



NATURALNA, MAŁA RETENCJA WODNA

Metoda łagodzenia skutków suszy, ograniczania ryzyka
powodziowego i ochrona różnorodności biologicznej

– PODSTAWY METODYCZNE –

Niniejsza publikacja jest wynikiem jednego z działań Regionalnego „Programu Zintegrowanego Zarządzania Ryzykiem Suszy w Europie Środkowo-Wschodniej”, który był realizowany przez Globalne Partnerstwo dla Wody, Region Europy Środkowo- Wschodniej. Celem programu jest wsparcie dla rządów Bułgarii, Czech, Węgier, Litwy, Mołdawii, Polski, Rumunii, Słowacji, Słowenii i Ukrainy w rozwoju polityki i planów zarządzania suszą.

Cytowanie:

Naturalna, mała retencja wodna – Metoda łagodzenia skutków suszy, ograniczania ryzyka powodziowego i ochrona różnorodności biologicznej. Podstawy Metodyczne. Globalne Partnerstwo dla Wody, Polska. 2016.

ISBN:

NATURALNA, MAŁA RETENCJA WODNA

Metoda łagodzenia skutków suszy, obniżenia ryzyka powodziowego
i ochrona różnorodności biologicznej

PODSTAWY METODYCZNE

Redakcja naukowa

Waldemar Mioduszewski, Tomasz Okruszko

Autorzy

Węgry: János Fehér, Judit Gáspár; GWP Węgry/ János Tamás; Uniwersytet w Debreczynie
Słowacja: Vladimír Mosný; HYCOMP/Richard Muller; GWP CEE
Słowenia: Darja Istenič, Anja Potokar; Limnos, Ltd
Polska: Ignacy Kardel, Tomasz Okruszko; Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego
Waldemar Mioduszewski; Instytut Technologiczno-Przyrodniczy

Recenzenci

Janusz Kindler, Politechnika Warszawska, Polska

Henny A.J. van Lanen, Europejskie Centrum Suszy, Uniwersytet Wageningen, Holandia

Robert Stefanski, Światowa Organizacja Meteorologiczna, Genewa, Szwajcaria

Piotr Ilnicki, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, Polska

Tłumaczenie z języka angielskiego: Lech Kufel

Redakcja wersji polskiej: Grażyna Pucek

Fotografie: Waldemar Mioduszewski, Ignacy Kardel, Jakub Steinecker, Iwona Kegler

Prace techniczne: Sławomira Klasicka

Copyright: Globalne Partnerstwo dla Wody, Polska, 2016

Spis treści

1. Wprowadzenie	6
2. Techniczne i nietechniczne metody zwiększania zdolności retencyjnej zlewni	14
2.1. Czym jest naturalna mała retencja wody? Definicje	14
2.2. Retencja na obszarach rolniczych	17
2.3. Retencja krajobrazowa	18
2.4. Techniczne obiekty małej retencji	21
3. Jak dobierać zlewnie do realizacji programu małej retencji wody?	25
3.1. Uwagi ogólne	25
3.2. Metodologia doboru zlewni	26
4. Jak oceniać wpływ małej retencji na zagrożenia powodziowe, łagodzenie skutków suszy i ochronę różnorodności biologicznej?	31
4.1. Ocena oddziaływania małej retencji wody na środowisko	31
4.2. Metody analityczne	34
4.3. Korzyści wynikające z realizacji małej retencji	36
5. Mała retencja w planach gospodarowania wodami (PGW), planach zarządzania ryzykiem powodziowym (PZRP) i planach przeciwdziałania skutkom suszy (PPSS)	37
6. Przykłady realizacji małej retencji wodnej	44
7. Podsumowanie	48
Bibliografia	51

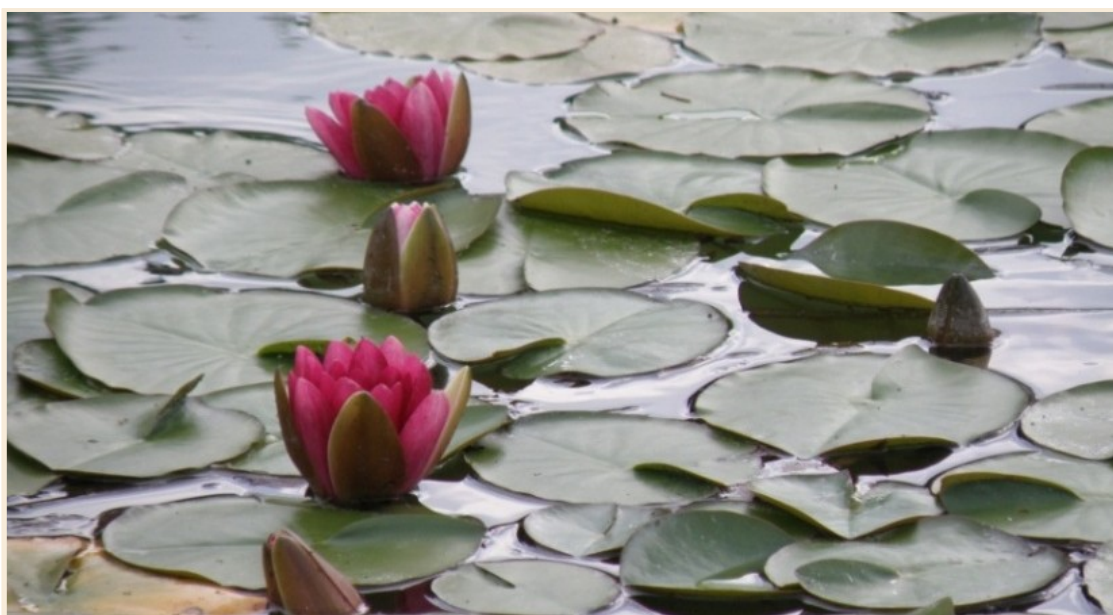
Spis rysunków

Rys. 1. Mapy przeglądowe Środkowej Europy: a) wysokość n.p.m. i hydrografia (źródło: Jarvis i in., 2008 i europejskie archiwum wodne, 2012), b) klimatyczny bilans wodny w latach 1961 – 1990 (różnica pomiędzy opadem (P) a wskaźnikową ewapotranspiracją (ET_0); (źródło: New i in., 2002 - CRU CL 2.0), c) dostępna pojemność retencyjna powierzchniowej 1 m warstwy gleby w mm (FAO/IIASA/ ISRIC/ISS-CAS/JRC, 2008 - HWSD), d) typ istniejącej gospodarki wodnej (Panagos i in., 2012 - ESDB)	9
Rys. 2. Przewidywany wpływ globalnych zmian klimatu na rolnictwo; źródło: Federal Ministry for Environment, 2007	10
Rys. 3. Współczynniki oceny zasobów wodnych: a) współczynnik zasobów wód powierzchniowych, b) współczynnik eksploatacji (poboru) wody, c) wskaźnik niedostatku wody; źródło: obliczenia własne na podstawie danych [Brown, 2002; Chapagain i Hoekstra, 2004; UNESCO, 2006; Rijsberman, 2006; Cambridge University, 2012]	11
Rys. 4. Zależność pomiędzy wskaźnikiem niedostatku wody (WPI) a wskaźnikiem rozwoju cywilizacyjnego (HDI) w 147 krajach świata; źródło: obliczenia własne na podstawie danych [Chapagain and Hoekstra, 2004; UNESCO, 2006; Rijsberman, 2006]	12
Rys. 5. Deszcz jest za darmo. Można go gromadzić w każdej ilości w przeciwieństwie do wody wydobywanej z podziemnych poziomów wodonośnych czy z rzek za którą często trzeba płacić; źródło: plakat Rain Water Harvesting Society	12
Rys. 6. Schemat odpływu wody z torfowisk o różnym typie zasilania: a) zasilanie wodami powierzchniowymi, b) zasilanie wodami gruntowymi, q1 – odpływ wody z torfowiska, q2 – zasilanie wodą z warstwy mineralnej, q3 – ewapotranspiracja, 1 – poziom wód podziemnych, 2 – woda pod ciśnieniem; źródło: Mioduszewski, 2003	19
Rys. 7. Zależność między rodzajem wody zasilającej środowisko podmokłe a typem tego środowiska: a) rodzaj wody, b) czas trwania i poziom wody podczas powodzi; źródło: Okruszko, 2005 ...	20
Rys. 8. Klasyfikacja zbiorników wodnych; źródło: Mioduszewski, 2003	21

Rys. 9. Schemat urządzeń do regulacji odpływu z systemu odwadniającego; źródło Mioduszewski, 2003	23
Rys. 10. Przykład oczyszczania spływów rolniczych z udziałem układów przyrodniczych; źródło: LIMNOS, Company for Applied Ecology, 2015	24
Rys. 11. Przykład indeksowania klimatycznego bilansu wodnego: a) izolacje klimatycznego bilansu wodnego (KBW), b) średni KBW w zlewni, c) ocena potrzeb retencji wody dla obiektów wodnych; źródło: Pusłowska-Tyszewska i in., 2008.....	29
Rys. 12. Ogólna ocena potrzeb retencji wody dla jednolitych części wód: a) wyniki oceny (klasy 1 – 17), b) priorytety działań na rzecz małej retencji wodnej; źródło: Tyszewski i in., 2008.....	30
Rys. 13. Średni miesięczny przepływ wody w rzece Mała Wełna w przekrojach powyżej i poniżej zespołu stawów rybnych; źródło: Murat-Błażejewska i Kanclerz, 2008	31
Rys. 14. Cel i zakres działań na rzecz naturalnej retencji wody (NRW) i środków na rzecz naturalnej małej retencji wody (NMRW); źródło: Borchers, 2014, zmieniony	37

Spis tabel

Tabela 1. Systemy i metody retencji wody na obszarach wiejskich (źródło: Mioduszewski, 2003) ...	15
Tabela 2. Podstawowe działania na rzecz naturalnej małej retencji wody (MNRW), źródło: analizy własne	16
Tabela 3. Różnorodność środków uznanych za naturalną retencję wodną (NRW) (źródło: EU Commission, 2014).....	17
Tabela 4. Charakterystyki używane w procesie oceny i ich wartości progowe; źródło: Pusłowska-Tyszewska i in., 2008	28
Tabela 5. Zestawienie przykładowych działań dla zwiększenia pojemności retencyjnej	45
Tabela 6. Ocena wpływu wybranych działań małej retencji na zasoby wodne i środowisko	49



1. Wprowadzenie

Działalność gospodarcza człowieka i niektóre procesy przyrodnicze, jak również globalne zmiany klimatu zwiększają częstość występowania ekstremalnych zjawisk atmosferycznych, w tym takich jak powódzie i susze. Istnieje więc pilna potrzeba wdrażania działań, które łagodząby ujemny wpływ chwilowego nadmiaru lub niedoboru wody na działalność gospodarczą i stan środowiska przyrodniczego (Cambridge University, 2012).

Większość państw Europy Środkowej i Wschodniej posiada dobrze rozwinięte systemy monitoringu meteorologicznego i hydrologicznego, mimo to istnieje potrzeba stałego rozwoju i wdrażania nowych, zarówno krótko, jak i długoterminowych działań w celu ograniczenia negatywnego wpływu niekorzystnych zjawisk pogodowych (Commission of the EU Communities, 2007; EU Commission, 2011, EU Commission, 2012c).

Globalne Partnerstwo dla Wody, Region Europy Środkowej i Wschodniej (GWP CEE) realizowało projekt „Zintegrowany Program Zarządzania Suszą” działający w ramach szerszej wspólnej inicjatywy Światowej Organizacji Meteorologicznej i Globalnego Partnerstwa dla Wody. Przedmiotem programu jest wspieranie zainteresowanych instytucji różnego szczebla w działaniach na rzecz ograniczania skutków suszy, zapewnienia doradztwa w zakresie polityki i zarządzania zasobami wodnymi, koordynowania, wytwarzania i obiegu informacji, w tym wymianę najlepszej wiedzy i praktyk dotyczących zintegrowanego zarządzania suszą. Jedno z zadań programu poświęcone było problematyce Naturalnej Małej Retencji Wodnej (NMRW). Zadanie to realizowane było przez grupę ekspertów z czterech państw europejskich; Polski, Słowacji, Węgier i Słowenii. Rezultat tego projektu i doświadczenia zdobyte w trakcie prac prowadzonych w latach 2013 – 2015 są podsumowane i przedstawione w niniejszym opracowaniu, które nosi tytuł: „Naturalna mała retencja wody: metoda łagodzenia skutków suszy, ograniczanie ryzyka powodziowego i ochrona biologicznej różnorodności”.

Realizacja działań na rzecz małej retencji poprawia naturalną pojemność retencyjną zlewni rzecznej, co przyczynia się do zwiększenia ilości wody, która może być w sposób naturalny zatrzymana w środowisku i użyta do zasilania cieków podczas susz (Mioduszewski, 1997; EU Commission, 2014). Zakłada się więc, że przedstawiona w opracowaniu tematyka retencji obejmuje zarówno prace związane z budową nowych i eksploatacją istniejących budowli i urządzeń wodnych, jak również wykorzystanie naturalnych procesów przyrodniczych. Wspólnym założeniem dla technicznych i nietechnicznych form retencji jest ich dodatni wpływ na środowisko przyrodnicze. W dalszej części pracy stosowany jest również zwrot „mała retencja” jako synonim „naturalnej małej retencji wodnej”.

Przedstawiona w niniejszym opracowaniu Naturalna Mała Retencja Wodna (NMRW) obejmuje działania podejmowane w celu zwiększenia zdolności retencyjnych zlewni rzecznej z wykorzystaniem zarówno metod technicznych jak i nietechnicznych (naturalnych). Jest to więc nieco szersze pojęcie w stosunku do działań określanych jako Naturalna Retencja Wodna (NRW), która pierwotnie nie zakładała zaangażowania człowieka w budowę, utrzymanie i eksploatację technicznych urządzeń wodnych (EU Commission 2014)

Warunki klimatyczne i topograficzne w krajach biorących udział w projekcie NMRW są reprezentatywne dla warunków panujących na całym obszarze Europy Środkowej i Wschodniej. Polska jest najbardziej na północ wysuniętym krajem z niewielką ilością opadów i z letnią

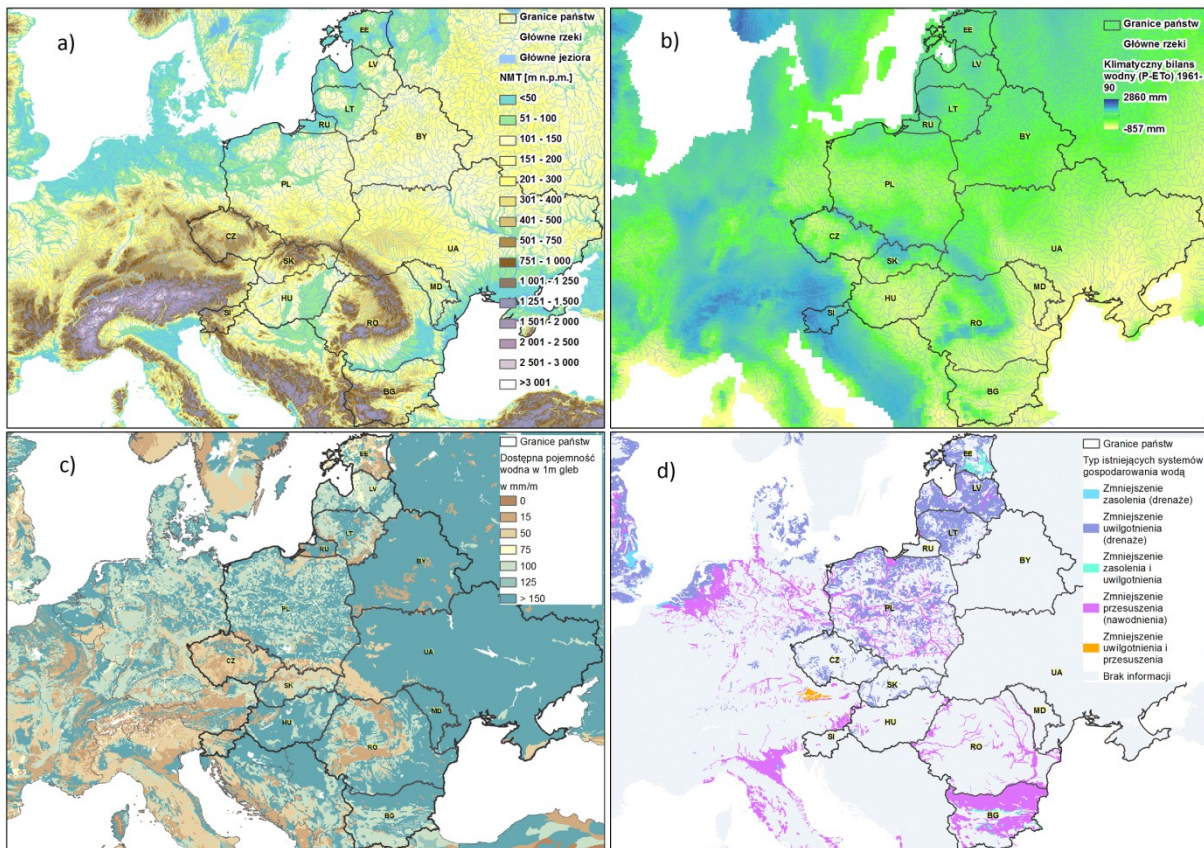
ewapotranspiracją większą od opadów atmosferycznych. Rozległe płaskie obszary mające znaczący deficyt wody występują na Węgrzech, a Słowacja i Słowenia reprezentują obszary górskie.

Dlaczego musimy zwiększać zdolności retencyjne zlewni rzecznych?

Woda pełni wiele ważnych funkcji w środowisku naturalnym. Jako zasób niezbędny w produkcji rolniczej woda wpływa na ilość i jakość plonów. Woda jest także krytycznym czynnikiem w rozwoju społecznym i gospodarczym. Odgrywa istotną rolę w systemach biologicznych i ma znaczenie dla rozwoju i utrzymywania zasobów naturalnych. Zasoby wodne cechuje jednak znaczna zmienność sezonowa i przestrzenna (Kowalczak i in., 1997). Skrajne zjawiska pogodowe takie jak susze czy powodzie mogą powodować poważne straty, zarówno w gospodarce, jak i w środowisku naturalnym (Linnerooth-Bayer i in., 2013). Cztery mapy przedstawione na rysunku 1 ilustrują potrzebę retencjonowania wody w Europie Środkowej. Przedstawione zostały wysokości terenu nad poziom morza i hydrografia (1a), klimatyczny bilans wodny (1b), pojemność wodna gleby (1c) i istniejące systemy gospodarki wodnej (1d). Analiza danych z rysunku 1b dowodzi, że najgłębsze deficyty opadów (kolor żółty) występują w okolicy Morza Czarnego i na Węgrzech. Zdolność przetrzymywania wody w glebach na tych obszarach jest duża, co sprzyja retencji wody deszczowej i łagodzi deficyt opadów. Na tych obszarach racjonalne jest przystosowanie systemu gospodarki wodnej do przeciwdziałania stratom wody z gleby i do łagodzenia stresu związanego z suszą (rys. 1d). Najmniejszą pojemnością retencyjną gleb charakteryzują się obszary górskie, szczególnie w Czechach, Słowacji i Słowenii.

Intensyfikacja rolnictwa, zunifikowanie siedlisk naturalnych, budowa systemów odwadniających i urbanizacja wywołały zmiany w pokrywie glebowej, które powodują, że mniejsza ilość wody jest obecnie zatrzymywana w zlewniach niż w przeszłości. Obieg wody i materii w zlewniach jest szybszy niż wiele lat temu (Gutry-Korycka, 2003; Mosný, 2004, UNESCO, 2012; Meijer i in., 2012). Wszystkie te czynniki zwiększają częstość występowania susz i powodzi. Kiedy naturalna zdolność retencjonowania wody w zlewni maleje, tworzą się naturalne szybkie drogi odpływu wód opadowych i roztopowych po powierzchni terenu. Zjawiska te nasilają się podczas gwałtownych opadów i intensywnym topnieniu śniegu. Dodatkowym czynnikiem intensywniejszego krążenia wody w zlewni jest wzrost zagrożeń dla jakości wody w rzece. Spływająca do rzek i jezior woda niesie zwiększone ilości pierwiastków biogennych wymywanych z obszarów rolniczych i powierzchni szczelnych. Niektórzy naukowcy są zdania, że dotychczasowe oceny wpływu działalności gospodarczej człowieka na bilans wodny nie są tak duże jak sądzono wcześniej, a rolnicze systemy odwadniające jedynie w niewielkim stopniu wpływają na natężenia przepływów w rzekach (Ilnicki i in. 2012).

Opracowywane są różne prognozy wpływu globalnych zmian klimatu na obieg wody w przyrodzie. Zgodnie z rozpatrywanymi scenariuszami należy spodziewać się, że w przyszłości zmiany klimatyczne spowodują w Europie zmniejszenie ilości opadów latem i ich zwiększenie w sezonie zimowym. Ponadto, ocenia się, że infiltracja wody do głębszych poziomów wodonośnych będzie większa z powodu utrzymywania się wyższych temperatur zimą, powyżej 0°C (Kundzewicz i Kowalczak, 2008; Lancaster, 2010, UK Parliament, 2014).



