Justyna GORGOŃ
Wyższa Szkoła Techniczna w Katowicach, Wydział Architektury, Budownictwa i Sztuk Stosowanych, ul. Rolna 43, Katowice; *e-mail: sustain@op.pl*

Katarzyna GOCKO-GOMOŁA
Wyższa Szkoła Techniczna w Katowicach, Wydział Architektury, Budownictwa i Sztuk Stosowanych, ul. Rolna 43, Katowice; *e-mail: kashiag@interia.pl*

WODA W MIEŚCIE JAKO CZYNNIK WZMACNIAJĄCY JEGO ODPORNOŚĆ NA ZMIANY KLIMATU

s. 31-44

„...scenariusze zmian klimatu dla Polski do roku 2030 , (...) wykazały, że w tym okresie największe zagrożenie dla gospodarki i społeczeństwa będą stanowiły ekstremalne zjawiska pogodowe (nawalne deszcze, powodzie, podtopienia, osunięcia ziemi, fale upałów, susze, huragany, osuwiska, itp.), będące pochodnymi zmian klimatycznych. Zjawiska te będą występować z coraz większą częstotliwością i natężeniem oraz będą dotyczyć coraz większych obszarów kraju."[1]

STRESZCZENIE

Niniejszy artykuł podejmuje kwestię zagospodarowania wody opadowej, traktując ją jako czynnik wzmacniający odporność obszarów miejskich na zmiany klimatyczne. Gęsta zabudowa, nadmierne uszczelnienie gruntów, powodzie i susze, niedostateczna dbałość o zieloną infrastrukturę, niosą za sobą tak niekorzystne zjawiska jak pogorszenie mikroklimatu, susze i powodzie miejskie (brak lub nadmiar wody), zubożenie bioróżnorodności biologicznej oraz wzrost zachorowalności wśród ludzi. Aby przeciwdziałać tym globalnym procesom, przeciwstawia się ideę sektorowych (wycinkowych) działań, systemowej integracji wielu środowisk naukowo-inżynieryjnych. Katalog przykładowych rozwiązań opartych o ekohydrologię zaprezentowany został na obszarze Wyspy Pasieka w Opolu, jako terenie silnie zurbanizowanym, gdzie zaburzone są procesy odpływu wód opadowych, ewapotranspiracji i infiltracji gruntowej, co z kolei przekłada się na niekorzystny mikroklimat i jakość życia mieszkańców. W artykule znajduje się propozycja zagospodarowania tego obszaru w oparciu o analizę błękitno-zielonej infrastruktury, powrót do naturalnych hydro-ekosystemów oraz zwrócenie uwagi na jakość usług ekosystemowych w nawiązaniu do zasad zrównoważonego rozwoju.

SŁOWA KLUCZOWE

zrównoważony rozwój, adaptacja do zmian klimatycznych, woda opadowa w mieście, grunty uszczelnione, błękitno-zielona infrastruktura, podejście systemowe a podejście sektorowe, zagospodarowanie wód opadowych

WPROWADZENIE

Woda to praprzyczyna i główny determinant życia na Ziemi. Warunkuje jakość środowiska, daje możliwości rozwoju we wszystkich obszarach aktywności człowieka. Decyduje o życiu i przetrwaniu, dlatego musi pozostać czysta. W ostatnich dekadach tempo urbanizacji bardzo wzrosło, co wynika to stąd, że współcześnie aż ¾ globalnej społeczności zamieszkuje tereny zurbanizowane. Zjawisko to nasila problemy związane głównie z zanieczyszczeniem wód, ponieważ to właśnie miasto jest ich głównym emitentem. Z tego powodu działania ONZ[2] nadały wysoki priorytet zagadnieniom związanym szczególnie z wodą. Podkreśla się złożoność interakcji pomiędzy systemami społeczno-gospodarczymi a systemami abiotyczno-biotycznymi jako warunek niezbędny dla poprawy dobrostanu ludzkości oraz przyszłości cywilizacji.

ISSN 2082-7016; eISSN 2450-5552 2016, nr 8

Rola i znaczenie wody w mieście - ujęcie historyczne

Woda stanowi jeden z ważniejszych czynników miastotwórczych, większość miast świata położonych jest nad rzekami, wiele miast zlokalizowano na wybrzeżach mórz oraz nad jeziorami. Woda jako przesłanka lokalizacyjna była ważna przy zakładaniu miast pełniących ważne funkcje dla danego kraju i społeczności Nad wodą zawsze koncentrowało się życie, dlatego też najważniejsze ośrodki rozwoju od najdawniejszych czasów zlokalizowane były nad rzekami. Rzeki stanowiły główne szlaki handlowe, zapewniały słodką wodę, pozwalały na skuteczną obronę w razie napaści. Do miast nadrzecznych należał starożytny Babilon, nad rzekami leżą Rzym, Paryż i Londyn. Aż cztery europejskie stolice- Wiedeń, Bratysława, Budapeszt i Belgrad położone są nad jedną z najdłuższych i ważniejszych rzek europejskich - Dunajem. Rzeki stanowią czynnik integrujący przestrzeń miejska, ale mogą również być barierą rozwojową miasta. Historycznie ukształtowane miasta radziły sobie z w różny sposób z ograniczeniem, jakim mógł być przebieg rzeki przez jego strukturę. Niektóre miasta powstawały na jednym brzegu rzeki i nie wytwarzały więzi z jej przeciwnym brzegiem, pozostając przez długi czas jednobrzeżnymi, inne przekraczały bieg rzeki rozwijając się na obu jej brzegach.

Miasta i tereny zurbanizowane stanowią obecnie najważniejsze ogniwo rozwoju naszej cywilizacji i kultury. Miasta od zawsze pełniły rolę „lokomotyw rozwoju", tutaj powstaje PKB, koncentruje się produkcja i usługi, w miastach żyje ponad połowa populacji świata. Wskaźnik urbanizacji określający procent ludności zamieszkującej miasta i obszary zurbanizowane wynosi dla krajów rozwiniętych ponad 70%, w Unii Europejskiej jest to około 75% , a dla Polski wynosi 61%. Nasz kraj na tle innych państw europejskich ma bardzo korzystnie rozwiniętą strukturę osadniczą, zbudowaną z równomiernie rozlokowanych miast małej i średniej wielkości. Dużych ośrodków miejskich (liczących powyżej 100 tys. mieszkańców) jest w Polsce 39, z czego zdecydowana większość jest położona nad rzekami. Polska zajmuje piąte miejsce w Europie pod względem długości systemu rzek. Nad dwoma największymi rzekami Wisłą i Odrą są położone duże ośrodki miejskie takie jak Warszawa, Kraków, Płock, Bydgoszcz, Toruń, Gdańsk, Opole, Wrocław, Szczecin. Stolica Polski była zawsze położona nad wodą, Warszawa i Kraków leżą nad Wisła, a najstarsza, historyczna stolica naszego kraju - Gniezno zlokalizowane jest nad dopływem Warty - Wełną, a co więcej, miasto jest położone nad pięcioma jeziorami.

