

Krzysztof M. Rostański

Politechnika Śląska, Wydział Architektury
Katedra Projektowania Architektury Mieszkaniowej i Użyteczności Publicznej
krzysztof.rostanski@polsl.pl,  <https://orcid.org/0000-0002-4716-6839>

Silnie skażone tereny przemysłowe jako potencjalne miejsca rekreacji

Zarys treści: Rejony przemysłowe, szczególnie te silnie zurbanizowane, wykazują niedostatek terenów inwestycyjnych, w tym również takich, które można przeznaczyć na tereny zieleni. Parki i zieleńce bywają zakładane nawet na gruntach silnie skażonych. Przedmiotem pracy jest analiza możliwości adaptacji metody PAR (Prediction, Adaptation, Resilience) w dostosowaniu terenów skażonych do użytku społecznego z zachowaniem warunków bezpieczeństwa i rozwiązań opartych na naturze (*Nature-Based Solutions*) w relacji do usług ekosystemowych. Celem pracy jest wskazanie przy tym drogi do zachowania lokalnych wartości przyrodniczo-kulturowych przy remediacji i rekonstrukcji lokalnych warunków środowiskowych i przy różnym stopniu zainwestowania. Bezpieczeństwo użytkowników jest najważniejsze, ale stopień tego bezpieczeństwa nie w każdym miejscu musi być taki sam. Trzeba umiejętnie równoważyć izolację, remediację, fitostabilizację i sukcesję. Efekty analiz tworzą fenomenologiczny opis cech, których znaczenie dla obiektu projektant może dostosować do swojej wizji. Znając uwarunkowania i mając ideę, należy jeszcze sporządzić listę celów dla porównania i sprawdzenia słuszności podejmowanych decyzji.

Słowa kluczowe: tereny skażone, rekreacja, *Nature-Based Solutions*, usługi ekosystemowe, rekultywacja

Wstęp

W pracy poruszono kwestię rekultywacji terenów przemysłowych na cele rekreacyjne, ale ze szczególnym uwzględnieniem gruntów silnie skażonych. Analizując tereny wykorzystywane rekreacyjnie, należy odnieść się do ich cech przyrodniczych. Cechy te definiowane są przez usługi ekosystemów, które stanowią kanwę pracy. Rekreacja jest pojęciem złożonym, mającym różne definicje. Dla spójności wyводу odniesiono ją w pracy do kulturowych usług ekosystemowych, które obejmują aktywności mające na celu odpoczynek i odbudowę sił fizycznych i intelektualnych. Pozostałe usługi ekosystemów są cechami środowiska, które w różnym stopniu sprzyjają takiemu wykorzystaniu. Skażone tereny

poprzemysłowe o powierzchni umożliwiającej wielofunkcyjne użytkowanie poemowane są zwykle jako zwałowiska odpadu pozostającego po rudach metali czy skały płonnej (Loures, Vaz 2018). Toksycznym odpadem przemysłowym są również składowiska odpadów przemysłu chemicznego. Zdeponowane materiały niebezpieczne bywają zlokalizowane w bezpośrednim sąsiedztwie terenów mieszkaniowych. Pojawia się więc problem ich zabezpieczenia, bezpiecznego dostępu do ich powierzchni w sytuacji kurczących się terenów inwestycyjnych oraz adaptacji do zmian klimatu i ochrony biologicznej różnorodności. Presja inwestycyjna sprawia, że niejednokrotnie całość dostępnego terenu wokół jest już zabudowana i pozostają wyłącznie zwałowiska jako jedyny teren otwarty z zielenią. Siłą rzeczy staje się on miejscem potencjalnej rekreacji, spacerów z psem, azyłem dla głośnej młodzieży itp. Takie miejsca nie są bezpieczne nie tylko ze względu na toksyczny materiał, pojawia się więc imperatyw rekultywacji, zabezpieczenia i idee jego udostępnienia. Celem pracy jest wskazanie takiej drogi zagospodarowania terenów skażonych, która czyniąc teren bezpiecznym i dostępnym, pozwoli jednocześnie zachować lokalne wartości przyrodniczo-kulturowe (Loures i in. 2011). Osiągnięcie tego bez społecznej akceptacji dla szczególnej estetyki będącej wynikiem naturalnej sukcesji roślin wydaje się niemożliwe. Rekonstrukcja lokalnych warunków środowiskowych prezentuje różny stopień zainwestowania, zgodnie z lokalnymi uwarunkowaniami. W pracy oparto się na metodzie PAR (Prediction, Adaptation, Resilience) (Mallick 2021) dostosowanej do przekształcania terenów skażonych, która realizuje idee zrównoważonego rozwoju (Rostański 2021). Aspekt przyrodniczy odniesiono do usług ekosystemów i rozwiązań opartych na naturze (*Nature-Based Solutions*) (Evaluating... 2021). Dzięki temu wskazano na konkretne działania wiążące ściśle potrzeby społeczne i ekonomiczne z przyrodniczymi w postaci przeciwdziałania zmianom klimatu i ochronie bioróżnorodności.

Rekultywacja i udostępnianie terenów skażonych

Istnieje bogata literatura dotycząca rekultywacji terenów zdegradowanych (np. Hollander 2010, Kretschmann 2017, Konior, Pokojska 2020, Parra i in. 2022). Prowadzone są badania nad metodami rekultywacji i remediacji terenów skażonych (np. Kalogerakis i in. 2012, Pogrzeba, Szada-Borzyszkowska 2021, Wierzbicka 2021). Wiele z nich dotyczy doboru gatunków dla fitoremediacji (Borges i in. 2018, Blanco-Velázquez i in. 2020).

Istnieją opracowania na temat wykorzystania rekreacyjnego terenów zdegradowanych (np. Chylińska, Kołodziejczyk 2017, Gregorová i in. 2020). Istnieje jednak pewien niedostatek wiedzy związanej z wykorzystaniem terenów skażonych na cele rekreacyjne, a szczególnie z poszanowaniem potencjału przyrodniczego miejsca. Potencjał przyrodniczy opisywany jest w tekstach na temat usług ekosystemów (np. <https://www.nwf.org/Educational-Resources/Wildlife-Guide/Understanding-Conservation/Ecosystem-Services>, <https://www.earthwiseaware.org/what-are-ecosystem-services/>, Costanza i in. 1997, Solon 2008,

Januchta-Szostak 2012, Menzie i in. 2012). Są prace, które odnoszą się w tym kontekście do wartości przyrodniczej terenów skażonych, nawiązując ogólnie do ich rekreacyjnego wykorzystania (Cundy i in. 2013, Kovalick, Montgomery 2014, Hooper i in. 2015, Wagner i in. 2015, Gallagher i in. 2018, Chowdhury 2020, Bakhmatova i in. 2022, Francini i in. 2022). Rozwiązania oparte na przyrodzie (NBS) często dotyczą rekultywacji terenów zdegradowanych, w tym zapewnienia bezpieczeństwa ich wykorzystania (Evaluating the Impact... 2021, Vojvodíková i in. 2022).

Skażone tereny zdegradowane, o ile to możliwe, nie powinny być wykorzystywane rekreacyjnie. Postępująca urbanizacja i przemysł rozwijający się w granicach miast pozostawia po sobie wciąż nowe tereny o takich cechach i konieczna jest ich rekultywacja również na cele rekreacyjne. Przykładami są tu: Cospuden w pobliżu Lipska – zrehabilitowany teren po wydobywaniu węgla brunatnego, Muzeum Kothla Nomme – zrewitalizowany zakład wydobywania łupków ropooszczędnych w Estonii czy Diemer Park w Amsterdamie – zrehabilitowane składowisko odpadów toksycznych. Przeprowadzono badania zgodnie z formułą *Research by design* (RBS), odnosząc się do projektów rekultywacji lub udostępnienia hałdy powęglowej sąsiadującej ze zrehabilitowanym wysypiskiem śmieci w Świętochłowicach-Lipinach (Projekt koncepcyjny szlaków... 2007), stawu Kalina w Świętochłowicach (Odbudowa... 2012), ZPK Żabie Doły w Bytomiu (Projekt rewitalizacji... 2017), Góra Antonia w Rudzie Śląskiej (Dokumentacja projektowa... 2017), ZPK Dolina Lipinki w Świętochłowicach (Dokumentacja projektowa... 2020).

O problemie wysokiej toksyczności miejsc wykorzystywanych rekreacyjnie mogą świadczyć pomiary gleby w otoczeniu hałdy Kopyto w dolinie Lipinki, które są skażone arsenem i metalami ciężkimi w warstwie przypowierzchniowej (0–0,3 m) w sposób wysoko przekraczający normy nawet dla terenów przemysłowych (tab. 1). Podobne dane dotyczą innych miejsc (Rostański 2021).