Rys. 1. Mapy przeglądowe Środkowej Europy: a) wysokość n.p.m. i hydrografia (źródło: Jarvis i in., 2008 i europejskie archiwum wodne, 2012), b) klimatyczny bilans wodny w latach 1961 – 1990 (różnica pomiędzy opadem (P) a wskaźnikową ewapotranspiracją (ET_0) (źródło: New i in., 2002 - CRU CL 2.0), c) dostępna pojemność retencyjna powierzchniowej 1 m warstwy gleby w mm (źródło: FAO/IIASA/ ISRIC/ISS-CAS/JRC, 2008 - HWSD), d) typ istniejącej gospodarki wodnej (źródło: Panagos i in., 2012 - ESDB)

Globalne zmiany klimatu są największym wyzwaniem, przed którym stoi dziś ludzkość. Wpływ przewidywanego wzrostu temperatury i zmian fluktuacji reżimu opadów będą szczególnie dotkliwe dla produkcji rolniczej. Prognozowany wpływ zmian klimatu na rolnictwo w Europie przedstawiono na rysunku 2. Zwiększone tempo sptywów powierzchniowych w połączeniu z rozwojem zabudowy miejskiej stanie się problemem o rosnącym znaczeniu, ponieważ będzie wzrastało zagrożenie powodzią. Ponadto prawdopodobne zmiany w zdolnościach infiltracyjnych powierzchni terenu oraz zmniejszenie pojemności retencyjnej gleb mogą znacznie zwiększyć ryzyko wystąpienia susz i powodzi, a w konsekwencji uczynić wodę mniej dostępną dla roślin (International Food Policy Research Institute, 2002; Acteon Environment, Research and Consultancy, 2012; COPA European Farmers, 2013).





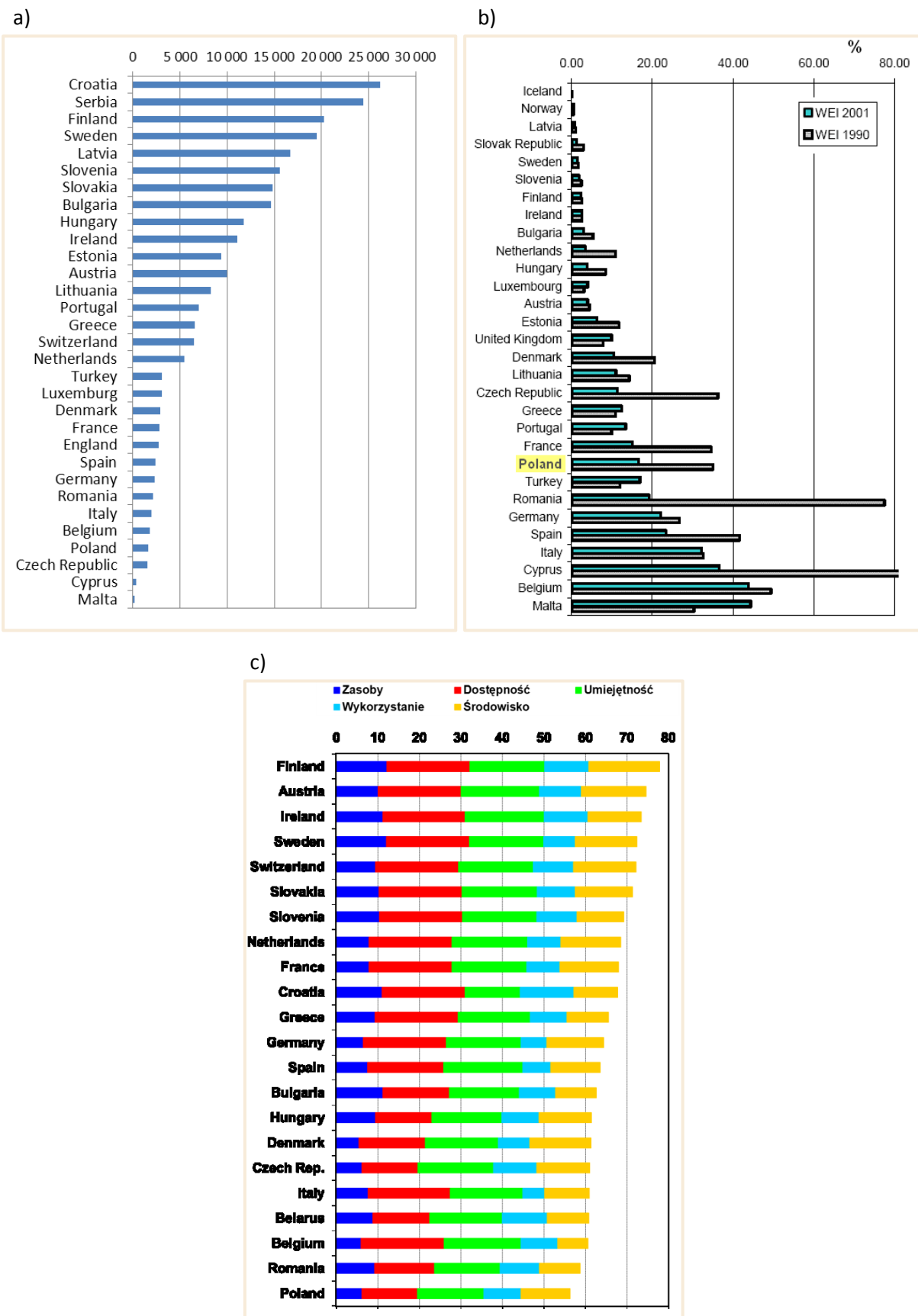
Rys. 2. Przewidywany wpływ globalnych zmian klimatu na rolnictwo; źródło: Federal Ministry for Environment, 2007

Z powodu zmian klimatycznych zarządcy wód stają przed problemem rosnących wartości temperatury, bo oznacza to wzrost ewapotranspiracji i zwiększone zużycie wody przez rośliny. Z drugiej strony rosnące stężenia dwutlenku węgla powodować będą zmiany procesu transpiracji. Gospodarka wodna staje również przed dylematem zwiększania się czasowej i przestrzennej zmienności opadów, która wyraża się zwiększeniem ilości opadów zimą i ich zmniejszeniem latem (European Environment Agency, 2009; UNESCO, 2012).

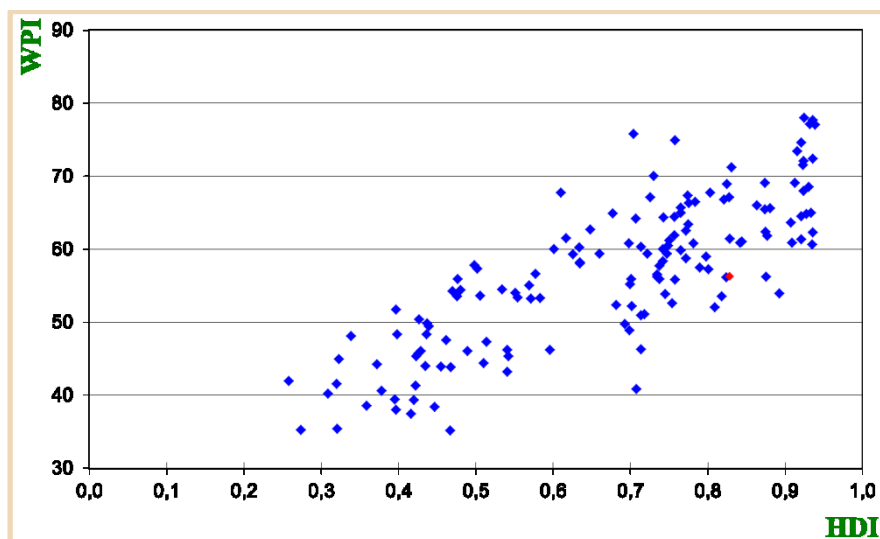
Zasoby wodne cechuje znaczna zmienność w przestrzeni. Aby ocenić tę zmienność stosuje się wiele współczynników (UNESCO, 2006; Rijsberman, 2006; UNEP, 2008, Cambridge University, 2012), na przykład:

- **współczynnik zasobów wód powierzchniowych:** objętość wód powierzchniowych (suma rocznych odpływów rzecznych) w przeliczeniu na głowę mieszkańca;
- **współczynnik eksploatacji (współczynnik poboru wody):** definiowany jako stosunek całkowitego poboru wody w skali roku do sumy powierzchniowych i podziemnych zasobów wodnych;
- **wskaźnik niedostatku wody:** mierzony pięcioma indeksami: 1) zasoby wodne (ilość i jakość), 2) dostępność (odległość od źródła wody, czas eksploatacji, istniejące konflikty), 3) możliwość pozyskania wody (możliwość pokrycia kosztów oczyszczania wody, rodzaj gospodarki wodnej, istniejące spółki wodne), 4) użytkowanie wody (uwarunkowania prawne i organizacyjne gospodarki wodnej), 5) środowisko (ocena zależności środowiska od wody, stan ekosystemu, erozja) (Brown, 2002; Chapagain i Hoekstra, 2004).

Obliczono te trzy współczynniki dla różnych krajów Europy, a wyniki przedstawiono na rysunku 3. Ponieważ zasoby wodne znacząco wpływają na rozwój społeczny w każdym kraju, przedstawiono także zależność pomiędzy wskaźnikiem niedostatku wody (WPI) a wskaźnikiem rozwoju cywilizacyjnego (HDI) (rys 4). Obecnie, państwa z niskim wskaźnikiem HDI doświadczają jednocześnie deficytów wody (Rijsberman, 2006; International Food Policy Research Institute, 2002).



Rys. 3. Współczynniki oceny zasobów wodnych: a) współczynnik zasobów wód powierzchniowych, b) współczynnik eksploatacji (poboru) wody, c) wskaźnik niedostatku wody; źródło: obliczenia własne na podstawie danych Brown, 2002; Chapagain i Hoekstra, 2004; UNESCO, 2006; Rijsberman, 2006; Cambridge University, 2012



Rys. 4. Zależność pomiędzy wskaźnikiem niedostatku wody (WPI) a wskaźnikiem rozwoju cywilizacyjnego (HDI) w 147 krajach świata; źródło: obliczenia własne na podstawie danych Chapagain and Hoekstra, 2004; UNESCO, 2006; Rijsberman, 2006

Analizując pojęcie retencji wodnej zazwyczaj rozpatruje się możliwość gromadzenia deszczu lub wód roztopowych w miejscu ich powstawania. Są to więc wszelkiego typu działania zmierzające do ograniczenia szybkich spływów powierzchniowych i hamowania odpływów rzekami. Zamienia się więc szybki spływ wód powierzchniowych na powolniejszy odpływ podziemny. Działania takie na obszarze zlewni rzecznej powoduje wzrost pojemności retencyjnej. Należy podkreślić, że retencjonowanie wody deszczowej jest darmowe, natomiast pobór wód powierzchniowych czy podziemnych wiąże się z opłatami obowiązującymi w większości krajów Europy (rys. 5).



Rys. 5. Deszcz jest za darmo. Można go gromadzić w każdej ilości w przeciwieństwie do wody wydobywanej z podziemnych poziomów wodonośnych czy z rzek, za którą często trzeba płacić; źródło: plakat Rain Water Harvesting Society

Przywracanie naturalnej zdolności retencyjnej zlewni rzecznych jest obecnie zapewne metodą najbardziej przyjazną środowisku spełniającą warunki zrównoważonego rozwoju obszarów wiejskich i umożliwiającą jednocześnie poprawę bilansu wodnego zlewni rzecznych, w tym ograniczanie skutków suszy i zmniejszenie zagrożeń powodziowych.



Na podstawie przedstawionej wyżej dyskusji, można postawić tezę, że zasadniczym działaniem prowadzącym do ograniczenia niekorzystnych naturalnych zjawisk hydrologicznych, takich jak powódzie czy susze jest zatrzymanie w zlewni spływu wody po intensywnych opadach. Innymi słowy, wdrożenie działań na rzecz małej retencji może znacząco przyczynić się do przywrócenia naturalnej pojemności wodnej zlewni do stanu zbliżonego sprzed działalności człowieka. Zwiększenie zdolności do retencjonowania wody w zlewni może poważnie ograniczyć niekorzystny wpływ zmian klimatu poprzez zapewnienie wody w okresie letnim i ograniczenie emisji gazów cieplarnianych. Mała retencja jest również metoda ograniczania ujemnego wpływu wcześniej wykonanych inwestycji (systemów odwadniających), które przyspieszają odpływ wody ze zlewni (Querner i in., 2012; UNEP, 2014).



2. Techniczne i nietechniczne metody zwiększania zdolności retencyjnej zlewni

2.1. Czym jest naturalna mała retencja wody? Definicje

Mimo długiej historii, sformułowanie „naturalna mała retencja wodny” nie zostało precyzyjnie zdefiniowane. W Polsce termin „mała retencja” po raz pierwszy użyto w latach siedemdziesiątych XX wieku dla określenia małych zbiorników wodnych (Mioduszewski, 1991; Kowalewski, 2007). Obecnie, w szerszym znaczeniu, termin ten można zdefiniować jako techniczne i nietechniczne działania zmierzające do poprawienia bilansu wodnego w zlewni (tzn. zmniejszenia zmienności odpływu) poprzez zwiększenie naturalnej zdolności retencyjnej zlewni.

Można wyróżnić wiele różnych form retencji, na przykład retencja krajobrazowa (siedliskowa), glebowa, powierzchniowa (wody powierzchniowe) i podpowierzchniowa (wody podziemne). Mała retencja różni się od retencji w dużych zbiornikach wodnych tym, że nie podlega kontroli, jest automatyczna, a jej pojemność trudno zmierzyć. Zwiększenie retencji krajobrazowej, glebowej, powierzchniowej i podpowierzchniowej wpływa na krążenie wody w zlewni, ale nie ma możliwości bieżącej kontroli poszczególnych procesów. Wdrażając naturalne działania na rzecz małej retencji wodnej można jednak zwiększyć zdolność zatrzymywania wody w zlewni w okresach jej nadmiaru i zapewnić jej dłuższe pozostawianie w glebie lub na powierzchni terenu (Eotvos Józef College, 1997; Mioduszewski, 1997; Pierzgalski i in., 2002; Kowalewski, 2007; Palat i in., 2013). Zestawienie środków, których można użyć do poprawy struktury bilansu wodnego przedstawiono w tabeli 1.

Inna klasyfikacja metod naturalnej małej retencji wodnej polega na rozróżnieniu działań technicznych i nietechnicznych.



Działania techniczne. Do tej grupy można włączyć większość prac hydrotechnicznych i melioracyjnych mających na celu opóźnienie spływu wód powierzchniowych. Działania techniczne obejmują budowę małych zbiorników wodnych, piętrzenie wody w ciekach i jeziorach, przebudowę rowów i kanałów, retencję wód drenarskich, użycie właściwych metod odprowadzania wód z utwardzonych powierzchni (dachy, place, ulice) na pobliskie tereny nieutwardzone, renaturyzacja małych cieków i dolin zalewowych z użyciem metod technicznych (Lukáč i in., 1997; Mosný, 2001; Bahri, 2012; Meijer, 2012).

Działania nietechniczne (metody planowania). Właściwe planowanie przestrzenne zlewni może odgrywać istotną rolę w gospodarce wodnej. Działania nietechniczne skupiają się na tworzeniu takich planów zagospodarowania przestrzennego, aby ograniczyć przyspieszony odpływ wód deszczowych i roztopowych. Obejmują tworzenie właściwej struktury układu pól ornych, użytków zielonych i lasów, tworzenie roślinnych (drzewa, krzewy) stref ochronnych, odtwarzanie naturalnych i półnaturalnych siedlisk, w tym siedlisk podmokłych i małych stawów, zamianę pól ornych na użytki zielone (Kozak, 2012; Mioduszewski i Okruszko, 2012; Martinez-Martinez i in., 2014).

Tabela 1. Systemy i metody retencji wody na obszarach wiejskich (źródło: Mioduszewski, 2003)

Zasoby wodne	Systemy i metody
Retencja krajobrazowa (siedliskowa): planowanie przestrzenne	Systemy kształtujące właściwą strukturę użytkowania ziemi poprzez: <ul style="list-style-type: none"> układ pól ornych, użytków zielonych, lasów, użytków ekologicznych i stawów zalesianie, tworzenie pasów ochronnych, zadrzewień, tarasów powiększanie obszarów podmokłych, torfowisk i bagien, wtórne nawadnianie torfowisk
Retencja glebowa: technologia rolnicza	Systemy upraw kształtujące gospodarkę wodną w profilu glebowym: <ul style="list-style-type: none"> poprawa struktury gleby (zróżnicowana porowatość), odwadnianie rolnicze, wapnowanie, odpowiednie zabiegi agrotechniczne, właściwy płodozmian, zwiększanie zawartości materii organicznej w glebie
Retencja wód podziemnych: rolnictwo i planowanie przestrzenne	Uprawy i systemy drenarskie ograniczające spływ powierzchniowy: <ul style="list-style-type: none"> tworzenie „szorstkich” powierzchni terenu zwiększanie przepuszczalności wody w glebie (głęboka orka) zabiegi przeciwdziałające erozji, fitodrenaż i rolnicze zabiegi odwadniające kontrola odpływu z systemów drenarskich budowa stawów i studzienek infiltracyjnych dla gromadzenia odpływu opadów z utwardzonych powierzchni
Retencja wód powierzchniowych: gospodarka wodna, struktury hydrauliczne	Systemy hydrotechniczne do rozdziału i gromadzenia wody: <ul style="list-style-type: none"> stawy i małe obiekty wodne regulacja odpływu wody ze stawów i małych obiektów wodnych gospodarka wodna – retencja wody w zlewni – systemy nawadniania i rozrządu wody regulowany odpływ wody z systemu rowów zwiększanie retencji wody w dolinach rzecznych w tym budowa polderów

Działania nietechniczne (agrotechniczne). Ta grupa działań zależy od sposobu rolniczego użytkowania ziemi, w tym od prawidłowych metod uprawy pól ornych w zlewniach rzecznych. Wymienić tu można: poprawę struktury gleby w lasach i na polach ornych, sposoby przeciwdziałania erozji na polach, zachowanie siedlisk leśnych, zapobieganie tworzeniu się w lasach uprzywilejowanych dróg spływu wody, zachowanie powierzchni infiltrujących w zabudowie miejskiej i regulację spływu kanalizacją burzową (Radczuk i Olearczyk, 2002; Angyán i in., 2003; Masih i in., 2011).

Wszystkie kategorie działań wymienionych w tym raporcie funkcjonują pod ogólną nazwą działania na rzecz naturalnej małej retencji wodnej. Obejmują działania agrotechniczne, małe budowle wodne, a także zabiegi zmierzające do poprawy gospodarki wodnej w systemach drenarskich. Podstawowe środki techniczne i naturalne przedstawiono w tabeli 2. Nazwa „mała retencja” wynika stąd, że urządzenia techniczne są zwykle małe, ich oddziaływanie niewielkie obszarowo, czasami mniejsze niż sto metrów i mają jedynie lokalne znaczenie. Zaliczane są tu również prace prowadzone na dużych obszarach, np. renaturyzacja wielohektarowego odwodnionego torfowiska lub meandryzacja rzeki na długości wielu kilometrów. Określenie mała oznacza tu zazwyczaj niewielką pojemność retencyjną w przeliczeniu na jednostkę powierzchni, na której prowadzone były prace.

Tabela 2. Podstawowe działania na rzecz naturalnej małej retencji wody (NMRW), źródło: analizy własne

Działania na rzecz naturalnej małej retencji wodnej	
Metody naturalne (nietechniczne)	Kształtowanie retencji krajobrazowej: struktura i użytkowanie ziemi, zalesianie, siedliska podmokłe (torfowiska), rekultywacja, rewitalizacja rzek i ich dolin
	Zwiększanie retencji glebowej: poprawa struktury gleb, płodozmian, zwiększanie zawartości materii organicznej, rolnictwo organiczne
	Zwiększanie retencji wód podziemnych: ograniczanie spływu powierzchniowego z użyciem różnych metod
	Retencja wód powierzchniowych: przebudowa jezior i naturalnych stawów, rewitalizacja rzek, ochrona stawów i niewielkich zbiorników wodnych
	Metody techniczne
Mikro i małe zbiorniki wodne, sztuczne stawy, podwyższenie poziomu wody w jeziorach	
Budowa piętrzeń celem zatrzymania wody w rzekach, kanałach i rowach	
Gospodarowanie wodną w systemach nawadniająco-odwadniających – regulowany odpływ z systemów drenarskich	
Sztuczne zasilenie warstw wodonośnych – budowa stawów infiltracyjnych i innych urządzeń technicznych	

Nieco inne podejście przedstawione zostało w raporcie opracowanym na potrzeby Komisji Europejskiej omawiającym możliwości poprawy zdolności retencyjnych zlewni jedynie z zastosowaniem naturalnych środków. „Naturalna Retencja” obejmuje głównie działania polegające na odtworzeniu ekosystemów, które występowały wcześniej, przed ich przekształceniem przez człowieka (tab. 3). Można przyjąć, że działania wchodzące w zakres naturalnej retencji wodnej (NRW) są podstawową częścią stosowanej w Polsce naturalnej małej retencji wodnej (NMRW).

Nie ma znaczących różnic między treścią tabel 2. i 3., a te, które istnieją, dotyczą głównie środków technicznych. Małe zbiorniki wodne, podpiętrzanie wody w ciekach i kanałach oraz modernizacja systemów wodnych, głównie drenarskich i nawadniających, występują w obu definicjach retencji.

Działania na rzecz naturalnej retencji wody definiuje się jako „działania mające na celu zapewnienie i powiększenie zdolności przechowywania wody w krajobrazie, glebie, warstwach wodonośnych przez

rekultywację ekosystemów, i odtwarzanie naturalnych cech cieków wodnych z wykorzystaniem procesów przyrodniczych” (EU Commission, 2014). Zwraca się tu uwagę na przywrócenie naturalnych ekosystemów wodnych i od wody zależnych, które zostały zniszczone wskutek działalności człowieka, a ich odtworzenie może zwiększyć zdolność retencyjną zlewni rzecznych. Różnica pomiędzy środkami naturalnej retencji i naturalnej małej retencji wodnej polega głównie na wprowadzeniu środków technicznych w celu poprawy zdolności retencyjnej zlewni w pierwszym z tych pojęć. Należy przy tym podkreślić, że obie definicje ukierunkowane są nie tylko na poprawę bilansu wodnego (zmniejszenie skali zmienności czasowej odpływu), ale są także ważnym elementem ochrony różnorodności biologicznej w miastach i na obszarach wiejskich, a również ochrony jakości wody przed zanieczyszczeniami ze źródeł obszarowych.