Zmiany klimatu w miastach

Obserwowane od dłuższego czasu zmiany klimatu mają zróżnicowane przyczyny, które można podzielić na dwie grupy: pierwsza to zmiany wywołane czynnikami naturalnymi, druga stanowi efekty działalności człowieka.
Zmiany klimatu mają duży wpływ na zasoby wody. Woda stanowi krytyczny sektor, a zmiany klimatu wpływają i będą wpływać na cykle hydrologiczne oraz na funkcjonowanie ekosystemów wodnych, a także na funkcjonowanie i działanie istniejącej infrastruktury wodnej (elektroenergetyka, żegluga śródlądowa, systemy irygacji, system zaopatrzenia w wodę do spożycia, oczyszczalnie ścieków, itp.). Ograniczanie skutków zmian klimatu stało się głównym priorytetem współczesnych społeczeństw. Coraz częściej występujące ekstremalne zjawiska pogodowe stanowią zagrożenie dla życia, zdrowia, mienia i źródeł utrzymania ludzi. Zmiany klimatu mają cechy charakterystyczne właściwe dla danej strefy klimatycznej. W naszej strefie klimatycznej mamy do czynienia z poniższymi zjawiskami:

- wzrostem temperatur (zarówno dodatnich jak i ujemnych),
- zmianami sezonowych sum opadów, z jednoczesnym wzrostem sumy opadów w zimie i spadkiem w lecie,
- nasileniem częstotliwości i gwałtowności występowania zjawisk ekstremalnych (porywistego wiatru, gwałtownych burz, gradobicia, etc.)

Skutkami tych zjawisk są zagrożenia, które w obszarach miejskich przedstawiają się następująco:

- opady: powodzie, deszcze nawalne, susze,
- ekstrema temperaturowe: miejska wyspa ciepła, inwersje termiczne,
- zaburzenia cyrkulacji powietrza: ograniczenie przewietrzania, występowanie kanionów miejskich

Jednym z głównych zagrożeń związanych ze zmianami klimatu w miastach są zaburzenia w funkcjonowaniu gospodarki wodnej. Dotyczą one: zmian zasobów wód powierzchniowych stanowiących zagrożenie dla obszarów, na których wskaźnik wykorzystania zasobów wodnych już dzisiaj jest wysoki, pogorszenie jakości wód powierzchniowych w wyniku zachwiania procesów fizycznych, chemicznych i biologicznych. Do poważnych zagrożeń należą również powodzie zarówno opadowe, roztopowe, jak i te na skutek występowania deszczy nawalnych. Wzmożenie zjawisk powodziowych spowodowane jest w głównej mierze przez człowieka i jest konsekwentnym następstwem jego działalności: zmiany w dorzeczu, zagospodarowanie terenów zalewowych, zmiany sposobu użytkowania gruntów itp. Jedną z możliwości zapobiegania tym zagrożeniom jest właściwe kształtowanie ekosystemów miejskich i wzmacnianie błękitno - zielonej infrastruktury w miastach.

Błękitno-zielona infrastruktura miast

Na błękitno-zieloną sieć w miastach składają się wszelkie systemy przyrodnicze: naturalne, półnaturalne, zrekonstruowane [3] oraz wszystkie elementy zasobów wodnych: wody powierzchniowe i podziemne, cieki, rowy, tereny podmokłe. Błękitno -zielona infrastruktura odpowiada za dostarczanie ludziom usług ekosystemowych o następujących funkcjach [4]:

- podstawowe – utrzymujące funkcje ekosystemów, w tym roślin, zwierząt i człowieka (np. obieg wody, produkcja tlenu);
- zaopatrujące – polegające na dostarczaniu dóbr naturalnych (np. woda pitna);
- regulujące – związane z regulowaniem lokalnego mikroklimatu, oczyszczaniem powietrza lub przeciwdziałaniem suszom, powodziom i miejskiej wyspie ciepła poprzez retencję wody w krajobrazie;
- kulturowe – obejmujące walory rekreacyjne, edukacyjne i estetyczne (np. tworzenie wielofunkcyjnych i atrakcyjnych przestrzeni publicznych);

Dla prawidłowego kształtowania błękitno-zielonej sieci, istotne są wszystkie komponenty systemu przyrodniczego miasta: rzeki, doliny rzeczne, tereny podmokłe, parki, skwery, sady, ogródki działkowe, użytki ekologiczne, pasy zieleni przyulicznej, cmentarze i in. Dostarczanie usług ekosystemowych przez tereny zieleni i drzewa jest możliwe tylko wówczas, gdy mają one dostęp do odpowiedniej ilości wody. Zieleń miejska pełni rolę pompy wodnej: rośliny pozyskując wodę z gleby, transportują ją do liści i uwalniają w procesie parowania, co przynosi wymierne korzyści. Roślinność to też swoisty klimatyzator: zwiększa wilgotność powietrza i obniża jego temperaturę oraz skutecznie oczyszcza powietrze [5]. Niedostateczna ilość wody lub jej brak narażają roślinność na stres. Wówczas, powyższe mechanizmy ulegają zaburzeniu

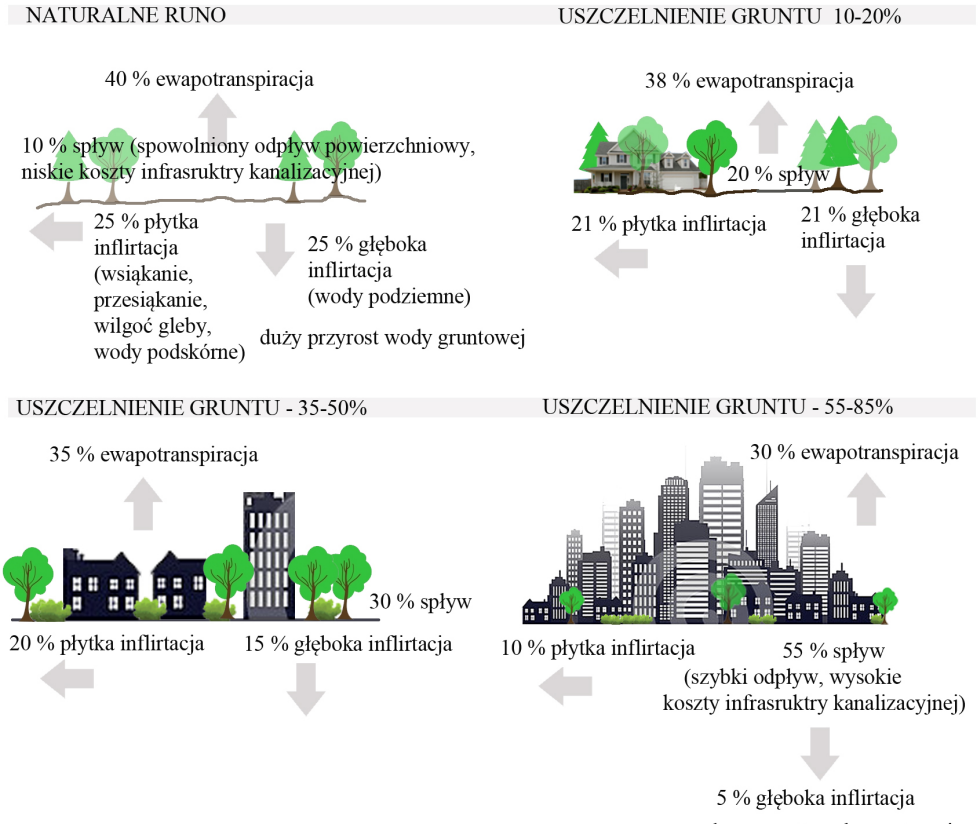
ISSN 2082-7016; eISSN 2450-5552 2016, nr 8

