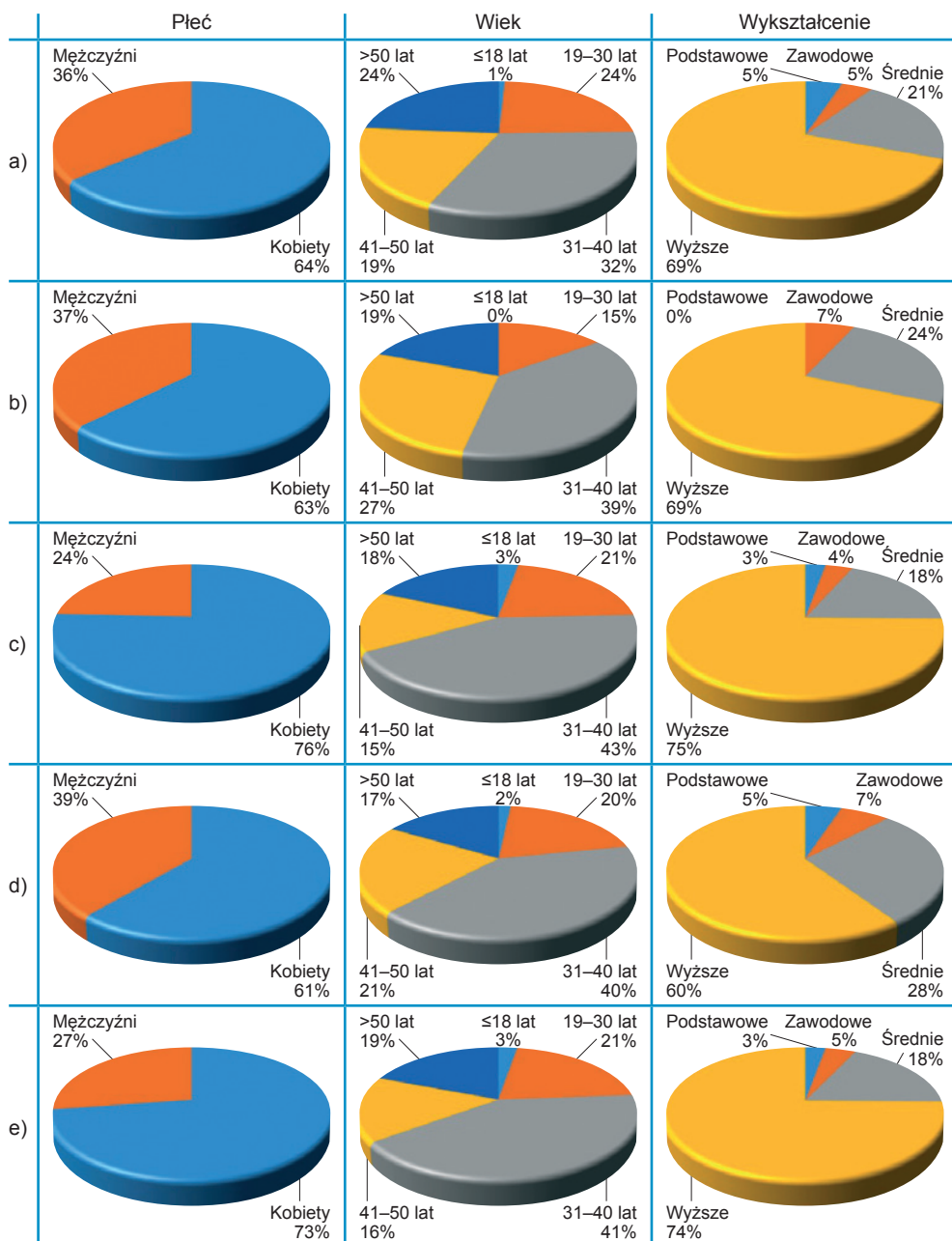
Rys. 11. Ślad wodny w regionach administracyjnych miast w 2015 r.