Tabela 1. Zawartości skażeń w okolicy hałdy Kopyto w dolinie Lipinki i ich dopuszczalne zawartości w glebie i wodach

Substancja	Zawartość w gruntach zadrzewionych [mg/kg]	Zawartość w gruntach pod stawami [mg/kg]	Zawartość w wodach [mg/l]	Dopuszczalne wartości
Arsen	5 288	1 320		<50 mg/kg
Cynk	36 930	45 360		<1000 mg/kg
Kadm		170		<10 mg/kg
Miedź		314		<300 mg/kg
Nikiel		70		<300 mg/kg
Ołów	16 110	12 100		<500 mg/kg
pH			9,1	6,5–9,0
Siarczan SO ₄			15 114	<150 mg/l

Źródło: Pasieczna (2016), Normy jakości gleb dla gruntów zadrzewionych (na podstawie rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 1 września 2016 r., Dz.U. poz. 1395); Normy jakości wód powierzchniowych (na podstawie rozporządzenia Ministra Gospodarki Morskiej i Żegludki Śródlądowej z dnia 12 lipca 2019 r., Dz.U. poz. 1311).

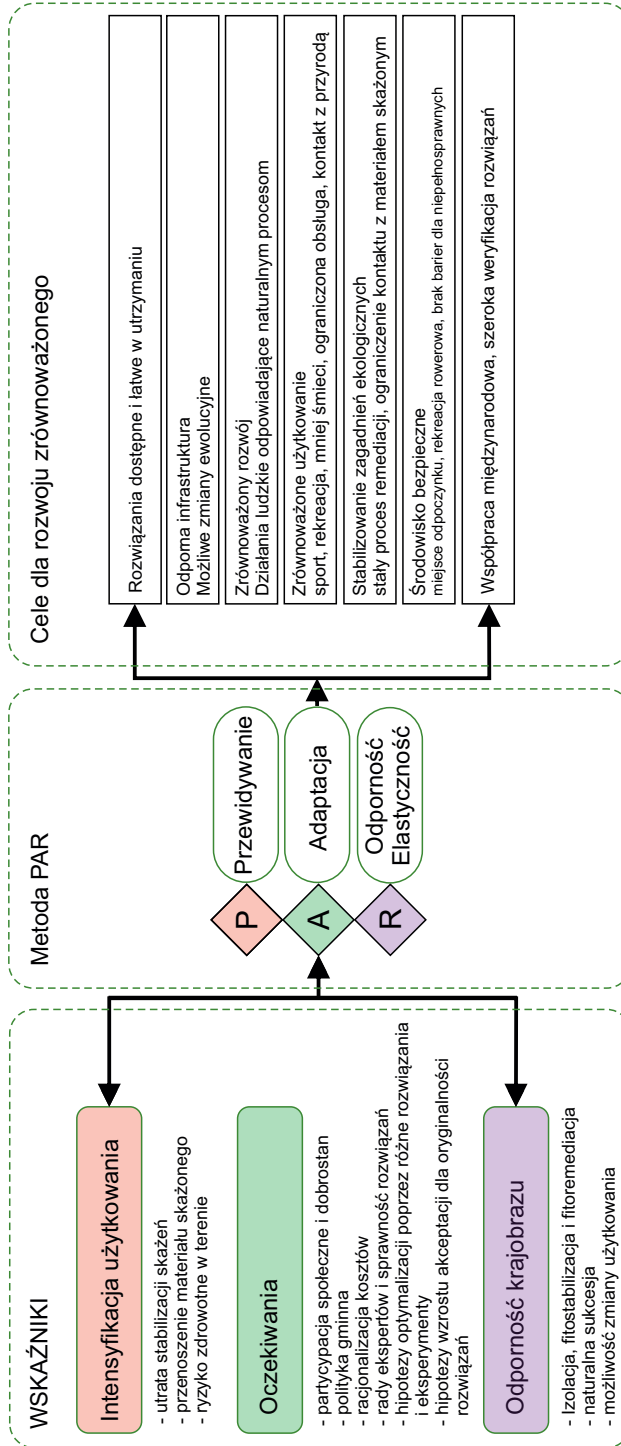
Tabela 2. Zagadnienia obecne w literaturze przedmiotu i wynikające z badań własnych, związane z wykorzystaniem terenów skażonych na cele rekreacyjne

Problemy	Zagadnienia podstawowe
Rekultywacja terenów zdegradowanych	rekultywacja techniczna, zabezpieczenie, udostępnienie, walory krajobrazowe, dziedzictwo przemysłowe, rewitalizacja architektury, zagospodarowanie terenu, edukacja
Metody rekultywacji i remediacji	toksyczność, izolacja, remediacja, łagodne metody remediacji, bioremediacja, fitoremediacja, fitostabilizacja, rekonstrukcja obiektu, dobór roślin projektowanych i sposób ich sadzenia
Potencjał przyrodniczy	usługi ekosystemów, <i>Nature Based Solutions</i> , ekologia krajobrazu, ochrona bioróżnorodności, eliminacja roślin inwazyjnych, unikatowość roślinności terenów skażonych jako elementu lokalnej tożsamości i ślad dziedzictwa przeszłości gospodarczej, łączność z okolicznym systemem przyrodniczym, wykorzystanie gatunków rodzimych jako doboru podstawowego
Zagrożenia	skażenia, skrajne warunki siedliskowe, toksyczność roślin wchłaniających skażenia, rozprzestrzenianie się skażeń poprzez nieodpowiednie użytkowanie lub erozję, brak społecznej świadomości zagrożeń, formy morfologiczne terenu stwarzające zagrożenia dla ludzi
Rekreacja	cele polityki miejskiej, wykorzystanie obiektów przemysłowych, rewitalizacja, ograniczony program funkcjonalny, zróżnicowany dostęp, ograniczone wykorzystanie roślin ozdobnych, informacja i edukacja

Źródło: opracowanie własne.

Metody

Przedstawione badania są wynikiem zastosowania fenomenologicznej metody Natury Modelowanej (Rostański 2012). Jest to wieloaspektowe, opisowe podejście do problemów implementacji naturalistycznej idei w projektach zagospodarowania terenu. Zasadniczym celem jest w niej stosowanie rozwiązań opartych na przyrodzie (NBS) i maksymalne możliwe wykorzystanie naturalnych procesów. Zgodnie z tym wykonano analizy pojęcia usług ekosystemowych (www.nwf.org, www.earthwiseaware.org), które pozwoliły sformułować listę cech odpowiadających każdej z czterech kategorii usług – podstawowych, zaopatrujących, regulacyjnych i kulturowych. Listę tę uzupełniono o cechy, które uznano za istotne w realizacji własnych projektów, jakie stanowią przedmiot badań w formule Research by Design (Projekt koncepcyjny... 2007, Odbudowa wartości... 2012, Dokumentacja... 2017, Projekt rewitalizacji... 2017, Dokumentacja... 2020). Wykonano również terenowe analizy wspomnianych istniejących obiektów z zagranicy. Dla wszystkich obiektów określono cele i związane z nimi działania. Skonfrontowano to z metodą PAR (Mallik 2021), dla której opracowano odpowiednik odnoszący się do skażonych terenów zdegradowanych, co przedstawiono na rycinie 1. Wyniki analiz ujęto w tabelach, w których wskazano na relacje poszczególnych cech usług ekosystemowych do najistotniejszych problemów, z jakimi należy się zmierzyć, rozważając przekształcenie terenu skażonego na użyteczny dla rekreacji. Wyszczególniono tu działania podstawowe jako te, które w kontekście usług ekosystemowych związane są z procesami przyrodniczymi i po ich inicjacji dają trwały efekt



Ryc. 1. Metoda PAR dostosowana do zagadnień rekultywacji obiektów zawierających materiał skażony
 Źródło: opracowanie własne.

nawet bez dalszej ludzkiej ingerencji. Z kolei wspomagające to działania interwencyjne, wspierające procesy przyrodnicze przy użyciu technologii przemysłowych i środków chemicznych. Na końcu wskazano cele, do jakich prowadzą konkretne działania. Każda rekultywacja ma ograniczenia wynikające z lokalnych uwarunkowań i środków możliwych do przeznaczenia na jej realizację. Stąd zakres planowanych celów musi podlegać pragmatycznej analizie. Tabele mają stanowić rodzaj in-dykatywnej listy weryfikującej zakres projektów rekultywacji terenów skażonych.