lub wręcz przestają funkcjonować. Procesy te są odpowiedzialne również za tak niekorzystne zjawiska jak susze i powodzie miejskie. Niedostateczny udział zielonej i błękitnej infrastruktury w znacznym stopniu przyczynia się do tych zjawisk, niosąc ze sobą trudności w adaptowaniu się tkanki miejskiej do postępujących zmian klimatu. Tworzenie przestrzeni miejskiej o zwiększonej odporności na zmiany klimatu jest możliwe poprzez budowę i rozwój błękitno-zielonej infrastruktury opartej na podejściu ekosystemowym. Infrastruktura ta stanowi istotny element kształtujący zdolności adaptacji miasta do zmian klimatu. Do zapobiegania skutkom tych zmian w miastach niezbędne jest podejście systemowe, zintegrowane, w którym skwery, parki miejskie, bulwary nadrzeczne, tereny chronione i wszystkie inne miejskie tereny zielone są częścią systemów adaptacji do zmian klimatu. Równie ważne jest powiązanie miejskich terenów zielonych z podmiejskimi, gdyż gwarantuje to stworzenie rozbudowanego systemu błękitno-zielonej infrastruktury, który pozwala na utrzymanie pożądanych warunków środowiskowych w całym obszarze (mikroklimat, właściwa retencja, ochrona różnorodności biologicznej), a tym samym tworzy lepszą jakość życia dla mieszkańców tych terenów.

Problem uszczelnienia gruntu w mieście

Każda przestrzeń miejska jest środowiskiem silnie przekształconym antropogenicznie. Wiek XIX i XX nasilił procesy urbanizacyjne, wskutek czego sieć wodna wielu miast znacznie zubożała. Tak liczne kiedyś strumienie, fosy, kanały, mokradła zostały zasypane lub skanalizowane, wiele rzek uregulowano. Na przestrzeni lat, zmieniały się też priorytety zagospodarowania przestrzennego miast: maksymalne wykorzystanie atrakcyjnych działek pod zabudowę mieszkaniową znacznie uszczupliło zachowanie terenów zabezpieczających funkcjonalną przestrzeń dla wody. Wpłynęło to na zaburzenie naturalnego cyklu obiegu wody. Miasta pokryły się gęstą siecią szarej infrastruktury. Ulice, chodniki, parkingi, budynki, utwardzona i zdegradowana gleba zaczęły stanowić barierę dla swobodnego przepływu wody opadowej. Nadmiernie uszczelniony grunt zmienił dynamikę przepływu w ciekach – naturalnych odbiornikach wód opadowych.

Poniższy schemat pokazuje postępującą degradację cyklu wodnego wraz z uszczelnieniem gruntu. Poza terenem miejskim, gdzie zabudowa stanowi nieduży odsetek, powierzchni terenu, woda deszczowa (80-90%) skutecznie uzupełnia bilans wodny terenu poprzez takie procesy jak: infiltracja (bezpośrednie wsiąkanie w grunt), intercepcja (zatrzymanie wody na powierzchni roślin), ewapotranspiracja (parowanie) oraz retencja glebowa (magazynowanie). W miarę, jak szara infrastruktura gęstnieje, zmniejsza się możliwość wsiąkania wody bezpośrednio, wskutek czego woda deszczowa spływa po powierzchni utwardzonej zbierając ze sobą wszelkie zanieczyszczenia.



Rys. 1. Degradacja cyklu wodnego wraz z uszczelnieniem gruntu[1]. Źródło: oprac. na podst. Wagner i Zalewski, 2009 oraz *http:epa.gov/watertrain*, dostęp na: 04-02-2016.

W czasie pogody deszczowej, nadmierne uszczelnienie gruntu powoduje szereg problemów środowiskowych, między innymi ekstremalne nasilenie spływu powierzchniowego, co z kolei prowadzi do lokalnych podtopień i powodzi miejskich. Ponadto, dochodzi do migracji zanieczyszczeń, a ekosystemy wodne i hydrauliczne kanalizacje ulegają przeciążeniom wykraczającym poza ich zdolności adaptacyjne. Rosną koszty inwestycji w infrastrukturę i jej eksploatację. Natomiast, w okresie bezopadowym, zmniejsza się retencja glebowa, obniża się poziom wód gruntowych, temperatura rośnie, zmniejsza się wilgotność powietrza. Mamy do czynienia z przesuszeniem miast i zjawiskiem miejskiej wyspy ciepła. Mikroklimat staje się niekorzystny, roślinność ma uniemożliwiony rozwój. Zwiększa się prawdopodobieństwo zachorowań. Wynikiem tych niekorzystnych zjawisk jest migracja ludności na tereny podmiejskie w poszukiwaniu lepszych (zdrowszych) warunków do życia. To z kolei negatywnie wpływa na funkcjonowanie samych miast, ich struktury organizacyjno-finansowej i wreszcie na środowisko [5].

Powierzchniowe systemy zagospodarowania wód opadowych

Woda opadowa jest jedynym źródłem wody odnawialnej. Zarządzanie opadem to jedno z ważniejszych wyzwań dotyczących miejskich zasobów wodnych.

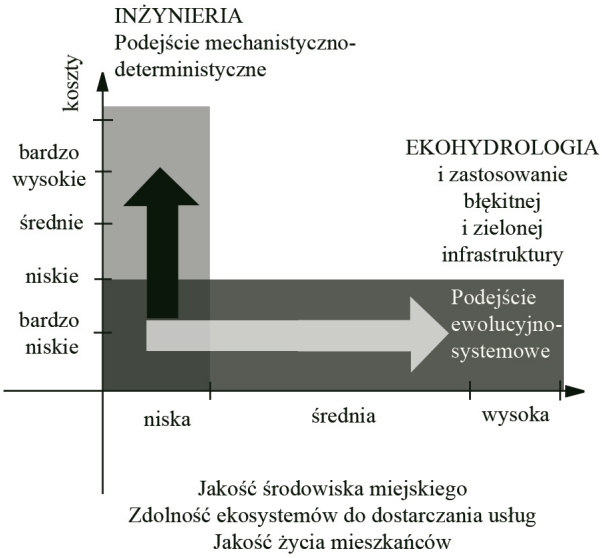
[1] Wszystkie rysunki zaprezentowane w niniejszym artykule zostały wykorzystane w: Systemowe rozwiązanie zagospodarowania terenów nadrzecznych z wykorzystaniem ekohydrologii. Studium przypadku – Wyspa Pasieka w Opolu. Praca Dyplomowa autorstwa inż.arch. K.Gocko-Gomoła, wykonanej pod kierunkiem dr inż. arch. J.Gorgoń. s.19. Wyższa Szkoła Techniczna w Katowicach, 2016.

