



USŁUGI EKOSYSTEMOWE POLSKICH LASÓW

OCENA POTENCJAŁU

Koordinacja projektu ze strony Fundacji WWF Polska
dr inż. Olga Poleszczuk-Tusińska

Koordinator zespołu autorskiego
dr hab. Andrzej Affek, prof. IGIPZ PAN

Autorzy
dr hab. Andrzej Affek, prof. IGIPZ PAN
dr Ewa Kołaczkowska
dr hab. Anna Kowalska, prof. IGIPZ PAN
dr Edyta Regulska
dr Jacek Wolski
prof. dr hab. Jerzy Solon

Recenzenci
prof. dr hab. Jan Marek Matuszkiewicz
dr hab. Małgorzata Stępniewska, prof. UAM
dr hab. Emilia Wysocka-Fijorek, prof. IBL

Cytowanie
Affek A., Kołaczkowska E., Kowalska A., Regulska E., Wolski J., Solon J., 2023. Usługi ekosystemowe polskich lasów. Ocena potencjału. Warszawa: Fundacja WWF Polska.

Podziękowania
Serdecznie dziękujemy Panu dr. hab. Andrzejowi Boczonowi (Instytut Badawczy Leśnictwa) za cenne wskazówki dotyczące retencji wody w lasach.

Wydawca
Fundacja WWF Polska, ul. Usypiskowa 11, 02-386 Warszawa
tel.: +48 22 660 44 33

ISBN 978-83-67312-12-7
<https://doi.org/10.7163/Rap.0003>

Skład
Aleksandra Deręgowska

Fotografia na okładce
Jacek Wolski
Las mieszany bagienny w Puszczy Białowieskiej

© 2023 Fundacja WWF Polska

Wszelkie prawa zastrzeżone.

Fundacja WWF Polska wyraża zgodę na udostępnianie niniejszej publikacji dla celów niekomercyjnych. Kopiowanie całości lub części raportu, w tym zdjęć, poza dozwolonym użyciem, wymaga pisemnej zgody Fundacji WWF Polska. W każdym przypadku prosimy o podanie źródła i wydawcy.

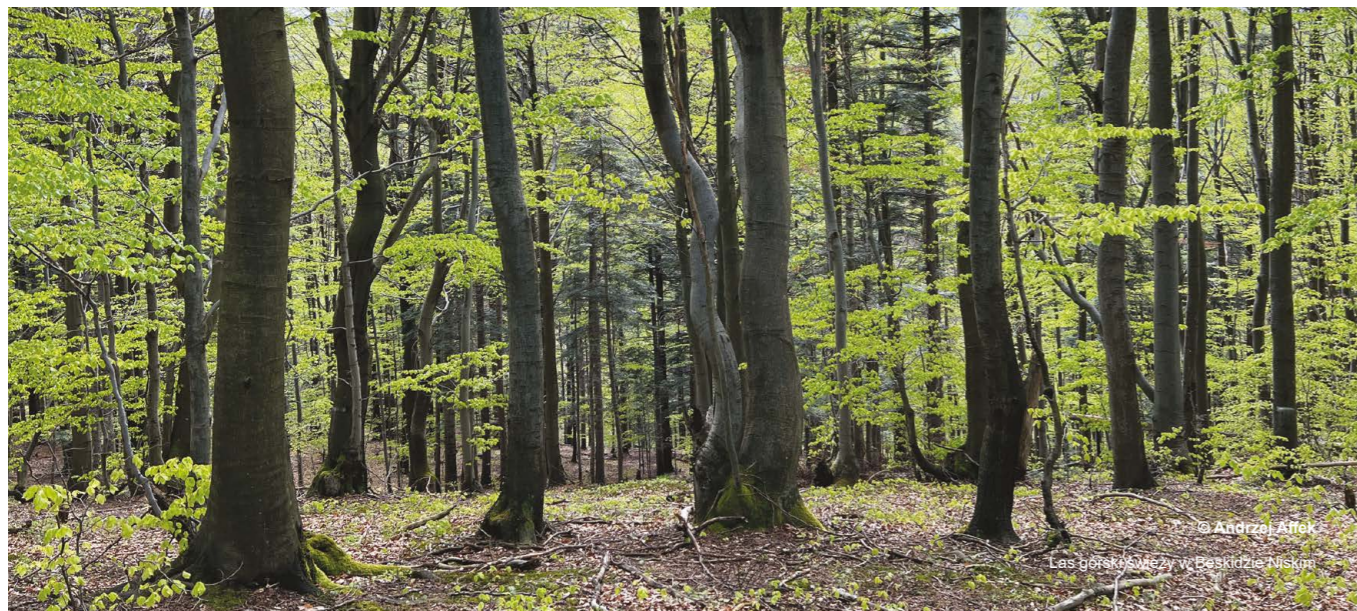


© Andrzej Affek

SPIS TREŚCI

SŁOWO WSTĘPNE	2
ROZDZIAŁ 1. WPROWADZENIE.....	4
Lasy w Polsce	6
Usługi ekosystemów leśnych	12
Ramy prawne zrównoważonej gospodarki leśnej	16
ROZDZIAŁ 2. CELE, ZAŁOŻENIA I RAMY METODYCZNE.....	24
Cele raportu	26
Założenia i ramy metodyczne	28
Typy siedliskowe lasu jako przyjęta klasyfikacja lasów	32
ROZDZIAŁ 3. POTENCJAŁ LASÓW DO ŚWIADCZENIA KLUCZOWYCH USŁUG	40
Kluczowe usługi polskich lasów.....	42
Drewno.....	46
Owoce leśne	50
Grzyby i grzybobranie.....	54
Dziczyzna i polowanie.....	58
Miód i zapylenie	62
Regulacja klimatu globalnego	68
Regulacja klimatu lokalnego i oczyszczanie powietrza z pyłów	72
Zapobieganie erozji gleby.....	78
Zapobieganie powodziom.....	82
Utrzymywanie siedlisk oraz nauka i edukacja	86
Rekreacja i regeneracja sił.....	90
ROZDZIAŁ 4. SYNTeza I WNIOski	96
Potencjał wielousługowy	98
Powiązania między usługami	108
Wnioski dla gospodarki leśnej	114
LITERATURA.....	116

Słowo wstępne



Lasy należą do najbardziej złożonych ekosystemów lądowych. Są specyficznymi układami ekologicznymi stanowiącymi wspólnotę życiową roślin, zwierząt, grzybów i mikroorganizmów występujących w określonych warunkach środowiskowych oraz powiązanych ze sobą procesami wymiany materii i energii. Charakteryzują się dużą różnorodnością biologiczną związaną z wielowarstwową strukturą i obecnością licznych mikrosiedlisk.

Lasy w naturalny sposób pełnią wiele funkcji dostarczając społeczeństwu licznych **korzyści o charakterze materialnym i niematerialnym**. Te pierwsze związane są z produkcją odnawialnej biomasy, przede wszystkim drewna i innych zasobów pochodzenia roślinnego i zwierzęcego (owoców leśnych, grzybów, miodu, dziczyzny). Z kolei korzyści niematerialne wynikają m.in. z wpływu lasów na klimat i obieg wody, z utrzymywania różnorodności biologicznej czy ze stwarzania warunków do wypoczynku na łonie przyrody i edukacji ekologicznej.

Wymienione dobra materialne i funkcje lasów stanowią wkład ekosystemów leśnych w dobrostan człowieka, czyli jego dobre samopoczucie i prawidłowe funkcjonowanie, zarówno w wymiarze fizycznym, psychicznym, jak i duchowym. Ten wkład nazywamy **usługami ekosystemowymi**. Europejska klasyfikacja usług ekosystemowych

(Common International Classification of Ecosystem Services - CICES) wyróżnia trzy główne sekcje usług: zaopatrzeniową, regulacyjną i kulturową. Usługi zaopatrzeniowe to materialne wytwory organizmów żywych nadające się do spożycia, przetworzenia lub produkcji energii. Usługi regulacyjne to sposoby, w jakie organizmy żywe regulują otaczające środowisko i w efekcie utrzymują lub poprawiają dobrostan ludzi, natomiast usługi kulturowe to stwarzanie warunków (miejsc/sytuacji) do interakcji z przyrodą, skutkujących utrzymaniem lub poprawą jakości życia ludzi.

Usługi ekosystemowe można rozpatrywać z punktu widzenia zapotrzebowania, rzeczywistego wykorzystania i potencjału ekosystemów do ich świadczenia. Zapotrzebowanie odnosi się do popytu na usługi ze strony społeczeństwa i gospodarki, natomiast rzeczywiste wykorzystanie pokazuje faktyczny, aktualny przepływ usług w celu osiągnięcia korzyści. Potencjał z kolei to zdolność ekosystemów do świadczenia usług i można go określać niezależnie od tego, czy z danego świadczenia człowiek korzysta, czy nie. Szacując potencjał z reguły zakłada się, że jest to hipotetyczna wielkość świadczenia, którą ekosystem jest w stanie dostarczyć w sposób trwały bez istotnego uszczerbku dla tego ekosystemu.

Współczesne społeczeństwo oczekuje, że lasy będą pełnić wiele funkcji jednocześnie i w sposób zrównoważony. Wiarygodne i kompleksowe rozpoznanie usług ekosystemowych umożliwi określenie takiej intensywności i rodzaju użytkowania, które nie będzie zagrażało produktywności i trwałości danego ekosystemu leśnego. Dlatego wiedza na temat potencjałów poszczególnych ekosystemów leśnych do świadczenia różnych usług powinna stanowić podstawę planowania i prowadzenia zrównoważonej gospodarki leśnej. Jest to o tyle istotne, gdyż zjawiska stanowiące główne przyczyny degradacji ekosystemów (np. przekształcanie siedlisk, nadmierna eksploatacja zasobów naturalnych, ekspansja inwazyjnych gatunków obcych) narastają, co powoduje, że obniża się ich potencjał do świadczenia usług. Publikowanie rzetelnych ocen strat i kosztów wynikających z utraty usług ekosystemowych przyczynia się do zwiększenia społecznej świadomości ekologicznej i może być istotnym narzędziem wpływu na decydentów oraz motywować ich do podejmowania działań na rzecz ochrony ekosystemów leśnych.

Celem raportu jest: (1) oszacowanie potencjału różnych typów lasów w Polsce do dostarczania kluczowych usług ekosystemowych (łącznie dla całego kraju i w podziale na krainy przyrodniczo-leśne), (2) wskazanie typów ekosystemów leśnych o wyróżniającym potencjale do świadczenia wielu usług (usługowych hotspotów) oraz (3) określenie powiązań między usługami ekosystemów leśnych.

Jest to pierwsze tego typu opracowanie w Polsce, uwzględniające zróżnicowanie potencjału kilkudziesięciu typów ekosystemów leśnych do świadczenia całego wachlarza kluczowych usług ekosystemowych. Stanowi odpowiedź na zapotrzebowanie związane z mapowaniem i oceną usług ekosystemów leśnych w skali ogólnopolskiej. Wypracowane rozwiązania mogą posłużyć jako punkt odniesienia i ramy standardowej procedury monitorowania potencjału usługowego lasów. Raport ma także wartość edukacyjną, bowiem napisany jest przystępnym językiem, dostosowanym do szerokiego grona odbiorców, a przez to może zostać wykorzystany do popularyzacji postrzegania lasów przez pryzmat szerokiego spektrum korzyści, których dostarczają społeczeństwu. Uzyskane wyniki i sformułowane na ich podstawie rekomendacje mogą przyczynić się do bardziej zrównoważonego zarządzania lasami i optymalnego wykorzystania ich potencjału, uwzględniającego wielofunkcyjność lasów oraz zapewniającego ich produktywność i trwałość.

Raport składa się z czterech głównych części. Część wprowadzająca (**Rozdział 1**) ma na celu zaprezentowanie polskich lasów jako niezwykle bogatych i zróżnicowanych ekosystemów, oferujących człowiekowi różnorakie korzyści, a także opisanie warunków

klimatyczno-siedliskowych, gospodarczych i prawnych, w których polskie lasy funkcjonują.

W części metodycznej (**Rozdział 2**) przedstawiono ogólny schemat postępowania, który wykorzystano do oszacowania potencjału polskich lasów do świadczenia usług ekosystemowych. Określono jednostki przestrzenne oraz typologiczne, dla których prowadzono analizy oraz wskazano źródła danych wykorzystanych do konstrukcji wskaźników potencjału. Ze względu na dostępność danych analizy zawężono do lasów zarządzanych przez Lasy Państwowe, dla których prowadzona jest jednolita i ogólnodostępna baza danych. Natomiast wcześniejsze wyniki analiz wielousługowych z terenu Polski wskazujące, że to las dojrzały osiąga największy łączny potencjał, wpłynęły na wybór do jego oszacowania lasów z drzewostanem w wieku powyżej 80 lat. Do oceny potencjału wykorzystano podział ekosystemów leśnych na typy siedliskowe lasu - jednostki typologii leśnej, których charakter determinują czynniki klimatyczne i rodzaj podłoża. Podstawowym polem analizy dla większości wskaźników było wydzielenie leśne, czyli najmniejsza jednostka przestrzenna w podziale powierzchniowym lasu. Do graficznego zaprezentowania potencjału w skali Polski wyniki zagregowano do ośmiu krain przyrodniczo-leśnych, różniących się między sobą warunkami środowiska istotnymi dla hodowli i zarządzania lasu.

Część analityczna (**Rozdział 3**) zawiera szczegółowe informacje na temat potencjału polskich lasów do świadczenia 17 kluczowych usług ekosystemów leśnych. Każdy podrozdział dotyczy jednej lub dwóch usług (jeśli zastosowano do ich opisu wspólne wskaźniki) i podzielony jest na trzy części: „Opis usługi”, „Metoda oceny potencjału” i „Wyniki”. Zawarto w nich szczegółowy opis konstrukcji wskaźników, a wyniki przedstawiono graficznie na mapach (w podziale na krainy przyrodniczo-leśne) i wykresach (w podziale na częściowo zagregowane typy siedliskowe lasu).

Część syntetyczna (**Rozdział 4**) poświęcona jest analizom wielousługowym. Poszczególne potencjały przeliczono do wspólnej skali rangowej 1-5 i zaprezentowano łącznie w syntetycznej tabeli. Wyliczone zagregowane potencjały zaopatrzeniowe, regulacyjne i kulturowe dla typów siedliskowych lasu i krain przyrodniczo-leśnych. Określono relacje między usługami w skali całej Polski (w tym wskazano tzw. wiązki usług, ang. bundles) oraz wyodrębniono usługowe hotspoty, czyli typy siedliskowe lasu wyróżniające się wysokim potencjałem do świadczenia wielu usług. Wskazano także ograniczenia wnioskowania związane z przyjętymi rozwiązaniami metodycznymi i charakterem danych źródłowych. Zwieńczeniem raportu są **rekomendacje dotyczące korzystania z lasów** wynikające z przeprowadzonych analiz.

Zapraszamy do lektury!



ROZDZIAŁ 1

WPROWADZENIE

© Andrzej Affek
Las mieszany górski świeży w Beskidzie Sądeckim

LASY W POLSCE

Lasy stanowią 29,8% powierzchni Polski, z czego lasy publiczne – 80,7%, a prywatne – 19,3%. Gatunki iglaste dominują na 74,0% powierzchni lasów, zaś łączna miąższość zasobów drzewnych wynosi 2417,8 mln m³ grubizny brutto. Polskie lasy są narażone na wiele czynników stresowych związanych z oddziaływaniem przyrody nieożywionej, ożywionej i człowieka. Liczne formy ochrony obejmujące lasy (w tym przede wszystkim parki narodowe, rezerваты przyrody i obszary Natura 2000) oraz prowadzone zabiegi pielęgnacyjne w lasach gospodarczych mają na celu minimalizację i zapobieganie tym zagrożeniom.

WSTĘP

Co to jest las? Czy hektar równa się hektarowi? Czy lasem może być teren bez drzew? Odpowiedzi na te pytania tylko pozornie wydają się oczywiste, a w rzeczywistości zależą od tego, kogo pytamy.

Z przyrodniczego punktu widzenia las jest ekosystemem, czyli specyficznym układem ekologicznym, stanowiącym wspólnotę życiową roślin, zwierząt, grzybów i mikroorganizmów występujących w określonych warunkach środowiska abiotycznego i powiązanych ze sobą procesami wymiany związków chemicznych i energii [A1, A2].

W warunkach polskich stare, dojrzałe lasy tworzą najbardziej złożone strukturalnie i funkcjonalnie ekosystemy łądowe. Wielowarstwowa struktura roślinności, obecność drzew w różnym wieku i kondycji zdrowotnej wpływa na powstawanie licznych mikrosiedlisk (w koronach i pniach drzew, podszybie, runie, martwym drewnie, ściółce, glebie) zajmowanych przez najróżniejsze organizmy [A3]. Skład gatunkowy ekosystemów leśnych nie jest stały. Zmienia się w zależności od wieku drzewostanu, przy czym w różnych stadiach wiekowych poszczególne grupy gatunków znajdują swoje optimum.

W lasach starych występuje największe łączne bogactwo gatunków ze wszystkich grup systematycznych, powiązanych między sobą skomplikowanymi zależnościami troficznymi.

Na specyfikę i różnorodność gatunkową lasów wpływają także warunki żyznościowe i wilgotnościowe. Na podstawie takich odmienności zbudowano różne systemy klasyfikacyjne ekosystemów leśnych, mające zarówno znaczenie naukowe jak i przeznaczone do zastosowań praktycznych.

Z formalno-prawnego punktu widzenia, w rozumieniu ustawy o lasach (art. 3), lasem jest grunt o zwartej powierzchni $\geq 0,10$ ha pokryty roślinnością leśną lub uprawami leśnymi (drzewami, krzewami, runem) bądź przejściowo jej pozbawiony, który: (a) przeznaczony jest do produkcji leśnej, (b) stanowi rezerwat przyrody/część parku narodowego, (c) wpisany jest do rejestru zabytków. Lasem jest jednak także grunt (*de facto* bezleśny) związany z gospodarką leśną i zajęty pod wykorzystywane na jej potrzeby: budynki i budowle, urządzenia melioracji wodnych, linie podziału przestrzennego lasu, drogi leśne, tereny pod liniami energetycznymi, szkółki leśne, miejsca składowania drewna, a także przeznaczony na parkingi leśne i urządzenia tury-

styczne [A4]. Nie są natomiast lasem tzw. zadrzewienia, czyli obszary porośnięte drzewami i zajmujące mniej niż 0,10 ha (np. wyspy leśne w krajobrazie rolniczym), oznaczone w ewidencji gruntów symbolem Lz.

Nie każdy „las” jest więc lasem, a zarazem jest nim wiele różnych terenów bez drzew. Sytuację komplikuje fakt, że polska statystyka leśna jest powiązana z ewidencją gruntów i budynków – brak jej aktualizacji (obszary zalesione/niezalesione) powoduje rozbieżność między danymi ewidencyjnymi a rzeczywistym pokryciem terenu roślinnością leśną. Dopiero od 2020 r. obszary spełniające ustawowe kryterium lasu, a nieuwzględnione w ewidencji gruntów i budynków, wchodzą w zakres pomiarów Wielkoobszarowej Inwentaryzacji Stanu Lasu. Są to tzw. lasy poza ewidencją, których powierzchnia wynosi 1077 tys. ha [A5]. Duże problemy sprawiły także do niedawna lasy prywatne, bowiem ich inwentaryzacja prowadzona była w sposób uproszczony, co prowadziło do systematycznego niedoszacowania [A6].

W niniejszym rozdziale wykorzystywano przede wszystkim dane zgromadzone w Banku Danych o Lasach (stan na 1.01.2022 r.) i IV cyklu Wielkoobszarowej Inwentaryzacji Stanu Lasu 2017–2021 (stan na 1.01.2021 r.).

LAS W LICZBACH

Powierzchnia polskich lasów wszystkich form własności (bez gruntów związanych z gospodarką leśną) wynosi 9 264 666 ha, zaś lesistość – 29,8%. Lesistość jest silnie zróżnicowana zarówno w poszczególnych województwach – od 21,4% (woj. łódzkie) do 49,3% (woj. lubuskie), jak i krainach przyrodniczo-leśnych – od 22,4% (Mazowiecko-Podlaska) do ponad 40% w krainach górskich (Karpacka 42,2%, Sudecka 41,1%). Średnia powierzchnia lasów przypadająca na 1 mieszkańca wynosi 0,24 ha [A7].

Lasy w Polsce pod względem struktury własnościowej dzielą się na publiczne – 80,7% powierzchni (7478,7 tys. ha) i prywatne – 19,3% (1785,9 tys. ha),

LESISTOŚĆ POLSKI
29,8%



należące do osób fizycznych, wspólnot gruntowych, spółdzielni produkcyjnych czy kościołów i związków wyznaniowych. Większość lasów publicznych stanowi własność Skarbu Państwa, w tym 76,9% (7125,1 tys. ha) znajduje się w zarządzie Państwowego Gospodarstwa Leśnego Lasy Państwowe (dalej jako Lasy Państwowe). Włodarzami pozostałych są m.in. parki narodowe, Zasób Własności Rolnej Skarbu Państwa oraz uczelnie wyższe i jednostki PAN (tzw. leśne zakłady doświadczalne). Wyjątkiem są lasy gminne – 0,9% (84,3 tys. ha), które, będąc dobrem publicznym, nie stanowią własności Skarbu Państwa. Udział lasów prywatnych jest bardzo zróżnicowany w poszczególnych województwach i waha się od 1,9% (woj. lubuskie) do 45% (woj. mazowieckie) [A7].



W lasach niemal wszystkich form własności przeważają drzewostany w IV klasie wieku (61–80 lat), występujące na 22,9% powierzchni. Najbardziej wyróżniają się lasy w zarządzie parków narodowych, które cechują się zdecydowanie najmniejszym udziałem powierzchniowym w klasach I–IV (≤ 80 lat), zaś największym w klasach VI–VII (> 100 lat). Szczególnie widoczne jest to w klasie najmłodszej 1–20 lat (0,5% w parkach narodowych wobec 10,3% ogółem) i najstarszej > 120 lat (26,9%/ogółem 3,3%) [A7].

W strukturze siedliskowej lasów Polski siedliska nizinne występują na 85,8% powierzchni lasów (borowe – 49,5, lasowe – 36,3%), wyżynne na 6,1% (borowe – 0,2, lasowe – 5,9%), zaś górskie na 8,1% (borowe – 0,7, lasowe – 7,4%). Mimo znacznego zróżnicowania proporcji siedlisk borowych i lasowych w gradiencie wysokościowym, ich łączny udział w powierzchni lasów jest bardzo wyrównany i wynosi odpowiednio 50,4 i 49,6% [A7].

Gatunki iglaste (sosna, świerk, jodła, modrzew) dominują na 74% powierzchni lasów Polski, zaś liściaste (dąb, buk, brzoza, olsza, grab, osika, topola) odpowiednio na 26%. Sosna zajmuje 66% powierzchni

lasów wszystkich form własności, zaś dąb, będący najważniejszym liściastym gatunkiem lasotwórczym – 8,1% [A7].

Łączna miąższość zasobów drzewnych wynosi 2417,8 mln m^3 grubizny brutto (drewna razem z korą), z czego na Lasy Państwowe, prywatne i innych form własności przypada odpowiednio 1922,4, 386,9 i 108,5 mln m^3 . Przeciętna zasobność lasów w Polsce wynosi 261 m^3/ha . Najniższe wartości cechują krainę Mazowiecko-Podlaską (232 m^3/ha), zaś najwyższe krainę Karpacką (308 m^3/ha) [A7]. Wszystkie wymienione wartości są **znacznie wyższe niż przeciętna zasobność lasów wyliczona dla całej Europy**, która wynosi 169 m^3/ha [A8]. W 2022 r. w ramach użytkowania głównego (rębego i przedrębego) pozyskano w Polsce 40,7 mln m^3 grubizny netto (drewna bez kory), w tym 38,9 mln m^3 (96,1%) w Lasach Państwowych, zaś 1,3 mln m^3 (3,2%) w lasach prywatnych [A7].

ZAGROŻENIA

Zdaniem autorów „Raportu o stanie lasów w Polsce 2020” [A9] **zagrożenie środowiska leśnego w Polsce należy do najwyższych w Europie**. Czynniki stresowe związane są z oddziaływaniem przyrody nieożywionej, ożywionej i człowieka.



Czynniki abiotyczne. Zalicza się do nich przede wszystkim czynniki atmosferyczne – termiczno-wilgotnościowe anomalie pogodowe i nagłe zjawiska ekstremalne, niekorzystne właściwości gleby (pogorszenie stosunków wilgotnościowych i żyzności) czy niesprzyjające warunki topograficzno-litologiczne (procesy grawitacyjne, np. osuwiska). W 2021 r. głównymi czynnikami abiotycznymi odpowiedzialnymi za uszkodzenia drzewostanów były: **susza** (35,6 tys. ha na terenie 168 nadleśnictw) i **silne wiatry** (17,5 tys. ha na terenie 173 nadleśnictw), przy czym w 53% nadleśnictw stwierdzono jednocześnie oddziaływanie dwóch i więcej czynników stresowych, np. termicznego i wodnego [A10]. Wskaźniki Klimatycznego Bilansu Wodnego nie napawają optymizmem, gdyż z powodu zwiększającego się parowania oraz zmian opadów w czasie i przestrzeni coraz częściej lasom grozi susza nawet w latach o dużej ilości opadów atmosferycznych. Związek warunków meteorologicznych ze wzrostem i kondycją drzewostanów jest zróżnicowany w zależności od gatunku drzewa, a także jego wieku, wraz z którym postępują zmiany morfologiczne i fizjologiczne oraz wyczerpanie

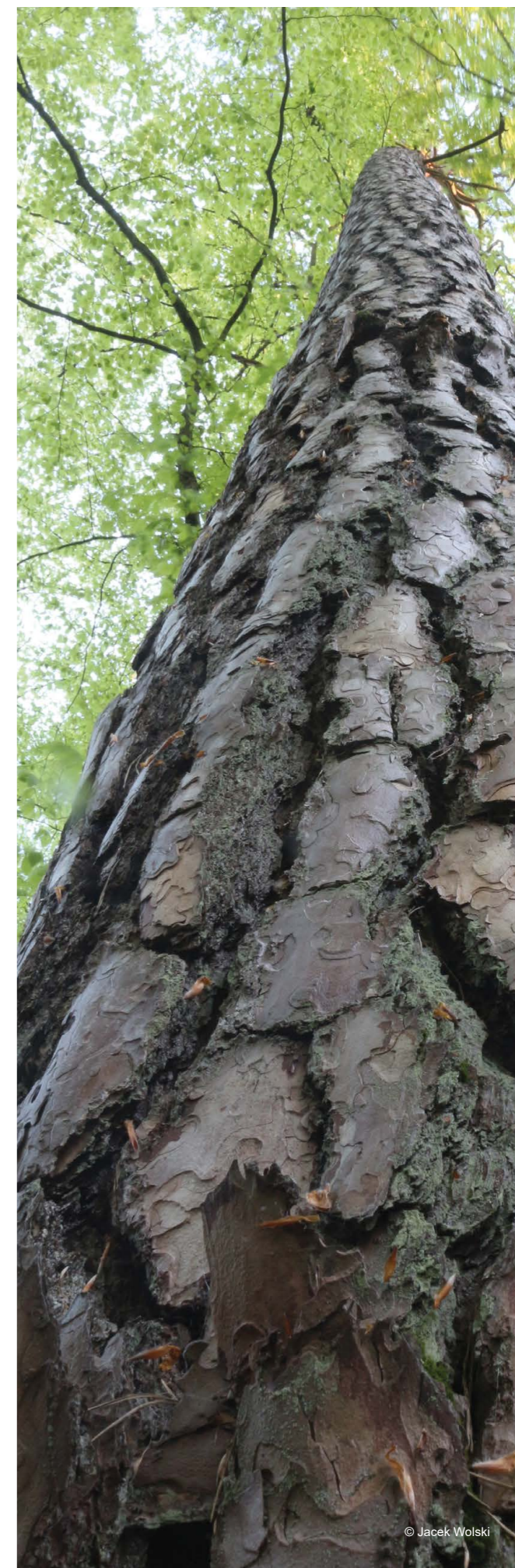
zdolności samoregulacyjnych [A11]. Reakcja drzewostanów na warunki meteorologiczne zależna jest również od właściwości gleby.



Czynniki biotyczne. Zalicza się do nich przede wszystkim **niezgodność siedliskową** (drzewostany iglaste rosnące na siedliskach lasowych), **masowe pojawy szkodników owadów, grzybowe i bakteryjne choroby infekcyjne** (głównie korzeni), zaś lokalnie – „działalność” półpaszytniczej jemioli i niektórych ssaków roślinożernych (głównie jelenia szlachetnego i sarny europejskiej) [A10]. W 2021 r. pozyskanie drewna w ramach cięć sanitarnych i przypadkowych związanych m.in. z realnym występowaniem i potencjalnym zagrożeniem przez szkodniki owadzie, wyniosło 4,86 mln m^3 [A10], przy czym prawie 60% posuszu i 95% złomów i wywrotów było drewnem jałowym (niezasiedlonym lub opuszczonym przez szkodniki).



Czynniki antropogeniczne. Zalicza się do nich przede wszystkim stałe, ciekłe i gazowe **zanieczyszczenia powietrza, gleb i wód**. Mimo że dane z ostatnich dwóch dekad [A9] wskazują na zmniejszanie się lub przynajmniej brak wzrostu ilości tlenków azotu i siarki, to jednak nie oznacza to zahamowania procesu degradacji siedlisk leśnych i samych drzewostanów, który nieustannie postępuje. W 2020 r. 8% drzew w Polsce zaliczono do zdrowych, 72,6% do klasy z lekką defoliacją, zaś 19,4% zaklasyfikowano jako drzewa uszkodzone, w tym martwe [A9]. Kolejnym czynnikiem stresowym o charakterze antropogenicznym są **pożary lasów**. W 2021 r. zarejestrowano 2243 pożarów, a spaleni uległo 575 ha lasów [A7]. Głównymi przyczynami były podpalenia celowe lub przypadkowe. Postępujące procesy urbanizacji, często prowadzące do żywiołowego rozlewania się zabudowy, a także rozbudowa infrastruktury (zwłaszcza transportowej) powodują coraz silniejszą **fragmentację kompleksów leśnych**. Przykładami barier dla fauny leśnej, które rozdzielają ich areale osobnicze czy przerywają szlaki tranzytowe dalekiego zasięgu, są m.in. drogi szybkiego ruchu. Ponadto coraz powszechniej mówi się o nowych zagrożeniach, czyli o tzw. zanieczyszczeniach hałasem, światłem i odorem, które w praktyce wpływają m.in. na występowanie czy rozród przedstawicieli fauny leśnej.



© Jacek Wojski

Następstwa wymienionych czynników stresowych mogą być bardzo zróżnicowane: od czasowego zmniejszenia różnorodności biologicznej oraz zakłócenia składu gatunkowego i struktury wiekowej ekosystemu leśnego, aż po jego trwałe uszkodzenie powodujące zaburzenie wszystkich funkcji lasu, w tym zamieranie drzewostanu.

OCHRONA PRZYRODY W LASACH

Lasy stanowią najliczniej reprezentowany, a często priorytetowy komponent każdej z 10 ustawowych form ochrony przyrody [A12], w tym także parków narodowych będących poza jurysdykcją Lasów Państwowych. Według ewidencji z dnia 31.12.2020 r. na gruntach leśnych w zarządzie Lasów Państwowych znajdowały się w całości lub części następujące formy ochrony przyrody: 126 parków krajobrazowych, 1286 rezerwatów przyrody, 370 obszarów chronionego krajobrazu, 844 obszary Natura 2000, a także 11 551 pomników przyrody, 8878 użytków ekologicznych, 170 zespołów przyrodniczo-krajobrazowych i 43 stanowiska dokumentacyjne. Ponadto w Lasach Państwowych istnieje 3990 stref ochrony gatunkowej zwierząt i roślin o łącznej powierzchni 162,9 tys. ha, z czego 3500 stanowią strefy ochrony ostoi ptaków; 65% wszystkich gatunków roślin i zwierząt obecnych w Polsce występuje w lasach. Lasy Państwowe podejmują także własne inicjatywy ochronne, do których zaliczyć można m.in. prowadzenie arboretów, ogrodów botanicznych czy zagród pokazowych, a także realizację projektów z zakresu ochrony czynnej i reintrodukcji (m.in. żubra, cietrzewia i głuszca, rybołowa) oraz ochrony puli genowej gatunków zagrożonych wyginięciem [A9]. Z drugiej strony należy odnotować, że niskie reżimy ochronne i niejednoznaczność przepisów wykonawczych mogą nie gwarantować należytej ochrony lasów w granicach parków krajobrazowych i obszarów chronionego krajobrazu, a także obszarów Natura 2000, które zajmują odpowiednio ok. 47% i 38% powierzchni Lasów Państwowych.

Na obszarach cechujących się: (a) występowaniem ekosystemów leśnych o szczególnych walorach (pełniących istotne funkcje pozaprodukcyjne) lub (b) istnieniem warunków ograniczających produktywność drzewostanów i trwałość lasu (działanie destrukcyjnych czynników zewnętrznych) ustanawia się tzw. lasy ochronne. Nie mają one bezpośredniego związku z ustawowymi formami ochrony przyrody, ale często są komplementarne i występują na tych samych terenach [A13].

Według dominującej kategorii ochronności największy udział w całkowitej powierzchni lasów mają drzewostany: wodochronne 16,8% (1556,5 tys. ha),

miejskie i podmiejskie 7,0% (645,7 tys. ha), cenne pod względem przyrodniczym 6,2% (572,7 tys. ha) i uszkodzone na skutek działalności przemysłu 5,0% (465,5 tys. ha). Udział lasów ochronnych wszystkich form własności w ogólnej powierzchni leśnej kraju wynosi 41,7%, przy czym różnica między lasami publicznymi a prywatnymi jest olbrzymia (odpowiednio 51,6 i 0,5%) [A7].

Pomostem między potrzebami ochrony i pozyskiwania surowca drzewnego jest **trwale zrównoważona gospodarka leśna**, której najważniejsze założenia i umocowanie prawne przedstawiono w rozdziale Ramy prawne. Świadectwem tego, że drzewne produkty leśne pochodzą z lasów użytkowanych w sposób zrównoważony, jest międzynarodowy **certifikat Forest Stewardship Council (FSC)** przyznawany podmiotom z branży drzewnej. FSC jest jedynym systemem certyfikacji wspieranym przez ekologiczne organizacje pozarządowe. Wynika to z faktu, że do standardów FSC należą m.in.: obowiązek wyznaczania tzw. lasów referencyjnych i obszarów leśnych o szczególnych wartościach ochronnych (*High Conservation*

Value), a także wykazywanie pozytywnego wpływu gospodarki leśnej na usługi ekosystemowe (<https://pl.fsc.org/pl-pl>). Rosnące rozbieżności między potrzebami produkcyjnymi Lasów Państwowych a wymogami FSC prowadzą do odchodzenia w ostatnim

czasie od tej certyfikacji na rzecz bardziej liberalnego systemu PEFC (*Programme for the Endorsement of Forest Certification Schemes*), którym obecnie legitymują się wszystkie regionalne dyrekcje lasów państwowych (RDLP).

KATEGORIE LASÓW OCHRONNYCH [A4; A14]

- glebochronne (w obrębie wydm, klifów, stromych i podatnych na osuwiska stoków i zboczy dolin, w strefie górnej granicy lasów)
- wodochronne (w obszarach źródliskowych, wzdłuż cieków i brzegów zbiorników wodnych, w granicach stref ochronnych ujęć wody oraz na siedliskach wilgotnych i bagiennych)
- trwale uszkodzone na skutek działalności przemysłu
- drzewostany nasienne wyłączone z użytkowania rębego
- stanowiące ostoje zwierząt i stanowiska roślin podlegających ochronie gatunkowej
- mające szczególne znaczenie przyrodnicze (cenne fragmenty rodzimej przyrody), naukowe (stałe powierzchnie badawcze wydzielone w planie urządzenia lasu) lub dla obronności i bezpieczeństwa państwa (np. poligony)
- miejskie i podmiejskie (w miastach i w odległości do 10 km od granic administracyjnych miast liczących ponad 50 tys. mieszkańców)
- uzdrowiskowe (w strefach ochronnych uzdrowisk)



USŁUGI EKOSYSTEMÓW LEŚNYCH

Usługi ekosystemowe to wkład ekosystemów w dobrostan człowieka. Ekosystemy leśne dostarczają ludziom wielu korzyści, takich jak drewno, żywność i lekarstwa, ochrona przed powodzią, hałasem i zanieczyszczeniami, a także poprawa zdrowia i samopoczucia. Usługi ekosystemowe są świadczone w różnych skalach przestrzennych, a ich zróżnicowanie między typami lasów jest ważne dla określenia ich potencjału i trwałości dostarczania usług.

KONCEPCJA USŁUG EKOSYSTEMOWYCH

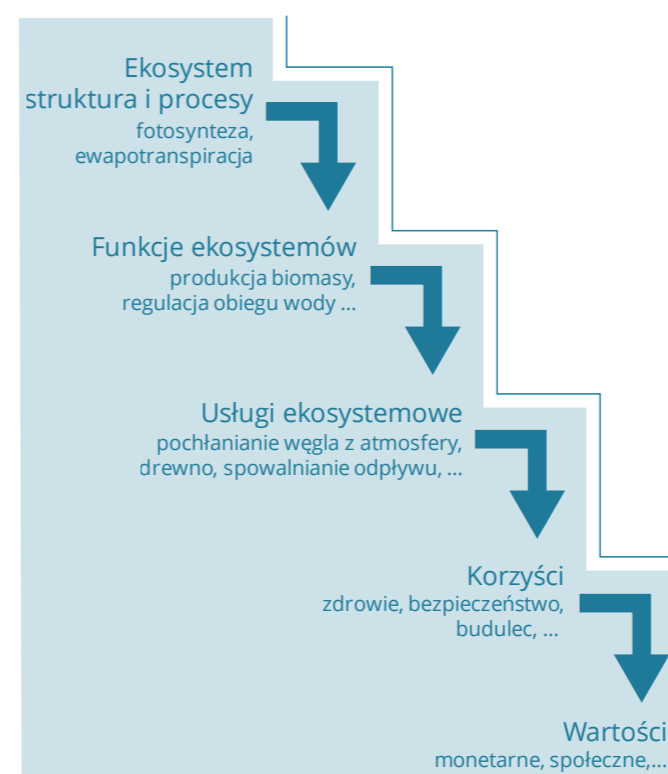
Istnienie człowieka zależne jest od szeregu dóbr i usług dostarczanych przez środowisko przyrodnicze, w tym w znacznej części przez lasy. Już Platon 400 lat przed naszą erą zdawał sobie sprawę, że wylesianie może doprowadzić do erozji gleby czy wysychania źródeł [B1]. Zdrowie, energia i bezpieczeństwo to jedne z najważniejszych korzyści, jakie ludzie czerpią z przyrody. **Usługi ekosystemowe to, najprościej rzecz ujmując, wkład ekosystemów w dobrostan ludzi** [B2]. Z kolei **dobrostan to połączenie dobrego samopoczucia i prawidłowego funkcjonowania** [B3], zarówno w wymiarze fizycznym, psychicznym, jak i duchowym.

GŁÓWNY PODZIAŁ USŁUG EKOSYSTEMOWYCH [B4]

- (1) usługi zaopatrzeniowe – materialne wytwory organizmów żywych nadające się do spożycia, przetworzenia lub produkcji energii
- (2) usługi regulacyjne – sposoby, w jakie organizmy żywe regulują otaczające środowisko i w efekcie utrzymują lub poprawiają dobrostan ludzi
- (3) usługi kulturowe – stwarzanie warunków (miejsc/sytuacji) do interakcji z przyrodą, skutkujących utrzymaniem lub poprawą dobrostanu ludzi

Wspólna Międzynarodową Klasyfikacja Usług Ekosystemowych (CICES V5.1) wyróżnia trzy główne sekcje usług: **zaopatrzeniowe, regulacyjne i kulturowe**. Podstawą tej klasyfikacji jest **model kaskadowy łączący ekosystemy z dobrostanem ludzi** (Rycina 1). Na szczycie kaskady znajdują się ekosystemy ze swoimi strukturami i zachodzącymi w nich procesami (np. fotosynteza i oddychanie). Na kolejnym poziomie są funkcje ekosystemów, czyli te procesy ekologiczne, które mogą przynosić ludziom korzyść (np. produkcja biomasy i regulacja obiegu wody). W centrum kaskady znajdują się usługi, czyli końcowe, materialne i niematerialne wytwory ekosystemów (np. drewno czy spowolnienie odpływu wody po intensywnych opadach) (Rycina 2). Wytwory te nadal są ściśle związane ze strukturami i procesami zachodzącymi w ekosystemie, a jednocześnie bezpośrednio przyczyniają się do dostarczania różnych dóbr (np. materiałów konstrukcyjnych do budowy domu) i generowania korzyści dla człowieka (np. ochrony przed powodzią). Na końcu kaskady jest wartość danej usługi, która stanowi finalny wkład ekosystemów w dobrostan człowieka. Pokazuje ona w wymiarze pieniężnym lub innym, ile warta jest dana usługa dla jej odbiorców. Należy przy tym zauważyć, że przeważnie, aby korzystać z usługi została zrealizowana, potrzebna jest ingerencja człowieka (np. wycięcie drzewa, wywóz z lasu i obróbka) lub przyjęcie perspektywy spoza ekosystemu

(np. spowolnienie odpływu wody będzie stanowiło korzyść dla ludzi wówczas, gdy osady ludzkie będą zlokalizowane poniżej lasu w tej samej zlewni) [B4].



RYCINA 1. Model kaskadowy usług ekosystemowych
Źródło: [B5, zmienione]

KORZYŚCI Z LASU

Lasy, stanowiąc najbardziej wielofunkcyjny ekosystem lądowy i niezbędny czynnik globalnej równowagi ekologicznej, **dostarczają wielu usług i korzyści ważnych dla społeczeństwa**. Spośród usług zaopatrzeniowych **najistotniejszy dla gospodarki jest surowiec drzewny**. Drewno w zależności od gatunku i potrzeb wykorzystywane jest jako materiał konstrukcyjny i meblarski w formie drewna litego lub jest przerabiane na wyroby drewnopochodne, papiernicze czy energetyczne (węgiel drzewny, pelet). Z lasu pozyskuje się, choć w znacznie mniejszym stopniu, także inne surowce takie jak włókna celulozowe do produkcji tekstyliów, żywice, olej talowy, tłuszcze, woski, barwniki czy substancje aromatyczne. Las jest także bogatym źródłem żywności i substancji leczniczych. Do osobistego wykorzystania lub do generowania dochodów pozyskuje się m.in. owoce runa leśnego, grzyby, nasiona, rośliny zielarskie i przyprawy, soki z drzew, miód czy dziczyznę. Las to również miejsce pracy i źródło utrzymania dla ludzi zajmujących się pozyskiwaniem drewna i ochroną przyrody. Tym samym zarówno

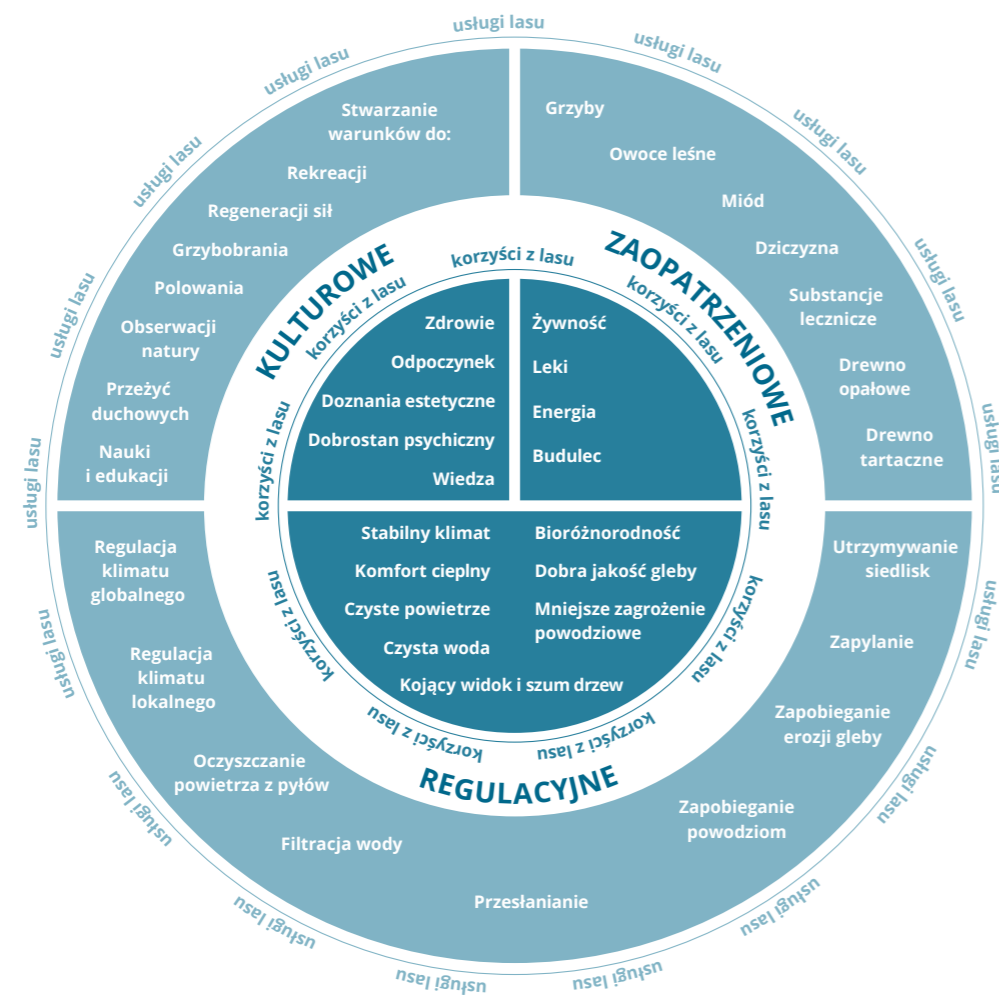
eksploatacja zasobów leśnych, jak i działalność ochroniarska przyczynia się do rozwoju gospodarczego i ograniczania ubóstwa.

Niedrzewne produkty leśne

(*Non Wood Forest Products – NWFP*) to dobra pochodzące z lasów, które są trwałe i materialnymi obiektami pochodzenia zwierzęcego i roślinnego, innymi niż drewno. Obejmują m.in. żywność (np. owoce, grzyby, zioła, mięso dzikich zwierząt, miód), pasze, rośliny ozdobne, wyсіki (np. żywice), skóry, futra i trofea, wosk pszczoły, a także surowce dla medycyny, do wytwarzania wyrobów rzemieślniczych czy produkcji aromatów i barwników [B6].

Jako podstawowe siedlisko dla wielu gatunków, lasy wspierają **utrzymanie i ochronę różnorodności biologicznej** oraz przechowują zasoby genetyczne. **Pochłaniają i magazynują dwutlenek węgla z atmosfery**, przyczyniając się do regulacji globalnego obiegu węgla i łagodzenia zmian klimatu. Lasy również łagodzą klimat w skali lokalnej: zmniejszają różnicę między maksymalną a minimalną temperaturą powietrza oraz ograniczają prędkość wiatru. Drzewa jonizują powietrze, wydzielają substancje bakteriobójcze, zapewniają cień w słoneczne i upalne dni, a także współtworzą mikroklimat, który korzystnie stymuluje układ oddechowo-kръżeniowy. Mogą ponadto stanowić **skuteczną barierę dla hałasu, nieprzyjemnych zapachów i widoków**, stanowiąc przy tym naturalny filtr zanieczyszczeń. Zdrowe ekosystemy leśne wytwarzają i chronią glebę oraz regulują obieg wody, zapobiegając degradacji gruntów i pustynnieniu oraz zmniejszając ryzyko klęsk żywiołowych, takich jak susze, powódzie i osunięcia ziemi. Przykładowo, systemy korzeniowe drzew stabilizują grunt ograniczając erozję wodną i wietrzną, z kolei warstwa mszysła lasów iglastych jest w stanie magazynować duże ilości wody w efekcie znacznie zmniejszając wielkość i natężenie spływu powierzchniowego.

Ekosystemy leśne dostarczają również wielu usług kulturowych, zapewniając warunki do wielorakich **interakcji wspierających zdrowie, kondycję psychiczną i dobre samopoczucie**. Ze względu na wysoką wartość estetyczną, rekreacyjną i naukową są popularnym miejscem do wypoczynku, uprawiania sportu i edukacji przyrodniczej, stanowią poligon badawczy dla naukowców i inspirację dla artystów. Lasy są także miejscem spotkań z historią, bowiem na ich terenie znajdują się liczne obiekty dziedzictwa kulturowego.



RYCINA 2. Usługi ekosystemów leśnych i korzyści płynące dla człowieka

OCENA I MAPOWANIE USŁUG

Usługi ekosystemowe w zależności od swojego charakteru **świadczane są w różnych skalach przestrzennych**, od lokalnej (miejscowej), przez regionalną do globalnej [B7]. Na przykład gromadzenie i oczyszczanie wody jest najczęściej usługą regionalną, najbardziej dostępną dla osób znajdujących się w granicach zlewni. Z kolei regulowanie klimatu ma zarówno wymiar lokalny, jak i globalny. Poprzez wiązanie i uwalnianie dwutlenku węgla oraz innych gazów cieplarnianych lasy regulują globalny klimat, natomiast poprzez modyfikowanie obiegu wody wpływają na klimat lokalny redukując skrajne temperatury i podnosząc wilgotność. Podobnie większość usług kulturowych i zaopatrzeniowych, w związku z tym, że wymaga bezpośredniej obecności człowieka w lesie, świadczonych jest w skali lokalnej.

Usługi ekosystemowe można rozpatrywać z punktu widzenia **zapotrzebowania, rzeczywistego wykorzystania i potencjału** ekosystemów do ich świadczenia. Zapotrzebowanie odnosi się do popytu na usługi ze strony społeczeństwa i gospodarki,

natomiast rzeczywiste wykorzystanie pokazuje faktyczny, aktualny przepływ usług w celu osiągnięcia korzyści. Potencjał z kolei to zdolność ekosystemów do świadczenia usług i można go określać niezależnie od tego, czy z danego świadczenia człowiek korzysta czy nie. Szacując **potencjał** w praktyce, z reguły zakłada się, że jest to **hipotetyczna wielkość świadczenia, którą ekosystem jest w stanie dostarczyć w sposób trwały bez istotnego uszczerbku dla tego ekosystemu** [B8]. Na poziomie lokalnym, w zależności od celu oszacowania, uwzględnia się bądź nie ograniczenia wynikające z aktualnego gospodarowania i przeznaczenia danego lasu (np. funkcja ochronna, gospodarcza, obiekt wojskowy itp.).