Metoda PAR odniesiona do terenów skażonych (ryc. 1; Rostański 2021, s. 6) podaje wskaźniki związane z podejmowanymi zamierzeniami. Dotyczą cech wynikających ze zmiany użytkowania, oczekiwań inwestora i lokalnego społeczeństwa oraz zamierzonej odporności efektów realizacji. Proces realizacji musi więc uwzględniać przewidywanie istotnych problemów do rozwiązania, adaptację projektu, czyli jego zmiany w trakcie realizacji, i uzyskanie trwałego efektu odpornego na upływ czasu. Efekt ten powinien realizować wskazane cele istotne dla zrównoważonego rozwoju.

Wyniki

W zakresie usług podstawowych najważniejsze są kwestie zatrzymania skażeń na zwałowisku i budowa warstwy gleby na jego powierzchni. Przy skażeniach metalami ciężkimi i metaloidami brak warstwy wegetacyjnej powoduje pylenie się toksycznego materiału i trwa to dziesiątkami lat. Również zwałowiska skały płonnej są przez wiele lat źródłem pyłu, choć większe niebezpieczeństwo dla zdrowia powodują ich samozapłony i emisja toksycznych gazów (tlenek węgla, dwutlenek węgla, dwutlenek siarki, metan, siarkowodór, węglowodory) (Białecka 2016, s. 171). Warunkiem zapobieżenia zapłonowi resztek węgla w hałdzie jest jej izolacja przed penetracją powietrza. Wiąże się to z niedopuszczeniem do wzrostu drzew na jej powierzchni. Korzenie penetrujące zwałowisko sprowadzają tlen w jego głębsze warstwy. Wysokie pH ma zdolność utrzymywania metali ciężkich i metaloidów w postaci związków nierozpuszczalnych w wodzie, co zapobiega ich wyłukiwaniu przez deszcz (Vangronsveld 1998, s. 153–154). Na hałdach pocynkowych pojawiają się samosiewy sosny pospolitej. Niestety jej igliwie zakwasza glebę.

Są trzy sposoby postępowania przy rekultywacji hałd pocynkowych. Najczęściej jest to izolacja warstwami np. gliny i ziemi urodzajnej. Drugim sposobem jest stabilizacja za pomocą sorbentów i nawozów na bazie wapnia. W przypadku zastosowania roślin, które nie wchłaniają metali ciężkich do pędów nadziemnych, mamy do czynienia z fitostabilizacją (Pogrzeba i in. 2021). Trzecim sposobem jest fitoremediacja polegająca na wykorzystaniu roślin pochłaniających metale ciężkie (McIntyre 2003, s. 97–123). Wtedy każde koszenie powoduje redukcję toksycznych związków w wierzchnich warstwach zwałowiska. Materiał z koszenia, wymieszany z tym z innych miejsc, może być użyty jako kompost w rejonach przemysłowych, bo to nie zwiększa istotnie zawartości metali ciężkich w tych gruntach. Metalofity, czyli rośliny znoszące warunki skażeń hałd pocynkowych, są źródłem ściółki i co za tym idzie – przyczyniają się do stopniowego powstawania

na nich warstwy gleby. Niestety ich pędy zawierają materiał toksyczny i nie powinny być dotykane. Wielokrotny bezpośredni kontakt może być niebezpieczny. Zachowanie tego typu roślinności może następować tylko w miejscach niewykorzystywanych rekreacyjnie (tab. 3).

Tabela 3. Usługi podstawowe – tworzenie gleby

Problemy	Działania podstawowe	Działania wspomagające	Cel
<ul style="list-style-type: none"> – gleba płytka i słabo wykształcona – grunt skażony – grunt jałowy – niekorzystne pH 	<ul style="list-style-type: none"> – izolacja skażeń – fitoremediacja – fitostabilizacja – nawiezenie ziemi urodzajnej – pozostawianie miejscami naturalnej ściółki – ściółkowanie 	<ul style="list-style-type: none"> – nawożenie – użycie sorbentów – chemiczna remediacja i stabilizacja skażeń 	<ul style="list-style-type: none"> – bezpieczeństwo użytkowania – zatrzymanie skażeń w strefie korzeni – zatrzymywanie wilgoci – regulacja pH i żyzności gleby

Źródło: opracowanie własne.

Produkcja tlenu i przyrost masy roślinnej uwarunkowane są dostępem do światła słonecznego i substancji odżywczych w gruncie. Zwałowiska substancji toksycznych mogą być akceptowalnym siedliskiem tylko dla bardzo ograniczonej liczby gatunków. Mimo że rośliny mają zdolność dekontaminacji i drzewa przez swą wielkość mają w tym znaczny udział, to ich rozwój na zwałowiskach toksycznych jest ograniczany. Penetracja systemu korzeniowego w głąb zwałowiska sprzyja uwalnianiu toksyn do zewnętrznego środowiska, zmienia strukturę zwału, umożliwia ruch związków toksycznych w tkankach drzewa, co kumuluje skażenia w liściach i owocach, a w przypadku zwałów powęglowych powoduje sprowadzenie tlenu w warstwy zagrożone samozapłonem. Warstwa wegetacyjna jest tu więc ograniczona i często zdominowana przez gatunki inwazyjne. Mowa tu nie tylko o gatunkach obcych, takich jak np. rdestowiec ostrokończysty, ale również o rodzimym trzcinniku piaskowym (tab. 4).

Tabela 4. Usługi podstawowe – fotosynteza i produkcja pierwotna

Problemy	Działania podstawowe	Działania wspomagające	Cel
<ul style="list-style-type: none"> – ograniczenie ilości zieleni wysokiej – zmniejszenie potencjału produkcji pierwotnej 	<ul style="list-style-type: none"> – założenie warstwy zieleni na powierzchni terenu – dopuszczenie sukcesji roślin przystosowanych do warunków lokalnych – wprowadzenie drzew w miejscach wolnych od zagrożeń – optymalizacja ilości miejsc zacienionych 	<ul style="list-style-type: none"> – kontrola rozprzestrzeniania się roślin inwazyjnych – wzbogacanie składu gatunkowego o gatunki przystosowane do lokalnych warunków 	<ul style="list-style-type: none"> – sekwestracja węgla – produkcja tlenu – obniżenie temperatury gruntu

Źródło: opracowanie własne.

Cykl biogeochemiczny (obieg azotu, węgla, siarki, fosforu i in.) jest podstawą funkcjonowania wszystkich organizmów żywych. W kontekście terenów skażonych ma na celu zbudowanie warunków sprzyjających rozwojowi życia przyrodniczego (tab. 5).

Tabela 5. Usługi podstawowe – cykl biogeochemiczny

Problemy	Działania podstawowe	Działania wspomagające	Cel
– ograniczona ilość składników odżywczych	– pozostawianie miejscami naturalnej ściółki	– nawożenie	– zapewnienie składników odżywczych dla roślin
– pH blokujące dostęp do składników odżywczych	– ściółkowanie	– zabiegi agrotechniczne	– utrzymanie warstwy zieleni
– związki toksyczne blokujące rozwój roślin	– wymiana gruntu	– wierzchnich warstw gruntu	– zróżnicowanie gatunkowe
	– dostosowanie składu gatunkowego do warunków		

Źródło: opracowanie własne.

Cykl hydrologiczny realizuje się na omawianych terenach poprzez utrzymanie wilgotności odpowiedniej dla podtrzymywania roślinności. Wiąże się niestety z procesami rozpuszczania i transportu substancji toksycznych z przedmiotowych terenów do ich otoczenia. Największą zdolność retencji spośród roślinności mają zadrzewienia. Nie zawsze jednak mogą być stosowane. Z jednej strony mogą służyć transferowi skażeń na powierzchnię, z drugiej – wprowadzać do wnętrza zwałowiska niekorzystne czynniki. To ostatnie wiąże się np. z wprowadzaniem tlenu w warstwy zwałów powęglowych, co skutkuje samozapłonem i stanem lokalnej klęski ekologicznej. Na hałdach powęglowych, zbudowanych z łupku ilastego, powstają zasklepienie szczelnie niecki, które uniemożliwiają przenikanie wody w głąb. W przypadku toksycznych odpadów przemysłowych innego pochodzenia zasadniczym celem jest uszczelnienie zwału i zapobieżenie wymywaniu tych substancji (tab. 6).

