



Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania im. Stanisława Leszczyckiego
Polska Akademia Nauk

Marek Degórski, Andrzej Affek, Bożena Degórska, Anna Kowalska,
Edyta Regulska, Jerzy Solon, Jacek Wolski

Raport

Wstępna propozycja usług ekosystemowych i ich wskaźników istotnych dla ekosystemów zurbanizowanych

Raport sporządzony dla Kordynatora Projektu – Uniwersytet im Adama Mickiewicza w Poznaniu



Usługi świadczone przez główne typy ekosystemów w Polsce – Podejście Stosowane
Projekt finansowany ze środków Mechanizmu Finansowego EOG 2014-2021

Warszawa 31.03.2021

Wstęp

W polskim systemie planowania urbanistycznego podejście do terenów zieleni w planowaniu obszarów miejskich charakteryzuje się znaczną fluktuacją od znaczącej roli, przez okres marginalizacji związany z procesem liberalizacji planowania i niekontrolowanego zawłaszczania terenów zieleni na inne cele (głównie budowlane) zwłaszcza w dużych miastach i strefach podmiejskich, a ostatnio przejście do ponownej dość powolnej transformacji związanej z wdrażaniem celów zrównoważonego rozwoju oraz polityki UE dotyczącej szeroko rozumianej ochrony środowiska oraz przyjęcie do wewnętrznego systemu prawnego *acquis communautaire* w zakresie środowiska.

Wobec rosnącego obciążenia środowiska przyrodniczego miast, a przede wszystkim dużych miast i ich stref podmiejskich m.in. bezładnym i intensywnym rozwojem zabudowy, przyrostem tereno-chłonnej infrastruktury, wzrostem natężenia ruchu samochodowego oraz ekspozycją na inne źródła zanieczyszczeń, które traktowane łącznie powodują, że na terenach o wysokim zagęszczeniu ludności dostępność zdrowych terenów ulega ograniczaniu. Duże zagrożenie dla obszarów silnie zurbanizowanych stanowią również zmiany klimatu (m.in. fale upałów, podtopienia, powodzie), których negatywne skutki dla mieszkańców miast są dodatkowo wzmacniane przez efekt miejskiej wyspy ciepła i uszczelnienie gruntu. Presja na ekosystemy może znacząco obniżać jakość środowiska, jak i jakość życia obecnych i przyszłych pokoleń. W grze o przestrzeń miejską znaczącą rolę ekosystemów miejskich należałoby dostrzegać w szerokim zakresie świadczonych usług. Postrzeganie terenów zielonych poprzez pryzmat korzyści jakie ekosystemy oddają człowiekowi, jest szczególnie istotne dla zmiany krajowego podejścia w planowaniu przestrzennym, w którym ochronę ekosystemów zbyt często traktowano jako ograniczenia rozwoju lub wyłącznie jako formalny wymóg prawny ochrony określonych obiektów przyrodniczych. Pomimo że koncepcja usług ekosystemowych nie znajduje jeszcze szerszego wdrożenia do krajowego systemu planowania, a głównie jest przedmiotem dyskursu naukowego, to jednak odniesiono się do niej w Krajowej Polityce Miejskiej 2023. Polityka ta rekomenduje, aby samorządy, przygotowując studia oraz plany zagospodarowania przestrzennego brały pod uwagę wskazania dotyczące wykorzystania koncepcji świadczeń ekosystemowych w planowaniu, wypracowane w ramach projektu „Urban MAES – usługi ekosystemowe na obszarach zurbanizowanych” prowadzonego przez Ministerstwo Środowiska. Podkreślono nie tylko znaczącą rolę zielonej infrastruktury (ZI) w planowaniu przestrzennym miast, ale przede wszystkim świadczonych przez ekosystemy usług kształtujących mikroklimat i spowalniających spływ wód opadowych z powierzchni utwardzonych. Zwrócono także uwagę na powstrzymanie presji na zainwestowanie powierzchni biologicznie czynnych w miastach oraz dostępność ZI dla mieszkańców miast. Podejście to było zgodne z Unijną strategią ochrony różnorodności biologicznej na okres do 2020 r., która m.in. wskazywała na konieczność utrzymania i wzmocnienia ekosystemów i ich usług. Znajduje to również wyraz w obecnie obowiązującej strategii do roku 2030, która wskazuje na konieczność odbudowy i zwiększania odporności różnorodności biologicznej z korzyścią dla ludzi i klimatu.

Niewątpliwie rozwój prac o charakterze aplikacyjnym i badawczo-aplikacyjnym wiążących ekosystemy ze świadczonymi usługami, jak i dotyczących mapowania usług ekosystemowych przyczynia się do lepszego rozumienia korzyści jakie oferują ekosystemy w zakresie usług zaopatrzeniowych, regulacyjnych i kulturowych oraz do wspomagania procesu planowania przestrzennego, a głównie planowania zintegrowanego.

Raport zawiera wstępne zestawienie usług ekosystemowych i ich wskaźników istotnych dla ekosystemów zurbanizowanych. Wybrane usługi reprezentują trzy sekcje: zaopatrujące, regulacyjne i kulturowe, zgodnie ze Wspólną Międzynarodową Klasyfikacją Usług Ekosystemowych wersja 5.1 (CICES - Common International Classification of Ecosystem Services, version 5.1). Zgodnie z zamówieniem, zidentyfikowano usługi ekosystemów i ujęto w formie tabelarycznej, przedstawiającej listę usług i ich wskaźników oraz komentarze dotyczące identyfikacji usług charakterystycznych dla ekosystemów zurbanizowanych i przydatności wskaźników do analiz w różnych skalach przestrzennych (w odniesieniu do poziomu planowania). W wykonywanym przez nasz Zespół zadaniu przede wszystkim skoncentrowano się na wstępnym określeniu wskaźników dotyczących świadczeń wchodzących w zakres dwóch sekcji tj. usług regulacyjnych oraz usług kulturowych. W mniejszym zakresie uwzględniono wskaźniki do usług zaopatrzeniowych, kierując się faktem, że w ujęciu profesjonalnym zostaną one opracowane przez zespoły branżowe, a następnie zaadaptowane dla obszarów miejskich. W sumie Zespół zaproponował 78 wskaźników przedstawionych w tabeli stanowiącej integralną część raportu. W doborze wskaźników kierowano się znaczeniem usług dla jakości życia w przestrzeni miejskiej, uwzględniając przede wszystkim korzyści w zakresie mitygacji i adaptacji do zmian klimatu, rekreacji, zdrowia, edukacji i dobrostanu oraz w odniesieniu do utrzymania i wzmacniania ZI. Wskaźniki mogą być stosowane w różnych skalach przestrzennych, a tym samym odnosić się różnego poziomu planowania (lokalnego, regionalnego, krajowego).

W raporcie przedstawiono opisy wybranych wskaźników usług ekosystemów z uwzględnieniem ich konstrukcji oraz propozycję karty wskaźnika z przykładami jej praktycznego zastosowania.