Tabela 3. Różnorodność środków uznanych za naturalną retencje wodną (NRW) (źródło: EU Commission, 2014)

Typ	Klasa	Lista wybranych przykładów
Bezpośrednie modyfikacje w ekosystemie	Hydromorfologia (rzeki, jeziora, poziomy wodonośne, powiązane środowiska podmokłe)	Rekultywacja i utrzymanie rzek, jezior, poziomów wodonośnych i powiązanych siedlisk podmokłych, ponowne połączenie i odtwarzanie dolin zalewowych i odciętych meandrów, eliminacja umocnionych brzegów rzek
Zmiana i adaptacja sposobów użytkowania ziemi i praktyki gospodarki wodnej	Rolnictwo	Rekultywacja i utrzymanie łąk, pastwisk, stref buforowych i pasów ochronnych, praktyki ochrony gleby (płodozmian, śródplony, uprawy ochronne), zielona okrywa, mulczowanie
	Lasy i pastwiska	Zalesianie górnych partii zlewni, sadzenia celowe do „przechwytywania” opadów, stałe obszary leśne, utrzymanie buforów przywodnych, lasy miejskie, konwersja użytkowania ziemi w celu poprawy jakości wody
	Zabudowa miejska	Zielone dachy, zbieranie opadów, przepuszczalne nawierzchnie, obszary chłonne, studzienki chłonne, rowy infiltracyjne, zbiorniki przeciwpowodziowe, stawy retencyjne, odtwarzanie miejskich kanałów

W następujących rozdziałach terminy „działania na rzecz naturalnej retencji wody” i „działania na rzecz naturalnej małej retencji wody” są używane jako synonimy w dyskusji nad zabiegami związanymi z retencją obiegu wody.

2.2. Retencja na obszarach rolniczych

Rolnicze użytkowanie ziemi nie jest zwykle uważane za jedno z działań na rzecz poprawy zdolności retencyjnej zlewni, ale bilans wodny zlewni można znacznie poprawić, stosując odpowiednie środki agrotechniczne. Te rozmaite metody można sklasyfikować, jako działania na rzecz małej retencji. Zwiększenie zawartości materii organicznej w glebie, likwidacja tzw. podeszwy płuźnej–nieprzepuszczalnej warstwy utworzonej w wyniku orki) i ulepszanie struktury gleb ciężkich zwiększają

pojemność retencyjną wody w glebie. Nawet niewielkie zwiększenie pojemności retencyjnej gleby może spowodować znaczące zwiększenie ilości wody. Dla przykładu, zwiększenie pojemności retencyjnej gleby o 10 mm (równe 10 litrom na m²) może dać w efekcie przyrost retencji wynoszący ok. 100 m³ wody na hektar. Nie jest to duża ilość w porównaniu z całkowitym zapotrzebowaniem na wodę przez rośliny, ale w skali zlewni taka ilość retencionowanej wody może znacząco ograniczyć prawdopodobieństwo wystąpienia powodzi oraz ograniczyć skutki suszy.

Wdrażanie odpowiednich metod uprawy, na przykład ograniczanie orki lub oranie wzdłuż poziomic można włączyć do nietechnicznych środków na rzecz retencji. Innymi słowy, zabiegi przeciwdziałające erozji powodują zmniejszenie prędkości odpływu wody i w konsekwencji zwiększenie pojemności retencyjnej gruntów rolnych. Podobne środki można zastosować i uzyskać liczące się efekty przez wdrażanie działań fitoremediacyjnych. Tworzenie roślinnych pasów ochronnych, ochrona istniejących naturalnych enklaw w krajobrazie rolniczym, np. stawów, kęp drzew i krzewów, również służą zwiększeniu pojemności retencyjnej.

Ograniczenie spływu z obszarów rolniczych może również potencjalnie ograniczyć erozję, przeciwdziałać stratom plonu, zmniejszyć zanieczyszczenie wód i tym samym poprawić jakość wody. Mając na względzie mozaikowość obszarów rolniczych i współzależność między siedliskami, należy uznać, że ochronne pasy roślinne są ważne nie tylko z uwagi na poprawę bilansu wodnego. Mogą one również służyć zachowaniu stabilnych populacji dziko żyjących organizmów. Wymienione wyżej działania mogą przynieść wiele innych korzyści, poza retencją wody, dzięki możliwości świadczenia wielu usług ekosystemowych.

2.3. Retencja krajobrazowa

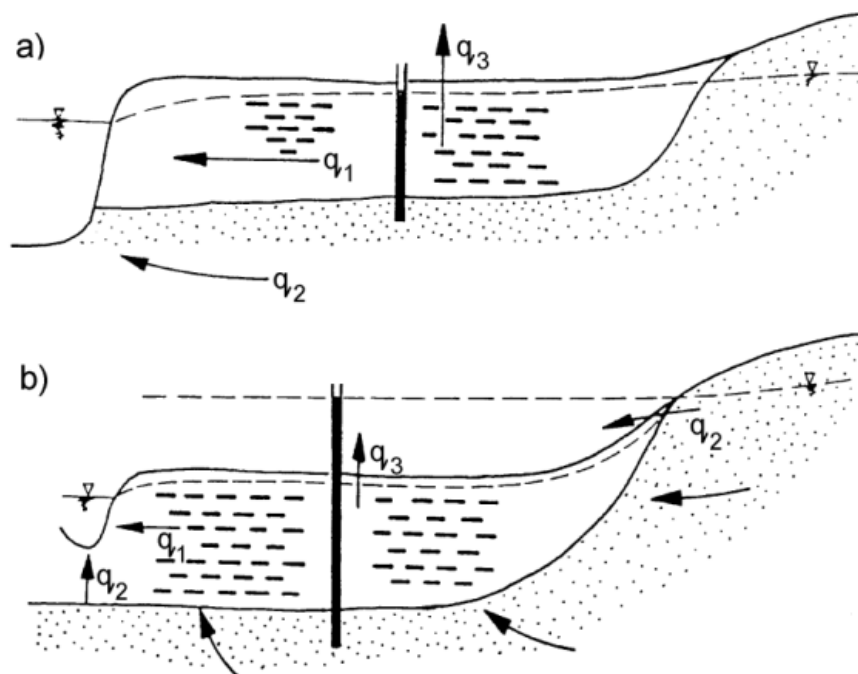
Wszystkie działania podejmowane w celu zwiększenia pojemności retencyjnej zlewni rzecznej, które są powiązane ze zmianami w planowaniu przestrzennym i w użytkowaniu ziemi, można sklasyfikować jako nietechniczne formy małej retencji. Są to metody najściślej związane ze środkami działań na rzecz naturalnej retencji wody, ponieważ zmieniają one jedynie zdolność do zatrzymywania wody, ograniczając spływ powierzchniowy i zwiększając pojemność retencyjną gleb. Aby zilustrować wartość retencji krajobrazowej, poniżej ograniczono się do szerszego opisu pojemności retencyjnej terenów podmokłych i lasów.

Mokradła. Oceniając pojemność retencyjną środowisk podmokłych, takich jak torfowiska, olsy, marsze czy podmokłe łąki, należy szczególną uwagę zwrócić na (Mioduszewski 1997):

- pojemność retencyjną gleb hydrogenicznych, która oznacza zdolność do zatrzymywania wody w porach strefy aeracyjnej gleby;
- pojemność retencyjną mokradeł (marszy i olsów), która oznacza zdolność do zatrzymywania wody na powierzchni tych obszarów;
- pojemność retencyjną wysoczyzn przyległych do mokradeł, narastanie torfowiska na zbocza mineralne powoduje hamowanie odpływu wody i jej podpiętrzanie na dużym obszarze przyległym do torfowiska.

Woda deszczowa może zostać zatrzymana w porach nienasyconej warstwy gleby, która jest strefą pomiędzy powierzchnią gruntu a zwierciadłem wód podziemnych (rys. 6). Im wyższy jest poziom wód podziemnych, tym mniejsza jest pojemność retencyjna gleby definiowana jako przestrzeń do

wypełnienia wodą napływającą z powodzi lub nadmiernych opadów. Jeśli w naturalnym środowisku podmokłym (mokradła, bagna, ekosystemów od wody zależnych) poziom wody pokrywa się z poziomem gruntu, pojemność retencyjna mokradła równa się zero. Dlatego, każda kropla wody, która pada na powierzchnię takiego środowiska może, teoretycznie, spłynąć do rzeki. Odwodnienie mokradeł nie minimalizuje jednak fali powodziowej. Naturalne tereny bagienne (mokradła) porośnięte roślinnością typu olsów, na przykład krzakami, cechuje znaczna szorstkość hydrauliczna. Ponadto typowe dla takich obszarów są niewielkie różnice wysokości terenu. Z tego powodu wody roztopowe lub powodziowe spływają wolno z takich obszarów. Doliny rzeczne o charakterze olsów można traktować jako zbiorniki retencyjne. Woda napływająca na obszar podmokły wraca wolno do rzeki, co łagodzi falę powodziową na odcinku poniżej tego mokradła. Takie zjawisko obserwuje się na przykład w szerokiej na 10 km dolinie Biebrza. Woda utrzymuje się na powierzchni doliny nawet przez kilka miesięcy. Dlatego wspomniana wyżej pojedyncza kropla wody może swobodnie, ale wolno, wracać do rzeki.



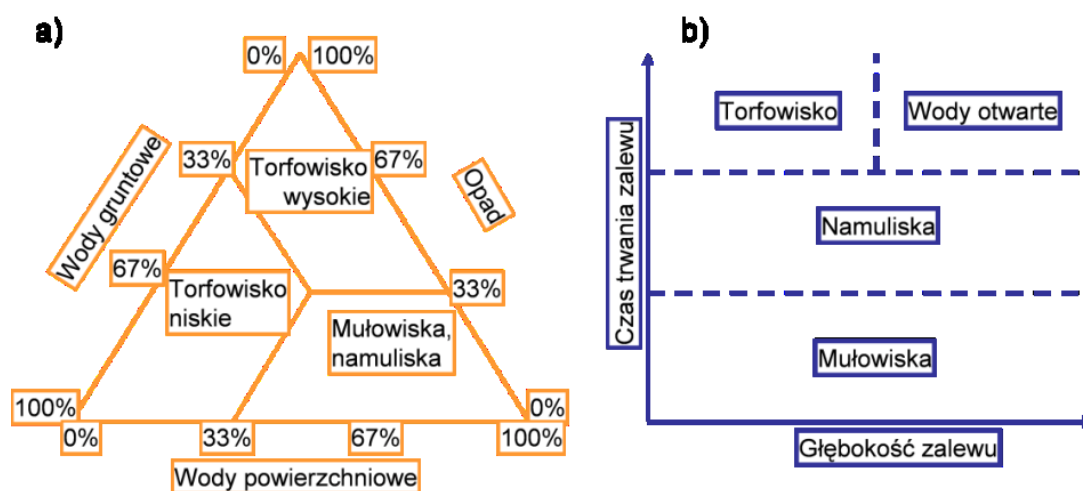
Rys. 6. Schemat odptywu wody z torfowisk o różnym typie zasilania: a) zasilanie wodami powierzchniowymi, b) zasilanie wodami gruntowymi, q_1 – odptyw wody z torfowiska, q_2 – zasilanie wodą z warstwy mineralnej, q_3 – ewapotranspiracja, 1 – poziom wód podziemnych, 2 – woda pod ciśnieniem; źródło: Mioduszewski, 2003

Prowadzone analizy wykazały, że dolina Biebrzy jest zdolna zatrzymać niemal 50 mln m³ wody w okresie topnienia śniegu, co może ograniczyć powódzie w dolnej części systemu rzecznej (Okruszko, 2005).

Reasumując można podkreślić, że wpływ terenów bagiennych na przepływ wody w cieku zależy bardziej od szerokości, kształtu, spadku rzeki i sposobu użytkowania doliny, czyli od tak zwanej dolinowej powierzchni retencyjnej środowiska niż od pojemności retencyjnej gleby w strefie aeracji. W czasie powodzi woda wypełnia wszystkie pory w glebie, a następnie pokrywa powierzchnię terenu. Po obniżeniu poziomu wody w rzece woda spływa z doliny do koryta rzecznej, ale prędkość odptywu jest mała z powodu dużego współczynnika hydraulicznej szorstkości (wynik występowania

gęstej roślinności) i małych spadków terenu w kierunku koryta rzecznego. Woda w różnych formach, jako woda powierzchniowa, podziemna czy opadowa, bierze udział w tworzeniu środowiska podmokłego. Ogólne zależności między różnymi typami zasilania wodą a rodzajem środowiska oraz wpływ czasu trwania i wielkości powodzi na siedlisko przedstawiono na rysunku 7.

Niektóre typy torfowisk, na przykład występujące na zboczach doliny lub przy wychodniach poziomów wodonośnych, odgrywają ważną rolę w obiegu wody (rys. 6). Przede wszystkim, opóźniają odpływ wody z mineralnego poziomu wodonośnego i podnoszą poziom wód podziemnych na terenach przyległych. W efekcie, woda zgromadzona na wysoczyźnie oraz w tych torfowiskach zasila rzekę w okresach bezopadowych.



Rys. 7. Zależność między rodzajem wody zasilającej środowisko podmokłe a typem tego środowiska: a) rodzaj wody, b) czas trwania i poziom wody podczas powodzi; źródło: Okruszko, 2005

Lasy. Lasy, podobnie jak mokradła, cechuje znaczna potencjalna pojemność retencyjna wody. Lasy regulują obieg wody zatrzymując ją w czasie opadów i zwiększając spływ do rzek w okresach bezopadowych (Chang, 2006; Gutry-Korycka i in., 2003; Pierzgalski i in., 2002). Niewątpliwa jest pozytywna rola lasów w ograniczaniu powodzi spowodowanych przez ulewne deszcze lub topnienie śniegu w zlewniach o znacznej deniwelacji terenu i ze słabo przepuszczalnymi glebami (Chang, 2006; Pierzgalski i in., 2002). Lasy ograniczają gwałtowny spływ wody z powierzchni, zatrzymując ją w gruncie. Trudno jest jednak dowieść wpływu lasów na tempo przepływu wody w rzece.

Sytuacja jest odmienna na piaszczystych równinach, gdzie lasy w wyniku dużej ewapotranspiracji mogą zmniejszać efektywną infiltrację i w konsekwencji ograniczać zasilanie wód podziemnych (Mioduszewski, 2003; Chang, 2006; Palat i in., 2013). Dzieje się tak dlatego, że na pozbawionych lasów równinach odpływ powierzchniowy jest minimalny, a woda deszczowa lub roztopowa swobodnie przenika do gruntu. Zalesienie zwiększa pobór wody przez roślinność, a transpiracja w lasach jest większa niż w innych siedliskach.

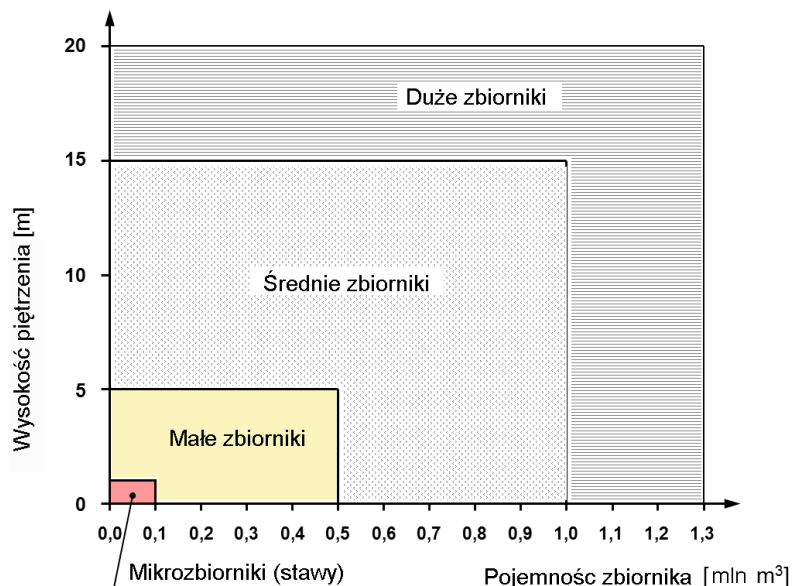
2.4. Techniczne obiekty małej retencji

Wszystkie działania powodujące zwiększenie ilości wody zatrzymywanej w zlewni przez dowolną formę rozwiązań technicznych, na przykład budowę określonych urządzeń wodnych, zaliczają się do technicznych metod na rzecz małej retencji.

Zbiorniki wodne. Zbiorniki wodne były zawsze ważnym elementem środowiska człowieka. Pozostałości zbiorników używanych do nawodnień zbudowanych 3 – 5 tys. lat p.n.e. można znaleźć w Indiach, Egipcie i Grecji. W średniowiecznej Europie, ale i obecnie tamowanie rzek, budowa młynów wodnych, małych elektrowni i stawów rybnych przyczyniały się do wzrostu gospodarczego. Wynalazek maszyny parowej ograniczył potrzebę pozyskiwania energii z wody i spowodował zmniejszenie liczby stawów utworzonych przy młynach wodnych (Mioduszewski, 1997).

Określenie „małe zbiorniki wodne” obejmuje szeroki zakres różnych typów zbiorników budowanych przez człowieka. Są to kopane stawy, w tym stawy rybne i mikrozbiorniki, oraz małe zbiorniki zaporowe utworzone poprzez przegrodzenie koryta rzeki i jej doliny zaporą (tumą). Zbiorniki wodne nie zawsze muszą być ciągle wypełnione, mogą być także suche, napełniane wodą dopiero po ulewnych deszczach lub po spływach wód roztopowych, kiedy zwiększa się natężenie przepływu wody w cieku. Istnieje wiele różnych źródeł zasilania zbiorników wodą, mogą to być dopływy wód podziemnych, w tym naturalne źródła, spływy powierzchniowe czy też odpływy z systemów drenażowych.

Klasyfikację różnych typów zbiorników przedstawiono na rysunku 8. Do małej retencji proponuje się zaliczyć jedynie mikro i małe zbiorniki, które zazwyczaj mają pozytywny lub minimalnie ujemny wpływ na środowisko.



Rys. 8. Klasyfikacja zbiorników wodnych; źródło: Mioduszewski, 2003

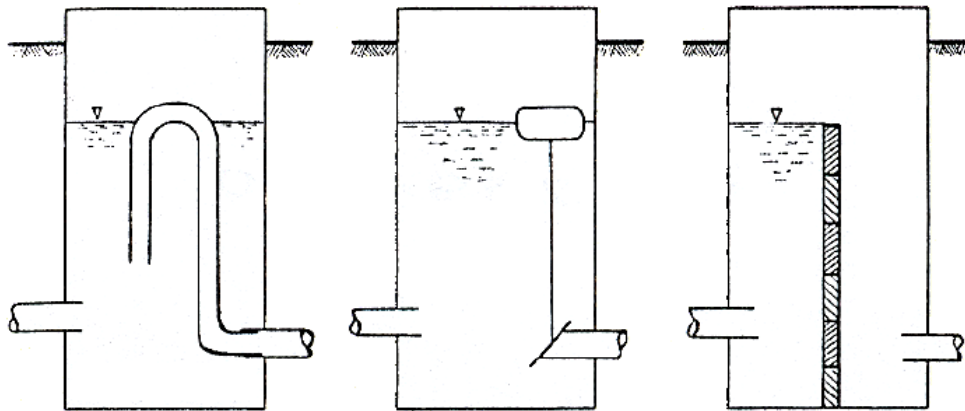
Zbiorniki wodne odgrywają ważną rolę w gospodarce i w środowisku. Ze względu na pełnione funkcje, zbiorniki można podzielić na następujące kategorie:

- zbiorniki służące ograniczaniu skutków suszy (zarządzanie suszą) – zbiorniki przechowujące wodę do celów gospodarczych: retencja wody do nawodnień w rolnictwie i leśnictwie, potrzeby wodne człowieka i rolnictwa, gospodarka rybacka, produkcja energii elektrycznej (małe elektrownie wodne);
- zbiorniki ochrony przeciwpowodziowej – zbiorniki suche i wielozadaniowe, poldery;
- zbiorniki wodne do rekreacji i celów estetycznych: kąpieliska, stawy parkowe, stawy wędkarskie (ekstensywna gospodarka rybacka);
- zbiorniki ekologiczne: enklawy wodnej flory i fauny, biofiltry (biologiczne oczyszczalnie ścieków) lub zbiorniki służące jako filtry do oczyszczania wody;
- zbiorniki wodne używane do poprawy bilansu wodnego; zasilanie podziemnych warstw wodonośnych, ograniczanie erozji, retencja spływów powierzchniowych z powierzchni nieprzepuszczalnych (uszczelnionych).

Zbiorniki budowane jedynie w celu poprawy bilansu wodnego są rzadkością. Zbiorniki wodne są zwykle budowane, aby zaspokoić potrzeby gospodarcze lub przeciwdziałać powodziom. Tylko w wyjątkowych przypadkach zbiorniki są konstruowane, aby zaspokoić potrzeby środowiskowe. Niemal każdy zbiornik wodny, niezależnie od jego przeznaczenia wpływa jednakże na bilans wodny. Na funkcje hydrologiczne zbiornika może mieć duży wpływ sposób jego eksploatacji.