Tabela 6. Usługi podstawowe – cykl hydrologiczny

Problemy	Działania podstawowe	Działania wspomagające	Cel
– niedostatek wody w gruncie	– tworzenie zadrzewień	– zależnie od rodzaju zwału regulacja ilości powietrza	– zabezpieczenie przed wymywaniem skażeń z gruntu
– brak optymalizacji spływu wód deszczowych	– redukcja ilości skażeń w odprowadzanych wodach	– penetrującego zwału	– zapewnienie odpowiedniej ilości wilgoci w gruncie dla rozwoju roślin
– substancje toksyczne rozpuszczone w wodzie	– penetrujących grunt	– stabilizacja chemiczna skażeń	
– skażenie bakteriami	– dostosowanie wierzchniej warstwy gruntu do potrzeb retencyjnych		

Źródło: opracowanie własne.

Różnorodność siedliskowa buduje samoregulujący się ekosystem. Działania ludzkie zawsze są wybiórcze, nie uwzględniają wszystkich przyrodniczych uwarunkowań. Aby zbliżyć się do optymalnego stanu, konieczne jest dopuszczenie do głosu procesów naturalnych, w tym naturalnej sukcesji (tab. 7).

Tabela 7. Usługi podstawowe – różnorodność siedliskowa

Problemy	Działania podstawowe	Działania wspomagające	Cel
– jednolitość siedliskowa – dominacja roślin inwazyjnych – kumulacja skażeń w metalofitach – kadłubowość zbiorowisk	– rozbudowa piętrowości roślinnej – zapewnienie zróżnicowania warunków glebowych i nasłonecznienia	– zapewnienie przynajmniej na części terenu naturalnej sukcesji roślin z kontrolą roślin inwazyjnych	– wzrost bioróżnorodności – wzrost odporności zieleni na zmiany klimatu – samoregulacja

Źródło: opracowanie własne.

Produkcja bądź pozyskiwanie żywności (produkty zwierzęce i roślinne) nie powinny mieć miejsca na glebach skażonych. Nawet uprawy kontenerowe z odpowiednią glebą narażone są na czynniki toksyczne przenoszone przez powietrze (tab. 8).

Tabela 8. Usługi zaopatrujące – żywność

Problemy	Działania podstawowe	Działania wspomagające	Cel
– skażenie gruntu i powietrza, – opad pyłów	– rezygnacja z upraw żywności – uprawy kontenerowe na sprowadzonym podłożu – informacja	– w zależności od stopnia skażenia rezygnacja z upraw korzeniowych, liściowych itp.	– bezpieczeństwo użytkowników

Źródło: opracowanie własne.

Istotnym problemem terenów skażonych jest obieg wody. Z jednej strony musi ona zasilać roślinność warstwy wegetacyjnej, z drugiej – jest medium sprzyjającym wymywaniu substancji toksycznych i transferowi ich poza teren zwałowiska. Pewnym rozwiązaniem jest uszczelnienie obiektu, ale pociąga to za sobą wysokie koszty. Innym jest przechwytywanie skażeń na granicy obiektu, np. przez biologiczne oczyszczalnie. W kontekście roślinności największą sprawność retencji wody w strefie korzeniowej mają zadrzewienia. Ich zagęszczenie ogranicza jednak dostęp światła słonecznego do poziomu terenu, więc hamuje rozwój runa, które zapobiega pyleniu się wierzchnich warstw gruntu. Tu konieczny jest zawsze świadomy kompromis wobec miejsc zacienionych i słonecznych. Nie wszędzie można sadzić drzewa (tab. 9).

Tabela 9. Usługi zaopatrujące – woda

Problemy	Działania podstawowe	Działania wspomagające	Cel
<ul style="list-style-type: none"> – skażenie wód odciekami – brak rozpuszczonego tlenu – zasolenie – szkodliwe pH 	<ul style="list-style-type: none"> – stwarzanie możliwości rozwoju dla szuwarów i roślinności wodnej – filtrowanie odcieków – ograniczanie odpływu – retencja – informacja 	<ul style="list-style-type: none"> – natlenianie – utrzymanie właściwych proporcji pomiędzy nasłonecznieniem a szybkością przepływu – kontrola pH 	<ul style="list-style-type: none"> – bezpieczeństwo użytkowników – rozwój biologiczny – remediacja wód prowadzonych do zlewni rzek

Źródło: opracowanie własne.

Przyroda dostarcza leki. Nie powinny temu służyć tereny skażone. Możliwe jest jednak wykorzystanie własności prozdrowotnych żywych roślin. Jednym z metalofitów powszechnych na zwałowiskach pocynkowych jest macierzanka zwyczajna (*Thymus pulegioides*) wytwarzająca olejki eteryczne o działaniu bakteriobójczym, przeciwgrzybiczym. Wspomagają lokalny bioklimat rekreacyjny, nie nadają się jednak do produkcji ziół ze względu na zawartość metali ciężkich i metaloidów w ich tkankach (tab. 10).

Tabela 10. Usługi zaopatrujące – leki

Problemy	Działania podstawowe	Działania wspomagające	Cel
<ul style="list-style-type: none"> – kumulacja skażeń w roślinach – zmiana właściwości substancji roślinnych 	<ul style="list-style-type: none"> – rezygnacja z upraw – sadzenie roślin regulujących mikroklimat rekreacyjny 	<ul style="list-style-type: none"> – informacja dla użytkowników – monitoring zdrowia użytkowników 	<ul style="list-style-type: none"> – utrzymanie roli fitoncydów i substancji lotnych regulujących ilość bakterii, wirusów i zarodników grzybów

Źródło: opracowanie własne.

Trwałe materiały, takie jak drewno i włókna, mogą być pozyskiwane tylko w ograniczony sposób. Jeżeli materiał biologiczny tak pozyskany jest niewielką domieszką do miejskiego kompostu, to może być z powodzeniem stosowany na terenach zieleni miejskiej, gdy końcowy produkt zachowuje normy skażeń (tab. 11).

Tabela 11. Usługi zaopatrujące – trwałe materiały

Problemy	Działania podstawowe	Działania wspomagające	Cel
<ul style="list-style-type: none"> – zawartość skażeń w roślinach – niska jakość pozyskiwanego drewna – siedliska niedające wsparcia dla systemów korzeniowych 	<ul style="list-style-type: none"> – pozyskiwanie drewna i materiału dla kompostowni – pozyskiwanie kruszyw o niskiej jakości i grożących rozprzestrzenieniem skażeń 	<ul style="list-style-type: none"> – nie należy wspomagać wykorzystania materiału występującego na terenach skażonych 	<ul style="list-style-type: none"> – pielęgnacja drzewostanu – likwidacja zwałów przemysłowych

Źródło: opracowanie własne.

Przyroda jest źródłem paliw. Tereny poprzemysłowe przekształcane bywają na plantacje wierzby, paulowni i innych roślin uznawanych za energetyczne. Istotna jest tu świadomość, że wymagany przyrost masy wiąże się z zapewnieniem odpowiedniej wilgotności i użyźnianego nawozami podłoża, co może nie być ekonomicznie uzasadnione. Pożyteczny wydaje się proces fitoremediacji, oczyszczający z toksyn wierzchnie warstwy gruntu, a uzyskana w ten sposób masa roślinna może być uzupełnieniem wsadu do kotłów ciepłowni. Taki materiał ma zawsze niskie parametry energetyczne i nie jest pożądanym źródłem opału. Zwałowiska odpadów komunalnych wykorzystuje się do produkcji biogazu (tab. 12).

Tabela 12. Usługi zaopatrujące – paliwa

Problemy	Działania podstawowe	Działania wspomagające	Cel
<ul style="list-style-type: none"> – zawartość skażeń w roślinach – rozprzestrzenianie skażeń poprzez dym 	<ul style="list-style-type: none"> – pozyskiwanie liściastego drewna opałowego o niskiej jakości – zbiór materiału z koszonych roślin inwazyjnych jako dodatek do paliwa w ciepłowniach – produkcja kompostu – produkcja biogazu 	<ul style="list-style-type: none"> – sadzenie roślinności energetycznej w miejscach o większej wilgotności – produkcja metanu w kompostownikach 	<ul style="list-style-type: none"> – uprawy energetyczne o działaniu fitoremediacyjnym – produkcja biogazu na wysypiskach odpadów komunalnych

Źródło: opracowanie własne.

Produkty przemysłowe pozyskiwane z terenów skażonych to w przypadku hałd powęglowych głównie kruszywo o niskiej jakości, ulegające zlasowaniu i to w sposób nierównomierny. Materiał z hałd pocynkowych jest zawsze toksyczny i ma bardzo wysokie pH. Materiał biologiczny tu pozyskiwany może być domieszką ze ściśle określonym procentem (tab. 13).