Niestety, polskie ustawodawstwo traktuje wodę opadową i roztopową jako ściek, który należy jak najszybciej wprowadzić do wód lub ziemi [6]. Inwestorzy są zobowiązani do odprowadzenia wody opadowej do zbiorczych sieci kanalizacyjnych i tylko w wypadku, gdy nie ma możliwości przyłączenia do sieci ogólnospławnej lub deszczowej, dopuszcza się zagospodarowanie wód opadowych na własnym terenie, korzystając ze zbiorników retencyjnych lub dołów chłonnych [7]. Tymczasem, woda opadowa jest zbyt cenna, by tracić ją bezpowrotnie, nie wykorzystując dobrodziejstw, które daje. Przede wszystkim wodę deszczową należy przechwycić, oczyścić i magazynować. Aby to usprawnić, powinien pojawić się zrównoważony system drenażu na obszarach miejskich w standardach, które redukują problem powodzi i poprawiają jakość wód [2].

Podejście systemowe a podejście sektorowe

Dotychczasowe, podejście sektorowe utrudniało dialog pomiędzy inżynierami i naukowcami zajmującymi się problemami środowiskowymi, co prowadziło do nadmiernego wykorzystania technologii. W konsekwencji degradacja środowiska postępuje, pogarsza się funkcjonowanie biosfery wbrew oczekiwanym, celowym działaniom.

Podejście systemowo-ewolucyjne [9] do zarządzania zasobami wodnymi, oparte o ekohydrologię, to zupełnie nowa idea, która wykorzystuje wodę i zieleń do kształtowania przestrzeni miejskiej mając na uwadze szeroko pojęte bezpieczeństwo ekologiczne. Podejście systemowe przeciwstawiane jest niekorzystnemu podejściu sektorowemu, zwanemu deterministyczno-mechanicznym, ponieważ pozwala na sprawniejszą komunikację, wymianę wiedzy i informacji pomiędzy nie tylko specjalistami z różnych dziedzin, ale również i decydentami. Idea ta proponuje rozwiązania oparte na najnowszych osiągnięciach nauk transdyscyplinarnych, takich jak np. ekohydrologia.



Rys. 2. Podejście sektorowe a podejście systemowe
Źródło: M. Zalewski, Zrównoważony rozwój – zastosowania, nr 2/2011,s. 16.

[2] np. na wzór brytyjskiej The Flood and Water Managment Act (Ustawa o powodziach i gospodarce wodnej w Wielkiej Brytanii) z dnia 8 kwietnia 2010 roku, która przewiduje możliwość zastosowania Sustainable Urban Drainage System (SUDS), tym samym znosząc obowiązek podłączania nowych inwestycji do zbiorczej kanalizacji deszczowej.

Każda społeczność żyjąca w określonych warunkach środowiska musi wypracować własny sposób zrównoważonego współistnienia z ekosystemami oraz wykorzystania naturalnych zasobów. Określony klimat, struktury geomorfologiczne, intensywność użytkowania oraz historyczne wzorce kulturowe są odpowiedzialne za budowę ekosystemów i ich potencjał w dostarczaniu człowiekowi usług [10].

Mikroretencja na terenach zurbanizowanych

Najczęstszymi działaniami, mającymi na celu ochronę przed powodziami i podtopieniami jest budowa lub poprawa zabezpieczeń w dolinach rzecznych. Tymczasem, konieczne są interwencje nie tylko u ujścia lecz na obszarze całej zlewni [7].
Mikroretencja to rozwiązanie poprawiające cykl obiegu wody w mieście. Swoje działanie skupia na zagospodarowaniu wód opadowych i powierzchniowych bezpośrednio na miejscu wystąpienia opadów. Mikroretencja wydłuża czas obiegu wody, poprawia stosunki wodne, oczyszcza wodę wykorzystując naturalne i sztuczne właściwości zlewni, zasila wody podziemne. Tym samym „poprawia bilans wodny w zlewni oraz zwiększa zasoby wodne głównie na skutek zmiany szybkiego spływu powierzchniowego na powolny odpływ gruntowy"[11]. Retencjonowanie wody w mieście ma na celu likwidację przyczyn i skutków pogorszenia naturalnych stosunków wodnych, minimalizację skutków okresów suszy, przeciwdziałanie powodziom miejskim i lokalnym podtopieniom, odtworzenie, zachowanie istniejących lub tworzenie nowych obszarów wodno-błotnych. Działania te, powinny wspierać pro-środowiskowe metody retencjonowania wody integrując działania różnych podmiotów, co w rezultacie pozwoli na uzyskanie efektu ekologicznego.

Magazynowana woda w zbiornikach, nieckach, oczkach wodnych, ogrodach przyulicznych czy też ogródkach przydomowych, poddana jest powolnemu procesowi infiltracji gruntowej. Nadmiar wody odprowadzany jest do odbiornika głównego, którym to najczęściej są rzeki. Wcześniej, woda opadowa podlega procesowi oczyszczenia z wykorzystaniem regulacji ekohydrologicznych, takich jak np. oczyszczalnie hydrofitowe. Szczególną odmianą takiej oczyszczalni jest sekwencyjny system biofiltracyjny. Usuwanie zanieczyszczeń następuje tu w wyniku intensywnej sedymentacji i asymilacji przez roślinność wodną oraz absorpcję w barierach biogennych[3].

Adaptacja do zmian klimatu

Proces adaptacji do zmian klimatu jest długotrwały, realizowany na różnych szczeblach i wymaga bliskiej współpracy wszystkich instytucji i osób związanych zawodowo z tymi zagadnieniami lub będących w zasięgu oddziaływania skutków zmian klimatycznych. W roku 2013 Komisja Europejska przyjęła dokument pn.: Strategia adaptacji do zmian klimatu Unii Europejskiej[4], który wskazuje najważniejsze wyzwania i proponuje przyjęcie, przez kraje członkowskie, polityk i działań ukierunkowanych na dostosowywanie się do zmian klimatu, wzmocnienie elastyczności Europy na zmiany klimatu oraz ustala ramy i mechanizmy dla zapewnienia gotowości do reagowania na niekorzystne zjawiska pogodowe. Strategia zwraca uwagę m.in. na konieczność podjęcia działań adaptacyjnych, przede wszystkim w miastach, jako obszarach o szczególnej wrażliwości

[3] Pilotażowe wdrożenie takiego systemu odbyło się na rzece Sokołówce w Łodzi. Szerzej piszą o tym I.Wagner i K.Krauze w art. Jak bezpiecznie zatrzymać wodę opadową w mieście? Rozwiązania techniczne, opublikowanym w Zrównoważony rozwój – zastosowania. s.32. nr 5/2014: Woda w mieście, wyd. Fundacja Sendzimira, Kraków 2014. ISBN:978-83-62168-03-3.
[4] Communication from the Commission to the European Parliament, The Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the regions: "An EU Strategy on Adaptation to Climate Change», COM (2013) 216 final.

na zmiany klimatu. Wdrażanie zapisów strategii realizowane jest w krajach członkowskich w różnym tempie i zakresie. W poszczególnych krajach opracowywane są plany i strategie oraz podejmowane są działania. Stan zaawansowania tych prac zależy od rozmiaru i rodzaju obserwowanych zmian klimatycznych oraz możliwości ich realizacji. Komisja Europejska wydała wskazówki, które mają wspomóc kraje członkowskie w opracowywaniu strategii. Większość państw Unii Europejskiej opracowała krajowe strategie adaptacyjne. W Polsce takim dokumentem jest *Strategiczny plan adaptacji dla sektorów i obszarów wrażliwych na zmiany klimatu do roku 2020 z perspektywą do roku 2030 w roku 2013* (SPA 2020)[5].