Karta wskaźnika

Przy opracowywaniu wskaźników usług ekosystemowych ważnym elementem procedury porządkującej jest sporządzanie karty wskaźnika. W karcie poza informacjami o pozycji danego wskaźnika w systemie CICES 5.1, zawarte są również informacje dotyczące jego konstrukcji i wielu innych charakterystyk. Przykład takiej karty przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Przykładowa karta wskaźnika (na podstawie Affek i in., 2020; zmodyfikowana)

Świadczenie ekosystemowe		Możliwość interakcji z przyrodążywioną stanowiącą element dziedzictwa przyrodniczego
CICES 5.1	Sekcja	Kulturowe
	Dział	Bezpośrednie interakcje z przyrodążywioną, które wymagają obecności w środowisku przyrodniczym
	Grupa	Intelektualne i tożsamościowe interakcje ze środowiskiem przyrodniczym
	Klasa	Cechy przyrodyżywionej, które mają znaczenie dla kultury i dziedzictwa
	Kod	3.1.2.3
Przedmiot pomiaru (Indicatum)		Interakcje z przyrodążywioną stanowiącą element dziedzictwa przyrodniczego
Wskaźnik		Liczba pomników przyrodyżywionej na mieszkańca
Akronim		POMNIK1
Potencjał/wykorzystanie/ zapotrzebowanie/niezaspokojone		Wykorzystanie

zapotrzebowanie		
Konstrukcja wskaźnika		Zliczenie pomników przyrody ożywionej (drzewa, krzewy, zespoły drzew) w jednostce powierzchni, a następnie podzielenie przez liczbę mieszkańców (zameldowanych) na danej powierzchni
Pośredni/bezpośredni		Pośredni
Prosty/złożony		Prosty
Wyliczony/oszacowany		Wyliczony
Skala pomiaru		Ilorazowa
Teoretyczny zakres wartości		0 – ∞
Jednostka miary		-
Jednostka przestrzenna odniesienia		Część miasta, miasto, miejski obszar funkcjonalny
Odniesienie do poziomu planowania		Lokalne, regionalne, krajowe
Dane źródłowe	Opis danych	Centralny rejestr form ochrony przyrody (CRFOP), Bank Danych Lokalnych GUS
	Dysponent danych	Generalna Dyrekcja Ochrony Środowiska, Główny Urząd Statystyczny
	Link do bazy danych	http://crfop.gdos.gov.pl/CRFOP/ ; http://geoserwis.gdos.gov.pl/mapy/ ; https://bdl.stat.gov.pl
	Minimalna jednostka mapowania/rozdzielczość	Pojedynczy pomnik przyrody
	Format danych	Dane GIS, dane tabelaryczne mdb/xls
	Pokrycie kraju	Cały kraj
	Aktualność danych	Aktualizowane na bieżąco
	Dostępność danych	Dane tabelaryczne dostępne, dane GIS na zamówienie

Trzy z uwzględnionych charakterystyk wskaźników wymagają dalszego wyjaśnienia, ponieważ są to oryginalne propozycje odautorskie (por. Affek i in., 2020). Pierwsza opisuje powiązanie logiczne (funkcję) łączące indicatum ze wskaźnikiem. Jeśli znany jest związek przyczynowy między zjawiskiem mierzonym przez wskaźnik a danym świadczeniem, a inne możliwe zmienne mają znikomy wpływ na to świadczenie, to przyjmujemy, że wskaźnik jest **BEZPOŚREDNI** (w takim przypadku wskaźnik ma zwykle tę samą jednostkę pomiaru jak indicatum). Z kolei przyjmujemy, że wskaźnik jest **POŚREDNI**, gdy jest albo wskaźnikiem częściowym (istnieje związek przyczynowo-skutkowy, ale również inne zmienne silnie wpływają na indicatum) lub wskaźnikiem zastępczym (proxy) - wskaźnik i indicatum są skorelowane, ale związek przyczynowo-skutkowy nie jest udowodniony. Drugi i trzeci wymiar różnicujący dotyczą konstrukcji wskaźnika. Drugi pokazuje poziom złożoności wskaźnika w zakresie rozpatrywanych zmiennych i parametrów. Jeśli wskaźnik jest skonstruowany przy użyciu tylko jednej zmiennej (plus opcjonalnie jednej zmiennej w mianowniku), to jest to wskaźnik **PROSTY**; jeśli jest skonstruowany przy użyciu zestawu addytywnych lub nieaddytywnych zmiennych z różnych dziedzin, jest to wówczas wskaźnik **ZŁOŻONY**. Trzeci wymiar pokazuje, czy ostateczne wartości wskaźników są budowane na podstawie ogólnego wrażenia opartego na doświadczeniu indywidualnym lub grupowym (wskaźnik **SZACOWANY**), czy na bezpośrednich pomiarach i/lub modelach opartych na danych/teorii (wskaźnik **WYLICZONY**).

Usługi kulturowe w obszarach zurbanizowanych

W proponowanych wskaźnikach dotyczących świadczeń kulturowych często stosujemy określenie „obszary dedykowane do świadczenia ekosystemowych usług kulturowych”. Pojęcie to z założenia obejmuje szereg różnego typu obszarów w obrębie miast i miejskich obszarów funkcjonalnych, które mają kluczowe znaczenie jako dostarczyciele przestrzeni/warunków do interakcji ze środowiskiem przyrodniczym. W zależności od skali analizy i planowanej do wykorzystania bazy danych (BDOT10k, CLC, Urban Atlas) w skład tej kategorii wchodzi różne klasy pokrycia terenu/użytkowania ziemi. Przykładowo, z Urban Atlas po szczegółowej analizie bazy wytypowaliśmy cztery klasy, które w naszym mniemaniu są priorytetowe jeśli chodzi o świadczenia kulturowe w miastach: lasy, wody, obiekty sportowo-rekreacyjne i zieleń miejska. Wydzielenie takich obszarów z jednej strony może służyć do analiz wykorzystania i niezaspokojonego zapotrzebowania na różnego rodzaju interakcje na łonie przyrody z uwzględnieniem relacji przestrzennych (krawędzie obszarów, bufora itp.), a z drugiej strony umożliwi analizę wewnętrznego zróżnicowania tych obszarów, co z kolei będzie determinować potencjał do interakcji lub pośrednio wskazywać na wykorzystanie danych obszarów. Zarówno w pierwszym jak i w drugim przypadku możliwe jest opracowanie zbiorczych wskaźników przyjmujących jedną wartość na poziomie miasta (lub miejskiego obszaru funkcjonalnego), jak i wskaźników charakteryzujących poszczególne obszary dedykowane do świadczenia usług kulturowych. W tym drugim przypadku możliwe będzie mapowanie zróżnicowania potencjału i wykorzystania usług kulturowych w obrębie miasta, gdzie wytypowane obszary będą waloryzowane wg szeregu wskaźników, tworząc swoistą wielowymiarową hierarchię/ranking.

We wskaźnikach dotyczących usług kulturowych dotyczących zapotrzebowania i niezaspokojonego zapotrzebowania, w szczególności odnoszących się do dostępności i relacji przestrzennych, wykorzystywano jako miarę zastępczą gęstości zaludnienia rozkład przestrzenny zabudowy. Przykładowo, dane z Urban Atlas uwzględniają kilka klas zwartości zabudowy, co pozwala na bardziej dokładną aproksymację gęstości zaludnienia poprzez zastosowanie odpowiednich wag (np. w analizie zabudowy w buforach od obszarów dedykowanych do świadczenia usług kulturowych).

Trudnością w analizie wykorzystania usług kulturowych jest brak bezpośrednich danych o liczbie wizyt/interakcji w danych obszarze (dedykowanym do świadczenia usług kulturowych). Wyzwaniem wówczas staje się wskazanie takich miar pośrednich, które z dobrą dokładnością oddadzą wykorzystanie usług. My zaproponowaliśmy z jednej strony liczbę opinii dla danego obszaru zieleni miejskiej z Google Maps jako miarę wykorzystania, po tym jak przeprowadzona pilotażowa analiza wykazała silną korelację między liczbą opinii a liczbą wizyt w polskich parkach narodowych. Z drugiej strony przyjmujemy, że dobrą miarą pośrednią wykorzystania środowiska przyrodniczego do rekreacji (i innych form bezpośredniej interakcji z przyrodą) jest infrastruktura sprzyjająca tej interakcji, np. ciągi pieszo-rowerowe, place zabaw, toalety publiczne, siłownie plenerowe itp. Możemy tu obserwować wzajemne wzmacnianie i sprzężenie zwrotne: im więcej infrastruktury, tym więcej zwiedzających, im większe zainteresowanie i potencjał środowiskowy, tym większe potrzeby zwiedzających i w efekcie większe inwestycje w infrastrukturę.