Tabela 13. Usługi zaopatrujące – produkty przemysłowe

Problemy	Działania podstawowe	Działania wspomagające	Cel
<ul style="list-style-type: none"> – zawartość skażeń w roślinach – skażony materiał – wysokie pH zwałów poflotacyjnych 	<ul style="list-style-type: none"> – materiał dla kompostowni – pozyskiwanie kruszywo o niskiej jakości i grożących rozprzestrzenianiem skażeń 	<ul style="list-style-type: none"> – stosowanie roślin fitostabilizacyjnych o niskiej zawartości skażeń 	<ul style="list-style-type: none"> – kompost mieszany z materiałem z innych lokalizacji dla minimalizacji skażeń – przepalone łupki powęglowe jako kruszywo niskiej jakości

Źródło: opracowanie własne.

Zwałowiska toksycznych odpadów są poddawane rekultywacji różnymi metodami, co daje możliwość optymalizacji metod. W przypadku zwałowisk z substancją organiczną optymalizuje się metody pozyskiwania biogazu (tab. 14).

Tabela 14. Usługi zaopatrujące – wzór do stworzenia analogicznych struktur lub substancji syntetycznych

Problemy	Działania podstawowe	Działania wspomagające	Cel
– szczególny rodzaj siedliska inny niż w powszechnych lokalizacjach	– wzorzec łąk kwietnych – wzorzec roślinności fitoremediacyjnej i fitostabilizacyjnej – wzorzec roślinności pionierskiej – wzorzec sposobu rekultywacji	– działania prototypowe, badawcze	– nadanie łąkom kwietnym profilowanego charakteru – optymalizacja metod rekultywacji

Źródło: opracowanie własne.

Przy dopuszczeniu procesów sukcesji roślin zwałowiska stają się zasobami genetycznymi roślinności odpornej na skażenia, brak wilgoci oraz wysokie temperatury, do jakich się nagrzewają (tab. 15).

Tabela 15. Usługi zaopatrujące – zasoby genetyczne

Problemy	Działania podstawowe	Działania wspomagające	Cel
– dominacja roślinności synantropijnej i inwazyjnej	– dopuszczenie naturalnej sukcesji roślin z kontrolą roślin inwazyjnych – zapewnienie siedlisk dla ptaków i innych zwierząt	– zapewnienie przynajmniej 10% powierzchni terenów zieleni jako terenów z sukcesją naturalną	– naturalna kontrola liczebności owadów przez ptaki – zróżnicowanie przyrodnicze – źródło nasion roślin synantropijnych

Źródło: opracowanie własne.

Tereny zwałowisk nie są istotnym źródłem tlenu, bo dominują tu zbiorowiska łąkowe, mniej efektywne w tym względzie od zadrzewień (tab. 16).

Tabela 16. Usługi zaopatrujące – produkcja tlenu

Problemy	Działania podstawowe	Działania wspomagające	Cel
– siedliska niekorzystne dla drzew, mniejsza wydajność łąk – zacinienie obniżające fotosyntezę	– zadrzewienia ze zwarcie koron nie większym niż 50% – poprawa warunków siedliskowych – infrastruktura sprzyjająca przebywaniu na świeżym powietrzu	– przepuszczalność nawierzchni sprzyjająca wegetacji	– powietrze wspomagające metabolizm organizmów

Źródło: opracowanie własne.

Utrzymywanie warstwy wegetacyjnej na terenach zwałowisk wpływa na regulację klimatu, obniżając temperaturę powietrza i podnosząc wilgotność. Nie są

to tereny atrakcyjne pod zabudowę, więc pozostają zielone, chyba że są źródłem materiałów budowlanych (tab. 17).

Tabela 17. Usługi regulacyjne – regulacja klimatu

Problemy	Działania podstawowe	Działania wspomagające	Cel
<ul style="list-style-type: none"> – przestrzenie uszczelnione – wyspa ciepła – zacienienie – zawilgocenie – stagnacja powietrza – niekorzystna jonizacja powietrza – skażenie środowiska 	<ul style="list-style-type: none"> – odpowiednie proporcje ilości miejsc nasłonecznionych i zacienionych – wprowadzanie zieleni wpływającej na temperaturę i wilgotność powietrza – utrzymanie korytarzy przewietrzających, – zieleni korzystnie jonizująca powietrze – zieleni oczyszczająca powietrze ze skażeń i pyłu 	<ul style="list-style-type: none"> – systemy retencji podtrzymujące wilgotność gleby – zwiększanie albedo 	<ul style="list-style-type: none"> – uzdatnione powietrze o komfortowej temperaturze – zapobieganie klęskom żywiołowym

Źródło: opracowanie własne.

Neutralizacja i rozkład odpadów komunalnych następuje w naturalny sposób w procesach produkcji biogazu. Skażenia chemiczne mogą być zmniejszane w procesach fitoremediacji (tab. 18).

Tabela 18. Usługi regulacyjne – neutralizacja i rozkład odpadów

Problemy	Działania podstawowe	Działania wspomagające	Cel
<ul style="list-style-type: none"> – materiał w różnym stopniu toksyczny 	<ul style="list-style-type: none"> – izolacja, – techniki wykorzystujące kolonie bakterii – fitoremediacja 	<ul style="list-style-type: none"> – stosowanie wspomagających środków chemicznych 	<ul style="list-style-type: none"> – likwidacja lub zabezpieczenie odpadów – pozyskiwanie biogazu – odzyskiwanie terenu – likwidacja fetoru – oczyszczanie górnych warstw gruntu

Źródło: opracowanie własne.

Oczyszczanie gleb bywa realizowane w procesach fitoremediacji. Powietrze jest oczyszczane przez warstwę wegetacyjną. Dotyczy to rozkładu związków toksycznych i zatrzymywania pyłów zawieszonych. Oczyszczanie wody może być realizowane w naturalnych oczyszczalniach lub szuwarowiskach w otoczeniu zwałowisk (tab. 19).

Tabela 19. Usługi regulacyjne – oczyszczanie gleb, powietrza i wody

Problemy	Działania podstawowe	Działania wspomagające	Cel
– materiał w różnym stopniu toksyczny	– izolacja – fitostabilizacja – fitoremediacja – natlenianie	– metody chemiczne – metody fotokatalityczne – zastosowanie ultradźwięków	– zapewnienie środowiska korzystnego dla rozwoju elementów przyrodniczych – bezpieczeństwo użytkowników

Źródło: opracowanie własne.

Kontrola erozji jest istotnym procesem realizowanym przez warstwę wegetacyjną. Przy jej braku lub umyślnym jej niszczeniu (rajdy kładami i motocyklami krosowymi) erozja staje się źródłem transferu skażeń (tab. 20).

Tabela 20. Usługi regulacyjne – kontrola erozji

Problemy	Działania podstawowe	Działania wspomagające	Cel
– brak możliwości sadzenia drzew na wybranych zwałowiskach – wymywanie skażeń ze zwału – samozapłon zwałów powęglowych	– przykrycie skarp materiałem spoistym bez stosowania geokrat z tworzywa – założenie stabilizującej murawy – uszczelnienie warstwy wierzchniej	– stabilizacja materiałami wiążącymi grunt – stosowanie krat ze sztucznego tworzywa	– stabilizacja kształtu obiektu

Źródło: opracowanie własne.

Procesom przenoszenia (np. zapylenie roślin) sprzyjają rośliny kwiatowe. Zwykle występują w runie powstałym na zasadzie sukcesji naturalnej. Zaobserwowano, że miód pozyskiwany w miastach przemysłowych wolny jest od istotnych poziomów skażeń (<https://www.eea.europa.eu/atlas/eea/city-bees/story/article>). Z drugiej strony pozyskiwanie pożytku z różaneczników może nie być korzystne, bo są to rośliny trujące (Seneta i in. 2021, s. 656) (tab. 21).

Tabela 21. Usługi regulacyjne – procesy przenoszenia

Problemy	Działania podstawowe	Działania wspomagające	Cel
– potencjalna toksyczność pyłku i nektaru – uczulenia użytkowników – choroby pszczół	– zachowanie przynajmniej częściowe roślinności przystosowanej do skażeń – ewentualne ograniczone zwiększenie różnorodności roślin	– rozdział terenów atrakcyjnych dla zapylaczy od terenów rekreacyjnych	– zachowanie biologicznej różnorodności

Źródło: opracowanie własne.

Miejsca zacienione chronią przed promieniowaniem UV. Na terenach, gdzie nie można sadzić drzew, powinny być instalowane konstrukcje ocieniające, obsadzone np. pnączami (tab. 22).