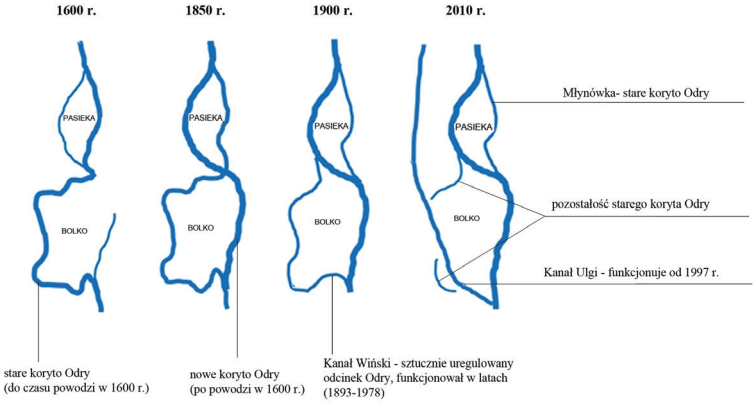
Inną inicjatywą Unii Europejskiej realizowaną w kontekście strategii adaptacyjnej UE jest wprowadzenie w ramach Konwentu Burmistrzów inicjatywy Mayors Adapt – porozumienia między burmistrzami w sprawie adaptacji do zmiany klimatu. Inicjatywa ta jest realizowana w ramach partnerstwa Komisji Europejskiej i Europejskiej Agencji ds. Ochrony Środowiska (European Environment Agency - EEA), a ważnym efektem tej współpracy jest stworzenie platformy internetowej CLIMATE ADAPT. Niezależnie od działań promowanych przez Unię Europejska miasta coraz częściej podejmują wysiłki zmierzające do wypracowania strategii radzenia sobie z możliwymi zagrożeniami klimatycznymi. Istotne jest, aby te działania wzmacniały rozwiązania ekosystemowe i budowały błękitno-zieloną infrastrukturę w mieście.

Wyspa Pasieka w Opolu jako przykład możliwych rozwiązań

Opole to miasto, które nie jest zbyt zasobne w wody powierzchniowe. W granicach miasta znajduje się kilka powyrobiskowych zbiorników oraz rzeka Odra – dominujący element błękitnej infrastruktury. Niestety rzeka jest zanieczyszczona głównie metalami ciężkimi, jak rtęć i ołów oraz substancjami biogennymi – związkami azotu i fosforu, które to są odpowiedzialne za proces eutrofizacji (przedwczesnego starzenia się wód). Związki biogenne przyczyniają się do rozwoju glonów, procesów gnilnych i wtórnego zanieczyszczania wód. O dużym bogactwie naturalnym miasta świadczą trzy główne zbiorniki wód podziemnych o wysokiej i najwyższej ochronie, zlokalizowane na poziomach wodonośnych środkowego i dolnego triasu oraz górnej kredy. Niestety badania próbek z ujęć nie dopuszczają wody do bezpośredniego użytkowania.

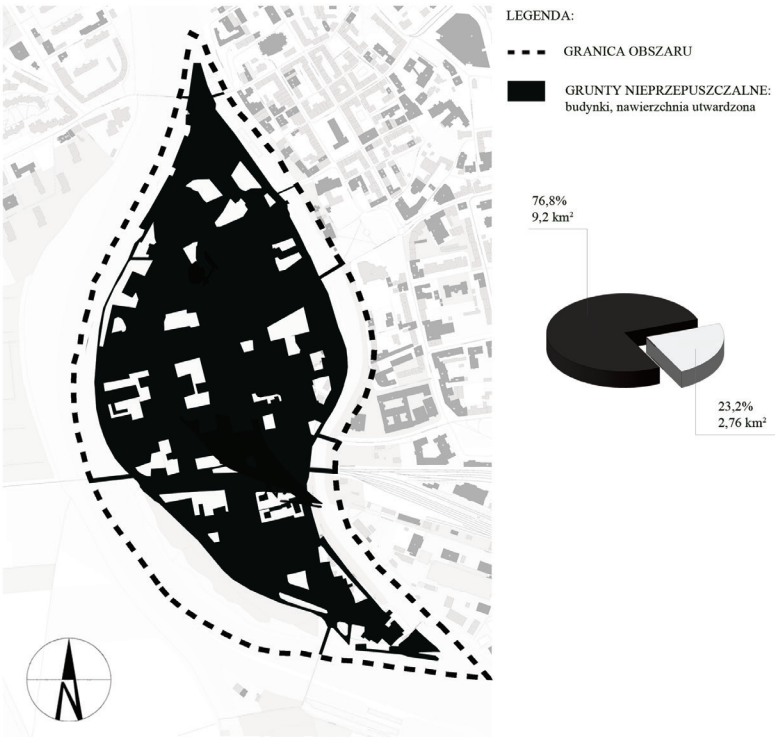
Wyspy Pasieka to malowniczy element krajobrazu miejskiego Opola. Obszar położony jest w centrum miasta, otoczony ze wszystkich stron wodami płynącymi. Wyspa powstała w 1600 r w wyniku wielkiej powodzi, kiedy to rzeka utworzyła sobie nowe koryto. Stare koryto nazwane Młynówką funkcjonuje do dziś i stanowi granicę Starego Miasta. Na przestrzeni wieków Odra meandrowała, zmieniając swój bieg w wyniku procesów naturalnych lub celowych działań człowieka.

[5] Dokument opracowany został przez Ministerstwo Środowiska w ramach projektu pn. „Opracowanie i wdrożenie Strategicznego Planu Adaptacji dla sektorów i obszarów wrażliwych na zmiany klimatu - KLIMADA", realizowanego na zlecenie MŚ w latach 20112013 ze środków Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej. Analizy dla potrzeb dokumentu wykonane zostały przez Instytut Ochrony Środowiska -Państwowy Instytut Badawczy.



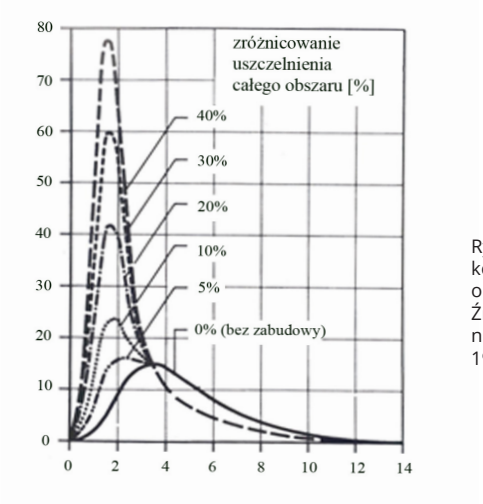
Rys. 3. Zmiana koryta Odry na przestrzeni wieków. Źródło: oprac. własne na podst.; *https://pl.wikipedia.org/wiki/Kana%C5%82_Wi%C5%84ski*, dostęp na: 18-02-2016.