9.4. Ślad wodny mieszkańców

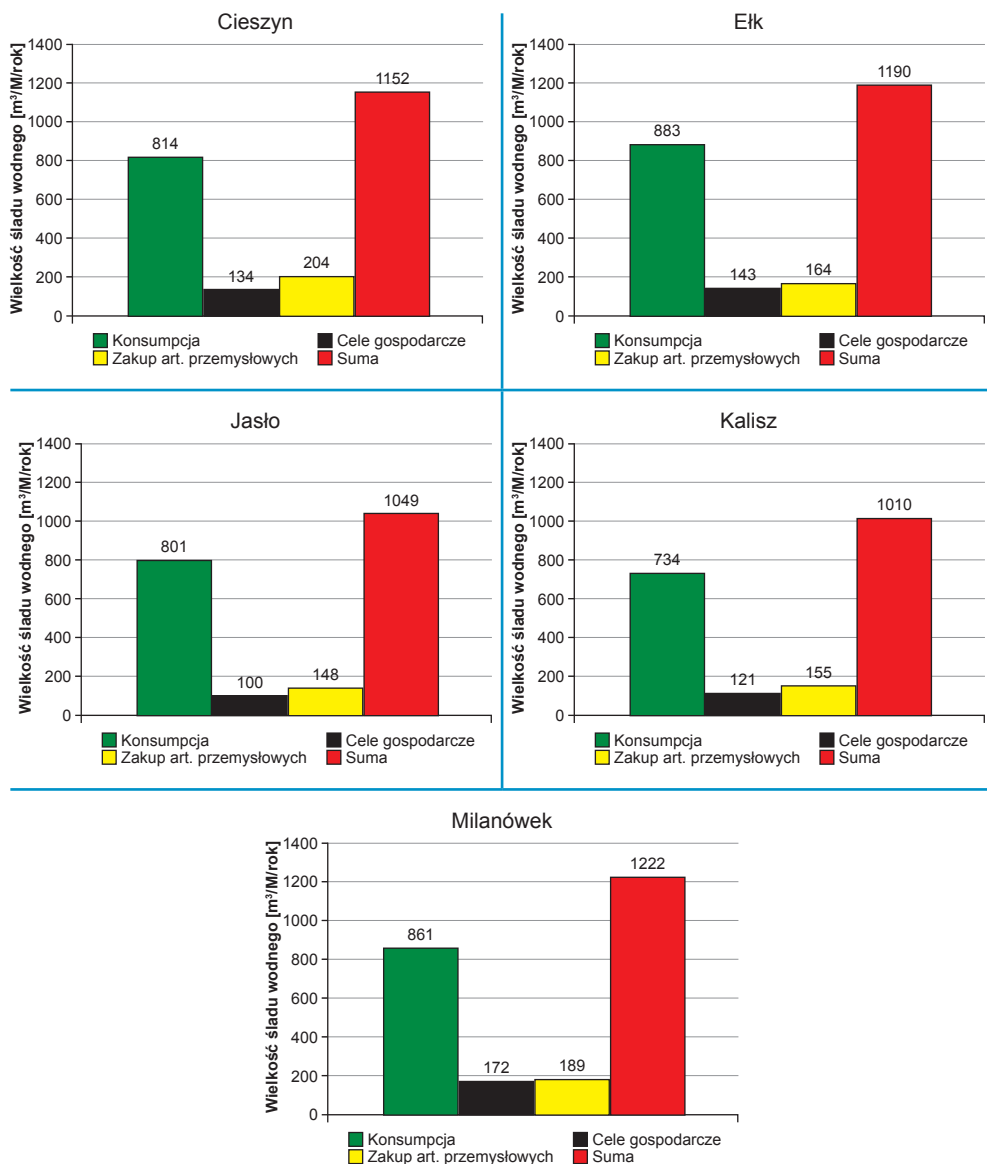
Obliczenia śladu wodnego przeciętnego mieszkańca miasta wykonane zostały w oparciu o wyniki ankietyzacji przeprowadzonej w 2018 r. przez urzędy miejskie: Cieszyna w grupie badawczej liczącej 114 osób, Elku w grupie 99 osób, Jasła – 103 osób, Kalisza – 114 osob i Milanówka – 110 osób.