3.1.1.2 Cechy przyrody ożywionej, które umożliwiają działania promujące zdrowie lub dostarczające przyjemności poprzez aktywną interakcję

Udział brzegów cieków i zbiorników w otoczeniu terenów zielonych

Konstrukcja wskaźnika: długość brzegów cieków i zbiorników w otoczeniu terenów zielonych [km] / całkowita długość brzegów [km]

Do terenów zielonych w tym wskaźniku zalicza się wszystkie obszary biologicznie czynne z zielenią naturalną i urządzoną. Można przemyśleć wykorzystanie dodatkowych współczynników uwzględniających typ roślinności (np. trawa 1,0, krzewy 1,5, drzewa 2,0), przepuszczalność gruntu i rozwinięcie linii brzegowej. Tereny zielone muszą graniczyć bezpośrednio z ciekami lub zbiornikami, czyli nie uwzględnia się parku, gdy od brzegu oddziela go kilkupasmowa jezdnia. Do przemyślenia: minimalna szerokość terenu zieleni, która spełnia kryterium poczucia „miejskiej dzikości” – czy określona arbitralnie w metrach czy uzależniona od szerokości cieku/wielkości akwenu.

Jednostka odniesienia: miejski obszar funkcjonalny, miasto, część dużego miasta

Odniesienie do poziomu planowania: lokalne, regionalne, krajowe

3.1.2.1 Cechy przyrody ożywionej, które umożliwiają badania naukowe lub tworzenie tradycyjnej wiedzy ekologicznej

Liczebność gatunków ptaków (obserwacje ornitologiczne)

Konstrukcja wskaźnika: Wariant 1: liczba gatunków ptaków w granicach danego obszaru specjalnej ochrony ptaków Natura 2000 / liczba wszystkich gatunków z dyrektywy ptasiej występujących w Polsce (129 gatunków); Wariant 2: liczba wszystkich gatunków stwierdzona w ramach monitoringów ptasich oraz w dokumentacji poszczególnych form ochrony przyrody / liczba wszystkich gatunków ptaków występujących w Polsce

Ideą tego wskaźnika jest fakt, że jedyną gromadą zwierząt obserwowaną w miastach są ptaki (także w sposób zorganizowany – spacer, warsztaty i obozy ornitologiczne). Problemem jest natomiast to, że programy monitoringowe nie obejmują w sposób systematyczny całego kraju. A przecież brak powierzchni monitoringowej nie jest tożsamy z brakiem ptaków. Oba zaproponowane warianty wskaźnika mają więc charakter roboczy i wymagają dalszej konsultacji.

Jednostka odniesienia: miasto, miejski obszar funkcjonalny

Odniesienie do poziomu planowania: lokalne, ew. regionalne

3.1.2.4 Cechy przyrody ożywionej umożliwiające doznania estetyczne

Udział ciągów komunikacyjnych (drogowych i szynowych) z pasami drzew i wysokich krzewów

Konstrukcja wskaźnika: długość ciągów komunikacyjnych (drogowych i szynowych) z pasami drzew i wysokich krzewów [km] / długość całej sieci drogowej i torowisk [km]

Pasy zieleni mogą występować po jednej lub obu stronach ciągu komunikacyjnego lub w jego środku. Powinny mieć długość nie mniejszą niż 50 m (szerokość nie ma znaczenia, więc wlicza się także powierzchnie nie mające charakteru liniowego) i występować w odległości nie większej niż 10 m od osi torowiska lub skrajni drogi. Wskaźnik nie obejmuje dróg osiedlowych czy gospodarczych o szerokości mniejszej niż 5 metrów (nie pełnią one roli komunikacyjnej w znaczeniu zbiorowym czy masowym) oraz autostrad i dróg szybkiego ruchu (brak roślinności wysokiej ze względów bezpieczeństwa).

Jednostka odniesienia: miejski obszar funkcjonalny, miasto, część dużego miasta

Odniesienie do poziomu planowania: lokalne, regionalne, krajowe

3.2.1.3 Elementy przyrody ożywionej umożliwiające rozrywkę lub mające charakter reprezentacyjny

Udział sesji zdjęciowych i filmowych realizowanych w plenerach przyrodniczych

Konstrukcja wskaźnika: udział sesji zdjęciowych i filmowych realizowanych na łonie przyrody w stosunku do wszystkich miejsc wykorzystywanych jako plenery

Z założenia wskaźnik obejmuje tylko fotografie i filmy związane z bardzo ważnymi wydarzeniami naszego życia (typu śluby, komunie), gdy plener jest istotnym elementem, a nie tylko przypadkową migawką czy tłem do selfie. Wydaje się, że w miarę obiektywne informacje można pozyskać wykonując proste ankiety w środowisku fotografów i filmowców parających się zawodowo obsługą imprez okolicznościowych. Nie wydaje się, aby dobrym źródłem były media społecznościowe czy inne źródła internetowe ze względu na konieczność przeprowadzenia bardzo czasochłonnej selekcji odpowiedniego materiału do analiz.

Jednostka odniesienia: miasto

Odniesienie do poziomu planowania: lokalne, regionalne

6.1.1.1 Naturalne, abiotyczne cechy środowiska umożliwiające fizyczne i empiryczne interakcje (aktywne lub bierne)

Gęstość lub udział obiektów zrehabilitowanych (rekreacyjnych i przyrodniczych) w ogólnej liczbie obszarów poeksploatacyjnych

Konstrukcja wskaźnika: Wariant 1: liczba zrehabilitowanych obszarów i obiektów poeksploatacyjnych / km²; Wariant 2: liczba zrehabilitowanych obszarów i obiektów poeksploatacyjnych / liczba obszarów i obiektów poeksploatacyjnych nie poddanych rekultywacji

Wskaźnik istotny dla wszystkich obszarów w Polsce, które poddawane były i są intensywnej eksploatacji górniczej. Proponuje się objąć wskaźnikiem wszystkie kategorie, w tym zielone hałdy, akweny wodne w wyrobiskach, tereny zielone na obszarach poeksploatacyjnych itd. Problemem może być zgromadzenie wiarygodnych i aktualnych materiałów (konieczna współpraca z władzami miasta).

Jednostka odniesienia: miejski obszar funkcjonalny, miasto, część dużego miasta

Odniesienie do poziomu planowania: lokalne, regionalne, krajowe

Usługi regulacyjne w obszarach zurbanizowanych

2.1.2.2 Tłumienie hałasu

Udział powierzchni obszarów zadrzewionych po odliczeniu wewnętrznego bufora o szerokości 100 m (oazy miejskiej ciszy) w sumarycznej powierzchni obszarów zadrzewionych

Konstrukcja wskaźnika: \sum (powierzchnia obszaru zadrzewionego po odliczeniu wewnętrznego bufora o szerokości 100 m od granic zewnętrznych \times współczynnik określający gęstość drzew w obrębie bufora) / \sum powierzchnia obszarów zadrzewionych o jednostkowej powierzchni ≥ 1 ha

Wskaźnik ma pokazać udział obszarów zielonych, gdzie realnie panuje akustyczny komfort. Założono, że nie jest istotne otoczenie zieleni wysokiej, ale jedynie odległość od granicy zewnętrznej. Jak wynika z literatury w przypadku 100 m poziom natężenia dźwięku maleje średnio o 8-12 dB i znacząco zmienia się charakterystyka fali dźwiękowej. To w praktyce oznacza, że odgłosy miasta stają się tłem dźwiękowym i przestają być uciążliwe. Wskaźnik uwzględnia także gęstość drzew w obszarze bufora. Ze względu na przyjętą wielkość bufora opisywany efekt krawędziowy dotyczy obszarów o powierzchni ≥ 5 ha, przy czym część z nich nie będzie się kwalifikowała ze względu na swój wydłużony kształt (brak oazy ciszy mimo dużej powierzchni).