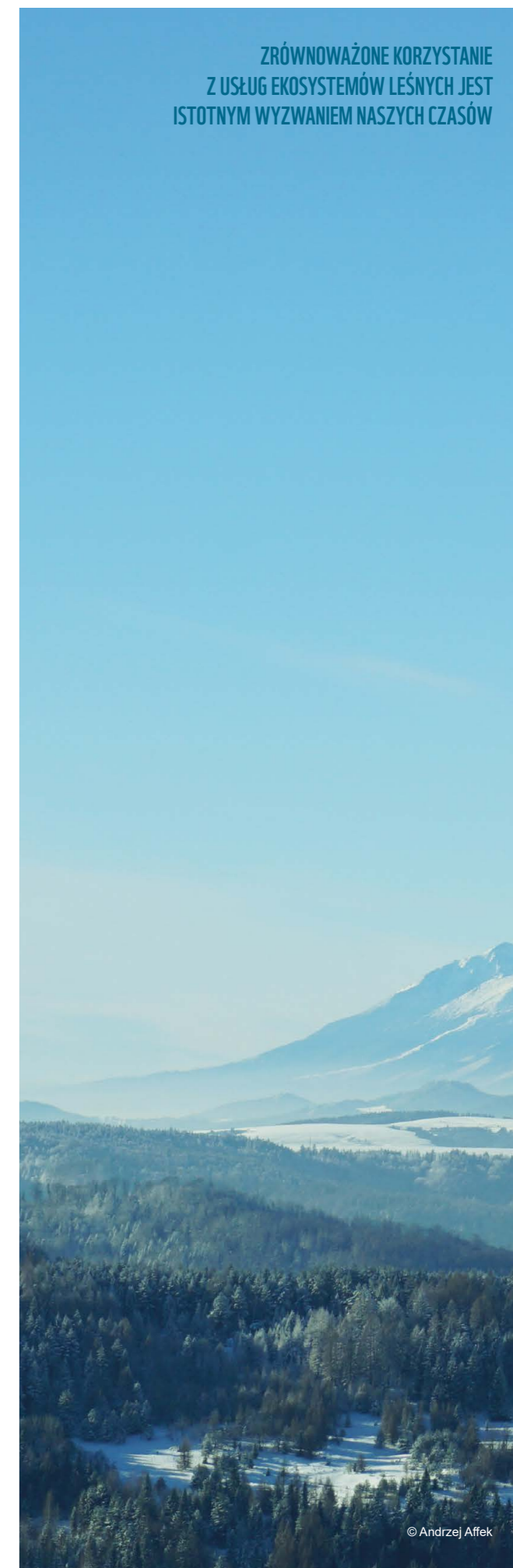
Jednym z głównych elementów oceny usług jest przedstawienie ich zróżnicowania między typami ekosystemów oraz w przestrzeni. Badania jednoznacznie wskazują, że **las**, nawet te bezpośrednio ze sobą sąsiadujące, **istotnie różnią się między sobą pod względem zdolności do dostarczania usług**, chociażby ze względu na zróżnicowanie siedliskowe i metody gospodarowania [B9, B10]. Wiedza na temat zróżnicowanych potencjałów poszczególnych

ekosystemów leśnych do świadczenia całej palety usług powinna stanowić podstawę planowania i prowadzenia zrównoważonej gospodarki leśnej.

Podstawowym wyzwaniem dla zrównoważonej gospodarki leśnej jest takie korzystanie z usług ekosystemowych, które nie obniża zdolności lasów do trwałego świadczenia tych usług. Współczesne **społeczeństwo** bowiem czerpie korzyści z lasów na wiele sposobów i **oczekuje, że lasy będą pełnić wiele funkcji jednocześnie i w sposób zrównoważony**. Chodzi więc o określenie takiej intensywności i rodzaju użytkowania, które nie będzie zagrażać produktywności i trwałości danego ekosystemu leśnego. Warto przy tym zauważyć, że rzeczywiste wykorzystanie często nie osiąga wartości odpowiadających potencjałowi danego ekosystemu. Przyczyną tego może być spadek zainteresowania daną usługą ekosystemową ze względu na dostępne alternatywne źródła korzyści, ograniczenia technologii eksploatacji usług, niewystarczający poziom wiedzy lub po prostu ograniczony dostęp do lasu [B11, B12]. Zrównoważone korzystanie z usług ekosystemów leśnych staje się zatem istotnym wyzwaniem naszych czasów [B13].

Tym samym **rośnie zapotrzebowanie na wiarygodne i kompleksowe rozpoznanie usług ekosystemowych**. Obecnie jednak często brakuje odpowiednich wskaźników w standardowych ramach monitorowania i sprawozdawczości, co skutkuje tym, że znaczenie usług ekosystemowych może zostać przeoczone w planowaniu i podejmowaniu decyzji [B14]. Właściwe rozpoznanie usług i dostrzeżenie wielofunkcyjności lasów może pomóc m.in. w opracowaniu bardziej zrównoważonego i korzystniejszego dla społeczeństwa i środowiska gospodarowania lasami. Jest to o tyle istotne, gdyż zjawiska stanowiące główne przyczyny utraty różnorodności biologicznej (np. przekształcanie siedlisk, nadmierna eksploatacja zasobów przyrodniczych, wprowadzanie i ekspansja inwazyjnych gatunków obcych czy zmiany klimatu) narastają, co powoduje, że **wiele ekosystemów ulega degradacji i obniża się ich potencjał do świadczenia usług** [B15]. Ocena strat i generowanych kosztów wynikających z utraty świadczeń ekosystemowych na rzecz człowieka może być istotnym narzędziem wpływu na decydentów i motywować ich do podejmowania działań na rzecz ochrony przyrody, w tym do utrzymania lub odbudowy różnorodności biologicznej oraz prawidłowego funkcjonowania ekosystemów. Warto przy tym zauważyć, że zgodnie z przewidywaniami, rozpoznanie wartości ekosystemów wynikającej z korzyści płynących dla społeczeństwa będzie wkrótce podstawą do wprowadzenia płatności, zachęt lub rekompensat za utrzymanie tych usług przez zarządców [B14].

ZRÓWNOWAŻONE KORZYSTANIE
Z USŁUG EKOSYSTEMÓW LEŚNYCH JEST
ISTOTNYM WYZWANIEM NASZYCH CZASÓW



© Andrzej Affek

RAMY PRAWNE ZRÓWNOWAŻONEJ GOSPODARKI LEŚNEJ

Strategia Unii Europejskiej na rzecz zrównoważonej gospodarki leśnej opiera się na globalnych inicjatywach ONZ, a także na wieloletniej i wielopłaszczyznowej strategii Europejskiego Zielonego Ładu. Zaleca ona ograniczenia wykorzystania biomasy leśnej i wzmocnienia obszarów chronionych, aby przyczynić się do ochrony ekosystemów leśnych, a także osiągnięcia neutralności klimatycznej do 2050 r. Polska posiada szereg dokumentów prawnych, które regulują zrównoważoną gospodarkę leśną. Zgodnie z nimi, celem gospodarki leśnej jest osiągnięcie racjonalnego kompromisu między różnymi funkcjami lasów, przy uwzględnieniu specyfiki ich warunków przyrodniczych, gospodarczych i społecznych oraz poszanowaniu ekologicznych i społecznych funkcji.

ZRÓWNOWAŻONA GOSPODARKA LEŚNA W ŚWIELE DOKUMENTÓW UNIJNYCH

Prawo Unii Europejskiej dotyczące gospodarowania lasami ma swoje korzenie w globalnych inicjatywach podejmowanych na przestrzeni lat przez Organizację Narodów Zjednoczonych (ONZ). Fundamentalne znaczenie w określeniu roli lasów dla przyszłości naszej planety miała **Konferencja ONZ w Rio de Janeiro** z 1992 r. [C1], podczas której rozwinięto koncepcję zrównoważonego rozwoju poprzez przyjęcie szeregu strategicznych dokumentów, w tym: (a) Ramowej konwencji w sprawie zmian klimatu, (b) Konwencji o różnorodności biologicznej, (c) Deklaracji z Rio w sprawie środowiska i rozwoju, (d) Deklaracji

dotyczącej kierunku rozwoju, ochrony i użytkowania lasów (zwaną Zasadami leśnymi) oraz (e) Globalnego Programu Działań – tzw. Agendy 21. Istotne dla przyszłości lasów w skali globalnej było również podpisanie w 2015 r. **Porozumienia Paryskiego** [C2], wieńczącego 21. Konferencję ONZ w sprawie zmian klimatu (COP21). Znaczenie przywracania ekosystemów, w tym leśnych, dla zachowania różnorodności biologicznej oraz przeciwdziałania degradacji gruntów podkreśliła także **Konwencja ONZ w sprawie zwalczania pustynnienia** z 1994 r. [C3].

Najważniejsze priorytety polityki leśnej na poziomie europejskim zostały sformułowane w dokumentach uchwalonych w ramach ogólnoeuropejskiego procesu Forest Europe, a także w ramach różnych

polityk Unii Europejskiej [C4; C5]. Postępujące zmiany klimatyczne i nasilające się procesy degradacji środowiska wpłynęły na zintensyfikowanie w ostatnich latach prac Komisji Europejskiej (KE) w celu ochrony i wzmocnienia ekosystemów leśnych. Za podstawę działań przyjęto zrównoważone gospodarowanie zasobami leśnymi w obiegu zamkniętym, które ma przyczynić się do poprawy warunków życia, wspierać zdrowe środowisko, stworzyć trwałe miejsca pracy oraz zapewnić zrównoważoną żywność, bioprodukty i bioenergię. Dostrzeżono również istotną rolę przemysłu i usług związanych z lasem, jak również właścicieli i pracowników sektora leśnego w osiąganiu wytyczonych celów zrównoważonego rozwoju gospodarki leśnej. Równoległe, powyższe działania mają być wspierane przez przyjazne dla klimatu zarządzanie gruntami i tworzenie nowych możliwości dla osób związanych z sektorem rolnictwa.

Zrównoważona gospodarka leśna to takie użytkowanie lasu, które ma na celu zapewnienie dóbr i usług dla naszych potrzeb, jak i dla kolejnych pokoleń. To troska, by lasy mogły trwale pełnić wszystkie ważne ochronne, gospodarcze i społeczne funkcje, oparta na dbaniu o (1) zasoby leśne, (2) różnorodność biologiczną i (3) społeczeństwo.

Do niedawna podstawę do zobowiązań redukcyjnych w zakresie emisji gazów cieplarnianych ustalały trzy powiązane ze sobą traktaty przyjęte w ramach ONZ: Ramowa konwencja w sprawie zmian klimatu z 1992 r., uzupełniający Protokół z Kioto wraz z poprawką z Dohy z 2012 r. oraz Porozumienie Paryskie [C2; C6]. Najnowszym owocem działań KE jest wieloletnia i wielopłaszczyznowa strategia rozwoju **Europejski Zielony Ład** (EZŁ) z 2019 r. [C7], której nadrzędnym celem jest dostosowanie unijnej polityki i gospodarki do osiągnięcia neutralności klimatycznej do 2050 r. Cel ten, wraz z celem pośrednim dotyczącym zmniejszenia emisji gazów cieplarnianych do poziomu z 1990 r., stał się prawnie wiążący wraz z ustanowieniem **Europejskiego Prawa o Klimacie** [C8]. Zielony Ład określa kompleksowy plan działania wspomagający efektywne wykorzystanie naturalnych zasobów, ograniczenie zanieczyszczeń, zachowanie i odbudowę bioróżnorodności oraz ochronę środowiska naturalnego. Jego założenia obejmują wzajemnie uzupełniające się pola działań w zakresie klimatu, środowiska, energii, rolnictwa, przemysłu, transportu, finansów i rozwoju regionalnego oraz badań i innowacji. Najważniejsze inicjatywy UE

umożliwiające realizację EZŁ i odnoszące się do ekosystemów leśnych to m.in.: Europejskie prawo klimatyczne [C8], Europejska strategia na rzecz bioróżnorodności 2030 [C9], Europejska strategia „od pola do stołu” [C10] i Europejska strategia leśna do 2030 r. [C11].

W ramach realizacji założeń EZŁ przyjęto pakiet ustawodawczy energetyczno-klimatyczny pod nazwą Gotowi na 55 [C12]. Dwa dokumenty są ściśle powiązane z lasami. Zmienione **Rozporządzenie w sprawie użytkowania gruntów, zmiany użytkowania gruntów i leśnictwa** [C13; C14] zakłada zwiększenie ilości i jakości lasów, ich potencjału w zakresie pochłaniania węgla poprzez zrównoważone gospodarowanie, a także uproszczenie przepisów i udoskonalenie monitorowania, raportowania oraz weryfikacji emisji i pochłaniania. Z kolei **Dyrektywa w sprawie odnawialnych źródeł energii** [C15] zaleca ograniczenie wykorzystania biomasy leśnej oraz ochronę różnorodności biologicznej. Proponuje się m.in. wyłączenie z pozyskiwania biomasy leśnej obszarów mających znaczenie w utrzymaniu różnorodności biologicznej i pochłanianiu węgla, kaskadowe wykorzystanie drewna zgodnie z jego najwyższą wartością środowiskową i gospodarczą (wytworzenie produktów drzewnych → przedłużenie okresu użytkowania → ponowne wykorzystanie → recykling → wytworzenie bioenergii → unieszkodliwienie odpadów), niewspieranie pozyskiwania energii z pierwotnej biomasy drzewnej (tj. nieprzetworzonego drewna z lasu) i stopniowe zmniejszanie jej udziałów w koszyku energetycznym do 2030 r.

Utrata różnorodności biologicznej i zmiana klimatu są powiązane i współzależne [C16], dlatego obok prawa klimatycznego integralną część EZŁ stanowi **Strategia na rzecz bioróżnorodności 2030**, która powstała na podstawie tzw. **dyrektywy ptasiej** [C17], **dyrektywy siedliskowej** [C18], a także **sieci obszarów chronionych Natura 2000**. Jej celem jest odbudowa różnorodności biologicznej w Europie do 2030 r. poprzez m.in. wzmocnienie obszarów chronionych, odwrócenie procesu degradacji ekosystemów leśnych oraz racjonalne i zrównoważone gospodarowanie pozostałymi ekosystemami. Strategia podkreśla, że różnorodność biologiczna jest podstawą życia na Ziemi, a jej zanik doprowadzi do utraty podstawowych usług, które warunkują nasze zdrowie i gospodarkę narodową [C19; C20].

Kolejną ważną inicjatywą w ramach EZŁ jest **Strategia „od pola do stołu”**, mająca na celu promocję zdrowego i przyjaznego dla zwierząt i środowiska systemu żywnościowego, zakładającego zmniejszenie śladu środowiskowego rolnictwa (m.in. poprzez redukcję zużycia pestycydów, antybiotyków i nawozów oraz

zwiększenie udziału rolnictwa ekologicznego), a także zapewnienie podaży zdrowej żywności i uczciwego dochodu dla rolników. Komisja Europejska przyjęła również **Plan działania na rzecz eliminacji zanieczyszczeń** [C21] wzmacniający powyższe strategie w zakresie redukcji zanieczyszczenia powietrza, wody i gleby do 2050 r., w tym m.in. zmniejszenie poziomu substancji toksycznych do poziomów uważanych za nieszkodliwe dla społeczeństwa i ekosystemów.

STRATEGIA NA RZECZ BIORÓŻNORODNOŚCI 2030 – GŁÓWNE CELE [C9]

- objęcie 30% lądowych i 30% morskich obszarów w UE ochroną prawną (czyli dodatkowe 4% obszarów lądowych i 19% obszarów morskich w stosunku do stanu aktualnego) oraz ustanowienie transeuropejskiej sieci przyrodniczej, której spójność zapewniają korytarze ekologiczne
- objęcie ścisłą ochroną co najmniej 1/3 obszarów chronionych, czyli 10% obszarów lądowych i 10% obszarów morskich w UE, w tym wszystkie pozostałe w UE lasy pierwotne i starodrzewia
- skuteczne zarządzanie wszystkimi obszarami chronionymi, określenie jasnych celów i środków ochrony oraz ich odpowiednie monitorowanie
- objęcie wszystkich publicznych lasów planami zarządzania
- zwiększenie uprawnień organizacji pozarządowych i obywateli w decydowaniu o środowisku



© Andrzej Affek
Las górski świeży w Beskidzie Sądeckim

Najnowszą (przyjętą w 2021 r.) przewodnią inicjatywą UE w zakresie lasów jest **Strategia leśna UE 2030**, która ma zagwarantować zwiększenie powierzchni lasów, poprawę ich jakości, różnorodności i odporności z poszanowaniem zasad ekologicznych, oraz wsparcie biogospodarki w obiegu zamkniętym. Jak píše w komunikacie prasowym KE (...) *nowa strategia leśna UE, (...) nowa strategia ochrony gleb, unijne przepisy dotyczące odbudowy zasobów przyrodniczych i inicjatywa na rzecz upraw sprzyjających pochłanianiu dwutlenku węgla przez glebę jeszcze bardziej wzmocnią naturalne pochłaniacze w UE, zapewnią kluczowe miejsce różnorodności biologicznej w ogólnym podejściu i będą wspierać kluczowe funkcje społeczne i gospodarcze leśnictwa i sektorów związanych z leśnictwem* [C11]. Strategia opiera się na trzech głównych filarach działania: (1) ochronie i odnawianiu lasów, (2) promowaniu

i wspieraniu zrównoważonej gospodarki leśnej oraz (3) poprawie monitoringu, zachęcaniu na poziomie krajowym do wdrażania planów strategicznych, a także aktywizacji interesariuszy i obywateli.

Dopełnieniem działań KE jest inicjatywa ustawodawcza dotycząca produkcji bez wylesiania, stanowiąca uzupełnienie działań zaproponowanych w komunikacie *Zintensyfikowanie działań UE na rzecz ochrony i odtwarzania światowych lasów* [C23], której celem jest **ograniczenie wpływu konsumpcji w UE na globalne wylesianie i degradację lasów** [C24]. Ważnym krokiem, wobec działań globalnych na rzecz przywracania przyrodzie utraconych lub przekształconych obszarów, jest również przedstawienie prawa dotyczącego **przywracania ekosystemów** [C25; C26]. Kluczowe znaczenie ma także **Europejska strategia glebowa**, uzupełniająca Strategię na rzecz

NOWA STRATEGIA LEŚNA UE 2030 – GŁÓWNE CELE [C11, C22]

- ścisła ochrona pozostałych lasów pierwotnych i starodrzewów UE
- ustalenie prawnie wiążących celów odtwarzania zasobów przyrodniczych w lasach
- zasadzenie 3 miliardów drzew do 2030 r.
- stworzenie schematów płatności dla właścicieli i zarządców lasów za świadczenie usług ekosystemowych
- zachęcanie sektora biogospodarki do stosowania zasad zrównoważonego rozwoju
- promowanie wykorzystania w sektorze budowlanym drewna pozyskanego w zrównoważony sposób
- promowanie środków korzystnych dla wszystkich w zrównoważonej gospodarce leśnej
- poprawa monitorowania stanu lasów UE, w tym poprzez lepszą teledetekcję
- zapewnienie opracowania przez państwa członkowskie planów strategicznych dla swoich lasów
- zachęcanie obywateli do zaangażowania poprzez narzędzie internetowe Map-MyTree, dzięki któremu obywatele mogą śledzić plan działania zmierzający do zasadzenia 3 miliardów drzew
- tworzenie otwartej przestrzeni do dyskusji dla wszystkich interesariuszy

bioróżnorodności do 2030 r. o aspekt ochrony gleb poprzez m.in. przeciwdziałanie pustynnieniu, przywracanie do użytkowania zdegradowanych gruntów i gleb, odnowienie znacznych obszarów ekosystemów bogatych w węgiel oraz osiągnięcie redukcji gazów cieplarnianych netto w UE na poziomie 310 milionów ton ekwiwalentu CO₂ rocznie w sektorze użytkowania gruntów, zmiany użytkowania gruntów i leśnictwa [C27; C28].

Podsumowując, UE stworzyła kompleksowe ramy legislacyjne umożliwiające ochronę ekosystemów leśnych, w tym dyrektywy ptasią i siedliskową oraz sieć obszarów chronionych Natura 2000. Z kolei niedawno przyjęty Europejski Zielony Ład jest ważnym instrumentem wspomagającym wdrażanie zawartych tam zasad.

ZRÓWNOWAŻONA GOSPODARKA LEŚNA W ŚWIELE DOKUMENTÓW KRAJOWYCH

W Polsce najwyższej rangi aktem prawnym jest Konstytucja Rzeczypospolitej Polskiej [C29], natomiast UE posiada kompetencje przyznane jej na mocy traktatów, które są na szczycie europejskiego porządku prawnego. Źródłem prawa pochodnego są m.in. rozporządzenia, dyrektywy, decyzje i umowy. Podział kompetencji między EU i państwami członkowskimi regulują przepisy Traktatu o funkcjonowaniu Unii Europejskiej [C30]. Rozporządzenia i decyzje stają się wiążące automatycznie w całej UE z dniem wejścia w życie, natomiast dyrektywy kraje członkowskie, w tym Polska, muszą włączyć do swojego ustawodawstwa przez tzw. transpozycję (przeniesienie)



przepisów UE. Innymi słowy, muszą wydać nowe lub zmienić już obowiązujące akty prawa krajowego, które wyczerpią unijne zobowiązania, a potem zapewnić ich przestrzeganie [C31]. W nawiązaniu do powyższego, wszelkie działania na gruncie krajowym związane ze zrównoważoną gospodarką leśną powinny uwzględniać postanowienia zawarte w aktach prawnych UE oraz ratyfikowanych przez Polskę porozumieniach wspólnotowych i międzynarodowych.

Najważniejsze krajowe akty prawne dotyczące lasów to **Ustawa o lasach** z 1991 r. [C32], **Polityka Leśna Państwa** z 1997 r. [C33] oraz **Polityka Ekologiczna Państwa 2030** z 2019 r. [C34], które odnoszą się do zobowiązań Polski względem UE w zakresie ochrony ekosystemów leśnych oraz zwiększenia nakładów finansowych na prowadzenie zrównoważonej gospodarki leśnej. Ponadto, podstawę do prowadzenia takiej gospodarki stanowi szereg dokumentów strategicznych i programowych związanych z lasami i gospodarką leśną [C35] oraz kilka ustaw i kilkadziesiąt aktów wykonawczych.

Na mocy **Ustawy o lasach** z 1991 r. wprowadzono *Zasady hodowli lasu*, stanowiące uszczegółowienie zasad gospodarki leśnej. Trwale zrównoważona gospodarka leśna zdefiniowana jest jako *działalność zmierzająca do ukształtowania struktury lasów i ich wykorzystania w sposób i tempie zapewniającym trwałe zachowanie ich bogactwa biologicznego, wysokiej produktywności oraz potencjału regeneracyjnego, żywotności i zdolności do wypełniania, teraz i w przyszłości, wszystkich ważnych ochronnych, gospodarczych i społecznych funkcji na poziomie lokalnym, narodowym i globalnym, bez szkody dla innych ekosystemów* [C32 (art. 6, ust. 1, pkt 1a)]. Cele zrównoważonej gospodarki leśnej mają na względzie dwie główne funkcje lasów: ochronną i prewencyjną (poprzez zachowanie lasów, ich ochronę i zwiększenie zasobów) oraz społeczną (poprzez wskazanie na gospodarcze znaczenie lasów). Zgodnie z ustawą, Lasy Państwowe zostały zobowiązane do corocznego sporządzania raportu o stanie lasów wszystkich form własności. Podstawowych informacji dostarcza Wielkoobszarowa Inwentaryzacja Stanu Lasu, Monitoring Lasu w ramach Państwowego Monitoringu Środowiska, materiały Dyrekcji Generalnej Lasów Państwowych, Biur Urządzania Lasu i Geodezji Leśnej, Instytutu Badawczego Leśnictwa i Głównego Urzędu Statystycznego [C32]. W 2022 r. w życie weszła Ustawa z dnia 17 listopada 2021 r. o zmianie ustawy o lasach oraz ustawy o ochronie przyrody, która zgodnie z wezwaniem KE dostosowuje je do wymogów dyrektyw siedliskowej i ptasiej.

Polityka Leśna Państwa z 1997 r. wyznacza główne kierunki rozwoju leśnictwa w Polsce. Nawiązuje m.in. do postanowień Polityki ekologicznej państwa,

Deklaracji zasad gospodarki leśnej i Agendy 21 z 1992 r. Jej nadrzędnym celem jest zachowanie warunków *do trwałej (...) wielofunkcyjności lasów, ich wszechstronnej użyteczności i ochrony oraz roli w kształtowaniu środowiska przyrodniczego zgodnie z obecnymi i przyszłymi oczekiwaniami społeczeństwa* [C33]. Zapewnienie trwałości lasów wraz z ich wielofunkcyjnością ma być osiągnięte przez powiększanie zasobów leśnych, poprawę ich stanu i ochrony, a także wdrażanie modelu zrównoważonej gospodarki leśnej. Taka gospodarka powinna zatem dążyć do osiągnięcia racjonalnego kompromisu między różnymi funkcjami lasów, przy uwzględnieniu specyfiki ich warunków przyrodniczych, gospodarczych i społecznych oraz poszanowaniu ekologicznych i społecznych funkcji.

W 2019 r. przyjęta została **Polityka Ekologiczna Państwa 2030** – PEP2030 [C34], która jest rozwinięciem i uszczegółowieniem celów Strategii na rzecz Odpowiedzialnego Rozwoju do roku 2020 (z perspektywą do 2030 roku) [C36]. Jest jedną z dziewięciu strategii stanowiących fundament zarządzania rozwojem kraju [C34]. Dokument podkreśla wielofunkcyjną rolę lasów i ich znaczny potencjał do łagodzenia zmian klimatu oraz wskazuje na możliwość jego zwiększenia poprzez odpowiednie działania w gospodarce leśnej. Działania te zaowocują również wzrostem różnorodności biologicznej. W ramach zrównoważonej gospodarki leśnej zakłada się wprowadzenie systemu wspomagającego sekwestrację węgla, w tym m.in. opracowanie wieloletnich programów przebudowy składu gatunkowego drzewostanów oraz programów kształtowania ich struktury wielopiętrowej. Las ma pełnić funkcję gospodarczą przy jednoczesnym zachowaniu zasad ochrony bogactwa przyrodniczego oraz udostępniania lasów dla społeczeństwa. PEP2030 zawiera cele związane ze zdrowiem, gospodarką i klimatem, które będą monitorowane za pomocą wskaźników, a realizowane poprzez kierunki interwencji w obszarach tematycznych polityki ochrony środowiska. Dla lasów dedykowany jest kierunek *Wspieranie wielofunkcyjnej i trwale zrównoważonej gospodarki leśnej*, ale nawiązują do nich również *Ochrona powierzchni ziemi, w tym gleb* oraz *Przeciwdziałanie zmianom klimatu*. Do innych ważnych dokumentów programowych wpisujących się w tę koncepcję należą m.in.: Krajowy Program Zwiększania Lesistości, Strategia Państwowego Gospodarstwa Leśnego Lasy Państwowe na lata 2014–2030, Polityka Leśna Państwa, Program Operacyjny Infrastruktura i Środowisko 2014–2020 (reguła n+3: 2023), Strategiczny plan adaptacji dla sektorów i obszarów wrażliwych na zmiany klimatu do roku 2030, Strategiczny Program PMŚ na lata 2020–2025, a także Koncepcja Przestrzennego Zagospodarowania Kraju 2030.

AKTY PRAWNE

KLUCZOWE POROZUMIENIA MIĘDZYNARODOWE (w nawiasie data ratyfikacji przez Polskę)

Konwencja o obszarach wodno-błotnych mających znaczenie międzynarodowe, zwłaszcza jako środowisko życiowe ptactwa wodnego, sporządzona w Ramsarze dnia 2 lutego 1971 r., Dz.U. 1978 nr 7 poz. 24 (1978 r.).

Konwencja w sprawie ochrony światowego dziedzictwa kulturalnego i naturalnego, przyjęta w Paryżu dnia 16 listopada 1972 r., Dz.U. 1976 nr 32 poz. 190 (1976 r.).

Konwencja o ochronie wędrownych gatunków dzikich zwierząt, sporządzona w Bonn dnia 23 czerwca 1979 r., Dz.U. 2003 nr 2 poz. 17 (1996 r.).

Konwencji o ochronie gatunków dzikiej flory i fauny europejskiej oraz ich siedlisk, sporządzona w Bernie dnia 19 września 1979 r., Dz.U. 1996 nr 58 poz. 263 (1995 r.).

Konwencja w sprawie transgranicznego zanieczyszczenia powietrza na dalekie odległości sporządzona w Genewie dnia 13 listopada 1979 r., Dz.U. 1985 nr 60 poz. 311 (1985 r.).

Konwencja o różnorodności biologicznej, sporządzona w Rio de Janeiro dnia 5 czerwca 1992 r., Dz.U. 2002 nr 184 poz. 1532 (1996 r.).

Ramowa konwencja Narodów Zjednoczonych w sprawie zmian klimatu, sporządzona w Nowym Jorku dnia 9 maja 1992 r., Dz.U. 1996 nr 53 poz. 238 (1994 r.).

Konwencja Narodów Zjednoczonych w sprawie zwalczania pustynnienia w państwach dotkniętych poważnymi suszami i/lub pustynnieniem, zwłaszcza w Afryce, sporządzona w Paryżu dnia 17 czerwca 1994 r., Dz.U. 2002 nr 185 poz. 1538 (2002 r.).

Konwencja o dostępie do informacji, udziale społeczeństwa w podejmowaniu decyzji oraz dostępie do sprawiedliwości w sprawach dotyczących środowiska, sporządzona w Aarhus dnia 25 czerwca 1998 r., Dz.U. 2003 nr 78 poz. 706 (2003 r.).

Ramowa Konwencja o ochronie i zrównoważonym rozwoju Karpat, sporządzona w Kijowie dnia 22 maja 2003 r., Dz.U. 2007 nr 96 poz. 634 (2006 r.).

KLUCZOWE PRAWO WSPÓLNOTOWE

Dyrektywa Rady 85/337/EWG z dnia 27 czerwca 1985 r. w sprawie oceny skutków wywieranych przez niektóre przedsięwzięcia publiczne i prywatne na środowisko (Dyrektywa EIA).

Dyrektywa Rady 92/43/EWG z dnia 21 maja 1992 r. w sprawie ochrony siedlisk dzikiej fauny i flory (Dyrektywa Siedliskowa).

Ramowa Dyrektywa Wodna 2000/60/WE (RDW) z dnia 23 października 2000 r. (Dyrektywa Wodna).

Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2001/42/WE z dnia 27 czerwca 2001 r. w sprawie oceny wpływu niektórych planów i programów na środowisko (Dyrektywa SEA).

Dyrektywa 2003/4/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 28 stycznia 2003 r. w sprawie publicznego dostępu do informacji dotyczących środowiska i uchylająca dyrektywę Rady 90/313/EWG.

Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2004/35/WE z dnia 21 kwietnia 2004 r. w sprawie odpowiedzialności za środowisko w odniesieniu do zapobiegania i zaradzania szkodom wyrządzanym środowisku naturalnemu (Dyrektywa szkodowa).

Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2008/50/WE z dnia 21 maja 2008 r. w sprawie jakości powietrza i czystszej powietrza dla Europy (CAFE).

Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/147/WE z dnia 30 listopada 2009 r. w sprawie ochrony dzikiego ptactwa (Dyrektywa Ptasia).

Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2011/92/UE z dnia 13 grudnia 2011 r. w sprawie oceny skutków wywieranych przez niektóre przedsięwzięcia publiczne i prywatne na środowisko.

Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2018/2001 z dnia 11 grudnia 2018 r. w sprawie promowania stosowania energii ze źródeł odnawialnych zmieniająca (Dz.Urz. UE L 328 z 21.12.2018).

WYBRANE POLSKIE AKTY PRAWNE

Ustawa z dnia 28 września 1991 r. o lasach (Dz.U. 2022 poz. 672).

Ustawa z dnia 3 lutego 1995 r. o ochronie gruntów rolnych i leśnych (Dz.U. 1995 nr 16 poz. 78).

Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. Prawo ochrony środowiska (Dz.U. 2001 nr 62 poz. 627).

Ustawa z dnia 6 lipca 2001 r. o zachowaniu narodowego charakteru strategicznych zasobów naturalnych kraju (Dz.U. 2001 nr 97 poz. 1051).

Ustawa z 16 kwietnia 2004 r. o ochronie przyrody (Dz.U. z 2004 nr 92 poz. 880).

Ustawa z 13 kwietnia 2007 r. o zapobieganiu szkodom w środowisku i ich naprawie (Dz.U. 2007 nr 75 poz. 493).

Ustawa z 3 października 2008 r. o udostępnianiu informacji o środowisku i jego ochronie, udziale społeczeństwa w ochronie środowiska oraz ocenach oddziaływania na środowisko (Dz.U. 2008 nr 199 poz. 1227).

Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 9 lipca 2004 r. w sprawie gatunków dziko występujących grzybów objętych ochroną (Dz.U. 2004 nr 168 poz. 1765).

Rozporządzenie Ministra Środowiska z 30 kwietnia 2008 r. w sprawie kryteriów oceny występowania szkody w środowisku (Dz.U. 2008 nr 82 poz. 501).

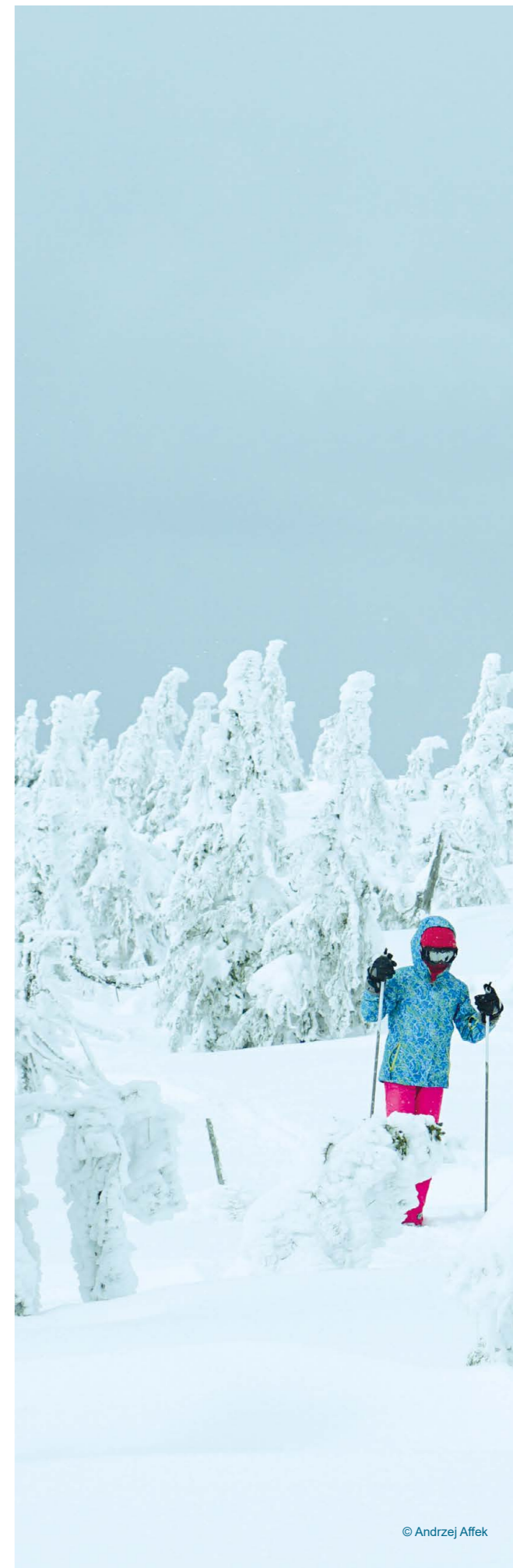
Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 17 lutego 2010 r. w sprawie sporządzania projektu planu zadań ochronnych dla obszaru Natura 2000 (Dz.U. 2010 nr 34 poz. 186).

Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 30 marca 2010 r. w sprawie sporządzania projektu planu ochrony dla obszaru Natura 2000 (Dz.U. 2010 nr 64 poz. 401).

Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 13 kwietnia 2010 r. w sprawie siedlisk przyrodniczych oraz gatunków będących przedmiotem zainteresowania Wspólnoty, a także kryteriów wyboru obszarów kwalifikujących się do uznania lub wyznaczenia, jako obszary Natura 2000 (Dz.U. 2010 nr 77 poz. 510).

Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 12 stycznia 2011 r. w sprawie obszarów specjalnej ochrony ptaków (Dz.U. z 2011 r. nr 25 poz. 133).

Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 10 września 2019 r. w sprawie przedsięwzięć mogących znacząco oddziaływać na środowisko (Dz.U. 2010 nr 213 poz. 1397).





ROZDZIAŁ 2
CELE, ZAŁOŻENIA
I RAMY METODYCZNE

© Andrzej Affek
Las mieszany górski świeży w Gorcach

CELE RAPORTU

- I. Oszacowanie potencjału różnych typów lasów w Polsce do dostarczania kluczowych usług ekosystemowych (łącznie dla całego kraju i w podziale na krainy przyrodniczo-leśne)
- II. Wskazanie typów ekosystemów leśnych o wyróżniającym potencjale do świadczenia wielu usług (usługowych hotspotów)
- III. Określenie powiązań między usługami ekosystemów leśnych



ZAŁOŻENIA I RAMY METODYCZNE

Ocenę potencjału polskich lasów do dostarczania usług ekosystemowych przeprowadzono za pomocą zestawu 16 wskaźników, przede wszystkim z wykorzystaniem danych z Banku Danych o Lasach, a także danych satelitarnych, literaturowych i oceny eksperckiej. Do pokazania zróżnicowania ekosystemów leśnych w skali kraju wykorzystano podział na typy siedliskowe lasu, a jako podstawową jednostkę przestrzenną przyjęto krainę przyrodniczo-leśną. Potencjał oszacowano na podstawie charakterystyk lasów w wieku powyżej 80 lat będących w zarządzie Lasów Państwowych. Wartości wskaźników przeliczono na wspólną dla wszystkich usług, pięciostopniową miarę wielkości potencjału (od bardzo niskiego do bardzo wysokiego) i zestawiono w syntetycznej tabeli.

UJĘCIE POTENCJAŁOWE

Usługi ekosystemowe, tak jak inne usługi, można szacować pod względem podaży, popytu i rzeczywistego wykorzystania, czyli przepływu usług. W tym raporcie zajmowano się jedynie stroną podażową, a ściślej rzecz ujmując, **potencjalną podażą**, bowiem celem głównym raportu jest oszacowanie potencjału polskich lasów do świadczenia usług ekosystemowych. Operacyjnie przyjęto, że **potencjał odpowiada takiej wielkości usługi, która może być dostarczana przez ekosystem na tym samym poziomie przez dłuższy czas, bez trwałego negatywnego wpływu na kondycję tego ekosystemu**. Ze względu na ogólnopolską skalę opracowania założono także, że przy szacowaniu potencjału nie będą brane pod uwagę specyficzne dla danego fragmentu lasu aktualne wzorce użytkowania i ograniczenia wynikające z prawa miejscowego czy statusu ochronnego. Przykładowo, potencjał do dostarczania grzybów czy jagód będzie niezerowy także dla lasów objętych ochroną rezerwatową, mimo że w rezerwach zgodnie z prawem nie można ich zbierać. Nie określano bowiem rzeczywistego

wykorzystania usług, tylko potencjał poszczególnych typów ekosystemów leśnych, który może posłużyć do opracowania nowych zasad gospodarowania lasami. Takie rozumienie potencjału odpowiada definicji potencjalnej podaży (ang. *potential supply*) zawartej w systemie przyrodniczo-ekonomicznej rachunkowości ekosystemów (*The System of Environmental-Economic Accounting—Ecosystem Accounting – SEEA EA*) opracowanej przez Departament Spraw Gospodarczych i Społecznych Organizacji Narodów Zjednoczonych [D1]. Potencjał lasów oszacowano na podstawie wielu strukturalnych i funkcjonalnych charakterystyk ekosystemów leśnych, zgodnie z europejskimi wytycznymi dotyczącymi oceny usług ekosystemowych [D2].

WSKAŹNIKI

Niezbędnym etapem oceny potencjału usług ekosystemów leśnych było opracowanie zestawu wskaźników określających wielkość poszczególnych usług. W zależności od charakteru usługi i dostępnych danych potencjał danej usługi przedstawiony jest

za pomocą jednego lub dwóch wskaźników. Z uwagi na to, że niektóre usługi są świadczone przez ten sam element składowy ekosystemu i w związku z tym ściśle ze sobą powiązane, są w tym raporcie rozpatrywane łącznie i opisywane przez ten sam wskaźnik. Dotyczy to np. grzybów będących usługą zaopatrzeniową, stanowiącą konkretne materialne dobro oraz grzybobrania jako usługi kulturowej polegającej na stwarzaniu warunków do interakcji z lasem, której zasadniczą aktywnością jest zbieranie grzybów.

Podstawowym polem analizy dla większości wskaźników było wydzielenie leśne, czyli najmniejsza jednostka przestrzenna w podziale powierzchniowym lasu. Do konstrukcji wskaźników wykorzystano przede wszystkim dane z opisu taksacyjnego (czyli charakterystyki drzewostanu i siedliska) przeprowadzonego na potrzeby przygotowania planu urządzenia lasu. Ze względu na brak dostępu do takich danych dla lasów innych form własności (prywatnych, gminnych itp.) oraz na utrudniony dostęp do rozproszonych danych z parków narodowych, wartości wskaźników odnoszą się jedynie do lasów w zarządzie Lasów Państwowych, także tych objętych ochroną ścisłą (w rezerwach). Dane taksacyjne dla poszczególnych wydziałów leśnych w zarządzie Lasów Państwowych pozyskano z Banku Danych o Lasach (www.bdl.lasy.gov.pl). Innym, często wykorzystywanym zasobem były produkty mapowe opracowane na podstawie danych satelitarnych, głównie w ramach europejskiego programu Copernicus (land.copernicus.eu). W przypadku braku odpowiednich danych ogólnopolskich, zamiast obliczania wartości wskaźnika, szacowano potencjał na podstawie oceny eksperckiej i informacji z literatury. Wartości liczbowe każdego wskaźnika przełożono na wspólną dla wszystkich usług, pięciostopniową, rangową skalę potencjału (od bardzo wysokiego do bardzo niskiego). Rozpiętość skali odnosi się do wartości notowanych dla poszczególnych typów lasu w skali całego kraju. Z założenia natomiast nie przypisywano tak otrzymanym wielkościom potencjału wartości pieniężnej. Szczegółowy opis konstrukcji wskaźników, wraz ze wskazaniem danych źródłowych, zamieszczony jest w rozdziałach poświęconych poszczególnym usługom.

OCENA POTENCJAŁU DLA LASÓW DOJRZAŁYCH

W związku tym, że celem raportu jest pokazanie potencjału różnych typów lasów, wartości wskaźników obliczono dla lasów względnie dojrzałych, w których najlepiej może się realizować potencjał wielousługowy. Co prawda nie zawsze dana usługa ekosystemowa ma największą wartość dla lasu dojrzałego (klasycznym przykładem jest tempo wiązania węgla z atmosfery

jako wskaźnik usługi regulacji klimatu globalnego, który osiąga wyższe wartości w drzewostanach w młodszych klasach wieku), ale analizy wielousługowe wskazują, że to właśnie las dojrzały osiąga największy łączny potencjał [D3]. Przyjęto, że w realiach polskich lasów za drzewostan dojrzały będzie uznany ten z drzewostanem w wieku powyżej 80 lat (piąta i wyższe klasy wieku). Przyjęcie wyższego progu wieku znacząco zmniejszyłoby pulę wydziałów leśnych możliwych do uwzględnienia w analizach i spowodowałoby, że dla wielu typów lasów wyniki byłyby niereprezentatywne. Próg 80 lat nie spowodował wykluczenia żadnego typu lasu z analiz. Ponadto, próg 80 lat jako ten, przy którym ma szansę wykształcić się już względnie dojrzałe zbiorowisko leśne, przyjęto już wcześniej do określenia potencjału zbiorowisk leśnych Puszczy Białowieskiej do gromadzenia zapasów węgla, czyli do usługi regulacji klimatu globalnego [D4].

TYPY EKOSYSTEMÓW LEŚNYCH I PODSTAWOWE JEDNOSTKI PRZESTRZENNE

Istnieje wiele podziałów ekosystemów leśnych, które można zastosować do zróżnicowania potencjału usługowego lasów, np. podział na zbiorowiska roślinne ze względu na skład florystyczny [D5], podział ze względu na rodzaj drzewostanu (gatunek dominujący, wiek, struktura pionowa), lub podział ze względu na typ siedliska leśnego. Do określenia potencjału lasów, szczególnie w perspektywie długoterminowej, należy jednak skupić się na charakterystykach ekosystemu najbardziej trwałych i najmniej zależnych od aktualnego gospodarowania. Z tego względu wybrano **podział na typy siedliskowe lasu**, powszechnie stosowany w leśnictwie do planowania i gospodarowania lasami [D6]. W tej klasyfikacji poszczególne typy siedlisk leśnych wyraźnie różnią się żyznością gleby i zdolnością produkcyjną, co bardzo dobrze wpisuje się w przyjęte podejście potencjałowe.

Do oceny i mapowania zróżnicowania potencjału ekosystemów leśnych w skali kraju wybrano **krainę przyrodniczo-leśną jako podstawową jednostkę przestrzenną**. Zdecydowano się na ten wybór, ponieważ podział na krainy jest ściśle związany z zasięgiem występowania poszczególnych typów siedliskowych lasu i w zamierzeniu dzieli Polskę na osiem regionów o odmiennych warunkach do hodowli lasu [D7, D8]. Zarówno wielkości poszczególnych usług, jak i wielkości potencjału zagregowanego oszacowano więc dla typów siedliskowych na poziomie całego kraju i w ramach poszczególnych ośmiu krain. Dodatkowo, obliczono średni ważony przez powierzchnię potencjał ze wszystkich typów siedliskowych lasu, oddzielnie dla całej Polski i dla poszczególnych krain.

PREZENTACJA WYNIKÓW

Rozbudowaną klasyfikację na typy siedliskowe lasu, zawierającą 35 klas, wykorzystano w rozdziale syntetyzującym wyniki. Rozdział ten poświęcony jest analizom wielouługowym mającym na celu określenie relacji między usługami (w tym tzw. wiązek usług, ang. *bundles*, D9) oraz wskazanie usługowych hotspotów, czyli typów lasu wyróżniających się wysokim potencjałem do świadczenia wielu usług. Do prezentacji graficznej wyników dotyczących potencjału poszczególnych usług zagregowano typy siedliskowe lasu do podstawowych 15 typów, pomijając zróżnicowanie związane z piętrowością roślinności. Przykładowo, trzy typy lasu świeżego (nizinny, wyżynny, górski) zagregowano na wykresach do jednego typu – lasu świeżego. Zróżnicowanie między typami górkimi, wyżynnymi i nizinnymi można odczytać pośrednio z potencjałów obliczonych dla typów w poszczególnych krainach, gdyż w sześciu na osiem krain występują tylko typy nizinne, z kolei w krainach Śląskiej i Małopolskiej dominują typy wyżynne, a w krainach Sudeckiej i Karpackiej – górskie.

Przyjęto także założenie, że aby uznać wyniki dla danego typu siedliskowego lasu za reprezentatywne, powinny one być uzyskane na podstawie próbki co najmniej 100 ha lasu. Założenie to ma zastosowanie dla wyliczeń przeciętnych wartości potencjału dla całego kraju, jak i dla poszczególnych krain. Jeżeli dany typ siedliskowy lasu nie występuje w danej krainie lub analizowana powierzchnia danego typu siedliskowego lasu wynosiła mniej niż 100 ha, to taki typ lasu nie jest uwzględniany na wykresach ani w analizach wielouługowych.

Uzyskane wartości poszczególnych wskaźników usług dla typów siedliskowych lasów zestawiono w dwóch bazach danych – jednej z wartościami oryginalnymi i jednej z wartościami zrangowanymi w skali 1–5. Obie bazy danych wykorzystano do syntezy wyników. Rangi wykorzystano do obliczenia potencjału zagregowanego i wskazania wielouługowych hotspotów. Z kolei oryginalne wartości wskaźników posłużyły do analizy powiązań między usługami. Wartości rang przedstawiono w syntetycznej tabeli (macierzy wskaźników i typów siedliskowych lasu, patrz Rozdział 4, Tabela 7). Przyjęta skala rangowa i zestawienie tabelaryczne wzorowane są na rozwiązaniach zaproponowanych przez Burkharda i in. [D10] i stosowanych już wcześniej w Polsce [D3, D11]. Dzięki temu uzyskane wyniki można porównać z pracami tych i innych autorów, nawet jeśli konstrukcja wskaźnika i obszar badań są różne.



© Jerzy Solon

Bór mieszany świeży na Wysoczyźnie Chocheńskiej

TYPY SIEDLISKOWE LASU JAKO PRZYJĘTA KLASYFIKACJA LASÓW

Typologia siedlisk leśnych oraz regionalizacja przyrodniczo-leśna są podstawowymi narzędziami wykorzystywanymi w Polsce do planowania gospodarki leśnej z uwzględnieniem kryteriów przyrodniczych. Główną jednostką typologii leśnej jest typ siedliskowy lasu obejmujący powierzchnie leśne o zbliżonych warunkach siedliskowych wynikających z żyzności i wilgotności gleb, podobieństwa cech klimatu oraz ukształtowania terenu i jego budowy geologicznej.

TYOLOGIA LEŚNA

Typologia leśna (w kształcie zbliżonym do współczesnego) zaczęła się intensywnie rozwijać na ziemiach polskich w XIX w., początkowo wzorując się na typologiach wprowadzonych przez zaborców pruskich i austriackich. Jej celem była klasyfikacja zbiorowisk¹ leśnych według zasad umożliwiających identyfikację siedlisk i ich ocenę pod kątem przydatności w hodowli lasu. Kolejne prace wyznaczyły dwa kierunki rozwoju koncepcji typologicznych: florystyczny (botaniczny/fitosocjologiczny¹) i ekologiczny (siedliskowy) [E1]. W pierwszym z nich przy wyróżnianiu typów lasu eksponowano cechy zbiorowiska leśnego, przede wszystkim skład gatunkowy drzewostanu i runa leśnego, zaś w drugim – warunki siedliskowe, głównie zasobność i wilgotność gleby. Z czasem do oceny możliwości produkcyjnych siedlisk leśnych zaczęto wprowadzać podejście łączące kluczowe elementy roślinności i siedliska. Jest ono podstawą obecnie stosowanej w Polsce

¹ Zbiorowisko roślinne (fitocenoza) – zrzeszenie wielu gatunków występujących na jednej powierzchni, tworzących skomplikowaną strukturę osobników współżyjących ze sobą i oddziałujących na siebie wzajemnie oraz na siedlisko, w którym żyją. Zbiorowiska roślinne stanowią przedmiot badań fitosocjologii (działu geobotaniki).

metody, zaproponowanej przez Mroczkiewicza i Tramplera [E2], będącej wynikiem wieloletnich prac prowadzonych w Instytucie Badawczym Leśnictwa.

TYPY SIEDLISKOWE LASU

Podstawową jednostką typologii leśnej jest typ siedliskowy lasu (TSL) obejmujący powierzchnie leśne o zbliżonych warunkach siedliskowych wynikających z żyzności i wilgotności gleb, podobieństwa cech klimatu oraz ukształtowania terenu i jego budowy geologicznej; obszary należące do tego samego TSL wykazują podobne zdolności produkcyjne i przydatność w hodowli lasu [E3]. Przy określaniu TSL uwzględnia się następujące czynniki:

- 1) warunki geograficzno-klimatyczne (położenie danego obszaru względem wyróżnionych w Polsce krain przyrodniczo-leśnych),
- 2) warunki glebowe (m.in. typ gleby, uziarnienie, typ próchnicy, poziom wody gruntowej),
- 3) drzewostan (budowa warstwowa, skład gatunkowy, wiek i wysokość drzewostanu),
- 4) roślinność runa (rośliny naczyniowe, mchy i porosty).