Na rys. 12 przedstawiono zróżnicowanie grupy respondentów pod względem płci, wieku oraz wykształcenia. Udział kobiet i mężczyzn w grupie badawczej we wszystkich pięciu miastach przedstawiał się podobnie, przy czym udział kobiet był od dwóch do trzech razy większy niż mężczyzn. W analizie wyodrębniono 5 grup wiekowych wśród ankietowanych tzn. ≤ 18 lat, 19–30 lat, 31–40 lat, 41–50 lat oraz powyżej 50. roku życia. Największą liczebność wykazała grupa 31–40 lat – od 32% w Cieszynie do 43% w Jaśle. Najmniej reprezentatywna była grupa ≤ 18 lat – maksymalnie 3% w Jaśle i Milanówku. Z kolei pod względem wykształcenia grupa badawcza osób z wyższym wykształceniem była najliczniejsza i wahała się od 60% w Kaliszu do 75% w Jaśle. Najmniej aktywne w badaniu były osoby z wykształceniem podstawowym – maksymalnie 5%. Niedoszacowanie

niektórych grup badawczych wynika zapewne z faktu, że badania ankietowe zostały przeprowadzone wśród interesariuszy urzędów miast, w których najmłodszy mieszkańcy pojawiają się sporadycznie.



Rys. 12. Zróżnicowanie respondentów pod względem płci, wieku i wykształcenia w miastach a) Cieszyn, b) Elk, c) Jasło, d) Kalisz i e) Milanówek



Rys. 13. Uśrednione wartości w $m^3/M/rok$ składowych indywidualnego śladu wodnego

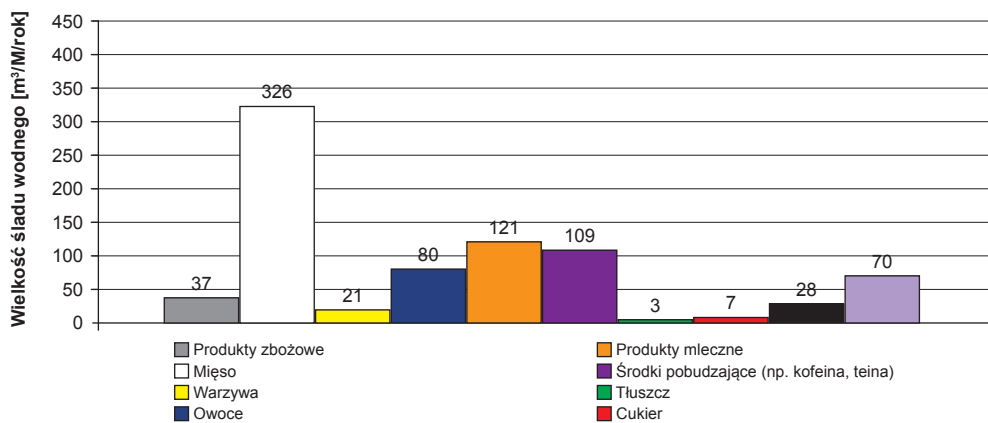
Odpowiedzi uzyskane na pytania ankietowe w trzech grupach tematycznych zostały uśrednione dla każdego miasta. Za pomocą kalkulatora indywidualnego śladu wodnego dostępnego na stronie internetowej <http://waterfootprint.org> wykonano obliczenia, w wyniku których okazało się, że średni ślad wodny mieszkańców wszystkich pięciu miast wyniósł 1124 m^3 na rok. Największy ślad wodny indywidualnego mieszkańca wystąpił w Milanówku i wyniósł 1222 m^3 na rok,

a najmniejszy w Kaliszu – 1010 m³ na rok (rys. 11). We wszystkich miastach największa część śladu wodnego przypadła na konsumpcję (od 68% do 76%), następnie zakup artykułów przemysłowych (od 10% do 14%), a najmniejsza część dotyczyła zużycia wody do celów gospodarczych (od 14% do 18%).