Jednostka odniesienia: miasto, część dużego miasta

Odniesienie do poziomu planowania: lokalne, regionalne

2.2.1.3 Regulacja cykli hydrologicznych i przepływów (w tym kontrola powodzi i ochrona wybrzeża)

Udział obszarów naturalnej retencji wód powierzchniowych

Konstrukcja wskaźnika: Wariant 1: łączna powierzchnia terenów retencyjnych [km^2] / powierzchnia całego analizowanego terenu [km^2]; Wariant 2: liczba obiektów w poszczególnych klasach wielkości / km^2

Tereny retencyjne to trzy klasy z BDOT10k: OIMK01 bagno, OIMK02 teren podmokły, OISZ01 szuwary. Klasy wielkości: 0-1 ha, 1-5 ha, 5-10 ha, pow. 10 ha

Jednostka odniesienia: miasto, miejski obszar funkcjonalny

Odniesienie do poziomu planowania: lokalne, regionalne, krajowe

Współczynnik spływu powierzchniowego

Konstrukcja wskaźnika: \sum (współczynnik spływu dla danego typu ZI lub obiektu sztucznego) $\times \sum$ (powierzchnia ZI lub obiektu sztucznego) / powierzchnia działki ewidencyjnej. Współczynnik spływu uzależniony od nachylenia terenu, gdy nachylenie $>3\%$ (Dhakal i in., 2012; Hydraulics..., 2014)

Jednostka odniesienia: małe miasto, część dużego miasta

Odniesienie do poziomu planowania: lokalne

Gęstość lub udział długości kanałów i rowów melioracyjnych w sieci hydrograficznej

Konstrukcja wskaźnika: Wariant 1: całkowita długość kanałów i rowów melioracyjnych [km] / km^2 ; Wariant 2: całkowita długość kanałów i rowów melioracyjnych [km] / długość całej sieci hydrograficznej [km]

W obu wariantach uwzględnia się trzy klasy z BDOT10k: SWKN01 kanał, SWRM01 rów melioracyjny zbiorczy, SWRM02 rów melioracyjny zwykły, jako najważniejsze potencjalnie elementy sieci hydrograficznej łagodzące skutki deszczy nawalnych i powodzi błyskawicznych

Jednostka odniesienia: miasto, ew. miejski obszar funkcjonalny

Odniesienie do poziomu planowania: lokalne, regionalne, krajowe

2.2.1.5 Ochrona przed pożarem

Gęstość sieci hydrograficznej

Konstrukcja wskaźnika: długość całej sieci hydrograficznej [km] / km^2

Uwzględnia się całą sieć wodną z BDOT10k: SWRS01 rzeka, SWRS02 strumień, potok, struga, SWKN01 kanał, SWRM01 rów melioracyjny zbiorczy, SWRM02 rów melioracyjny zwykły. Do przemyślenia: jak podejść do tematu akwenów, bo mamy problem z połączeniem w jednym wskaźniku miar powierzchni i długości. Może nie powierzchnia, tylko długość brzegów zbiorników?

Jednostka odniesienia: miasto, ew. miejski obszar funkcjonalny

Odniesienie do poziomu planowania: lokalne, regionalne, krajowe

2.2.2.3 Utrzymywanie siedlisk do rozrodu i bytowania gatunków

Na silnie przekształconym przez człowieka obszarze miasta tereny błękitno-zielonej infrastruktury (BZI) pełnią rolę ostoi dla wielu gatunków roślin i zwierząt, przyczyniając się do zachowania różnorodności biologicznej.

Areal rzadkich i cennych siedlisk

Konstrukcja wskaźnika: powierzchnia zajmowana przez siedliska wskazane do ochrony w ramach programu Natura 2000 + typy wskazane do monitoringu przyrodniczego w stosunku do innych typów pokrycia terenu (bardziej szczegółowo można obliczyć stosunek powierzchni rzadkich typów lasów do wszystkich lasów itd.)

Jednostka odniesienia: miasto, część dużego miasta, miejski obszar funkcjonalny

Odniesienie do poziomu planowania: lokalne, regionalne

Udział powierzchniowy ekosystemów objętych różnymi formami ochrony

Konstrukcja wskaźnika: powierzchnia zajmowana przez ekosystemy chronione (np. ochrona obszarowa, lasy pełniące funkcję ochronną, drzewostany nasienne)

Jednostka odniesienia: miasto, część dużego miasta, miejski obszar funkcjonalny

Odniesienie do poziomu planowania: lokalne, regionalne

Udział % ekosystemów, na których stwierdzono stanowiska chronionych, rzadkich, zagrożonych gatunków roślin naczyniowych, mchów, porostów, grzybów

Konstrukcja wskaźnika: jw.

Jednostka odniesienia: miasto, część dużego miasta, miejski obszar funkcjonalny

Odniesienie do poziomu planowania: lokalne, regionalne

Procent gatunków zwierząt, których siedliska odnotowano na analizowanym obszarze w stosunku do wszystkich objętych monitoringiem

Konstrukcja wskaźnika: jw.

Jednostka odniesienia: miasto, część dużego miasta, miejski obszar funkcjonalny

Odniesienie do poziomu planowania: lokalne, regionalne

Wskaźnik bliskości

Wartość płatu roślinności (ZI) jako miejsca rozrodu i wychowania młodych zależy nie tylko od wielkości i jakości poszczególnych płatów, ale także od możliwości przepływu gatunków i osobników między płatami. W warunkach miejskich rola powierzchni zadrzewionych jest pod tym względem znacznie większa niż roślinności niskiej, dlatego też wskaźnik uwzględnia tylko wybrane składniki roślinności wysokiej. Wskaźnik bliskości określa względną rolę każdego płatu w potencjale rozrodu i wychowania młodych. Wskaźnik uśredniony dla powierzchni odniesienia umożliwia porównywanie obiektów pod tym względem.

Powierzchnia odniesienia może być dowolna, ale sensowna interpretacja miary średniej dotyczy raczej powierzchni większych, tj. poziomu miasta lub wyżej (tab. 2). Wskaźnik może być liczony dla danych wektorowych lub rastrowych w różnych dodatkach dla ArcGis lub innych programów (np. QGis)

Tabela 2. Karta dla wskaźnika bliskości

Świadczenie ekosystemowe		Utrzymywanie siedlisk i populacji gatunków przez elementy ZI
CICES	Sekcja	Regulacyjne
5.1	Dział	Regulacja właściwości fizycznych, chemicznych i biologicznych
	Grupa	Utrzymanie cykli życiowych, ochrona siedlisk i puli genowej
	Klasa	Utrzymanie rozmnażających się populacji i siedlisk (w tym ochrona puli genowej)
	Kod	2.2.2.3
Przedmiot pomiaru (Indicatum)		Potencjał elementów ZI do utrzymywania siedlisk i populacji gatunków
Wskaźnik		Wskaźnik bliskości
Akronim		PROX
Potencjał/wykorzystanie/ zapotrzebowanie/niezaspokojone zapotrzebowanie		Potencjał
Konstrukcja wskaźnika		<p>Wskaźnik obliczany na podstawie odrębnych przestrzennie płatów powstałych w wyniku sumy geometrycznej powierzchni kategorii PTLZ01 las + PTLZ02 zagajnik + PTLZ03 zadrzewienie + PTRK01 kosodrzewina + PTRK02 krzewy</p> <p>1. Wskaźnik dla pojedynczego płatu</p> $PROX = \sum_{s=1}^n \left(\frac{a_{ijs}}{h_{ijs}^2} \right)$ <p>a_{ijs} = powierzchnia (m^2) płatu ijs w określonym sąsiedztwie (m) płatu ij h_{ijs} = odległość (m) między płatem ij a płatem ijs, oparta na odległości od krawędzi do krawędzi płatu PROX równa się sumie powierzchni płatu (m^2) podzielonej przez najbliższą odległość od krawędzi do krawędzi podniesioną do kwadratu (m^2) między płatem a płatem centralnym wszystkich płatów odpowiedniego typu, których krawędzie znajdują się w określonej odległości (m) od płatu centralnego</p> <p>2. Wskaźnik pochodny dla powierzchni odniesienia Średnia wartość wskaźnika PROX dla powierzchni odniesienia</p>
Pośredni/bezpośredni		Pośredni
Prosty/złożony		Złożony
Wyliczony/oszacowany		Wyliczony
Skala pomiaru		Ilorazowa
Teoretyczny zakres wartości		PROX = 0, jeśli płat nie ma sąsiadów tego samego typu w określonym promieniu wyszukiwania. PROX rośnie, gdy sąsiedztwo (zdefiniowane przez określony promień wyszukiwania) jest coraz bardziej zajmowane przez płaty tego samego typu (tzn. gdy te płaty są większe i leżą bliżej siebie). Na górną granicę wskaźnika PROX wpływa promień wyszukiwania i minimalna odległość między płatami
Jednostka miary		-
Jednostka przestrzenna odniesienia		Płat, część miasta (np. dzielnica dla dużych miast), miasto, gmina, miejski obszar funkcjonalny
Odniesienie do poziomu		Lokalne, regionalne, krajowe