Klasyfikacja typów siedliskowych lasu ma charakter niehierarchiczny tzn. zostały one ułożone w siatki edaficzne², w których kolumny odpowiadają stopniom trofizmu (zasobności gleby w składniki odżywcze, jej własności chemiczne i fizyczne), zaś wiersze – zmienności co do stopnia lub sposobu uwilgotnienia gleby (Rycina 3). Dla terenów nizinnych wyróżniono pięć grup wilgotnościowych: suche, świeże, wilgotne, bagienne, zalewowe oraz cztery grupy troficzne: bory, bory mieszane, lasy mieszane, lasy. W ten sposób wyodrębniono 15 typów siedliskowych lasu. W siatce dla terenów wyżynnych i podgórskich uwzględniono osiem typów siedliskowych (nie ma siedlisk suchych i borów). Dla terenów górskich zastosowano dodatkowo podział na piętra klimatyczno-roślinne: regiel dolny (siedliska górskie) z 12 typami i regiel górny (siedliska wysokogórskie) z trzema typami siedliskowymi lasu. Wśród typów siedlisk lasowych szczególną kategorię stanowią

² Czynniki edaficzne – właściwości fizyczne, chemiczne i biologiczne gleby, wpływające na występowanie specyficznych warunków siedliskowych [E4].

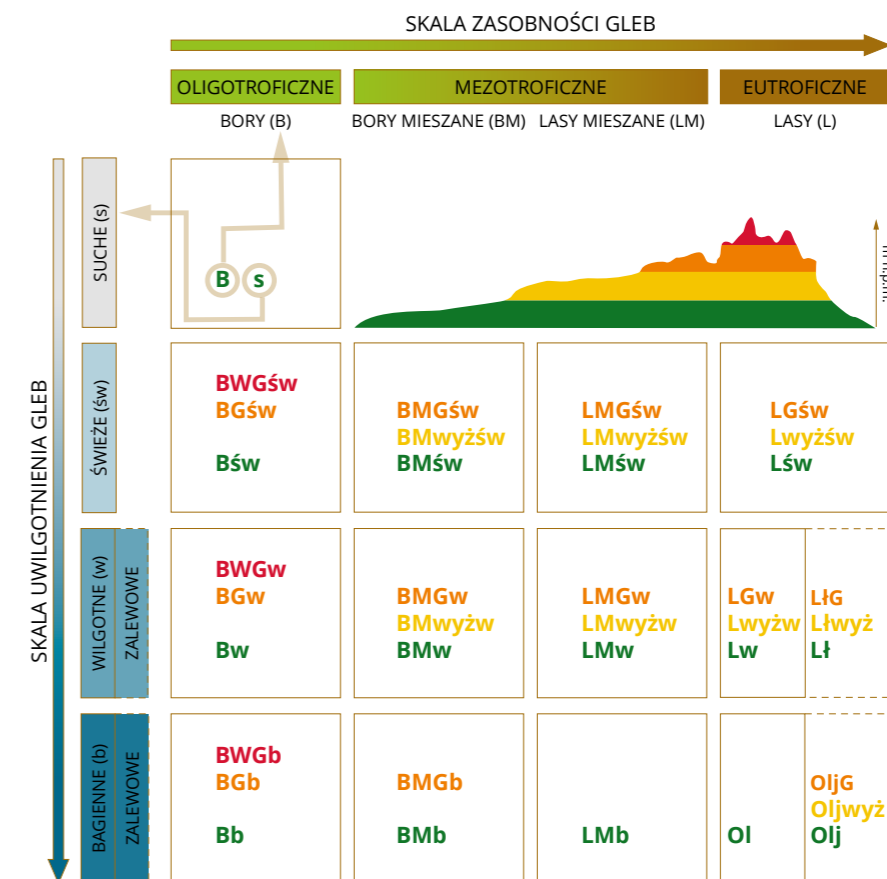
lasów łąkowych, czyli lasów nadrzecznych mających charakter zbiorowisk azonalnych³.

Ze względu na odrębność podstawowych założeń teoretycznych podział typologiczny siedlisk leśnych nie jest tożsamy z klasyfikacją zbiorowisk roślinnych w ujęciu fitosocjologicznym⁴. Typy siedliskowe lasu są jednostkami o szerszym znaczeniu. W różnych krainach przyrodniczo-leśnych na siedliskach tego samego typu mogą występować różne zespoły leśne⁵, ponieważ ich obecność związana jest

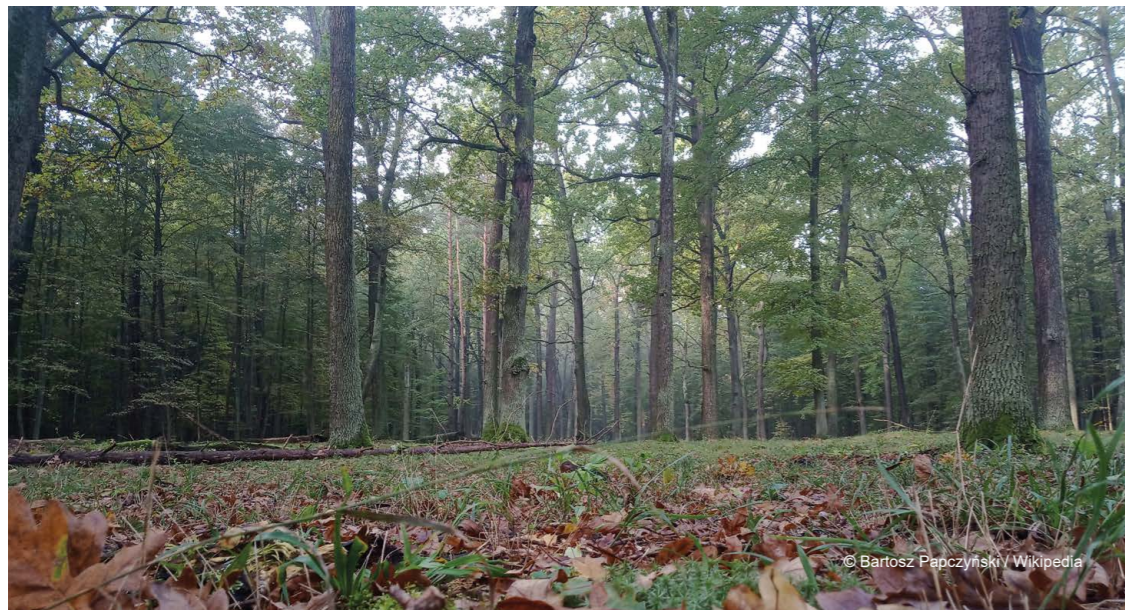
³ Zbiorowiska azonalne – zbiorowiska, które mogą występować w różnych strefach klimatyczno-roślinnych, na właściwych sobie, często skrajnych, siedliskach [E5].

⁴ W klasyfikacji fitosocjologicznej system podziału roślinności związany jest ze stopniem organizacji i skomplikowania zbiorowisk, nie uwzględnia zaś kryteriów gospodarczych (zdolności produkcyjnej siedliska) [E8].

⁵ Zespół – podstawowa jednostka klasyfikacji fitosocjologicznej – abstrakcyjny, modelowy typ zbiorowiska roślinnego, który na danym terytorium stanowi swoistą charakterystyczną kombinację gatunków, tzn. różniącą się od innych udziałem przynajmniej jednego własnego gatunku charakterystycznego [E5].



RYCINA 3. Typy siedliskowe lasu na tle gradientu wilgotności i zasobności gleb w składniki pokarmowe. W schemacie uwzględniono tereny nizinne, wyżynne (wyż) i górskie – regła dolnego (G) oraz regła górnego (WG). Objasnienia skrótów nie zdefiniowanych na rycinie: OI – ols, Olj – ols jesionowy, Lł – las łąkowy



Świetlista dąbrowa
*Potentillo
albae-Quercetum*
(kraina
Mazowiecko-
-Podlaska)



Grąd
subkontynentalny
*Tilio cordatae-
-Carpinetum
typicum*
(kraina Mazursko-
-Podlaska)



Żyzna buczyna
niżowa *Galio
odorati-Fagetum*
(kraina Bałtycka)

RYCINA 4. Wybrane zespoły leśne odpowiadające nizinemu typowi siedliskowemu las świeży (Lśw)

nie tylko z czynnikami siedliskowymi, ale także zasięgiem występowania poszczególnych gatunków, przebiegiem sukcesji roślinnej⁶ oraz amplitudą ekologiczną zespołów⁷ [E6] (Rycina 4).

REGIONALIZACJA PRZYRODNICZO-LEŚNA

Regionalizacja przyrodniczo-leśna uwzględnia zróżnicowanie przestrzenne elementów środowiska przyrodniczego wpływających na rozwój lasów. Pierwsze opracowania z propozycjami wydzielenia regionów o podobnych warunkach dla hodowli lasu powstały na ziemiach polskich w XIX w. [E7], natomiast szerokie zastosowanie w praktyce leśnej znalazła regionalizacja przygotowana w 1952 r. [E9]. Najnowszy podział przyrodniczo-leśny [E10] obejmuje osiem krain (Rycina 5), w granicach których wyróżniono łącznie 183 mezoregiony (11–35 mezoregionów w krainie). Podział na **krainy** wynika ze zróżnicowania warunków klimatycznych, czego wyrazem jest różna rola lasotwórcza buka, jodły i świerka oraz ich przydatność w hodowli lasu. Przy ustalaniu granic krain uwzględniono również zasięgi zlodowaceń, rzeźbę terenu oraz klasy krajobrazów naturalnych [E11]. Granice **mezoregionów** wyznaczano na podstawie dominujących na ich obszarze powierzchniowych utworów geologicznych i związanych z nimi typów gleb oraz rodzajów krajobrazu naturalnego, z którymi łączą się określone typy siedlisk leśnych i zbiorowisk potencjalnej roślinności naturalnej⁸.



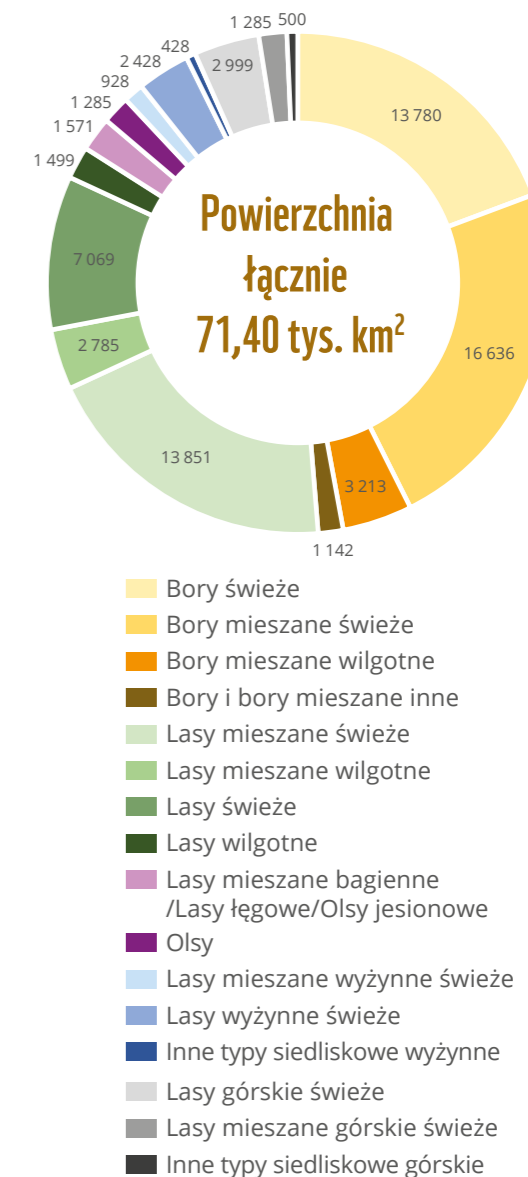
RYCINA 5. Krainy przyrodniczo-leśne (wg [E10])

⁶ Sukcesja roślinna – uporządkowany proces stopniowego rozwoju fitocenozy w czasie, prowadzący do przekształcania się prostych zbiorowisk w bardziej złożone.

⁷ Amplituda ekologiczna – zakres warunków środowiskowych w jakich występuje gatunek bioty albo zespół/zbiorowisko roślinne.

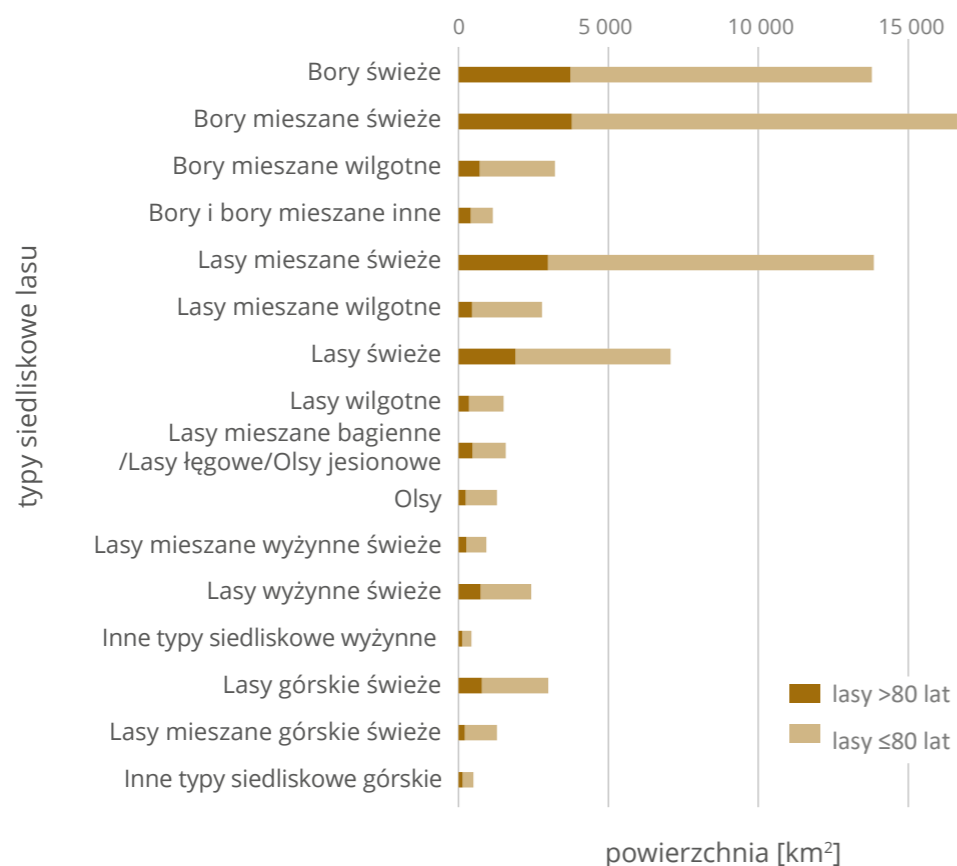
⁸ Potencjalna roślinność naturalna – hipotetyczny stan roślinności, jaki mógłby zostać osiągnięty na drodze naturalnej sukcesji,

Na obszarach nizinnych i wyżynnych największy udział mają lasy na siedliskach borowych (Ryciny 6, 7). W strukturze siedlisk dominują bory mieszane świeże i bory świeże. Najwięcej lasów na siedliskach lasowych (lasów mieszanych świeżych i lasów świeżych) jest w krainie Bałtyckiej i Mazursko-Podlaskiej. W górach dominują lasy na siedliskach lasów dolnoglezowych: w krainie Karpackiej lasu górskiego świeżego, a w krainie Sudeckiej lasu mieszanego górskiego świeżego.



RYCINA 6. Udział powierzchniowy typów siedliskowych lasu w Polsce (uwzględniono tylko lasy w zarządzie Lasów Państwowych; stan na 2022, powierzchnię wyrażono w km²)
Źródło danych: Bank Danych o Lasach

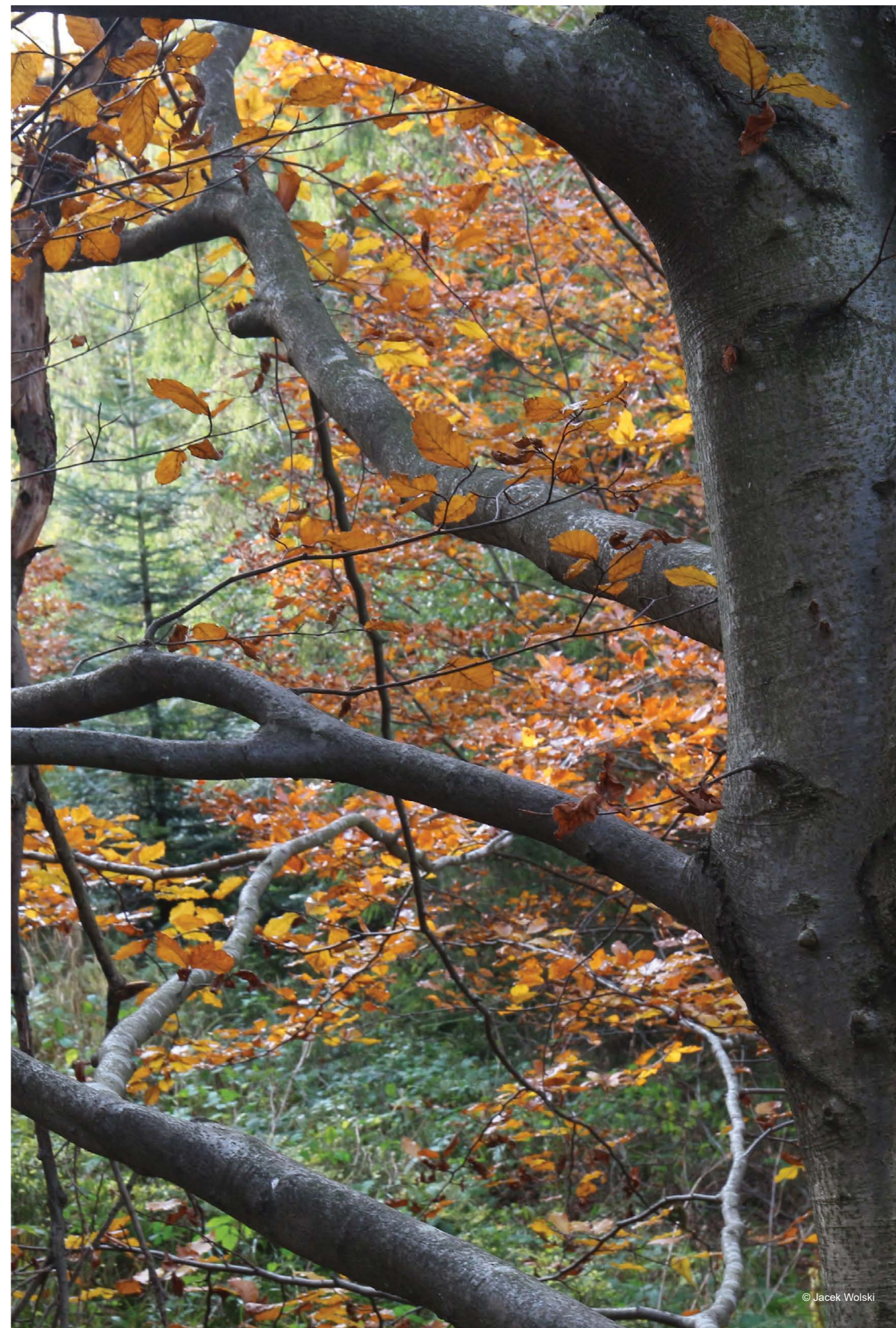
gdyby tendencje rozwojowe roślinności aktualnej mogły być zrealizowane po zaprzestaniu działalności człowieka oraz zaniku innych zewnętrznych czynników zakłócających [E12].



RYCINA 7. Powierzchnia typów siedliskowych lasu w Polsce w podziale na lasy z drzewostanem młodszym i starszym niż 80 lat (uwzględniono tylko lasy w zarządzie Lasów Państwowych, stan na 2022)
Źródło danych: Bank Danych o Lasach

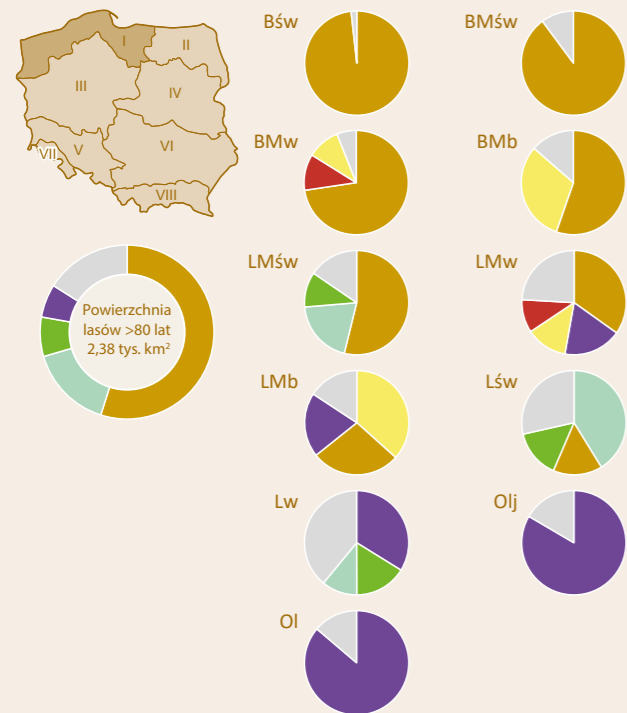
Na podstawie informacji z Banku Danych o Lasach o składzie gatunkowym i udziałach poszczególnych gatunków górnego piętra drzewostanów możemy stwierdzić, że na siedliskach borowych dominującymi gatunkami drzew w drzewostanach starszych niż 80 lat są sosna zwyczajna i świerk pospolity. Głównym gatunkiem domieszkowym w krainach nizinnych jest brzoza brodawkowata, a górskich buk, dąb i jodła. Lasy i lasy mieszane świeże budują przede wszystkim sosna i dęby, regionalnie także buk (krainy Bałtycka i Wielkopolsko-Pomorska) lub świerk (kraina Mazursko-Podlaska); w wariantach wyżynnych w drzewostanach występują: sosna, jodła, buk, świerk lub dąb, a w wariantach górskich: buk, jodła, świerk, dąb lub modrzew. Lasy mieszane wilgotne wyróżniają się większym udziałem olszy i brzozy, a w wariantach wyżynnych duży udział ma jodła (kraina Małopolska). W lasach wilgotnych dominującym gatunkiem jest olsza, której towarzyszy dąb, a regionalnie także buk (kraina Bałtycka), świerk (kraina Mazursko-Podlaska),

brzoza (kraina Mazowiecko-Podlaska) lub jesion (krainy Śląska i Wielkopolsko-Pomorska). W wariantach wyżynnych i górskim lasu wilgotnego olsza ma mniejszy udział, większe znaczenie ma jodła, dąb, świerk, sosna, a także buk (kraina Karpacka) lub lipa (kraina Śląska). W drzewostanach lasów mieszanych bagiennych występują przede wszystkim: brzoza, sosna i olsza, a w krainie Mazursko-Podlaskiej także świerk. Olsza i dąb dominują w drzewostanach lasów łęgowych, a regionalnie duży udział mają: świerk i brzoza (kraina Mazursko-Podlaska) oraz sosna (kraina Małopolska). W wariantach wyżynnych duże znaczenie ma także jesion i świerk (kraina Sudecka) oraz lipa (kraina Śląska), a w górskim jodła i buk (kraina Karpacka). Skład gatunkowy olsów i olsów jesionowych jest mało zróżnicowany pomiędzy krainami. Przeważa w nich olsza, tylko w krainie Mazursko-Podlaskiej większy wkład mają odpowiednio świerk i brzoza. W olsach jesionowych wyżynnych obok olszy znaczący udział ma jesion, a w wariantach górskich świerk (Rycina 8).

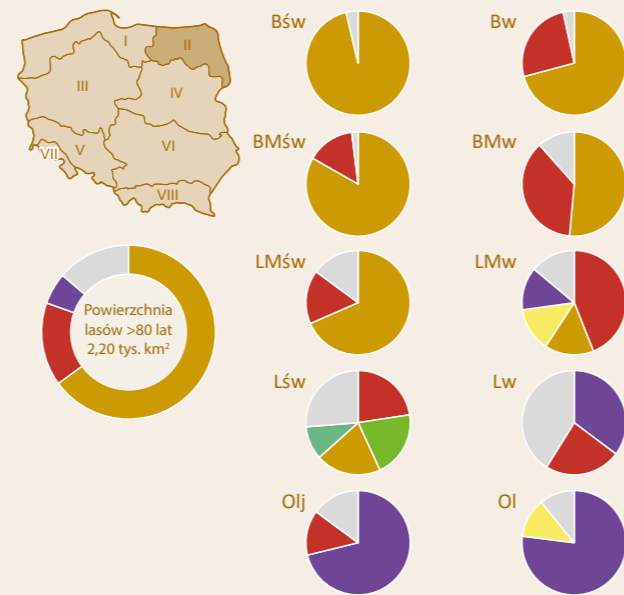


© Jacek Wolski

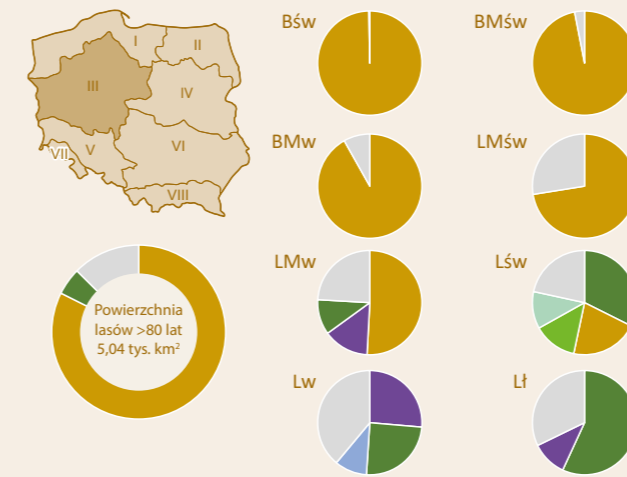
Kraina Bałtycka



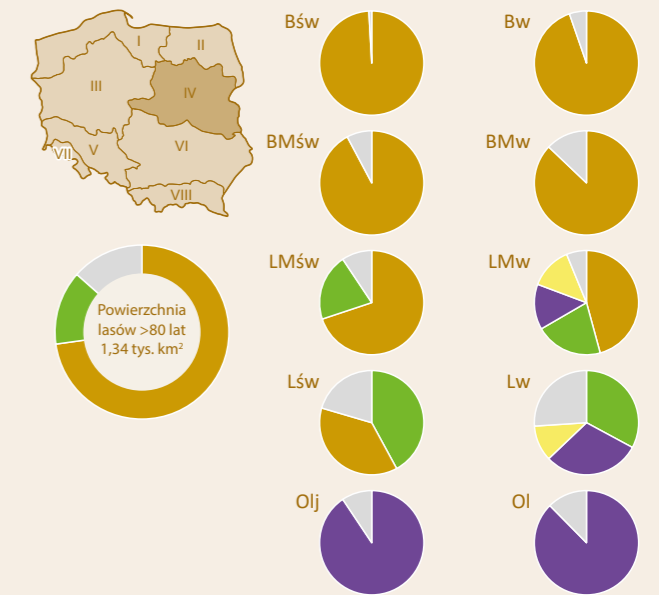
Kraina Mazursko-Podlaska



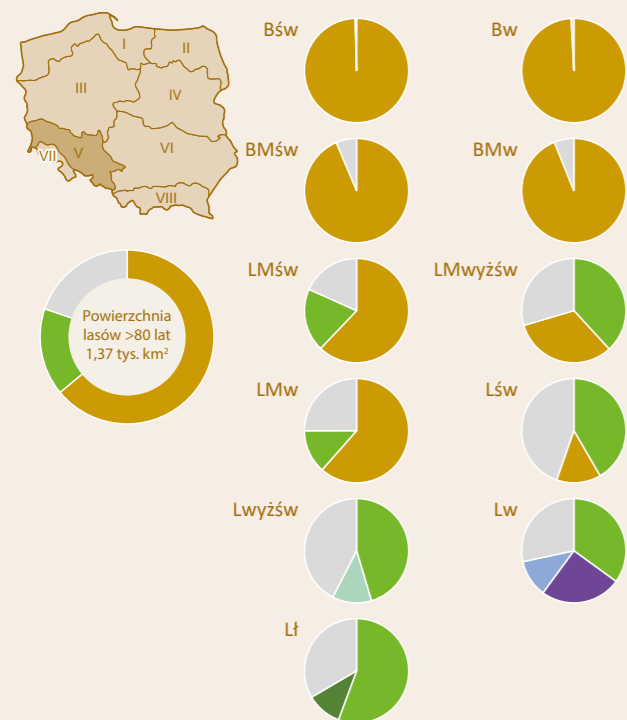
Kraina Wielkopolsko-Pomorska



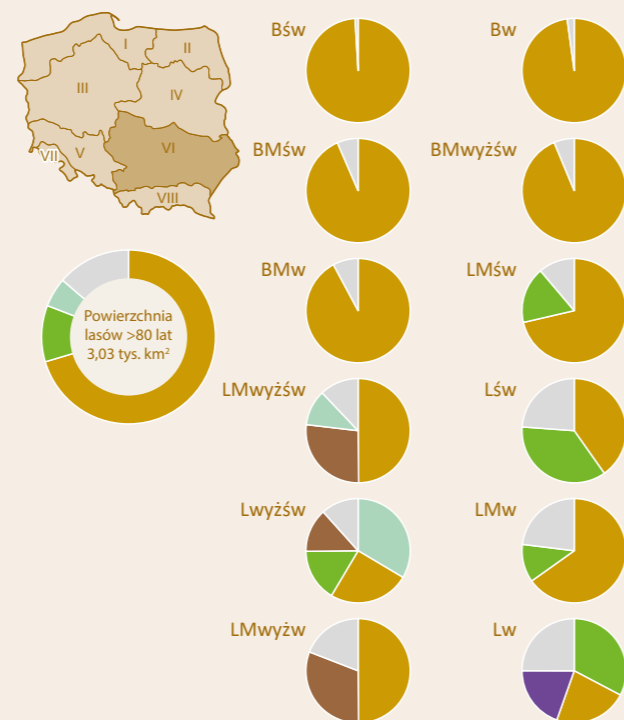
Kraina Mazowiecko-Podlaska



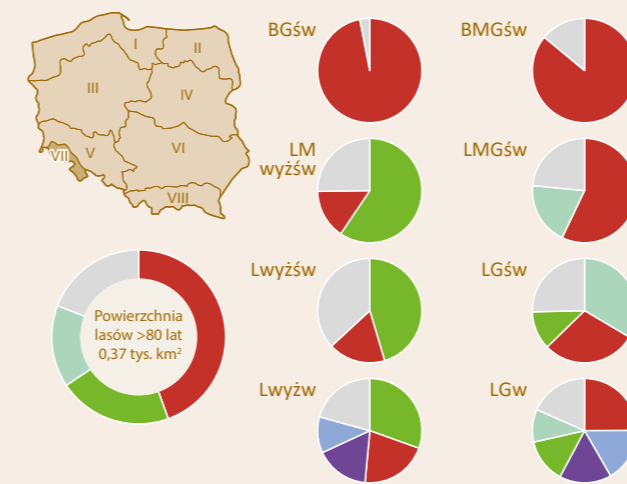
Kraina Śląska



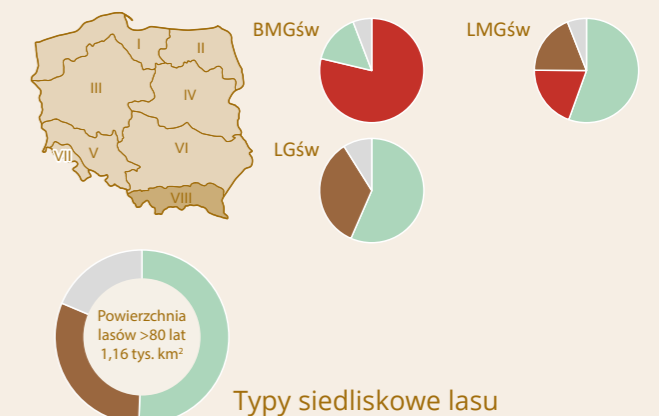
Kraina Małopolska



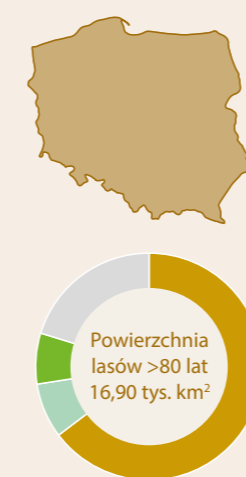
Kraina Sudecka



Kraina Karpacka



POLSKA



Gatunki drzew

- sosna zwyczajna
- świerk pospolity
- jodła pospolita
- brzoza brodawkowata
- dąb (nieokreślony)
- dąb szypułkowy
- grab pospolity
- buk pospolity
- jesion wyniosły
- olsza czarna
- pozostałe gatunki łącznie, których udział z osobna <10% - w typach siedliskowych lasu <5% - w krainach i całej Polsce

Typy siedliskowe lasu

- Bśw - Bór świeży
- BGśw - Bór górski świeży
- Bw - Bór wilgotny
- Bb - Bór bagienny
- BMśw - Bór mieszany świeży
- BMwyżśw - Bór mieszany wyżynny świeży
- BMGśw - Bór mieszany górski świeży
- BMw - Bór mieszany wilgotny
- BMb - Bór mieszany bagienny
- LMśw - Las mieszany świeży
- LMwyżśw - Las mieszany wyżynny świeży
- LMGśw - Las mieszany górski świeży
- LMw - Las mieszany wilgotny
- LMwyżśw - Las mieszany wyżynny wilgotny
- LMb - Las mieszany bagienny
- Lśw - Las świeży
- Lwyżśw - Las wyżynny świeży
- LGśw - Las górski świeży
- Lw - Las wilgotny
- LMwyżśw - Las mieszany wyżynny wilgotny
- LGw - Las górski wilgotny
- Lł - Las łęgowy
- Olj - Ols jesionowy
- Ol - Ols

RYCINA 8. Przeciętny skład gatunkowy lasów z drzewostanami starszymi niż 80 lat (pokazano typy siedliskowe lasu stanowiące co najmniej 1% powierzchni lasów w obrębie poszczególnych krain przyrodniczo-leśnych, stan na 2022)
Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych o pełnym składzie gatunkowym drzewostanów z Banku Danych o Lasach



ROZDZIAŁ 3

POTENCJAŁ LASÓW DO ŚWIADCZENIA KLUCZOWYCH USŁUG

© Jacek Wolski
Las świeży na Roztoczu

KLUCZOWE USŁUGI POLSKICH LASÓW

W tym rozdziale zaprezentowano wskaźniki i ocenę potencjału do dostarczania 17 najważniejszych usług ekosystemowych świadczonych przez lasy w Polsce (Tabela 1). Uwzględniono usługi z każdej z trzech sekcji wyodrębnionych we Wspólnej Międzynarodowej Klasyfikacji Usług Ekosystemowych (CICES V5.1) [F1], czyli z sekcji usług zaopatrzeniowych, regulacyjnych i kulturowych. Część usług ma oddziaływanie globalne (np. regulacja klimatu), inne mają znaczenie regionalne lub zupełnie lokalne, wymagające bezpośredniej obecności człowieka. Niektórym z nich do niedawna poświęcano niewiele uwagi w badaniach dotyczących oceny ilościowej, wyceny i mapowania, a obecnie są bardzo ważne dla przejścia UE na zrównoważoną gospodarkę neutralną dla klimatu (np. dostarczanie niedrzewnych produktów lasu takich jak dziczyzna czy owoce leśne) [F2]. Tabela 1 zawiera listę 17 usług ekosystemowych, dla których wartość potencjału obliczono lub oszacowano na podstawie 16 wskaźników. Nie zawsze jednemu świadczeniu odpowiada jeden wskaźnik, bowiem potencjał dla niektórych usług był szacowany za pomocą tego samego wskaźnika, z kolei dla części usług opracowano więcej niż jeden wskaźnik.

Każde świadczenie i jego wskaźnik zaprezentowano według jednakowego schematu obejmującego trzy części tekstowe: (1) opis usługi, (2) metodę oceny potencjału (w tym konstrukcję wskaźnika i dane źródłowe) oraz (3) wyniki (zróznicowanie w kraju według typów siedliskowych lasu i krain przyrodniczo-leśnych), a także infografikę zawierającą mapę Polski z uśrednionymi wartościami potencjału dla poszczególnych krain oraz wykresy słupkowe obrazujące zróznicowanie wartości dla 15 zagregowanych typów siedliskowych lasu, łącznie dla Polski i w podziale na krainy. W dalszej części rozdziału świadczenia ekosystemowe i ich wskaźniki zostały omówione w kolejności zgodnej z Tabelą 1.



© Andrzej Affek
Las mieszany świeży w Puszczy Pińskiej

TABELA 1. Kluczowe usługi ekosystemów leśnych w Polsce i wskaźniki potencjału

USŁUGA EKOSYSTEMOWA	SEKCJA	WSKAŹNIK
Drewno	Z	miąższość drewna możliwa do pozyskania rocznie wyrażona w ekwiwalencji cenowym drewna sosnowego
Owoce leśne	Z	zasobność (w kilogramach) owoców borówki czernicy na hektar lasu
Grzyby	Z	wskaźnik opisujący warunki ekologiczne sprzyjające występowaniu jadalnych, tradycyjnie zbieranych w Polsce grzybów mykoryzowych
Grzybobranie	K	
Dziczyna	Z	liczba jeleni możliwych do pozyskania rocznie, przypadająca na 10 km ² lasu
Polowanie	K	
Miód	Z	wielkość bazy pokarmowej dla pszczoł
Zapylenie	R	
Regulacja klimatu globalnego	R	zasób węgla w biomase w tonach na hektar lasu ilość węgla wiązana w biomase w ciągu roku w tonach na hektar lasu
Regulacja klimatu lokalnego	R	stosunek powierzchni liści do powierzchni gruntu
Oczyszczanie powietrza z pyłów	R	
Zapobieganie erozji gleby	R	współczynnik ochronnej roli roślinności leśnej (C) różnica w ilości gleby potencjalnie wyerodowanej między poletkiem pokrytym lasem a poletkiem pozostawionym w czarnym ugorze, wyrażona w tonach na hektar lasu na rok
Zapobieganie powodziom	R	pojemność wodna leśnej pokrywy roślinnej – drzewostanu (liści i pni) oraz runa leśnego
Utrzymywanie siedlisk	R	liczba gatunków runa na 400 m ² lasu
Nauka i edukacja	K	liczba chronionych gatunków roślin, mających optimum występowania w danym typie siedliskowym lasu
Rekreacja	K	wskaźnik opisujący skład i strukturę roślinności oraz warunki siedliskowe sprzyjające rekreacji
Regeneracja sił	K	wskaźnik uwzględniający wpływ wytwarzanych przez drzewa fitoncydów (korzystny) i alergennych pyłków (niekorzystny)

Objaśnienie skrótów:
Z – usługi zaopatrzeniowe,
R – usługi regulacyjne,
K – usługi kulturowe.

Borówka czernica rośnie zarówno na terenach nizinnych, jak i górskich, a zwarte łąny borowczysk zajmują około 10% powierzchni polskich lasów



Zwierzęciem zajmującym szczególne miejsce w gospodarce łowieckiej jest jeleń szlachetny – atrybut patrona myśliwych św. Huberta



Rośliny runa boru bagiennego obficie nektarują, a na sosnach tam rosnących często pojawia się spadź, stąd ten typ lasu wyróżnia się wysoką wydajnością miodową. Na zdjęciu bór bagienny z Borów Tucholskich

Ważną usługą lasów górskich jest zapobieganie erozji gleby. Na zdjęciu las górski świeży w Górach Sanocko-Turczańskich



DREWNO



OPIS USŁUGI

Dostarczanie drewna jest najważniejszą usługą zaopatrzeniową świadczoną przez ekosystemy leśne. Jego pozyskiwanie, często w sposób uproszczony i stereotypowy utożsamiane wyłącznie z „wycięciem drzewa”, to wieloetapowy i kontrolowany proces produkcyjny, którego celem jest pobranie z lasu surowca drzewnego i przekształcenie go w towar rynkowy. Pozyskiwanie drewna jest głównym elementem użytkowania rębego, które w dłuższej perspektywie czasu służy odnowieniu lasu przez wprowadzenie młodego pokolenia. W ramach użytkowania rębego określona jest maksymalna ilość grubizny (czyli drewna okrągłego o średnicy w cieńszym końcu co najmniej 7 cm w korze lub 5 cm bez kory) możliwa do wycięcia w danym nadleśnictwie w okresie 10 lat (co wynika z dokumentu zwanego „Planem urzędzenia lasu”). Drewno pozyskuje się także przy okazji prowadzenia prac pielęgnacyjnych (trzebieże, czyszczenia, pozaplanowe cięcia przygodne) w drzewostanach młodszych klas

wiekowych w ramach użytkowania przedrębego. W tym przypadku wielkość cięć nie jest zaplanowana i zależy od bieżących potrzeb hodowlanych i sanitarnych.

Podział surowca drzewnego [G1]

- wielkowymiarowe (4 klasy jakości + drewno specjalne: okleinowe, sklejkowe i na słupy),
- średniowymiarowe (4 grupy jakości, w tym drewno stosowe i żerdziowe),
- małowymiarowe (przemysłowe i opałowe) oraz pozostałości drzewne, zrębki i karpina.

Około 85% surowca drzewnego produkowanego w Polsce sprzedawana jest podmiotom gospodarczym (głównie z branży drzewnej, papierniczej i meblarskiej), ok. 12% indywidualnym odbiorcom, którzy oprócz drewna pełnowartościowego kupują także sortymenty nienadające się dla przemysłu (często z przeznaczeniem na opał), zaś ok. 1% drewna Lasy Państwowe wykorzystują na własne potrzeby.

Niewielka część o najwyższej jakości sprzedawana jest na aukcjach drewna cennego [G2].

W ciągu ostatnich 30 lat roczne zużycie drewna przez statystycznego Polaka wzrosło prawie 2,5 razy (z 0,4 m³ do ponad 1 m³). Drewno i materiały drewnopochodne mają tysiące zastosowań, m.in. w budownictwie, górnictwie, energetyce, do produkcji łodzi, podłóg, mebli, wykończenia wnętrz ekskluzywnych aut, płyt, tarcicy, palet, papieru, opakowań, materiałów biurowych, narzędzi, instrumentów muzycznych, elementów architektury ogrodowej, sprzętu sportowego, zabawek czy peletu (Rycina 9). Największym wyzwaniem dla tego naturalnego surowca jest współczesne budownictwo, jednak obecne technologie pozwalają uzyskać „drewno XXI w.”, które cechuje się sztywnością i odpornością na rozciąganie dwukrotnie większą od stali [G3]. Pierwsze efekty już są, bowiem aktualnie najwyższy na świecie w całości drewniany wieżowiec Mjøstårnet w Norwegii liczy 85 m, zaś w kolejce do Księgi Guinnessa ustawia się szwajcarski drapacz chmur Rocket&Tigerli o docelowej wysokości 100 m.

Wartość handlowa drewna jest zatem ogromna, co w konsekwencji wiąże się z prowadzeniem gospodarki leśnej, której podstawowym celem jest zwiększenie produkcji drewna dla korzyści ekonomicznych. Zaburza to jednak procesy naturalne zachodzące w ekosystemach leśnych, co ma konsekwencje zwłaszcza dla ich bioróżnorodności [G4]. Jedną z przewodnich inicjatyw Europejskiego Zielonego Ładu jest nowa Strategia Leśna UE 2030, stanowiąca część pakietu „Fit for 55”, która może mieć znaczący wpływ na wielkość pozyskania surowca drzewnego w najbliższych latach (patrz Rozdział 1).

Jak się do tego ma statystyka leśna ostatnich dwóch dekad? W latach 2000–2020 w Lasach Państwowych całkowity przyrost zasobów drzewnych wyniósł 1247 mln m³ grubizny brutto, zaś pozyskanie 801 mln m³, co oznacza, że 36% przyrostu zwiększyło zasoby drzewne na pniu, czyli łączną miąższość stojących drzew. W tym samym okresie przyrost roczny z uwzględnieniem pozyskania wyniósł 8,9 m³/ha. Relacja pomiędzy wielkością przyrostu a pozyskaniem drewna jest obecnie powszechnie używanym wskaźnikiem trwałego i zrównoważonego rozwoju. Należy jednak pamiętać, że na ten wskaźnik może mieć wpływ np. struktura wiekowa lasów (znaczny udział drzewostanów młodszych, które rosną szybciej niż drzewa dojrzałe a są stosunkowo rzadko pozyskiwane) oraz występowanie zdarzeń ekstremalnych (wielkopowierzchniowe uszkodzenia lasu np. po huraganach, skutkujące zwiększonym pozyskaniem drewna) [G5].

METODA OCENY POTENCJAŁU

Wskaźnikiem potencjału lasów do dostarczania drewna jest **miąższość drewna możliwa do pozyskania rocznie wyrażona w ekwiwalencie cenowym drewna sosnowego** (czyli w metrach sześciennych drewna sosnowego z jednego hektara lasu w ciągu jednego roku).

Zgodnie z przyjętą definicją potencjału (patrz Rozdział 2) nie można było założyć, że do produkcji drewna las można całkowicie wyciąć, gdyż taki zabieg poważnie naruszyłby kondycję ekosystemu. Przyjęto więc, że z lasu można pozyskać maksymalnie tyle drewna średnio rocznie, ile go w tym okresie w lesie dojrzałym przyrasta, aby produkcja była zrównoważona. Dlatego też wskaźnik potencjału pokazuje średnie roczne przyrosty miąższości obliczone dla lasów względnie dojrzałych, czyli z drzewostanem starszym niż 80 lat.

Wskaźnik ten w przybliżeniu odpowiada produktywności potencjalnej siedliska, z tą różnicą, że określana przez leśników potencjalna produktywność oznacza wielkość masy drzewnej możliwej do pozyskania w toku całego cyklu produkcyjnego [G6], czyli od posadzenia lasu do wycinki, a zastosowany w tym raporcie wskaźnik odnosi się do wielkości masy drzewnej możliwej do pozyskania bez trwałego uszczerbku dla ekosystemu leśnego, a więc bez całkowitej wycinki drzewostanu. W obu przypadkach miarą jest roczny przyrost miąższości wyrażony w m³ brutto na 1 ha, ale ze względu na szybsze przyrosty młodszych drzew, przeciętny przyrost mierzony w ciągu całego cyklu produkcyjnego będzie wyższy niż ten uzyskany w lasach dojrzałych.

Roczny przyrost miąższości drewna handlowego obliczono jako różnicę między miąższością z 2022 r. i 2021 r. Różnicę obliczono na poziomie wydzielenia leśnego, oddzielnie dla poszczególnych gatunków drzew, przy czym uwzględniono te wydzielenia, dla których w tym okresie dla każdego gatunku drzewa zasobność wzrosła, czyli z wyłączeniem lasów, gdzie było prowadzone pozyskanie drewna. Przed obliczeniami z puli wydzieleni usunięto także te, które należały do 35 nadleśnictw, gdzie w 2021 r. kończył się dziesięcioletni plan urzędzenia lasu, bowiem tam zmiana miąższości nie wynikała z modelowanych przyrostów, tylko z nowych pomiarów taksacyjnych. Do obliczenia średnich jeszcze nieco ograniczono zbiór danych odcinając po 5% najwyższych i najniższych wartości w ramach poszczególnych krain i typów siedliskowych lasu, aby na wynikach nie ciążyły wartości skrajne. Ostatecznie, analizowana baza danych do obliczenia przyrostu miąższości poszczególnych gatunków drzew obejmowała 454 678 rekordów, co odpowiadało



RYCINA 9. Chmura tagów prezentująca zastosowanie i możliwości wykorzystania drewna i materiałów drewnopochodnych

266 863 wydzieleniom leśnym. Dane o miąższości na poziomie wydzielen leśnych z lat 2021 i 2022 pozyskano z Banku Danych o Lasach.

Następnie w celu porównania ze sobą wartości drewna możliwego do pozyskania w poszczególnych typach siedliskowych lasu przeliczono przyrosty miąższości innych gatunków drzew niż sosna na przyrost miąższości drewna sosnowego według ekwiwalentu cenowego drewna wielkowymiarowego (grupa sortymentowa W0) z roku 2022 r. Średnie ceny drewna ośmiu najbardziej popularnych gatunków drzew (sosny, świerka, modrzewia, jodły, buka, dębu, brzozy i olszy) w sprzedaży prowadzonej przez nadleśnictwa wzięto z raportu Dyrekcji Generalnej Lasów Państwowych [G7] (Tabela 2). Ceny dla pozostałych gatunków drzew ustalono na podstawie kompilacji danych z cenników wybranych nadleśnictw i z uwzględnieniem często stosowanych grup cenowych (np. drewno liściaste twarde i miękkie).

WYNIKI

Wyniki w skali kraju pokazują, że największym potencjałem do dostarczania drewna charakteryzują się łągi (8,3 m³ ekwiwalentu drewna sosnowego na hektar na rok) oraz lasy świeże (8,4 m³/ha na rok), w szczególności typy nizinne i wyżynne. Zawdzięczają one swój bardzo wysoki potencjał dużemu udziałowi dębu w drzewostanie, którego cena za m³ drewna wielkowymiarowego jest ponad trzykrotnie wyższa od średniej z pozostałych gatunków. Nieco mniejszy potencjał mają lasy wilgotne i bory mieszane (ok. 5,5 m³/ha na rok), a najmniejszy zdominowane przez sosnę bory suche i bagienne (2,6 m³/ha na rok) oraz olsy (3,3 m³/ha na rok) (patrz

TABELA 2. Średnia cena netto m³ drewna wielkowymiarowego (grupa sortymentowa W0) w nadleśnictwach w 2022 r.

GATUNEK	CENA [PLN]
Sosna	422
Świerk	438
Jodła	433
Modrzew	481
Buk	375
Brzoza	337
Dąb	1266
Olsza	326

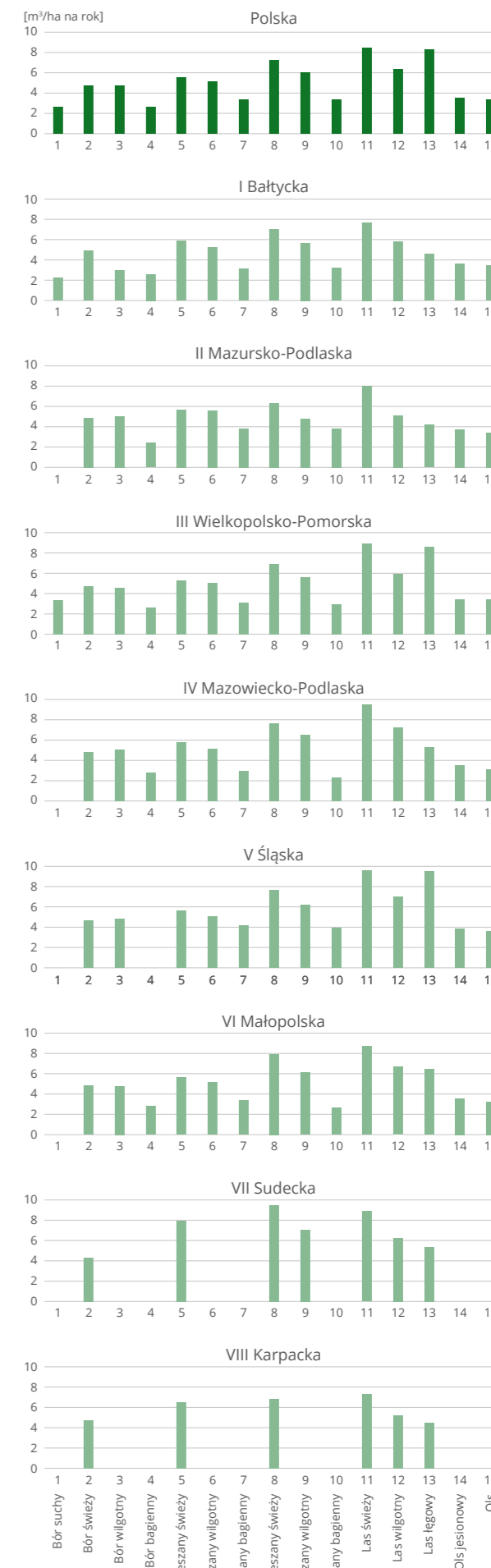
Źródło: [G7]

Rozdział 4, Tabela 7 oraz Rozdział 2, przeciętny skład gatunkowy typów lasu).