Tabela 22. Usługi regulacyjne – ochrona przed promieniowaniem UV

Problemy	Działania podstawowe	Działania wspomagające	Cel
– zbytne zacienienie związane z brakiem runa, wzrostem zapylenia i nadmiarem wilgoci	– optymalizacja powierzchni zacienionych, zalesionych – struktury zacieniające z pnączy zamiast drzew	– mała architektura zacieniająca	– zapewnienie zacienionych miejsc wypoczynku

Źródło: opracowanie własne.

Zwałowiska materiałów toksycznych mają niską zdolność retencyjną. Dla zwiększenia ich zdolności do łagodzenia ekstremów pogodowych konieczne jest tworzenie szczelnych niecek retencyjnych, oddzielonych od warstw toksycznych. Zbieranie wody do celów podlewania musi dotyczyć wyłącznie wody izolowanej od skażeń. Intensyfikacja bioretencji w warstwie wegetacyjnej łagodzi zjawiska suszy (tab. 23).

Tabela 23. Usługi regulacyjne – łagodzenie ekstremów pogodowych

Problemy	Działania podstawowe	Działania wspomagające	Cel
– szczelne nawierzchnie – stany powodziowe w miejscach bez rzek – susza	– budowa obiektów retencyjnych z roślinnością ekotonową – strefy buforowe z roślinności	– rozbudowa infrastruktury burzowej – cysterny na wodę do podlewania	– bezpieczeństwo przeciwpowodziowe – nawadnianie w okresach suszy

Źródło: opracowanie własne.

Na zwałowiskach pocynkowych występują naturalnie macierzanki, które wpływają na kontrolę rozprzestrzeniania się drobnoustrojów chorobotwórczych. Wysiewają się tu również dęby, sosny i brzozy – gatunki borowe. Bory w istotny sposób ograniczają ilość bakterii i wirusów oraz sporów grzybów (Krzymowska-Kostrowicka 1991, s. 89). Działanie takie mają również powierzchnie malowane TiO_2 (tab. 24).

Tabela 24. Usługi regulacyjne – kontrola rozprzestrzeniania się drobnoustrojów chorobotwórczych

Problemy	Działania podstawowe	Działania wspomagające	Cel
– pandemia, – syndrom chorego budynku – ograniczona różnorodność roślinności na terenach skażonych	– wprowadzanie roślinności regulującej ilość drobnoustrojów poprzez fitoncydy	– stosowanie fotokatalizy TiO_2	– budowanie przestrzeni ograniczającej skalę zachorowań w okresach wzmożonych infekcji

Źródło: opracowanie własne.

Korzystną jonizację powietrza zapewniają np. brzozy, dęby i sosny, deszcz, wzburzona woda (Krzyszowska-Kostrowicka 1991, s. 21–23). Dla organizmów żywych podstawowe znaczenie mają ujemnie zjonizowane jony tlenu (Aon i in. s. 866) (tab. 25).

Tabela 25. Usługi regulacyjne – korzystna jonizacja powietrza

Problemy	Działania podstawowe	Działania wspomagające	Cel
– niedostatek jonów O_2^-	– wprowadzanie na terenach zieleni roślinności jonizującej ujemnie i urządzeń wodnych	– stosowanie zamgławiaczy, kaskad, kurtyń wodnych	– przestrzenie ograniczające skalę zachorowań – odbudowa sił witalnych

Źródło: opracowanie własne.

W sytuacji gdy skażony teren przemysłowy jest ściśle otoczony osiedlami mieszkaniowymi, konieczna staje się jego rekultywacja realizująca usługi kulturowe w postaci rekreacji, turystyki, funkcji estetycznej i edukacyjnej. Ze względu na swoje ograniczenia siedliskowe miejsce takie nie może być barwnym ogrodem botanicznym. Duże otwarte przestrzenie sprzyjają raczej jeździe na rowerze, bieganiu i spacerom. By wyjaśnić użytkownikom ograniczenie programu użytkowego, niezbędne są elementy ścieżki edukacyjnej (tab. 26).

Tabela 26. Usługi kulturowe – rekreacja, turystyka, funkcja estetyczna i edukacyjna

Problemy	Działania podstawowe	Działania wspomagające	Cel
– ograniczona możliwość rekreacji na terenach skażonych – koszty dostosowania obiektu do warunków bezpiecznych – ryzykowne zachowania użytkowników	– zabezpieczenie, remediacja – informacja dla użytkowników – ochrona terenu przed dewastacją	– popularyzacja zagadnień ekologicznych i tożsamościowych – estetyzacja – urządzenia sportowe	– udostępnienie terenów społeczeństwu z zachowaniem bezpieczeństwa użytkownika

Źródło: opracowanie własne.

Jeśli istnieje możliwość pozyskania dodatkowych środków na realizację poza samą rekultywacją, wtedy można zwrócić się w kierunku usług inspiracji kulturowej, intelektualnej, i duchowej. Wprowadzenie elementów semantycznych, zrozumiałych dla użytkowników, może wzbogacić ich poczucie związku z obiektem, poczucie lokalnej tożsamości i zapewnić dbałość o elementy zagospodarowania (tab. 27).

Tabela 27. Usługi kulturowe – inspiracja kulturowa, intelektualna, duchowa

Problemy	Działania podstawowe	Działania wspomagające	Cel
– ograniczona postrzegana wartość estetyczna	– powiązanie cech fizjonomicznych terenu z informacją – ukazanie zieleni jako elementu tożsamości miejsca	– wzbogacenie terenu o akcenty semantyczne	– utożsamianie się użytkownika z lokalnym krajobrazem jako wyjątkową wartością

Źródło: opracowanie własne.

Jeśli teren ma ukształtowanie izolujące od zewnętrznego hałasu, wtedy może stać się oazą spokoju, wyciszenia, relaksacji. Korzystne jest też ograniczenie akcentów z małej architektury i przeniesienie uwagi na przyrodę. Zadrzewienia w pobliżu siedzib ludzkich zawsze są siedliskiem ptaków śpiewających. Ich śpiew zagłusza inne dźwięki (tab. 28).

Tabela 28. Usługi kulturowe – spokój, wyciszenie, relaksacja

Problemy	Działania podstawowe	Działania wspomagające	Cel
– poziom hałasu zależny od lokalizacji	– ograniczenie ilości elementów zagospodarowania – ograniczenie ilości akcentów – uwydatnienie walorów przyrodniczych, tworzenie miejsc przyjaznych ptakom śpiewającym	– tworzenie kameralnych miejsc wypoczynku – zapewnienie penetracji wzrokowej terenu dającej poczucie bezpieczeństwa	– wypoczynek w otoczeniu przyrody i w oderwaniu od przesytu informacji terenów zurbanizowanych

Źródło: opracowanie własne.

Teren skażony, w znacznym stopniu monotony, może być zaakceptowany społecznie tylko przy zrozumieniu jego genezy. Jeśli okoliczni mieszkańcy poczują związek z miejscem przez historię ich przodków lub jego wyjątkowość, jeżeli zbudują pozytywne wspomnienia z nim związane, wtedy miejsce to może utrzymać swój sposób zagospodarowania. Inaczej będzie dewastowane (tab. 29).

Tabela 29. Usługi kulturowe – relacje społeczne, powiązanie z miejscem

Problemy	Działania podstawowe	Działania wspomagające	Cel
<ul style="list-style-type: none"> – szczególna estetyka zieleni synantropijnej – dewastacja miejsc uznawanych za zdegradowane – elementy edukacyjne traktowane jako negatywna presja 	<ul style="list-style-type: none"> – popularyzacja wartości elementów przyrody złożonych z gatunków synantropijnych – oswojenie użytkowników z krajobrazem zdegradowanym 	<ul style="list-style-type: none"> – infrastruktura rekreacyjna z elementami edukacji 	<ul style="list-style-type: none"> – wypracowanie u użytkowników poczucia związku z lokalnym krajobrazem jako świadkiem rozwoju gospodarczego pełnym wartości kulturowych i źródłem lokalnej wyjątkowości i tożsamości

Źródło: opracowanie własne.