planowania		
Dane źródłowe	Opis danych	BDOT10k
	Dysponent danych	Główny Urząd Geodezji i Kartografii
	Link do bazy danych	http://www.gugik.gov.pl/pzgik/zamow-dane/baza-danych-objektow-topograficznych-bdot-10k
	Minimalna jednostka mapowania/rozdzielczość	Obiekt BDOT10k
	Format danych	Dane wektorowe GIS
	Pokrycie kraju	Cały kraj
	Aktualność danych	Aktualizowane na bieżąco
	Dostępność danych	Dane GIS na zamówienie

Powierzchnia rdzenia

Wiele gatunków zwierząt unika strefy krawędziowej (brzeżnej) płatów i wymaga odpowiednio dużej powierzchni dla prawidłowego rozmnażania się i wychowywania młodych. Wskaźnik określa taką dostępną powierzchnię, przyjmując 50 m strefy brzeżnej na podstawie danych literaturowych (tab. 3). Wskaźnik może być liczony dla danych wektorowych lub rastrowych w różnych dodatkach dla ArcGIS lub innych programów (np. QGIS).

Tabela 3. Karta dla wskaźnika powierzchni rdzenia

Świadczenie ekosystemowe		Utrzymywanie siedlisk i populacji gatunków przez elementy ZI
CICES 5.1	Sekcja	Regulacyjne
	Dział	Regulacja właściwości fizycznych, chemicznych i biologicznych
	Grupa	Utrzymanie cykli życiowych, ochrona siedlisk i puli genowej
	Klasa	Utrzymanie rozmnażających się populacji i siedlisk (w tym ochrona puli genowej)
	Kod	2.2.2.3
Przedmiot pomiaru (Indicatum)		Potencjał elementów ZI do utrzymywania siedlisk i populacji gatunków
Wskaźnik		Powierzchnia rdzenia
Akronim		CORE
Potencjał/wykorzystanie/ zapotrzebowanie/niezaspokojone zapotrzebowanie		Potencjał
Konstrukcja wskaźnika		Wskaźnik obliczany na podstawie odrębnych przestrzennie płatów powstałych w wyniku sumy geometrycznej powierzchni kategorii PTLZ01 las + PTLZ02 zagajnik + PTLZ03 zadrzewienie + PTRK01 kosodrzewina + PTRK02 krzewy 1. Wskaźnik dla pojedynczego płatu CoreArea = Powierzchnia płatu pomniejszona o powierzchnię brzeżną płatu o szerokości 50 m (wartości ujemne przyjmowane za zero) 2. Wskaźnik pochodny dla pojedynczego płatu CoreArea/PatchArea 3. Wskaźniki pochodne dla powierzchni odniesienia (część miasta, miasto, gmina itd.) a) uśredniony wskaźnik $1/n \times \sum (CoreArea/PatchArea)$ b) udział powierzchni rdzeniowych w powierzchni jednostki odniesienia $\sum (CoreArea)/powierzchnia\ jednostki\ odniesienia$
Pośredni/bezpośredni		Pośredni
Prosty/złożony		Złożony

Wyliczony/oszacowany	Wyliczony	
Skala pomiaru	Ilorazowa	
Teoretyczny zakres wartości	0– ∞ dla pojedynczego płat, 0-100% dla wskaźników pochodnych	
Jednostka miary	Hektary dla pojedynczego płat, % dla wskaźników pochodnych	
Jednostka przestrzenna odniesienia	Płat, część miasta (np. dzielnica dla dużych miast), miasto, gmina, miejski obszar funkcjonalny	
Odniesienie do poziomu planowania	Lokalne, regionalne, krajowe	
Dane źródłowe	Opis danych	BDOT10k
	Dysponent danych	Główny Urząd Geodezji i Kartografii
	Link do bazy danych	http://www.gugik.gov.pl/pzgik/zamow-dane/baza-danych-objektow-topograficznych-bdot-10k
	Minimalna jednostka mapowania/rozdzielczość	Obiekt BDOT10k
	Format danych	Dane wektorowe GIS
	Pokrycie kraju	Cały kraj
	Aktualność danych	Aktualizowane na bieżąco
	Dostępność danych	Dane GIS na zamówienie

Opór najkrótszej ścieżki

Teoretycznie wskaźnik można obliczać dla każdej jednostki przestrzennej, ale zestaw danych wejściowych daje sensowne wyniki tylko dla poziomu miasta (i ewentualnie gminy). Dla większych jednostek przestrzennych (np. miejski obszar funkcjonalny) obliczenia powinno się prowadzić na danych mniej szczegółowych, pochodzących np. z Urban Atlas. Program GraphScape działa wyłącznie na danych wektorowych (tab. 4)..

Tabela4. Karta dla wskaźnika oporu najkrótszej ścieżki

Świadczenie ekosystemowe		Utrzymywanie siedlisk i populacji gatunków przez elementy ZI
CICES 5.1	Sekcja	Regulacyjne
	Dział	Regulacja właściwości fizycznych, chemicznych i biologicznych
	Grupa	Utrzymanie cykli życiowych, ochrona siedlisk i puli genowej
	Klasa	Utrzymanie rozmnażających się populacji i siedlisk (w tym ochrona puli genowej)
	Kod	2.2.2.3
Przedmiot pomiaru (Indicatum)		Potencjał elementów ZI do utrzymywania siedlisk i populacji gatunków
Wskaźnik		Opór najkrótszej ścieżki
Akronim		PATH
Potencjał/wykorzystanie/ zapotrzebowanie/niezaspokojone zapotrzebowanie		Potencjał
Konstrukcja wskaźnika		Wskaźnik obliczany na podstawie odrębnych przestrzennie płatów powstałych w wyniku sumy geometrycznej powierzchni kategorii PTLZ01 las + PTLZ02 zagajnik + PTLZ03 zadrzewienie + PTRK01 kosodrzewina + KUSK01 ogród botaniczny + KUSK04 park + KUSC01 cmentarz – zadrzewiony Obliczanie wskaźnika składa się z następujących kroków: 1. Wybrać dwa płaty o powierzchni co najmniej 10 ha, położone najdalej od

	<p>siebie (najdalsi sąsiedzi) w obrębie jednostki odniesienia</p> <p>2. Dla tych dwóch płatów wyznaczyć ścieżkę najmniejszego oporu zgodnie z procedurą opisaną w programie GraphScape (stosując standardową i umowną tabelę pomocniczą opisującą opór poszczególnych typów elementów przestrzennych)</p> <p>3. Wartość wskaźnika równa się oporowi tak wyznaczonej ścieżki</p>	
Pośredni/bezpośredni	Pośredni	
Prosty/złożony	Złożony	
Wyliczony/oszacowany	Wyliczony	
Skala pomiaru	Ilorazowa	
Teoretyczny zakres wartości	0–∞	
Jednostka miary	-	
Jednostka przestrzenna odniesienia	miasto	
Odniesienie do poziomu planowania	Lokalne, regionalne, krajowe	
Dane źródłowe	Opis danych	BDOT10k
	Dysponent danych	Główny Urząd Geodezji i Kartografii
	Link do bazy danych	http://www.gugik.gov.pl/pzgik/zamow-dane/baza-danych-objektow-topograficznych-bdot-10k , link do pobrania programu https://www.igipz.pan.pl/GraphScape.html
	Minimalna jednostka mapowania/rozdzielczość	Obiekt BDOT10k
	Format danych	Dane wektorowe GIS
	Pokrycie kraju	Cały kraj
	Aktualność danych	Aktualizowane na bieżąco
	Dostępność danych	Dane GIS na zamówienie

2.2.3.1 Zwalczanie chorób

W składzie gatunkowym wielu ekosystemów miejskich występują gatunki roślin naczyniowych, które wytwarzają fitoncydy – substancje o silnym działaniu bakterio-, grzybo-, wirusobójczym oraz bakteriostatycznym ograniczające wpływ gatunków utrudniających lub niszczących ekologiczne funkcjonowanie gatunków pożytecznych, w tym człowieka (Kowalska i in., 2021).