Zróżnicowanie potencjału między krainami przyrodniczo-leśnymi jest niewielkie (6 ± 1 m³ ekwiwalentu drewna sosnowego na hektar na rok), za wyjątkiem krainy Sudeckiej, gdzie potencjał lasów jest wyraźnie większy (8,7 m³/ha na rok). To właśnie w Sudetach odnotowano najwyższe wartości wśród typów siedliskowych lasu – las mieszany wyżynny świeży osiągnął tam rekordowy potencjał równy 10,7 m³/ha na rok. Z kolei zróżnicowanie potencjału między takimi samymi typami siedliskowymi lasów w poszczególnych krainach jest zmienne i zależy od typu. Przykładowo, bór bagienny, bór świeży, ols czy ols jesionowy mają niemal identyczny potencjał w poszczególnych krainach. Tymczasem łągi, ze względu na wyraźnie odmienny skład

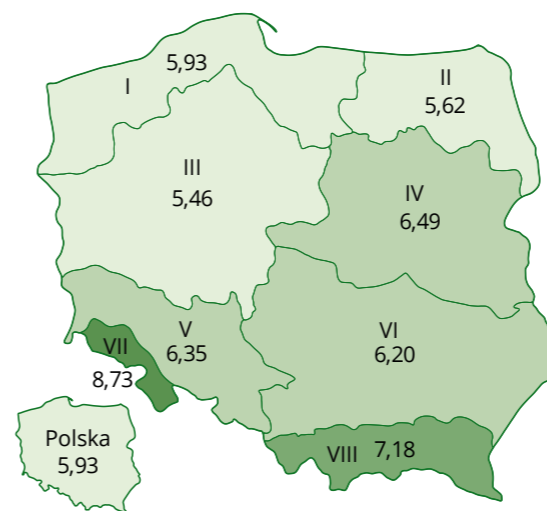
gatunkowy drzewostanu między krainami, wykazują bardzo zróżnicowany potencjał (od 4,2 m³/ha na rok w krainie Mazursko-Podlaskiej do 9,6 w Śląskiej).

Podsumowując, można stwierdzić, że lasy na siedliskach żyznych i umiarkowanie wilgotnych (świeżych), szczególnie te z dużym udziałem dębu, mają najwyższy potencjał do dostarczania drewna wysokogatunkowego. Wartość drewna wielkowymiarowego możliwego do pozyskania rocznie z hektara tego typu lasów jest ponad trzykrotnie wyższa od drewna z najmniej wartościowych pod tym względem borów suchych i bagiennych.



Potencjał lasów do dostarczania drewna wyrażony miąższością drewna możliwą do pozyskania rocznie w ekwiwalencie cenowym drewna sosnowego [m³/ha na rok]

Wartości średnie dla krain przyrodniczo-leśnych



Klasy potencjału dla typów siedliskowych lasu

Bardzo wysoki:	>8,00
Wysoki:	6,51–8,00
Średni:	5,01–6,50
Niski:	3,50–5,00
Bardzo niski:	<3,50

OWOCE LEŚNE



OPIS USŁUGI

Dostarczanie przez las owoców roślin, wykorzystywanych jako pożywienie, medykamenty, barwniki itp., należy do usług zaopatrzeniowych. W Polsce przez setki lat tradycyjnie zbierano w celach spożywczych m.in. maliny, poziomki, czarne jagody, borówkę brusznicę, jeżyny, żurawiny, orzechy laskowe, orzeszki buka, dzikie jabłka, oraz owoce dzikich róż, głogów, bzu czarnego, derenia jadalnego, berberysu, jarzębiny, tarniny [H1]. W ostatnich dziesięcioleciach zapotrzebowanie na owoce zbierane bezpośrednio w lesie wyraźnie zmalało, gdyż wiele z wymienionych gatunków zaczęto hodować na plantacjach [H2]. Niemniej jednak jest to w dalszym ciągu istotne dla mieszkańców wsi i miast.

Owoce leśne należą do szerszej grupy nieдрzewnych produktów leśnych, które w rachunkach ekonomicznych i sprawozdawczości często są wymienne i rozpatrywane łącznie [H3].

Badania ankietowe przeprowadzone w 28 krajach Europy wskazują, że ponad jedna czwarta gospodarstw domowych pozyskuje nieдрzewne produkty leśne, czyli korzysta z różnych zaopatrzeniowych usług ekosystemów leśnych innych niż drewno, przy czym w Polsce jest to aż 41–50% gospodarstw [H4]. Wartość zbioru produktów nieдрzewnych w Polsce to 1,1 miliarda euro na rok, czyli 101–150 euro rocznie na hektar lasu i innych gruntów zalesionych. Takie wartości dla gospodarstw stawiają Polskę na 5 miejscu wśród 27 analizowanych europejskich krajów (nie licząc Rosji). Dla 7–9% polskich gospodarstw pozyskiwanie tych produktów leśnych stanowi znaczącą część rocznego dochodu [H4].

Wśród wszystkich grup nieдрzewnych produktów leśnych, dzikie owoce jagodowe („jagody”) są zbierane przez największy odsetek europejskich gospodarstw domowych (20,7%) i mają największe znaczenie ekonomiczne (33,5%). Najchętniej zbierane są czarne jagody (owoce borówki czernicy) oraz jeżyny, dzikie maliny i poziomki, a także – nieco rzadziej – owoce borówki brusznicy i żurawiny [H4].

W Polsce zbiór dzikich jagód ma duże znaczenie zarówno w aspekcie kulturowym, jak również społeczno-gospodarczym [H5; H6]. Stanowią one dodatkowe źródło dochodu mieszkańców zwłaszcza małych miejscowości, natomiast mieszkańcy dużych miast zbierają je głównie na własne potrzeby. Cel i wzorce zbierania jagód uzależnione są m.in. od sytuacji ekonomicznej gospodarstw, a także regionu zamieszkania (np. bliskości do lasu) [H7; H8; H9].

Z wyników badań ankietowych prowadzonych przez różnych autorów [H10; H6] wynika, że zbiór jagód jest celem wizyty w lesie dla 11–18% respondentów. Jednak w niektórych regionach Polski ich zbiór deklaruje znacznie większa część ankietowanych osób (64%), zwłaszcza z miejscowości poniżej 1000 mieszkańców z Polski centralnej, północno-wschodniej oraz południowo-wschodniej [H11].

Na duże znaczenie owoców leśnych w budżecie lokalnej społeczności wskazują również dane ze skupów. W 2021 r. oddano do skupu ok. 4,3 tys. ton owoców leśnych, z tego ok. 60% stanowiła borówka czernica [H12]. Przy czym duża ilość owoców zbieranych na użytek własny nie jest ujmowana w statystykach i przez to trudna do oszacowania. Z badań ankietowych wynika, że na jedną osobę deklarującą zbieranie jagód przypadał średnio zbiór prawie 4,7 kg borówki czernicy [H6].

Borówka czernica (*Vaccinium myrtillus*) rośnie zarówno na terenach nizinnych jak i górskich, a zwarte łany krzewinek tego gatunku („jagodziska”, „borówczyiska”) zajmują około 10% powierzchni polskich lasów [H13]. Owoce borówki czernicy, czyli czarne jagody, mogą być spożywane surowe, suszone lub w postaci przetworów. Są źródłem naturalnych przeciwutleniaczy

i odgrywają ważną rolę w zapobieganiu chorobom [H14; H15]. Stanowią również istotne źródło pożywienia dla ssaków, owadów i ptaków [H16].

Roślina ta zaliczana jest do „gatunków starych lasów” a więc jest szczególnie przywiązana do miejsc, które nie były w przeszłości trwale odlesione [H17]. Preferuje bory sosnowe świeże i wilgotne na glebach mineralnych oraz sosnowe bagienne trzcinnikowe na glebach torfowych, a także bory świerkowe, jodłowo-swierkowe i jodłowe [H18]. W borach sosnowych najobficiej występuje w starszych drzewostanach (IV i V klasy wieku, czyli 61–100 lat), na co z pewnością wpływ mają dobre warunki świetlne zapewnione przez umiarkowane lub przerywane zwarcie koron [H19; H20]. Na każdym ze swoich stanowisk borówka czernica charakteryzuje się bardzo dużą zmiennością plonowania z roku na rok (nawet pięciokrotnością w stosunku do minimalnego plonowania) [H21; H22; H23]. Potencjalna zasobność tego gatunku (czyli łączny potencjał usługi świadczonej przez lasy) przy średnim urodzaju, szacowana jest na 30,1 tys. ton na rok [H24].

METODA OCENY POTENCJAŁU

Za wskaźnik potencjału lasów do dostarczania owoców leśnych przyjęto **zasobność (w kilogramach) owoców borówki czernicy na hektar lasu**. Bardziej kompleksową miarą tej usługi byłby wskaźnik ujmujący zasobność wielu różnych gatunków, których owoce są pozyskiwane. Jednak ze względu na dominującą rolę borówki czernicy w ogólnym wolumenie zbiorów i przy braku wiarygodnych danych, dotyczących obfitości występowania innych gatunków, przyjęcie za podstawę wskaźnika tego jednego gatunku wydaje się uzasadnione.





Obliczenie potencjału przebiegało w kilku etapach. W pierwszym etapie określono zasobność dla każdego wydzielenia leśnego (z drzewostanem powyżej 80 lat) będącego w zarządzie Lasów Państwowych. Posłużono się przy tym empirycznym modelem opracowanym przez Grochowskiego [H24]. Zgodnie z tym modelem zasobność jagodzisk w poszczególnych płatach lasu określono na podstawie następujących wzorów:

Dla borów nizinnych
 $Z = 27,17x^2 - 0,14x + 0,02$

Dla borów górskich
 $Z = 35,4x^2 + 22,5x + 3,58$

gdzie:
 Z – zasobność danego płatu [kg/ha na rok],
 x – stopień urodzaju, wynikający z rodzaju pokrywy runa.

Informacje o rodzaju pokrywy runa uzyskano z opisów taksacyjnych drzewostanów zgromadzonych w Banku Danych o Lasach. Każdemu rodzajowi pokrywy runa przypisano stopień urodzaju i odpowiadającą mu rangę (rangi w przedziale 1,5–4,5; gdzie 1,5 to słaby urodzaj, a 4,5 to bardzo duży urodzaj): (a) pokrywa mszysto-czernicowa – 3; (b) mszysta – 1,5; oraz (c) zadarnienie – 0,5.

Ranga 3 oznacza wysoką produktywność borówki, na poziomie 244,13 kg jagód na hektar na rok i 389,68 kg/ha na rok dla jagodzisk górskich. Dla rangi 1,5 wielkości te wynoszą odpowiednio 60,9 kg/ha na rok i 117,0 kg/ha na rok, natomiast dla urodzaju odpowiadającego randze 0,5 przeciętna zasobność wynosi 6,7 i 23,7 kg/ha na rok [H24].

Następnie określono średnią ważoną zasobność oddzielnie dla każdego typu siedliskowego lasu

w każdej krainie przyrodniczo-leśnej oraz łącznie w Polsce, posługując się wzorem:

$$Z_{sr} = \frac{\sum_{i=1}^n Z_i p_i}{\sum_{i=1}^n p_i}$$

gdzie:

Z_{sr} – średni potencjał dla produkcji borówki czernicy [kg/ha na rok],

Z_i – potencjał określony dla i-tego płatu [kg/ha na rok],

p_i – powierzchnia i-tego płatu [ha],

n – liczba płatów, które weszły do obliczeń.

Obliczenia wykonano dla wszystkich typów lasów, dla których istniały dane, choć należy wziąć pod uwagę, że w wielu z nich (szczególnie tych zlokalizowanych na żyznych siedliskach) borówka czernica jest gatunkiem przypadkowym, występującym sporadycznie i z bardzo małą obfitością. Na takich siedliskach w poszczególnych regionach Polski jej obecność potwierdzono na podstawie analizy zdjęć i tabel fitosocjologicznych, dostępnych w literaturze.

WYNIKI

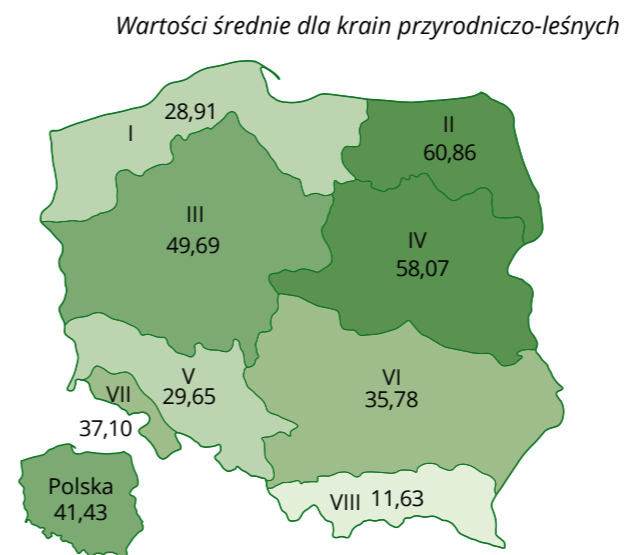
Wyniki w skali kraju pokazują, że największym potencjałem do dostarczania jagód charakteryzują się bory świeże nizinne i górskie (ponad 100 kg/ha na rok) (patrz Rozdział 4, Tabela 7). Nieco mniejszy potencjał mają bory mieszane świeże i bory suche (50–90 kg/ha na rok). Należy tu jednak stwierdzić, że w poszczególnych krainach przyrodniczo-leśnych różnice między tymi typami lasów mogą być mniejsze, a regionalnie wysokim potencjałem charakteryzują się także bory wilgotne i bagienne. Najmniejszy

potencjał do dostarczania jagód jest związany z lasami świeżymi, łęgami i olsami. Tam wartości dla poszczególnych krain i w skali ogólnopolskiej wynoszą średnio poniżej 3 kg/ha na rok.

Zróźnicowanie potencjału między krainami przyrodniczo-leśnymi jest dość duże, z ogólnie wyższymi wartościami na północnym wschodzie kraju, a niższymi na zachodzie i południu. Zdecydowanie najwyższy potencjał mają krainy Mazursko-Podlaska i Mazowiecko-Podlaska (ponad 58 kg/ha na rok), a najniższy kraina Karpacka (nieco ponad 11 kg/ha na rok).

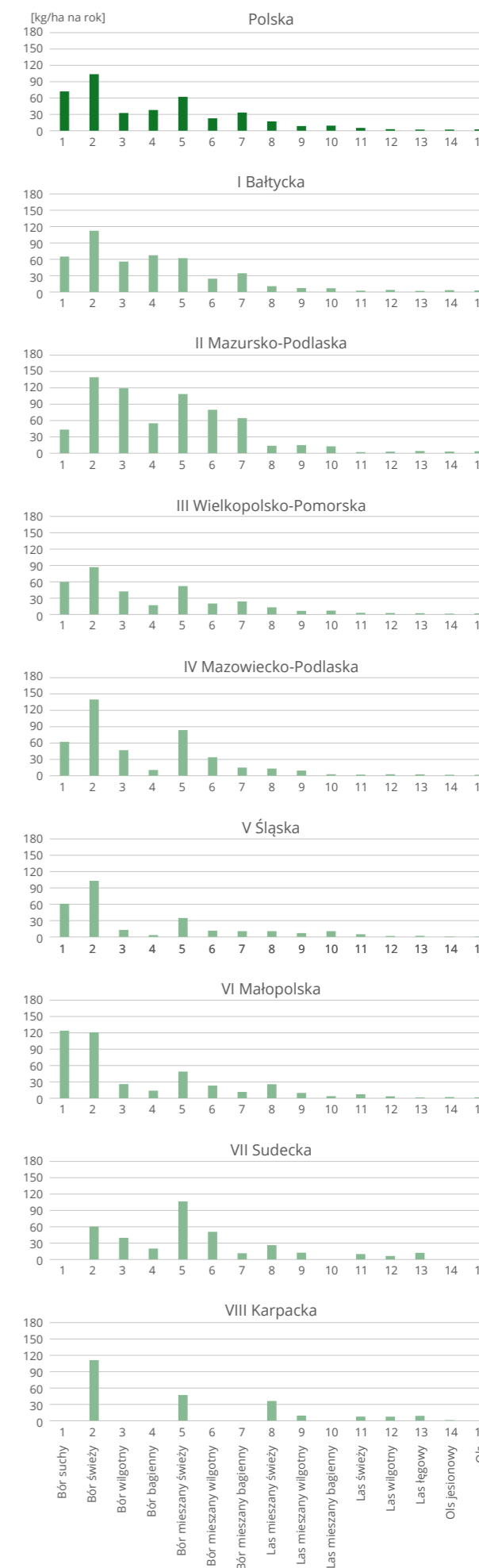
Przegląd wyników wskazuje, że zróźnicowanie potencjału między typami lasów jest znacznie silniejsze niż zróźnicowanie regionalne, a różnice między poszczególnymi regionami wynikają głównie z nierównomiernej rozłożenia między regionami poszczególnych typów lasów. Rola geograficznego zróźnicowania z północy na południe jest jednak także zauważalna, gdyż analizując potencjał nizinnych typów lasów o charakterze borowym obserwuje się w ich obrębie wyższy potencjał w krainach Polski północnej i środkowej, natomiast wyraźnie niższy na południu.

Potencjał lasów do dostarczania owoców runa leśnego wyrażony zasobem borówki czernicy [kg/ha na rok]



Klasy potencjału dla typów siedliskowych lasu

Bardzo wysoki:	>100,00
Wysoki:	50,01–100,00
Średni:	20,01–50,00
Niski:	5,00–20,00
Bardzo niski:	<5,00



GRZYBY I GRZYBOBRANIE



OPIS USŁUGI

Grzyby wykorzystywane do celów żywieniowych są usługą zaopatrzeniową, natomiast **grzybobranie** jako jedna z najpopularniejszych form rekreacji w lasach należy do usług kulturowych. Ze względu na ścisłe powiązanie między obiema usługami, potencjał lasów do ich dostarczenia może być wyrażony tym samym wskaźnikiem.

Zbiór grzybów leśnych w Polsce, a także w innych europejskich krajach, to wielowiekowa tradycja [11; 12]. Grzybobranie jako forma rekreacji oraz wykorzystanie grzybów do celów spożywczych i leczniczych są szczególnie popularne w Europie Środkowej, Wschodniej i Południowo-Wschodniej [13]. Podobnie jak owoce leśne, grzyby są istotnym źródłem dochodów mieszkańców małych miast i wsi w Polsce [14]. Jednak, jak dowodzą badania krajowe, znaczna część ich zbioru przeznaczana jest na użytek własny (60%) [11]. Natomiast na podstawie badań ankietowych przeprowadzonych w 28 europejskich krajach

stwierdzono, że aż 86% zbioru grzybów i innych niedrzewnych produktów leśnych pochodzenia roślinnego wykorzystywane jest bezpośrednio przez zbieraczy [12].

Grzyby są nieodłącznym komponentem ekosystemów leśnych. Są organizmami cudzożywnymi, które wchodzi w różne relacje z innymi organizmami. Większość najbardziej poszukiwanych grzybów jadalnych to organizmy symbiotyczne – tworzące tzw. **mykoryzy**. Jest to zjawisko polegające na symbiozie (współżyciu) grzybów z roślinami naczyniowymi. Strzępki grzybni znajdujące się w glebie leśnej, oplatając drobne korzenie drzew i krzewów i częściowo do nich wnikać, zwiększają powierzchnię chłonną korzeni rośliny, zapewniając jej lepszy dostęp do wody i substancji odżywczych. Grzyby produkują także hormony roślinne, które regulują wzrost i rozwój roślin oraz substancje o charakterze antybiotyków, dlatego dzięki mykoryzie drzewa i krzewy mogą się dobrze rozwijać i są odporniejsze na choroby. W zamian grzyby czerpią z roślin związki organiczne wytwarzane w procesie

fotosyntezy (np. cukry), których same nie produkują. Grzyby mykoryzowe mogą wchodzić w relacje symbiotyczne z jednym lub z wieloma gatunkami drzew i krzewów. Znajomość tych powiązań jest powszechnie wykorzystywana przez grzybiarzy, którzy szukają np. maślaków pod sosną [15] (Tabela 3).

Na owocnikowanie grzybów wpływa wiele czynników środowiskowych (np. opady, temperatura gleby i powietrza, niedobór lub nadmiar wody), hodowlanych (wiek drzewostanu, zagęszczenie i zwarcie), orograficznych (nachylenie, wystawa terenu) i antropogenicznych (np. pozyskanie drewna) [16; 17; 18]. Najbardziej sprzyjające siedliska to te na dobrze wykształconych (głębokich) glebach, bez frakcji szkieletowej w wierzchniej warstwie, umiarkowanie wilgotne i ciepłe (z luźnym drzewostanem umożliwiającym dopływ energii słonecznej, na stokach o południowej i południowo-zachodniej wystawie). Warto także podkreślić, że **im bardziej zróżnicowane i dojrzałe jest zbiorowisko leśne tym większe**

TABELA 3. Jadalne grzyby mykoryzowe, tradycyjnie zbierane w Polsce i przyporządkowane im drzewa, z którymi wchodzi w relacje symbiotyczne

GATUNKI GRZYBÓW	GŁÓWNE GATUNKI DRZEW
borowik szlachetny	sosna, dąb, świerk
borowik sosnowy	sosna, buk
borowik usiatkowany	dąb, buk
krasnoborowik ceglaspory	buk, świerk
pieprznik jadalny	buk, sosna, świerk
podgrzyb brunatny	sosna, świerk, dąb, buk
suchogrzybek złotopory	dąb, buk
podgrzybek zajączek	dąb, buk
mleczaj rydz	sosna, świerk
mleczaj świerkowy	świerk
mleczaj jodłowy	jodła
koźlarz czerwony	topola osika
koźlarz topolowy	topola osika, topola biała
koźlarz grabowy	grab
koźlarz babka	brzoza brodawkowata, brzoza omszona
koźlarz pomarańczowożółty	brzoza brodawkowata
koźlarz sosnowy	sosna
maślak sitarz	sosna
maślak żółty	modrzew
maślak zwyczajny	sosna
maślak pstry	sosna

Źródło: [13; 114; 115]

będzie bogactwo gatunkowe grzybów, choć produkcja owocników, w przypadku niektórych gatunków, jest większa w lasach z młodszym drzewostanem, w których prowadzone są intensywne zabiegi hodowlane [16].

Zestaw chętnie zbieranych i smacznych grzybów jadalnych wynosi w Polsce co najmniej kilkadziesiąt gatunków, jednak przeciętny grzybiarz zbiera zwykle tylko kilka-kilkanaście gatunków [19].

METODA OCENY POTENCJAŁU

Do oceny potencjału lasów do dostarczania grzybów wykorzystano **złożony wskaźnik opisujący warunki siedliskowo-ekologiczne sprzyjające występowaniu jadalnych grzybów mykoryzowych i aktywności grzybiarzy**. Poszczególne wydzielenia leśne w Lasach Państwowych z drzewostanem starszym niż 80 lat scharakteryzowano minimalną wartością z sześciu wskaźników cząstkowych (tj. czynnikiem ograniczającym potencjał), a następnie obliczono średnią z tych minimów dla typów siedliskowych lasu w krainach przyrodniczo-leśnych i w całej Polsce. Wskaźniki cząstkowe uwzględniały: gatunki drzew, z którymi grzyby tworzą mykoryzę, podtyp gleby, uwilgotnienie siedliska, zwarcie i piętrowość drzewostanu oraz średnie nachylenie terenu określające dostępność lasów dla przeciętnego grzybiarza [110]. Każdemu wskaźnikowi cząstkowemu przypisano rangę w zakresie 0–1 różnicującą znaczenie danego parametru dla występowania i zbioru grzybów (od niekorzystnych do najbardziej odpowiednich) (Tabela 4).

Gatunkom drzew przyporządkowano rangi (tym wyższe, im więcej gatunków grzybów tworzy z nimi mykoryzy [110]) na podstawie wymagań ekologicznych grzybów jadalnych uznanych za najbardziej istotne kulturowo (najczęściej i najchętniej zbieranych w lasach) [112]: borowików, pieprznika/kurki, podgrzyba/podgrzybka, suchogrzybka, rydzów/mleczajów, koźlarzy oraz maślaków. Uwzględniono te gatunki drzew, z którymi wymienione grzyby „najchętniej” tworzą mykoryzy.

Dane dotyczące związków mykoryzowych wybranych grzybów z gatunkami drzew uzyskano z literatury mykologicznej [113; 114; 115]. Informacje o składzie gatunkowym i strukturze drzewostanów oraz charakterystykach siedliskowych wydzielen leśnych pozyskano z Banku Danych o Lasach, natomiast dane o nachyleniu terenu z Numerycznego Modelu Terenu o rozdzielczości 50 m (www.geoportal.gov.pl).

TABELA 4. Wskaźniki cząstkowe z rangami wykorzystanymi do obliczenia wskaźnika potencjału lasów do dostarczania grzybów i grzybobrania

WSKAŹNIK CZĄSTKOWY	WARTOŚĆ	RANGA
Skład gatunkowy drzewostanu (dla drzewostanów mieszanych obliczany jako średnia ważona udziałem poszczególnych gatunków)	sosna zwyczajna, świerk pospolity	1,0
	brzoza brodawkowata, buk zwyczajny, dąb szypułkowy, dąb bezszypułkowy	0,7
	brzoza omszona, grab pospolity, jodła pospolita, modrzew europejski, topola biała, topola osika	0,3
	pozostałe gatunki	0,0
Podtyp gleby (skrót według [11], Klasyfikacja gleb leśnych Polski)	Akhs, AKI, AKrs, BR, BRb, BRk, BRs, BRw, BRwy, Bw, Csz, Cwybr, Cwyog, Cwyw, CZbr, D, Dbr, Di, Dp, Dw, P, Pb, Pbr, Pw	1,0
	AK, AR, ARb, ARi, ARw, B, Bgms, Bgts, Bgw, Blgw, Blw, CZ, CZms, CZw, CZwy, G, Gm, GMł, Gms, Gp, Grd, Gt, Gts, Gw, MD, MDbr, MDi, MDM, MDp, MDw, OC, OG, OGam, OGb, OGSt, OGSts, OGSw, OGw, Pog, RD, RDb, RDb, RDw	0,7
	AKb, M, Mgy, MŁ, MŁgy, MŁt, MŁw, Mmł, Mn, MR, MRm, MRms, MRw, Mt	0,5
	PR, PRbr, PRI, PRw, R, Rbr, Rbt, Rc, Rir, RN, RNb, RNbr, RNbt, RNw, Rp, Rw	0,2
	AU, AUi, AUpr, AUpr, IR, IS, PE, T, Tn, Tp, Tw	0,0
Wariant uwilgotnienia siedliska*	świeże, silnie świeże	1,0
	wilgotne	0,7
	silnie wilgotne, wilgotne odwodnione, suche	0,5
	bagienne odwodnione, bagienne silnie odwodnione, łąkowe niezalewane	0,2
	bagienne mokre i bardzo mokre, łąkowe zalewane i podtapiane, łąkowe zalewane	0,0
Zwarcie drzewostanu*	luźne	1,0
	przerywane	0,8
	umiarkowane	0,6
	pełne	0,4
Piętrowość drzewostanu*	jednopiętrowy	1,0
	dwupiętrowy	0,6
	wielopiętrowy	0,3
Średnie nachylenie terenu [°]	<12	1,0
	12-30	0,5
	>30	0,1

* podział na wartości i terminologia tak jak w źródłowej bazie danych z Banku Danych o Lasach



WYNIKI

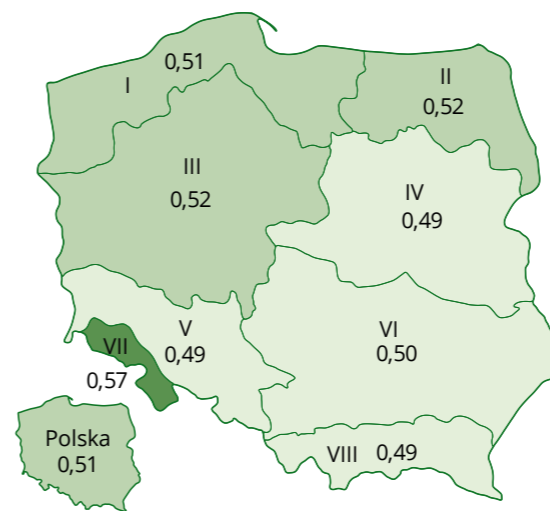
W skali kraju największym potencjałem do dostarczania grzybów i grzybobrania charakteryzują się bory świeże i bory mieszane świeże, a także lasy mieszane świeże (>0,52). Wysoki potencjał wykazują lasy świeże, wilgotne warianty siedlisk borowych i borów mieszanych oraz lasów mieszanych (0,39-0,52). Najniższy potencjał odnotowano dla olsów, lasów łąkowych i wariantów bagiennych: borów mieszanych i lasów mieszanych oraz borów (<0,13). Nie stwierdzono wyraźnych różnic między wariantami typów siedlisk: nizinnych, wyżynnych i górskim (patrz Rozdział 4, Tabela 7).

Większość krain przyrodniczo-leśnych charakteryzuje się wysokim potencjałem do dostarczania grzybów i grzybobrania; kraina Sudecka ma bardzo wysoki potencjał (0,57). Największe zmiany potencjału między krainami obserwujemy dla typów siedlisk borowych.

Wyniki pokazują duże zróżnicowanie potencjału do dostarczania grzybów między typami siedliskowymi i małe różnice regionalne. Szczególnie wyraźnie zaznacza się ograniczający wpływ uwilgotnienia siedlisk oraz udział w drzewostanie gatunków drzew, z którymi grzyby jadalne tworzą mykoryzy.

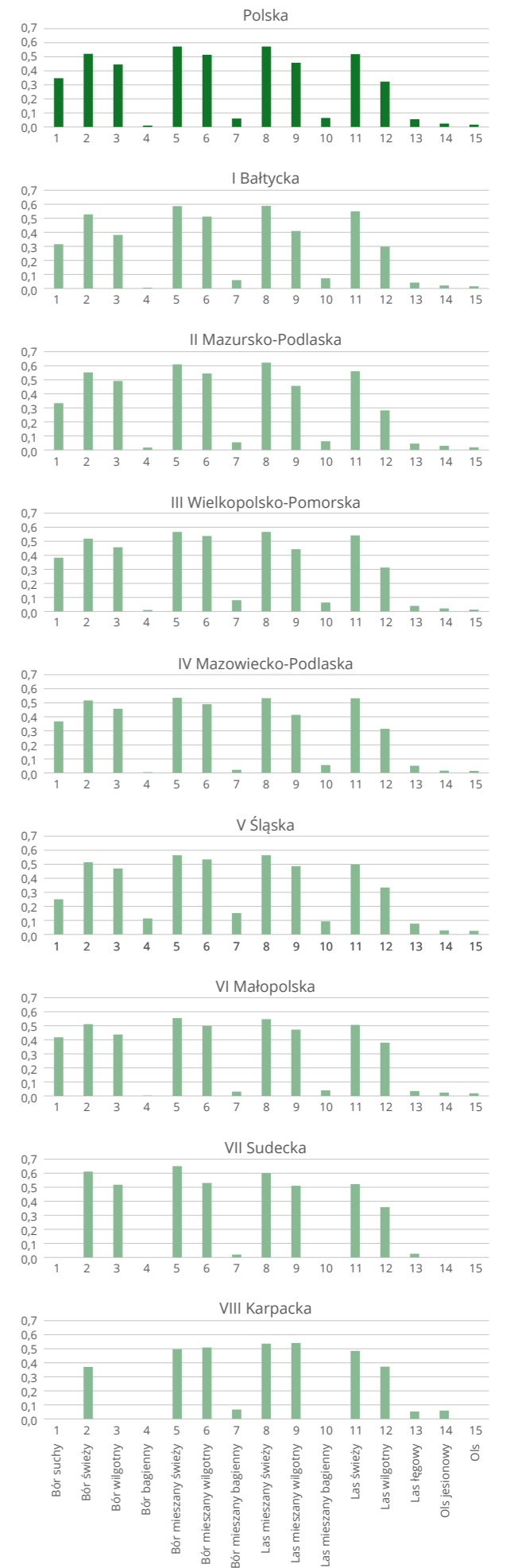
Potencjał lasów do dostarczania grzybów i grzybobrania wyrażony za pomocą złożonego wskaźnika opisującego warunki siedliskowo-ekologiczne sprzyjające występowaniu jadalnych grzybów mykoryzowych i aktywności grzybiarzy

Wartości średnie dla krain przyrodniczo-leśnych



Klasy potencjału dla typów siedliskowych lasu

Bardzo wysoki:	>0,52
Wysoki:	0,39-0,52
Średni:	0,26-0,38
Niski:	0,13-0,25
Bardzo niski:	<0,13



DZICZYŻNA I POLOWANIE



OPIS USŁUGI

Mięso dzikich zwierząt (dziczyzna) wykorzystywane jako pożywienie należy do usług ekosystemowych zaopatrzeniowych, a stwarzanie warunków do polowania to usługa kulturowa. Obie usługi są na tyle silnie ze sobą powiązane, że potencjał lasów do ich dostarczania może być wyrażony tym samym wskaźnikiem. W Polsce najczęściej pozyskiwane na mięso są jelenie, sarny, dziki, zajęce i dzikie ptactwo (Rycina 10). Dziką cechuje bogactwo witamin i minerałów oraz niska zawartość cholesterolu [J1]. Kuchnia myśliwska, kultura łowiecka i tradycje związane z polowaniem sięgają okresu panowania pierwszych Piastów, a dziś stanowią ważny element polskiego dziedzictwa kulturowego [J2]. Kultura łowiecka przejawia się m. in. w tematycznej literaturze, programach telewizyjnych, wystawach i targach, jak również poprzez grupy sygnalistów czy hodowle psów łowieckich. Liczba myśliwych zrzeszonych w Polskim Związku Łowieckim wynosi 128,5 tys. [J3]. Gospodarka łowiecka prowadzona jest na podstawie rocznych

i wieloletnich planów łowieckich w 4971 obwodach łowieckich, o jednostkowej powierzchni minimalnej 3 tys. ha [J4]. Obwody dzielą się na leśne (co najmniej 40% udziału gruntów leśnych) i polne [J5].

Łowiectwo korzysta ze środowiska i jego zasobów, zatem sposób prowadzenia gospodarki łowieckiej nie jest dla nich obojętny. Z tego względu podjęto szereg działań związanych z definiowaniem zasad **zrównoważonego łowiectwa** na gruncie międzynarodowym [J6; J7]. W polskich aktach prawnych odwołania do tej koncepcji znajdują się w Prawie łowieckim (J5; art. 1 i 3).

Łowiectwo zrównoważone to użytkowanie gatunków łownych oraz ich siedlisk w taki sposób i z taką intensywnością, żeby nie prowadziło ono do zmniejszenia różnorodności biologicznej w długim okresie czasu. Dzięki temu możliwe jest zachowanie jej potencjału

w stanie odpowiadającym potrzebom i aspiracjom obecnych oraz przyszłych pokoleń, a także utrzymanie statusu polowań jako akceptowanej działalności społecznej, gospodarczej i kulturowej (na podstawie definicji „zrównoważonego użytkowania” określonej w art. 2 Konwencji o różnorodności biologicznej). Zrównoważone łowiectwo może przyczynić się do ochrony populacji dzikich gatunków oraz ich siedlisk. Co więcej, może przynosić korzyści całemu społeczeństwu [J8].

Pozyskiwanie dziczyzny ma swoich zwolenników i przeciwników. Zwolennicy przedstawiają łowiectwo jako niezbędny element gospodarowania populacjami zwierząt w celu zachowania równowagi w środowisku przy niewystarczającej liczbie drapieżników, jako element kulturotwórczy oraz istotne dodatkowe źródło dochodu [J9]. Z kolei przeciwnicy nie zgadzają się na nierozdzielnie związane z polowaniem i pozyskiwaniem dziczyzny zabijanie dzikich zwierząt, gdyż uważają je za nieetyczne i nie niezbędne do osiągnięcia dobrostanu ludzi [J10; J11].

Zwierzęciem łownym najsilniej związanym z lasami, a zarazem zajmującym szczególne miejsce w gospodarce łowieckiej, jest **jeleń szlachetny** (*Cervus elaphus*). Ponadto, jeleń zaznacza się silnie w symbolice myślistwa – jest atrybutem patrona myśliwych św. Huberta oraz widnieje w logo Polskiego Związku Łowieckiego. W Polsce w sezonie 2021/2022 jego liczebność wyniosła 292,7 tys. osobników (z czego pozyskano 100,5 tys. osobników) [J12], przy czym zagęszczenie w poszczególnych obwodach łowieckich jest zróżnicowane [J13]. Głównymi czynnikami decydującymi o wykorzystaniu siedliska przez jelenie są baza pokarmowa i możliwość schronienia [J14; J15]. Zatem siedliska, które oferują zarówno żerowiska, jak i ostoje (termiczna i kryjówka), są najczęściej przez nie wykorzystywane [J16]. Pozostałe czynniki to m.in. bliskość ekotonu (strefy przejściowej np. lasu w łąkę), wody, odległość od dróg i zabudowań, nachylenie terenu [J17].

Jeleń preferuje obszary z dużym udziałem lasów, w obrębie których lub ich bezpośrednim sąsiedztwie występują powierzchnie trawiaste (np. luki, polany, łąki śródleśne, pastwiska, pola uprawne) [J13]. Duże znaczenie ma również rodzaj i struktura drzewostanu [J14]. Lasy o niższym udziale drzew iglastych i większych zasobach drzewnych są typowymi letnimi siedliskami jeleni, zaś te o wysokim udziale drzew iglastych i niskim zasobie drzewnym – siedliskami zimowymi [J16; J18]. Optymalna lesistość dla tego gatunku wynosi około 70% [J19]. Analiza najnowszych danych łowieckich wykonana na potrzeby

tego raportu pokazała, że w skali obwodu łowieckiego zagęszczenie jeleni wyraźnie rośnie wraz ze wzrostem udziału powierzchni leśnej, choć nie jest to relacja liniowa. Przy bardzo wysokiej lesistości (>80%) notuje się zatrzymanie wzrostu zagęszczenia, a nawet niewielki spadek.

Różnorodność siedlisk pozytywnie wpływa na obfitość i dostępność bazy pokarmowej oraz pozwala na realizację zmieniających się wraz z porą roku życiowych potrzeb jelenia [J20]. W skład jego diety wchodzi ponad 260 gatunków roślin, z czego drzewa i krzewinki są najważniejszymi roślinami żerowymi, a w dalszej kolejności: zioła, trawy, turzyce i sitowia [J21].

W gospodarowaniu populacjami jelenia uwzględnia się: (1) strukturę płci – stosunek udziału łań do byków, (2) przyrost zrealizowany – roczny bilans populacji z uwzględnieniem obecności drapieżników, (3) zagęszczenie, (4) strukturę pozyskania w grupach płciowo-wiekowych (łanie, byki, cielęta) i w klasach wieku byków [J22]. Zgodnie z zasadą zrównoważonego łowiectwa w planie pozyskania zakłada się, że w populacjach ustabilizowanych liczba osobników w obwodzie łowieckim powinna odpowiadać pojemności łowisk [J4]. Taka gospodarka populacjami jelenia wiąże się z zapewnieniem odpowiednich siedlisk pod względem bazy pokarmowej, jak i arealu, co stwarza również dobre warunki do rozwoju dla innych gatunków o podobnych wymaganiach środowiskowych.

METODA OCENY POTENCJAŁU

Wskaźnikiem potencjału lasów do dostarczania dziczyzny jest **liczba jeleni możliwych do pozyskania rocznie, przypadająca na 10 kilometrów kwadratowych lasu**. Inną miarą tej usługi może być uwzględnienie wszystkich zwierząt łownych i przeliczenie sztuk na kilogramy mięsa [por. J24]. Jednak w tym opracowaniu zdecydowano się na operowanie tylko sztukami, i to jednego najistotniejszego gatunku, gdyż w zamyśle opracowany wskaźnik ma także pokazywać potencjał lasów do świadczenia usługi polowania. W razie potrzeby można przeliczyć sztuki jeleni na kilogramy dziczyzny przyjmując przeciętną masę jelenia równą 100 kg [J24].

Do opracowania wskaźnika pokazującego potencjał poszczególnych typów siedliskowych lasu wykorzystano dane z obwodów łowieckich o planowym pozyskaniu jelenia w sezonie (2021/2022) i udziale poszczególnych typów lasu. Uwzględniono tylko leśne obwody łowieckie. Przyjęto, że nie stan zwierzyny, ale właśnie planowe pozyskanie mające w założeniu utrzymać trwałość populacji, będzie najlepszą miarą trwałego i zrównoważonego potencjału ekosystemu leśnego.

Zasadniczym wyzwaniem metodycznym było przeniesienie danych o liczebności jeleni z obwodów łowieckich na typy siedliskowe lasu, bowiem ze zrozumiałych względów dla tak mobilnych zwierząt nie gromadzi się danych dla poszczególnych fragmentów kompleksów leśnych odpowiadającym różnym typom lasu. Do obliczeń przyjęto, że jelenie w granicach danego obwodu łowieckiego są rozłożone proporcjonalnie między typami siedliskowymi lasu. Dopiero zestawienie różnic zagęszczenia między obwodami ze zróżnicowanym udziałem poszczególnych typów siedliskowych lasu w obwodach pozwoliło uzyskać zróżnicowanie zagęszczenia w typach lasu. Obliczenia wykonano według wzoru:

$$K = \frac{\sum_{i=1}^n J_i p_i}{\sum_{i=1}^n p_i}$$

gdzie:

K – zagęszczenie jeleni (planowanych do pozyskania) w wybranym typie siedliskowym lasu w sztukach na 10 km²,

J_i – zagęszczenie jeleni w i-tym, leśnym obwodzie łowieckim w sztukach na 10 km²,

p_i – powierzchnia wybranego typu siedliskowego lasu w i-tym leśnym obwodzie łowieckim w km²,

n – liczba leśnych obwodów łowieckich.

Taka metoda pozwala przede wszystkim wyróżnić te bardziej i mniej preferowane przez jelenia typy lasu, bowiem otrzymane ilościowe zróżnicowanie należy uznać raczej za wskazanie tendencji niż za precyzyjne ilościowe zróżnicowanie zagęszczenia. Z uwagi na dużą mobilność jeleni i brak wyraźnych preferencji lasów starszych, wyjątkowo przy szacowaniu tego świadczenia nie ograniczono się jedynie do lasów powyżej 80 lat.

Dane o planowym pozyskaniu jeleni w obwodach łowieckich oraz informacje o typie siedliskowym lasu na poziomie wydziałów leśnych pozyskano z Banku Danych o Lasach, natomiast informacje o granicach i aktualnej numeracji obwodów pozyskano z otwartego repozytorium przyrodniczych danych naukowych (gis.openforestdata.pl).



RYCINA 10. Tropy wybranych zwierząt łownych

WYNIKI

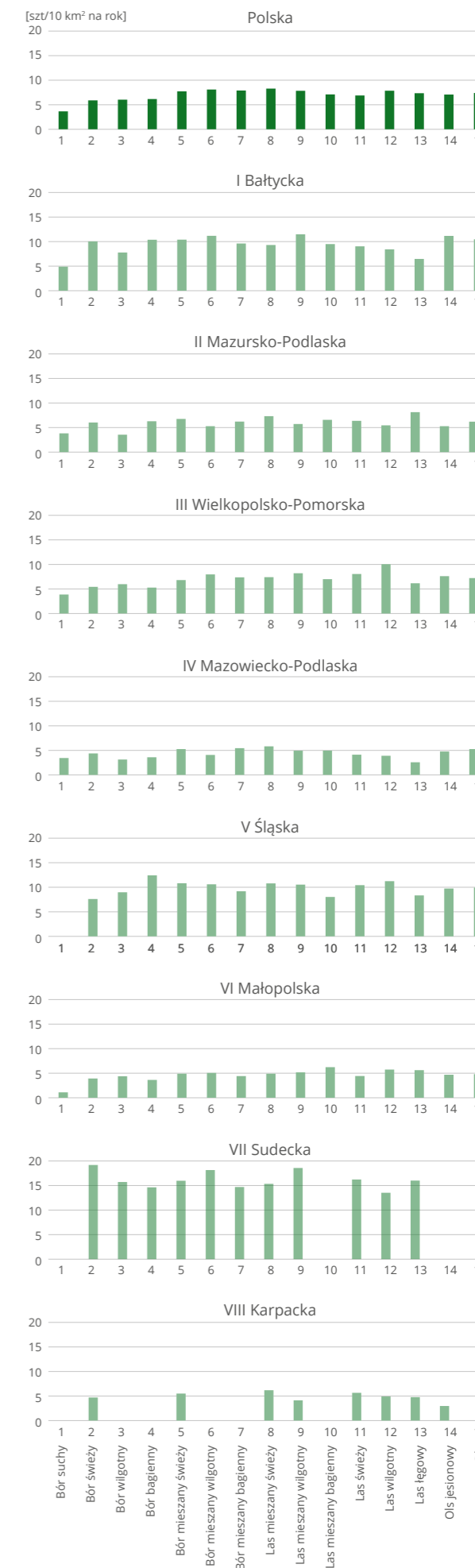
Wyniki w skali kraju pokazują, że największym potencjałem do dostarczania dziczyzny i świadczenia usługi polowania charakteryzują się bory mieszane i lasy mieszane (ok. 8 jeleni możliwych do pozyskania rocznie na 10 km²). Nieco mniejszy potencjał ma las świeży oraz łągi i olsy (7 na 10 km²), a najmniejszy bory (6 na 10 km²), w szczególności bór suchy (3–4 na 10 km²). Górskie typy lasów mają wyraźnie wyższy potencjał niż wyżynne i nizinne. Szczególnie wyróżnia się bór mieszany górski wilgotny i bór górski świeży (prawie 18 na 10 km²), czyli typy lasu występujące prawie wyłącznie w krainie Sudeckiej (patrz Rozdział 4, Tabela 7).

Zróżnicowanie potencjału między krainami przyrodniczo-leśnymi jest dość duże, z ogólnie wyższymi wartościami na zachodzie kraju i niższymi na wschodzie i południu. Zdecydowanie najwyższe wartości odnotowano w Sudetach (średnia z obwodów leśnych dla tej krainy wynosi 16 jeleni możliwych do pozyskania rocznie na 10 km²), przy czym najwyższą wartość wskaźnika dla typu lasu na poziomie krainy uzyskano dla boru wysokogórskiego w Sudetach (21 na 10 km²). Kraina Karpacka, obok Małopolskiej i Mazowiecko-Podlaskiej, ma najniższy potencjał (ok. 5 na 10 km²).

Przegląd wyników wskazuje, że zróżnicowanie regionalne jest znacznie silniejsze niż zróżnicowanie między typami lasów i może utrudniać wnioskowanie co do potencjału poszczególnych typów. W związku z tym na różnice między typami lasu wpływa przede wszystkim ich nierównomierne rozłożenie między regionami i krainami przyrodniczymi, a w mniejszym stopniu specyficzne warunki siedliskowe danego typu lasu.

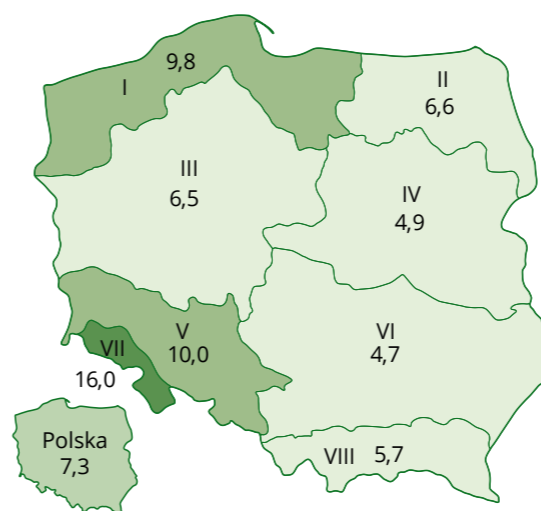
Na zróżnicowanie między krainami mogą dodatkowo wpływać odmienne metody szacowania wielkości populacji jeleni w obwodach łowieckich. Wykorzystuje się bowiem zarówno metody bezpośrednie, czyli liczenie zwierząt (np. pędzenia próbne, obserwacje zwierzyny, kamery typu foto-pułapka oraz zliczania z zastosowaniem kamer termowizyjnych zamontowanych na helikopterze, samolocie lub dronie), jak i metody pośrednie, czyli liczenie śladów ich obecności w terenie (np. odchody, tropienie po śniegu na transektach oraz rejestrację ryczących byków) [J4; J23].

Podsumowując, można ostrożnie stwierdzić, że w górach lasy iglaste i mieszane (w szczególności bory w Sudetach) mają większy potencjał niż lasy liściaste, z kolei na wyżynach i nizinach sytuacja jest odwrotna – to bory, głównie sosnowe, a w szczególności te rosnące na siedliskach suchych, mają niższy potencjał niż lasy liściaste i mieszane.