Wyniki i dyskusja

Współczesne wyzwania ochrony bioróżnorodności i łagodzenia zmian klimatycznych znajdują odbicie w wielu aktach prawnych Unii Europejskiej. Najczęściej mówi się rozwiązaniach NBS jako wzorcu postępowania (Evaluating the Impact... 2021). NBS są tu definiowane jako rozwiązania inspirowane i wspierane przez naturę, mające pozytywny wpływ środowiskowy, społeczny i ekonomiczny, który prowadzi do odporności i zdolności dostosowawczej środowiska życia człowieka. Jest to też zasada metody PAR (Mallick 2021). Podejście NBS uwzględnia 12 celów społecznych zrównoważonego rozwoju, ale pozostawia z boku przyrodnicze źródła sukcesu tych zamierzeń. Źródła te opisywane są przez usługi ekosystemów. ONZ w 2000 r. w dokumencie „Milenijna Ocena Ekosystemów” („Millenium Ecosystem Assessment”, MA) wskazała na 37 podkategorii usług ekosystemów, które przynoszą ludziom korzyści, opierając się głównie na publikacji ekonomisty Roberta Costanzy i in. (1997). Inicjatywę rozwijania tej idei przejęły nauki ekonomiczne, sprowadzając wartości usług do ich wyceny monetarnej (Lorek 2015). Ta dominacja ekonomii uogólnia i zaciera zrozumienie procesów przyrodniczych, które należy wspierać u podstaw wszystkich działań w środowisku (Menzie i in. 2012). Wyceny monetarne usług opierają się na zmiennych mechanizmach rynkowych popytu i podaży, uzależnionych od poziomu rozwoju ekonomicznego danego kraju i świadomości oraz mody na ekologię rozpowszechnionych wśród jego mieszkańców. Nie są to więc niezależne wartości, możliwe do przeniesienia w inne rejony globu. Niemniej stanowią często jedyny argument zrozumiały dla administracji lokalnej. Od czasu Szczytu Ziemi w Rio widać, jak bardzo kolejne dokumenty oddalają się od sensu ochrony bioróżnorodności tam zdefiniowanej. Wyceny usług ekosystemowych bazują na tak dużym uogólnieniu, że związaną wartość przyrodniczą z rejonem naturalnego występowania walorów przestaje być oczywiste (Ekonomia... 2011, s. 1, Francini i in. 2022, s. 1260). Bioróżnorodność bywa nawet grupowana przez projektantów

w walorach estetycznych, z dala od użyteczności i trwałości, które zapewnia (Januchta-Szostak 2012, s. 96). Projektanci schodzą jednak zawsze do poziomu konkretnych rozwiązań podobnych do opisanych w niniejszym artykule. Analizując treści publikacji związanych z usługami ekosystemów w wydawnictwach Elsevier oraz Springer/Kluwier, Jerzy Solon wskazywał również na przenoszenie ciężaru badań z zagadnień przyrodniczych na ekonomiczne (Solon 2008). Spośród setek publikacji tylko 29 odnosiło się do zagadnień różnorodności biologicznej. Można zaryzykować tezę, że idea usług ekosystemów w powszechnym rozumieniu skupia się na waloryzacjach przeliczalnych na punkty i walory finansowe. Czy jednak rachunek strat i zysków rynkowych powinien decydować o utrzymaniu procesów, które oddziałują na wszystkie istoty żywe, a ludzie są tylko tego częścią? Nawet jeżeli najbardziej wpływową, to jednak częścią? Podejście ekonomiczne jest istotne dla lokalnej administracji. Dla projektantów terenów zieleni ważniejszy jest opis fenomenologiczny, bo pozwala na zdefiniowanie planowanych działań. W artykule zaproponowano powrót do źródeł i pokazanie, jakie odniesienie powinny mieć działania w kształtowaniu środowiska, w tym przypadku dotyczące szczególnego zakresu terenów skażonych. Każdy rodzaj terenów przekształcanych powinien mieć wykonaną taką analizę, o ile celem jest zwiększenie sprawności funkcjonowania systemu przyrodniczego. Usługi ekosystemów pozwalają stworzyć dobrą typologię dla poszukiwania szczegółowych rozwiązań dla NBS i zielonej infrastruktury. Ze względu na różnice między dziedzinami nauki kwestia traktowania terenów skażonych sprowadza się u biotechnologów do metod remediacji, bez szerszego rozwijania kwestii ich dalszego wykorzystania po zabezpieczeniu (Pogrzeba, Szada-Borzyszkowska 2021, Wierzbicka 2021). Ważne są próby zachowywania walorów lokalnych przez stosowanie łagodnych metod remediacji, które odchodzą od totalnej izolacji materiału skażonego warstwą nawiezionej gruntu (Cundy i in. 2013). Prace na temat rekreacji nie bez powodu omijają problem terenów skażonych, skupiając się na dziedzictwie gospodarczym i atrakcyjnej morfologii terenu (Chylińska, Kołodziejczyk 2017, Gregorová i in. 2020). Ale i tu można znaleźć takie związki (Bakhmatova i in. 2022, Parra i in. 2022). Tereny skażone nie są dobrym miejscem na rozwijanie rekreacji, ale czasem, jak w przypadku aglomeracji przemysłowych, nie ma alternatywy, bo gęstość zaludnienia wymusza ich wykorzystanie.

Wnioski

Tereny skażone nie są najlepszymi miejscami dla rekreacji. Powszechność takich miejsc jest coraz większa, więc presja ich wykorzystania staje się również coraz bardziej powszechna, przybierając często formy sportów ekstremalnych, a nawet rekreacji biernej. Wymienione polskie przykłady wskazują na brak świadomości użytkowników, że korzystają z terenów toksycznych bez zachowania warunków bezpieczeństwa. Przekształcenia terenów skażonych, zgodnie z zasadami zrównoważonego rozwoju, muszą uznawać istotną wartość zastanej roślinności, nawet synantropijnej, i wartość miejsca dla lokalnej fauny. Bezpieczeństwo użytkowania

terenów skażonych musi podlegać stopniowaniu. Jego poziom musi być dostosowany do funkcji. Teren w pełni bezpieczny może wydawać się nieatrakcyjny. Istotne jest, by projektant tak sterował użytkowaniem terenu, by ludzie w naturalny sposób omijali miejsca krytycznych zagrożeń. Takie miejsca powinny być oddane przyrodzie. Człowiek jest tylko jednym z elementów systemu przyrodniczego i brak powodu, by jego wygodzie podporządkowywać cały system. Uznanie ludzkich potrzeb i celów za jedną z wielu składowych systemu zapewnia na końcu procesu przekształceń istotne, synergiczne walory. Możliwe, że taka koegzystencja warunkuje nasze przeżycie.

Literatura

- Aon M.A., Cortassa S., O'Rourke B. 2010. Redox-optimized ROS balance: A unifying hypothesis. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) – Bioenergetics*, 1797(6–7): 865–877.
- Bakhmatova K.A., Matynyan N.N., Sheshukova A.A. 2022. Anthropogenic Soils of Urban Parks: A Review. *Eurasian Soil Sc.*, 55: 64–80.
- Białecka B. 2016. Przyczynek do oceny emisji rtęci z zapażarowanych składowisk odpadów pogórnictwowych, systemy wspomagania w inżynierii produkcji. [W:] H. Badura, A. Michna, S. Czerwiński (red.), *Górnictwo – Perspektywy i Zagrożenia*, 1(13): 171–177.
- Blanco-Velázquez F.J., Pino-Mejías R., Anaya-Romero M. 2020. Evaluating the provision of ecosystem services to support phytoremediation measures for countering soil contamination. A case-study of the Guadiamar Green Corridor (SW Spain). *Land Degradation & Development*, 31, 18: 2914–2924.
- Burges A., Alkorta I., Epelde L., Garbisu C. 2018. From phytoremediation of soil contaminants to phytomanagement of ecosystem services in metal contaminated sites. *International Journal of Phytoremediation*, 20(4): 384–397.
- Chowdhury S. 2020. An Assessment of the Potential for Bio-Based Land Uses on Urban Brownfields Dept. of Architecture and Civil Eng. Chalmers University of Technology, Gothenburg.
- Chylińska D., Kołodziejczyk K. 2017. Degraded landscapes as a tourist attraction and place for leisure and recreation. *Tourism*, 27: 23–33.
- Costanza R., D'Arge R., De Groot R., Farberk S., Grasso M., Bruce Hannon B., Limburg K, Naeem S., O'Neill R.V., Paruelo J., Raskin R.G., Suttonk P, van den Belt M. 1997. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, 387: 253–260.
- Cundy A.B., Bardos R.P., Church A., Puschenreiter M., Friesl-Hanl W., Müller I., Neu S., Mench M., Witters N., Vangronsveld J. 2013. Developing principles of sustainability and stakeholder engagement for “gentle” remediation approaches: The European context. *Journal of Environmental Management*, 129: 283–291.
- Dokumentacja projektowa budowlano-wykonawcza dla zadania: „Rewitalizacja zwałowiska pocynkowego zlokalizowanego w Rudzie Śląskiej w rejonie ul. 1 Maja wraz z prowadzeniem nadzoru autorskiego w trakcie realizacji” w ramach projektu Implementation of Sustainable Land Use in Integrated Environmental Management of Functional Urban Areas – LUMAT. 2017. Pracownia HORTUS, Katowice.
- Dokumentacja projektowa do ustanowienia Zespołu Przyrodniczo-Krajobrazowego „Dolina Lipinki” w Świętochłowicach. 2020. Pracownia HORTUS, Katowice,
- Ekonomia ekosystemów i bioróżnorodności w polityce lokalnej i regionalnej. Poradnik TEEB dla miast: usługi ekosystemów w gospodarce miejskiej. 2011. Fundacja Sendzimir, Kraków
- Evaluating the Impact of Nature-Based Solutions: A Handbook for Practitioners. 2021. European Commission, Publications Office of the European Union, Luxembourg.
- Francini A., Romano D., Toscano S., Ferrante A. 2022. The Contribution of Ornamental Plants to Urban Ecosystem Services. *Earth*, 3(4): 1258–1274.