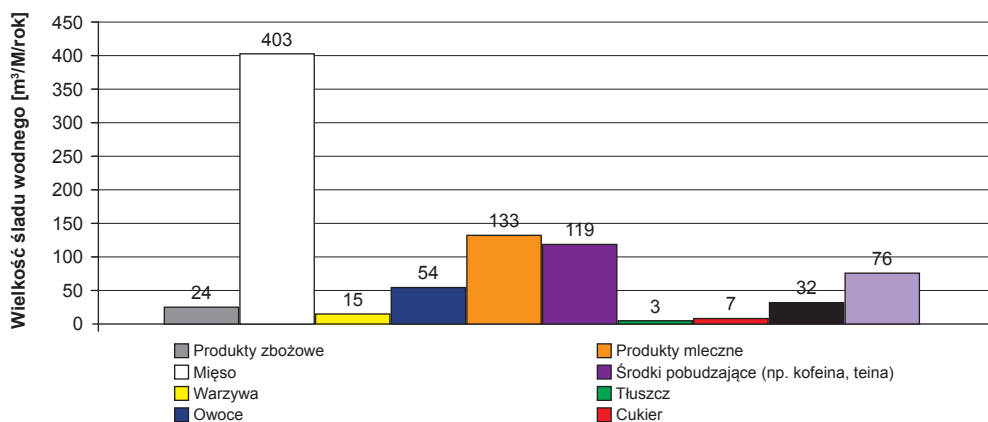
Porównując uzyskane wyniki całkowitego śladu wodnego dla mieszkańców analizowanych miast widać wyraźnie, że jest on niższy od wielkości śladu wodnego wyznaczonego dla statystycznego Polaka, który wynosi 1405 m³/rok. Prawdopodobnie na taki wynik ma wpływ wykształcenie i wiek grupy respondentów. Jak wykazują liczne badania socjologiczne, wpływ na zachowania konkretnych osób ma to, ile mają lat, gdzie mieszkają, jakie mają wykształcenie i jak zostały wychowane. We wszystkich miastach ponad 60% ankietowanych mieszkańców miało wykształcenie wyższe i reprezentowało grupę wiekową 31–40 lat. Potencjalnie są to osoby, których wiedza pozwala na korzystanie z wody w sposób bardziej przemyślany i racjonalny, co mogło mieć swoje odzwierciedlenie w udzielanych odpowiedziach.

Uzyskane wyniki analiz wskazują na dominującą rolę pośredniego zużycia wody tzn. „ukrytego” w produktach konsumowanych przez mieszkańców. Bezpośrednie wykorzystanie wody (wodociągowej) na codzienne czynności takie jak mycie, picie, pranie stanowi tylko niewielką część całkowitego zużycia.

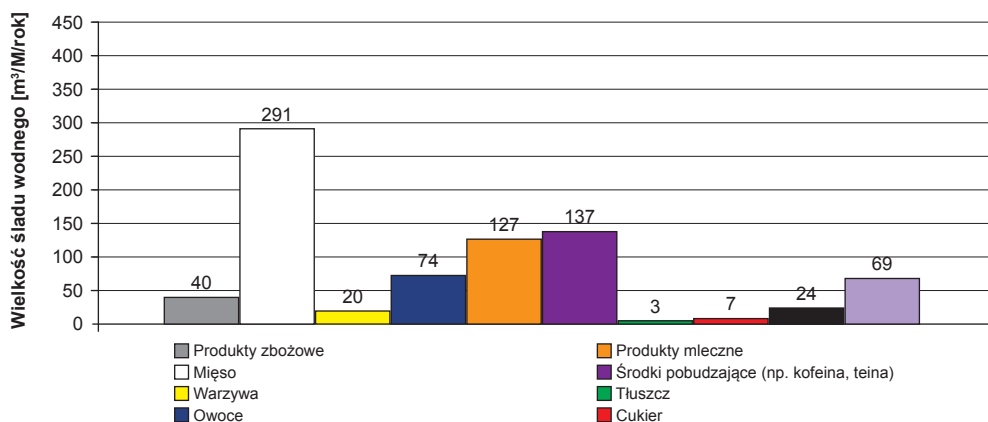
W związku ze znacznym udziałem w całkowitym śladzie wodnym mieszkańców miast konsumpcji artykułów spożywczych, kategorię tę poddano szczegółowej analizie (rys. 14). Na wielkość śladu wodnego związanego z konsumpcją składa się objętość wody zużywanej w procesach produkcji artykułów spożywczych, tzn. artykułów mięsnych, zbożowych, mlecznych, owoców, warzyw, jaj, napojów, tłuszczu oraz cukrów, a także ilości tych produktów spożywane przez ankietowanego. We wszystkich pięciu miastach największy ślad wodny związany był z konsumpcją produktów mięsnych i wynosił od 291 m³/rok w Jaśle i Kaliszu do 403 m³/rok w Elku. Drugą kategorię pod względem wielkości śladu wodnego stanowiły produkty zawierające środki pobudzające czyli kawa i herbata od 137 m³/rok w Jaśle do 103 m³/rok w Kaliszu, a następnie produkty mleczne. Zdecydowanie najmniejszy ślad wodny przypadł na cukier 7 m³/rok i tłuszcz 3 m³/rok. Przewaga w całkowitym śladzie wodnym kategorii „produkty mięsne” wynika zarówno z dużej ilości spożywanych przez respondentów żywności tego typu (wołowiny, wieprzowiny, cielęciny, drobiu, wędlin), jak i z wysokich jednostkowych śladów wodnych tych produktów, np. dla wołowiny (15 500 l/kg, wieprzowiny 4800 l/kg czy drobiu 3900 l/kg). Dla porównania jednostkowy ślad wodny 1 kg jabłek wynosi 700 litrów, a warzyw okopowych 319 litrów (Mekonnen i Hoekstra 2011).