Potencjał lasów do dostarczania dziczyzny wyrażony liczbą jeleni możliwych do pozyskania rocznie z 10 km² lasu

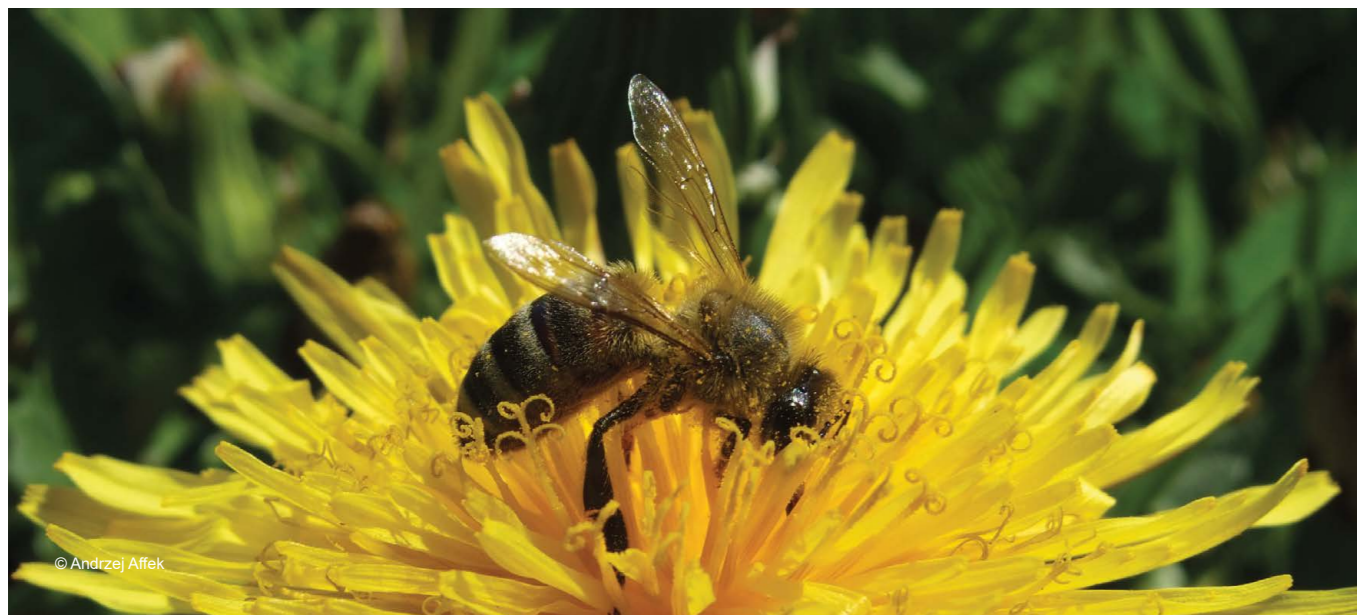
Wartości średnie dla krain przyrodniczo-leśnych



Klasy potencjału dla typów siedliskowych lasu

Bardzo wysoki:	>15,00
Wysoki:	12,01–15,00
Średni:	9,01–12,00
Niski:	6,00–9,00
Bardzo niski:	<6,00

MIÓD I ZAPYLANIE



OPIS USŁUGI

Miód wykorzystywany jako pożywienie należy do usług ekosystemowych zaopatrzeniowych, a zapylenie to jedna z ważniejszych usług regulacyjnych świadczonych przez ekosystemy. Obie usługi są na tyle powiązane, że potencjał lasów do ich dostarczenia może być wyrażony tym samym wskaźnikiem.

Pszczoły są najważniejszymi zapylaczami roślin w skali globalnej [K1; K2]. Należy też do nich pszczoła miodna (*Apis mellifera*) powszechnie hodowana przez człowieka do wytwarzania miodu (Rycina 11), z tego też względu w ocenie potencjału ekosystemów leśnych do zapylenia i produkcji miodu skupiono się na tej grupie owadów.

Około 90% gatunków roślin na świecie jest zapylane przez zwierzęta, zaś głównymi zapylaczami w większości ekosystemów są pszczoły [K3]. Poza zapyleniem roślin dziko żyjących, pszczoły także zapyłają rośliny uprawne – 75% gatunków uprawianych przez człowieka jest owadopylna [K2]. Warto przy tym

zaznaczyć, że pszczoły zbierają pyłek nie tylko z roślin owadopylnych, ale także z gatunków wiatropylnych, jak np. sosna.

Spośród ponad 16 tys. gatunków pszczół opisanych na całym świecie [K4] (z tego ok. 470 gatunków w Polsce) pszczoła miodna, trzmiele, miesierki i murarki zostały uznane za najbardziej efektywne zapylacze roślin uprawnych [K5]. Co istotne, dla wielu roślin pszczoły dziko żyjące są równie skutecznymi lub nawet lepszymi zapylaczami od hodowlanej pszczoły miodnej [K3].

Zaznaczyć należy, że koncepcja usług ekosystemowych uwzględnia przede wszystkim wkład świata żywego w dobrostan człowieka, zatem ekosystemowa usługa zapylenia odnosi się wyłącznie do działań podejmowanych przez organizmy żywe – zapylacze, z pominięciem roli np. wiatru.

Do oszacowania potencjalnej liczebności owadów zapylających zwykle bierze się pod uwagę obfitość i dostępność zasobów jakich one potrzebują. Zasyby te można w uproszczeniu podzielić na związane z gniazdowaniem (odpowiednie podłoże, takie jak odkryta gleba, łodygi lub dziuple, a dla niektórych gatunków materiały niezbędne do budowy wnętrza gniazda, np. liście lub żywice) oraz związane z odżywianiem (głównie baza kwiatowa dostarczająca nektaru i pyłku) [K6; K7; K3]. Dzięki pszczoły, tak jak pszczoły miodne, mogą także wykorzystywać spadź produkowaną przez mszyce jako źródło węglowodanów [K8; K9].

Pszczoła miodna, poza zapyleniem, wspiera dobrostan człowieka poprzez dostarczanie szeregu materialnych wytworów, takich jak miód, propolis, wosk, pyłek i pierzga, mleczko pszczele czy jad pszczeli. Wśród nich miód stanowi dla człowieka największą wartość, przede wszystkim z powodu wysokiej wartości odżywczej i zdrowotnej oraz stosunkowo dużej podaży [K10]. Miód wykazuje działanie przeciwnowotworowe i przeciwzapalne. Stosowany zewnętrznie łagodzi dolegliwości skórne, przyspiesza gojenie się ran, zmniejsza wielkość blizn i stymuluje regenerację tkanki [K10; K11]. W sezonie pszczelarskim 2021 w krajowych pasiekach wyprodukowano 18,4 tys. ton miodu [K12].

Obecnie nie ma możliwości pozyskania miodu od pszczół miodnych żyjących na wolności [K13]. Z powodu licznych chorób zawleczonych z innych kontynentów (warroza, nosemoza, zgnilec amerykański) rodzina pszczela nie jest w stanie przetrwać zimy bez opieki pszczelarza. Dlatego też współcześnie do produkcji miodu niezbędna jest kombinacja kapitału naturalnego i ludzkiego. Dotyczy to także odradzającego się w ostatnich latach bartnictwa (np. w Puszczy Augustowskiej), niegdyś dominującej formy pszczelarstwa leśnego.

Wielkość produkcji miodu możliwa do osiągnięcia w danym sezonie wegetacyjnym zależy od szeregu czynników środowiskowych, z których do najważniejszych należy jakość pastwiska pszczelego. Na świecie jedynie 16% gatunków roślin wytwarzających kwiaty jest odwiedzana przez pszczoły miodne w celu pozyskania nektaru. Co więcej, większość światowej produkcji miodu pochodzi z nektaru wydzielanego przez zaledwie 1,6% odwiedzanych gatunków [K14]. Dlatego też przy ocenie potencjału ekosystemów do produkcji miodu kluczowa jest identyfikacja tych właśnie gatunków oraz określenie ich udziału powierzchniowego w strukturze zbiorowisk roślinnych. Wydajność miodowa poszczególnych gatunków (ilość miodu, jaką można osiągnąć z 1 ha ciągłego, jednolitego płatu w ciągu sezonu wegetacyjnego) jest

obliczana na podstawie bezpośrednich pomiarów polowych w warunkach kontrolowanych [K15].

Produkcja nektaru przez kwiaty jest procesem złożonym, zależnym od warunków siedliskowych (np. właściwości gleby) i ekologicznych (np. konkurencji z sąsiadującymi roślinami o zasoby), a także zmienności wynikającej z warunków pogodowych. Z tego powodu wydajność miodowa obliczona dla danego gatunku w uprawie jednogatunkowej (monokultury) może zdecydowanie różnić się od wartości uzyskanych w zróżnicowanym zbiorowisku roślinnym, w którym naturalnie ta roślina występuje, np. kwiaty borówki czarnej, borówki brusznicy i pszenca zwyczajnego wydzielają znacznie więcej nektaru (choć mniej gęstego) w borach bagiennych niż w borach i borach mieszanych, przede wszystkim z powodu wyższej względnej wilgotności powietrza [K16].

Poza nektarem, pszczoły wykorzystują do produkcji miodu także spadź, czyli słodką, lepką substancję wydzielaną przez mszyce i inne owady ssące z rzędu pluskwiaków, deponowaną na liściach i gałęziach drzew [K17; K18]. W dużych ilościach i dość często występuje ona na jodle, świerku, dębie i lipie [K18]. Pszczoły miodne zbierają ją i przetwarzają w ciemny miód o wyrazistym smaku (miód spadziowy).

METODA OCENY POTENCJAŁU

Wskaźnikiem potencjału lasów do produkcji miodu i świadczenia usługi zapylenia jest **wielkość bazy pokarmowej dla pszczół**. Został on skonstruowany w oparciu o informacje literaturowe i ocenę ekspercką.

Do oceny potencjału ekosystemów wykorzystano autorską, operacyjną definicję potencjału, dostosowaną do usług świadczonych przez pszczoły (zapylenie i miód) [K19]. Stanowi ona, że potencjał ekosystemu to teoretyczna maksymalna podaż usługi w danym typie ekosystemu i kontekście regionalnym, obliczona dla warunków środowiskowych (w tym składu gatunkowego roślin, jakości gleby, warunków wodnych) optymalnych do realizacji danej usługi. W tym raporcie celem nie była ocena potencjału konkretnych miejsc, lecz typów ekosystemów leśnych, dlatego też w szacunkach nie uwzględniono znanych prawidłowości wynikających z kompozycji krajobrazu i układu przestrzennego istotnie wpływających na potencjał usług dostarczanych przez pszczoły.

Ocena potencjału do produkcji miodu opierała się na teoretycznych założeniach, że (1) liczba pszczół miodnych potrzebna do zbioru substratów miodu (nektaru i spadziny) oraz pyłku jest optymalna, (2) warunki pogodowe są korzystne do zbioru, (3) w zasięgu lotu



pszczół istnieje tylko jeden typ ekosystemu leśnego, (4) pszczoły wykorzystują całą dostępną bazę pokarmową. Ponadto, założono, że warunki pogodowe są korzystne także dla roślin, więc ilość nektaru i pyłku produkowanych przez ekosystem wynika jedynie ze składu gatunkowego i wydajności miodowej poszczególnych gatunków roślin.

W szacunkach wielkości bazy pokarmowej uwzględniono **wartość pszczelarską i pokrycie 55 najważniejszych leśnych gatunków drzew, krzewów i roślin zielnych dostarczających nektaru, pyłku lub spadzi wykorzystywanych przez pszczoły** (Tabela 5). Nie rozpatrywano zielnych gatunków inwazyjnych ani innych, wkraczających do odkształconych lasów z terenów otwartych. Dane o wartości pszczelarskiej tych 55 gatunków, uwzględniając produkcję nektaru i pyłku oraz długość i obfitość kwitnienia, pozyskano przede wszystkim z Wielkiego Atlasu Roślin Miododajnych [K20] i przyjęto zastosowaną tam skalę rangową od 1 do 4. W przypadku niektórych

miododajnych gatunków nie uwzględnionych w Atlasie, ale będących gatunkami typowo leśnymi, stanowiącymi przy tym istotny ilościowo komponent flory lasów, uzupełniono te dane z innych źródeł [K15; K16; K21; K22]. Dodatkowo uwzględniono produkcję spadzi podnosząc wybranym gatunkom drzew rangi lub dodając do listy nowe gatunki i przypisując im rangi na podstawie danych literaturowych [K17; K18].

Rozpoznanie kluczowych gatunków miododajnych i obfitości ich występowania mierzonej przeciętnym pokryciem w ramach poszczególnych typów siedliskowych lasu przeprowadzono z wykorzystaniem danych fitosocjologicznych zawierających informacje o typowym składzie gatunkowym zbiorowisk leśnych [K23–K26] oraz, w niektórych przypadkach, fitosocjologiczne tabele zbiorcze dla zespołów roślinnych w skali kraju i w krainach przyrodniczo-leśnych [K23]. Na podstawie zestawienia określającego powiązania między zespołami roślinnymi a typami siedliskowymi lasu [K23] przypisano wartości przeciętnego

TABELA 5. Gatunki roślin (24 z 55 uwzględnionych we wskaźniku) stanowiące fundament bazy pokarmowej dla pszczół w polskich lasach. Gatunki ułożone według malejącego znaczenia. Znaczenie określone iloczynem wartości pszczelarskiej i obfitości występowania w polskich lasach

1. Borówka czarna	9. Zawilec żółty	17. Jodła pospolita
2. Borówka brusznicza	10. Gajowiec żółty	18. Dąb szypułkowy
3. Zawilec gajowy	11. Bluszcz pospolity	19. Jarząb pospolity
4. Dąbrówka rozłogowa	12. Leszczyna pospolita	20. Przyłaszczka pospolita
5. Wrzos zwyczajny	13. Świerk pospolity	21. Czyściec leśny
6. Pszeniec zwyczajny	14. Fiołek leśny	22. Dereń świdwa
7. Sosna zwyczajna	15. Groszek wiosenny	23. Jasnota plamista
8. Kruszyna pospolita	16. Miodunka ćma	24. Lipa drobnolistna

Źródło: opracowanie własne na podstawie K15; K16; K20–K26

pokrycia przez dany gatunek w typach siedliskowych lasu z uwzględnieniem zróżnicowania tych typów w poszczególnych krainach i zasięgu geograficznego gatunków roślin. Dane ilościowe dla gatunków drzew budujących górne piętro drzewostanu pozyskano z Banku Danych o Lasach z założeniem, że ich udział w drzewostanie można przełożyć wprost na obfitość występowania w typach siedliskowych lasu.

Informacje literaturowe charakteryzujące występowanie 55 gatunków roślin w lasach Polski przekształcono metodą ekspercką na rangi odzwierciedlające obfitość ich występowania: 0 (brak gatunku), 0,05 (pojedynczo), 0,15 (małymi płatami), 0,45 (dużymi płatami), 0,75 (łanowo). Ponadto, w niektórych przypadkach dodatkowo obniżano wartość rangi (o 0,01, 0,05 lub 0,1) w konkretnym typie lasu i krainie, gdy zbiorowisko leśne nie pokrywało się w pełni z danym typem siedliskowym lasu lub gdy gatunek występował tylko w części krainy przyrodniczo-leśnej.

Wartość wskaźnika to suma iloczynu rang wartości pszczelarskiej i pokrycia każdego rozpatrywanego gatunku, według wzoru:

$$W_{TSL} = \sum_{i=1}^n W_i \times P_i$$

gdzie:

W_{TSL} – wielkość bazy pokarmowej dla pszczół w danym typie siedliskowym lasu,

W_i – wartość pszczelarska i-tego gatunku w skali 1–4,

P_i – pokrycie i-tego gatunku w danym typie siedliskowym lasu w skali 0,00–0,75.

Jako wskaźnik potencjału ekosystemów do świadczenia usługi zapylania zaproponowano, tak jak do produkcji miodu, wielkość bazy pokarmowej dla pszczół, ponieważ nawet jeśli niektóre gatunki dziko żyjących pszczół korzystają ze specyficznych źródeł nektaru i pyłku, to pszczoły jako liczna grupa owadów żerują na szerokim spektrum roślin. Dlatego też całkowita wydajność miodowa ekosystemu szacowana w celu

określenia potencjalnej produkcji miodu przez pszczoły miodne została również wykorzystana do szacowania wielkości bazy pokarmowej dla pszczół dziko żyjących. Zastosowanie tego wskaźnika, który ma charakter zastępczy i pośredni w przypadku usługi zapylania, wynika z obiektywnych trudności z bezpośrednim pomiarem tej usługi. Ponadto, ten właśnie wskaźnik z siedmiu testowanych w trakcie szczegółowych badań terenowych w łągach jesionowo-wiązowych został uznany za najodpowiedniejszy i rekomendowany do oceny potencjału ekosystemów do świadczenia usługi zapylania [K27]. Zasoby pokarmowe obliczono więc w taki sam sposób, jak przy produkcji miodu.

WYNIKI

Wyniki w skali kraju pokazują, że największym potencjałem do produkcji miodu i świadczenia usługi zapylania charakteryzują się łągi i lasy wilgotne (>14 pkt we wskaźniku bazy pokarmowej dla pszczół). Na podstawie wcześniejszych badań [K27] można przypuszczać, że odpowiada to potencjalnej wydajności miodowej w granicach 150–200 kg na hektar lasu rocznie. Nieco mniejszy, choć nadal wysoki potencjał mają lasy świeże (13,3 pkt), olsy jesionowe (13,3 pkt) oraz bory bagienne (11,9 pkt), co jest zgodne z wcześniejszymi szacunkami dla tego typu lasów [K19]. Najniższym potencjałem cechują się olsy (6,0 pkt), bory suche (4,5 pkt), a także lasy mieszane bagienne i bory mieszane bagienne (5,0 i 1,8 pkt). Tak niskie wartości wskaźnika odpowiadają potencjalnej wydajności miodowej poniżej 40 kg z hektara dojrzałego lasu tego typu na rok.

Górskie typy lasów mają generalnie porównywalne potencjały do lasów wyżynnych i nizinnych. Wszędzie najwyższym potencjałem wyróżnia się łągi i las wilgotny, przy czym odmiana górską łągi osiąga rekordowe wartości wskaźnika równe 23 pkt. Także górską odmianą lasu wilgotnego (17,3 pkt) góruje nad odmianami wyżynnymi i nizinnymi, między innymi



RYCINA 11. Rodzina pszczela [K28]



dzięki dużemu udziałowi w drzewostanie obficie spa-
dzającej jodły (patrz Rozdział 2). Z kolei typy borowe
mają nieco wyższy potencjał na nizinach, w szczegól-
ności bory bagienne i bory mieszane świeże (patrz
Rozdział 4, Tabela 7).

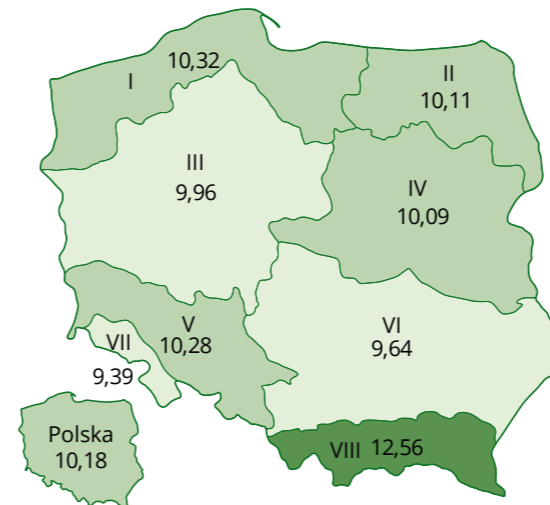
Zastosowana metoda szacowania pokrycia roślin
miododajnych w typach siedliskowych lasu umożliwi-
ła jedynie w niewielkim stopniu zróżnicowanie tego
pokrycia między poszczególnymi krainami przyrod-
niczo-leśnymi, stąd wartości dla typów siedliskowych
między krainami są podobne. Dlatego też zróżnico-
wanie potencjału między krainami wynika niemal
wyłącznie z odmiennego udziału poszczególnych
typów lasów. I tak, najwyższym potencjałem wyróż-
nia się kraina Karpacka (12,6 pkt), a pozostałe kra-
iny mają zbliżony potencjał z wartościami od 9,4 pkt
do 10,3 pkt.

Interpretując wyniki należy pamiętać, że w przypad-
ku usługi zapylania wybrany wskaźnik, czyli wielkość
bazy pokarmowej, choć zalecany [K27], jest wskaźni-
kiem pośrednim i nie odnosi się wprost do zagęszcze-
nia zapylaczy czy liczby zapylonych kwiatów.

Podsumowując, przeprowadzone szacunki są zgodne
z wcześniejszymi badaniami terenowymi [K27] wska-
zującymi, że dojrzałe łęgi na tle innych typów polskich
lasów mają bardzo wysoki potencjał do świadczenia
usługi zapylania i produkcji miodu.

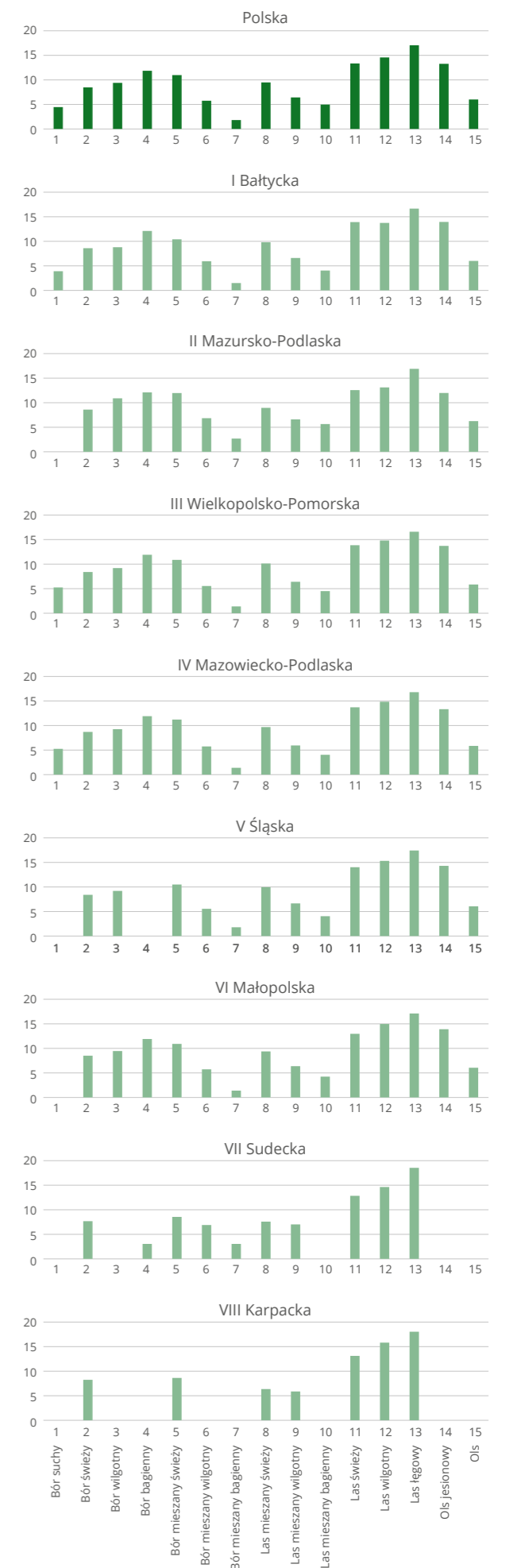
Potencjał lasów do produkcji miodu i zapylania
wyrażony wielkością bazy pokarmowej dla pszczoł

Wartości średnie dla krain przyrodniczo-leśnych



Klasy potencjału dla typów siedliskowych lasu

Bardzo wysoki:	>14,00
Wysoki:	11,01–14,00
Średni:	8,01–11,00
Niski:	4,00–8,00
Bardzo niski:	<4,00



REGULACJA KLIMATU GLOBALNEGO



© Andrzej Affek

OPIS USŁUGI

Regulacja klimatu globalnego poprzez akumulację i sekwestrację węgla jest jedną z najważniejszych usług regulacyjnych świadczonych przez lasy. Ekosystemy leśne są bowiem wielkim magazynem węgla organicznego, a także kluczowym pochłaniaczem netto dwutlenku węgla (CO₂ – gazu odpowiadającego za ocieplanie się klimatu) z atmosfery. Biomasa drewna tworzą głównie substancje organiczne, zbudowane niemal w 50% z węgla (pozostałe pierwiastki to głównie tlen, wodór i azot). W ekosystemach leśnych strefy umiarkowanej ok. 19% węgla zgromadzone jest w strzałach (pniach), 12% w organach asymilacyjnych (liściach), 12% w pniakach, korzeniach i wszelkiej zdrewniałej nekromasie, zaś 57% w ściółce i glebowej materii organicznej [L1]. Najwięcej tego pierwiastka drzewa wbudowują w swoją biomasa w fazie intensywnego wzrostu i rozwoju, czyli w młodszych klasach wiekowych. Rolą starych lasów zarówno objętych ochroną, jak i gospodarczych (np. drzewostanów przeszlorębnych) jest natomiast przede wszystkim

magazynowanie węgla w tkankach. Szacunki w skali globalnej wykazują, że zasoby węgla w lasach naturalnych są dwa razy większe niż w lasach zagospodarowanych [L2], jeśli jednak porównujemy lasy w zbliżonym wieku, to te różnice nie są istotne [L3]. Dynamika obiegu węgla zależy od procesów o charakterze naturalnym (np. pożarów, gradacji szkodników, chorób grzybowych czy działalności wiatru) oraz od wpływu zakłóceń antropogenicznych, w tym gospodarki leśnej (np. cyklu produkcyjnego, intensywności zabiegów pielęgnacyjnych), zaś na zasób w danym ekosystemie wpływ ma m.in. skład gatunkowy, długość życia drzew, głębokość korzenienia się, gęstość drewna czy tempo jego rozkładu w danych warunkach klimatycznych.

W 2020 r. całkowity zapas węgla w biomasie drzewnej (nadziemnej, podziemnej i w drewnie martwym) polskich lasów wynosił 923 mln ton. Wartość ta plasuje Polskę na 4 pozycji (po Szwecji, Francji i Niemczech) spośród 25 krajów europejskich, które udostępniły kompletne dane [L4].

Jednak to nie węgiel organiczny jako taki, który od zarania stanowi główny budulec w świecie przyrody, jest obecnym problemem, ale produkt jego spalania, czyli dwutlenek węgla. Całkowita krajowa emisja gazów cieplarnianych w 2020 r. wyniosła 376,04 mln ton ekwiwalentu CO₂, w tym niemal 81% (303,5 mln ton) to właściwy CO₂, zaś pozostałe gazy to metan, podtlenek azotu i fluorowane gazy przemysłowe [L5]. Raportowana wartość nie zawiera sektora „Użytkowanie gruntów, zmiany użytkowania gruntów i leśnictwo”, w którym pochłanianie CO₂ przewyższyło jego emisję (-21 mln ton ekwiwalentu CO₂), za co odpowiadają aktywności „Zalesianie / ponowne zalesianie” i „Gospodarka leśna”. Wartość ta jest niemal dwukrotnie niższa od średniej rocznej pochłaniania z lat 1996–2018 (prawie 40 mln ton), co autorzy Krajowego Raportu Inwentaryzacyjnego 2022 [L5] przypisują m.in. długoterminowym skutkom klęsk żywiołowych, starzeniu się drzewostanów i zmianom dynamiki wydzielania się martwego drewna.

Potencjał lasów do regulacji klimatu związany jest więc przede wszystkim z naturalnym obiegiem węgla w przyrodzie: pochłanianiem dwutlenku węgla z atmosfery na drodze fotosyntezy, magazynowaniem w tkankach roślinnych, transferem do gleby w wyniku obumierania biomasy żywej, a także częściowym uwalnianiem do atmosfery podczas oddychania. Nie bez znaczenia jednak jest także zastępcza (wtórna) sekwestracja, np. poprzez wykorzystywanie biomasy leśnej do celów energetycznych oraz wiązanie węgla w trwałych konstrukcjach budowlanych czy meblach z litego drewna [L6]. W tym drugim przypadku z zastrzeżeniem, że cykl życia produktów z drewna jest porównywalny lub dłuższy niż czas naturalnego rozkładu martwego drewna w lesie [L7]. Najbardziej optymalnym wariantem wtórnej sekwestracji jest niewątpliwie odkładanie się materii organicznej w lesie lub trwałe użytkowanie drewna z lasów gospodarczych.

Wartość lasów oceniana w kontekście regulacji klimatu globalnego polega przede wszystkim na długowieczności zgromadzonych w nich zasobów węgla, a w znacznie mniejszym stopniu na ich obecnej absorpcji CO₂ netto [L8]. Zdolność ekosystemów leśnych do magazynowania węgla jest bowiem ograniczona, zaś aktualny potencjał sekwestracji jest wynikiem opróżnienia owego magazynu w wyniku zmian użytkowania gruntów w przeszłości, czyli np. przechodzenia z gospodarki leśnej na rolną [L2]. Obecnie szacuje się, że lasy mogą związać ilość węgla równoważną 1/10 globalnej emisji dwutlenku węgla [L9]. Niemniej najnowsze obserwacje wskazują, że wraz ze wzrastającym stężeniem CO₂ w atmosferze rośnie także tempo fotosyntezy i produkcja biomasy, co może przełożyć się na jeszcze większą niż

do tej pory szacowana rolę lasów w regulacji klimatu [L10]. W świetle kolejnych ambitnych regulacji klimatycznych czy doraźnych rozwiązań kompensacyjnych należy pamiętać, że leśny bufor węglowy ma niewątpliwie wkład w spowolnienie tempa antropogenicznych zmian klimatu, ale nie wyeliminuje zaburzeń obiegu węgla spowodowanych gospodarką wysokoemisyjną bazującą na spalaniu paliw kopalnych.

METODA OCENY POTENCJAŁU

Do oceny potencjału lasów do regulacji klimatu globalnego wykorzystano dwa wskaźniki: 1. **zasób węgla w biomasie w tonach na hektar lasu [t/ha]** oraz 2. **ilość węgla wiązanej w biomasie w ciągu roku**, także w tonach na hektar [t/ha na rok].

W wyliczeniach zasobu węgla w biomasie uwzględniono zarówno nadziemną jak i podziemną biomasa żywych drzew, a także biomasa drewna martwego. Biomasa krzewów, roślin zielnych i runa pominięto ze względu na ich marginalny udział w całkowitej biomasie lasu.

Mimo że zasoby węgla w glebach leśnych (łącznie z poziomem próchnicznym) są znaczne i często przekraczają zasoby zgromadzone w całkowitej biomasie, to jednak ze względu na brak odpowiednich danych oraz względną stabilność tego zasobu niezależnie od metod gospodarowania lasem [L11; L3], pominięto je przy konstruowaniu wskaźników. Takie postępowanie jest zgodne z zaleceniami Międzynarodowego Zespołu ds. Zmian Klimatu (*Intergovernmental Panel on Climate Change* – IPCC) dotyczącymi analiz zmian zasobu węgla w analizach wielkoobszarowych [L11].

Do obliczenia wskaźników korzystano z rozwiązań (wzorów i współczynników) rekomendowanych przez IPCC [L11] oraz wykorzystywanych w Polsce do raportowania zasobu i przyrostu zasobu węgla w Polskich lasach [L12; L13].

Do obliczenia zasobu węgla w całkowitej biomasie wykorzystano dane o miąższości drewna handlowego na pniu dla poszczególnych wydziałów leśnych, w podziale na gatunki drzew oraz piętra drzewostanu i klasy wieku.

Transformację tych danych na zasób węgla w całkowitej biomasie wykonano według następującego wzoru:

$$C = \sum_{i=1}^n V_i \times D_i \times BEF2 \times (1 + R) \times CF \times (1 + DLR)$$

gdzie:

C – zasób węgla w całkowitej biomasie [t/ha],

- V_i – całkowity zasób (inaczej miąższość, objętość drewna handlowego na jednostkę powierzchni) na pniu i-ego gatunku drzewa [m^3/ha],
- D_i – gęstość suchej masy drewna handlowego i-tego gatunku drzewa [t/m^3],
- BEF2 – współczynnik ekspansji do przeliczenia zasobów drzewnych na pniu (drewna handlowego) na całkowite zasoby nadziemnej biomasy drzewnej,
- R – współczynnik korzeni do przeliczenia zasobów nadziemnej biomasy drzewnej na zasób podziemnej biomasy drzewnej,
- CF – frakcja węgla pierwiastkowego w suchej masie,
- DLR – współczynnik martwego drewna do przeliczenia zawartości węgla w biomacie żywej na zasób węgla w martwym drewnie.

Dla współczynników BEF2, R i DLR przyjęto dwa zestawy wartości, jeden dla drzew liściastych, a drugi dla drzew iglastych, zgodnie z rekomendacjami IPCC dla analiz wielkoobszarowych. Z kolei dla współczynnika zawartości węgla w suchej masie (CF) przyjęto za IPCC jedną wartość równą 0,5. Po podstawieniu wartości do wzoru otrzymujemy dwa uproszczone wzory:

Dla gatunków liściastych

$$C = \sum_{i=1}^n V_i \times D_i \times 1,4 \times (1 + 0,24) \times 0,5 \times (1 + 0,14)$$

$$= \sum_{i=1}^n V_i \times D_i \times 0,99$$

Dla gatunków iglastych

$$C = \sum_{i=1}^n V_i \times D_i \times 1,3 \times (1 + 0,23) \times 0,5 \times (1 + 0,2)$$

$$= \sum_{i=1}^n V_i \times D_i \times 0,96$$

Miąższość danego gatunku drzewa (V_i) w wydzieleniu otrzymano sumując wartości z poszczególnych pięter drzewostanu i klas wieku. Gęstość suchej masy drewna dla wszystkich 60 gatunków drzew występujących w bazie danych wzięto z globalnej bazy gęstości drewna (*Global Wood Density Database*; L14). Do przeliczenia zasobów z wydziałów na typy siedliskowe lasu stosowano średnie ważone przez powierzchnię poszczególnych wydziałów. Baza danych do obliczenia zasobu węgla obejmowała 854 190 rekordów (miąższość danego gatunku w danym piętrze i klasie wieku), co odpowiadało 445 989 wydzieleniom leśnym.

Roczny przyrost zasobów węgla w biomacie (wskaźnik 2) obliczono jako różnicę między zasobem węgla w drzewostanie z 2022 r. i 2021 r., przy czym uwzględniono te wydzielenia, dla których w tym okresie zasobność w podziale na poszczególne gatunki drzew wzrosła, czyli z wyłączeniem lasów, gdzie było prowadzone pozyskanie drewna.

Dane o miąższości na poziomie wydziałów leśnych z lat 2021 i 2022 pozyskano z Banku Danych o Lasach, przy czym do otrzymania ostatecznej bazy danych zastosowano te same procedury, jak w przypadku wyliczenia przyrostu miąższości we wskaźniku dotyczącym potencjału do dostarczania drewna.

WYNIKI

Wyniki w skali kraju pokazują, że zgodnie z oczekiwaniami zasób węgla w biomacie, jak i jego roczny przyrost są ściśle ze sobą związane (korelacja r Pearsona = 0,73; $p < 0,001$). Największym potencjałem do regulacji klimatu globalnego charakteryzują się lasy świeże, zarówno z uwagi na ich bardzo wysokie całkowite zasoby węgla w biomacie (215 t/ha), jak i roczne przyrosty tego zasobu (2,46 t/ha na rok). Lasy świeże nizinne mają wyższe zasoby węgla niż ich górskie i wyżynne odpowiedniki, z kolei roczne przyrosty zasobu największe są właśnie w lasach górskich i wyżynnych (2,91 i 2,61 t/ha na rok). Także bardzo wysoki potencjał do regulacji klimatu mają lasy łęgowe, szczególnie pod względem zasobu węgla (215 t/ha). Z kolei bardzo niskim potencjałem do dostarczania tej usługi na obu jej wymiarach charakteryzują się bory suche (85 t/ha; 0,90 t/ha na rok), bagienne (95 t/ha; 0,92 t/ha na rok) i wysokogórskie (92 t/ha; 1,19 t/ha na rok) (patrz Rozdział 4, Tabela 7).

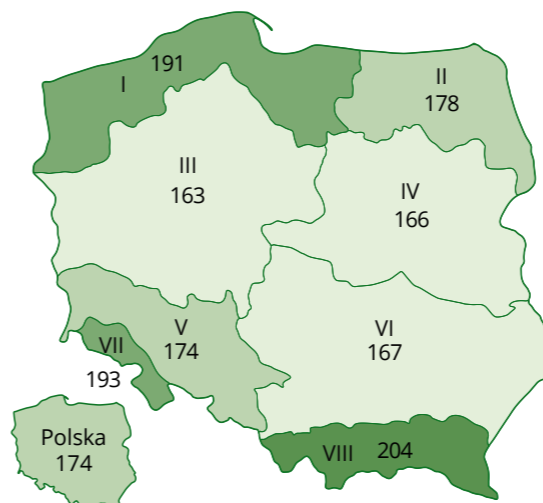
Dla większości typów siedliskowych lasu zróżnicowanie ich potencjału między krainami przyrodniczo-leśnymi jest niewielkie. Przykładowo, wartości osiągane w poszczególnych krainach przez bór bagienno, bór świeży czy ols jesionowy są niemal identyczne, zarówno pod względem zasobu i jego przyrostu rocznego. Pewne zróżnicowanie między krainami ujawnia się głównie w przypadku lasów łęgowych. Z tego też powodu zróżnicowanie między przeciętnymi wartościami obu wskaźników dla krain odzwierciedla przede wszystkim różny udział poszczególnych typów siedliskowych lasu. I tak lasy w krainach górskich: Karpackiej i Sudeckiej mają najwyższy potencjał do regulacji klimatu, ponieważ tam wysoki udział mają lasy świeże, z kolei najniższy potencjał jest w lasach w centrum kraju, gdzie istotny odsetek stanowią mniej zasobne w węgiel bory sosnowe.

Uzyskane wielkości zasobów węgla w całkowitej biomacie, mające w założeniu obrazować potencjał typów siedliskowych lasów do regulacji klimatu globalnego, są bardzo zbliżone do potencjalnych zasobów węgla oszacowanych dla siedlisk leśnych Puszczy Białowiejskiej z zupełnie innych danych i z zastosowaniem odmiennych metod (pomiarów naziemnych poszczególnych drzew i elementów martwego drewna) [L3].

Podsumowując, lasy na siedliskach żyznych i średnio wilgotnych (świeżych) mają większy potencjał do regulacji klimatu globalnego niż bory, szczególnie te rosnące na ubogich i skrajnych pod względem uwilgotnienia gleby (suchych i bagiennych) siedliskach.

Potencjał lasów do regulacji klimatu globalnego wyrażony wielkością zasobu węgla w biomacie [t/ha]

Wartości średnie dla krain przyrodniczo-leśnych

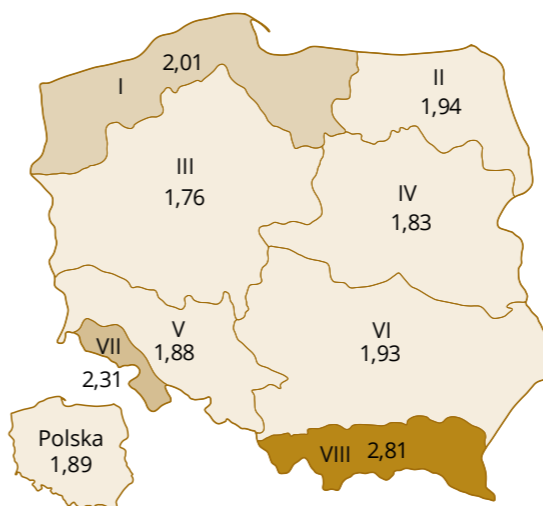


Klasy potencjału dla typów siedliskowych lasu

- Bardzo wysoki: >200,00
- Wysoki: 170,01–200,00
- Średni: 140,01–170,00
- Niski: 110,00–140,00
- Bardzo niski: <110,00

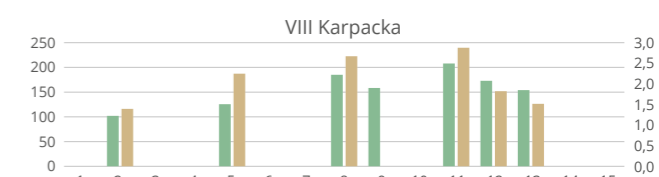
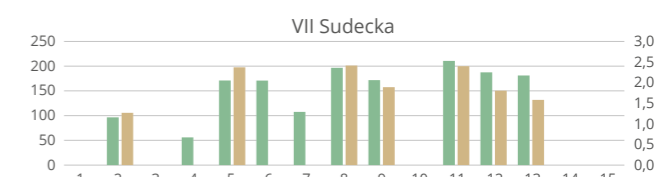
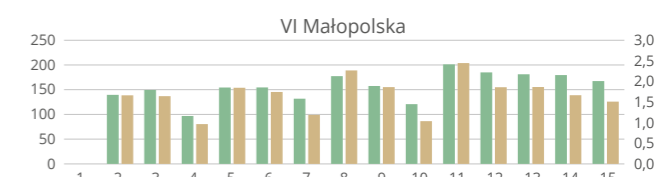
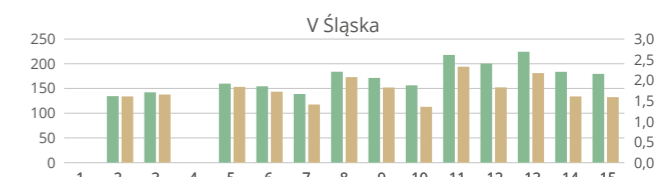
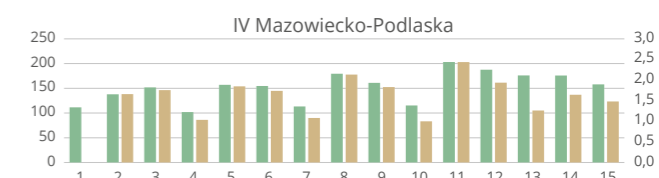
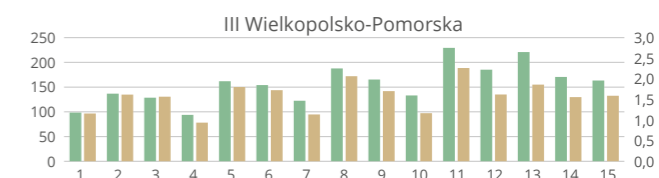
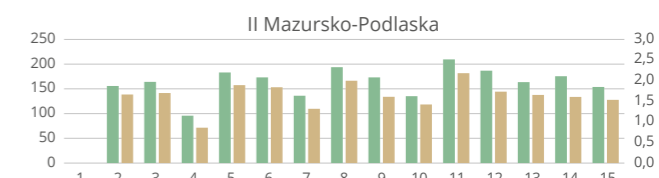
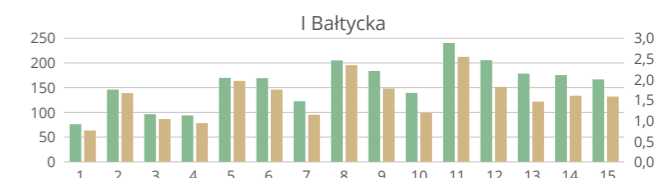
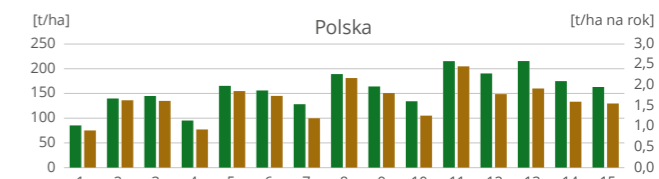
Potencjał lasów do regulacji klimatu globalnego wyrażony ilością węgla związaną w biomacie [t/ha na rok]

Wartości średnie dla krain przyrodniczo-leśnych



Klasy potencjału dla typów siedliskowych lasu

- Bardzo wysoki: >2,50
- Wysoki: 2,11–2,50
- Średni: 1,71–2,10
- Niski: 1,30–1,70
- Bardzo niski: <1,30



REGULACJA KLIMATU LOKALNEGO I OCZYSZCZANIE POWIETRZA Z PYŁÓW



OPIS USŁUGI

Regulacja klimatu lokalnego i oczyszczanie powietrza z pyłów to istotne usługi regulacyjne świadczone przez ekosystemy leśne. Możliwości świadczenia tych dwóch usług związane są ze strukturą roślinności, przede wszystkim drzewostanu – zatem potencjał lasów do ich dostarczenia może być wyrażony tym samym wskaźnikiem.

Drzewa i zbiorowiska leśne mają znaczący wpływ na kształtowanie klimatu globalnego i lokalnego [M1]. W skali lokalnej tworzą swoisty topoklimat, który oddziałuje na wiele procesów ekologicznych

takich jak parowanie, rozkład materii organicznej czy wzrost roślin [M2], a związany jest warunkami topograficznymi (ekspozycją, nachyleniem [M3]) oraz ze strukturą roślinności [M4].

Topoklimat (klimat lokalny) to klimat kształtowany przez warunki miejscowe, takie jak: ukształtowanie terenu, roślinność, stosunki wodne i zagospodarowanie przestrzenne. Można mówić o topoklimacie kompleksów leśnych, obszarów podmokłych, itp. [M5]

Szczególne znaczenie dla kształtowania warunków klimatycznych w lasach mają drzewa, które odbijają, rozpraszają, a także pochłaniają część promieniowania słonecznego, zmniejszając tym samym ilość energii słonecznej, która dociera do niższych pięter lasu i do gleby. To, jaka ilość tej energii może być pochłonięta przez korony drzew, zależy od ich gęstości/powierzchni, którą można scharakteryzować za pomocą indeksu liściowego (ang. *Leaf Area Index* – LAI), czyli stosunku powierzchni liści do powierzchni gruntu. Gęste korony, z wysokim LAI mogą zatrzymywać nawet ok. 95% promieniowania [M2]. Korony drzew zmniejszają także prędkość wiatru i turbulencje, nie dopuszczając do mieszania się powietrza, co jest szczególnie ważne w upalne dni (zatrzymują napływ gorącego powietrza spoza lasu). Ponadto mają zdolność częściowego przechwytywania opadu, co wpływa korzystnie na bilans wodny ekosystemów leśnych [M6; M7]. Przyczynia się do tego również parowanie ze ściółki i roślinności, a niższa temperatura wnętrza lasu w porównaniu z terenem otwartym pozwala na utrzymanie większej wilgotności względnej powietrza [M8; M9].

Mniejsze wahania temperatury i wilgotności powietrza w lasach są korzystne zarówno dla ludzi jak i przebywających w nich zwierząt – obniżają poziom stresu (związanego z koniecznością przystosowania się do zmiany) i odgrywają ważną rolę w ochronie gatunków szczególnie wrażliwych na zmiany temperatury [M10; M11]. Stabilniejsze warunki panujące w lasach umożliwiają stopniową adaptację organizmów do zmieniającego się klimatu [M12; M13; M14].

Zanieczyszczenie powietrza jest jednym z najpoważniejszych zagrożeń w skali globalnej mających wpływ na zdrowie ludzi [M15]. Słabej jakości powietrze jest przyczyną wielu chorób (powoduje problemy z oddychaniem, alergie i stany zapalne płuc oraz ma negatywny wpływ na układ krążenia) oraz przedwczesnej śmierci [M15; M16]. Polska jest w czołówce państw europejskich borykających się z tym problemem. Duża część najbardziej zanieczyszczonych miast w UE to polskie miasta. Jednym z najgroźniejszych wdychanych zanieczyszczeń są cząsteczki pyłu zawieszonego tzw. mikropyły (ang. *Particulate Matter* – PM), które mogą unosić się w atmosferze nawet przez kilka tygodni po emisji. Głównym źródłem pyłu zawieszonego jest niska emisja, transport samochodowy oraz przemysł [M15]. Z powodu zanieczyszczenia tylko drobnocząsteczkowym pyłem PM_{2,5} umiera w Polsce przedwcześnie ok. 46,3 tys. osób rocznie [P2].

Pył zawieszony (PM) to mieszanina cząsteczek organicznych i nieorganicznych o różnym składzie, wielkości i pochodzeniu. Składa się on z drobin ciał stałych i ciekłych zawieszonych w powietrzu. Zawiera szkodliwe dla zdrowia ludzi składniki np. metale ciężkie (cynk, mangan, nikiel, kadm, ołów) czy rakotwórcze wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne.

Pył zawieszony dzielimy ze względu na:

- źródło pochodzenia: naturalny (np. z erupcji wulkanów), antropogeniczny (np. ze spalania paliw stałych) oraz wtórny (powstały w wyniku przemian chemicznych w atmosferze prekursorów pyłu np. dwutlenku siarki czy tlenków azotu),
- rozmiar: pył gruby (10–100 μm), średni (2,5–10 μm), drobny (0,1–2,5 μm) i bardzo drobny (≤0,1 μm),
- szkodliwość dla zdrowia ludzi: frakcja PM₁₀ (cząsteczki mniejsze od 10 μm = 0,01 mm) i PM_{2,5} (mniejsze od 2,5 μm = 0,0025 mm). Szkodliwość pyłu zawieszonego jest tym większa im mniejsza jest średnica jego cząstek [M15; M17; M18; M19].

Lasy są naszymi naturalnymi obrońcami przed zanieczyszczeniami [M20; M21]. Dojrzałe drzewo może przechwycić do 23 kg cząstek stałych rocznie [M22]. Dojrzałe zbiorowiska leśne jeszcze skuteczniej redukują ilość pyłu zawieszonego w powietrzu. Dzieje się tak, gdyż drzewa posiadają wiele korzystnych cech, które umożliwiają im wychwytywanie zanieczyszczeń, a tym samym zmniejszanie ich koncentracji w powietrzu [M23], np. gęstość korony, długowieczność liści, strategia wykorzystania wody i emisja lotnych związków organicznych [M24]. Efektywność akumulacji zależy od stężenia zanieczyszczeń, długości sezonu wegetacyjnego i zmiennych meteorologicznych.





© Ewa Kołaczowska
Bór mieszany górski świeży w Górach Stołowych

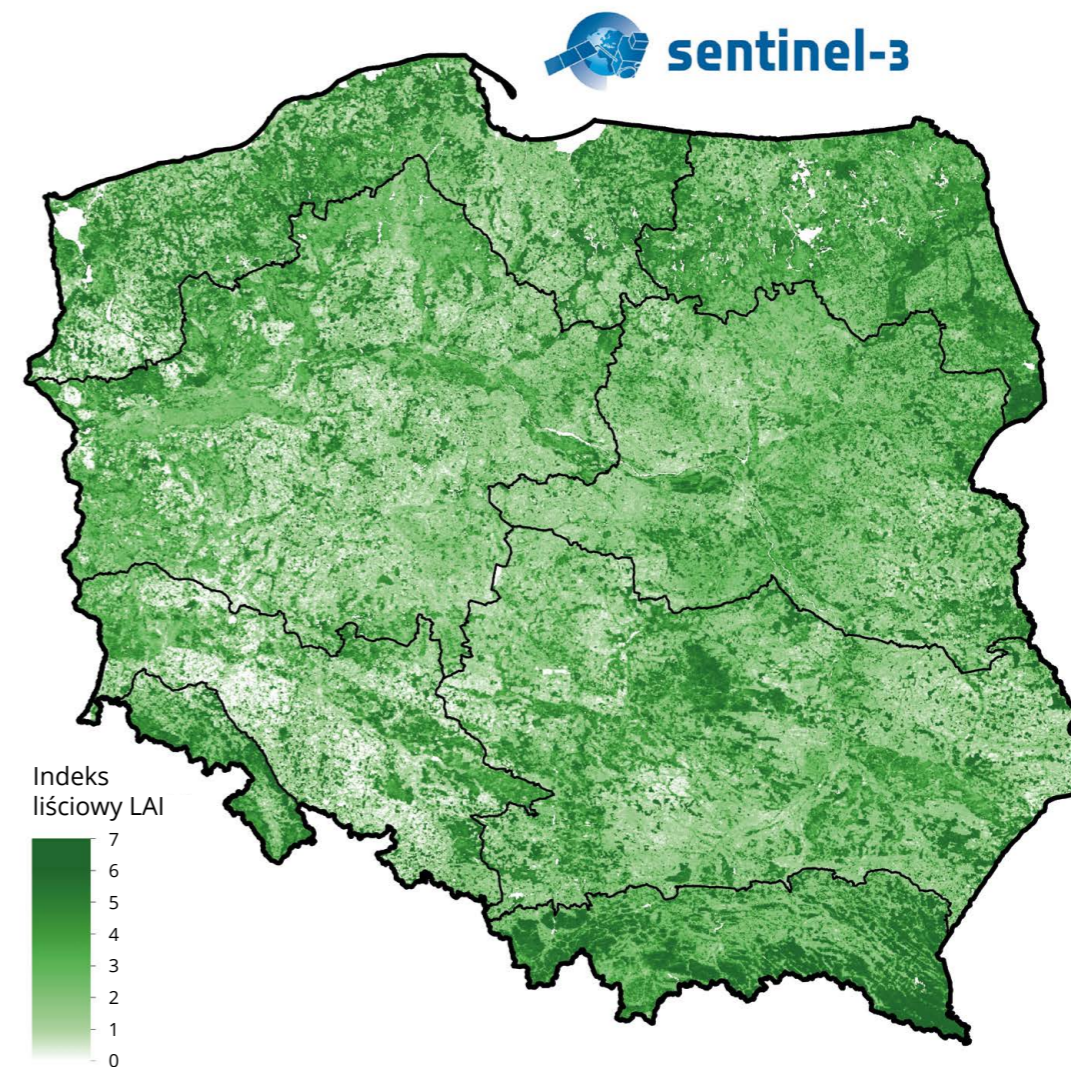
Drzewa działają jak filtr biologiczny, który zatrzymuje pył na powierzchni liści i pędów, przy czym ta zdolność jest różna dla różnych gatunków [M25]. Zwiększa się wraz z powierzchnią i złożonością struktury liścia, obecnością włosków czy też ilością i strukturą wosków do których pył się przykleja [M23]. Drzewa liściaste mają największą zdolność do akumulacji pyłów ze względu na dużą powierzchnię liści i koron [M26]. Gatunki o szorstkiej powierzchni liści i posiadające włoski są bardziej wydajne w ich przechwytywaniu niż gatunki o gładkiej powierzchni liści [M20; M27].