- Gallagher F., Goodey N.M., Hagmann D., Singh J.P., Holzapfel C., Litwhiler M., Adams Krumins J. 2018. Urban Re-Greening: A Case Study in Multi-Trophic Biodiversity and Ecosystem Functioning in a Post-Industrial Landscape. *Diversity*, 10(4): 119.
- Gregorová B., Hronček P., Tometzová D., Molokáč M. 2020. Transforming Brownfields as Tourism Destinations. *Sustainability*, 12: 10569.
- Hollander J., Kirkwood N., Gold J. 2010. *Principles of Brownfield Regeneration: Cleanup, Design, and Reuse of Derelict Land*. Island Press, Washington, DC, USA, s. 149.
- Hooper M.J., Glomb S.J., Harper D.D., Hoelzle T.B., McIntosh L.M., Mulligan D.R. 2015. Integrated risk and recovery monitoring of ecosystem restorations on contaminated sites. *Integrated Environmental Assessment and Management*, 12(2): 284–295.
<https://www.nwf.org/Educational-Resources/Wildlife-Guide/Understanding-Conservation/Ecosystem-Services>.
<https://www.earthwiseaware.org/what-are-ecosystem-services/>.
<https://www.eea.europa.eu/atlas/eea/city-bees/story/article>.
- Januchta-Szostak A. 2012. Usługi ekosystemów wodnych w miastach. *Zrównoważony Rozwój – Zastosowania*, 3.
- Kalogerakis N., Mantzavinou D., Scherr K., Fava F. 2012. Bioremediation. *J. Chem. Technol. Biotechnol.*, 87: 1219–1221.
- Konior A., Pokojka W. 2020. Management of Postindustrial Heritage in Urban Revitalization Processes. *Sustainability*, 12: 5034.
- Kovalick W.W., Montgomery R.H. 2014. *Developing a Program for Contaminated Site Management in Low and Middle Income Countries*. The World Bank, Washington.
- Kretschmann J. 2017. Sustainability-orientated post-mining in Germany. *Eurasian Min.*, 2017: 33–38.
- Krzyszowska-Kostrowicka A. 1991. *Zarys geologii rekreacji*. Uniwersytet Warszawski, Warszawa.
- Lorek A.A. 2015. Usługi ekosystemów w aspekcie zrównoważonego rozwoju obszarów miejskich. *Acta Universitatis Lodzianis, Folia Oeconomica*, 2(313): 97–112.
- Loures L., Vaz E. 2018. Exploring expert perception towards brownfield redevelopment benefits according to their typology. *Habitat Int.*, 72: 66–76.
- Loures L., Burley J., Panagopoulos T. 2011. Postindustrial landscape redevelopment: Addressing the past, envisioning the future. *Int. J. Energy Environ.*, 5: 714–724.
- Mallick S.K. 2021. Prediction-Adaptation-Resilience (PAR) approach – A new pathway towards future resilience and sustainable development of urban landscape. *Geogr. Sustain.*, 2: 127–133.
- McIntyre T. 2003. *Phytoremediation of Heavy Metals from Soils*. [W:] *Phytoremediation*. Springer, Berlin–Heidelberg, s. 97–123.
- Menzie Ch.A., Deardorff T., Booth P., Wickwire T. 2012. Refocusing on nature: Holistic assessment of ecosystem services. *Integr. Environ. Assess. Manag.*, 8(3): 401–11.
- Odbudowa wartości przyrodniczej terenu przy stawie Kalina w Świętochłowicach. 2012. Calla S.C., Katowice.
- Parra A., Conesa E., Zornoza R., Faz A., Gómez-López M.D. 2022. Decision Pattern for Changing Polluted Areas into Recreational Places. *Agronomy*, 12(4): 775.
- Pasieczna A. (red.) 2016. *Szczegółowa mapa geochemiczna Górnego Śląska*. Arkusz Chorzów, 1: 25 000. Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa.
- Pogrzeba M., Szada-Borzyszkowska A. 2021. Remediation technologies for environmental management to improve the safety and comfort of living in urban areas – An example of application in Ruda Śląska. [W:] A. Starzewska-Sikorska (red.), *Integrated environmental management of land and soil in European urban areas*. Institute of Environmental Engineering of the Polish Academy of Science, *WORKS & STUDIES*, 93.
- Projekt koncepcyjny szlaków rowerowych na terenie Świętochłowic oraz koncepcja zagospodarowania hałdy w Lipinach i otoczenia stawu Wąwóz. 2007. Pracownia HORTUS, Katowice.
- Projekt rewitalizacji terenu Zespołu przyrodniczo-krajobrazowego Żabie Doły (część bytomska). 2017. CoLoR Inwestprojekt S.C., Katowice.
- Rostański K.M. 2012. *Natura modelowana. Elementy naturalistyczne w kompozycji urbanistycznej*. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice.
- Rostański K.M. 2021. Contaminated areas as recreational places-exploring the validity of the decisions taken in the development of Antonia Hill in Ruda Śląska. *Poland. Land*, 10, 11: 1–20.
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 1 września 2016 r. (Dz.U., poz. 1395).

- Rozporządzenie Ministra Gospodarki Morskiej i Żeglugi Śródlądowej z dnia 12 lipca 2019 r. (Dz.U., poz. 1311).
- Seneta W., Dolatowski J., Zieliński J. 2021. *Dendrologia*. PWN, Warszawa.
- Solon J. 2008. Koncepcja „Ecosystem Services” i jej zastosowania w badaniach ekologiczno-krajobrazowych. *Problemy Ekologii Krajobrazu*, 21: 25–44.
- Vangronsveld J. 1998. *Metal-contaminated soils: in-situ inactivation and phytoremediation*. Springer.
- Vojvodíková B., Tichá I., Starzewska-Sikorska A. 2022. Implementing Nature-Based Solutions in Urban Spaces in the Context of the Sense of Danger That Citizens May Feel. *Land*, 11(1712): 1–21.
- Wagner A.M., Larson D.L., DalSoglio J.A., Harris J.A., Labus P., Rosi-Marshall E.J., Skrabis K.E. 2015. A framework for establishing restoration goals for contaminated ecosystems. *Integrated Environmental Assessment and Management*, 12(2): 264–272.
- Wierzbička M. (red.) 2021. *Ekotoksykologia. Rośliny, gleby, metale*. Wydawnictwo Uniwersytetu Warszawskiego, Warszawa.

Heavily contaminated post-industrial areas as potential recreational sites

Abstract: Industrial areas, especially highly urbanized ones, show a shortage of investment areas. In such a context, green areas are sometimes established in the heavily contaminated areas by the mining, chemical and waste management industries. Contaminated areas are not the best places for recreation. The prevalence of such places is increasing, so the pressure to use them is also becoming more common. They are places of constant competition between spontaneous nature and unwanted traces of human activity. Hence the subject of the work is the analysis of the possibility of adapting the PAR (Prediction, Adaptation, Resilience) method in adapting contaminated areas to social use, while maintaining safety conditions and Nature-Based Solutions related to Ecosystem Services. The safe use of contaminated areas must be graded. A completely safe area is not attractive. It is important for the designer to control land use in such a way that people naturally avoid problematic places. Less safe places should be devoted to nature. Man is only one element of the natural system and there is no reason to subordinate the entire system to his comfort. The results of the analyzes create a phenomenological description of features whose meaning for the object can be adapted by the designer to his vision (following the method of Nature modelled scientific doctrine). Knowing the conditions and having an idea, we still need a list of goals to compare and check the rightness of the decisions we make. Recognition of human needs and goals as one of many components of the system provides significant synergies at the end of the transformation process. It is possible that such coexistence determines our survival.

Key words: contaminated areas, recreation, Nature-Based Solutions, Ecosystem Services, reclamation