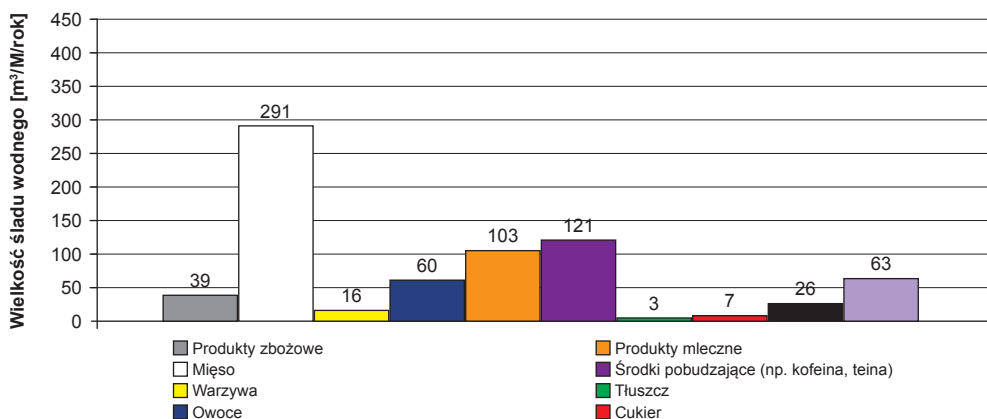
Cieszyn



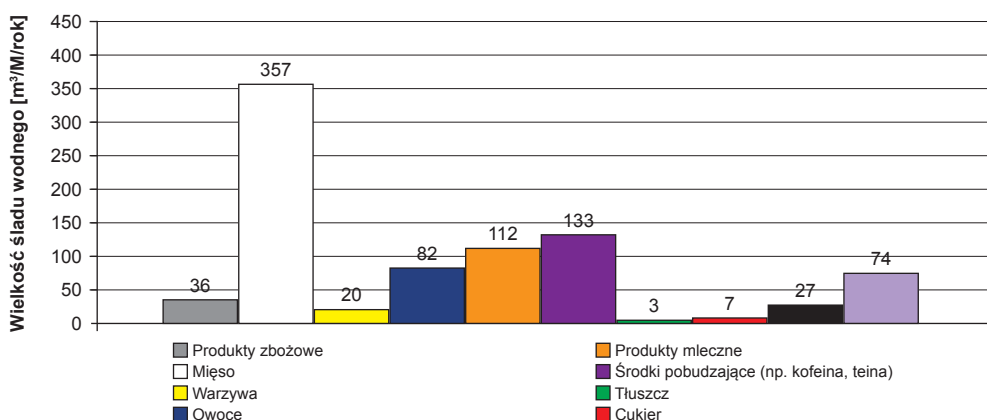
Elk



Jasło



Kalisz



Milanówek

Rys. 14. Uśrednione wartości w $m^3/M/rok$ składowych indywidualnego śladu wodnego wynikającego ze spożycia artykułów spożywczych

Ślad wodny ankietyowanych mieszkańców miast w zakresie konsumowanych produktów spożywczych przyjmował wartości na niższym poziomie niż wynikało to z badań przeprowadzonych w Polsce. Według Stępniewskiej (2014) całkowity ślad wodny związany z konsumpcją żywności w Polsce w latach 2009–2010 wynosił 48 988 mln m^3/rok . Wynika z tego, że przeciętny konsument w Polsce wykazywał ślad wodny na poziomie 1271 m^3/rok . Dla porównania w badanych w projekcie miastach ślad wodny związany z konsumpcją mieścił się w przedziale od 734 do 883 m^3/rok . Jednak podobnie jak w skali kraju (w przytoczonych wyżej badaniach), tak i dla mieszkańców analizowanych miast najwyższy wkład do całkowitego śladu wodnego konsumenta miało spożycie produktów