Drzewa iglaste również bardzo skutecznie przechwytyją mikropyły [M20; M28]. Przyczynia się do tego ich całoroczne ulistnienie (z wyjątkiem modrzewia), obecność grubej warstwy woskowej na igłach oraz ich duża powierzchnia aktywna wynikająca z niewielkiej wielkości i nieregularnego kształtu, złożona struktura pędów oraz zwarty kształt korony [M29]. Niestety, z pewnymi wyjątkami (np. cis), nie są one tak odporne

na działanie zanieczyszczeń jak drzewa liściaste [M23; M30]. Zbyt duża ilość toksycznych mikropyłów, nagromadzonych na powierzchni liści, może spowolnić proces fotosyntezy oraz osłabiać wzrost i rozwój rośliny. Lasy tworzone przez różne gatunki drzew liściastych i iglastych zapewniają najskuteczniejsze przechwytywanie mikropyłów w ciągu całego roku.

METODA OCENY POTENCJAŁU

Wskaźnikiem potencjału lasów do regulacji temperatury i wilgotności powietrza oraz oczyszczania powietrza z pyłów jest **średni stosunek powierzchni liści do powierzchni gruntu** obliczony dla wydziałów leśnych w Lasach Państwowych z drzewostanem starszym niż 80 lat, a następnie dla poszczególnych typów siedliskowych lasu w krainach przyrodniczo-leśnych i dla całej Polski.



RYCINA 12. Zróżnicowanie wartości indeksu liściowego LAI w krainach przyrodniczo-leśnych na podstawie obrazu satelitarnego z misji Sentinel-3 OLCI; data referencyjna: 20 lipca 2022 r.

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych z Copernicus Global Land Service



Wskaźnik LAI to miara struktury roślinności, która jest istotna dla opisanych powyżej procesów kształtujących warunki klimatyczne. Badania wskazują bowiem, że powietrze pod okapem koron z większym wskaźnikiem LAI jest chłodniejsze i ma większą wilgotność względną w ciągu dnia. Co więcej, topoklimat lasów jest mniej zmienny na stanowiskach o wyższych wartościach wskaźnika LAI [M31]. Wskaźnik LAI jest również szeroko stosowany do szacowania całkowitej wielkości akumulacji pyłów przechwytywanych przez roślinność [M32; M33]. Im wyższa jest wartość wskaźnika LAI, tym większa ilość pyłów może być zatrzymana przez dany ekosystem leśny. Przy znajomości wielkości koncentracji zanieczyszczeń pyłowych w powietrzu, indeks liściowy może być również wykorzystany do obliczeń rzeczywistych ilości pyłów możliwych do przechwycenia przez roślinność [M34].

Źródłem danych o wskaźniku LAI są obrazy satelitarne o rozdzielczości 333 × 333 m wykonywane w ramach misji Sentinel-3 OLCI i udostępniane przez Copernicus Global Land Service. Wykorzystano produkt RT6 z 20 lipca 2022 r. w postaci kompozycji czasowej z 6 dekad (+60 dni w stosunku do daty referencyjnej) (Rycina 12). Informacje o typie siedliskowym lasu na poziomie wydziałów leśnych pozyskano z Banku Danych o Lasach.

WYNIKI

W skali kraju wysokim potencjałem do regulacji klimatu lokalnego oraz oczyszczania powietrza z pyłów charakteryzują się lasy i lasy mieszane, bory mieszane bagienne oraz olsy i olsy jesionowe (LAI >4,18). Wśród nich górskie typy lasów i lasów mieszanych cechują się najwyższym potencjałem (patrz Rozdział 4,

Tabela 7). Średni potencjał wykazują lasy łęgowe, bory wilgotne i bagienne, bory mieszane wilgotne oraz świeże (LAI 3,51–4,17). Najniższym potencjałem odznaczają się bory: suchy (LAI = 2,32) i świeży (LAI = 3,01), choć górskie warianty borów świeżych mają wysoki potencjał (LAI >4,46).

Zróźnicowanie potencjału między krainami przyrodniczo-leśnymi jest dość duże, np. potencjał lasów łęgowych oraz lasów świeżych i lasów mieszanych świeżych rozciąga się od niskiego do bardzo wysokiego. Niższy potencjał wielu typów siedlisk obserwujemy na zachodzie Polski w krainach Wielkopolsko-Pomorskiej i Śląskiej. Najwyższą wartość potencjału odnotowano w krainie Karpackiej. Wiele typów lasów osiągnęło w tej krainie najwyższe wartości wskaźnika (najwyższy potencjał ma las górski świeży, LAI = 5,48).

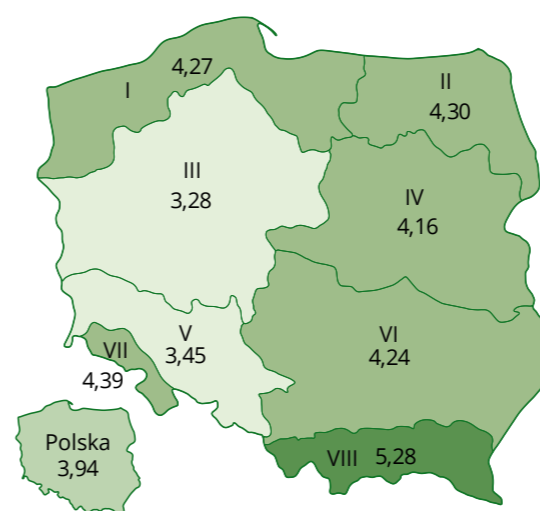
Indeks liściowy wykorzystany do oszacowania omawianych usług opisuje strukturę roślinności, jest więc ściśle związany ze składem gatunkowym zbiorowisk. Wyższe wartości potencjału wykazują typy siedliskowe, które tworzą wielogatunkowe i wielowarstwowe zbiorowiska z dominacją gatunków liściastych w drzewostanie. W porównaniu do lasów iglastych, mających niższy indeks liściowy LAI, silnie wpływają na zmniejszenie zakresu temperatur dobowych [M4] i koncentracji zanieczyszczeń pyłowych. Różnice między krainami wynikają z regionalnego zróźnicowania zbiorowisk roślinnych (patrz Rozdział 2), które zaklasyfikowano do poszczególnych typów siedliskowych lasu.

Podsumowując, najwyższy potencjał do regulacji temperatury i wilgotności powietrza oraz oczyszczania powietrza z pyłów mają typy siedliskowe lasów i lasy

mieszane. Należy jednak pamiętać o sezonowych zmianach struktury zbiorowisk (opadanie liści na zimę) ograniczających okresowo potencjał tych typów do świadczenia obu omawianych usług.

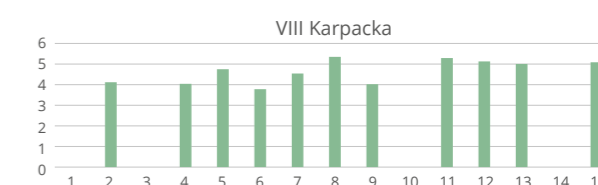
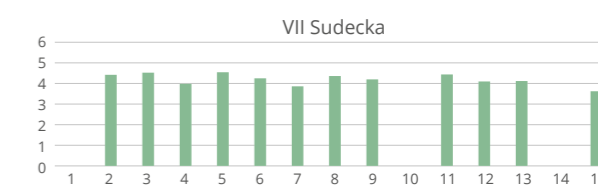
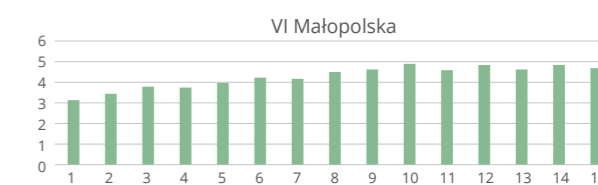
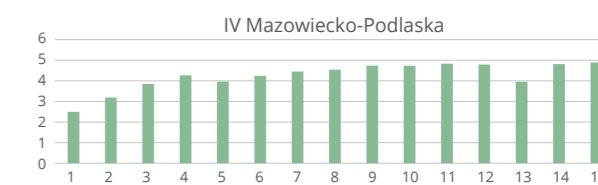
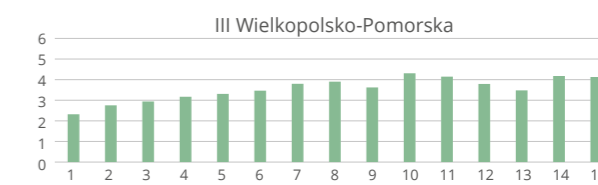
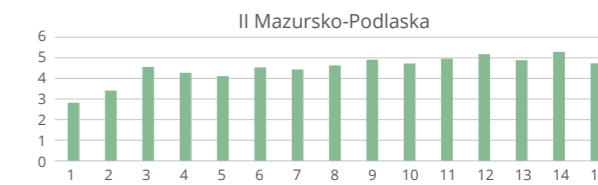
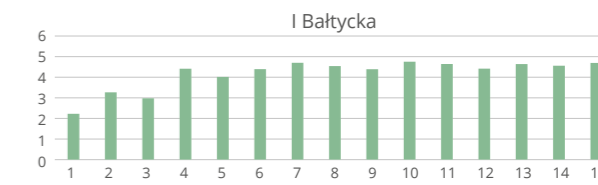
Potencjał lasów do regulacji klimatu lokalnego oraz oczyszczania powietrza z pyłów wyrażony wielkością indeksu liściowego LAI

Wartości średnie dla krain przyrodniczo-leśnych

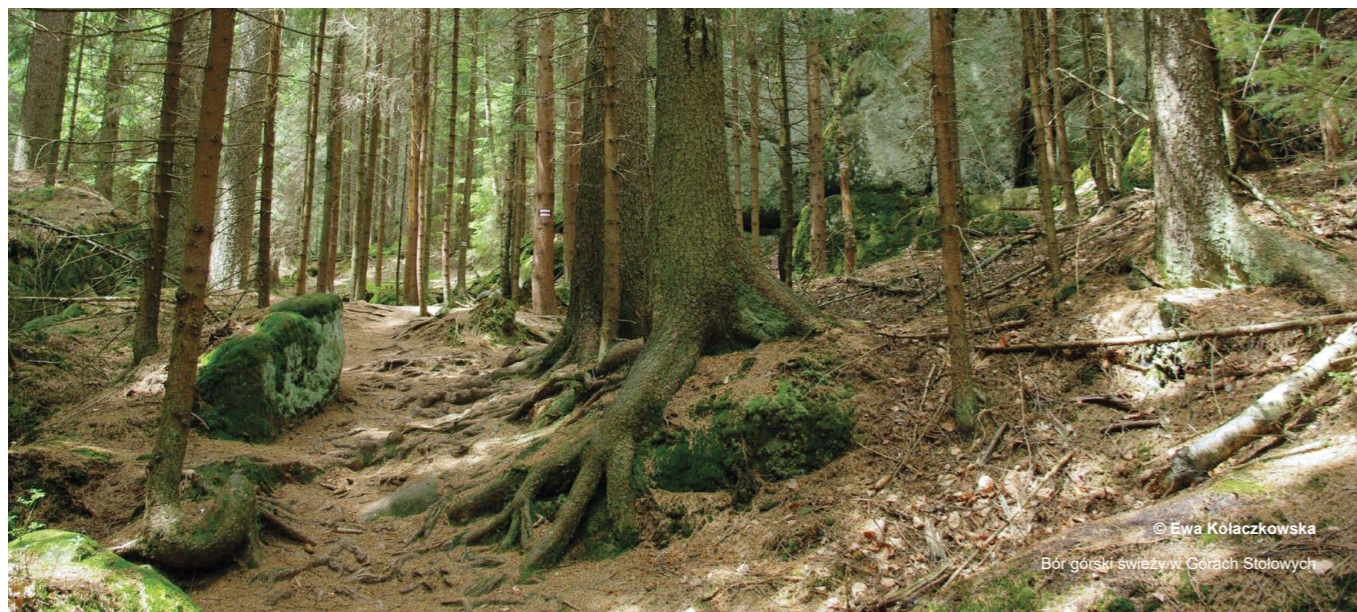


Klasy potencjału dla typów siedliskowych lasu

Bardzo wysoki:	>4,83
Wysoki:	4,18–4,83
Średni:	3,51–4,17
Niski:	2,50–3,50
Bardzo niski:	<2,50



ZAPOBIEGANIE EROZJI GLEBY



OPIS USŁUGI

Zapobieganie erozji wodnej gleby jest jedną z ważniejszych usług regulacyjnych świadczonych przez lasy.

Erozja to niszczenie powierzchni Ziemi przez siły fizyczne, takie jak opady, płynąca woda, wiatr, lód, zmiany temperatury, grawitacja lub inne naturalne lub antropogeniczne czynniki, które ścierają, odrywają i usuwają glebę z jednego punktu na powierzchni Ziemi, aby został on zdeponowany w innym miejscu. Utrata gleby przyczynia się m.in. do spadku zawartości materii organicznej i składników odżywczych oraz rozpadu struktury gleby, co może prowadzić do zwiększonego ryzyka powodzi i osunięć ziemi na przyległych obszarach. Co więcej, erozja gleby może spowodować utratę 75–80% zawartości węgla, a w konsekwencji uwolnienie go do atmosfery [N1].

Erozja gleby powodowana przez wodę jest bardzo powszechna w całej Europie. Szacuje się, że w 27 krajach UE w roku 2016 około 46 mln hektarów podlegało erozji średniej lub silnej, co oznacza, że na tych

obszarach straty gleby wynosiły średnio ponad 5 t/ha rocznie [N2]. Dla Polski średnia strata gleby w wyniku erozji wodnej jest szacowana na ponad 0,7 t/ha na rok [N3], przy czym w skali lokalnej, w zależności od warunków abiotycznych i sposobu użytkowania ziemi może przekraczać 2,5 t/ha na rok [N4], co stanowi poważny problem gospodarczy i środowiskowy.

Natężenie erozji spowodowanej przez opady zależy od wielu różnych czynników, w tym od charakteru pokrywy roślinnej.

Czynniki wpływające na wielkość erozji wodnej gleby:

- roczna ilość opadów i ich rozłożenie w czasie (im bardziej intensywne opady tym większa energia oddziaływania);
- podatność gleb na erozję, zależna od zawartości próchnicy w glebie i rodzaju skały macierzystej; do gleb najbardziej narażonych

- na erozję wodną należą gleby pyłowe, zwłaszcza wykształcone z lessów, gleby bardzo lekkie na piaskach luźnych i słabo gliniastych oraz rędziny wapienne;
- ukształtowanie terenu, a w szczególności długość stoków i ich kąt nachylenia;
- pokrycie terenu roślinnością;
- działalność człowieka (np. nadmierny wyrąb lasu czy niszczenie pokrywy roślinnej, sposoby prowadzenia orki w rolnictwie, sieć dróg leśnych i polnych).

Pokrywa roślinna spowalnia proces erozji m.in. dzięki tworzeniu warstwy ochronnej na powierzchni gleby, która ogranicza niszczącą energię wody, zmniejszaniu spływu powierzchniowego, zwiększaniu możliwości wsiąkania wody w glebę (infiltracji) oraz na utrzymywaniu jej związłości przez systemy korzeniowe. Zdolność do zapobiegania erozji wodnej gleby zależy od rodzaju zbiorowiska roślinnego, jego trwałości, warstwowości, zwarcia i wysokości oraz od morfologii poszczególnych gatunków (w tym m.in. wielkości i trwałości liści oraz typu i wielkości systemu korzeniowego).

Potencjał tego świadczenia określa się często za pomocą współczynnika ochronnej roli roślinności (C), który definiuje się jako stosunek ilości gleby wyerodowanej z poletka o pokryciu określoną roślinnością do ilości gleby wyerodowanej z identycznego poletka bez roślinności (tzw. czarnego ugoru). W badaniach przeglądowych, prowadzonych w różnych regionach świata, przyjmuje się, że dla lasów wynosi on najczęściej 0,004–0,001 [N5; N6; N7], a np. dla użytków zielonych 0,02–0,01.

METODA OCENY POTENCJAŁU

Do oceny potencjału lasów do zapobiegania erozji wodnej gleby wykorzystano dwa wskaźniki: 1. **współczynnik ochronnej roli roślinności leśnej (C)** oraz 2. **różnicę w ilości gleby potencjalnie wyerodowanej między poletkiem pokrytym lasem a poletkiem pozostawionym w czarnym ugorze**, wyrażoną w tonach na hektar lasu na rok. Oba wskaźniki określono na podstawie modelu znanego jako zmodyfikowane uniwersalne równanie strat glebowych (*Revised Universal Soil Loss Equation* – RUSLE) [N8; N9]. Ma ono postać:

$$A = R \times K \times L \times S \times C \times P$$

gdzie:

A – masa gleby wyerodowana z jednostki powierzchni w ciągu roku [Mg/ha],

R – wskaźnik erozyjności deszczu i spływu dla danej lokalizacji [(MJ/ha)(cm/h)],

K – wskaźnik podatności gleby na erozję wodną [(Mg/ha)(MJ/ha)(cm/h)],

L – wskaźnik długości stoku (bezwymiarowy),

S – wskaźnik nachylenia stoku (bezwymiarowy),

C – wskaźnik ochronnej roli roślinności (bezwymiarowy),

P – wskaźnik zabiegów przeciwoerozyjnych (bezwymiarowy).

Każda z części składowych (wskaźników cząstkowych) tego modelu została określona na podstawie wzorów empirycznych, znanych z literatury. Jako że dla każdego wskaźnika cząstkowego zaproponowano wiele różnych ujęć modelowych [N10], w tym opracowaniu przyjęto wskaźniki, dla obliczenia których dane wejściowe są łatwo dostępne, a ich szczegółowość jest dopasowana do skali rozdzielczości analizy.

Wskaźnik **R** określający erozyjność deszczu i spływu określono na podstawie formuły [N11]:

$$R = \sum p_i^2 / P$$

gdzie:

R – roczna wartość wskaźnika erozyjności deszczu i spływu [(MJ/ha)(cm/h)],

p_i – wysokość opadów w i-tym miesiącu roku [mm],

P – roczna wysokość opadów [mm].

Dane opadowe dla obszaru całej Polski za lata 1970–2000 pochodzą z map rastrowych o rozdzielczości 1 km² pobranych z serwera <https://www.worldclim.org/data/worldclim21.html> [N12].

Wskaźnik **K** określający podatność gleby na erozję wodną nie był odrębnie obliczany, a jego wartości pobrano z mapy rastrowej o wielkości piksela wynoszącej 500 × 500 m, opracowanej dla całej Europy, znajdującej się pod adresem: <https://esdac.jrc.ec.europa.eu/content/soil-erodibility-k-factor-high-resolution-dataset-europe> [N13].

Wskaźnik **L** określający wpływ długości stoku na erozję określono na podstawie formuły:

$$L = 1,4(W/22,13)^{0,4}$$

gdzie:

W – określa długość badanego stoku [N14].

W opracowaniu przyjęto stałą wartość 50 m, dlatego wartość wskaźnika L jest stała na całym terenie i wynosi L = 1,93965.

Wskaźnik **S** określający wpływ nachylenia stoku na erozję określono według formuły:

$$S = (\sin\beta/0,0896)^{1,3}$$

gdzie:

β – określa nachylenie stoku (w stopniach) [N14].

Rastrową mapę nachylenia utworzono na podstawie numerycznego modelu terenu o rozdzielczości 50 m (www.geoportal.gov.pl), przetworzonego w programie ArcMap 10.2.

Wskaźnik **C**, określający współczynnik ochronnej roli roślinności określono według formuły:

$$C = \exp[-2NDVI/(1-NDVI)]$$

gdzie:

NDVI – (ang. *Normalized Difference Vegetation Index*) to znormalizowany różnicowy wskaźnik wegetacji [N14].

Wartości NDVI uzyskano z mapy rastrowej o rozdzielczości 300 m, dostępnej na portalu <https://land.copernicus.eu/global/products/ndvi>.

Wszystkie zgromadzone dane rastrowe sprowadzono do jednej wielkości pikseli o wymiarach 50 × 50 m. Następnie dla każdej komórki rastra obliczono, zgodnie z modelem RUSLE następujące wskaźniki: wskaźnik **C**, będący bezpośrednią miarą potencjału do zapobiegania erozji wodnej, oraz wskaźniki odpowiadające masie gleby potencjalnie wyerodowanej z jednostki powierzchni w ciągu roku, czyli kolejno wskaźnik A_1 (przy założeniu, że wskaźnik **C** wynosi 1, czyli teren pokrywa czarny ugor), wskaźnik A_c , uwzględniający wyliszoną wartość **C**, oraz wskaźnik $A_1 - A_c$ określający o ile ton na hektar w ciągu roku pokrywa roślinna zmniejsza erozję.

Wartości wskaźników obliczone dla pikseli uśredniono dla wydziałów leśnych z drzewostanem starszym niż 80 lat (588 348 powierzchni), wyróżnionych na mapie wektorowej pochodzącej z Banku Danych o Lasach. Dla ułatwienia prezentacji wyników wartości wskaźnika **C**, mieszczące się w przedziale od 0 do 1, zamieniono na wartość odwrotną 1/C. Określa ona, ile razy potencjalnie mniejsza jest erozja z powierzchni zalesionej w porównaniu do powierzchni pozbawionej roślinności.

WYNIKI

Wyniki w skali kraju pokazują, że najwyższym potencjałem do zapobiegania erozji charakteryzują się bory mieszane górskie i lasy górskie (wartość wskaźnika 1/C przekracza 2000). Pośród niżowych typów siedliskowych lasu wysokim potencjałem (w przedziale od 1000 do 2000) charakteryzują się bory wilgotne, bory bagienne, bory mieszane bagienne i lasy mieszane bagienne. Należy jednak zauważyć, że te typy siedliskowe lasu zazwyczaj są zlokalizowane w obniżeniach i nie są narażone na erozję, a

wręcz przeciwnie, mogą stanowić obszary akumulacji materiału przemieszczonego z miejsc wyżej położonych. Z kolei najmniejszy potencjał (poniżej 200) charakteryzuje bory świeże, lasy świeże i lasy łęgowe (Rozdział 4, Tabela 7). Należy jednak stwierdzić, że w poszczególnych krainach przyrodniczo-leśnych różnice między wymienionymi typami siedliskowymi lasu mogą być mniejsze, a wartości dla tych samych typów lasu w różnych krainach mogą się różnić nawet ponad pięciokrotnie.

Zróznicowanie potencjału (wyrażone wskaźnikiem 1/C) między krainami przyrodniczo-leśnymi jest duże, z ogólnie wyższym potencjałem na południu kraju, a niższym na północnym zachodzie. Zdecydowanie najwyższy potencjał odnotowano w krainie Karpackiej (ponad 6000), a następnie Sudeckiej (672). Z kolei krainy Wielkopolsko-Pomorska i Śląska mają najniższy potencjał (poniżej 150).

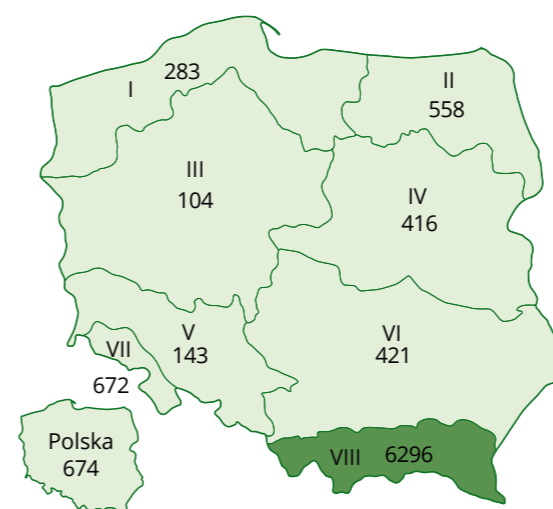
Inny charakter ma zróznicowanie potencjału lasów do zapobiegania erozji, wyrażone drugim wskaźnikiem – różnicą w ilości gleby potencjalnie wyerodowanej między poletkiem pokrytym lasem a poletkiem pozostawionym w czarnym ugorze. Najniższym potencjałem (poniżej 0,7 t/ha na rok) charakteryzują się wszystkie nizinne borowe typy siedliskowe, przy czym różnice między tymi typami w obrębie krain przyrodniczo-leśnych, jak i różnice w obrębie typów między krainami są niewielkie. Bardzo wysoki i wysoki (ponad 4 t/ha na rok) potencjał mają wszystkie typy lasów i borów górskich, oraz lasów wyżynnych i lasów mieszanych wyżynnych.

Zróznicowanie potencjału między krainami przyrodniczo-leśnymi jest bardzo wysokie i dobrze odpowiada ogólnemu zróznicowaniu ukształtowania terenu w Polsce. Największą rolę w potencjalnym zatrzymaniu erozji (ponad 10 t/ha na rok) odgrywają lasy w krainie Karpackiej, a w drugiej kolejności – Sudeckiej. Najmniejsza wartość tego wskaźnika (poniżej 1,1 t/ha na rok) charakteryzuje krainy: Mazowiecko-Podlaską, Wielkopolsko-Pomorską i Mazursko-Podlaską.

Przedstawione wyniki uzyskano w wyniku modelowania, przy przyjęciu wielu upraszczających założeń i zgeneralizowanych danych wejściowych. Nie mogą one zatem w dokładny ilościowy sposób określić roli powierzchni leśnych w ograniczaniu wodnej erozji gleby. Jednak mimo tych ograniczeń wyniki dobrze odzwierciedlają różnice w potencjale między poszczególnymi typami siedliskowymi lasu i rolę lasów w spowalnianiu erozji w poszczególnych krainach przyrodniczo-leśnych.

Potencjał lasów do zapobiegania erozji, wyrażony wskaźnikiem 1/C

Wartości średnie dla krain przyrodniczo-leśnych

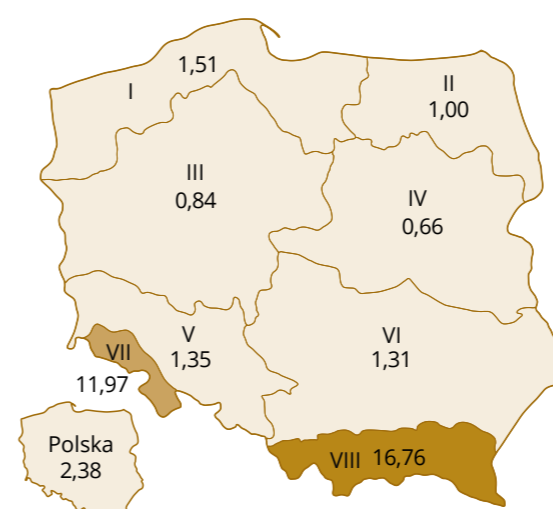


Klasy potencjału dla typów siedliskowych lasu

Bardzo wysoki:	>2000,00
Wysoki:	1000,01–2000,00
Średni:	500,01–1000,00
Niski:	200,01–500,00
Bardzo niski:	<200,00

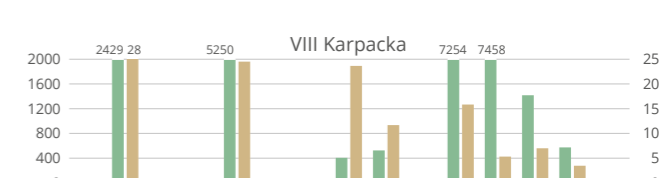
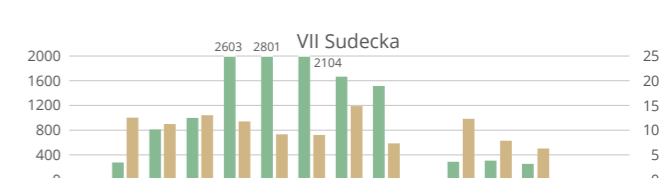
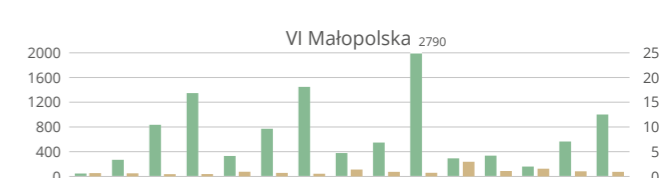
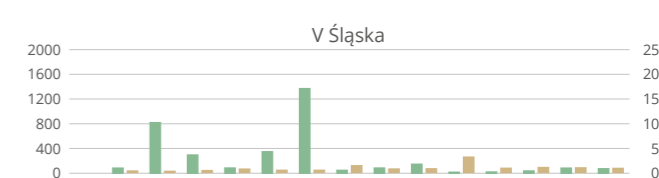
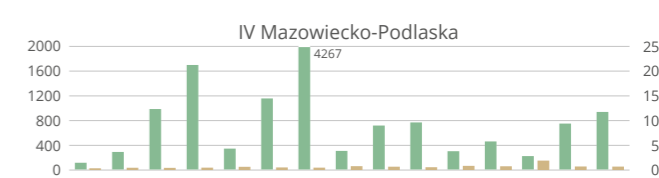
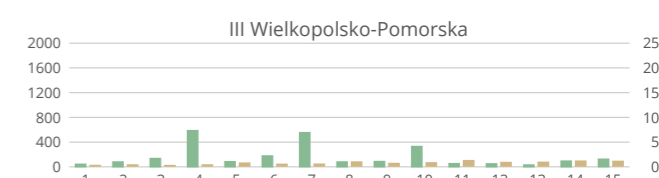
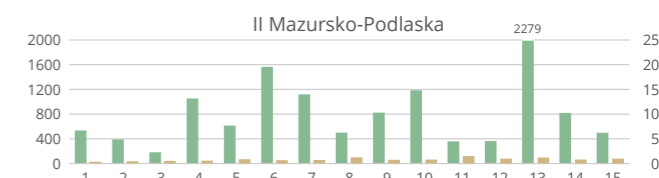
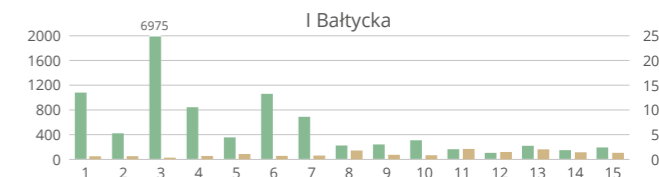
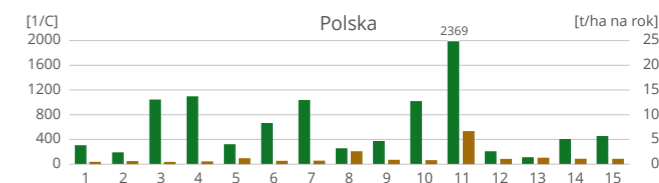
Potencjał lasów do zapobiegania erozji, wyrażony różnicą w ilości gleby potencjalnie wyerodowanej między poletkiem pokrytym lasem a poletkiem pozostawionym w czarnym ugorze [t/ha na rok]

Wartości średnie dla krain przyrodniczo-leśnych



Klasy potencjału dla typów siedliskowych lasu

Bardzo wysoki:	>10,00
Wysoki:	4,01–10,00
Średni:	1,01–4,00
Niski:	0,70–1,00
Bardzo niski:	<0,70



ZAPOBIEGANIE POWODZIOM



OPIS USŁUGI

Zapobieganie powodziom to usługa regulacyjna świadczona przez wszystkie typy ekosystemów leśnych. Lasy gromadzą wodę i zmieniają charakter jej odpływu, przede wszystkim dzięki zdolnościom infiltracyjnym większości gleb leśnych, chronionych przez pokrywę roślinną oraz dużej pojemności wodnej poziomów organicznych gleb i zalegającej na nich ściółki [O1; O2]. Dominacja spływu podziemnego nad powierzchniowym prowadzi do opóźnienia i znacznego spowolnienia odpływu wody z opadów atmosferycznych i roztopów wiosennych, co ogranicza przybory wód w rzekach i zagrożenia powodziowe występujące poza terenami leśnymi. Regulacyjna rola lasu, w porównaniu z terenami nieleśnymi, przejawia się także w częściowym łagodzeniu skutków susz ze względu na intensywne parowanie z roślinności i gleby. Należy pamiętać, że duża ingerencja w ekosystemy leśne (np. całkowita wycinka drzewostanu), wiąże się z usunięciem naturalnego bufora przeciwpowodziowego, czyli wpływa bezpośrednio na omawianą usługę regulacyjną.

Las nie ma stałej, określonej pojemności wodnej. Potencjalne możliwości retencyjne są wprowadzie wielkością statyczną, ale ilość wody, która aktualnie znajduje się w ekosystemie leśnym zmienia się dynamicznie. W obiegu wody uczestniczą dwa główne „zbiorniki retencyjne”: intercepcji pokrywy roślinnej (drzewostanu i runa leśnego) i retencji gleby (w tym ściółki). Występujące w lasach wody stojące i płynące oraz obszary podmokłe (torfowiska, bagna) należy rozpatrywać przede wszystkim w bilansie wodnym zlewni (a nie ekosystemu leśnego), zaś obiekty tzw. małej retencji, choć w wymiarze lokalnym bardzo istotne, mają znaczenie marginalne w skali krajowej.

Największym rezerwuarem wody w ekosystemach leśnych jest gleba, która zatrzymuje 61,5% (tj. 31,5 mld m³) całkowitej ilości wody mogącej potencjalnie zgromadzić się w ciągu roku w polskich lasach

[O3]. System przewodzenia wody opadowej w głąb gleby bazuje głównie na kanalikach infiltracyjnych, powstałych m.in. w wyniku działalności korzeni i fauny glebowej. Wsiąkanie wody zależy również od właściwości fizycznych gleby (zwłaszcza porowatości i uziarnienia), a pośrednio od typu pokrywy runa czy nachylenia terenu. Ubytki są natomiast następstwem ewapotranspiracji, czyli bezpośredniego parowania z powierzchni gleby, którego intensywność zależy od energii promieniowania słonecznego i prędkości wiatru wewnątrz lasu (ewaporacji) oraz czynnego parowania wody z nadziemnych części roślin (transpiracji), zwłaszcza przez aparaty szparkowe. Zapas wody w glebie zmienia się zarówno w cyklach krótkoterminowych (pory roku), jak i długoterminowych, głównie na skutek zmian drzewostanu w kolejnych fazach rozwojowych [O4].

Drugim rezerwuarem wody w ekosystemach leśnych jest pokrywa roślinna. Drzewostan i runo leśne zatrzymują średniorocznie 37,1% (tj. 19 mld m³) wody mogącej potencjalnie zgromadzić się w polskich lasach [O3]. Intercepcja zależy od **czynników meteorologicznych**, zwłaszcza od wielkości, natężenia i czasu trwania opadu atmosferycznego. Opady o małym nasileniu mogą być całkowicie zatrzymywane przez korony drzew [O5], ale skuteczność owego parasola maleje w przypadku opadu długotrwałego [O6] i niemal zanika podczas opadu nawalnego. Ma to związek nie tylko z określoną „pojemnością”, ale także z odmienną reakcją roślin już uprzednio nawilżonych [O7]. Wielkość intercepcji zależy także od rozmiaru i kształtu kropeł, które warunkowane są temperaturą oraz stanem liści, zwłaszcza stopniem ich zabrudzenia (zanieczyszczenia atmosferyczne), obecnością hydrofobowych wosków, uszkodzeniami mechanicznymi czy infekcjami [O8]. Kolejnym istotnym czynnikiem meteorologicznym jest wiatr, bowiem jego prędkość i kierunek determinują ruch wibracyjny liści i gałęzi, a co za tym idzie – ociekanie wody [O9].

Ważna grupa czynników wpływająca na intercepcję związana jest z **cechami pokrywy roślinnej**, przede wszystkim wielkością powierzchni przechwytyjącej opad. Jej zróżnicowanie wiąże się m.in. z gatunkiem i wiekiem drzew, stanem rozwoju wegetacyjnego, piętrowością drzewostanu oraz zwartością i kształtem koron. Zazwyczaj najwięcej opadu dociera do powierzchni gleby na skraju koron (efekt parasola), w lukach między koronami, zaś najmniej przy samym pniu [O10]. Intercepcja, podobnie jak retencja glebowa, zmienia się zarówno sezonowo, jak i w długiej perspektywie czasowej wraz z dojrzewaniem drzewostanu [O11]. Wielkość intercepcji w lasach strefy umiarkowanej waha się od 10 do 50% [O11; O12], przy czym wartości są bardzo zróżnicowane nie

tylko dla poszczególnych gatunków drzew, ale nawet dla drzewostanów z dominacją jednego gatunku, np. sosny [O3; O6; O13].

Składową intercepcji drzewostanu jest także **spływ po pniach**, który występuje przy opadach przekraczających wartość krytyczną możliwości przyjęcia wody dla koron [O6]. Udział wody w drewnie drzew stojących w całkowitej jej ilości zatrzymywanej w ciągu roku w polskich lasach wynosi 1,4%, tj. 0,7 mld m³ [O3]. Wartość intercepcji podczas spływu jest zależna od zewnętrznej powierzchni kory (cecha gatunkowa), której stopień rozwoju postępuje wraz z wiekiem drzewa [O14]. Z tego względu udział spływu po gładkich pniach graba i buka wynosi 10–15%, zaś w przypadku jodły, świerka i sosny nie przekracza 1% [O5; O10]. Z drugiej strony należy pamiętać, że w tym przypadku mamy do czynienia także z nasiąkliwością kory, która jest wielokrotnie większa niż liści [O3; O14]. Dynamika absorpcji jest jednak rozłożona w czasie, a przez to trudno porównywalna z chwilowym i dynamicznym zjawiskiem intercepcji liści.

Runo leśne bardzo rzadko stanowi odrębny przedmiot badań (np. O15). Na podstawie nielicznych i trudno porównywalnych doniesień można stwierdzić, że krzewy zatrzymują od 4 do 14% opadów, zaś krzewinki ok. 20% (np. borówka charakteryzuje się 5-krotnie wyższą intercepcją niż jeżyna) [O3; O5]. Ważną rolę w zatrzymywaniu wody pełnią również mchy (zwłaszcza torfowce), które mogą pochłaniać do 15% opadów. Związane jest to z faktem, że mchy pobierają, przewodzą i magazynują wodę nie tylko chwytnikami z podłoża, ale także dzięki zewnętrznemu podsiąkaniu kapilarnemu wzdłuż gałązek [O16].

Oszacowano, że w Lasach Państwowych w wyniku retencji glebowej i intercepcji roślinnej w ciągu roku może zgromadzić się ponad 51 mld m³ wody [O3]. Dla porównania całkowita ilość wody zmagazynowanej w sztucznych zbiornikach retencyjnych w Polsce wynosi 4 mld m³.

METODA OCENY POTENCJAŁU

Wskaźnikiem potencjału lasów do zapobiegania powodziom jest **pojemność wodna leśnej pokrywy roślinnej – drzewostanu (liści i pni) oraz runa leśnego**. Takie uproszczenie podejścia metodycznego wynika z przyjęcia dwóch założeń:

1. Typ czy podtyp gleby nie są cechą, która w sposób unikalny charakteryzuje dany TSL czy nawet las jako taki. W praktyce bowiem w ramach jednego typu siedliskowego lasu sklasyfikowane

są drzewostany rosnące na glebach o różnych zdolnościach retencyjnych, co w praktyce może skutkować bardzo zróżnicowaną podatnością takiego samego drzewostanu na stres suszy. Przykładem jest wielkość potencjalnej retencji użytecznej (ilość wody dostępnej dla roślin, jaką gleba w jednodymetrowej warstwie jest w stanie utrzymać siłami kapilarnymi po odcieku grawitacyjnym), która waha się od niespełna 50 mm w glebach bielcowych do ponad 300 mm w torfowych [O3]. Z tego względu postanowiono nie uwzględniać w obliczeniach retencji glebowej, skupiając się wyłącznie na komponentcie roślinnym.

2. Do obliczeń intercepcji najczęściej wykorzystuje się modele Ruttera [O17] i Gasha [O18] oraz ich późniejsze modyfikacje (np. O19; O20; O21). Wszystkie kładą jednak duży nacisk na uwzględnienie opadów atmosferycznych [O22], tym samym stanowiąc wskaźniki rzeczywistego wykorzystania. Aby więc spełnić wymóg ujęcia potencjałowego, postanowiono wykorzystać w analizach jedynie pojemność wodną drzewostanu (koron i pni) oraz runa leśnego.

Formułę matematyczną i wartości współczynników zaczerpnięto z modeli AWRA-L (w modyfikacji O21) oraz vD-B (w modyfikacji O12). Za główną zmienną różnicującą uznano w nich indeks liściowy LAI, określający stosunek powierzchni zielonych liści do powierzchni gruntu.

$$\text{Pojemność wodna leśnej pokrywy roślinnej} = (LAI \times P_L + P_p) + 0,0098 \times P_R$$

gdzie:

LAI – indeks liściowy [m^2/m^2],

P_L – pojemność wodna liści [mm]

= 0,18 dla drzew liściastych;

= 0,29 dla drzew iglastych,

P_p – pojemność wodna pni [mm]

= 0,09 dla roślinności wysokiej,

P_R – pojemność wodna runa leśnego.

Pojemność wodną runa leśnego (P_R) obliczono metodą rangową, przypisując poszczególnym typom pokrywy runa (wyodrębnionym w bazie danych) wartości określające ich właściwości intercepcyjne (0 – najgorsze, 7 – najlepsze): 0 – naga (brak ściółki i runa), 1 – ściółkowa (brak runa), 2 – zielna (płatki roślin zielnych), 3 – silnie zachwaszczona (zwarta roślinność runa składająca się z roślin silnie i głęboko ukorzenionych), 4 – zadarniona (koberce traw płytko zakorzenionych lub łany borówek), 5 – silnie zadarniona (zwarta roślinność trawiasta z gęstym systemem korzeniowym), 6 – mszysto-czernicowa (koberce mchów z płatami borówek), 7 – mszysta (niemal wyłącznie koberce mchów). Współczynnik wagowy

w zastosowanym wzorze (0,0098) obliczono uwzględniając faktyczną relację potencjałów drzewostanu i runa oraz różnicę skal pomiarowych. Relację potencjałów przyjęto na podstawie informacji z Wydziału Leśnego Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie, że jednostkowa pojemność wodna wynosi odpowiednio 989 mln m^3 (drzewostan z podszytem) i 35,5 mln m^3 (runo leśne). Zastosowany współczynnik wagowy dla intercepcji runa powoduje, że otrzymane wielkości niemianowane są niemal tożsame z wartościami wyrażonymi w milimetrach opadu.

Dane o typach pokrywy runa poszczególnych wydziałów leśnych pochodzą z Bazy Danych o Lasach (aktualizacja 2022 r.). Źródłem danych o wskaźniku LAI są obrazy satelitarne o rozdzielczości 333 × 333 m wykonywane w ramach misji Sentinel-3 OLCI i udostępniane przez Copernicus Global Land Service. Wykorzystano produkt RT6 z 20 lipca 2022 r. w postaci kompozycji czasowej z 6 dekad (+60 dni w stosunku do daty referencyjnej) (Rycina 12).

WYNIKI

Wartości potencjału do zapobiegania powodziom wyrażonego pojemnością wodną pokrywy roślinnej dla 36 typów siedliskowych lasu wahają się od 0,73 do 1,53 (patrz Rozdział 4, Tabela 7). Z literatury wynika, że pojemność wodna koron większości gatunków drzew liściastych i iglastych wynosi 0,7–2,0 mm, np. 0,7–1,1 mm dla świerka i buka [O23], 0,7–2,0 mm dla daglezi zielonej [O11], 1,7–1,9 mm dla sosny [O13]. Tym samym otrzymane wartości, mimo uproszczenia procedury analitycznej, są porównywalne z danymi literaturowymi. Należy jednak mieć na względzie, że w badaniach intercepcji nie stosuje się spójnego systemu pojęć i standardów metodycznych, co utrudnia porównywanie zarówno pomiarów empirycznych, jak i wyników modelowania matematycznego.

W skali kraju wyodrębniają się dwie wyraźne strefy: wschodnia z wysokim potencjałem (maksimum 1,32 w krainie Karpackiej) i zachodnia (z wyjątkiem krainy Sudeckiej) ze średnim i niskim potencjałem (minimum 1,04 w krainie Wielkopolsko-Pomorskiej).

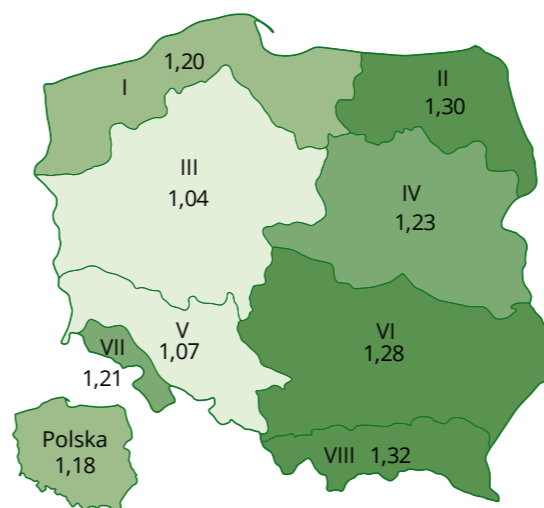
W obrębie poszczególnych krain najwyższymi i zarazem najmniej zróżnicowanymi potencjałami cechują się wszystkie mieszane typy borów i lasów. Pozostałe siedliska borowe i lasowe (bez olsów) są silnie zróżnicowane wewnątrz krain, jak np. las wilgotny o potencjale od 0,83 (kraina Śląska) do 1,44 (kraina Karpacka).

Pośród poszczególnych typów siedliskowych lasu najwyższymi potencjałami cechują się bory mieszane

bagienne i wilgotne, zaś najniższymi – łągi i bory suche. Niskie wartości potencjału w przypadku np. olsów pokazują, że lasy z natury „mokre” mogą nie pełnić znaczącej roli w zatrzymywaniu opadów atmosferycznych przez pokrywę roślinną. Wysokim i bardzo wysokim potencjałem cechują się niemal wszystkie (12 z 13) górskie typy siedliskowe lasów. Przeciwnie, bo aż 6 z 15 typów nizinnych cechuje się niskim i bardzo niskim potencjałem, zaś ani jeden bardzo wysokim. Wyżynne typy siedliskowe reprezentują pełną gamę potencjału – od bardzo niskiego (wyżynne typy łągów i olsów) do bardzo wysokiego (las mieszany wyżynny wilgotny). Nieco wyższym średnim potencjałem cechują się siedliska borowe (1,18) nad lasowymi (1,11).

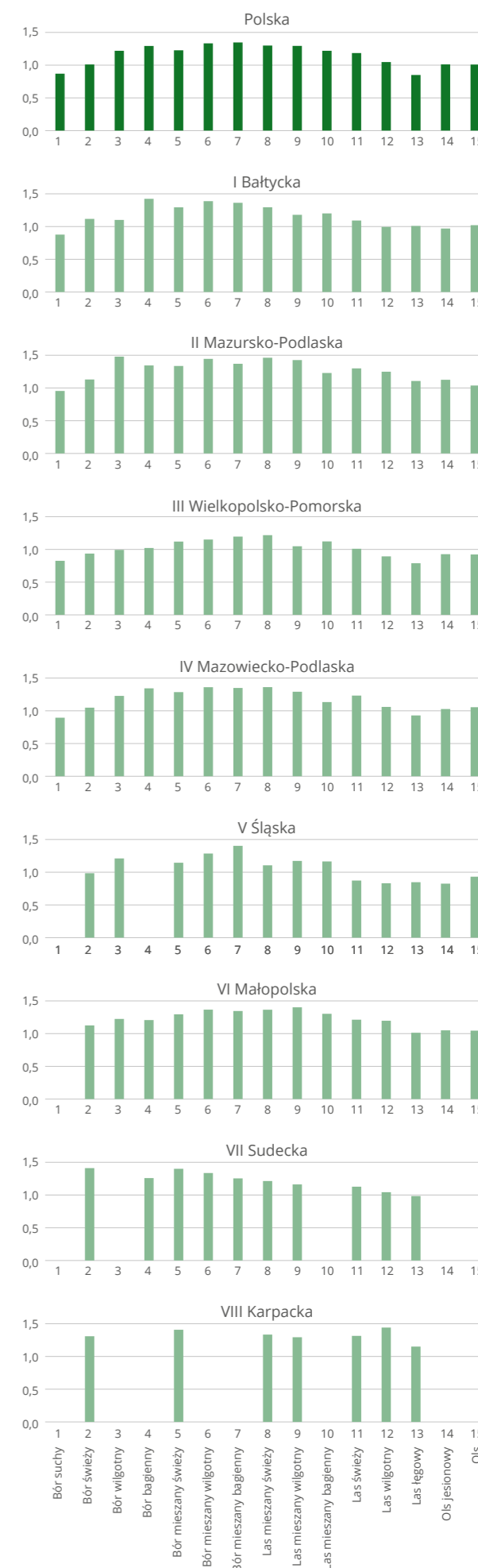
Potencjał lasów do zapobiegania powodziom wyrażony potencjalną pojemnością wodną leśnej pokrywy roślinnej (drzewostanu i runa leśnego)

Wartości średnie dla krain przyrodniczo-leśnych



Klasy potencjału dla typów siedliskowych lasu

Bardzo wysoki:	>1,35
Wysoki:	1,21–1,35
Średni:	1,07–1,20
Niski:	0,93–1,06
Bardzo niski:	<0,93



UTRZYMYWANIE SIEDLISK ORAZ NAUKA I EDUKACJA



OPIS USŁUGI

Utrzymywanie siedlisk dla roślin, zwierząt i grzybów należy do najbardziej złożonych i najtrudniejszych do zdefiniowania usług regulacyjnych dostarczanych przez lasy. Natomiast cechy systemów biologicznych umożliwiające prowadzenie badań naukowych lub działań edukacyjnych to usługa kulturowa. Obie usługi są na tyle silnie ze sobą powiązane, że potencjał lasów do ich dostarczania może być wyrażony tymi samymi wskaźnikami.