Systemy drenarskie. Wobec globalnej intensyfikacji rolnictwa, wiele małych cieków w Europie zostało uregulowanych bądź poddanych przebudowie, aby umożliwić regulowanie stosunków wodnych w glebie na potrzeby rolnictwa i jego intensyfikacji. Zbudowane zostały dolinowe systemy odwadniające (systemy rowów) na terenach mokradłowych. Na rozległych obszarach mokradel obniżone zostały poziomy wód podziemnych. W wielu przypadkach tereny te nie są obecnie użytkowane przez rolników. Wskazana jest więc renaturyzacja tych terenów poprzez zwiększenie uwilgotnienia. Na wielu obszarach użytkowanych rolniczo podwyższenie poziomów wody jest możliwe bez wprowadzania ograniczeń w sektorze rolniczym, ponieważ poziom wód podziemnych często został obniżony ponad rzeczywiste potrzeby. Podwyższenie poziomu wód podziemnych, zwiększenie uwilgotnienia gleby jest równoznaczne z wdrożeniem działań małej retencji. Podniesienie poziomu wód podziemnych wczesną wiosną, kiedy jeszcze następują odpływy wód roztopowych jest dopuszczalne bez szkody dla produkcji rolnej. Systemy drenarskie, ale również rowy melioracyjne odprowadzają szkodliwy dla roślin uprawnych nadmiar wody (Radczuk i Olearczyk, 2002; Holsten i in., 2011; Avery, 2012; Mioduszewski i in., 2014) jednak powodują dalszy odpływ, gdy osiągnięta już jest optymalna wilgotność gleby. Na potrzeby produkcji rolniczej wystarcza, aby system drenarski zagwarantował objętość powietrza w strefie aeracji w granicach od 6 do 8%. Celowe jest więc zatrzymanie odpływu wody wczesną wiosną po osiągnięciu określonego poziomu wód podziemnych. Istnieją techniczne rozwiązania, które służą ograniczeniu nadmiernego odpływu wody z systemu odwadniającego. Można to osiągnąć stosując kontrolowany odpływ z systemu drenarskiego albo budując urządzenia piętrzące wodę na rowach melioracyjnych. Można także instalować specjalne urządzenia w studzienkach drenarskich (rys. 9), które pozwalają kontrolować poziom piętrzenia wody i dostosować go do panujących warunków atmosferycznych. W rowach budowane są także urządzenia piętrzące z ustalonym (stałym) progiem. Rozmieszczenie urządzeń technicznych, ich rodzaj i wysokość piętrzenia wody oraz sposób eksploatacji zależą od klimatu, objętości dostępnej wody, rodzaju gleb i upraw.

Badania wykazały, że regulowanie odpływu wody z obiektów drenarskich lub z systemów rowów nie wywiera ujemnego wpływu na produkcję rolniczą (Rozemeijer i in., 2010; Holsten i in., 2011; Avery, 2012; Mioduszewski i in., 2014). Przeciwnie, ten sposób regulacji odpływu wody sprawia, że rośliny mogą wykorzystywać zgromadzoną w okresie wiosennym wodę podczas sezonu wegetacyjnego, co ogólnie usprawnia produkcję rolniczą. Ponadto, woda z regulowanych systemów drenarskich niesie mniejsze ładunki azotu i fosforu, dlatego kontrolowany odpływ może przyczynić się do poprawy jakości wody w rzekach.

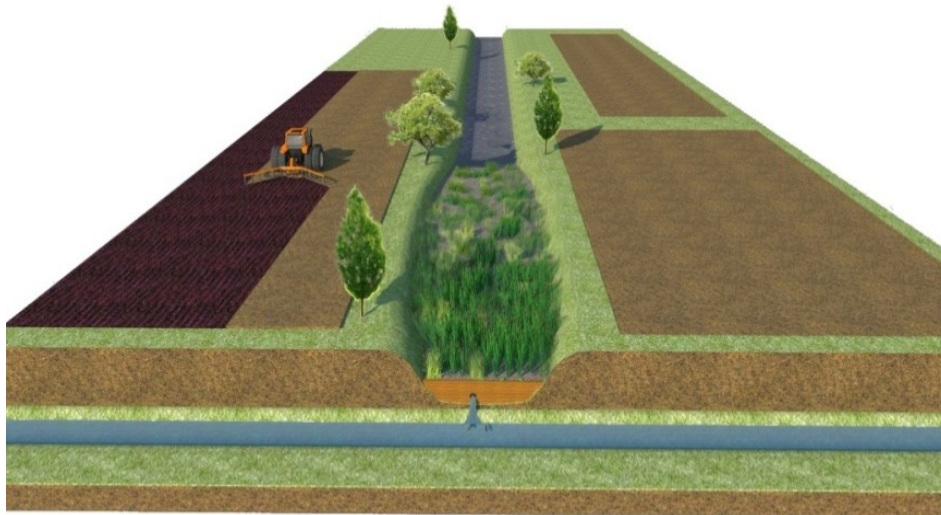


Rys. 9. Schemat urządzeń do regulacji odpływu z systemu odwadniającego; źródło Mioduszewski, 2003

Systemy drenarskie z kontrolowanym odpływem można budować na terenach płaskich (Ángyán i in., 2003; Mioduszewski, 2009; Querner i in., 2012). Kiedy krajobraz jest bardziej urozmaicony, skuteczniejsze jest budowanie małych zbiorników retencyjnych na odpływie z systemu drenarskiego. Woda z takich zbiorników może być oczyszczana i użyta do nawodnień lub innych celów gospodarczych. Podobne rozwiązania można zastosować na odpływach z systemów rowów melioracyjnych.

Standardowe rowy odwadniające budowane przez człowieka wytyczone są zwykle w linii prostej często pozbawione roślinności i dlatego nie mogą zatrzymywać wody czy zapewnić samooczyszczania, co jest istotne w celu usunięcia pierwiastków biogennych ze spływów rolniczych. Stosowanie działań na rzecz retencji z udziałem procesów naturalnych, takich jak zarastanie roślinnością wodną, może wyeliminować lub przynajmniej złagodzić problemy związane z zanieczyszczeniem zbiorników wodnych i wód podziemnych oraz z erozją gleb. Zarośnięte rowy odwadniające, mokradła czy bardziej kontrolowane systemy, takie jak oczyszczalnie trzcinowe i filtry roślinne mogą być użyte do rozwiązania wyżej wymienionych problemów (Melbourne Water, 2005; Heeb, 2011). Zaleca się, aby przy wyborze odpowiednich metod rozstrzygać te problemy w miejscu ich powstawania, uwzględniając przy tym uwarunkowania hydrologiczne i specyfikę budowli wodnych (Querner i in., 2012).

Rysunek 10. ilustruje sposób użytkowania rowu (dopuszczenie do częściowego zarastania) w celu ograniczenia rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń pochodzenia rolniczego. Prezentowany system (część rowu porośnięta roślinnością) można umieścić na końcu większego rowu melioracyjnego przed odprowadzeniem wody do naturalnego cieku.



Rys. 10. Przykład oczyszczania spływów rolniczych z udziałem układów przyrodniczych; źródło: LIMNOS, Company for Applied Ecology, 2015

Gospodarka wodna. Wiele dolin niewielkich rzek wyposażano w systemy drenarskie, w szczególności w sieć rowów. Obszary te są obecnie użytkowane jako łąki lub pastwiska o różnym stopniu intensywności produkcji. Budując te systemy, zakładano często, że następować będzie szybki odpływ wody wiosną i dostawa wody do nawodnień z innych zlewni bądź ze specjalnie do tego celu zbudowanego zbiornika w czasie sezonu wegetacyjnego. Te założenia były jednak realizowane w ograniczonym zakresie. Powszechne było budowanie sieci odwadniających, ale nie zapewniono zasobów wodnych niezbędnych do prowadzenia nawodnień. Takie „niedokończone” inwestycje prowadzą do nadmiernego odpływu wody i przesuszania gleby. Nadmierny odpływ wody wiosną można ograniczyć przez właściwą gospodarkę wodną, co zapewni roślinom wodę w czasie sezonu wegetacyjnego (Mioduszeński i in., 2014). Wiele komputerowych symulacji i obserwacji terenowych dowodzi, że właściwa gospodarka wodna umożliwia skuteczne wykorzystanie potencjału rowów melioracyjnych do retencji wody. W większości przypadków nieodzowna jest jednak przebudowa systemów wodnych poprzez konstruowanie urządzeń piętujących na małych rowach.



3. Jak dobierać zlewnie do realizacji programu małej retencji wody?

3.1. Uwagi ogólne

Głównym celem małej retencji jest poprawa stosunków wodnych w zlewni rzecznej. Dodatkowym celem jest zachowanie różnorodności biologicznej siedlisk silnie uzależnionych od zasobów wodnych, w tym siedlisk i gatunków o dużej wartości przyrodniczej. Metody uznane za działania na rzecz małej retencji mają na celu spowolnić lub ograniczyć spływy powierzchniowe, odpływ wody deszczowej i wód podpowierzchniowych. Na etapie planowania takich zamierzeń, priorytetowe znaczenie ma dobór optymalnych działań zmierzających do retencji wody w obrębie zlewni przez zwiększanie retencji gleby i wykorzystanie ekosystemów wodnych, starorzeczy i stawów.

Podczas opracowywania planu rozwoju małej retencji zaleca się uwzględnienie naturalnych warunków i właściwości środowiska w taki sposób, aby ograniczyć potencjalnie negatywne skutki podejmowanych decyzji. Wykorzystanie naturalnych warunków i właściwości daje najlepszą szansę na powodzenie przedsięwzięcia i utrzymuje koszty na poziomie minimalnym. Na przykład w programie małej retencji wodnej opracowanym dla województwa mazowieckiego w roku 2008, poza określeniem możliwych rozwiązań, przygotowano także waloryzację potrzeb i możliwości retencjonowania wody. Podstawę waloryzacji stanowiły takie czynniki naturalne jak klimat, uwarunkowania hydrologiczne, hydrogeologiczne, fizjograficzne, ekonomiczne, w tym sposób użytkowania ziemi. Analiza celowości realizacji małej retencji obejmowała 12 czynników w 4 grupach:

- warunki klimatyczne: klimatyczny bilans wodny i częstotliwość występowania opadów mniejszych niż 50% średniej wieloletniej;
- warunki hydrologiczne: jednostkowy odpływ obliczony na podstawie średniego niskiego odpływu z wielolecia, stosunek wysokiego do niskiego przepływu, powierzchnia terenów użytkowanych intensywnie i usytuowanych w strefie zalewowej;
- warunki hydrogeologiczne: glebowa retencja wody, odnawialne zasoby wód podziemnych;
- użytkowanie ziemi: udział lasów, udział powierzchni jezior i sztucznych zbiorników wodnych, udział obszarów zurbanizowanych, udział sadów i powierzchni zajmowanej przez produkcję ogrodniczą, udział pól ornych w granicach jednolitych części wód.

Takie czynniki zostały wybrane dla regionu Mazowsza, ale mogą one być zmodyfikowane w zgodzie z lokalnymi warunkami i uwzględniane również w innych częściach Europy Środkowej i Wschodniej. Przeprowadzone analizy umożliwiły przygotowanie mapy potrzeb retencjonowania wody, w tym na potrzeby terenów nawadnianych. Każdy obszar został sklasyfikowany jako wymagający retencji, dla którego retencja byłaby korzystna lub taki, w którym działania na rzecz retencji wodnej nie są potrzebne.

W trakcie planowania lokalizacji inwestycji małej retencji, na przykład budowli piętrzącej na cieku wodnym, w analizie uwzględnia się zapotrzebowanie na wodę wszystkich (nie tylko rolniczych) użytkowników usytuowanych w zasięgu oddziaływania inwestycji, szczególnie tych zlokalizowanych w dolnym biegu rzeki. Ponadto w analizie bierze się pod uwagę szerszy kontekst biologiczny, taki jak ochrona ekosystemu rzeki, na przykład w kontekście umożliwienia migracji ryb.

W odniesieniu do zagadnień ekonomicznych analiza obejmuje:

- koszty przygotowania technicznej dokumentacji projektu;
- koszty zakupu ziemi;
- koszty materiałów i pracy;
- koszty środowiskowe związane ze zmianami wprowadzonymi do środowiska, jako skutek eksploatacji urządzeń (możliwe zmiany w składzie gatunkowym biocenozy, zagrożenia dla migrujących ryb);
- koszty zewnętrzne, które mogą wynikać na przykład z utraty użytkowników umiejscowionych poniżej planowanej inwestycji;
- korzyści dla użytkowników wód i dla przyrody.

3.2. Metodologia doboru zlewni

Po określeniu potrzeb zmniejszenia odpływu wody ważne jest wybranie zlewni odpowiedniej do wdrażania środków na rzecz retencji. Aby dokonać takiego wyboru, konieczne jest wykorzystanie zarówno danych hydrologicznych, jak i baz danych GIS. Mając na uwadze cel przedsięwzięcia i dostępność danych, wyboru zlewni można dokonać przez:

- analizę odpływu wody ze zlewni;
- analizę odpływu wody i czynników kształtujących ten odpływ (waloryzacja potrzeb zwiększenia retencji wodnej);
- wykorzystanie modeli matematycznych o parametrach rozłożonych.

Takie podejście można traktować, jak hierarchiczną drabinę, w której każdy szczebel integruje wnioski z poprzednich poziomów celem rozszerzenia zakresu analizy.

Analiza odpływu wody. Na tym poziomie analizy zakłada się, że ciek reprezentuje warunki występujące w całej zlewni. Zazwyczaj analizy oparte są na istniejącej sieci posterunków wodowskazowych, jednakże obecnie liczbę miejsc monitoringowych można z łatwością zwiększyć stosując automatyczne czujniki poziomu wody. Zaleca się także przeprowadzić przynajmniej roczny monitoring badawczy celem odniesienia wyników do pobliskiej już istniejącej sieci monitoringu. Aby odpowiedzieć na pytanie, czy działania na rzecz retencji są rzeczywiście niezbędne w danej zlewni, rozważa się następujące parametry:

- długość trwania niżówek;
- liczbę wezbrań;
- całkowitą wielkość odpływu wód wezbraniowych (dostępne zasoby).

Susze wywołane brakiem opadów mogą okresowo występować dość często w krajach Europy Środkowej i Wschodniej. Jeśli jednak analizowany ciek podlega wpływowi negatywnych skutków suszy częściej niż ciek w innych lokalizacjach, można to uznać za dowód szybkiego wyczerpywanie zasobów wód podziemnych spowodowanego czynnikami antropogenicznymi takimi jak pobór wody czy zwiększenie powierzchni nieprzepuszczalnych. Jeśli ciek dysponuje dużymi zasobami dyspozycyjnymi, jest to silną przesłanką do wdrożenia środków, które hamowałyby spływy powierzchniowe. Dane pochodzące jedynie z niewielkiej liczby posterunków wodowskazowych rozproszonych na dużym obszarze nie zawsze są jednak satysfakcjonujące. Dlatego ten poziom

analizy powinien być uzupełniany przez inne, cząstkowe (wstępne) formy analizy oparte na monitoringu badawczym lub analizie przestrzennej.

Waloryzacja potrzeb zwiększenia retencji. Do tego typu analiz wykorzystuje się dostępne dane hydrologiczne i meteorologiczne oraz mapy w odpowiedniej skali. Analizy można przeprowadzać w następujących krokach (Pusłowska-Tyszewska i in., 2008):

1) dobór jednostki przestrzennego planowania, na przykład jednolitych części wód, używanej w Europie do raportowania planów gospodarki wodnej lub jednostki podziału hydrologicznego (Arnold i in., 1998);

2) dobór dostępnych wskaźników charakteryzujących dyspozycyjne zasoby wodne i pojemność retencyjną jednostki planowania przestrzennego;

3) analiza przestrzenna bazująca na:

- obliczeniu średnich wartości czynników (parametrów) dla każdej jednostki przestrzennej, na przykładzie udziału lasów, średniego jednostkowego odpływu;
- waloryzacji czynników według trzech wartości (0, 1, 2) gdzie 2 oznacza, że konieczne jest wdrożenie środków zwiększających pojemność retencyjną w jednostce przestrzennej, 1 - zwiększenie retencji w jednostce przestrzennej byłoby korzystne, a 0 - nie ma potrzeby zwiększania pojemności retencyjnej;
- tworzenie jednolitej mapy przez zsumowanie nakładających się wskaźników dla jednostek przestrzennych;
- redystrybucja wartości trzech potrzeb retencji:
 - duża – rozwój małej retencji jest bardzo pożądanym,
 - średnia – rozwój małej retencji jest korzystny,
 - mała – rozwój małej retencji nie jest potrzebny.

Dla przykładu, wskaźniki przedstawione w tabeli 4. zdefiniowano dla regionu Mazowsza w Polsce, ale podobne obliczenia mogą być wykonane dla innych regionów. W takim przypadku jednak wartości cech siedliska (na przykład retencja glebowa, wskaźniki hydrologiczne) będą odmienne (Pusłowska-Tyszewska i in., 2008).

Celem tej analizy jest zwiększenie elastyczności planowania przestrzennego, zdefiniowanego przez obszar, a nie konkretną lokalizację, i ocenianie inwestycji w świetle potrzeb środowiskowych.

W **pierwszym etapie** analizy ustalono scalone części wód jako jednostkę planowania przestrzennego. W **drugim etapie**, uwzględniając ograniczenia w dostępności danych, określono cztery grupy wskaźników charakteryzujących dostępne zasoby wodne:

Wskaźniki klimatyczne (meteorologiczne i hydrologiczne):

- klimatyczny bilans wodny (różnicę między opadem a wskaźnikową ewapotranspiracją);
- częstotliwość występowania opadów mniejszych niż 50% średniej wieloletniej.

Tabela 4. Charakterystyki wskaźników w procesie oceny i ich wartości progowe dla obszaru województwa mazowieckiego; źródło: Puśłowska-Tyszewska i in., 2008

Wskaźnik	Jednostka	Statystyki wskaźników dla województwa			Progi dla indeksów	
		minimum	średnia	maksimum	2 pkt	0 pkt
Wskaźniki klimatyczne						
Klimatyczny bilans wodny	mm	-268	-211	-142	<-250	>-150
Częstotliwość występowania opadów mniejszych od 50% średniej wieloletniej	%	16,4	19,8	22,8	>21,0	<19,0
Wskaźniki hydrologiczne						
Średni niski odpływ jednostkowy	l/s/km ²	0,202	1,12	2,78	<0,75	>1,50
Stosunek przepływu maksymalnego (o prawdopodobieństwie 1%) do średniego		6	169	700	>200	<100
Powierzchnia zagrożona powodzią	km ²	0	0,002	0,012	>0,010	<0,005
Wskaźniki hydrogeologiczne						
Moduł zasobów odnawialnych wód podziemnych	m ³ /d/km ²	79	177	390	<150	>250
Retencja wodna gleb	mm	74	135	182	<125	>175
Wskaźniki odnoszące się do użytkowania ziemi						
Udział lasów		0	0,253	1,000	<0,100	>0,300
Udział jezior		0	0,005	0,119	<0,001	>0,020
Udział sadów		0	0,071	0,570	>0,250	<0,125
Udział terenów zurbanizowanych		0	0,034	0,335	>0,100	<0,050
Udział gruntów ornych		0,126	0,478	0,791	>0,500	<0,300

Wskaźniki hydrologiczne:

- średni wieloletni odpływ jednostkowy;
- stosunek przepływu maksymalnego (o prawdopodobieństwie 1%) do średniego;
- powierzchnia zagrożona ryzykiem powodzi.

Wskaźniki hydrogeologiczne:

- moduł zasobów odnawialnych wód podziemnych dla pierwszego poziomu wodonośnego;
- retencja wodna gleb (dla 1-metrowej warstwy gleby i pF = 2,0 – 4,2) .

Wskaźniki użytkowania ziemi z Corine Land Cover (udział w jednostce planowania, liczony od 0 do 1):

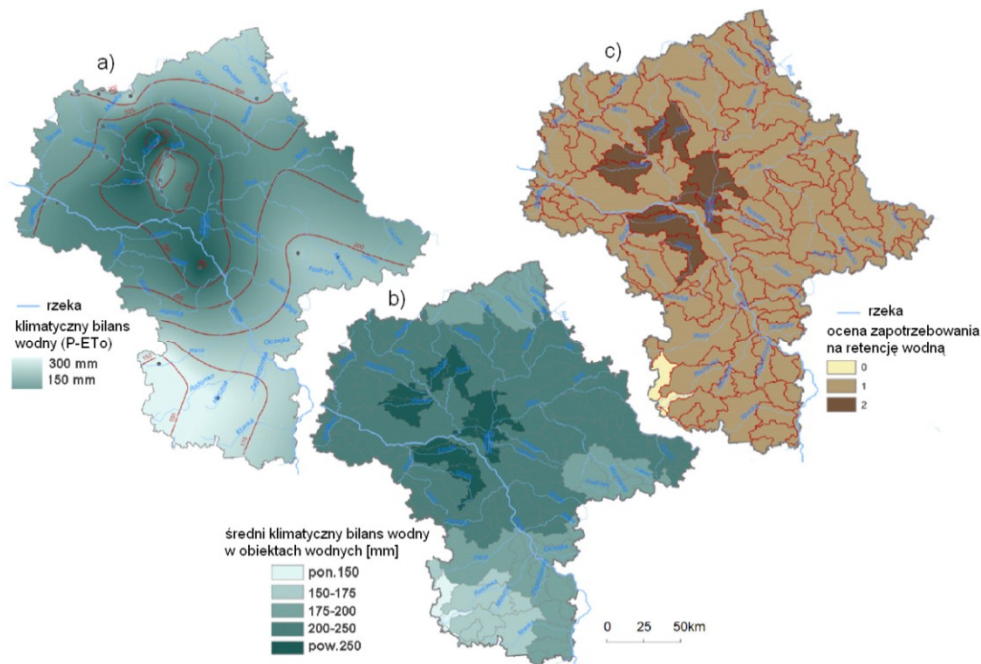
- lasy;
- jeziora i sztuczne zbiorniki wodne;
- obszary zurbanizowane;
- sady i uprawy warzyw;
- grunty orne.