W XVII w na Wyspie zbudowano zamek otoczony fosą. W XIX w., już po rozbiórce zamku, utworzono park miejski dla mieszkańców z szeregiem naturalnych strumyków, po których pływały gondole. Wykorzystując fosę, utworzono staw zamkowy, w rzeczywistości małe jeziorko z naturalnym dopływem i odpływem. Obecny Staw Zamkowy to właściwie sadzawka z wybetonowanym podłożem, najczęściej bez wody. W czasach kiedy funkcjonował tu park, teren Wyspa pokryty był bujną roślinnością, pięknym drzewostanem. Niestety, atrakcyjny teren szybko pokrywał się zabudową, głównie willową, wycinano bezlitośnie unikatowe drzewa, zniszczono cenne siedliska ptaków. Przeobrażenia antropogeniczne, które się tu dokonały są trwałe i nieodwracalne.



Rys. 4. Stopień uszczelnienia gruntu na Wyspie Pasieka w Opolu – schemat. Źródło: oprac. własne: K. Gocko-Gomoła;

Obecnie teren Wyspy jest bardzo silnie zurbanizowany. Grunty uszczelnione stanowią ok. 77% powierzchni. To bardzo wysoki wynik, który przyczynia się do dysfunkcji infiltracji wód opadowych oraz zaburzeń ewapotranspiracji, co z kolei wpływa niekorzystnie na mikroklimat Wyspy oraz wzmaga ryzyko podtopień. Teren czynny biologicznie to w zasadzie fragment w bezpośrednim sąsiedztwie rzeki Odry, gdzie zachowały się szczątki bujnej niegdyś roślinności. Zależność stopnia uszczelnienia gruntu od przebiegu wielkości odpływu wody deszczowej w danym czasie, ilustruje poniższy wykres: im większe jest uszczelnienie gruntowe, tym bardziej strome są charakterystyki odpływu, co oznacza, że nie zatrzymywana woda pędzi ku rzece, zbierając ze sobą wszelkie zanieczyszczenia z dróg, chodników, placów i parkingów.

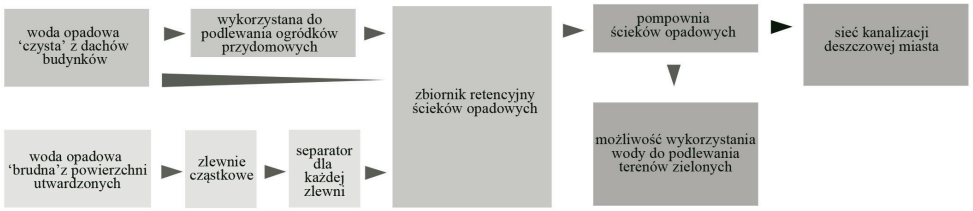


Rys. 5. Hydrogram odpływu wód wysokich – kształt i wielkość przebiegu fali wód burzowych na obszarach o różnym stopniu uszczelnienia
Źródło: W.Geiger, H.Dreisetil, Nowe sposoby odprowadzania wód deszczowych, wyd. Projprzem-EKO, Bydgoszcz 1999, s.15.

Na terenie Wyspy działa kanalizacja grawitacyjna wraz z przepompownią ścieków. Ścieki odprowadzane są do oczyszczalni. Ponadto, obszar jest wyposażony w kanalizację deszczową zbiorczą wraz z urządzeniami podczyszczającymi z wylotem w kierunku rzeki Odry. Tymczasem, analizując badany obszar, zauważamy, że Wyspa jest podzielona przez trakcję kolejową na dwie części: część północną z dominującą zabudową usługową[6] oraz część południową, głównie z zabudową mieszkalną - willową. Odrębną część Wyspy stanowi teren nabrzeżny - obszar nieutwardzony, częściowo zazieleniony. Ten zastany podział mógłby stanowić punkt wyjścia do rozważań na temat poprawy zagospodarowania wód deszczowych na danym obszarze.

Dla Wyspy Pasieka można by utworzyć trzy zlewnie: dwie dla części północnej i południowej oraz trzecią dla terenów nadrzecznych. Usprawnienia przepływu wód opadowych w zurbanizowanej części Wyspy mogłoby odbyć się poprzez rozdzielenie wód opadowych brudnych od czystych. Wody opadowe brudne, spływające chodnikami, ulicami i parkingami, mogłyby zostać poprowadzone systemem otwartych lub półotwartych koryt ściekowych do zbiorników, czy też niecek infiltracyjno-retencyjnych, a następnie poddane procesowi oczyszczania w separatorach i osadnikach ropopochodnych. Tak oczyszczona woda, mogłaby z powodzeniem być magazynowana. Wody opadowe czyste, z kolei, padając bezpośrednio, mogłyby zasilić ogrody przyuliczne lub poprawić mikroretencję gospodarstw domowych i być wykorzystane w celach gospodarczych.

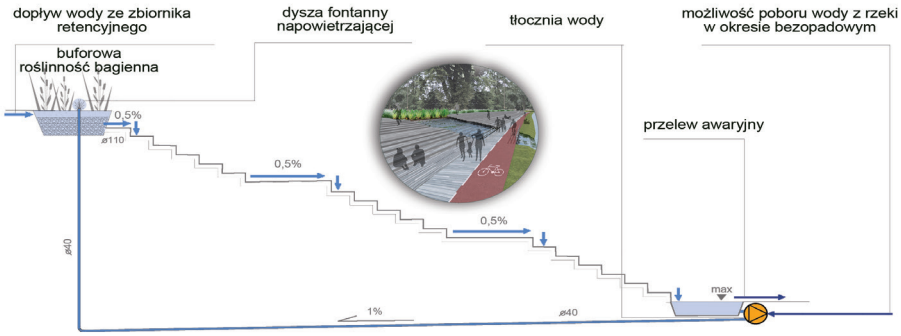
[6] Znajdują się tu, m.in., takie budynki jak: Amfiteatr Opolski, Toropol – wielofunkcyjny obiekt sportowy, Urząd Marszałkowski w zabytkowym budynku dawnej rejencji, Państwowy Instytut Naukowy - Instytut Śląski, Wieża Piastowska – główny zabytek Opola, siedziba TVP, konsulat i in.



Rys. 6. Propozycja retencji wód opadowych dla Opola – schemat. Źródło: oprac. własne (K. Gocko-Gomoła) na podst.: dr hab.inż.T.Tokarczyk, Zasoby wodne na Oplszczyźnie, I Opolskie Forum Mikroretencji, Opole 2015.