Usługi dotyczące utrzymywania siedlisk są traktowane i nazywane w bardzo różny sposób, np.: siedliska dla gatunków; utrzymanie siedlisk i populacji rozrodzyczy; utrzymanie cykli życiowych; utrzymanie siedlisk pochodzenia biologicznego; utrzymanie obszarów rozrodzyczy; ostoje i refugia [P1]. Należy przy tym

zauważyć, że za różnicami w nazwach kryją się także różnice w zakresie pojęciowym i sposobach pomiaru. Ze względu na wieloaspektowość tej usługi różnie ujmuje się także jej ramy przedmiotowe gdyż może ona dotyczyć siedlisk niezbędnych: (a) dla wszystkich procesów życiowych wszystkich gatunków, (b) dla funkcji reprodukcyjnych i wychowywania potomstwa, ale tylko dla gatunków dostarczających usługi zaopatrzeniowe, (c) dla rozrodu i ostoi migracyjnych wszystkich gatunków. Co więcej, usługę utrzymywania siedlisk można rozpatrywać z punktu widzenia zróżnicowania krajobrazowego, charakteru poszczególnych typów płatów w krajobrazie, wymagań określonych gatunków lub nawet genetycznego zróżnicowania wewnątrzgatunkowego [P2].

Na szczególną uwagę zasługują dwa główne podejścia do oceny potencjału do utrzymywania siedlisk oraz

do prowadzenia badań naukowych i edukacji. Pierwsze bazuje na obecności obszarów chronionych lub chronionych typów ekosystemów leśnych, natomiast drugie jest związane z analizą liczby gatunków wybranych grup systematycznych lub wybranych gatunków, zasługujących na szczególną uwagę. Oba podejścia mają dobre uzasadnienie teoretyczne i mogą wykorzystywać dostępne i porównywalne dane wejściowe.

W pierwszym podejściu miarą potencjału jest udział powierzchniowy obszarów chronionych (przede wszystkim parków narodowych, rezerwatów przyrody i obszarów Natura 2000), które ze swej definicji obejmują obszary o wysokich walorach przyrodniczych. Włączenie wszystkich tych obszarów do konstrukcji wskaźnika potencjału wynika z wielokrotnie wykazanego faktu, iż w parkach narodowych występuje najwyższe regionalnie bogactwo gatunkowe większości taksonów rodzimych, natomiast rezerваты i obszary Natura 2000 są ukierunkowane na zachowanie niewielkiej, określonej grupy gatunków i ekosystemów, które: (a) są zagrożone zanikiem w swoim naturalnym zasięgu, (b) są bardzo rzadkie lub mają niewielki naturalny zasięg występowania, albo (c) są charakterystyczne tylko dla określonego regionu geobotanicznego. Należy podkreślić, że obecność ekosystemów rzadkich i zagrożonych świadczy jednocześnie o występowaniu miejsc odpowiednich do rozwoju i realizacji cykli życiowych wielu gatunków związanych z tymi siedliskami [P2; P3]. Powyższe podejście jest powszechnie akceptowane i wykorzystywane w licznych opracowaniach dotyczących utrzymywania siedlisk [P4; P5; P6] oraz nauki i edukacji [P7], ma jednak określone ograniczenia. Przede wszystkim nadaje się do oceny dużych, niejednorodnych obszarów, obejmujących różne typy ekosystemów, natomiast nie ma bezpośredniego odniesienia do określania np. potencjału poszczególnych typów siedliskowych lasu.

Drugie podejście polega na określeniu liczby i/lub charakteru gatunków – najczęściej roślin naczyniowych – budujących dany ekosystem. Wykorzystuje się przy tym najczęściej informacje zawarte w zdjęciach fitosocjologicznych [P8]. Dla oceny potencjału do badań naukowych i edukacji szczególnie podkreśla się znaczenie gatunków rzadkich [P9], traktowanych jako część dziedzictwa przyrodniczego (*natural heritage*), będącego obiektem badań, dających nową wiedzę o procesach przyrodniczych i możliwych praktycznych zastosowaniach [P10; P11].

Liczba gatunków roślin naczyniowych w poszczególnych płatach zbiorowiska leśnego zależy (w skali regionalnej i lokalnej) od wielu czynników, z których najważniejsze to:

- warunki siedliskowe (jakość i ilość zasobów – w tym żyzność i wilgotność);
 - teoretycznie możliwa pula gatunków (elementy biogeograficzne);
 - biologia określonych grup organizmów;
 - poziom oddziaływań antropogenicznych, w przypadku lasu – charakter zabiegów pielęgnacyjnych;
 - stadium sukcesyjne;
 - wielkość płatu zbiorowiska;
 - sąsiedztwo i odległość do najbliższego płatu roślinnego o tym samym charakterze.
- Kombinacja tych uwarunkowań powoduje, że każdy płat roślinności cechuje się swoistym, zmiennym w czasie składem gatunkowym.

Wykorzystanie bogactwa gatunkowego jako wskaźnika potencjału usług ekosystemowych, mimo pewnych zastrzeżeń natury teoretycznej [P12], jest szeroko akceptowane. Bazuje się przy tym na znanym i ogólnie występującym mechanizmie, polegającym na tym, że im jest więcej gatunków roślin (czyli producentów), tym więcej gatunków na każdym wyższym poziomie troficznym (np. zwierząt roślinożernych czy drapieżnych) znajduje swoją bazę pokarmową. Ponadto zwiększa się prawdopodobieństwo występowania gatunków silnie konkurencyjnych i jest mniej wolnych nisz ekologicznych [P13]. Zależności te wykazano już wielokrotnie, np. w relacjach: rośliny-motyle [P14] czy rośliny-ptaki i bezkręgowce [P15]. Biorąc pod uwagę powyższe przyjęto, że liczba gatunków roślin naczyniowych w ekosystemie, a szczególnie gatunków runa, jest dobrym (choć przybliżonym) wskaźnikiem potencjału tej usługi. Wskaźnik taki został także umieszczony na liście wskaźników opracowanej dla Szwajcarii [P4].

Podejściem zbliżonym do wyżej przedstawionego jest uwzględnienie jedynie niektórych gatunków roślin, budzących szczególne zainteresowanie, czy to ze względu na swoją rzadkość, specyficzne wymagania siedliskowe, czy rolę pełnioną na rzecz innych gatunków. W takich przypadkach często wybiera się gatunki zagrożone lub chronione [P16] i określa możliwość ich występowania w różnych typach ekosystemów.

METODA OCENY POTENCJAŁU

Dla oceny potencjału lasów do utrzymywania siedlisk wykorzystano dwa wskaźniki: 1. **średnią liczbę gatunków runa na 400 m² lasu** oraz 2. **liczbę chronionych gatunków roślin, mających optimum występowania w danym typie siedliskowym lasu.**

Dane o liczbie gatunków pochodziły z literatury, (m.in. P17; P18), monitoringu lasu prowadzonego przez Instytut Badawczy Leśnictwa i dokumentacji fitosocjologicznej parków narodowych. Uzyskane wartości przypisano leśnym zespołom roślinnym, odrębnie dla każdej krainy przyrodniczo-leśnej. Następnie, na podstawie zestawienia określającego powiązania między zespołami roślinnymi a typami siedliskowymi lasu [P17], wartości uśredniono dla typów siedliskowych lasu.

Drugi wskaźnik, czyli liczba chronionych gatunków roślin, mających najbardziej sprzyjające warunki występowania (optimum) w danym typie siedliskowym lasu bazuje na liście gatunków chronionych, zamieszczonej w obowiązującym rozporządzeniu Ministra Środowiska [P19]. W wykazie tym wymieniono 415 gatunków roślin objętych ochroną ścisłą oraz 300 gatunków pod ochroną częściową. Z tego rośliny naczyniowe (czyli nasienne i paprotniki w szerokim ujęciu) obejmują odpowiednio 297 i 128 gatunków. W ich obrębie 50 gatunków objętych ochroną ścisłą oraz 46 gatunków objętych ochroną częściową to gatunki leśne, lub o szerszym zakresie ekologicznym, ale zajmujące również ważne miejsce w lasach.

Dla tych 96 gatunków przeprowadzono analizę powiązań z typami siedliskowymi lasu. Wykorzystano przy tym informacje o wymaganiach ekologicznych i rozmieszczeniu gatunków, zawarte w literaturze i dostępnych bazach danych [m.in. w P20; P21].



WYNIKI

Wyniki w skali kraju pokazują, że najwyższym potencjałem do utrzymywania siedlisk, wyrażonym **średnią liczbą gatunków runa**, charakteryzują się lasy górskie i lasy wyżynne, a wśród typów nizinnych – las mieszany świeży i las mieszany wilgotny (ponad

35 gatunków) (patrz Rozdział 4, Tabela 7). Z kolei najniższy potencjał (poniżej 20 gatunków) mają bory suche i bory bagienne. Należy jednak zauważyć, że w obrębie niektórych typów siedliskowych lasu występują duże różnice między krainami przyrodniczo-leśnymi. Przykładowo – bory świeże w krainie Bałtyckiej wykazują bardzo niski potencjał (poniżej 17 gatunków), natomiast w krainie Mazursko-Podlaskiej – potencjał wysoki. W ujęciu ogólnym lasy liściaste dysponują większym potencjałem niż bory.

Zróżnicowanie potencjału między krainami przyrodniczo-leśnymi jest duże i układa się wzdłuż gradientu wschód-zachód. Najwyższy potencjał (powyżej 35 gatunków) mają krainy: Mazursko-Podlaska, Mazowiecko-Podlaska i Karpacka. Z kolei krainy Bałtycka, Sudecka, Wielkopolsko-Pomorska i Śląska charakteryzują się potencjałem średnim (26–29 gatunków).

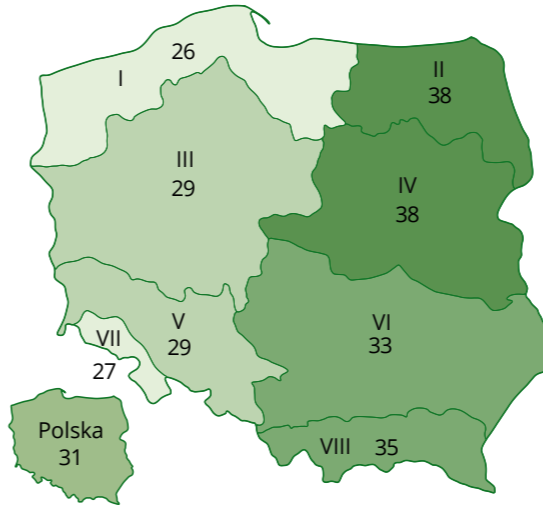
Inny charakter ma zróżnicowanie potencjału lasów do utrzymywania siedlisk wyrażone **liczbą chronionych gatunków roślin, mających optimum występowania w danym typie siedliskowym lasu**. W ujęciu ogólnopolskim największy potencjał wykazują lasy świeże (nizinne, wyżynne i górskie), z którymi związane jest ponad 10 gatunków roślin pod ochroną ścisłą i ponad 13 gatunków pod ochroną częściową (powyżej 25 gatunków chronionych łącznie). Z kolei najniższy potencjał (mniej niż 2 gatunki pod ochroną ścisłą i mniej niż 8 gatunków pod ochroną częściową) charakteryzuje las mieszany bagienno-wilgotny, las łęgowy i ols. Warto zauważyć, że zmienność potencjału typów siedliskowych lasu między krainami jest niewielka. Jedynym wyjątkiem jest kraina Małopolska, w której liczba gatunków chronionych (ściśle i częściowo łącznie) dla takich typów jak las mieszany świeży, las mieszany wilgotny, las świeży i las wilgotny jest wyraźnie wyższa niż w pozostałych krainach.

Zróżnicowanie potencjału między krainami przyrodniczo-leśnymi, wyrażone liczbą chronionych gatunków roślin mających optimum występowania w danym typie siedliskowym lasu, jest bardzo małe i dla siedmiu krain przyrodniczo-leśnych zawiera się w przedziale 6–9 gatunków pod ochroną ścisłą oraz 12–14 gatunków pod ochroną częściową. Jedynie w krainie Karpackiej potencjał jest wyższy, a liczba gatunków wynosi odpowiednio 13 i 16.

Przedstawione wyniki uzyskano na drodze kwerendy literatury i generalizowania danych. Dają one zatem ogólny pogląd o aktualnym bogactwie gatunkowym płatów lasu w różnych typach siedliskowych i potencjalnej możliwości występowania gatunków chronionych, niemniej jednak dobrze porządkują wielkość potencjału typów siedliskowych do świadczenia usługi utrzymywania siedlisk.

Potencjał lasów do utrzymywania siedlisk oraz nauki i edukacji wyrażony średnią liczbą gatunków runa w zdjęciu fitosocjologicznym

Wartości średnie dla krain przyrodniczo-leśnych

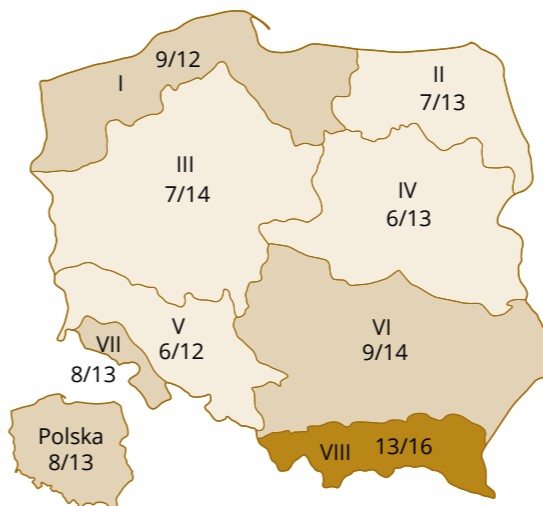


Klasy potencjału dla typów siedliskowych lasu

Bardzo wysoki:	>35
Wysoki:	31–35
Średni:	26–30
Niski:	21–25
Bardzo niski:	<21

Potencjał lasów do utrzymywania siedlisk oraz nauki i edukacji wyrażony liczbą chronionych gatunków roślin, mających optimum występowania w danym typie siedliskowym lasu: (A) ochrona ścisła, (B) ochrona częściowa

Wartości średnie dla krain przyrodniczo-leśnych



Klasy potencjału dla typów siedliskowych lasu

	A	B
Bardzo wysoki:	>10	>15
Wysoki:	8–10	12–15
Średni:	5–7	8–11
Niski:	2–4	2–7
Bardzo niski:	<2	<2



REKREACJA I REGENERACJA SIŁ



OPIS USŁUGI

Rekreacja i regeneracja sił na łonie natury należą do ważnych dla człowieka ekosystemowych usług kulturowych. Ekosystemy leśne tworzą przestrzeń, w której człowiek może podejmować działania wspierające zdrowie, odpoczynek oraz dające przyjemność i rozrywkę. Do oceny potencjału lasów do świadczenia tych usług wykorzystano dwa wskaźniki: jeden do potencjału rekreacyjnego, a drugi do potencjału terapeutycznego lasów.

Lasy są naturalnym miejscem rekreacji i odpoczynku ze względu na panujący w nich spokój i ciszę, piękno przyrody, łagodny mikroklimat oraz czyste powietrze [R1; R2]. Zainteresowanie ludzi wypoczynkiem w lasach można tłumaczyć **naturalną potrzebą kontaktu człowieka z przyrodą** oraz **pozytywnym oddziaływaniem środowiska leśnego na zdrowie**. To oddziaływanie jest wielopłaszczyznowe – dotyczy rozmaitych mechanizmów – od prawidłowego natlenienia, przez wdychanie aktywnych związków

chemicznych, jak fitoncydy czy olejki eteryczne, przebywanie w atmosferze o określonej wilgotności, jonizacji, nasłonecznieniu itd. [R3].

Kąpiel leśna (jap. *shinrin-yoku*) – technika medyczna służąca wzmocnieniu organizmu, rekonwalescencji, profilaktyce zdrowotnej i relaksacji. Polega na przebywaniu w lesie bez presji osiągnięcia konkretnego celu czy stanu oraz czerpaniu bodźców możliwie intensywnie wszystkimi zmysłami [R4].

Pozytywny wpływ kąpeli leśnych na ludzkie zdrowie związany jest z obecnością w lasach swoistej **mikrobioty** (mikroorganizmów typowych dla siedlisk leśnych, korzystnie wpływających na funkcjonowanie układu odpornościowego – [R5]), **fitoncydów** – czyli substancji

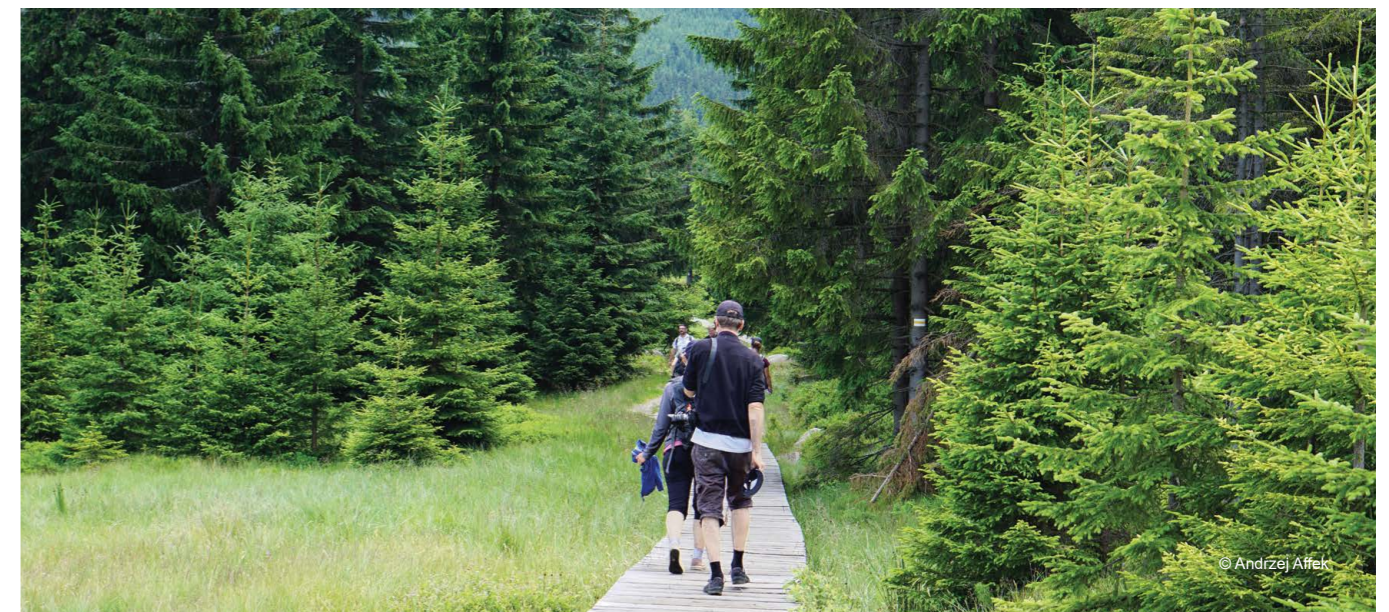
wytwarzanych przez rośliny, często w celach obronnych, przeciwko grzybom, bakteriom i wirusom [R6], **olejków eterycznych**, a także **specyficznych dla lasów czynników klimatycznych**: nasłonecznienia (mniejsze natężenie światła słonecznego, bogatsze w widmo z zakresu niebieskiego i zielonego – korzystnego dla ludzkiego ośrodkowego układu nerwowego), temperatury (mniejsze wahania temperatury i ekspozycja na wiatr), wilgotności (stabilniejsza, wyższa niż na terenach niezalesionych) oraz jonizacji powietrza (w lasach ładunek cząsteczek unoszących się w powietrzu ma większe wartości ujemne; dla porównania w zanieczyszczonym powietrzu obserwuje się duże ilości jonów dodatnich).

Leczniczy wpływ ekosystemów leśnych na organizm ludzki jest wykorzystywany w **terapii lasem**. Liczne badania pokazują, że pełni ona istotną funkcję w profilaktyce chorób somatycznych (np. nadciśnieniu tętniczym – [R7], cukrzycy – [R8]), a także zapobiega i pomaga w leczeniu chorób psychicznych z grupy zaburzeń lękowo-depresyjnych [R9; R10]. **Kąpiele leśne** redukują stres fizjologiczny (regulują tętno, ciśnienie krwi, poziom hormonów – kortyzolu, adrenaliny, aktywność układu współczulnego i przywspółczulnego [R11]), a także znacząco wspomagają odporność. Fitoncydy wydzielane przez drzewa iglaste mają pozytywny wpływ na aktywność i liczbę komórek tzw. naturalnych zabójców (ang. *natural killer cells*) biorących udział w niszczeniu komórek zainfekowanych przez patogeny. Co więcej, efekty leśnych spacerów utrzymują się przez wiele dni [R12; R13].

Terapia lasem raz w miesiącu umożliwia ludziom utrzymywanie lepszych mechanizmów odpornościowych przez cały miesiąc [R13].

Las liściasty i iglasty różnią się między sobą składem produkowanych fitoncydów i ich stężeniem w powietrzu w różnych porach roku. Jednak oba mają potencjał terapeutyczny i rekreacyjny, na który wpływają także inne cechy m.in. związane z postrzeganiem tych ekosystemów. Badania dowodzą, że do rekreacji i wypoczynku wybieramy las, w którym się czujemy bezpiecznie, czyli las w miarę przejrzysty, wielowarstwowy (z przewagą drzew starych i wysokich oraz mieszany pod względem składu gatunkowego, z grzybami lub jagodami w warstwie runa leśnego), chroniący przed upałem i intensywnym promieniowaniem słonecznym, ale niezbyt cienisty. Mniejszym zainteresowaniem cieszą się zbiorowiska wilgotne i zabagnione (ze względu na dokuczliwe owady, bardziej grząskie podłoże i ograniczenie możliwości odpoczynku). Wymienione cechy wynikają z preferencji dotyczących form aktywności podejmowanych w lasach. Najbardziej popularne są spacerowanie, zbiór grzybów i owoców leśnych oraz obserwacje przyrody [R1; R14].

Analizując potencjał rekreacyjny lasów należy również uwzględnić ich odporność na degradację (pogorszenie stanu) związaną z uszkodzeniami gleby i roślinności. Wydeptywanie roślin i ubicie gleby może prowadzić do spadku jej aktywności biologicznej i uruchomienia procesów erozyjnych, nasilających się wraz z rosnącym nachyleniem stoku [R15; R16]. Typy siedliskowe lasu różnią się pod względem możliwości regeneracyjnych, np. siedliska boru sosnowego suchego z runem mszysto-porostowym są znacznie mniej odporne na degradację w porównaniu do siedlisk świeżych



i wilgotnych z wielowarstwowym drzewostanem liściastym lub mieszanym i gęstym podszytem [R17].

W kontekście **potencjału terapeutycznego lasów** należy pamiętać o właściwościach alergennych wielu gatunków roślin (pyłki) i grzybów pleśniowych (zarodniki) powodujących sezonowy dyskomfort, a niekiedy zagrożenie dla zdrowia u osób cierpiących na alergię [R18]. Wśród gatunków drzew leśnych rosnących w Polsce najsilniej alergizującym pyłkiem odznaczają się brzozy, olsze, jesiony, wierzby, graby i dęby [R19].

METODA OCENY POTENCJAŁU

Do oceny potencjału lasów do rekreacji wykorzystano **złożony wskaźnik opisujący skład i strukturę roślinności oraz warunki siedliskowe**, będący średnią z wartości sześciu wskaźników cząstkowych.

Wskaźnikom cząstkowym przypisano rangę w zakresie 0–1 na poziomie wydziałów leśnych, w Lasach Państwowych z drzewostanem starszym niż 80 lat, gdzie niższe wartości oznaczają mniejszą, a wyższe większą przydatność ekosystemów leśnych do rekreacji (Tabela 6). Na etapie wyboru wskaźników cząstkowych posłużono się zmodyfikowaną metodą waloryzacji rekreacyjnej opracowaną przez Wajchman-Świtalską [R20]. Zaproponowana metoda przewidziana jest do wytypowania lasów przydatnych do najpopularniejszych form aktywnej rekreacji, takich jak spacer, jazda rowerem czy biegi narciarskie. Średnia obliczona dla poszczególnych typów siedliskowych lasu w krainach i dla całej Polski charakteryzuje ich potencjał rekreacyjny.

Do obliczenia potencjału rekreacyjnego lasów (Pr) zastosowano wzór (skrót objaśnione w Tabeli 6):

$$Pr = \frac{0,5LG + 0,5U + ZD + R + 2WS + N}{6}$$

TABELA 6. Wskaźniki cząstkowe i sposób przeliczenia ich wartości na rangi użyte do obliczenia wskaźnika potencjału lasów do rekreacji (Pr)

WSKAŹNIK CZĄSTKOWY	WARTOŚĆ	RANGA
LG – liczba gatunków drzew budujących górne piętro drzewostanu	≥5	1,0
	4	0,9
	3	0,7
	2	0,5
	1	0,3
U – procentowy wkład gatunku mającego największy udział w górnym piętrze drzewostanu	≤50	1,0
	60–70	0,8
	80–90	0,6
	100	0,3
ZD – zwarcie drzewostanu*	luźne	1,0
	przerywane	0,8
	umiarkowane	0,6
	pełne	0,4
R – rodzaj pokrywy gleby (typ runa)*	zielna, mszysta	1,0
	naga, ściółkowa, mszysto-czernicowa	0,7
	zadarniona	0,3
	silnie zadarniona, silnie zachwaszczona, brak danych	0,0
WS – wariant uwilgotnienia siedliska*	świeże, silnie świeże	1,0
	suche	0,7
	wilgotne, wilgotne odwodnione, łęgowe niezalewane, bagienne silnie odwodnione	0,4
	silnie wilgotne, bagienne odwodnione	0,1
	bagienne mokre i bardzo mokre, łęgowe zalewane i podtapiane, łęgowe zalewane	0,0
N – średnie nachylenie terenu [°] (podział na przedziały wartości nachylenia według [R21])	7–12	1,00
	1–7 i 12–17	0,75
	17–30	0,50
	≤1 i 30–45	0,25
	>45	0,00

* podział na klasy i terminologia tak jak w źródłowej bazie danych z Banku Danych o Lasach



Informacje o drzewostanie oraz charakterystykach siedliskowych wydzialeń leśnych pochodzą z Banku Danych o Lasach, natomiast dane o nachyleniu terenu pozyskano z Numerycznego Modelu Terenu o rozdzielczości 50 m (www.geoportal.gov.pl).

Do oceny potencjału terapeutycznego lasów zastosowano **złożony wskaźnik uwzględniający wpływ wytwarzanych przez drzewa fitoncydów (korzystny) i alergennych pyłków (niekorzystny)**. Obliczono średnią z różnicy między produkcją fitoncydów i alergenością pyłku dla wszystkich gatunków tworzących drzewostan w Lasach Państwowych z drzewostanem starszym niż 80 lat, w danym typie siedliskowym lasu ważonej ich średnim udziałem procentowym.

Oceniając potencjał terapeutyczny typów siedliskowych lasu wzięto pod uwagę właściwości poszczególnych gatunków drzew. Na podstawie przeglądu literatury [m.in. R22; R23; R24] założono, że wszystkie uwzględnione gatunki produkują fitoncydy i choć istnieją przesłanki za tym, że drzewa iglaste są pod tym względem bardziej wartościowe, to brak jednoznacznych i systematycznych badań nie pozwolił na wiarygodne zróżnicowanie tego parametru, i każdemu gatunkowi przypisano rangę równą 1. Dlatego też jako główną cechę różnicującą przyjęto produkcję pyłków wywołujących reakcje alergiczne. Gatunki drzew podzielono na cztery grupy ze względu na alergeność produkowanego pyłku (baza www.pollenlibrary.com) i przypisano im odpowiednie rangi w przedziale 0–0,7 (gatunki nie powodujące alergii lub bardzo słabą (0), o niskiej (0,2), średniej (0,5) i wysokiej (0,7) alergeności pyłku).

Średnia z różnicy między produkcją fitoncydów (1) i alergenością pyłku (0–0,7) ważonej przeciętnym udziałem poszczególnych gatunków drzew w drzewostanach dla typów siedliskowych lasu w krainach przyrodniczo-leśnych i dla całej Polski charakteryzuje potencjał terapeutyczny lasów (im wyższa wartość tym większy potencjał).

Informacje o składzie gatunkowym drzewostanów i średnim udziale poszczególnych gatunków dla typów siedliskowych lasu pozyskano z Banku Danych o Lasach.

WYNIKI

W skali kraju najwyższym potencjałem do rekreacji charakteryzują się lasy świeże i lasy mieszane świeże (wartość wskaźnika >0,73). Wysoki potencjał wykazują bory suche i świeże oraz bory mieszane

świeże (0,63–0,73). Bardzo niski potencjał odnotowano natomiast dla olsów, olsów jesionowych oraz borów bagiennych, borów mieszanych bagiennych i lasów mieszanych bagiennych (<0,43). Nie zaobserwowano wyraźnych różnic między wariantami typów siedlisk: nizinny, wyżynny i górski (patrz Rozdział 4, Tabela 7).

Krainy przyrodniczo-leśne można podzielić na dwie grupy. Do grupy o wysokim potencjale rekreacyjnym należą krainy nizinne i wyżynne, a bardzo wysokim potencjałem odznaczają się krainy górskie. Najwyższą wartość potencjału otrzymano dla lasu świeżego w krainie Mazursko-Podlaskiej (>0,83). Największą zmiennością potencjału między krainami charakteryzują się bory mieszane wilgotne.

Otrzymane wyniki wskazują zarówno na różnice w potencjale do rekreacji między typami lasu związane z ich składem gatunkowym, strukturą zbiorowisk, a także uwilgotnieniem siedlisk, jak i na zróżnicowanie regionalne odzwierciedlające wpływ ukształtowania terenu. Jednak różnice typologiczne odgrywają dominującą rolę. Najwyższy potencjał rekreacyjny mają lasy świeże i lasy mieszane świeże z wielogatunkowym drzewostanem, na siedliskach o umiarkowanym uwilgotnieniu.

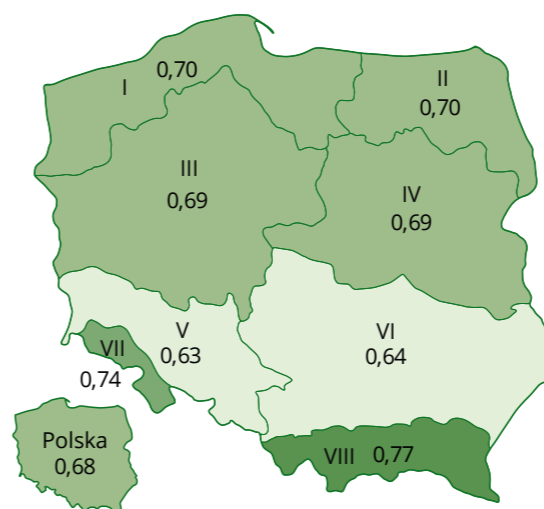
W skali kraju bardzo wysoki potencjał terapeutyczny mają wszystkie borowe typy siedliskowe i bory mieszane świeże i wilgotne (>0,88). Z kolei, niski potencjał wykazują olsy i lasy wilgotne (0,52–0,54), a najniższy lasy łęgowe (0,42).

Wszystkie krainy przyrodniczo-leśne charakteryzują się wysokim lub bardzo wysokim potencjałem terapeutycznym lasów. Najwyższe wartości obserwujemy dla krainy Mazursko-Podlaskiej i Wielkopolsko-Pomorskiej (>0,88). Największe zróżnicowanie potencjału między krainami widoczne jest w przypadku typów lasowych.

Najwyższy potencjał terapeutyczny typów siedliskowych borów i borów mieszanych wynika z przewagi w ich drzewostanach gatunków iglastych produkujących pyłki o niskiej alergeności. Natomiast dominacja zbiorowisk borowych w większości krain przyrodniczo-leśnych sprawia, że potencjał terapeutyczny lasów jest wysoki w całej Polsce. Należy także pamiętać, że możliwość wywołania alergii pojawia się tylko w okresie pylenia roślin, a stężenie pyłków roślin w powietrzu pod koronami drzew jest znacznie mniejsze i utrzymuje się krócej w lasach niż na terenach nieleśnych [R25].

Potencjał lasów do rekreacji wyrażony za pomocą złożonego wskaźnika opisującego skład i strukturę roślinności oraz warunki siedliskowe

Wartości średnie dla krain przyrodniczo-leśnych

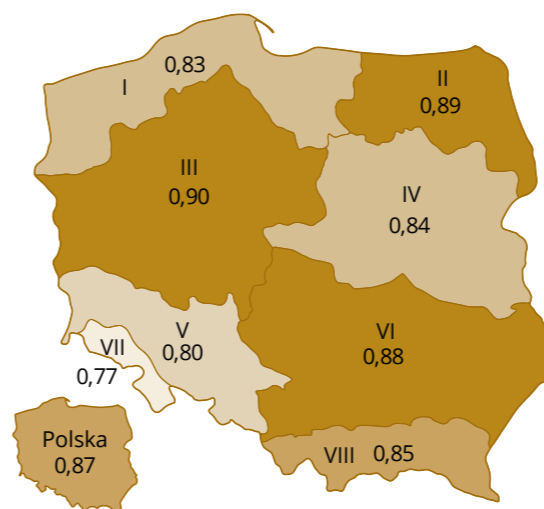


Klasy potencjału dla typów siedliskowych lasu

Bardzo wysoki:	>0,73
Wysoki:	0,63–0,73
Średni:	0,53–0,62
Niski:	0,43–0,52
Bardzo niski:	<0,43

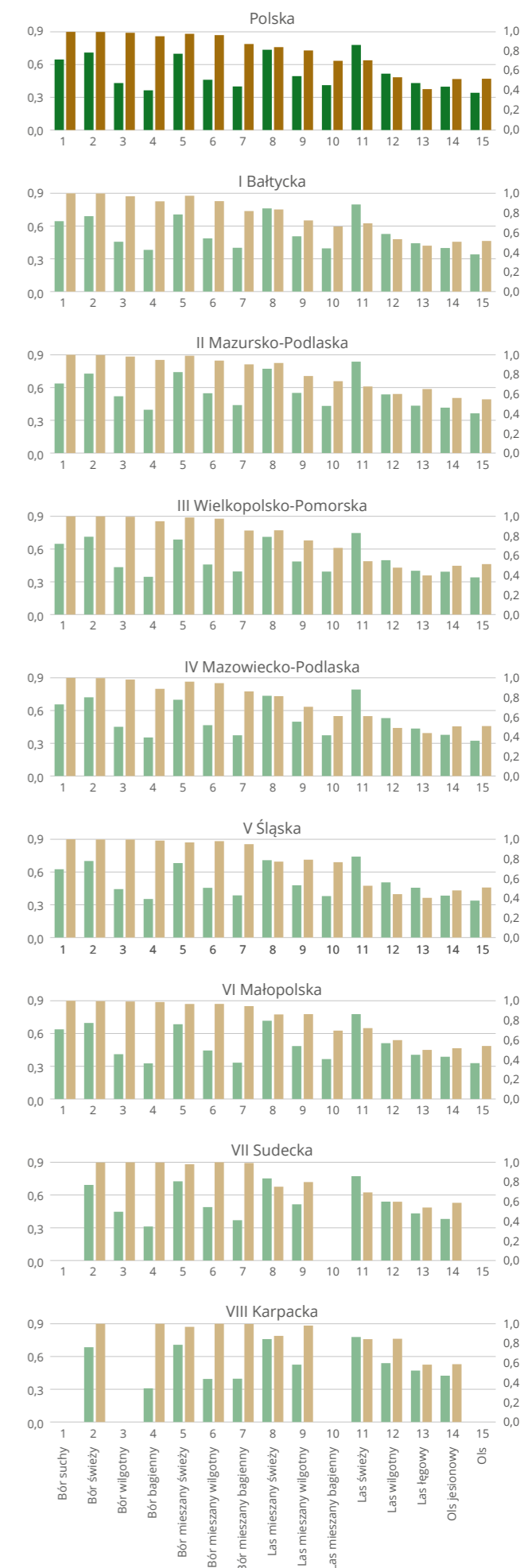
Potencjał terapeutyczny lasów wyrażony za pomocą złożonego wskaźnika uwzględniającego wpływ wytwarzanych przez drzewa fitoncydów (korzystny) i alergennych pyłków (niekorzystny)

Wartości średnie dla krain przyrodniczo-leśnych



Klasy potencjału dla typów siedliskowych lasu

Bardzo wysoki:	>0,88
Wysoki:	0,76–0,88
Średni:	0,64–0,75
Niski:	0,52–0,63
Bardzo niski:	<0,52





ROZDZIAŁ 4
SYNTEZA I WNIOSKI

© Andrzej Affek
Bór świeży na Wybrzeżu Słowińskim

POTENCJAŁ WIELOUSŁUGOWY

Lasy w Polsce mogą dostarczać wielu istotnych usług i korzyści dla ludzi. Ich potencjał różni się w zależności od typu siedliskowego lasu i krainy przyrodniczo-leśnej. Najwyższy całościowy potencjał mają lasy krain górskich, nieco niższy krain północnych, a najniższy krain centralnych. Las górski świeży ma wysoki potencjał do świadczenia największej liczby kluczowych usług lasów (14 z 17), co zapewnia mu status wielousługowego hotspota. Zróżnicowanie w zakresie potencjału zaopatrzeniowego, regulacyjnego i kulturowego powinno być brane pod uwagę przy podejmowaniu decyzji dotyczących zarządzania i ochrony lasów oraz wykorzystywania ich zasobów.

MACIERZ OCEN

Jak pokazano w poprzednim rozdziale, lasy mają zdolność do dostarczania wielu istotnych usług i korzyści dla ludzi. W tym rozdziale dokonano syntezy wyników uzyskanych dla poszczególnych usług. W Tabeli 7 zestawiono wartości potencjału 35 typów siedliskowych lasu do dostarczania 17 kluczowych usług ekosystemów leśnych uzyskane w skali ogólnopolskiej. Aby możliwe było ich porównanie, wartości wskaźników potencjału przełożono na wspólną dla wszystkich usług, pięciostopniową, rangową skalę potencjału (od bardzo wysokiego do bardzo niskiego). Rozpiętość skali odnosi się do wartości notowanych w Polsce. W niektórych przypadkach nie podano żadnej wartości, co oznacza, że dane źródłowe nie pozwalały na wiarygodne oszacowanie potencjału. W obliczeniach uwzględniono tylko lasy w zarządzie Lasów Państwowych.

Na podstawie tabeli syntetycznej dla Polski (Tabela 7) oraz analogicznych tabel dla ośmiu krain przyrodniczo-leśnych obliczono potencjał wielousługowy poszczególnych typów siedliskowych lasu, uwzględniający (1) wszystkie kluczowe usługi (Rycina 13) oraz

(2) owe usługi zgrupowane zgodnie z przynależnością do trzech sekcji: zaopatrzeniowej, regulacyjnej i kulturowej (Rycina 14 i 15).

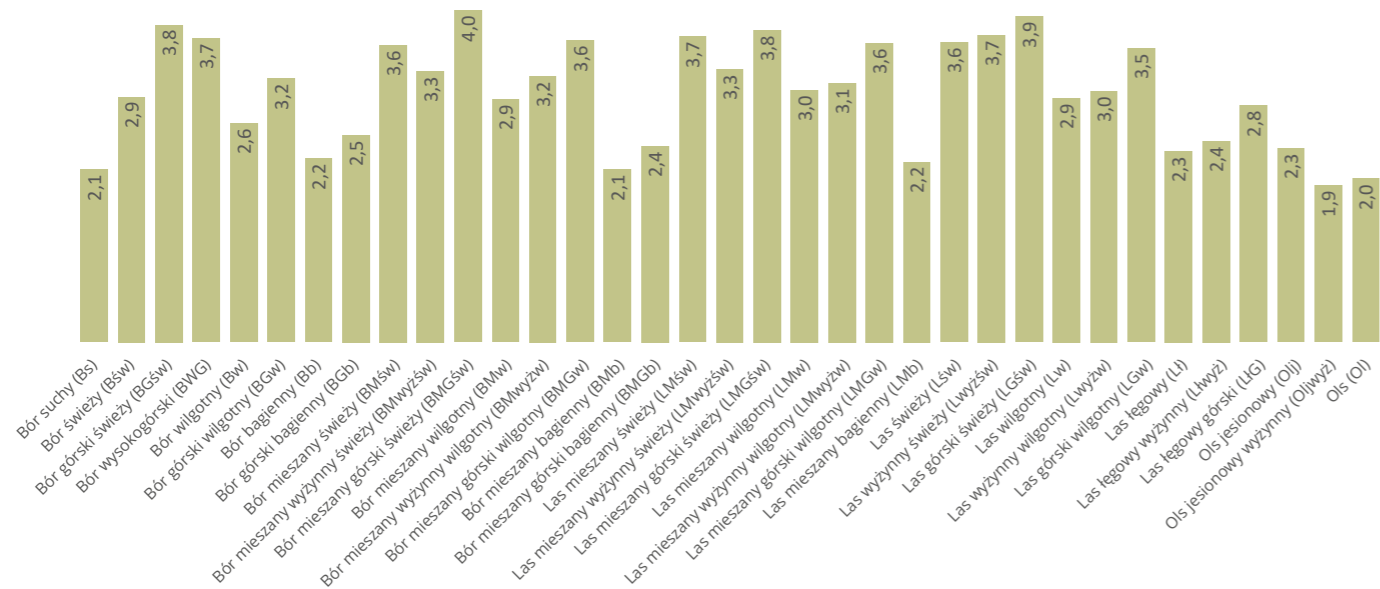
POTENCJAŁ ZAOPATRZENIOWY

Potencjał lasów do świadczenia usług zaopatrzeniowych, czyli dostarczania materialnych wytworów lasu, obejmuje pięć usług: drewno, owoce leśne, grzyby, dziczyznę i miód. Jest średnią arytmetyczną z wcześniej obliczonych, a następnie zrangowanych do skali 1–5 indywidualnych wskaźników potencjału. Zakres uzyskanych wartości w skali ogólnopolskiej rozciąga się od 1,6 dla bagiennych lasów mieszanych i borów mieszanych do 4,0 dla kilku typów borów górskich: wilgotnego, mieszanego wilgotnego, świeżego i mieszanego świeżego (Rycina 13).

Potencjał zaopatrzeniowy typów siedliskowych lasu w krainach nizinnych i wyżynnych jest dość wyrównany, choć zdarzają się wyjątki (Rycina 15): np. w krainie Wielkopolsko-Pomorskiej i Śląskiej las łęgowy ma wyraźnie wyższy (o 0,6) potencjał zaopatrzeniowy niż w innych krainach. Z kolei potencjał boru

Tabela 7. Macierz ocen pokazująca potencjał typów siedliskowych lasu do dostarczania kluczowych usług ekosystemowych. Potencjał w skali 1–5, gdzie: 1 oznacza bardzo niski potencjał, 2 – niski, 3 – średni, 4 – wysoki, 5 – bardzo wysoki potencjał, a „-” – brak danych. Część usług opisana jest więcej niż jednym wskaźnikiem

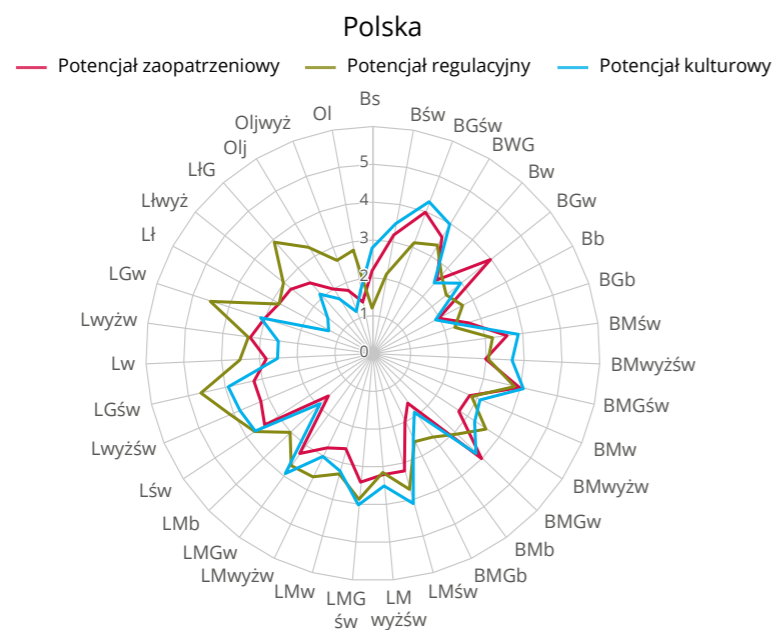
	USŁUGI ZAOPATRZENIOWE					USŁUGI REGULACYJNE										USŁUGI KULTUROWE					
	Drewno	Owoce leśne	Grzyby	Dziczyzna	Miód	Zapylanie	Regulacja klimatu globalnego: zasób węgla	Regulacja klimatu globalnego: wiązanie węgla	Regulacja klimatu lokalnego	Oczyszczanie powietrza z pyłów	Zapobieganie erozji gleby: współczynnik C	Zapobieganie erozji gleby: wskaźnik różnicowy	Zapobieganie powodziom	Utrzymywanie siedlisk: liczba gat. runa na 400 m ² lasu	Utrzymywanie siedlisk: liczba gat. roślin pod ochroną ściśłą	Grzybobranie	Polowanie	Nauka i edukacja: liczba gat. runa na 400 m ² lasu	Nauka i edukacja: liczba gat. roślin pod ochroną ściśłą	Rekreacja	Regeneracja sił
Bór suchy	1	4	3	1	2	2	1	1	1	1	2	1	1	1	1	3	1	1	1	4	5
Bór świeży	2	5	5	1	3	3	3	2	2	2	1	1	2	2	3	5	1	2	3	4	5
Bór górski świeży	-	4	5	5	2	2	1	-	4	4	2	5	5	2	3	5	5	2	3	4	5
Bór wysokogórski	2	5	4	4	3	3	1	1	4	4	4	5	4	3	3	4	4	3	3	4	5
Bór wilgotny	2	3	4	1	3	3	3	2	3	3	4	1	4	2	1	4	1	2	1	1	5
Bór górski wilgotny	-	3	-	5	-	-	-	-	-	-	3	5	-	1	1	-	5	1	1	-	-
Bór bagienny	1	3	1	1	4	4	1	1	3	3	4	1	4	1	2	1	1	1	2	1	5
Bór górski bagienny	-	3	-	4	1	1	1	-	-	-	4	5	4	1	1	-	4	1	1	-	-
Bór mieszany świeży	3	4	5	2	4	4	3	3	3	3	2	2	4	4	3	5	2	4	3	4	5
Bór mieszany wyżynny świeży	3	4	5	1	2	2	3	3	3	3	3	3	4	4	3	5	1	4	3	4	5
Bór mieszany górski świeży	4	4	5	4	3	3	3	4	4	4	5	5	5	3	2	5	4	3	2	4	5
Bór mieszany wilgotny	3	3	4	2	2	2	3	3	3	3	3	2	4	3	2	4	2	3	2	2	5
Bór mieszany wyżynny wilgotny	3	-	5	1	2	2	3	3	4	4	-	-	5	-	-	5	1	-	-	2	5
Bór mieszany górski wilgotny	-	4	5	5	2	2	3	-	3	3	5	4	4	3	1	5	5	3	1	2	5
Bór mieszany bagienny	1	3	1	2	1	1	2	1	4	4	4	2	4	2	1	1	2	2	1	1	4
Bór mieszany górski bagienny	-	2	1	4	1	1	1	-	3	3	5	4	4	2	1	1	4	2	1	1	5
Las mieszany świeży	4	2	5	2	3	3	4	4	4	4	2	3	4	5	4	5	2	5	4	5	4
Las mieszany wyżynny świeży	5	2	5	1	3	3	3	4	3	3	2	4	4	2	3	5	1	2	3	5	4
Las mieszany górski świeży	4	3	5	3	2	2	4	5	5	5	2	5	4	3	3	5	3	3	3	5	4
Las mieszany wilgotny	3	2	4	2	2	2	3	3	4	4	2	2	4	5	3	4	2	5	3	2	4
Las mieszany wyżynny wilgotny	4	-	4	1	2	2	3	3	4	4	-	-	5	-	-	4	1	-	-	2	5
Las mieszany górski wilgotny	-	2	5	4	2	2	4	-	4	4	4	4	4	4	3	5	4	4	3	2	5
Las mieszany bagienny	1	2	1	2	2	2	2	1	4	4	4	2	4	4	1	1	2	4	1	1	3
Las świeży	5	1	5	2	4	4	5	4	4	4	1	3	3	4	5	5	2	4	5	5	2
Las wyżynny świeży	5	2	4	1	4	4	5	5	4	4	3	4	3	5	5	4	1	5	5	5	4
Las górski świeży	4	2	4	2	4	4	5	5	5	5	5	5	5	4	4	5	4	2	4	5	4
Las wilgotny	3	1	3	2	5	5	4	3	4	4	2	3	2	4	3	3	2	4	3	2	2
Las wyżynny wilgotny	4	-	3	2	4	4	4	3	4	3	-	-	3	-	-	3	2	-	-	2	3
Las górski wilgotny	3	2	3	2	5	5	4	3	5	5	5	4	5	4	3	3	2	4	3	3	4
Las łęgowy	5	1	1	2	5	5	5	3	3	3	1	3	1	2	1	1	2	2	1	1	1
Las łęgowy wyżynny	3	-	1	2	5	5	4	2	3	3	-	-	1	-	-	1	2	-	-	2	1
Las łęgowy górski	-	2	1	2	5	5	4	-	4	4	4	4	3	5	2	1	2	5	2	2	2
Ols jesionowy	2	1	1	2	4	4	4	2	4	4	2	3	2	5	2	1	2	5	2	1	1
Ols jesionowy wyżynny	2	1	1	1	4	4	3	2	3	3	3	3	1	-	2	1	1	-	2	1	1
Ols	1	1	1	2	2	2	3	2	4	4	2	3	2	3	2	1	2	3	2	1	2



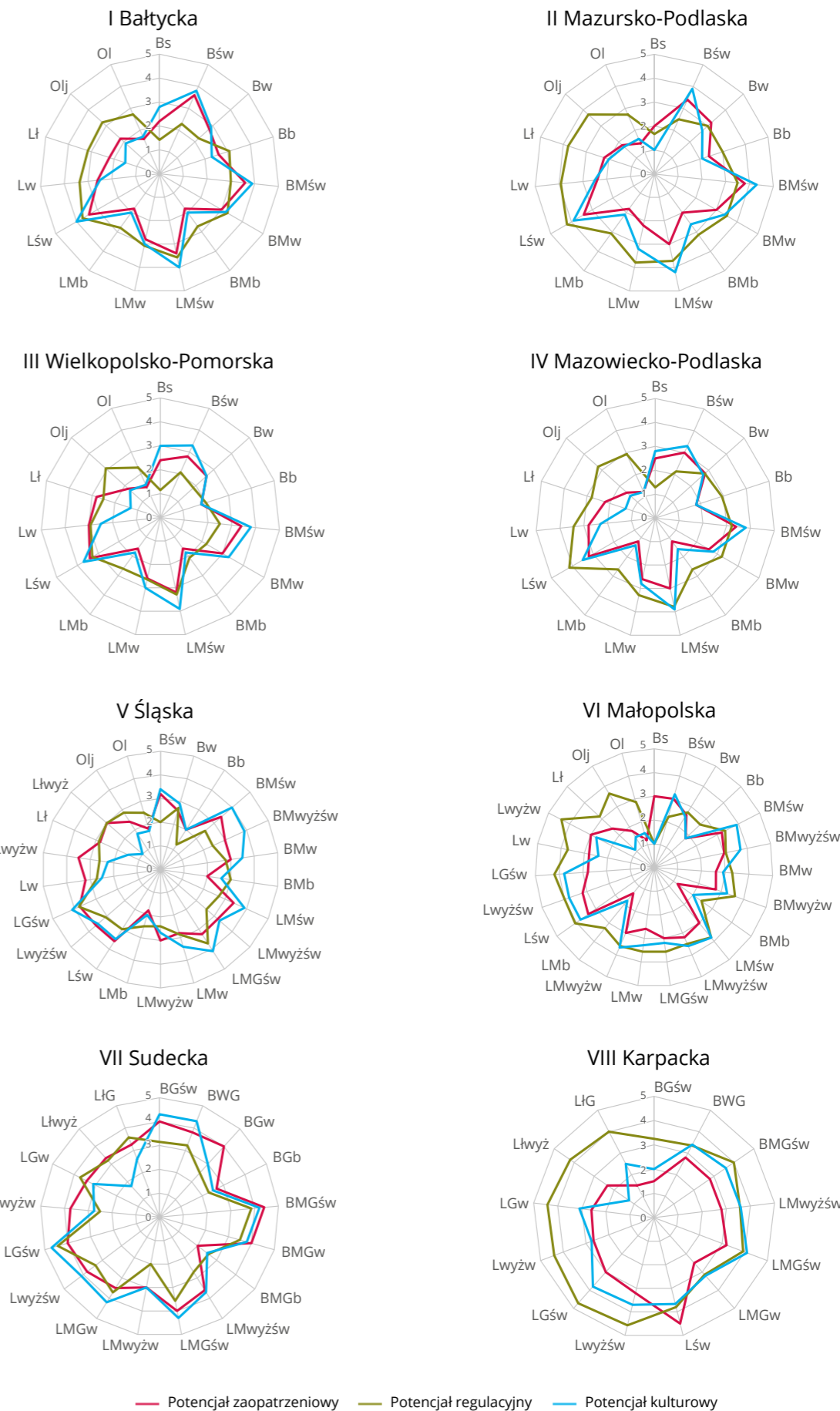
RYCINA 13. Całościowy potencjał typów siedliskowych lasu do świadczenia wszystkich kluczowych usług w skali Polski. Wartość uśredniona z potencjałów cząstkowych na hektar lasu, gdzie: 1 – bardzo niski potencjał, 5 – bardzo wysoki potencjał

bagienno w krainach Bałtyckiej i Mazursko-Podlaskiej jest zauważalnie wyższy niż w pozostałych krainach. Najbardziej wyrównany potencjał zaopatrzeniowy ma las świeży (3,4). Inna sytuacja jest w krainach górskich (Sudeckiej i Karpackiej), gdzie wszystkie typy lasów mają zdecydowanie wyższe wartości w Sudetach. Różnice te po części wynikają z niewielkiej powierzchni niektórych typów siedliskowych lasu (np. boru górskiego świeżego i lasu łęgowego górskiego), a w konsekwencji braku danych dla części usług, co z kolei skutkowało uwzględnieniem

do porównań potencjału innego zestawu usług zaopatrzeniowych. Takich ograniczeń nie ma, gdy bierze się pod uwagę potencjał zaopatrzeniowy bez podziału na typy siedliskowe, czyli łącznie dla wszystkich lasów w danej krainie (Rycina 16). Również wówczas kraina Sudecka zdecydowanie wyprzedza krainę Karpacką (4,0 vs. 3,0), a także wszystkie pozostałe krainy. Krainy północne pod względem potencjału zaopatrzeniowego lasów plasują się minimalnie wyżej (o 0,2–0,3) od najbliższych w tym aspekcie krain centralnej i wschodniej Polski.