Mapa wskaźników klimatycznych została sporządzona na podstawie interpolacji danych uzyskanych z reprezentatywnych stanowisk pomiarowych (rys. 11a). Mapę wskaźników hydrologicznych

utworzono przez powiązanie wieloletnich danych statystycznych o przepływach wody w posterunkach pomiarowych z odpowiednimi zlewniami. Mapa retencji glebowej powstała w Instytucie Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa, a mapę modułu zasobów odnawialnych wód podziemnych uzyskano z Państwowego Instytutu Geologicznego.

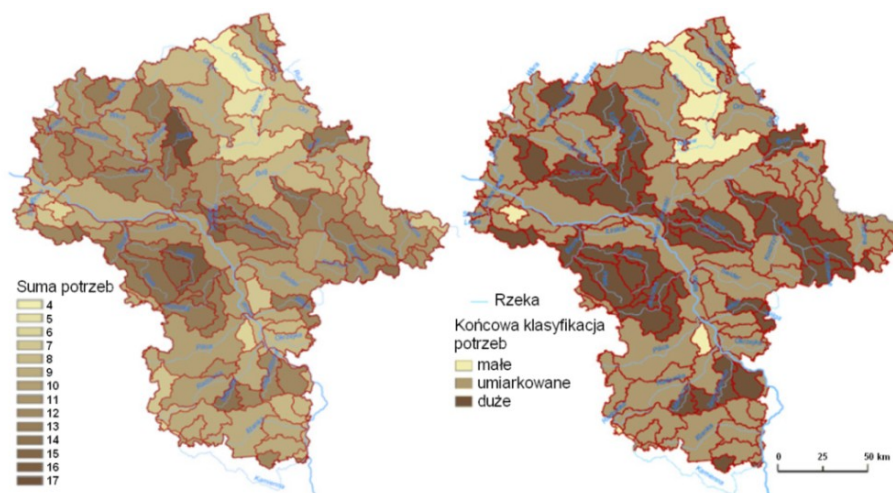
W **trzecim etapie**, na podstawie analizy przestrzennej, obliczono średnią wartość wszystkich wskaźników dla każdego obiektu wodnego. Przykładowe wyniki analizy przedstawiono na rysunku 11a, b. W następnej kolejności wartości wskaźników zmieniono na indeksy {0; 1; 2} (rys. 11c). Proces analizy wymagał zdefiniowania dwóch wartości progowych dla każdego wskaźnika. Wartości progowe określały zapotrzebowanie danego obszaru na rozwój małej retencji. Wartości progowe odzwierciedlające odpowiednie klasy potrzeb i przedział zmienności analizowanych wskaźników zamieszczono w tabeli 4. Wartości te powinny być oceniane indywidualnie w zależności od cech analizowanego obszaru. Następnie dokonano sumarycznej oceny potrzeb dla każdego obiektu wodnego. Do oceny wykorzystano wszystkie analizowane wskaźniki. Na podstawie sumarycznej wartości punktowej (maksymalnie 17 punktów) wszystkie zunifikowane obiekty wodne pogrupowano w trzech kategoriach:

- duże zapotrzebowanie na małą retencję – obiekty wodne z sumą punktów równą lub większą od 12;
- umiarkowane zapotrzebowanie na małą retencję – obiekty wodne z sumą punktów między 7 a 11;
- brak potrzeb małej retencji – obiekty wodne z sumą punktów mniejszą niż 7.



Rys. 11. Przykład indeksowania klimatycznego bilansu wodnego: a) izolinie klimatycznego bilansu wodnego (KBW), b) średni KBW w zlewni, c) ocena potrzeb retencji wody dla obiektów wodnych; źródło: Pusłowska-Tyszevska i in., 2008

Sumaryczne wartości uzyskane w procesie waloryzacji dla każdego obiektu wodnego oraz zapotrzebowanie na pewne środki na rzecz małej retencji przedstawiono na rysunku 12.



Rys. 12. Ogólna ocena potrzeb retencji wody dla jednolitych części wód: a) wyniki oceny (klasy 1 – 17), b) priorytety działań na rzecz małej retencji wodnej; źródło: Tyszewski i in., 2008

Zastosowanie modelu matematycznego o parametrach rozproszonych

W celu dokładniejszego przeanalizowania dostępnych zasobów wodnych w każdej części zlewni można dokonać ekstrapolacji informacji z pojedynczego posterunku wodowskazowego za pomocą modelu matematycznego typu opad – odpływ. W zależności od wybranego modelu uzyskuje się szereg wskaźników do wykorzystania w ocenie zapotrzebowania na retencję wody. Można także wykorzystać modele odpływu takie jak Soil and Water Assessment Tool (SWAT) (Arnold i in., 1998). Szczególną cechą tego modelu jest to, że zlewnia podzielona jest na jednorodne jednostki hydrologicznej (HRU), które łączą sposób użytkowania ziemi, glebę i spadek terenu. Niektóre przykłady zastosowań modelu SWAT podają Marcinkowski i in. (2013). Istnieją również inne użyteczne modele. Na przykład wiarygodne wyniki uzyskuje się w obliczeniach z wykorzystaniem regionalnego modelu SIMGRO, łączącego przepływ wody w strefie nienasyconej i nasyconej (Burek i in., 2012; Querner i in., 2012; Mioduszewski i in., 2014).

Dobór zastosowanego modelu w dużym stopniu zależy od celu planowanych obliczeń oraz pożądanych dokładności analizowanych cech badanej zlewni. Dlatego w ramach procesu planowania zwraca się uwagę na potrzebę rozpoznania terenowego, to znaczy na potrzebę dokładnej lokalizacji działań NRW. Ponadto należy mieć na względzie szereg ograniczeń w realizacji inwestycji, które wynikają z zagrożeń dla stanu środowiska czy lokalnych regulacji prawnych. Ograniczenia w realizacji niektórych zadań małej retencji mogą wynikać z:

- konieczności zapewnienia ciągłości rzeki;
- istnienia obszarów chronionych;
- niekorzystnego stanu środowiska, na przykład jakości wody;
- potrzeby zaspokojenia potrzeb wodnych większej liczby użytkowników.

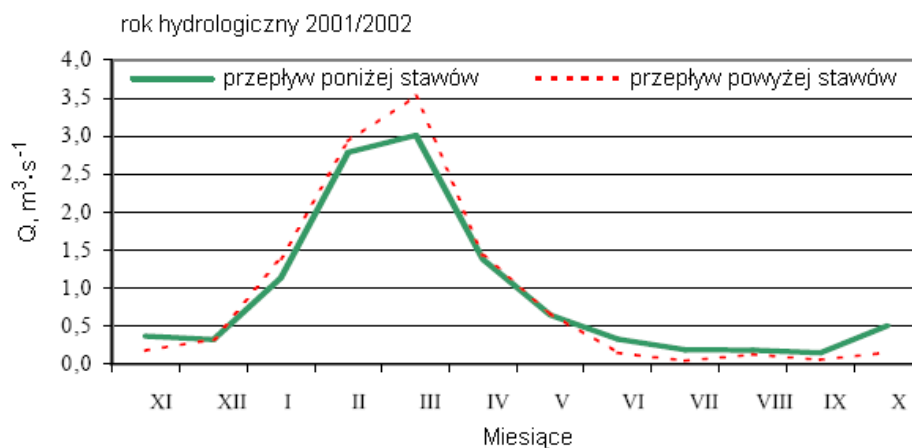
Matematyczny model o parametrach rozłożonych wymaga dużej ilości danych. Z tego powodu trudno użyć go do wszystkich podejmowanych (planowanych) działań na rzecz naturalnej retencji. Ten typ modelowania matematycznego znajduje powszechne zastosowanie w projektach o dużej skali.

4. Jak oceniać wpływ małej retencji na zagrożenia powodziowe, łagodzenie skutków suszy i ochronę różnorodności biologicznej?

4.1. Ocena oddziaływania małej retencji wody na środowisko

Dotychczas metodami małej retencji zmagazynowano stosunkowo niewielkie ilości wody, a działania realizowano na niewielkiej powierzchni. Trudno jest więc empirycznie udowodnić ich wpływ na ochronę przeciwpowodziową czy ograniczanie skutków susz. Modelowanie numeryczne pokazuje jednak, że omawiane działania są szczególnie użyteczne w zaspokajaniu potrzeb wodnych roślin w okresie suszy. Wykonane symulacje modelowe dla różnych wariantów rozrządu wody, w tym z uwzględnieniem sieci rowów odwadniających z urządzeniami piętrzącymi wodę, dowodzą że stosunki wodne w glebie można znacząco poprawić jeśli wprowadzi się odpowiednią gospodarkę wodną (Arnold i in., 1998; Querner i in., 2012; Mioduszeński i in., 2014). Podniesiony poziom wód podziemnych może przyczynić się do zwiększonego poboru wody przez rośliny, a tym samym do wzrostu plonu. Innymi słowy, potencjalna zdolność rowów odwadniających do retencji wody może być wykorzystana do poprawy struktury bilansu wodnego.

Liczne badania prowadzone są w zakresie bilansu wodnego stawów rybnych użytkowanych w różnych celach i z różną intensywnością. Podobnie jak inne zbiorniki wodne, poza swoją podstawową funkcją ekonomiczną, stawy mogą również służyć innym celom takim jak rekreacja czy funkcje środowiskowe. Jak pokazano na rysunku 13, stawy rybne mogą także wpływać na obieg wody w zlewni przez zmniejszanie maksymalnego natężenia przepływu wody w rzece. Tak się dzieje, kiedy staw jest napełniany w warunkach dużych przepływów wody w rzece. Natomiast jesienią zrzuć wody ze stawów podnoszą zazwyczaj małe natężenia przepływu wody w rzece.



Rys. 13. Średni miesięczny przepływ wody w rzece Mała Wełna w przekrojach powyżej i poniżej zespołu stawów rybnych; źródło: Murat-Błażejewska i Kanclerz, 2008

W normalnych okolicznościach działania na rzecz naturalnej małej retencji wody mogą znacząco wpływać na obieg wody w zlewni. Należy jednak zwrócić uwagę, że większość form małej retencji są formami tak zwanej „retencji niesterowalnej”. Inaczej mówiąc, choć zrealizowane działania i obiekty małej retencji prowadzą do zwiększenia zdolności do zatrzymywania wody, to jednak aktywna ich

kontrola jest ograniczona. Tworzone są potencjalne zdolności do retencjonowania wody, ale ich wykorzystanie zależy od przebiegu warunków atmosferycznych, a nie od człowieka. W efekcie, mała retencja ma swoje ograniczenia w tym sensie, że niemożliwe jest określenie, jak i kiedy woda będzie odprowadzana i dlatego ich wpływ i skuteczność oddziaływania na wielkość natężenia przepływu w czasie katastrofalnych powodzi są ograniczone.

Bardziej użyteczne dla ograniczenia fali wezbraniowej mogą być małe zbiorniki retencyjne. Pomimo ich małej pojemności, mogą one stanowić ważną część systemu ograniczania ryzyka powodziowego, szczególnie w ciekach, które doświadczają gwałtownych (wysokich) przepływów, ale trwających krótko powodzi. Takie warunki występują w sytuacji, kiedy małe cieką płyną przez obszary o dużym nachyleniu powierzchni i tam, gdzie woda odplywa z obszarów zurbanizowanych (szczelnych). Aby spełnić swoje zadanie, małe zbiorniki muszą być wyposażone w zastawki umożliwiające retencję wody jedynie w okresie szczytowego przepływu (Mioduszewski, 2009).



Mała retencja odgrywa ważną rolę w ograniczaniu negatywnych skutków suszy. Utrzymywanie wysokiego poziomu wody w ciekach i zbiornikach powoduje wolniejszy odpływ wód z doliny w okresie wiosennym. Równocześnie podnosi się także poziom wód podziemnych na otaczających obszarach zarówno w dolinie, jak i na wysoczyźnie. Większość działań na rzecz małej retencji jest korzystna dla środowiska naturalnego. Jeśli jednak działania te są źle zaprojektowane lub zaplanowane, mogą wywierać także szkodliwy wpływ na środowisko. Na przykład budowa nowego zakola w korycie rzeki lub budowa stawu na podmokłym terenie może zmienić lub zaburzyć cenne przyrodniczo siedlisko, stwarzając zagrożenie dla żyjącej tam flory i fauny. Ponadto budowa zapory na rzece, która jest siedliskiem migrujących ryb, może mieć negatywne skutki, ponieważ uniemożliwi ich przemieszczanie się. Dlatego, nawet projekty w małej skali wymagają starannego planowania i rozważenia środowiskowego aspektu przed ich wdrożeniem.



Budowa zapory (progu) hamującej odpływ i podpiętrzającej zwierciadło wody w rzece, czy tworzenie sztucznych zakoli (meandrów) na rzece są środkami, które podnoszą nie tylko poziom wody w cieku, ale także poziom wód podziemnych w dolinie rzecznej. W większości przypadków takie działania są korzystne dla środowiska, ponieważ poprawiają warunki funkcjonowania ekosystemów zależnych od wody, a w konsekwencji zwiększają różnorodność biologiczną w dolinie rzecznej i poprawiają hydromorfologię koryta rzecznej. Wskutek podwyższonego poziomu wód podziemnych zwiększa się dostępność wody dla roślin zarówno dziko żyjących jak i uprawnych. Zwiększa to produkcję biomasy i czyni systemy rolnicze i naturalne ekosystemy bardziej odpornymi na przypadki przedłużających się okresów bezopadowych. Na obszarach użytkowanych rolniczo takie działania niekiedy mogą mieć jednak ujemny wpływ na uprawy, gdy utrzymywane jest wysokie uwilgotnienie szkodliwe dla roślin uprawnych.

Budowle piętrzące w środowisku leśnym mogą powodować zwiększenie wilgotności gleby ponad potrzeby niektórych gatunków drzew. Dlatego należy brać pod uwagę wkraczanie drzew i krzewów o wyższym zapotrzebowaniu na wodę i powstawanie bardziej wilgotnych siedlisk. Zazwyczaj jest to zjawisko pozytywne w aspekcie sukcesji naturalnego siedliska leśnego. Lasy charakterystyczne dla wilgotnych terenów cechuje większa różnorodność biologiczna.



Naturalne i sztuczne zbiorniki wodne są cennymi elementami krajobrazu rolniczego. Budowa małych zbiorników retencyjnych może, do pewnego stopnia, być postrzegana jako odtwarzanie zbiorników, które istniały poprzednio. Ponadto badania prowadzone w ramach niniejszego projektu dobitnie wykazały, że w ciągu kilku miesięcy po wybudowaniu zbiornik staje się siedliskiem wielu gatunków organizmów wodnych i awifauny, które są cenne dla środowiska naturalnego.

Wszystkie działania służące zwiększeniu pojemności retencyjnej wody zwykle przyczyniają się do poprawy jakości wód powierzchniowych i podziemnych. W związku ze spowolnieniem odpływu wody ze zlewni, rośliny dziko żyjące i uprawne mogą skuteczniej wykorzystać pierwiastki biogenne w czasie sezonu wegetacyjnego.

Małe stawy kopane, mimo niewielkich rozmiarów, wzbogacają różnorodność biologiczną krajobrazu rolniczego, stanowiąc miejsca rozrodu płazów, na przykład żab. Na terenach podgórskich małe zbiorniki wodne mogą być miejscem rozrodu populacji traszek liczących setki osobników. Na nizinach Polski, na przykład na Mazurach czy w Wielkopolsce, żurawie mogą zasiedlać okolice małych śródpolnych zbiorników wodnych. Zmiany zachodzące w eutroficznych jeziorach można obserwować na przykładzie ekstensywnie użytkowanych stawów rybnych. Możliwa jest także obecność rzadkich gatunków roślin takich jak: *Salvinia natans*, *Nymphoides peltata* czy *Trapa natans*. Często jest również obecność awifauny w stawach rybnych. Wyspy występujące na stawach wzbogacają różnorodność gatunkową i zwiększają liczebność ptaków, będąc często siedliskiem kaczek. Atrakcyjność takich wysp zwiększa występowanie śmieszki, której obecność stanowi parasol ochronny przed drapieżnikami (np. przed wroną siwą) i stwarza korzystne warunki do rozwoju populacji innych gatunków, np. perkoza zauszniaka. Dla przykładu, śmieszki i pięć gatunków kaczek zasiedla obecnie stawy rybne na rzece Baryczy w Polsce. Stawy mogą także służyć jako ważne miejsca rozrodu płazów takich jak kumak nizinny, ropucha dość powszechna w Polsce ale rzadka w Zachodniej Europie.

Zbiorniki wodne budowane w wyniku wydobycia żwiru lub piasku mogą również zwiększać różnorodność biologiczną. Takie zbiorniki mogą stać się miejscem rozrodu płazów i ptaków (na przykład rybitwy rzecznej), szczególnie jeśli na zbiorniku występują wyspy. Budowa wysp w postaci pływających platform okazała się skuteczną metodą zwiększania liczebności populacji rybitw.

4.2. Metody analityczne

Przeprowadzenie oceny wpływu proponowanych działań małej retencji na środowisko jest niezwykle istotne. Obserwacje i dokumentowanie dowodów empirycznych na wykonanych obiektach może być podstawą do prawidłowego konstruowaniu nowego projektu, ale również stanowią cenny materiał umożliwiający weryfikację opracowywanych modeli numerycznych.

Ocena działań z zakresu naturalnej małej retencji wodnej może być prowadzona bezpośrednio bądź pośrednio z użyciem dostępnych technik pomiarowych i narzędzi obliczeniowych. Ocena bezpośrednia wykonywana jest poprzez monitorowanie obiektu przed i po wdrożeniu odpowiednich działań. Zakres monitoringu zależy też od oczekiwanych wyników. W przypadku oceny ilościowej, monitoring obejmuje składniki bilansu wodnego, na przykład poziom wody, temperaturę wód powierzchniowych i podziemnych oraz czynniki meteorologiczne. W przypadku oceny jakościowej,

monitoring powinien obejmować na przykład wskaźniki biologiczne i chemiczne takie jak na przykład jakość wody czy liczebność populacji kręgowców i bezkręgowców.

Ilościową ocenę prowadzoną z użyciem matematycznych modeli opad – odpływ, której zadaniem jest zmierzenie efektów zastosowanych działań małej retencji wodnej, wykonuje się realizując następujące kroki: (1) kalibracja i testowanie modelu dla określonej zlewni i okresu, (2) modelowanie scenariuszy, (3) analiza wyników.

W odniesieniu do pierwszego kroku, tzn. do wyboru zlewni, istotne są okresy badań i profile kalibracji modelu, ponieważ wpływają one na wrażliwość modelu na niewielkie nawet inwestycje. Należy unikać wyboru okresów, w których zachodzą intensywne zmiany w zlewni, na przykład budowa obiektów wodnych, oraz okresów o mało zróżnicowanych opadach. Wybór scenariusza w drugim kroku jest niezwykle ważny, ponieważ umożliwia on badaczowi tworzyć realistyczne przykłady działań na rzecz retencji podczas eksperymentowania z różnymi zmiennymi. Aby uczynić je realistycznymi, nakreśla się uzasadniony scenariusz i wdraża jedynie te działania, które są odpowiednie dla obszaru, którego dotyczą. Parametry, które najczęściej ulegają zmianie, kiedy rysuje się scenariusz to:

- zmiana rozmiarów,
- zmiana lokalizacji,
- zmiana rozmiarów i lokalizacji środków na rzecz retencji.

Analizę ilościową można prowadzić, oceniając plony, zasoby wód podziemnych albo spływ powierzchniowy. Można również wykonać badania porównawcze, analizując na przykład okres wieloletni, lata z dużym/małym opadem, okresy dużych przepływów wody lub jedynie sezon wegetacyjny. Ocenę można przeprowadzić, porównując różne scenariusze w ramach tego samego okresu obliczeniowego lub analizując działania na rzecz naturalnej małej retencji wody w latach o obfitych opadach i w latach o niskich opadach.

Dwa najbardziej popularne modele oceny to modele SIMGRO i SWAT omówione wcześniej w tym opracowaniu. Model SIMGRO (Querner i in., 2012) użyto do badania wpływu małej retencji wodnej, w szczególności regulowanego odpływu z rowów melioracyjnych, na zasoby wodne w zlewni (Mioduszewski i in., 2014).

Szereg publikacji powiązanych z modelem SWAT przedstawia wyniki modelowania nakierowanego na ocenę oddziaływania środków na rzecz małej retencji na ochronę przeciwpowodziową i łagodzenie skutków suszy. Wyniki te można znaleźć korzystając z dostępu do: https://www.card.iastate.edu/swat_articles. Obejmują one na przykład analizę wpływu:

- odtwarzania mokradeł na szczyt fali powodziowej w rzece (Martinez-Martinez i in., 2014);
- gospodarki wodnej na wody podziemne (Dourte i in., 2013);
- uprawy i nawodnień na przepływ w rzece (Masih i in., 2011).

Na podstawie tych publikacji trudno wyciągać uniwersalne wnioski, co do wpływu naturalnej małej retencji wodnej na inne zlewnie zlokalizowane w odmiennych strefach klimatycznych. Z uwagi na zróżnicowanie czynników wpływające na proces odpływu, matematyczna ocena małej retencji powinna być dokonywana dla określonej zlewni i w odpowiedniej skali.