Stosunek udziału gatunków roślin produkujących fitoncydy do udziału wszystkich roślin naczyniowych

Konstrukcja wskaźnika: liczba gatunków produkujących substancje bakterio-, wiruso- i grzybobójcze w stosunku do wszystkich gatunków roślin naczyniowych

Jednostka odniesienia: część miasta (np. park, ogródki działkowe)

Odniesienie do poziomu planowania: lokalne

Długość granic płatów, których strefa brzeżna jest odpowiednia dla gniazdowania ptaków owadożernych

Ptaki owadożerne pełnią bardzo ważną rolę w ograniczaniu populacji bezkręgowców szkodliwych i uciążliwych dla człowieka. Większość z nich zakłada gniazda w strefie

krzewiowej roślinności wysokiej (drzewiastej) i średniej (krzewy) natomiast pokarm zdobywa na terenach otwartych, w miastach np. na trawnikach lub bezpośrednio w powietrzu. Wskaźnik określa potencjalną podaż siedlisk odpowiednich do gniazdowania dla tych gatunków ptaków (tab. 5).

Tabela 5. Karta dla wskaźnika długości granic płatów, których strefa brzeżna jest odpowiednia dla gniazdowania ptaków owadożernych

Świadczenie ekosystemowe		Redukcja liczebnych i uciążliwych owadów
CICES 5.1	Sekcja	Regulacyjne
	Dział	Regulacja właściwości fizycznych, chemicznych i biologicznych
	Grupa	Kontrola szkodników i chorób
	Klasa	Kontrola szkodników (w tym gatunków inwazyjnych)
	Kod	2.2.3.1
Przedmiot pomiaru (Indicatum)		Potencjał elementów ZI do utrzymywania miejsc rozrodu populacji ptaków owadożernych
Wskaźnik		Długość granic płatów, których strefa brzeżna jest odpowiednia dla gniazdowania ptaków owadożernych
Akronim		BIRDS
Potencjał/wykorzystanie/ zapotrzebowanie/niezaspokojone zapotrzebowanie		Potencjał
Konstrukcja wskaźnika		Wskaźnik obliczany jako iloraz A/B, gdzie: A = długość granic scalonych płatów PTLZ01 las + PTLZ02 zagajnik + PTLZ03 zadrzewienie + PTRK01 kosodrzewina + PTRK02 krzewy + PTUT01 ogród działkowy + PTUT02 plantacja + KUSK01 ogród botaniczny + KUSK04 park + KUSC01 cmentarz zadrzewiony dodać połowę długości granic elementów OIPR01 drzewo lub grupa drzew + OIPR03 kępa krzewów + OIPR04 kępa kosodrzewiny + OIPR06 mały las + OIPR08 pas krzewów lub żywopłot (pod warunkiem jednak, że elementy mają najdłuższą średnicę powyżej 10 m) B = powierzchnia odniesienia
Pośredni/bezpośredni		Pośredni
Prosty/złożony		Złożony
Wyliczony/oszacowany		Wyliczony
Skala pomiaru		Ilorazowa
Teoretyczny zakres wartości		0– ∞
Jednostka miary		m/ha
Jednostka przestrzenna odniesienia		Część miasta (np. dzielnica dla dużych miast), miasto, gmina, miejski obszar funkcjonalny
Odniesienie do poziomu planowania		Lokalne, regionalne, krajowe
Dane źródłowe	Opis danych	BDOT10k
	Dysponent danych	Główny Urząd Geodezji i Kartografii
	Link do bazy danych	http://www.gugik.gov.pl/pzgif/zamow-dane/baza-danych-objektow-topograficznych-bdot-10k
	Minimalna jednostka mapowania/rozdzielczość	Obiekt BDOT10k

Format danych	Dane wektorowe GIS
Pokrycie kraju	Cały kraj
Aktualność danych	Aktualizowane na bieżąco
Dostępność danych	Dane GIS na zamówienie

Miejsca lęgowe jerzyków

Jerzyki są ptakami spożywającymi ogromną ilość komarów i innych uciążliwych owadów, przez co poprawiają jakość życia i ograniczają liczbę owadów, mogących być wektorami chorób. Jerzyki są zasadniczo mieszkańcami obszarów zurbanizowanych i wymagają wysokich budynków i budowli dla zakładania gniazd. Jako inną miarę uzupełniającą można zastosować liczbę funkcjonujących budek dla jerzyków na powierzchnię jednostki odniesienia (tab. 6).

Tabela 6. Karta dla wskaźnika miejsca lęgowe jerzyków

Świadczenie ekosystemowe		Redukcja liczebności szkodliwych i uciążliwych owadów
CICES 5.1	Sekcja	Regulacyjne
	Dział	Regulacja właściwości fizycznych, chemicznych i biologicznych
	Grupa	Kontrola szkodników i chorób
	Klasa	Kontrola szkodników (w tym gatunków inwazyjnych)
	Kod	2.2.3.1
Przedmiot pomiaru (Indicatum)		Wykorzystanie potencjału budynków do występowania miejsc gniazdowania jerzyków
Wskaźnik		Miejsca lęgowe jerzyków
Akronim		SWIFT
Potencjał/wykorzystanie/ zapotrzebowanie/niezaspokojone zapotrzebowanie		Wykorzystanie potencjału
Konstrukcja wskaźnika		Liczba budynków i budowli o wysokości co najmniej 10 m zasiedlonych przez jerzyki w stosunku do ogólnej liczby budynków i budowli o wysokości co najmniej 10 metrów na powierzchni odniesienia
Pośredni/bezpośredni		Pośredni
Prosty/złożony		Złożony
Wyliczony/oszacowany		Wyliczony
Skala pomiaru		Ilorazowa
Teoretyczny zakres wartości		0– ∞
Jednostka miary		%
Jednostka przestrzenna odniesienia		Część miasta (np. dzielnica dla dużych miast), miasto
Odniesienie do poziomu planowania		Lokalne, regionalne, krajowe
Dane źródłowe	Opis danych	Dane o budynkach - BDOT10k; dane o jerzykach – rozproszone w źródłach lokalnych
	Dysponent danych	Dane o budynkach - Główny Urząd Geodezji i Kartografii; dane o jerzykach – różne organy i organizacje
	Link do bazy danych	http://www.gugik.gov.pl/pzgik/zamow-dane/baza-danych-objektow-topograficznych-bdot-10k
	Minimalna jednostka	Obiekt BDOT10k

mapowania/rozdzielczość	
Format danych	Dane wektorowe GIS, zestawienia tabelaryczne i statystyki
Pokrycie kraju	Cały kraj
Aktualność danych	Dane o budynkach – aktualizowane na bieżąco; dane o jerzykach – charakter niepewny
Dostępność danych	Dane GIS na zamówienie

2.2.5.1 Regulacja chemicznych właściwości wód słodkich

Roślinność zlokalizowana wzdłuż rzek, cieków i zbiorników wodnych pełni rolę filtra redukującego dopływ zanieczyszczeń spływających ze zlewni (terenu miasta), przede wszystkim substancji eutrofizujących wody (Hefting i in., 2005; Rocha i in., 2015; Prus i in., 2018).