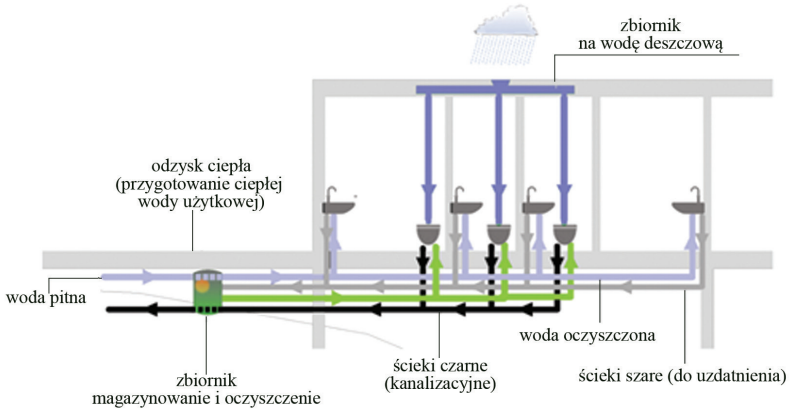
Biorąc pod uwagę odmienny charakter terenów w bezpośrednim sąsiedztwie rzeki, proponowane rozwiązania byłyby nieco inne. Koncepcja zagospodarowania zakładałaby rewitalizację waterfrontu Opola – przywrócenie rzeki mieszkańcom oraz powrót do naturalnej aktywności w poszanowaniu walorów kulturowych. Obok funkcji reprezentacyjnej, miejsce to pełniłoby rolę terenu rekreacyjno-wypoczynkowego. Schemat funkcjonalno-przestrzenny podkreślałby najbardziej wartościowe elementy krajobrazowe obszaru poprzez pryzmat systemowego podejścia wykorzystującego ekohydrologię. Ułatwić to, miałby podział obszaru na trzy strefy funkcjonalne, w obrębie każdej znalazłyby się rozwiązania z zakresu retencjonowania wody:

Strefa odpoczynku - miejsce, do którego można dojść bezpośrednio od Rynku i Amfiteatru Opolskiego, pełniłoby funkcję nie tylko odpoczynkiu i kontemplacji, ale również i komunikacji oraz spotkań towarzyskich. Kaskada wodna to propozycja łącznika pomiędzy częścią zurbanizowaną Wyspy a rzeką. Urządzenie zasilane byłoby nadmiarem deszczówki pochodzącym ze zbiornika retencyjnego. Kaskada działałaby w obiegu zamkniętym, z możliwością zasilenia wodą rzeczną w okresie niedoboru.



Rys. 7. Schemat działania kaskady wodnej – przekrój. Źródło: oprac. własne: K.Gocko-Gomoła;

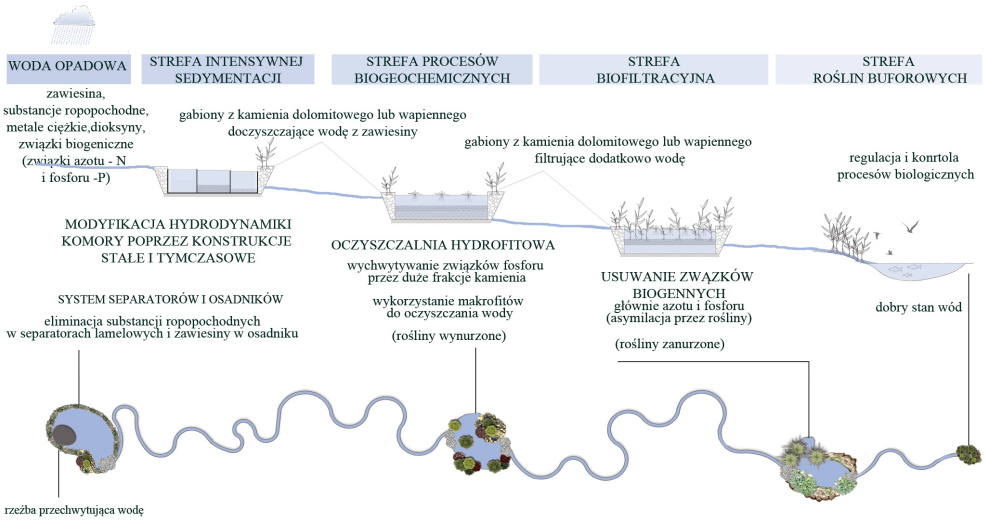
Strefa sportów wodnych obejmowałaby część Wyspy od wysokości ulicy Strzelców Bytomskich do okolic wiaduktu linii kolejowej. Znalazłaby się tu przystań do cumowania małych jednostek pływających i piaszczysta plaża. Głównym elementem byłby nowo projektowany obiekt pełniący funkcję gastronomiczną, widokową, rekreacyjną. Budynek w pełni wykorzystałby wodę opadową. Główny zbiornik, oprócz magazynowania i oczyszczania wody, dostarczałby również energię do przygotowania ciepłej wody użytkowej.



Rys. 8. Zagospodarowanie wody opadowej w budynku „gąbka". Źródło: oprac. własne (K. Gocko-Gomoła) na podst.: Politechnika Wrocławska, Katedra Klimatyzacji, Ogrzewnictwa, Gazownictwa i Ochrony Powietrza, *http://iko.prw.wroc.pl/index.php?id=3e_zero*, dostęp na 01-06-2016.

Strefa aktywności fizycznej to najbardziej zielona część Wyspy, dzięki temu, że znajduje się tu Park Nadodrzański. Miejsce sprzyja spacerom, tym bardziej, że w pobliżu jest kładka prowadząca na Wyspę Bolko – zielone płuca miasta oraz do ZOO – jednej z głównych atrakcji Opola. Jest to miejsce, gdzie łączyłaby się funkcja rekreacyjna z funkcją edukacyjną. Lokalizacja stacjonarnych urządzeń do ćwiczeń pozwoliłaby na całoroczną aktywność. Funkcję edukacyjną mógłby pełnić pokazowy mikrosedymentacyjny system biofiltracyjny z następującymi etapami zarządzania opadem:

1. Przechwycenie wody deszczowej
2. Intensywna sedymentacja (dzięki modyfikacjom hydrodynamiki komór)
3. Oczyszczanie hydrofitowe wykorzystujące procesy biogeochemiczne,
4. Biofiltracja – usuwanie związków biogennych,
5. Odpływ oczyszczonych wód opadowych do rzeki.



Rys. 9. Pokazowa mikrosedymentacja systemowa – schemat. Źródło: oprac. własne (K. Gocko-Gomoła) na podst.: I. Wagner, K. Krauze, Jak bezpiecznie zatrzymać wodę opadową w mieście? Narzędzia techniczne, w: Zrównoważony Rozwój — Zastosowania nr 5, 2014,.wyd. Fundacja Sendzimira, Kraków 2014. ISSN 2081-5727.

Istotą ulokowania tego obiektu na Wyspie jest przybliżenie idei oszczędnego gospodarowania wodą opadową w mieście, uświadomienie mieszkańcom, że nie stanowi ona problemu, wręcz przeciwnie - jeśli jest właściwie zagospodarowana przynosi niewymierne korzyści w postaci poprawy warunków środowiskowych i jakości życia w mieście. W dalszej perspektywie przywraca równowagę w ekosystemach oraz przeciwdziała negatywnym skutkom zmian klimatycznych. Zmieniając bowiem, paradygmat zarządzania wodami, można odwrócić niektóre negatywne skutki zmian środowiskowych w mieście.