4.3. Korzyści wynikające z realizacji małej retencji

Większość działań z zakresu małej retencji wody (NMR) przynosi pozytywne skutki społeczne, ekonomiczne i środowiskowe; najważniejsze z nich to:

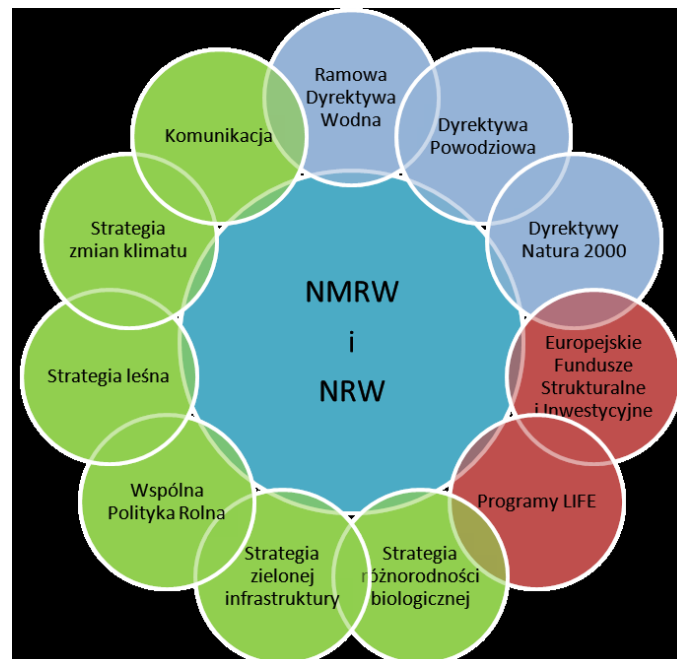
- zmiany w strukturze odpływu wody rzeką, zmniejszenie fali powodziowej i, w niektórych przypadkach, poprawa warunków wilgotnościowych gleb w dolinie w okresach występowania suszy;
- zaspokajanie potrzeb ekosystemów leśnych, w tym olsowych na wodę, jak również poprawa stanu środowiska w wyniku utrzymywania się wyższego poziomu wód podziemnych;
- zwiększenie zasilania podziemnych warstw wodonośnych, a w konsekwencji eksploatacyjnych zasobów wód podziemnych, w tym na potrzeby nawodnień rolniczych;
- zaspokojenie potrzeb gospodarczych - zbiorniki wodne mogą służyć jako źródło wody do celów przeciwpożarowych, jako kąpieliska, stawy rybne, źródło wody do nawodnień lub jako oczka wodne na potrzeby dziko żyjących zwierząt;
- poprawa naturalnych walorów środowiska, zwiększenie różnorodności biologicznej krajobrazu rolniczego przez odtwarzanie mokradeł, małych stawów, tworzenie enklaw dziko żyjącej wodnej flory i fauny, tworzenie przyjaznego człowiekowi mikroklimatu;
- ochrona jakości wód powierzchniowych, zatrzymywanie zawiesiny, oczyszczanie wód deszczowych z pierwiastków biogenych (azotu i fosforu).



5. Mała retencja w planach gospodarowania wodami (PGW), planach zarządzania ryzykiem powodziowym (PZRP) i planach przeciwdziałania skutkom suszy (PPSS)

Wizja polityki wodnej Unii Europejskiej jest zawarta w Ramowej Dyrektywie Wodnej. Dyrektywa ukierunkowana jest na rozwój i ochronę zasobów wodnych. Podstawowymi narzędziami dla wdrażania celów dyrektywy są: plany gospodarowania wodami (PGW), plany zarządzania ryzykiem powodziowym (PZRP) i plany przeciwdziałania skutkom suszy (PPSS). Działania na rzecz naturalnej małej retencji wody (NMRW) i działania na rzecz naturalnej retencji wody (NRW), jak już wcześniej wspomniano, mają wiele wspólnych elementów. Zawierają one w sobie również wiele działań charakterystycznych dla innych metod (strategii) ochrony zasobów wodnych i ich jakości oraz ochronę walorów przyrodniczych.

Korelację między działaniami naturalnej małej retencji wody i naturalnej retencji wody a dyrektywami Unii Europejskiej i powiązanymi z innymi strategiami przedstawiono na rysunku 14.



Rys. 14. Cel i zakres działań na rzecz naturalnej retencji wody (NRW) i środków na rzecz naturalnej małej retencji wody (NMRW); źródło: Borchers, 2014, zmieniony

Uznając duże znaczenie wszystkich strategii przedstawionych na rysunku 14. w dalszej części analiza zostanie ograniczona do strategii bezpośrednio odnoszących się do gospodarki wodnej i do ochrony zasobów wodnych.

Wszystkie te strategie, opublikowane jako oficjalne wytyczne Unii Europejskiej zalecają wdrażanie działań, których celem jest poprawa potencjalnej zdolności retencji wody w zlewniach. Dlatego, choć nie zawsze promują one bezpośrednio działania na rzecz naturalnej małej retencji wody, pośrednio zalecają ich wdrażanie. Na przykład w dokumencie poświęconym polityce Unii Europejskiej w kwestii

środków na rzecz naturalnej retencji wody wytworzonym przez Grupę Roboczą Program Działań w ramach ramowej dyrektywy wodnej stwierdza, że „działania na rzecz naturalnej retencji wody są wielofunkcyjnymi metodami, których celem jest ochrona i zarządzanie zasobami wodnymi z użyciem naturalnych środków i procesów” (EU Commission, 2014) . Na podstawie tego stwierdzenia grupa utrzymuje, że działania na rzecz naturalnej retencji wody mogą przyczynić się do osiągnięcia innych, wyraźnie zdefiniowanych celów.

W raporcie (EU Commission, 2012d) opracowanym przez Komisję Europejską dla Parlamentu i Rady Europy na temat wdrażania ramowej dyrektywy wodnej, zaleca się krajom członkowskim, aby „kontynuowały konsolidację zintegrowanego multidyscyplinarnego zarządzania wodą i szukały rozwiązań dla równoważenia ochrony środowiska z trwałym rozwojem gospodarczym” (European Commission, Framework Water Directive, 2000/60/EC).

W wielu strategiach kładzie się nacisk na konieczność integrowania gospodarki wodnej z innymi gałęziami gospodarki. Gospodarka ziemią, praktyki rolnicze, rozwój miast, małe elektrownie wodne, żegluga i ochrona przeciwpowodziowa mają poważny wpływ na zasoby wodne. Podkreślano, że rolnictwo znacząco wpływa na zasoby wodne ze względu na jego zapotrzebowanie na wodę oraz na obszarowe i rozproszone źródła zanieczyszczeń. Kiedy jednak analizuje się plany gospodarowania wodami lub plany zarządzania ryzykiem powodziowym, okazuje się, że nie uwzględnia się w nich w wystarczającym stopniu ani zabiegów rolniczych ani nie optują za tym, by rolnicy stosowali się do ramowej dyrektywy wodnej czy pracowali na rzecz jej wdrożenia. Ponadto brakuje szczegółowych informacji o możliwości wykorzystania funduszy z Programu Rozwoju Obszarów Wiejskich na wdrożenie środków na rzecz retencji na tych obszarach. Komisja Unii Europejskiej zaproponowała, by zintegrować Ramową Dyrektywę Wodną z pierwszym filarem Wspólnej Polityki Rolnej. Efektywne użytkowanie wody i gospodarka wodna powinny być priorytetami Programów Rozwoju Obszarów Wiejskich.

Innym ważnym dokumentem, w którym ocenia się postęp wdrażania europejskiej polityki wodnej w krajach członkowskich, jest Raport z Przeglądu Europejskiej Polityki w sprawie Niedostatku Wody i Susz (EU Commission, 2012b). Ten raport wyraża potrzebę promowania technologii i praktyk umożliwiających wydajne użycie wody, w tym w rolnictwie. Podstawą długoterminowej, zrównoważonej gospodarki jest zapewnienie spójności między nowymi zastosowaniami gospodarczymi a dostępnością wody. Specjalną uwagę należy zwrócić na użytkowanie ziemi.

Uzasadnienie podejmowania działań przyczyniających się do zwiększenia naturalnej retencji wody w zlewni można znaleźć w Planie Ochrony Zasobów Wodnych Europy (EU Commission, 2012a) opracowanym przez Komisję Europejską na potrzeby Parlamentu Europejskiego, Rady Europy, Europejskiego Komitetu Ekonomicznego i Społecznego oraz do Komitetu Regionów.

Stan zasobów wodnych w Unii Europejskiej nie jest zadowalający. Działania zmierzające do poprawy tego stanu rzeczy oparto na pogłębionej analizie obecnej polityki wodnej i na zamiarze uproszczenia tego procesu. Ponieważ środowisko wodne w Europie jest zróżnicowane, położono nacisk na rozwiązania zaadaptowane do lokalnego kontekstu i środowiska.

Sądzi się, że wszystkie najważniejsze przyczyny pogarszającej się jakości zasobów wodnych są ze sobą wzajemnie powiązane. Do przyczyn tych zalicza się zmiany klimatu, użytkowanie ziemi, działalność gospodarczą (przemysł, rolnictwo, turystykę itp.), rozwój miast i zmiany demograficzne.

Obserwuje się, że jakość wody w Unii Europejskiej pogarsza się, wiele krajów staje w obliczu ryzyka niedoboru wody i zagrożenia utratą odporności ekosystemów wodnych i ich większą wrażliwością na zjawiska ekstremalne takie jak powódzie czy susze. Aby zapewnić ekonomiczną i środowiskową stabilność, sposoby adaptacji do zmian klimatu powinny skupiać się na „zielonym rozwoju”. Odporność ekosystemów można poprawić przez rozwój zielonej infrastruktury. Przykładem może być ustanawianie stref buforowych, które zapewniają biologiczną ciągłość między rzeką i jej otoczeniem. Należy również odtwarzać siedliska podmokłe i doliny zalewowe, aby zwiększyć retencję wody, chronić różnorodność biologiczną i zwiększyć żyzność gleb. Takie działania są przykładem alternatywy dla typowej „szarej infrastruktury”, która obejmuje między innymi groble, budowę wałów i zapór. Komisja Europejska podkreśla, że szczególną uwagę trzeba zwrócić na zapobieganie degradacji źródłiskowych odcinków rzek. Te niewielkie obiekty wodne często służą jako tarliska wielu gatunkom ryb, ale są też szczególnie podatne na skutki prac rolniczych takich jak odwadnianie i powtórne nawadnianie oraz przesuszanie. Jak wspomniano wyżej, trzeba pamiętać, że stawy rybne odgrywają ważną rolę w retencji i utrzymaniu wody w krajobrazie i w zapobieganiu powodziom i erozji.

Z analizy wymagań stawianych przez Komisję Europejską wynika, że takie działania jak zwiększanie potencjalnej pojemności zbiorników w zlewni, to znaczy wdrażanie działań na rzecz naturalnej małej retencji wodnej, mieści się w szerszych ramach europejskiej polityki wodnej. Techniczna i nietechniczna infrastruktura wspierająca działania na rzecz małej retencji jest ujmowana w zaleceniach komisji jako zielona infrastruktura.

W celu rozwoju zielonej infrastruktury Komisja Europejska zaleca państwom członkowskim zwiększyć wysiłki na rzecz integracji polityk na poziomie krajowym. Państwa członkowskie powinny w pełni skorzystać z planów zarządzania zlewnią rzeczną, które wymagają zintegrowanego podejścia do zarządzania zasobami wodnymi w różnych obszarach, takich jak rolnictwo, akwakultura, energia, transport i zintegrowane zarządzanie katastrofami naturalnymi. Komisja proponuje, w ramach Wspólnej Strategii Wdrażania, opracowanie wytycznych zwiększenia naturalnej retencji wody metodami naturalnymi (małą retencją). Wytyczne powinny ułatwić wprowadzanie w życie takiego zintegrowanego podejścia. Ich opracowanie będzie istotne dla środowiska i zasobów wodnych, zapewnią właściwy poziom wody w zbiornikach, w których żyją skorupiaki, mięczaki i inne wodne bezkręgowce. Będzie to wymagało rozbudowy pierwszego filaru wspólnej polityki rolnej, aby wspierać działania zmierzające do poprawy warunków naturalnej retencji wody.

W planach zmierzających do ochrony zasobów wodnych w Europie wielokrotnie podkreśla się, że zielona infrastruktura jest jednym z rozwiązań, które mogą w znacznym stopniu pomóc w ograniczaniu negatywnych skutków susz i powodzi. W szczególności odnosi się to do działań, które zwiększają naturalną retencję zlewni rzecznych. Obejmują one odtwarzanie dolin zalewowych i siedlisk podmokłych, które mogą przechowywać wodę w czasie intensywnych i nadmiernych opadów, aby oddawać ją w okresach deficytu. Wpływ zielonej infrastruktury na bilans wodny zależy od wielu różnych parametrów takich jak możliwość infiltracji, rodzaj pokrycia terenu, pora roku i inne.

Zgodnie ze „Strategią Różnorodności Biologicznej Unii Europejskiej” zielona infrastruktura może wspierać usługi ekosystemu. W Strategii podkreśla się, że ważnym elementem w ograniczaniu ryzyka powodzi jest wdrażanie prawidłowej technologii prac rolniczych, w szczególności metod, które poprawiają strukturę gleby, co umożliwia zwiększoną infiltrację wody do warstw wodonośnych. Jest

to forma działań na rzecz małej retencji. Zaleca się, aby taką działalność włączać do planów gospodarowania wodami i planów zarządzania ryzykiem powodziowym.

Powyższą analizę przeprowadzono na podstawie dokumentów Unii Europejskiej, które dotyczą wszystkich krajów członkowskich. Interesujące jest rozpoznanie zakresu i metod wdrażania dokumentów unijnych w poszczególnych krajach. Poniżej przedstawiona została analiza wdrażania małej retencji w odniesieniu do czterech państw: Polski, Słowacji, Słowenii i Węgier.

Mała retencja w polskich dokumentach planistycznych. Temat podejmowanych działań w celu zwiększenia naturalnej małej retencji zlewni jest w skrócie przedstawiany w polskich dokumentach planistycznych. Choć przywoływane jedynie w ograniczonym zakresie, działania na rzecz małej retencji uwzględniane są w planach gospodarowania wodami, w planach zarządzania ryzykiem powodziowym oraz w planach przeciwdziałania skutkom suszy. We wszystkich tych planach brak jednak wskazania sposobu realizacji. Środki przeznaczane na rzecz małej retencji nie są wymienione, wprost, ale pewne ich elementy są dyskutowane. W „Programie wodno-środowiskowym”, który jest załącznikiem do „Planu gospodarowania wodami”, większość planowanych działań powiązano z ochroną jakości wody. Działania zapobiegające erozji, wsparcie ekologicznego i zrównoważonego rolnictwa, tworzenie stref buforowych wzdłuż cieków i działania zwiększające powierzchnię lasów nie są jednak wymienione. Wydaje się, że zapisy działań z zakresu małej retencji są jedynie wykazem pewnej idei, ale bez głębszych analiz możliwości ich wdrożenia.

Podczas wdrażania Ramowej Dyrektywy Wodnej powstało w Polsce wiele dokumentów planistycznych:

- „Plany gospodarki wodnej dla zlewni rzecznych”, KZGW 2008 – plany sporządzone oddzielnie dla zlewni Wisły, Odry i ośmiu innych zlewni, z których tylko niewielkie obszary znajdują się na terytorium Polski;
- „Program Wodno-Środowiskowy”, KZGW Warszawa 2008 – załącznik do planów gospodarki wodnej zawierającym listę działań, w tym nowe inwestycje;
- Oddzielne „Master Plany dla zlewni Wisły i Odry”, KZGW Warszawa 2014;
- „Program ochrony przeciwpowodziowej w basenie górnej Wisły”, RZGW Kraków 2010;
- „Program bezpieczeństwa powodziowego w regionie wodnym środkowej Wisły”, Wojewoda Mazowiecki Warszawa 2012 (szkic do publicznych konsultacji) – prace zostały zawieszono;
- „Program przeciwdziałania skutkom suszy” – projekt w fazie rozwojowej.
- W trakcie opracowywania są aktualizacje planów gospodarowania wodami, plany zarządzania ryzykiem powodziowym oraz plany utrzymania wód.

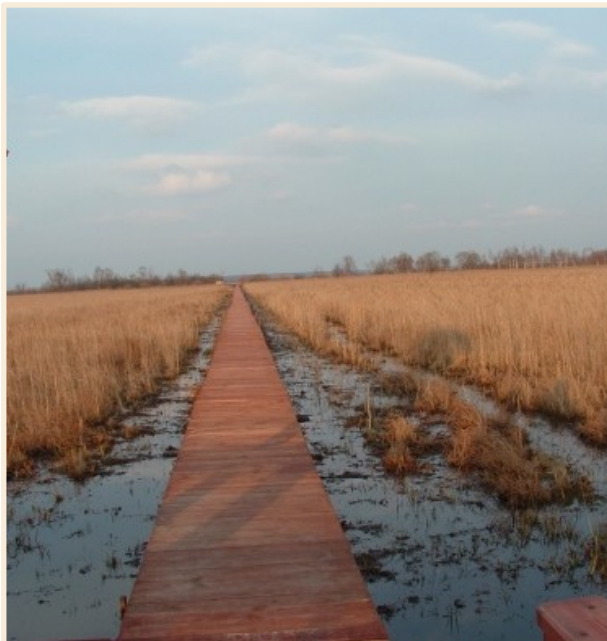
Plany gospodarki wodnej opracowane w 2008 roku nie zostały zaaprobowane przez Komisję Europejską, głównie z powodu braku wyraźnego odniesienia do kwestii środowiskowych. Te plany odzwierciedlają istniejący stan gospodarki wodnej i zostały uzupełnione o szczegółowe informacje o spodziewanych inwestycjach w różnych jednolitych częściach wód.

W większości przypadków plany te, kiedy odnoszą się do działań nie inwestycyjnych, zawierają jedynie bardzo ogólne stwierdzenia, które zazwyczaj są bardzo poprawnymi stwierdzeniami, ale rzadko realizowanymi. Brakuje natomiast propozycji działań w zakresie małej retencji. W 2014 roku opracowano Master Plany, które są tymczasowymi dokumentami zastępującymi plany gospodarki

wodnej. W tych dokumentach nie bierze się pod uwagę nietechnicznych środków retencjonowania wody. Skupia się w nich uwagę głównie na działalności inwestycyjnej, takiej jak budowa, przebudowa i modernizacja urządzeń wodnych.

Bardziej szczegółowe plany zarządzania ryzykiem powodziowym przygotowano dla basenu górnej i środkowej Wisły. W planie dla górnej Wisły uwzględnia się budowę małych zbiorników na terenach górskich. Komisja Europejska nie zaakceptowała tego planu. Przeciwnie, prace nad planem przeciwpowodziowym dla środkowej Wisły zostały wstrzymane do czasu zakończenia i uzyskania aprobaty dla Master Planu. Wiele miejsca poświęcono małej retencji w ogólnym opisie działań w „programie bezpieczeństwa powodziowego”. To świadczy o jej znaczeniu. Przeprowadzono teoretyczne analizy hydrologicznych konsekwencji likwidacji wałów przeciwpowodziowych wzdłuż Wisły oraz budowania polderów (zalanie chronionych dolin wykorzystywanych jedynie rolniczo). Analizowano również możliwość wykorzystania istniejących rolniczych systemów odwadniających do ograniczania powodzi. Brak jednak wyraźnych wskazań, jak działania małej retencji będą realizowane w praktyce. W programie dokonano przeglądu kilku tysięcy obiektów i urządzeń, które zgłaszane są do realizacji w nadchodzących latach – istnieją propozycje dla małych zbiorników o pojemności od kilku tysięcy do dwóch milionów m³. Wskazuje się także kilka obiektów odwadniających na glebach organicznych, które powinny być zmodernizowane i zaadaptowane do przyjęcia wód roztopowych.

Jedynymi dokumentami planistycznymi poświęconymi sprawom małej retencji są wojewódzkie programy rozwoju małej retencji. Zostały one do pewnego stopnia wdrożone, ale koncentrują się głównie na takich inwestycjach jak małe zbiorniki wodne, w tym stawy rybne, piętrzenie wody w jeziorach (retencja zbiornikowa) i budowa zapór na strumieniach. Programy te mają jednak stosunkowo niski status, mimo to, można je uznać za początek drogi do wprowadzenia w życie idei naturalnej retencji wody.



W fazie końcowego opracowywania obecnie znajdują się aktualizacje planów gospodarowania zasobami wodnymi i plany zarządzania ryzykiem powodziowym. Problematyka małej retencji rozumianej zgodnie z prezentowaną definicją jest uwzględniana w niewielkim stopniu.

Mała retencja na Słowacji. Doświadczenie Słowacji w odniesieniu do wdrażania małej retencji jest raczej marginesowe. Sporządzono wytyczne na poziomie krajowym, ale dotychczas nie doszło do ich realizacji. Można jednak poczynić pewne wstępne uwagi.

- Problemy z gospodarką wodną występują nie tylko w rolnictwie, ale we wszystkich zlewniach, w których warunki odpływu wody uległy zmianie w ciągu ostatnich 20 lat i w których w efekcie nadmiernego odwadniania zwiększyła się zmienność przepływu wody.
- Lokalne zmiany klimatu wywołane są globalnymi zmianami. Choć były przedmiotem troski także w przeszłości, wyzwania te wymagają obecnie pilnych nakładów inwestycyjnych.
- Głównym problemem związanym z retencją wody jest pogodzenie jej z istniejącym stanem prawnym i stosowanie odpowiednich proekologicznych rozwiązań technicznych. Prawidłowa realizacja małej retencji wymaga rozległej wiedzy z zakresu hydrologii, gospodarki wodnej i nauk o środowisku. Istnieje obecnie wiele przykładów wdrożeń, które nie przyniosły oczekiwanych skutków, ponieważ zabrakło odpowiedniej wiedzy. Na przykład tworzenie zielonych obszarów nie oznacza automatycznie, że przepływ wody w rzece będzie ustalony w ciągu całego roku i że nastąpi wyraźny rozwój naturalnej fauny w zbiornikach wodnych.

Siły polityczne i społeczne kierują gospodarką wodną, która z kolei wywiera wpływ na krajobraz. Zaangażowani uczestnicy mają odmienne interesy, co jest źródłem potencjalnych konfliktów.