Powierzchnia roślinności wzdłuż brzegów rzek/cieków i zbiorników wodnych

Konstrukcja wskaźnika: powierzchnia roślinności w % w pasie 20-25 m od brzegów

Jednostka odniesienia: miasto, część dużego miasta, miejski obszar funkcjonalny

Odniesienie do poziomu planowania: lokalne, regionalne

2.2.6.1 Regulacja składu chemicznego atmosfery i oceanów

Zieleń miejska przyczynia się do zatrzymania zanieczyszczeń powietrza, których głównym źródłem w miastach jest niska emisja, transport samochodowy oraz przemysł. Szczególne znaczenie ma zieleń usytuowana wzdłuż ciągów komunikacyjnych i w sąsiedztwie zakładów przemysłowych (np. cementowni) (Beckett i in., 1998; Jim i Chen, 2008; Manes i in., 2014; Popek i in., 2015; Maes i in., 2016; Przybysz i in., 2020).

Index liściowy (LAI)

Konstrukcja wskaźnika: stosunek powierzchni liści do powierzchni gruntu

Jednostka odniesienia: miasto, część dużego miasta, miejski obszar funkcjonalny

Odniesienie do poziomu planowania: lokalne, regionalne

Ilość pyłów zatrzymanych na powierzchni liści (Q)

Konstrukcja wskaźnika: $Q = \Sigma(Vd \times C) \times LAI \times 0,5$ gdzie Vd – prędkość osadzania (średnia 0,0064 m/s), C – koncentracja pyłu w powietrzu (średnia dzienna), LAI – indeks liściowy, 0,5 – współczynnik szybkości ponownego zawieszania cząstek powracających do atmosfery (suma dla okresu wegetacyjnego lub dla danego terminu)

Jednostka odniesienia: miasto, część dużego miasta (wartość dla każdej większej powierzchni BZI), miejski obszar funkcjonalny

Odniesienie do poziomu planowania: lokalne, regionalne

Powierzchnia zajmowana przez roślinność wzdłuż dróg i ulic

Konstrukcja wskaźnika: powierzchnia roślinności w pasie 15(50) m od drogi (dodatkowo można zróżnicować pod względem struktury, czyli dodać rangę – im bardziej rozwinięta struktura pionowa tym lepiej)

Jednostka odniesienia: miasto, część dużego miasta, miejski obszar funkcjonalny

Odniesienie do poziomu planowania: lokalne, regionalne

2.2.6.2 Regulacja temperatury i wilgotności powietrza w tym przewietrzanie i transpiracja

Zieleń miejska w znaczącym stopniu przyczynia się do łagodzenia miejskiej wyspy ciepła; poprawiając warunki termiczne w mieście wpływa na jakość życia mieszkańców, zwłaszcza w okresach letnich. Chłodzący wpływ BZI wiąże się przede wszystkim z ocienianiem i ewapotranspiracją (Tyrväinen i in., 2005; Schwarz i in., 2011; Rocha i in., 2015; Zardo i in., 2017; Zwierzchowska i Mizgajski, 2019).

Różnica temperatury powierzchni terenu między obszarem BZI a obszarem zabudowanym

Konstrukcja wskaźnika: Temperatura maksymalna z piksela w obrębie miasta – temperatura uśredniona z powierzchni płatu BZI

Jednostka odniesienia: miasto, część dużego miasta (wartość dla każdej większej powierzchni powierzchniowo czynnej, np. wydzielenie wg CLC)

Odniesienie do poziomu planowania: lokalne, regionalne

Różnica w emisji ciepła z powierzchni różnych typów pokrycia terenu

Konstrukcja wskaźnika: emisja ciepła[i] = (emisja[i]/ emisja[BZI]×100)-100 (zróżnicowanie emisji ciepła z powierzchni różnych typów pokrycia terenu)

Jednostka odniesienia: miasto, część dużego miasta (wartość dla każdej większej powierzchni powierzchniowo czynnej, np. wydzielenie wg CLC), miejski obszar funkcjonalny

Odniesienie do poziomu planowania: lokalne, regionalne

Ilość wody wyparowana z komórek roślinnych i gruntu w ciągu doby

Konstrukcja wskaźnika: ewapotranspiracja – proces parowania terenowego obejmujący transpirację (parowanie z komórek roślinnych) oraz ewaporację (parowanie z gruntu)

$ETA = Kc \times ETo$, gdzie ETA – ewapotranspiracja w warunkach nieograniczonego dostępu wody w gruncie, Kc – współczynnik biologiczny, ETo – ewapotranspiracja referencyjna zależna od temperatury i wilgotności powietrza

Jednostka odniesienia: miasto, część dużego miasta (wartość dla każdej większej powierzchni BZI), miejski obszar funkcjonalny

Odniesienie do poziomu planowania: lokalne, regionalne

Powierzchnia drzewostanów dających cień

Konstrukcja wskaźnika: powierzchnia koron drzew/powierzchnia miasta (jego części)

Jednostka odniesienia: miasto, część dużego miasta (wartość dla każdej większej powierzchni zadrzewionej), miejski obszar funkcjonalny

Odniesienie do poziomu planowania: lokalne, regionalne

Wskaźnik złożony uwzględniający ocienianie i ewapotranspirację – ocena efektywności chłodzenia BZI

Konstrukcja wskaźnika: ocienianie (% pokrycia roślinnością drzewiastą) + ewapotranspiracja ETA (w zależności od powierzchni wydzielania: $< 2 \text{ ha} - 0,8 \times \text{pokrycie drzew} + 0,2 \times ETA$, $\geq 2 \text{ ha} - 0,4 \times \text{pokrycie drzew} + 0,6 \times ETA$)

Jednostka odniesienia: miasto, część dużego miasta (wartość dla każdej większej powierzchni zadrzewionej)

Odniesienie do poziomu planowania: lokalne

Powierzchnia znajdująca się w zasięgu efektu chłodzącego BZI

Konstrukcja wskaźnika: powierzchnia znajdująca się w zasięgu oddziaływania płatów BZI (tereny o pow. 1-10 ha wpływ do 100 m; >10 ha wpływ do 300 m)

Jednostka odniesienia: miasto, część dużego miasta (wartość dla każdej większej powierzchni BZI), miejski obszar funkcjonalny

Odniesienie do poziomu planowania: lokalne, regionalne

Liczba mieszkańców miasta narażonych na wysokie temperatury

Konstrukcja wskaźnika: liczba mieszkańców na jednostkę powierzchni (np. miasta, dzielnicy) pozostających poza zasięgiem oddziaływania "efektu chłodzącego" BZI

Jednostka odniesienia: miasto, część dużego miasta, miejski obszar funkcjonalny

Odniesienie do poziomu planowania: lokalne, regionalna

Usługi zaopatrzeniowe w obszarach zurbanizowanych

1.1.1.1 Rośliny lądowe uprawiane w celach odżywczych

Miasto jako obszar gęsto zaludniony i zabudowany z reguły posiada w swoich granicach niewiele terenów predysponowanych do produkcji rolniczej. Zwykle są to obszary intensywnej produkcji warzyw i owoców. Inaczej sytuacja wygląda w miejskich obszarach funkcjonalnych, które spełniają często funkcje zaopatrywania miasta w podstawowe produkty żywnościowe. Określony potencjał ekosystemów do produkcji rolnej jest jednym z istotnych elementów planowania na wypadek zjawisk ekstremalnych, ograniczających swobodny dopływ żywności do miasta. Obecnie na podstawie wyników badań opisywanych w literaturze, przyjmuje się określoną liczbę osób, która może wyżywić się z 1 ha użytków rolnych¹.