pochodzenia zwierzęcego (291–403 m³/rok) oraz napojów tj. kawa czy herbata (109–137 m³/rok). Dla statystycznego konsumenta z Polski wartości te kształtowały się odpowiednio na poziomie 724 m³/rok oraz 82,1 m³/rok. Jedyna różnica zachodziła w konsumpcji produktów zbożowych. Wykazywana przez ankietowanych wartość spożywanych artykułów wyprodukowanych na bazie zbóż pozwoliła na oszacowanie śladu wodnego na poziomie od 24 do 40 m³/rok, natomiast statystyczny Polak w ramach badań prowadzonych w latach 2009–2010 konsumował tego typu produkty w większej ilości, co dawało ślad wodny rzędu 267 m³/rok. Wielkość śladu wodnego mieszkańców miast w znacznym stopniu uzależniona jest od spożywanych przez nich produktów oraz od rodzaju stosowanej diety.

Analiza wielkości śladu wodnego konsumenta pomaga zrozumieć zarówno skalę bezpośredniego zużycia wody wykorzystywanej w gospodarstwach domowych do picia, mycia, prania czy podlewania ogrodów, jak i jej pośredniego zużycia, czyli do produkcji artykułów żywnościowych, ubrań czy komputerów, z których korzystamy na co dzień. Ślad wodny związany ze zużyciem wody na cele gospodarcze w analizowanych miastach kształtuje się od 100 do 172 m³/osobę/rok. Warto zaznaczyć, że większość ankietowanych deklarowała nieposiadanie wodooszczędnych rozwiązań w używanej armaturze prysznicowej oraz zmywanie naczyń pod bieżącą wodą lub w zmywarce.

Wielkość zużycia wody potrzebnej na wytworzenie produktów przemysłowych, z których na co dzień korzystamy tj. np. zabawki dla dzieci, książki czy meble obliczono na poziomie 148–204 m³ w ciągu roku.

Podsumowując, wyliczona sumaryczna uśredniona wartość śladu wodnego przedstawicieli mieszkańców badanych miast była niższa od średniej krajowej kształtującej się na poziomie 1405 m³/M/rok. Należy jednak pamiętać, że wśród ankietowanych osób zdecydowana większość deklarowała wykształcenie wyższe. Są to najczęściej osoby bardziej świadome potrzeby racjonalnego podejścia do gospodarowania zasobami wodnymi, a tym samym stosowania w życiu codziennym dobrych praktyk, które pozwalają na oszczędzanie wody. Na terenie miast mieszkają także osoby używające wodę do różnych celów, których świadomość proekologiczna może być na niższym poziomie, a tym samym marnotrawstwo wody większe. W ich przypadku wielkość śladu wodnego najprawdopodobniej kształtowałaby się na wyższym poziomie. To właśnie do takich osób powinna być adresowana informacja o możliwościach i sposobach oszczędnego gospodarowania wodą.

Bibliografia

- Edel R.**, (2006), *Odwodnienie dróg*, Wydawnictwo Komunikacji i Łączności, Warszawa.
- Główny Urząd Geodezji i Kartografii**, *Baza danych obiektów topograficznych BDOT 10k*.
- Główny Urząd Statystyczny**, *Bank Danych Lokalnych*, <https://bdl.stat.gov.pl>.
- Mekonnen M. M.**, **Hoekstra A. Y.**, (2011), *National water footprint accounts: The green, blue and grey water footprint of production and consumption*, „Value of Water Research Report Series”, vol. 50, Delft: UNESCO-IHE.
- Pazdro Z.**, **Kozerski B.**, (1990), *Hydrogeologia ogólna*, Wydawnictwa Geologiczne.
- Stępniewska M.**, (2014), *Ile wody naprawdę zużywamy? Ocena śladu wodnego Polaków związanego z konsumpcją*, „Gospodarka Wodna”, 2014/09, s. 321–324.

Strony internetowe:

www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/copernicus-land-monitoring-service-eu-dem

www.waterfootprint.org

Wydawca: Stowarzyszenie Gmin Polska Sieć „Energie Cités”
ul. Sławkowska 17, 31-016 Kraków
tel. + 48 12 429 17 95; fax +48 12 429 17 93
e-mail: biuro@pnec.org.pl
www.pnec.org.pl

Skład: Agencja Reklamowo-Wydawnicza „Ostoja”, tel. 601 41 01 01

Druk: Łódzkie Zakłady Graficzne Sp. z o.o.
ul. Chemików 2, 95-100 Zgierz

ISBN: 978-83-947495-8-3

Publikacja została wydrukowana na papierze ekologicznym.