Doświadczenie węgierskie w zakresie małej retencji wodnej. O małej retencji wodnej traktowała pierwsza wersja „Planu Zarządzania Zlewnią” w rozdziale poświęcony działaniom. W drugiej wersji planu przewiduje się jednak szersze zastosowanie działań na rzecz naturalnej retencji wody. W programy te włączono działania na rzecz naturalnej małej retencji wody realizując postulaty zgłoszone przez Ministerstwo Spraw Wewnętrznych, które jest odpowiedzialne za gospodarkę wodną na poziomie krajowym.

Tradycyjny system zarządzania odpływem wody musiał ulec zmianie, aby umożliwić szersze działania na rzecz naturalnej retencji wody. Doprowadziło to do stworzenia „Krajowej Strategii Wodnej”. W strategii kładzie się nacisk na niektóre działania na rzecz retencji wody jako sposób na łagodzenie problemów gospodarki wodnej w warunkach zmian klimatycznych. W ramach operacyjnych programów tej strategii zaplanowano szereg prac i działań, szczególnie w odniesieniu do zintegrowanego zarządzania ekstremalnymi zjawiskami hydrologicznymi przez przetrzymywanie wód powodziowych, aby mieć do nich dostęp w okresach suszy.

Celem „Krajowej Strategii Wodnej” jest nie tylko zaspokojenie potrzeb rolnictwa na wodę (np. nawodnienia), ale także innych potrzeb, w tym zapewnienie usług środowiskowych. Główne zamierzenia skupiają się na:

- wzmacnianiu działań na rzecz naturalnej retencji wodnej poprzez budowę nowych zbiorników;
- utrzymaniu wody w korycie rzeki (retencja korytowa);
- zwiększaniu pojemności retencyjnej gleb;
- zachętach do wprowadzania stosownych działań agrotechnicznych;
- modyfikowaniu systemów użytkowania ziemi.

Wszystkie te środki zostaną wzięte pod uwagę w drugim węgierskim planie zarządzania zlewnią.

Budowle wodne w Słowenii. W Słowenii zrealizowano w ciągu ostatnich dziesięciu lat niemal sto inwestycji związanych z retencją wody i z poprawą struktury bilansu wodnego. Podstawowym celem ekonomicznym tych inwestycji jest ograniczenie niepożądanych skutków susz i powodzi. W związku z warunkami klimatycznymi i z charakterem krajobrazu zwrócono szczególną uwagę na inwestycje powiązane z ochroną przeciwpowodziową.

Terminu „mała retencja” w Słowenii nie używa się. Mała retencja nie była częścią pierwszego słoweńskiego planu zarządzania zlewnią. Dotychczas podjęto stosunkowo niewiele działań nietechnicznych zmierzających do ograniczenia negatywnych skutków susz i powodzi. Szereg inwestycji obejmuje jednak takie działania, które mogą być zdefiniowane jako mała retencja.

Wszystkie kraje europejskie doświadczają podobnych problemów z wdrażaniem naturalnej małej retencji wodnej. Dokumenty odnoszące się do polityki wodnej, zarówno europejskiej jak i krajowej, akceptują małą retencję jako najbardziej odpowiednią metodę zwiększania retencji w zlewniach rzecznych, która może doprowadzić do poprawy bilansu wodnego oraz ograniczyć ryzyko powodzi i suszy. Ponadto działania małej retencji zwiększają różnorodność biologiczną obszarów wiejskich i miejskich. Ograniczają one także w dużym stopniu rozprzestrzenianie się zanieczyszczeń, szczególnie pochodzących z produkcji rolniczej. Wdrażanie tych zasad napotyka na opór. Spowodowany jest nie tylko brakiem świadomości, ale głównie faktem, że działania na rzecz retencji winny być wdrażane równocześnie w wielu różnych sektorach gospodarki. I chociaż dotyczy to polityki międzysektorowej, obszary rolnicze mają szczególne znaczenie z powodów przedstawionych powyżej. Ważną rolę w kształtowaniu i tworzeniu małej retencji odgrywają plany zagospodarowania przestrzennego, np. przez ograniczanie zabudowy miejskiej w dolinach rzecznych.

Istotne jest, aby w dokumentach takich jak plany gospodarowania wodami, plany zarządzania ryzykiem powodziowym czy plany przeciwdziałania suszy znalazły się wyraźne stwierdzenia bazujące na konkretnych dowodach. Wdrażanie właściwych działań na rzecz retencji wody powinno być poparte odpowiednimi rozporządzeniami i pomocą finansową dla podejmujących prawidłowe działania w celu wspomagania inicjatyw społecznych. Takie dokumenty same w sobie nie są jednak wystarczające. Ważne jest wprowadzenie ram prawnych i zwiększanie świadomości społecznej przez szkolenia. Działania zwiększające świadomość społeczną, najlepiej współpodejmowane przez sektor publiczny i prywatny, powinny być powiązane ze Światowym Dniem Wody (22 marca).

Najważniejszym działaniem powinno być jednak motywowanie właścicieli gruntów do wdrażania działań na rzecz retencji wody. Do ich wdrażania powinno się zachęcać poprzez wsparcie finansowe i prawne. Na przykład rolnik, który planuje budowę małego zbiornika wodnego nie powinien podlegać złożonym procedurom w celu uzyskania pozwolenia budowlanego i środowiskowego. Obecnie wielu rolników powstrzymuje się od podejmowania takich działań z powodu skomplikowanych przepisów.



6. Przykłady realizacji małej retencji wodnej

Mała retencja nie jest novum. W planach małej retencji uzasadnia się konieczność jej realizacji poprawą bilansu wodnego, ale inwestycje mają zazwyczaj inne cele, a poprawa bilansu wodnego jest w nich efektem ubocznym. Na przykład rolnik, który poprawia strukturę gleby, aby uzyskać większy plon przyczynia się często do zwiększenia dostawy wody dla roślin ograniczając przy tym ryzyko powodzi. Podobnie projekty rekultywacji podmokłych ekosystemów mogą mieć pozytywny wpływ na zasoby wodne na danym obszarze, choć bezpośrednim celem projektu jest ochrona mokradeł.

Zintegrowane podejście do gospodarki wodnej jest kombinacją wielu różnych działań podejmowanych w celach ekonomicznych lub przyrodniczych. Dzięki temu, ich powszechne podejmowanie tych działań znacząco wpływa na zasoby wodne i ich dystrybucję. Dużym walorem małej retencji jest szeroki zakres możliwych do wykorzystania metod mieszczących się w ramach różnych resortowych polityk Państwa – od planowania, przez działalność rolniczą, po realizację małych budowli wodnych. Inną zaletą działań na rzecz małej retencji jest dodatni wpływ na warunki środowiskowe. Działania te zwiększają różnorodność biologiczną zarówno w krajobrazie wiejskim, jak i miejskim oraz ograniczają rozprzestrzenianie się zanieczyszczeń.



Opracowano i szczegółowo przeanalizowano po kilka przykładów zrealizowanych inwestycji w zakresie małej retencji. Szczegółowo opisano te przypadki, załączając odpowiednie zestawy map i fotografii. Jest to bardzo cenny materiał, który obecnie osiągalny jest jedynie w języku angielskim i w formie elektronicznej. W niniejszym opracowaniu przedstawiono jedynie ogólny opis rozpatrywanych przykładów (tab. 5) w celu zobrazowania działań podejmowanych w czterech krajach: Polska, Słowenia, Słowacja i Węgry. W większości przypadków wdrażanie małej retencji było raczej konsekwencją potrzeby ochrony środowiska naturalnego niż potrzebą przywracania zniszczonych zasobów wodnych. Często pojęcie „mała retencja” lub „działania na rzecz naturalnej retencji wody” w rozpatrywanych projektach nie były nawet używane. Tutaj przedstawiono podsumowanie opisanych przykładowych rozwiązań, ale wszystkie przykłady opisane są szczegółowo w załączniku „Wybrane przykłady działań na rzecz małej retencji wodnej”.

Należy podkreślić, że przykłady małej retencji wymienione i dyskutowane w tym miejscu nie wyczerpują wszystkich możliwych form działań na rzecz retencji. Ilustrują one głównie działania techniczne. Podsumowanie omawianych przykładów szczegółowych, cel ich budowy i uzyskane wyniki podano w tabeli 5.

Tabela 5. Zestawienie przykładowych działań dla zwiększenia pojemności retencyjnej zlewni

Nr	Nazwa	Charakterystyka prac
Polska		
1	Program małej retencji wodnej	Program jest wdrażany na terenie całego kraju. Obejmuje budowę małych zbiorników, piętrzenie na ciekach, podpiętrzanie wody w jeziorach, budowę stawów rybnych, przebudowę systemów odwadniających w dolinach rzecznych. Szacuje się, że średni roczny przyrost retencji wynosi około 15 milionów m ³ .
2	Mała retencja wodna w Nadleśnictwie Garwolin	W Nadleśnictwie Garwolin zbudowano 50 małych zbiorników wodnych i odtworzono 32 ha odwodnionych mokradeł. Szacowany przyrost retencji wodnej wynosi około 0,5 miliona m ³ . Zastosowane środki przyczyniły się do zwiększenia różnorodności biologicznej.
3	Zbiornik wodny Czyżew	W 2014 roku zbudowano zbiornik przeciwpowodziowy i rekreacyjny o powierzchni 2,45 ha i pojemności 40 tys. m ³ . Widoczne jest zwiększenie liczby ptaków.
4	Zbiornik wodny Zgorzała na terenach miejskich	Odtworzenie małego wyschniętego jeziora. Zbiornik zasilany jest wodami z terenów zurbanizowanych i zasila naturalną rzekę. Czasę zbiornika ukształtowano w celu zwiększenia skuteczności procesu oczyszczania wody deszczowej.
Słowenia		
5	Krasowy staw we wsi Goce	Rekonstrukcja wyschniętego stawu w ramach projektu „1001 stawów krasowych, 1001 historii życia”. Zaobserwowano zwiększenie różnorodności biologicznej.
6	Rekultywacja glinianki we wsi Rence	Przebudowa zbiornika powstałego w wyniku eksploatacji gliny. Zbiornik jest wartościowy jako siedlisko wielu gatunków ptaków.
7	Wielofunkcyjny system fitoremediacji	System składa się ze sztucznie meandrującego odcinka strumienia, który pełni rolę zbiornika retencyjnego i oczyszczalni wód dopływających, rozszerzając zakres usług ekosystemu.
Słowacja		
8	Rekonstrukcja górskiego jazu HB Klauzy	Rekonstrukcja zniszczonego w 2010 roku jazu w parku narodowym. Celem rekonstrukcji była ochrona przeciwpowodziowa i poprawa stosunków wodnych dla dobra lokalnej flory i fauny.
9	Obszar ochrony przeciwpowodziowej – polder Klatova Nova Ves	Budowę polderu podjęto w celu ograniczenia ryzyka powodzi. Polder zmniejsza maksymalne natężenie przepływu o 85%.
10	Podspady – Obszar ochronny Bor – naturalna retencja wody przez żeremia bobrowe	Bobry budują tamy piętrząc wodę na obszarach cennych przyrodniczo. Ich działalność poprawia bilans wodny z korzyścią dla lokalnej flory i fauny. Stwierdzono wyraźne zwiększenie różnorodności biologicznej.
11	Działania na rzecz małej retencji wodnej w wąwozie Haluzice	Metody działań techniczne i nietechniczne. Głównym celem działań jest ochrona przed powodzią i erozją. Zaobserwowano wyraźne ograniczenie procesów erozyjnych
Węgry		
12	Ochrona bagien (marszy) w Egyek-Pusztakócs	Działania obejmowały duże obszary wcześniej odwodnionych bagien (marszy) w Narodowym Parku Hortobágy. Oczekuje się, że przeprowadzone prace ograniczą występowanie okresowych powodzi oraz zwiększą biologiczną różnorodność.
13	Infrastruktura wodna, w tym mała retencja wspiera gospodarkę wodną i zagospodarowanie ziemi	Działania obejmują wiele inwestycji na rzecz poprawy gospodarki wodnej w dolinie rzeki Tisza. Prace mają wzmocnić ochronę przeciwpowodziową dzięki zredukowaniu fali powodziowej o 1 m. Zostanie zbudowany system monitoringu i zmieni się sposób użytkowania gruntów.
14	Kompleksowa retencja wody w systemie jeziornym Nagyszéksós	Retencjonowanie wody połączone z ochroną jakości wody w jeziorze. Odtwarzanie mokradeł połączone z wykorzystaniem oczyszczonych ścieków do nawodnień.

Opisane przypadki szczegółowe małej retencji można podzielić na następujące grupy:

I. Działania o zasięgu krajowym. Tylko jeden projekt – „Krajowy Program Małej Retencji w Polsce” mieści się w tej grupie. Projekt obejmuje głównie działania techniczne, takie jak budowa zbiorników wodnych, piętrzenie wody w rzekach i jeziorach. Słabą stroną projektu jest nie uwzględnienie w szerszym stopniu działań nietechnicznych. Problem poprawy retencyjności z wykorzystaniem naturalnych środków był w kilku wojewódzkich programach poruszany, ale nie doczekał się rozwiązań praktycznych. Ponadto program ten nie miał osłony finansowej. Dlatego, możliwość pozyskania środków finansowych, a nie potrzeby wodne decydowały o tym, który z projektów będzie wdrażany. Szacuje się, że jedynie 30% planowanych działań zostało zrealizowane.

II. Działania regionalne. Ta grupa obejmuje dwa przykłady węgierskie dotyczące ochrony i renaturyzacji dużych, cennych przyrodniczo obszarów podmokłych poprzez poprawę gospodarki wodnej, w tym ochrony przeciwpowodziowej w zlewni rzeki Tisza. Zaplanowano wiele rozmaitych działań, by spowodować okresowe zalewy terenów (marsz Egyek-Pusztakócs), przywrócić i chronić wcześniej istniejące warunki wodne oraz chronić zasoby wodne w dużej zlewni rzeki Tisza.



Działania regionalne obejmują przykład rozwoju małej retencji na obszarze Nadleśnictwa Garwolin. Tylko w tym jednym nadleśnictwie zbudowano pięćdziesiąt małych zbiorników wodnych. Małą retencję na obszarach leśnych realizowano także w innych regionach Polski. Szerzej zakrojone prace podejmowano w Puszczy Piskiej i w Puszczy Białowieskiej. Polegały one głównie na budowie jazów na małych strumieniach i rowach oraz na odtwarzaniu odwodnionych wcześniej torfowisk. W wyniku tych działań nastąpiły duże zmiany roślinności. Zaobserwowano wypadanie niektórych gatunków drzew (np. sosny) i ich zastępowanie przez roślinność bagienną. Podjęto próbę oceny objętości zatrzymywanej wody. Oszacowano, że przyrost retencji wynosił średnio 5–10 mm w przeliczeniu na całą powierzchnię zlewni, jednak pomiary hydrometryczne na większych strumieniach nie wykazały istotnych zmian w natężeniu przepływów. Jeśli zachodzą zmiany hydrologiczne, to są one nieistotne w porównaniu z naturalną fluktuacją natężenia przepływu wody.

III. Działania punktowe. Typowe punktowe budowle hydrotechniczne prezentują zbiorniki wodne (Czyżew i Zgorzała), zbudowane w Polsce. Również krasowe stawy czy glinianki w Słowenii lub rekonstrukcję górskiego jazu (Klauzy) ze Słowacji można również sklasyfikować jako obiekty punktowe. W każdym kraju istnieje wiele tego typu budowli wodnych. Są to głównie małe zbiorniki budowane w celu ujęcia wody do nawodnień lub zbiorniki rekreacyjne. Każdy zbiornik służy też celom przeciwpowodziowym. W związku ze stosunkowo niewielką objętością i potrzebą utrzymania stałego

poziomu wody latem (rekreacja) trudno jest jednak oddzielić objętość wody na potrzeby ochrony przeciwpowodziowej lub poboru wody do celów gospodarczych od całkowitej objętości zbiornika.

IV. Inne działania. Oprócz projektów o zasięgu krajowym czy regionalnym zostały opisane trzy bardziej niekonwencjonalne przypadki działań. Pierwszym jest budowa polderu Klatov Nova Ves w Słowacji. Jest to przykład powiązania rolniczego użytkowania ziemi w dolinie rzecznej z wykorzystaniem tej doliny, jako rezerwy przeciwpowodziowej. Metoda kreowania zdolności przetrzymywania wody w celu ograniczenia ryzyka powodzi na obszarach użytkowanych rolniczo w dolinie rzecznej jest, według wielu ekspertów, optymalną metodą ze środowiskowego punktu widzenia poprawy bilansu wodnego

Jako przykład małej retencji na Słowacji opisano rewitalizację rzeki poprzez nadanie jej formy rzeki meandrującej. Celem tego projektu była poprawa jakości wody, zwiększenie różnorodności biologicznej i retencji wody. W tym kraju obserwowano i analizowano wpływ działalności bobrów na warunki wodne. Choć aktywność bobrów może przynosić w pewnych miejscach niekorzystny wpływ na rolnictwo, to na obszarach nieużytkowanych rolniczo działalność tych zwierząt można uznać za korzystną dla gospodarki wodnej. Należy jednak pamiętać, że nie jest to rozwiązanie na dłuższy okres, ponieważ bobry nieuchronnie po jakimś czasie opuszczają siedlisko w poszukiwaniu nowych terenów.



Podsumowując należy podkreślić, że badane przypadki poprawiły warunki życia dziko żyjącej flory i fauny i zwiększyły różnorodność biologiczną ekosystemów lądowych i wodnych. Wdrażane działania przyczyniły się w pewnym stopniu do ograniczenia niekorzystnych skutków powodzi i susz, choć trudno przedstawić liczbowo zakres tego oddziaływania. Wpływ na obieg wody będzie widoczny po wdrożeniu większej liczby działań na rzecz małej retencji wodnej.

7. Podsumowanie

Działalność człowieka, taka jak budowanie systemów drenarskich, uszczelnianie powierzchni terenu wskutek zabudowy miejskiej, regulacja rzek i zmiany sposobu użytkowania ziemi przyczyniła się do zmiany obiegu wody, co skutkuje zwiększoną częstotliwością występowania ekstremalnych zjawisk pogodowych – susz i powodzi. Poza szkodami wyrządzonymi człowiekowi, przyśpieszenie obiegu wody wywiera ujemny wpływ na środowisko i zwiększa zanieczyszczenie wód powierzchniowych i podziemnych. Należy przy tym stwierdzić, że oprócz działalności człowieka, również zmiany klimatu mogą pogorszyć sytuację w tym zakresie.

Biorąc powyższe pod uwagę, wydaje się oczywiste, że gospodarka wodna powinna zmierzać do zwiększania naturalnej pojemności retencyjnej zlewni rzecznych tworząc warunki do przetrzymania (retencji) wody deszczowej i śniegu w zlewni oraz do spowalniania odpływu wody do rzek i zbiorników wodnych. Do osiągnięcia tego celu można zastosować wiele technicznych i nietechnicznych metod. Te działania zwane są „działaniami na rzecz naturalnej małej retencji wodnej” lub krócej „małą retencją” w przeciwieństwie do działań inżynierii wodnej skupionej na budowie dużych wielofunkcyjnych zbiorników, kanałów i obwałowań. Mała retencja obejmuje właściwe planowanie obszarów rolniczych i leśnych, włączając w to wdrażanie odpowiednich technologii rolniczych, tworzenie obiektów retencji wody na terenach wiejskich i miejskich oraz modernizację istniejących systemów melioracyjnych.

Uważa się, że wszystkie działania małej retencji wywierają dodatni wpływ na zasoby wodne poprzez ograniczanie skutków susz i powodzi, a ponadto tworzą sprzyjające warunki dla funkcjonowania środowiska naturalnego i rozwoju różnorodności biologicznej. Ponadto przyczyniają się one do ograniczania rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń, szczególnie obszarowych i rozproszonych wytwarzanych w rolnictwie.

Na podstawie publikowanej literatury (Juszczak i in. 2007; Burek i in., 2012; Acreman i Holden, 2013; Marcinkowski i in., 2013; Mioduszewski i in., 2014) dokonano oceny wpływ różnych działań małej retencji na środowisko (tab. 6). Oceniano wpływ wybranych działań szczegółowych na wody powierzchniowe i podziemne oraz na potencjalną retencję glebową. Ponadto oceniono wpływ wybranych działań małej retencji na krajobraz, różnorodność biologiczną i ochronę jakości wody. Choć wszystkie analizowane wyżej przykładowe projekty mają niewielki zasięg i głównie pozytywny skutek, należy stwierdzić, że czasami mogą zdarzać się przypadki negatywnego oddziaływania urządzeń małej retencji na niektóre elementy środowiska przyrodniczego.

Ocena wpływu różnych szczegółowych działań małej retencji na zasoby wodne i środowisko została dokonana w czterostopniowej skali, jak to pokazano w tabeli 6.