Wnioski

Rozwój miast to proces korzystny i pożądany ze względu na gospodarkę i procesy społeczno-kulturowe. Wyzwanie stanowi jednak, takie ukierunkowanie tego rozwoju, by pozytywnie oddziaływał na wszystkie aspekty życia, by uwzględniał potrzeby infrastrukturalne i zdrowotne powiększającej się populacji, dbając jednocześnie o jakość środowiska. W obliczu globalnych zmian klimatu - to właśnie nowa perspektywa jaką jest podejście systemowo-ewolucyjne daje nadzieję na osiągnięcie zrównoważonego i przyjaznego mieszkańcom, błękitno-zielonego miasta. Działania te mają na celu przywrócenie prawidłowo funkcjonującej biosfery, czystych, zdrowych wód, a w konsekwencji wzrost naturalnych siedlisk i poprawę bioróżnorodności biologicznej. Niezbędne zatem, staje się poszukiwanie dobrych praktyk zrównoważonego zagospodarowania wody deszczowej na terenie miasta oraz ich popularyzowanie w celu zapewnienia korzystnych warunków dla rozwoju roślinności, a w dalszej perspektywie wspierania przez nią usług ekosystemowych dostarczanych mieszkańcom miast. Tak, by społeczeństwo nie postrzegało wody deszczowej jak zagrożenie, a cenny zasób.

Podjęte w artykule kwestie oraz przykład opolskiej Wyspy Pasieka z propozycją rozwiązań z dziedziny ekohydrologii to próba zwrócenia uwagi na aktualny trend w globalnej polityce przestrzennej, jakim jest powrót do naturalnych hydro-ekosystemów. To również wskazanie, że błękitno-zielona infrastruktura to dla mieszkańców współczesnych miast nośnik coraz wyżej cenionych wartości estetycznych i kulturowych, a woda jest zarazem początkiem i końcem i „nie jest produktem handlowym takim jak każdy inny, ale raczej dziedziczonym dobrem, które musi być chronione, bronione i traktowane jako takie…" [12].

Bibliografia

[1] Strategiczny plan adaptacji dla sektorów i obszarów wrażliwych na zmiany klimatu do roku 2020 z perspektywą do roku 2030 [online]. Warszawa 2013: Ministerstwo Środowiska. s.7. [przeglądany 29-09-2016]. Dostępny w: *https://klimada.mos.gov.pl/wp-content/uploads/2013/11/SPA-2020.pdf.*
[2] VIII faza Międzynarodowego Programu Hydrologicznego UNESCO (UNESCO IHP), UNESCO's Intergovernmental Scientific Cooperative Programme in Hydrology and Water Resources, Draft Strategic Plan of the eight phase of IHP (IHP-VIII, 2014-2012) International Hydrological Programme 20th session of the Intergovermental Council. [online]. Paris 4-7 June 2021. [przeglądany: 10-05-2016]. Dostępny: *http://www.unesco.org/new/en/natural-sciences/environment/water/ihp/.*
[3] Poradnik TEEB dla miast: usługi ekosystemów w gospodarce miejskiej. s.40-45, tłumaczenie w jęz. polskim Fundacja Sendzimira. Kraków 2012.ISBN 978-83-62168-02-6.
[4] Ecosystems and human well-being. Synthesis. w: Millenium Ecosystem Assessment. s.11. [online]. Washington 2005.[przeglądany: 01-10-2016]. Dostępny w: *http://www.millenniumassessment.org/documents/document.356.aspx.pdf*
[5] Wagner I., Krauze K., Zalewski M.: Błękitne aspekty zielonej infrastruktury w: Zrównoważony

rozwój – zastosowania. s. 146. nr 4/2013. Przyroda w mieście – rozwiązania. [online]. wyd. Fundacja Sendzimira, Kraków 2013. ISSN 2084-0594. [przeglądany: 02-10-2016]. Dostępny: *http://sendzimir.org.pl/sites/default/files/wzr4/ZRZ4-Przyroda-w-miescie-Rozwiazania.pdf*.
[6] Prawo wodne. Ustawa z dnia 18 lipca 2001 roku. Dz.U. z2015 poz.469. art.9 ust.1 pkt.14c.
[7] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie z dnia 12 kwietnia 2002 roku. Dz.U.nr 75 poz.690 z późn. zm. art.28 ust.5.
[8] Januchta-Szostak A.: Rola urbanistyki i architektury w gospodarowaniu wodą, w: Zrównoważony rozwój – zastosowania. s.32. nr 5/2014: Woda w mieście, wyd. Fundacja Sendzimira, Kraków 2014. ISBN:978-83-62168-03-3
[9] VIII faza Międzynarodowego Programu Hydrologicznego UNESCO (UNESCO IHP), UNESCO's Intergovernmental Scientific Cooperative Programme in Hydrology and Water Resources, Draft Strategic Plan of the eight phase of IHP (IHP-VIII, 2014-2012) International Hydrological Programme 20th session of the Intergovermental Council. [online]. Paris 4-7 June 2021. [przeglądany: 10-05-2016]. Dostępny: *http://www.unesco.org/new/en/natural-sciences/environment/water/ihp/.*
[10] Ostrom E.: Dysponowanie wspólnymi zasobami, wyd. Oficyna, Warszawa 2015.ISBN 978-83-264-0706-2.
[11] prof. dr hab. Waldemar Mioduszewski, IMUZ, za: Potrzeba czy konieczność mikroretencji dla zrównoważonego rozwoju? I Opolskie Forum Mikroretencji. Opole 2015.
[12] Preambuła Ramowej Dyrektywy Wodnej 2000/60/WE (RDW) z dnia 23 października 2000 roku ustanawiająca ramy wspólnotowego działania w dziedzinie polityki wodnej (Dz.U.UE L z dnia 22 grudnia 2000 r.) [online]. [przeglądany 29-09-2016]. Dostępny w: *http://geoportal.pgi.gov.pl/css/powiaty/prawo/ue_ramowa_dyrektywa_wodna.*

WATER IN THE CITY AS A FACTOR STRENGTHENING ITS RESILIENCE TO CLIMATE CHANGE

SUMMARY

The article addresses the issue of management of rainwater, treating it as a factor strengthening the resilience of urban areas to climate change. Dense buildings, excessive seal land, floods and droughts urban, insufficient attention to green infrastructure, involve any such negative processes as deterioration of the microclimate, droughts and floods urban (lack or excess water), depletion of biological biodiversity and increased morbidity among people. To counter this global process, is opposed to the idea of sectoral (fragmented) activities, system integration of many scientific and engineering communities. Product examples of solutions based on ecohydrology was presented in the area of Island Pasieka in Opole, as a highly urbanized area, where the processes are disturbed outflow of rainwater, evapotranspiration and infiltration of groundwater, which in turn translates into a negative climate and quality of life. The article is a proposal of development of this area based on analysis of blue-green infrastructure, a return to natural hydro-ecosystems and to draw attention to the quality of ecosystem services in relation to the principles of sustainable development.

KEYWORDS

sustainable development, adaptation to climate change, water runoff in the city, land sealed, blue-green infrastructure, systems approach and the sectoral approach, management of stormwater;