© Copyright by Stowarzyszenie Gmin Polska Sieć „Energie Cités”, Kraków 2019

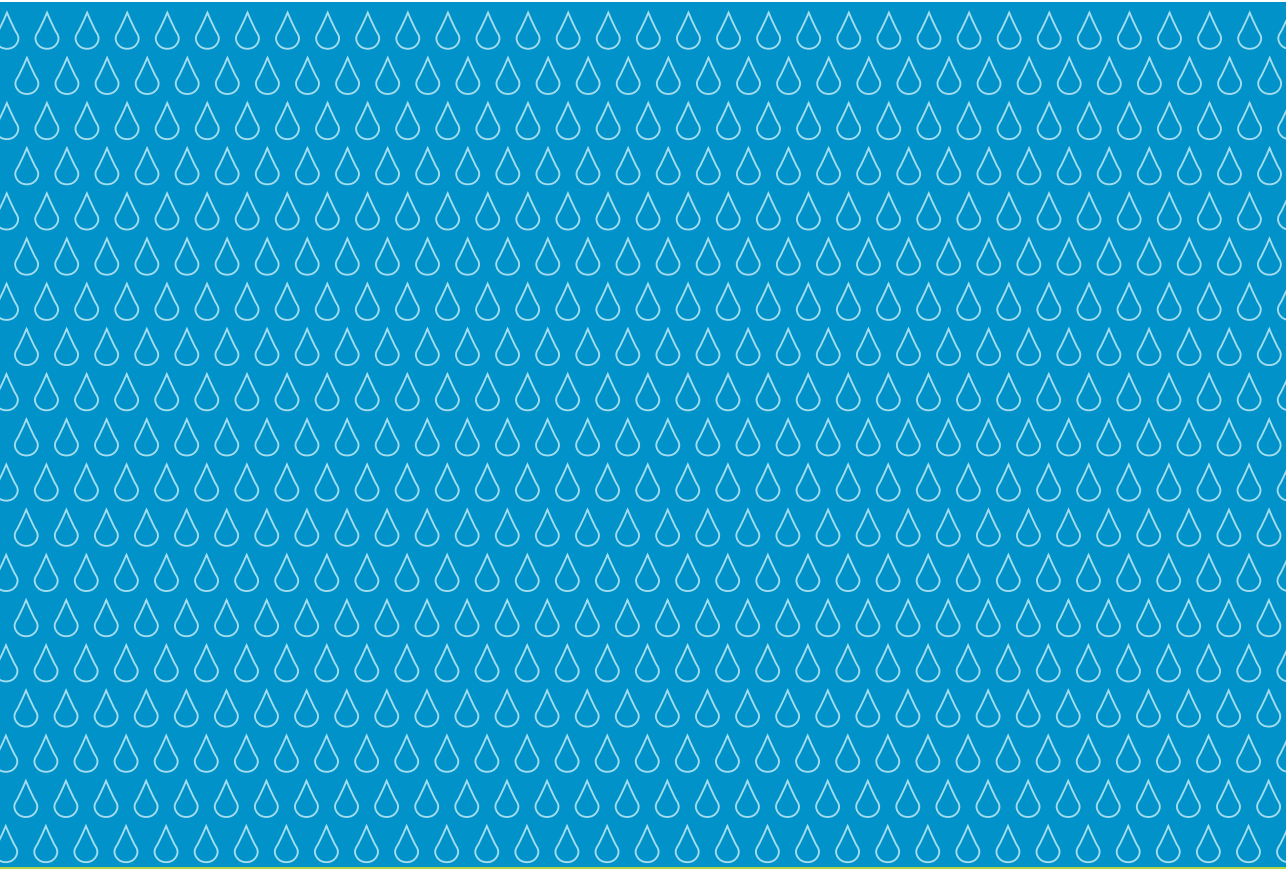


Niniejszy poradnik został dofinansowany ze środków Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej. Za jego treść odpowiada wyłącznie Stowarzyszenie Gmin Polska Sieć „Energie Cités”.



Unia Europejska
Fundusz Spójności





www.sladwodnymiest.pl