Tabela 6. Ocena wpływu wbranych działań małej retencji na zasoby wodne i środowisko

Działanie	Wpływ na:						Zagrożenia
	wody powierzchniowe	retencja glebowa	wody podziemne	krajobraz	różnorodność biologiczną	jakość wody	
Zalesianie gruntów rolnych (gleby słabo przepuszczalne, tereny pagórkowate, występowanie powodzi roztopowych)	++	+/-	+/-	+++	+++	++	ustępowanie pewnych roślin (chwastów)
Zalesianie gruntów rolnych (gleby przepuszczalne – piaski, występowanie powodzi roztopowych)	+	+/-	+/-	++	+++	++	zmniejszone zasilanie podziemnych warstw wodonośnych
Zalesienia śródpolne (ograniczanie erozji wietrznej)	+	++	+	+++	+++	+	wprowadzanie gatunków obcych
Agrotechnika (poprawa struktury gleby) – gleby słabo przepuszczalne	++	+++	++	+	+	++	nadmierna intensyfikacja rolnictwa
Agrotechnika (poprawa struktury gleby) – gleby przepuszczalne	+++	+++	++	+	+	++	zmniejszone zasilanie podziemnych warstw wodonośnych
Agrotechnika – gromadzenie wody na polach uprawnych (małe rowy, niskie grobelki na skraju pól)	+++	+++	+++	+/-	++	+++	zmniejszenie częstotliwości występowania zalewów wiosennych w łęgowych dolinach rzecznych
Strefy buforowe wzdłuż cieków i zbiorniki wodne (gleby słabo przepuszczalne, teren pagórkowaty)	+	+	+	++	++	+++	zmniejszenie powierzchni użytków zielonych i pól ornych
Regulowany odpływ z systemów drenarskich	+	++	+++	+	+	+++	możliwość wystąpienia nadmiernego uwilgotnienia gleby, wystąpienie procesów redukcji
Aktywna gospodarka wodna w systemie drenarskim (doliny rzeczne)	+++	+++	+	+	+	+	intensyfikacja rolnictwa
Budowa mikrozbiorników na rowach	+++	++	++	++	+++	++	nadmierna wilgotność pól ornych
Zbiorniki infiltracyjne i rowy	+	+	+++	+	+	++	zanieczyszczenie wód podziemnych
Zbiorniki suche/poldery (doliny rzeczne użytkowane rolniczo)	+++	++	+	+	++	+	okresowe zniszczenie plonów, nadmierna wilgotność/przesuszenie
Budowa zbiorników na odpływie z systemów drenarskich	++	+	+	++	++	+++	utrata powierzchni użytków rolnych
Odbudowa zanikających zakoli, budowa kopanych Zbiorników w dolinie rzecznej(zatrzymanie wody podczas wysokich wiosennych przepływów)	++	+	++	++	++	+	utrata terenów użytkowanych rolniczo
Budowa małych (zaporowych) zbiorników na rzekach	+++	++	++	+	++	++	zniszczenie cennych ekosystemów, problemy z migracją ryb
Zbiorniki kopane w lokalnych obniżeniach terenu	+	++	+	+	++	+	zniszczenie cennych ekosystemów
Odbudowa małych stawów)	++	++	+	++	+++	+++	zmiana ekosystemu na mniej wartościowy
Odtwarzanie cieku wodnego (meandrowanie)	+++	++	+	+++	+++	++	zalewanie obszarów rolniczych
Rekultywacja terenów bagiennych, olsów i torfowisk	+++	+++	++	+++	+++	++	nadmierne ograniczenie zasilania cieków wodnych
Zabiegi przeciwerozyjne (różne)	++	+	++	++	++	++	zmiany w ekosystemach

Skala: +++ znaczący wpływ, ++ umiarkowany wpływ, + niewielki wpływ, +/- wpływ ujemny lub brak efektu

Ogromna różnorodność działań małej retencji, z których każde realizowane jest na rzecz do innego sektora gospodarczego (rolnictwo, gospodarka miejska, środowisko naturalne, transport) sprawia, że wdrożenie ich jest poważnym wyzwaniem. Istnieją przykłady planów, które zostały opracowane, ale nie wdrożono ich. Istnieje także wiele przykładów projektów, których cel był inny, jednak ich realizacja zwiększyła pojemność retencyjną obszaru zlewni.

Programy rozwoju małej retencji wodnej muszą być włączone w szersze strategie rozwoju kraju. Działania na rzecz małej retencji powinny być uwzględnione między innymi w:

- planach przestrzennego zagospodarowania, zarówno lokalnych jak i ogólnych;
- planach gospodarowania wodami, wdrażanych na podstawie Ramowej Dyrektywy Wodnej, planach zarządzania ryzykiem powodziowym i planach przeciwdziałania skutkom suszy;
- planach Wspólnej Polityki Rolnej, szczególnie w programach rolno-środowiskowych;
- strategiach ochrony środowiska, włączając obszary chronione Natura 2000 ze szczególnym uwzględnieniem ekosystemów podmokłych;
- planach modernizacji systemów nawadniająco-odwadniających (jeśli takie są opracowywane) w zakresie, w jakim dotyczą retencji wód roztopowych.

Ze względu na znaczne zróżnicowanie działań na rzecz małej retencji wodnej, planowanie tych środków powinno być elastyczne i przystosowane do lokalnych warunków. Niezbędne jest jednak utworzenie prawnych i administracyjnych form zarządzania gospodarką wodną. Do szczególnie pilnych zadań można zaliczyć:

- zmiany legislacyjne konieczne dla uproszczenia planowania i projektowania działań technicznych małej retencji (np. uproszczenie procedur uzyskiwania pozwoleń na budowę zbiorników do retencjonowania wód drenarskich);
- zapewnienie niezbędnego wsparcia (technicznego i organizacyjnego) ze strony państwa dla małych inwestorów (rolników), np. przygotowanie projektu oraz pozyskanie formalnych pozwoleń;
- ustalenie rozmiaru i zakresu wsparcia finansowego oraz warunków jego przyznawania w zależności od rodzaju planowanego działania;
- identyfikacja instytucji odpowiedzialnych za prowadzenie szkoleń oraz dostarczanie informacji w zakresie małej retencji – odnosi się to do włączenia zagadnień małej retencji do obowiązków instytucji odpowiedzialnych za doradztwo rolnicze lub organizacji odpowiedzialnych za gospodarowanie wodą do celów rolniczych.

Strategia wdrażania małej retencji powinna obejmować głównie stymulowanie osób i instytucji do podejmowane działań zwiększających zdolności retencyjne ich otoczenia. Celowym jest, aby strategia rozwoju małej retencji obejmowała:

- decyzje polityczne dotyczące potrzeb i zakresu działań, które będą wspierane przez instytucje rządowe i administrację publiczną;
- przeznaczenie środków finansowych i ustanowienie koordynatora odpowiedzialnego za wdrożenie programu;

- przygotowanie i rozpowszechnienie materiałów informacyjnych o korzyściach płynących z małej retencji i oczekiwanym zakresie wsparcia, jakie może być zapewnione (wsparcia rzeczowego, prawnego i finansowego);
- ogłoszenie zaproszenia do składania propozycji działań w zakresie małej retencji, przyjęcie propozycji wdrażania małej retencji, ocena merytoryczna aplikacji w sensie wykonalności programu i ocena znaczenia propozycji dla zasobów wodnych;
- techniczna i rzeczowa pomoc w projektowaniu i wdrażaniu inwestycji (zadania, program, wsparcie prawne).

Należy podkreślić, że wdrażanie małej retencji wodnej wymaga wsparcia finansowego. Ponadto powinna zostać zapewniona pomoc prawna małym inwestorom ubiegającym się o pozwolenia niezbędne do podjęcia planowanych robót.



Bibliografia

- Acreman, M. and Holden J. 2013. How wetlands affect floods. *Wetlands*, 33 (5): 773 -786.
- Acteon Environment. Research and Consultancy, 2012. Gap analysis of the water scarcity and droughts policy in the EU.
- Ángyán J., Tardy J. and Vajnáné M.A. (eds.) 2003. Introduction to farming practices in protected and sensitive natural areas (in Hungarian). *Mezőgazda Kiadó*, Budapest.
- Arnold, J.G., Srinivasan, R., Muttiah, R.S. and Williams, J.R. 1998. Large area hydrologic modeling and assessment. Part I: Model development. *J. Am. Water Resour. Assoc.* 34 (1): 126 - 134
- Avery L.M. 2012. Rural sustainable drainage systems. Environmental Agency. Bristol.
- Bahri A. 2012. Integrated urban water management. Global Water Partnership. Technical Committed (TEC). Background Papers No. 16.
- Borchers T. 2014. Linkages between NWRM and relevant EU directives/policies. 2nd Regional Workshop (Western Network), 1-2 July 2014, Strasburg. <http://www.nwrm.eu>. Accessed October 2014.
- Brown L.R. 2002. Water deficits growing in many countries. Water shortage may cause food shortages. www.greatlakesdirectory.org. Accessed February 2013.

- Burek P. and Mubareka S. 2012. Evaluation of effectiveness of natural water retention measures. JRC Scientific and Policy Reports. Support to the EU Blueprint to Safeguard Europe's Waters. EU Commission Brussels.
- Burek P., Mubareka S., Rojas R., Roo A., Bianchi A., Baranzelli C., Lavallo C. and Vandecasteele I. 2012. Evaluation of the effectiveness of Natural Water Retention Measures. Joint Research Centre scientific and policy reports.
- Cambridge University, 2012. Managing the risk of extreme events and disasters to advance climate change adaptation. Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge.
- Chang M. 2006. Forest hydrology: an introduction to water and forest. Taylor and Francis. London
- Chapagain A.K. and Hoekstra A.Y. 2004. Water footprints of nations. Main Report. Vol. 1. UNESCO-IHE, Delft, the Netherlands,
- Commission of the EU Communities, 2007. Communication from the Commission to the European Parliament and the Council – Addressing the challenge of water scarcity and droughts in the European Union. Summary of the impact Assessment. COM (2007) 414.
- COPA European farmers, 2013. Water and agriculture under a changing climate. Brussels.
- Dourte, D.R., S. Shukla, D.Z. Haman, M.D. Reddy, M.U. Devi and Mani A. 2013. Agricultural management impacts on groundwater: Simulations of existing and alternative management options in Peninsular India. Hydrological Processes. Vol. XXVI/3:342 – 349
- Eotvos Józef College, 1997. Land use with the aim of supporting the study on the revitalization of Szeremle oxbow. TEMPUS ICER Mađarsko. Baja.
- EU Commission, 2011. Third Follow up Report to the Communication on water scarcity and droughts in the European Union. COM (2011) 133 final.
- EU Commission, 2012a. A Blueprint of Safeguard Europe's Water Resources. Commission Staff Working Document. 1/2 and 2/2, SWD (2012) 382 final. Brussels.
- EU Commission, 2012b. Communication Report on the review of the water scarcity and drought policy in the EU. Accompanying the document. SWD 380 final. Brussels.
- EU Commission, 2012c. LIFE's Blueprint for water resources, 44
- EU Commission, 2012d. Report from the Commission to the European Parliament and the Council on the Implementation of the Water Framework Directive (2000/60/EC) River Basin Management Plans. COM/2012/0670 final.
- EU Commission, 2014. EU Policy document on Natural Water Retention Measures. Technical Report - 2014 - 082.
- European Environment Agency, 2009. Water resources across Europe – confronting water scarcity and drought. EEA Report nr 2.
- European water archive, 2012. <http://www.bafg.de/>. Accessed December 2012

- FAO/IIASA/ISRIC/ISS-CAS/JRC, 2008. Harmonized World Soil Database (version 1.0). Luxemburg, Austria.
- Federal Ministry for Environment. Nature Conservation and Nuclear Safety, 2007. Time to Adapt – Climate Change and the European Water Dimension. Berlin.
- Gutry-Korycka M., Nowicka B. and Soczyńska U. (red.), 2003. Rola zdolności retencyjnej zlewni w kształtowaniu przepływów powodziowych. Uniwersytet Warszawski.
- Heeb A. 2011. Constructed wetlands and flood control. Baltic Compass. Stockholm Environment Institute.
- Holsten B., Ochsner S., Schäfer A. and Trapel M. 2011. Guidelines for the reduction of nutrient discharges from drained agricultural land. Institute for Ecosystem Research. Christian-Albrechts University. Kiel.
- Ilnicki P., Farat R., Górecki K. and Lewandowski P. 2013. Mit stepowienia Wielkopolski w świetle wieloletnich badań bilansowych. Uniwersytet Przyrodniczy Poznań.
- International Food Policy Research Institute, 2002. Sustainable Food Security for All by 2020. Proceedings of an International Conference, Bonn, Germany 2001. Washington.
- Jarvis A., H.I. Reuter, A. Nelson, and E. Guevara, 2008, Hole-filled seamless SRTM data V4, International Centre for Tropical Agriculture (CIAT). <http://srtm.csi.cgiar.org>. Accessed March 2014
- Juszczak R., Kędziora A. and Olejnik J. 2007. Assessment of water retention capacity of small ponds in Wysokość agricultural-forest catchment in Western Poland. Polish J. of Environ. Stud. 16(5): 685-695
- Kędziora A., 2006. Kształtowanie przestrzeni rolniczej dla zrównoważonego gospodarowania wodą. Konferencja Naukowa, Wrocław. www.kee.ae.wroc.pl. Accessed April 2014
- Kowalczak P., Farat R. and Kępińska-Kasprzak M. 1997. Hierarchia potrzeb małej retencji. Materiały Badawcze IMGW. Seria: Gospodarka wodna i ochrona wód, 19. Warszawa
- Kowalewski Z. 2007. Action for small water retention in Poland. Journal of Water and Land Development 12: 155–167.
- Kozák L. (ed.) 2012. Nature protection habitat management (in Hungarian). Mezőgazda Kiadó, Budapest.
- Kundzewicz Z.W. and Kowalczak P., 2008. Zmiany klimatu i ich konsekwencje. Poznań: Wydaw. Kurpisz S.A.
- Lancaster B. 2010. Rainwater harvesting for drylands and beyond. Rainsource Press. Tucson Arizona.
- LIMNOS, Company for Applied Ecology, 2015.
- Linnerooth-Bayer J., Dubel A., Damurski J., Schröter D. and Sendzimir J. 2013. Climate change mainstreaming in agriculture – Natural Water Retention Measures for flood and drought risk management. European responses to climate changes. www.responsesproject.eu. Accessed May 2013.

- Lukáč, M., Bednárová, M., Gramličková, D., Mosný, V. and Abaffy, D. 1997. Evaluate the impact of real operation selected reservoirs on discharges in rivers II et. Ministry of Environment Slovak Republic. VTP 4/VTP/5/97.
- Marcinkowski P., Piniewski M., Kardel I., Giełczewski M. and Okruszko T. 2013. Modelling of discharge, nitrate and phosphate loads from the Reda catchment to the Puck Lagoon using SWAT. *Annals of Warsaw University of Life Sciences-SGGW Land Reclamation*. 45(2): 125-141.
- Martinez-Martinez E., Nejadhashemi A. P., Woznicki S. A. and Love B. J. 2014. Modelling the hydrological significance of wetland restoration scenarios. *Journal of Environmental Management* 133: 121–134.
- Masih, I., S. Maskey, S. Uhlenbrook, and Smakhtin V. 2011. Impact of upstream changes in rain-fed agriculture on downstream flow in a semi-arid basin. *Publ. Elsevier, Agricultural Water Management*, 100(1): 36–45.
- Meijer E., Querner E. and Boesweld H. 2012. Impact of farm dams on river flows. A case study in the Limpopo Riverbasin, South Africa. *Alterra Report 2394*. Publ. Wageningen University, Wageningen.
- Melbourne Water, 2005. Constructed wetlands system. Design Guidelines for developers. Victoria.
- Mioduszewski W. 1997. Formy małej retencji i warunki jej wdrażania. *Informacje Naukowe i Techniczne* no 1: 12–18.
- Mioduszewski W. 2003. Mała retencja. *Poradnik*. Falenty: Wydaw. IMUZ.
- Mioduszewski W. 2009. Water for agriculture and natural environment. *Journal of Water and Land Development* No 13b.: 123 – 132.
- Mioduszewski W., Okruszko T. 2012. Protection of natural wetlands – the examples of conflicts. *Journal of Water and Land Development* no 16: 34 - 39
- Mioduszewski W., Querner E., Kowalewski Z. 2014. Analysis of the impact of small water retention on water resources in the catchment. *Journal of Water and Land Development*. 22: 67-78.
- Mosný V. 2001. The impact of water reservoirs on water quantity and quality in the Rudava basin. In: *Proc. of the 19th European regional conference: Sustainable use of land and water*. ICID, Brno and Prague, June 2001, CD
- Mosný V. 2004. *Hydrology – Basin morphology and discharges*. Slovak Technical University, Bratislava.
- Mubareka S., Estreguil C., Baranzelli C., Gomes C.R., Lavelle C. and Hofer B. 2013. A land-use-based modelling chain to assess the impacts of Natural Water Retention Measures on Europe's Green Infrastructure. *International Journal of Geographical Information Science*. 27 (9): 33 - 45.
- Murat-Błażejewska S., Kanclerz J. 2008. Wpływ stawów rybnych na rozkład i wielkość odpływu ze zlewni. *Materiały 7. Konferencji Naukowej Akademii Rolniczej*, Poznań p. 127–136.
- New M., Lister D., Hulme M. and Makin I. 2002: A high-resolution data set of surface climate over global land areas. *Climate Research* 21: 1-25

- Okruszko T. 2005. Kryteria hydrologiczne ochrony mokradeł. Pr. Naukowe Monografie. Warszawa, Wydawnictwo SGGW.
- Palat M. Sr., Palat M. Jr. and Prudky. 2013. Modelling natural water retention in the catchment basin of the Opava River during flooding. *Beskydy* 6(2): 109–116.
- Panagos P., Van Liedekerke M., Jones A. and Montanarella L. European Soil Data Centre: Response to European policy support and public data requirements. (2012) *Land Use Policy*, 29 (2): 329-338.
- Pierzgalski E., Tyszka J. and Szymczak T. 2002. Wpływ przyrostu lesistości i retencji zbiornikowej na zmniejszenie wezbrań w potokach górskich. *Czasopismo Techniczne. Inżynieria Środowiska* z. 5 p. 141–151.
- Pusłowska-Tyszewska D., Kardel I., Tyszewski S., Okruszko T. and Chormański J. 2008. Substantial basis of the small water retention program in the Masovian Voivodship . *Infrastruktura i ekologia terenów wiejskich*. Kraków p. 71–84.
- Querner E.P., Jansen P.C., van der Akker J.J.K., Kwakernaak C 2012. Analysing water level strategies to reduce soil subsidence in Dutch peat meadows. *Journal of Hydrology* 446–447: 45 – 60.
- Radczuk L. and Olearczyk D. 2002. Małe zbiorniki wodne elementem poprawy bilansu wodnego w zlewni rolniczej. *Zeszyty Naukowe AR w Krakowie. Inżynieria Środowiska* z. 23: 139–148.
- Rijsberman F.R., 2006. Water scarcity: Fact or fiction. *Agricultural Water Management* 80 (1–3): 5–22.
- Rozemeijer J.C., van der Velde Y., McLaren R.G., van Geer F.C., Broers H.P. and Bierkens M.F.P. 2010. Integrated modelling of groundwater–surface water interactions in a tile-drained agricultural field: The importance of directly measured flow route contributions. *Water Resources Research* 46 (11): 133-156.
- Tyszewski S., Kardel I., Pusłowska-Tyszewska D., Okruszko T., Chormański J. and Michałowski R. 2008. Program małej retencji dla województwa mazowieckiego. Access through <http://www.mazowia.eu/page/index.php?str=639>, Urząd Marszałkowski. Warszawa,
- UK Parliament, 2014. Catchment-Wide Flood Management. Houses of Parliament. POSTNOTE No 484. London.
- UNEP, 2008. Implementation of the water policy and strategy of the United Nations Environment Programme. UNEP/GC.25/9.
- UNEP, 2014. Green Infrastructure. Guide for Water Management.
- UNESCO, 2006. Human Development Report. Genewa.
- UNESCO, 2012. Managing Water under Uncertainty and Risk 2012. The United Nations World Water Development Report 4.
- WaterCoRe, 2014. Good practices guide. INTERREG IVC project on water scarcity and drought. <http://www.watercore.eu>. Accessed December 2014.



Rozległe płaskie doliny rzeczne charakteryzują się dużym potencjałem retencyjnym. Wezbranie przebiega przy stosunkowo małych przepływach, ale jest długo trwałe.



Ślady tarasów, pozostałości po prowadzonych uprawach, są dobrze widoczne wiosną (Beskid Niski). Widoczne jest również działanie wody na terenach lessowych. Powstają tu wąwozy, którym początek daje często działalność człowieka.



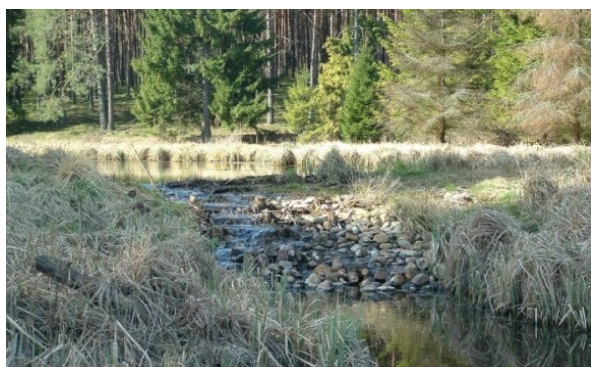
Przykłady kaskadowania rzek. Jeden to rzeka w nizinnej Holandii, jako przykład renaturyzacji (usunięty stopień wodny). Drugi to potok Grajcarek w Szczawnicy.



Odptyw niekontrolowany z obiektu drenarskiego to strata wody. Zgromadzona w zbiorniku jest cennym źródłem wody do nawodnień.



Rowy szybko odprowadzają wodę osuszając nadmiernie dolinę. Warto budować zastawki, ewentualnie z przepławkami, które pozwolą na regulowanie odpływu.



Zbiorniki wodne te kopane i zaporowe mogą być cennym elementem w krajobrazie, a również wzbogacać środowisko przyrodnicze. Zbiornik kopany z łagodnymi skarpami to doskonałe miejsce rozrodu płazów.



Tama wykonana przez bobry rywalizuje z budowlą piętrzącą wykonaną w ramach małej retencji w lasach.



Dwa skrajne przykłady. Obetonowany potok górski szybko odprowadzający wodę poza obszar zabudowany i zarastający ciek wśród bagien, przez który bardzo wolno przepływa woda i utrzymywany jest wysoki poziom wody niezbędny dla zachowania walorów przyrodniczych bagiennej doliny.