Powierzchnia obszarów rolnych, jako potencjał wyżywienia dla określonej liczby ludności

Jednostka odniesienia: miasto, miejski obszar funkcjonalny

Odniesienie do poziomu planowania: lokalne, regionalne

1.1.5.2 Włókna i inne materiały z roślin dziko rosnących do bezpośredniego wykorzystania lub przetwarzania (z wyłączeniem materiałów genetycznych)

1.1.5.3 Dzikie rośliny (lądowe i wodne, w tym grzyby, algi) wykorzystywane jako źródło energii

Pozyskanie grubizny z zadrzewień oraz lasów prywatnych i gminnych

Pozyskanie grubizny w lasach i zadrzewieniach na terenie miasta jest działalnością uboczną, przy okazji działań sanitarnych i kształtujących powierzchnie zielone. Wielkość pozyskania jest bardzo zmienna z roku na rok. Pozyskana grubizna jest wykorzystywana głównie jako surowiec drzewny do bezpośredniego użytku lub do przetworzenia. Dodatkowo, część jest wykorzystywana jako źródło energii. Proporcje są zmienne w latach i regionach dlatego też jest to łączny wskaźnik dwóch świadczeń. Przy innych jednostkach przestrzennych (gmina, miejski obszar funkcjonalny) wskaźnik zasadniczo nie ma sensu, gdyż występują tam także lasy państwowe. Dane statystyczne Lasów Państwowych mają inne ujęcie przestrzenne i nie można ich bezpośrednio łączyć z danymi wykorzystywanymi przy tym wskaźniku (tab. 7).

¹ <https://www.farmer.pl/agroskop/analizy-i-komentarze/hektar-zywi-coraz-wiecej-osob,63094.html>

Tabela 7. Karta dla wskaźnika pozyskanie grubizny z zadrzewień oraz lasów prywatnych i gminnych

Świadczenie ekosystemowe		Dostarczanie drewna
CICES 5.1	Sekcja	Zaopatrzeniowe
	Dział	Biomasa
	Grupa	Dziki rośliny (lądowe i wodne) do celów odżywczych, materiałowych lub energetycznych
	Klasa	a) Włókna i inne materiały z roślin dziko rosnących do bezpośredniego wykorzystania lub przetwarzania (z wyłączeniem materiałów genetycznych). B) Dziki rośliny (lądowe i wodne, w tym grzyby, algi) wykorzystywane jako źródło energii
	Kod	a) 1.1.5.2; b) 1.1.5.3
Przedmiot pomiaru (Indicatum)		Wykorzystanie zadrzewień oraz lasów prywatnych i gminnych do produkcji drewna
Wskaźnik		Pozyskanie grubizny z zadrzewień oraz lasów prywatnych i gminnych
Akronim		TIMBER
Potencjał/wykorzystanie/ zapotrzebowanie/niezaspokojone zapotrzebowanie		Wykorzystanie
Konstrukcja wskaźnika		Wskaźnik jest sumą dwóch wartości, przedstawianych oddzielnie w sprawozdawczości GUS (BDL), czyli jest to suma grubizny pozyskanej z zadrzewień (jedna grupa danych) oraz z lasów prywatnych i gminnych (druga grupa)
Pośredni/bezpośredni		Bezpośredni
Prosty/złożony		Prosty
Wyliczony/oszacowany		Wyliczony
Skala pomiaru		Ilorazowa
Teoretyczny zakres wartości		0 – ∞
Jednostka miary		m ³
Jednostka przestrzenna odniesienia		Miasto
Odniesienie do poziomu planowania		Lokalne, regionalne, krajowe
Dane źródłowe	Opis danych	Dane GUS - Kategoria: leśnictwo i łowiectwo, grupy: a) zadrzewienia, b) lasy prywatne i gminne, podgrupa Pozyskanie drewna (grubizny)
	Dysponent danych	Główny Urząd Statystyczny
	Link do bazy danych	https://bdl.stat.gov.pl
	Minimalna jednostka mapowania/rozdzielczość	miasto
	Format danych	Tabele statystyczne (xls, csv i inne)
	Pokrycie kraju	Cały kraj
	Aktualność danych	Aktualizowane na bieżąco
	Dostępność danych	Dostępne

Literatura

- Affek, A.N., Degórski, M., Wolski, J., Solon, J., Kowalska, A., Roo-Zielińska, E., Grabińska, B., Kruczkowska, B., 2020. *Ecosystem service potentials and their indicators in postglacial landscapes: Assessment and mapping*. Elsevier, Amsterdam, Oxford, Cambridge. doi:10.1016/C2017-0-04088-0
- Beckett, K.P., Freer-Smith, P., Taylor, G., 1998. *Urban woodlands: their role in reducing the effects of particulate pollution*. *Environmental Pollution*, 99(3): 347-360.
- Dhakai, N., Fang, X., Cleveland, T., Thompson, D., Asquith, W., Marzen, L., 2012. *Estimation of Volumetric Runoff Coefficients for Texas Watersheds Using Land-Use and Rainfall-Runoff Data*. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 138: 43-54.
- Hefting, M., Clement, J.-C., Bienkowski, P., Dowrick, D., Guenat, C., Butturini, A., Topa, S., Pinay G., Verhoeven, J., 2005. *The Role of Vegetation and Litter in the Nitrogen Dynamics of Riparian Buffer Zones in Europe*. *Ecological Engineering*, 24: 465-482.
- Hydraulics Design Manual*, Engineering And Asset Management Unit Geo-Environmental Section, 2014, https://www.oregon.gov/odot/GeoEnvironmental/Docs_Hydraulics_Manual/Hydraulics-07-F.pdf
- Jim, C.Y., Chen, W.Y., 2008. *Assessing the ecosystem service of air pollutant removal by urban trees in Guangzhou (China)*. *Journal of Environmental Management*, 88: 665-676.
- Kowalska, A., Affek, A., Wolski, J., Regulaska, E., Kruczkowska, B., Zawiska, I., Kołaczowska, E., Baranowski, J., 2021. *Assessment of regulating ES potential of lowland riparian hardwood forests in Poland*. *Ecological Indicators*, 120: 106834.
- Maes, J., Zulian, G., Thijssen M., Castell, C., Baró, F., et al. 2016. *Mapping and Assessment of Ecosystems and their Services. Urban Ecosystems*. Publications Office of the European Union, Luxembourg.
- Manes, F., Silli, V., Salvatori, E., Incerti, G., Galante, G., Fusaro, L., Perrino, C., 2014. *Urban ecosystem services: tree diversity and stability of PM10 removal in the metropolitan area of Rome*. *Annali di Botanica*, 4: 19-26.
- Popek, R., Gawrońska, H., Gawroński, S.W., 2015. *The level of particulate matter on foliage depends on the distance from the source of emission*. *International Journal of Phytoremediation*, 17: 1262-1268.
- Prus, P., Popek, Z., Pawlaczyk, P., 2018. *Dobre praktyki utrzymania rzek*. WWF Polska, Warszawa.
- Przybysz, A., Wińska-Krysiak, M., Małecka-Przybysz, M., Stankiewicz-Kosyl, M., Skwara, M., Kłos, A., Kowalczyk, S., Jarocka, K., Sikorski, P., 2020. *Urban wastelands: On the frontline between air pollution sources and residential areas*. *Science of the Total Environment*, 721: 137695.
- Rocha, S.M., Zulian, G., Maes, J., Thijssen, M., 2015. *Mapping and assessment of urban ecosystems and their services*. EUR 27706 EN.
- Schwarz, N., Bauer, A., Haase, D., 2011. *Assessing climate impacts of planning policies – An estimation for the urban region of Leipzig (Germany)*. *Environmental Impact Assessment Review* 31: 97-111.
- Tyrväinen, L., Pauleit, S., Seeland, K., de Vries, S., 2005. *Benefits and Uses of Urban Forests and Trees* [w:] C.C. Konijnendijk, K. Nilsson, T.B. Randrup, J. Schipperijn (red.), *Urban Forest and Trees*. Springer, Berlin–Heidelberg–New York.
- Zardo, L., Geneletti, D., Pérez-Soba, M., Van Eupen, M., 2017. *Estimating the cooling capacity of green infrastructures to support urban planning*. *Ecosystem Services*, 26: 225-235.
- Zwierzchowska, I., Mizgajski, A., 2019. *Potencjał zielonej infrastruktury w dużych polskich miastach do świadczenia usług ekosystemowych*. *Rozwój Regionalny i Polityka Regionalna*, 47: 21-37.