RYCINA 14. Potencjał zaopatrzeniowy, regulacyjny i kulturowy typów siedliskowych lasu do świadczenia usług w skali Polski. Wartość uśredniona z potencjałów dla pojedynczych usług na hektar lasu, gdzie: 1 – bardzo niski potencjał, 5 – bardzo wysoki potencjał. Objaśnienie skrótów typów siedliskowych lasu na Rycinie 13 (powyżej)



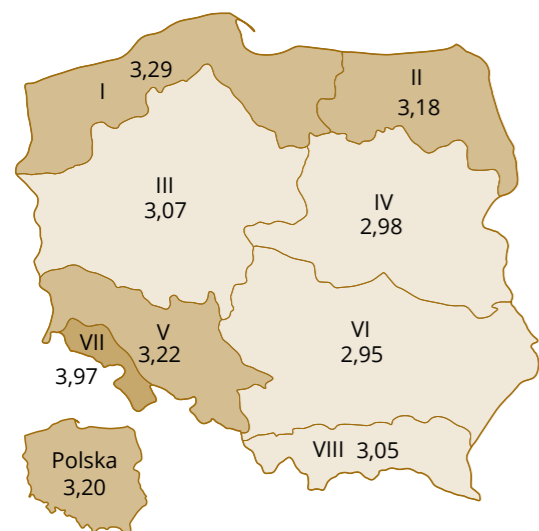
RYCINA 15. Potencjał zaopatrzeniowy, regulacyjny i kulturowy typów siedliskowych lasu do świadczenia usług w poszczególnych krainach przyrodniczo-leśnych. Wartość uśredniona z potencjałów dla pojedynczych usług na hektar lasu, gdzie: 1 – bardzo niski potencjał, 5 – bardzo wysoki potencjał. Objaśnienie skrótów typów siedliskowych lasu na Rycinie 13

POTENCJAŁ REGULACYJNY

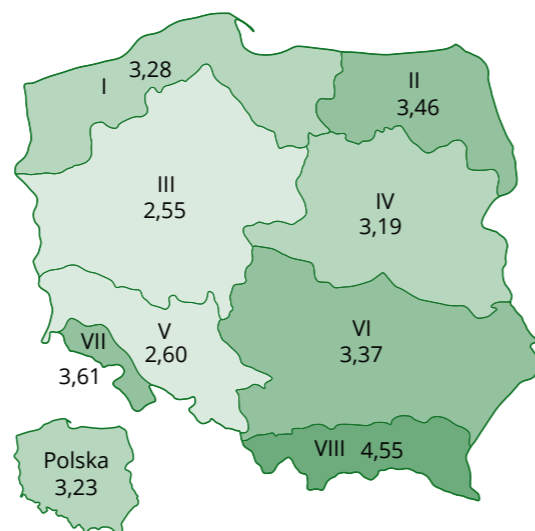
Na potencjał lasów do świadczenia usług regulacyjnych składa się siedem usług: zapylenie, regulacja klimatu globalnego, regulacja klimatu lokalnego, oczyszczanie powietrza z pyłów, zapobieganie erozji gleby, zapobieganie powodziom i utrzymywanie siedlisk. W przypadku usług scharakteryzowanych dwoma wskaźnikami do obliczenia potencjału zagregowanego w pierwszej kolejności wyciągano średnią z tych wskaźników, a następnie brano ją do obliczenia średniej dla wszystkich rozpatrywanych usług

regulacyjnych. Zakres uzyskanych wartości w skali ogólnopolskiej rozciąga się od bardzo niskich dla wyraźnie odstającego boru suchego (1,3) do bardzo wysokich dla lasu górskiego świeżego i wilgotnego (4,6–4,7) (Rycina 14). Wysoki potencjał wykazują także inne typy górskie: łęg górski i bór mieszany górski świeży (oba po 3,9).

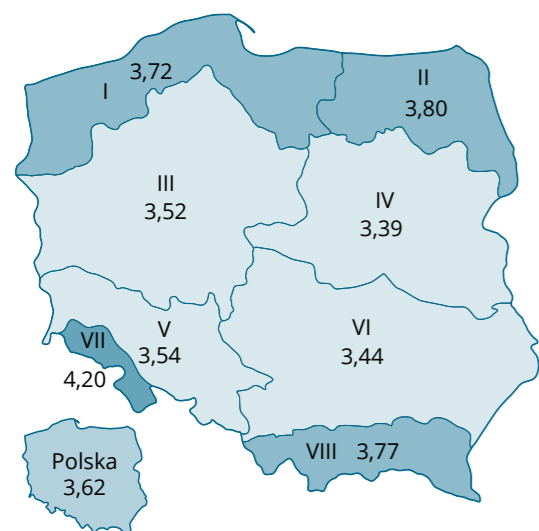
Potencjał regulacyjny typów siedliskowych lasu w poszczególnych krainach jest dość zróżnicowany (Rycina 15). W krainach nizinnych niemalże bez wyjątku najwyższe wartości potencjału notują typy lasów



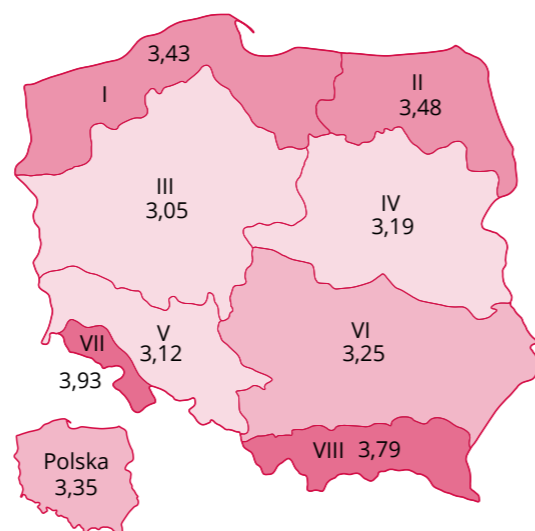
Potencjał zaopatrzeniowy
Drewno, owoce leśne, grzyby, dziczyzna, miód



Potencjał regulacyjny
Zapylenie, regulacja klimatu globalnego i lokalnego, oczyszczanie powietrza, zapobieganie erozji i powodziom, utrzymywanie siedlisk



Potencjał kulturowy
Grzybobranie, polowanie, nauka i edukacja, rekreacja, regeneracja sił



Potencjał całościowy
Wszystkie kluczowe usługi

RYCINA 16. Potencjał zaopatrzeniowy, regulacyjny, kulturowy i całościowy (ogólny) lasów do świadczenia usług w Polsce i w poszczególnych krainach przyrodniczo-leśnych. Wartość uśredniona z potencjałów dla pojedynczych usług, gdzie: 1 – bardzo niski potencjał, 5 – bardzo wysoki potencjał, z uwzględnieniem udziałów powierzchniowych poszczególnych typów siedliskowych lasu

w krainie Mazursko-Podlaskiej, a najniższe – w krainie Wielkopolsko-Pomorskiej. Natomiast w krainach górskich wszystkie typy lasów (za wyjątkiem lasu mieszanego górskiego wilgotnego) mają wyższe wartości potencjału w krainie Karpackiej. Jeszcze większe różnice można zaobserwować w krainach wyżynnych, z reguły na korzyść krainy Małopolskiej. Przykładowo, las świeży w krainie Śląskiej ma potencjał do świadczenia usług regulacyjnych równy 3,0, a w Małopolskiej – 4,1. Podobna sytuacja jest w przypadku lasu mieszanego wyżynnego świeżego (2,6 w krainie Śląskiej, 3,5 w Małopolskiej). Przy uwzględnieniu w porównaniach udziałów poszczególnych typów siedliskowych lasu zdecydowanie najwyższy potencjał regulacyjny spośród wszystkich krain mają lasy w krainie Karpackiej (4,6), wyraźnie niższy – lasy Sudetów oraz północnej i wschodniej Polski (3,2–3,6), a najniższy – lasy na środkowym zachodzie kraju (2,6) (Rycina 16).

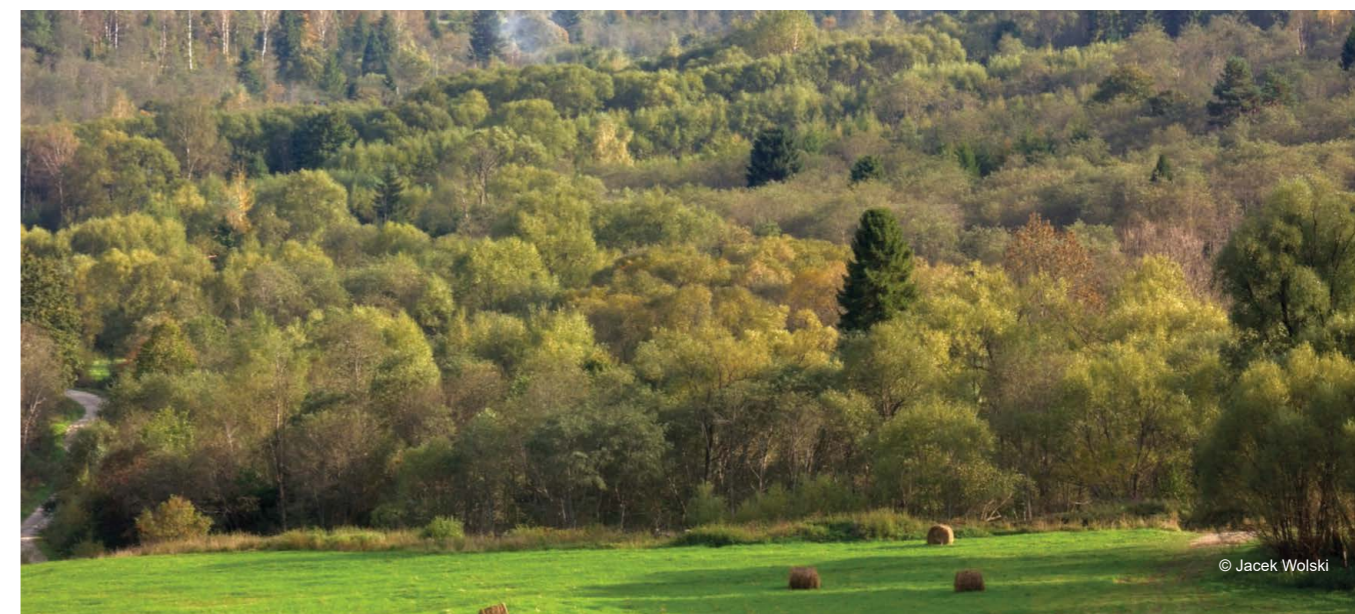
POTENCJAŁ KULTUROWY

Na potencjał lasów do świadczenia usług kulturowych, czyli do stwarzania warunków do interakcji na łonie przyrody, składa się pięć usług: grzybobranie, polowanie, nauka i edukacja, rekreacja oraz regeneracja sił. W przypadku nauki i edukacji do obliczenia zagregowanego potencjału kulturowego najpierw wyciągano średnią z dwóch opisujących tę usługę wskaźników. Zakres uzyskanych wartości w skali ogólnopolskiej rozciąga się od 1,2 dla olsu jesionowego wyżynnego i 1,3 dla lasu łęgowego do 4,3 dla boru górskiego świeżego (Rycina 14). Wysokie wartości (3,9–4,1) odnotowano także dla innych górskich typów lasów (np. bór wysokogórski, las mieszany górski wilgotny) oraz dla niektórych typów lasów na siedliskach świeżych (np. bór mieszany i las mieszany).

Potencjał kulturowy typów siedliskowych lasu w poszczególnych krainach jest i dla tej grupy usług dość zróżnicowany, choć są krainy, dla których jest niemal identyczny (patrz kraina Wielkopolsko-Pomorska i Mazowiecko-Podlaska) (Rycina 15). Na tle pozostałych krain wyróżnia się niski potencjał kulturowy boru suchego w krainie Mazursko-Podlaskiej, ale nie z uwagi na inny charakter tego lasu w tej krainie, ale przede wszystkim ze względu na brak danych dla części usług kulturowych notujących w tym typie zwykle wysokie wartości. Natomiast wiele typów lasu właśnie w krainie Mazursko-Podlaskiej uzyskało wyższe wyniki niż w innych krainach nizinnych, w tym łęgi oraz wszystkie typy borów mieszanych i lasów mieszanych. Jeśli chodzi o krainy górskie to wszystkie typy lasów notują wyższe wartości w krainie Sudeckiej. Biorąc pod uwagę udziały poszczególnych typów siedliskowych lasu, najwyższy potencjał kulturowy spośród wszystkich krain charakteryzuje lasy w krainie Sudeckiej (4,2), nieco niższy – lasy Karpat i północnej Polski, a najniższy – lasy w krainach centralnej Polski (3,4–3,5) (Rycina 16).

RELACJE MIĘDZY POTENCJAŁAMI ZAGREGOWANYMI

Potencjały wielousługowe obliczone w ramach poszczególnych sekcji usług nie są od siebie niezależne, choćby ze względu na to, że część wskaźników była wykorzystana do oceny potencjału par usług należących do różnych sekcji. Analiza siły zależności wykazała, że **najsilniej powiązane są potencjały zaopatrzeniowe i kulturowe** (współczynnik korelacji r Pearsona = 0,80; $p < 0,001$), nieco słabiej, choć nadal istotnie statystycznie, potencjały



© Jacek Wolski

regulacyjne i kulturowe ($r = 0,40$; $p = 0,019$), a naj-
słabiej, poniżej progu istotności, potencjały zaopa-
trzeniowe i regulacyjne ($r = 0,30$; $p = 0,077$). Takie
zależności są bardzo podobne do tych uzyskanych
we wcześniejszych badaniach wielousługowych pro-
wadzonych na Suwalszczyźnie, gdzie rozpatrywano
29 wskaźników usług i 42 typy ekosystemów, w tym
25 leśnych [S1]. Tam również dodatnio skorelowa-
ne były potencjały regulacyjne i kulturowe, a poniżej
progu istotności potencjały zaopatrzeniowe i regu-
lacyjne. Podobnie układała się również hierarchia
typów lasów pod względem zagregowanych poten-
cjałów, mimo zastosowania innych wskaźników
i metod badawczych (m.in. metody partycypacyjne
bazujące na opiniach lokalnych społeczności). Bory
i bory mieszane w obu badaniach charakteryzowa-
ły się najwyższym potencjałem zaopatrzeniowym
i jednym z najniższych potencjałów regulacyjnych,
zaś lasy na siedliskach bagiennych wyróżniały się
najniższym potencjałem kulturowym [S1].

POTENCJAŁ CAŁOŚCIOWY

Całościowy (ogólny) potencjał wielousługowy typów
siedliskowych lasu, będący średnią arytmetycz-
ną potencjału zaopatrzeniowego, regulacyjnego
i kulturowego, przyjmuje wartości od 1,9 dla olsu
jesionowego wyżynnego do 4,0 dla boru mieszane-
go górskiego świeżego (Rycina 13). Bór suchy, lasy
łęgowe oraz wszystkie typy lasów na siedliskach
bagiennych mają niski potencjał ogólny, nieprze-
kraczający 2,4, a w przypadku wariantów górskich
2,8. Na drugim biegunie jest większość typów lasów
na siedliskach świeżych oraz wilgotnych, w tym
wszystkie górskie. Wartości 3,7 i większe uzyskały
obok wspomnianego boru mieszane go górskiego
świeżego także bór górski świeży, bór wysokogór-
ski, las mieszany świeży, las mieszany górski świeży
i las górski świeży.

Tabela 8. Typy siedliskowe lasu, dla których różnica między potencjałem zagregowanym (całościowym i cząstkowymi)
a potencjałem do dostarczania drewna jest największa (>1,0)

POTENCJAŁ			
Zaopatrzeniowy	Regulacyjny	Kulturowy	Całościowy
<ul style="list-style-type: none"> ■ Bór wysokogórski ■ Bór suchy ■ Bór świeży ■ Bór bagienny 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Las mieszany bagienny ■ Ols ■ Bór bagienny ■ Bór mieszany bagienny ■ Las górski wilgotny ■ Bór wysokogórski ■ Ols jesionowy 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Bór wysokogórski ■ Bór suchy ■ Bór świeży 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Bór wysokogórski ■ Bór bagienny ■ Las mieszany bagienny ■ Bór suchy ■ Bór mieszany bagienny

Z porównania całościowego potencjału lasów w po-
szczególnych krainach przyrodniczo-leśnych wynika,
że najwyższy potencjał notują lasy obu krain górskich
(Sudecka – 3,9, Karpacka – 3,8), a nieco za nimi pla-
sują się lasy krain północnych (Rycina 16). Najniższy
potencjał wykazują lasy w centralnej Polsce, szczegól-
nie w krainie Wielkopolsko-Pomorskiej (3,0).

DREWNO A POZOSTAŁE USŁUGI

Ze względu na znaczenie praktyczne dla gospodarki
leśnej, potencjał całościowy i potencjały cząstkowe:
zaopatrzeniowy, regulacyjny i kulturowy zestawiono
(po wyłączeniu z nich usługi dostarczania drewna)
z potencjałem typów lasu do dostarczania drewna.
Porównanie wykazało, że **bór wysokogórski, bór
suchy oraz bagienny typy: boru, boru mieszane go
i lasu mieszane go** należą do tych typów siedlisko-
wych, dla których **różnica między potencjałem cało-
ściowym a potencjałem do dostarczania drewna
jest największa** (Tabela 8). Oznacza to, że gospoda-
rowanie tymi lasami powinno być ukierunkowane na
inne usługi ekosystemowe niż dostarczanie drewna.

WIELOUSŁUGOWE HOTSPOTY

Z punktu widzenia gospodarki leśnej ważne jest nie
tylko określenie indywidualnego i zagregowanego
potencjału do dostarczania usług ekosystemowych,
ale także wskazanie typów lasu wyróżniających się
wysokim potencjałem do świadczenia wielu usług,
czyli tzw. hotspotów. Typy lasów o takim statusie
powinny być tak zarządzane, aby ich wysoki potencjał
wielousługowy miał szansę się zrealizować z korzy-
ścią dla społeczeństwa. Wysoki potencjał może być
różnie definiowany [np. S2; S3]. Na potrzeby raportu
status wielousługowego hotspotu nadano tym typom
lasów, które wykazują wysoki lub bardzo wysoki

(4 lub 5 ranga) potencjał do świadczenia przynajmniej
2/3 z rozpatrywanych usług ekosystemowych.

Przeprowadzona analiza wykazała, że **hotspotami
zaopatrzeniowymi** są bory górskie: wysokogór-
ski, świeży, mieszany świeży i mieszany wilgotny
(Rycina 17). W ich przypadku 75–80% usług zaopa-
trzeniowych może być dostarczana na wysokim lub
bardzo wysokim poziomie. Do **hotspotów regula-
cyjnych** należy przede wszystkim las górski świeży,
który charakteryzuje się wysokim lub bardzo wyso-
kim potencjałem do dostarczania wszystkich siedmiu
analizowanych usług regulacyjnych. Status hotspotu
regulacyjnego (6 na 7 usług regulacyjnych, 71%) przy-
pisać można także innym lasom i lasom mieszanym
na siedliskach świeżych i wilgotnych. Natomiast aż 9
z 35 rozpatrywanych typów siedliskowych lasu, w tym
zarówno bory oraz bory mieszane, jak i lasy oraz lasy
mieszane, spełnia kryteria wielousługowego **hotspo-
ta kulturowego**. Co więcej, znaczna część z nich ma
także status hotspotu regulacyjnego lub zaopatrze-
niowego. Jedynie bór mieszany świeży w wariancie

nizinnym i wyżynnym jest hotspotem tylko w zakresie
usług kulturowych. Pięć typów siedliskowych lasu ma
status **hotspota** wielousługowego **ogólnego**, obej-
mującego wszystkie kluczowe usługi dostarczane
przez polskie lasy. Najwyżej uplasowany w tej kate-
gorii las górski świeży ma wysoki lub bardzo wysoki
potencjał do dostarczania 14 z 17 branż pod uwa-
gę usług (82%) (Rycina 17). Warto zwrócić uwagę, że
jest to najpopularniejszy górski typ lasu w Polsce,
występujący na 3 tys. km² gruntów w zarządzie Lasów
Państwowych.

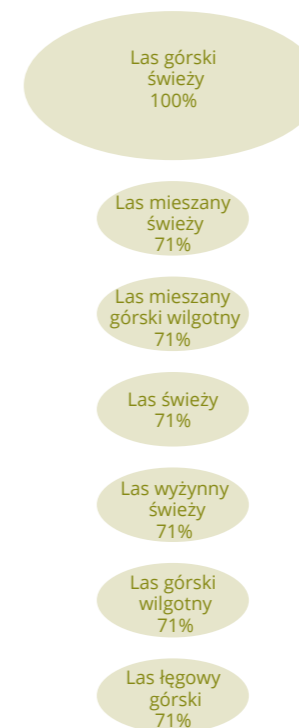
INTERPRETACJA WYNIKÓW

Istotą niniejszego raportu jest **porównanie potencja-
łu różnych typów lasu do świadczenia usług**. Wyniki
pokazały, że ekosystemy leśne różnią się pod względem
tego potencjału, zarówno na poziomie pojedynczej
usługi, jak i potencjału zagregowanego (łączącego kil-
ka usług z jednej sekcji) oraz całościowego (łączącego

Hotspoty zaopatrzeniowe
Drewno, owoce leśne,
grzyby, dziczyzna, miód



Hotspoty regulacyjne
Zapylanie, regulacja klimatu globalnego
i lokalnego, oczyszczanie powietrza,
zapobieganie erozji i powodziom,
utrzymywanie siedlisk



Hotspoty kulturowe
Grzybobranie, polowanie,
nauka i edukacja,
rekreacja, regeneracja sił



Hotspoty ogólne
Wszystkie usługi



RYCINA 17. Typy siedliskowe lasu o wyróżniającym potencjale do świadczenia wielu usług (usługowe hotspoty). Wartości procentowe pokazują, do świadczenia jakiej części usług dany typ lasu ma wysoki lub bardzo wysoki potencjał

usługi z wszystkich sekcji). Co więcej, są one również odmienne pod względem wielofunkcyjności, i tylko niektóre typy ekosystemów leśnych można uznać za wielousługowe hotspoty.

W celu uzyskania wiarygodnego porównania typów lasu **założono, że porównywane będą lasy dojrzałe**, czyli takie, w których zakończył się proces szybkich przemian struktury drzewostanu i jego funkcjonowania i rozpoczął się okres stosunkowo stabilny. Operacyjnie przełożyło się to na włączenie do analiz jedynie lasów z drzewostanem w wieku powyżej 80 lat. Niemniej, przeprowadzone dodatkowe analizy pokazały, że średni wiek lasów „dojrzałych” w różnych typach siedliskowych lasu istotnie różnił się między sobą (średnia 101 lat; odchylenie standardowe 10 lat), choćby ze względu na wiek rębności gatunków panujących czy dominujące reżimy ochronne. Dlatego niektóre różnice w potencjale poszczególnych typów lasu, szczególnie dla usług powiązanych z dojrzałością drzewostanu, w jakimś stopniu mogą zależeć od różnego średniego wieku drzew rosnących w badanych lasach.

Szacowanie potencjału zagregowanego i wyłanianie wielousługowych hotspotów **jest procesem złożonym**. Nawet niewielkie modyfikacje procedury postępowania na którymkolwiek z jego etapów (założenia, wybór usług i ich operacyjne zdefiniowanie, konstrukcja wskaźników, dobór danych źródłowych) mogą wpłynąć na uzyskane wyniki. Jednak mimo odmiennych wartości liczbowych zgeneralizowany obraz stanu powinien pozostać bardzo zbliżony.

Wybór usług i ich wskaźników został poprzedzony szeroką kwerendą literaturową i konsultacjami. Konstruując wskaźniki czerpano z najlepszych wzorców krajowych i europejskich. Inspirację stanowiły propozycje metodyczne wypracowane m.in. w ramach inicjatywy MAES (*Mapping and Assessment of Ecosystem Services*) powołanej przez Komisję Europejską, a także podczas realizacji ogólnopolskiego projektu ECOSERV-POL „Usługi świadczone przez główne typy ekosystemów w Polsce – podejście stosowane”, koordynowanego przez Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu. Niemniej, z uwagi na brak standardowych rozwiązań stosowanych do pomiaru potencjału ekosystemów do świadczenia usług, luki w wiedzy dotyczące oceny usług, a także potrzebę dopasowania konstrukcji wskaźników do istniejących danych, **znaczna część wskaźników to oryginalne propozycje autorów** niniejszego raportu, bazujące na ich wieloletnim doświadczeniu badawczym w tym zakresie [m.in. S1, S4, S5].

Analiza łączna wielu usług także wymagała przyjęcia szeregu założeń. Jednym z istotniejszych jest to, że

każdą usługę traktowano tak samo, co oznacza, że wszystkim usługom nadano wagę równą 1. Decyzja ta wiązała się z brakiem wystarczających przesłanek i danych źródłowych do przyjęcia zróżnicowanych wag. Faktem jest, że usługa usłudze nie jest równa, jednak ustalenie ważności usług, czyli ich wartościowanie, nie wydaje się być domeną nauki, a raczej polityki i praktyki (dotyczy to w szczególności usług regulacyjnych i kulturowych). Każdy Czytelnik może na własne potrzeby i według swojego uznania nadać określone wagi usługom i wykorzystując klasy potencjału ujęte w Tabeli 7 przeprowadzić własną analizę potencjałów zagregowanych według proponowanej w tym raporcie metodyki. Warto bowiem zauważyć, że nasze postrzeganie lasu jest kształtowane nie tylko przez jego „obiektywny” potencjał, ale także przez wiele innych czynników, w tym własne doświadczenie w korzystaniu z usług [S6]. Przy czym, jak pokazały wcześniejsze badania, większe doświadczenie w korzystaniu z określonej usługi skutkuje bardziej adekwatnym rozpoznaniem jej rzeczywistej wartości, zaś samo korzystanie z usług może modyfikować właściwości i potencjał ekosystemów [S7].

Z uwagi na to, że **wartości wskaźników** obliczono dla typów ekosystemów leśnych, **mapy** przedstawiające potencjał lasów w krainach przyrodniczo-leśnych **nie uwzględniają kontekstu krajobrazowego** (zależności przestrzennych wynikających z określonej konfiguracji płatów lasu i wzajemnego sąsiedztwa) [S8]. Jednak po uzupełnieniu oceny o analizy na poziomie krajobrazu wartości wskaźników nie charakteryzowałyby typów lasu, tylko wynikałyby z szerszego kontekstu przestrzennego, a każdy fragment lasu miałby przypisaną unikalną wartość. Taka analiza w skali ogólnopolskiej byłaby zadaniem dalece wykraczającym poza ramy tego raportu. Przedstawione wartości potencjału dla danego typu lasu, uzyskane z dużej próby danych i dodatkowo zróżnicowane według krain przyrodniczo-leśnych, mogą być wysoce reprezentatywnymi danymi wejściowymi charakteryzującymi typy lasu w badaniach w skali lokalnej, które następnie można uzupełnić o szczegółowe analizy przestrzenne.

Przy interpretacji wyników, w szczególności tych prezentowanych na mapach dla krain przyrodniczo-leśnych, należy pamiętać, że **potencjał lasu jest**

podawany w przeliczeniu na jednostkę powierzchni (przeważnie na 1 hektar lasu). Dlatego wielkość krainy czy łączna powierzchnia lasów w krainach nie rzutuje na wielkość potencjału. Dla części usług (drewno, owoce leśne, dziczyzna, regulacja klimatu globalnego, zapobieganie erozji gleby) konstrukcja wskaźników umożliwia przeliczenie potencjału z wartości otrzymanej na jednostkę powierzchni na całkowitą powierzchnię lasu, np. w danej krainie lub w całej Polsce. W tym celu należy uzyskane wartości liczbowe (nie rangi) przemnożyć przez powierzchnię lasów >80 lat (aktualny, całociowy potencjał lasów dojrzałych) lub przez powierzchnię wszystkich lasów w danej jednostce odniesienia (potencjał hipotetyczny lasów przy zachowaniu aktualnej lesistości).

Zaproponowane postępowanie metodyczne oceny potencjału poszczególnych typów lasu jest na tyle uniwersalne, że **może być stosowane w badaniach realizowanych w różnych skalach przestrzennych**. W skali lokalnej dane charakteryzujące typy lasu można dodatkowo uzupełnić o szczegółowe analizy przestrzenne uwzględniające kontekst krajobrazowy, dopełniający ujęcie potencjałowe.



© Andrzej Affek
Las górski świeży w Beskidzie Niskim

POWIĄZANIA MIĘDZY USŁUGAMI

Kluczowe usługi ekosystemowe świadczone przez lasy grupują się w sześć wiązek. Wiązki te są tworzone przez usługi z różnych sekcji, a ich współwystępowanie wynika z zależności od podobnych charakterystyk ekosystemu leśnego. Najważniejsze cechy lasu wpływające na potencjał do dostarczania usług to uwilgotnienie i żyzność gleby, skład gatunkowy i struktura przestrzenna roślinności. Przewaga pozytywnych zależności między potencjałami pokazuje, że zbyt intensywne korzystanie z jednej usługi może bezpośrednio wpłynąć na zmniejszenie korzyści z innej usługi.

GRUPOWANIE USŁUG

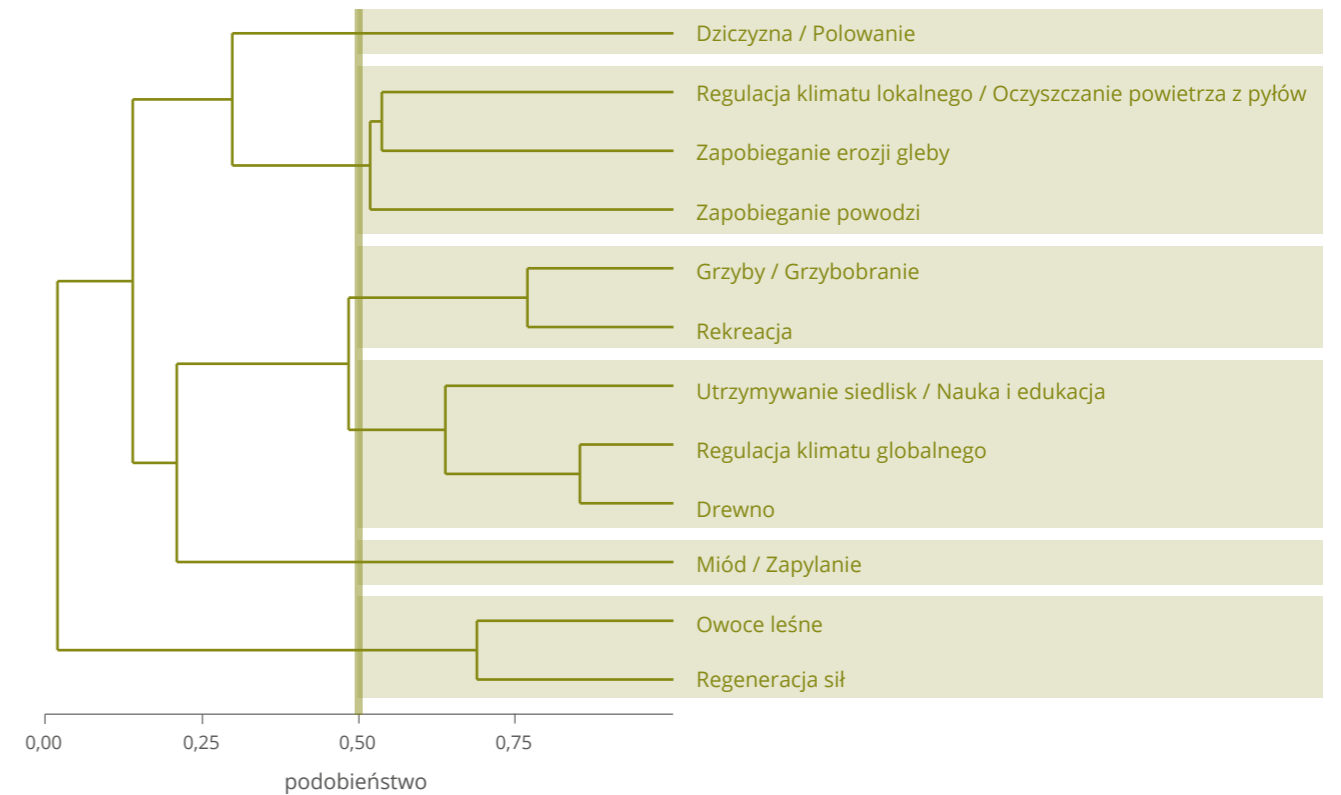
Przy jednoczesnym rozpatrywaniu wielu różnych usług stosuje się termin – **wiązka usług ekosystemowych** (ang. *ecosystem service bundle*), definiowany jako zestaw usług ekosystemowych, które występują razem w przestrzeni lub czasie [T1]. Powiązania między usługami mogą wynikać z dwóch niewykluczających się mechanizmów: (1) wspólnych uwarunkowań, które wpływają na jedną lub wiele usług w tym samym czasie (np. obecność specyficznych gatunków roślin, zmiana użytkowania gruntów, zmiany hydrologiczne), lub (2) bezpośrednich interakcji między usługami (np. zależność od tych samych procesów ekologicznych). Lasy są ekosystemami wielofunkcyjnymi, mogą zatem świadczyć w tym samym czasie wiele różnych usług. Określenie zależności między tymi usługami jest konieczne do właściwego gospodarowania i zapewnienia trwałości ekosystemów leśnych oraz zrównoważonego korzystania z dostarczanych przez nie usług [T2].

Do **wskazania wiązek usług ekosystemowych** zastosowano analizę skupień, która wyodrębni grupy (skupienia) podobnych do siebie obiektów (Rycina 18), natomiast **powiązania między usługami** scharakteryzowano na podstawie analizy korelacji między parami wskaźników (Tabela 9). W obu

analizach wykorzystano znormalizowane wartości wskaźników obliczone dla typów siedliskowych lasu dla całej Polski. W przypadku, gdy potencjał do dostarczenia danej usługi określany był za pomocą dwóch wskaźników, w analizach użyto ich średniej wartości, natomiast usługi opisane tym samym wskaźnikiem ujęto łącznie, ponieważ z natury przyjętych rozwiązań metodycznych tworzą one ścisłe wiązki. Otrzymany **dendrogram podobieństwa** pozwolił na wyłonienie sześciu wiązek (podobieństwo na poziomie >0,50): trzech wielousługowych i trzech dwuousługowych.

Pierwsza wiązka wielousługowa obejmuje cztery usługi regulacyjne: zapobieganie erozji gleby i zapobieganie powodziom oraz dwie opisane tym samym wskaźnikiem – regulacja klimatu lokalnego i oczyszczanie powietrza z pyłów. Pomędzy wszystkimi usługami tworzącymi tę wiązkę istnieją istotne pozytywne korelacje ($p < 0,01$), średni współczynnik korelacji wynosi 0,56 (Tabela 9). Cechą łączącą usługi tworzące tę wiązkę jest zależność od gatunkowej i warstwowej struktury roślinności danego ekosystemu leśnego. Najwyższy potencjał osiągają lasy wielogatunkowe i wielowarstwowe.

Drugą wiązkę wielousługową tworzą: drewno, regulacja klimatu globalnego, utrzymywanie siedlisk oraz nauka i edukacja. Ta wiązka charakteryzuje się silnymi



RYCINA 18. Grupowanie usług ekosystemowych w odniesieniu do potencjału do ich dostarczania przez typy siedliskowe lasu (metoda średnich połączeń nieważonych – UPGMA)

TABELA 9. Korelacje między usługami ekosystemowymi (podano wartości współczynnika rang Spearmana z $p \leq 0,05$, pogrubiono z $p \leq 0,01$; korelacje pozytywne – na zielono, negatywne – na czerwono)

	Drewno	Owoce leśne	Grzyby / Grzybobranie	Dzikizna / Polowanie	Miód / Zapylenie	Regulacja klimatu globalnego	Regulacja klimatu lokalnego / Oczyszczanie z pyłów	Zapobieganie erozji gleby	Zapobieganie powodziom	Utrzymywanie siedlisk / Nauka i edukacja	Rekreacja	Regeneracja sił
Drewno												
Owoce leśne												
Grzyby / Grzybobranie	0,59	0,51										
Dzikizna / Polowanie												
Miód / Zapylenie	0,38	-0,42										
Regulacja klimatu globalnego	0,91	-0,42			0,58							
Regulacja klimatu lokalnego / Oczyszczanie z pyłów		-0,40				0,37						
Zapobieganie erozji gleby							0,55					
Zapobieganie powodziom		0,40	0,53				0,46	0,67				
Utrzymywanie siedlisk / Nauka i edukacja	0,57		0,39			0,48	0,68	0,54				
Rekreacja	0,68		0,80			0,55				0,63		
Regeneracja sił		0,89	0,46			-0,57	-0,52		0,51			

pozytywnymi korelacjami pomiędzy usługami – średni współczynnik korelacji wynosi 0,72 (Tabela 9), które wynikają z jednej strony ze współzależności od cech drzewostanu (przede wszystkim składu gatunkowego i biomasy), a z drugiej ze związanego z żyznością siedlisk ogólnego bogactwa gatunkowego. Największy potencjał do łącznego dostarczania tych usług wykazują bogate gatunkowo, liściaste lasy świeże. Usługi z tej wiązki tworzą również istotne pozytywne korelacje z usługami następnej wiązki grupującej grzyby i grzybobranie oraz rekreację. Cechy charakterystyczne dla tej wiązki to zależność od składu i struktury przestrzennej drzewostanów oraz parametrów siedliskowych (przede wszystkim wilgotności gleby).

Kolejną wiązkę, tym razem jedynie dwuusługową, tworzą bardzo wysoko skorelowane (współczynnik korelacji 0,89) usługi: zaopatrzeniowa – owoce leśne i kulturowa – regeneracja sił. Obydwie usługi związane są z obecnością specyficznych grup gatunków roślin, nieodzownych by usługa była dostarczana. Najwyższy potencjał do dostarczania tych usług mają bory i bory mieszane, w których dominują drzewa iglaste, a w runie występują krzewinki dające jadalne owoce. Obie usługi są negatywnie skorelowane z innymi dwoma usługami tworzącymi kolejną wiązkę: miód i zapylanie, zależnymi również od szczególnej grupy gatunków – roślin miododajnych. Ta ostatnia wiązka, przez zależność od składu gatunkowego, wykazuje istotne korelacje z usługami skupiającymi się w wiązce: drewno, regulacja klimatu globalnego, utrzymywanie siedlisk oraz edukacja i nauka.

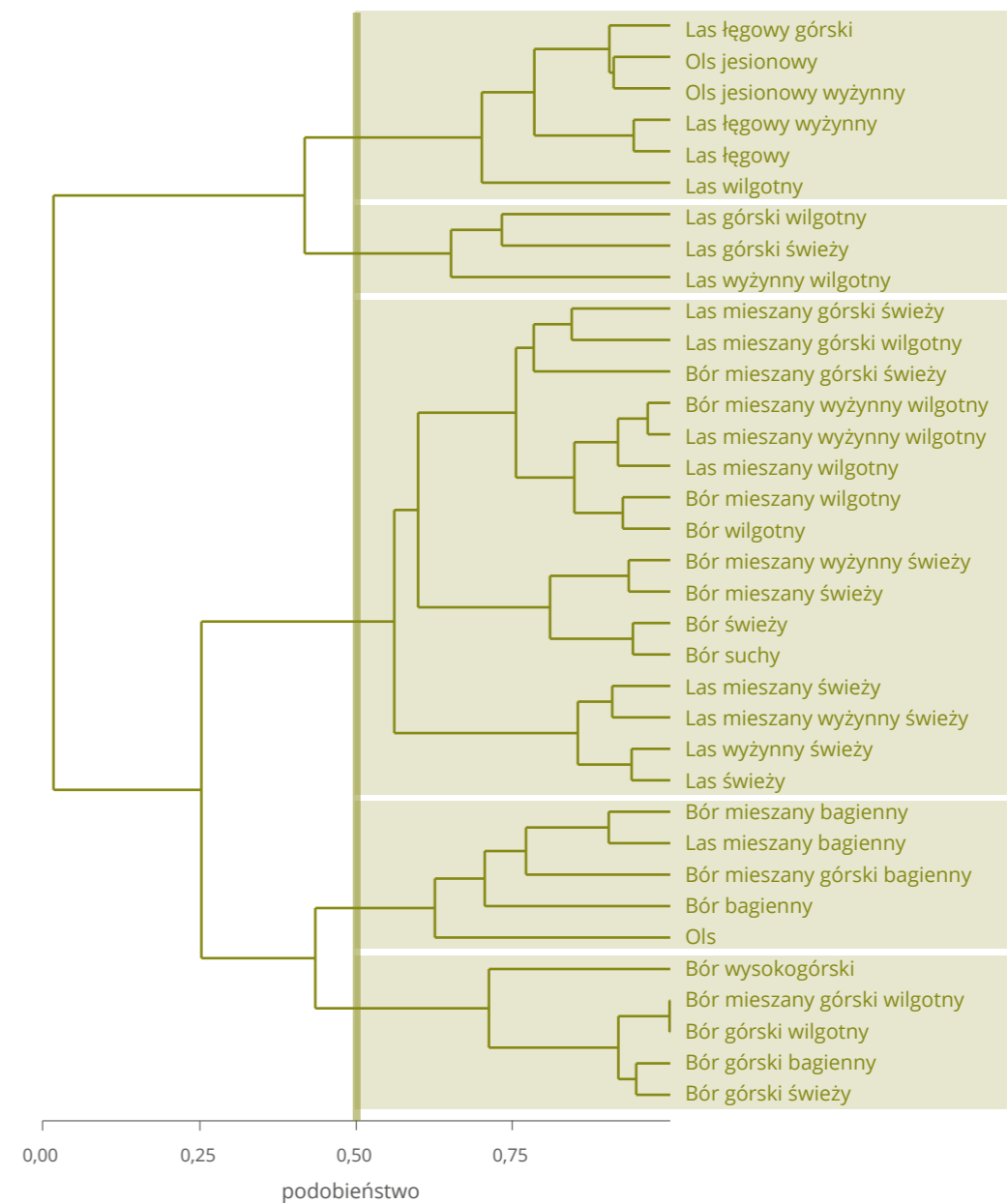
Ostatnią wiązkę tworzą usługi: dziczyzna i polowanie, opisane podobnie jak usługi z poprzedniej wiązki jednym wskaźnikiem. Brak istotnych powiązań z innymi usługami może wynikać z ich specyfiki – jako jedyne

bezpośrednio dotyczą zwierząt oraz przyjętej metody oceny potencjału uwzględniającej m.in. wszystkie lasy, a nie tylko starsze niż 80 lat oraz obwody łowieckie jako pierwotne jednostki odniesienia.

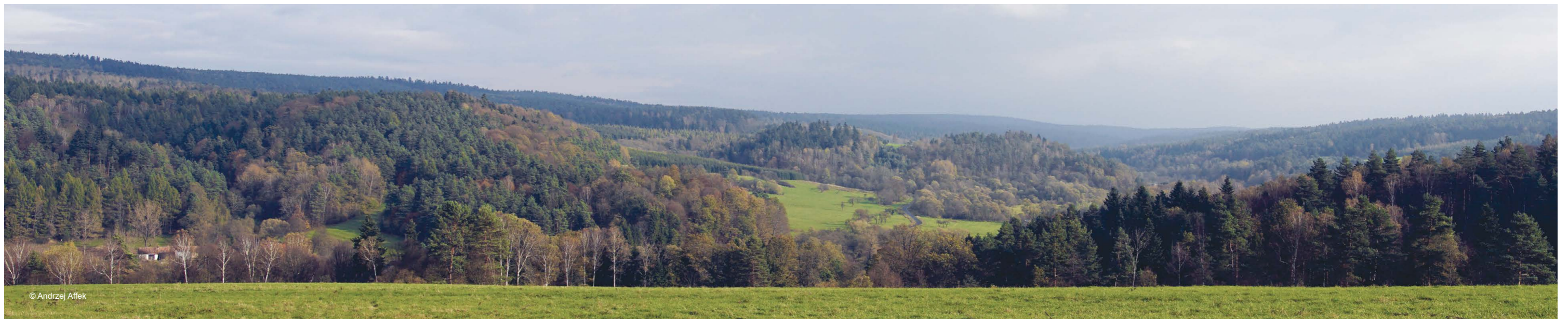
Zaobserwowano liczne pozytywne korelacje między usługami zgrupowanymi nie tylko w wyróżnionych wiązkach, ale także pomiędzy usługami z różnych wiązek, które świadczą zarówno o współwystępowaniu wielu procesów zachodzących w ekosystemach leśnych, jak i zależności usług od tych samych procesów ekologicznych lub wspólnych dostawców świadczeń (np. specyficznych grup gatunków). Wyłonione wiązki tworzone są przez usługi reprezentujące różne sekcje: usługi zaopatrzeniowe łączą się z usługami regulacyjnymi i kulturowymi. To oznacza, że te same lasy wykazują potencjał do dostarczania bardzo różnych świadczeń (należy jednak pamiętać, że nie analizowano możliwości realizacji tego potencjału). Przewaga pozytywnych związków między usługami pokazuje, że zbyt intensywne korzystanie z jednej usługi może bezpośrednio wpłynąć na zmniejszenie korzyści z innej usługi. Nieliczne korelacje negatywne wynikają ze zróżnicowania składu gatunkowego (z braku specyficznych gatunków – dostawców danej usługi np. roślin dających jadalne owoce) oraz struktury zbiorowisk charakterystycznych dla poszczególnych typów siedliskowych lasu.

GRUPOWANIE TYPÓW LASÓW

Analiza powiązań między usługami została uzupełniona o **analizę podobieństwa między typami siedliskowymi lasu** w odniesieniu do ich potencjału do dostarczania usług ekosystemowych (Rycina 19).



RYCINA 19. Grupowanie typów siedliskowych lasu w odniesieniu do ich potencjału do dostarczania usług ekosystemowych (metoda średnich połączeń nieważonych UPGMA)



W tej analizie każda usługa była traktowana oddzielnie. Otrzymany dendrogram pokazuje grupowanie typów siedliskowych lasu na kilku poziomach. Przyjmując wartość podobieństwa na poziomie 0,50 można wyłonić pięć głównych grup odzwierciedlających zróżnicowanie składu gatunkowego, struktury i warunków siedliskowych (wilgotności i żyzności gleb) charakterystycznych dla poszczególnych typów siedliskowych lasu. Najbardziej czytelny jest podział na typy siedliskowe borowe i lasowe, przy czym typy pośrednie: bory mieszane i lasy mieszane współwystępują w dwóch grupach. Typy borowe i lasowe dzielą się z kolei na kilka mniejszych grup, przede wszystkim ze względu na stopień i sposób uwilgotnienia gleby. Ponadto, osobno grupują się typy nizinne i wyżynne, a oddzielnie górskie.

Do określenia czynników, które wpłynęły na grupowanie typów siedliskowych lasu ze względu na ich potencjał do dostarczania usług zastosowano analizę składowych głównych PCA (Rycina 20). Pierwsza składowa wyjaśnia 43% wariancji i porządkuje typy siedliskowe lasu przede wszystkim zgodnie z gradientem wilgotnościowym. Z jednej strony znajdują się typy zalewowe, bagienne i wilgotne, a z drugiej świeże. Uwilgotnienie siedlisk, obok składu gatunkowego drzewostanów, przede wszystkim określa potencjał lasów do dostarczania grzybów i grzybobrania. Świeże warianty typów siedliskowych lasu są także chętniej wybierane do rekreacji.

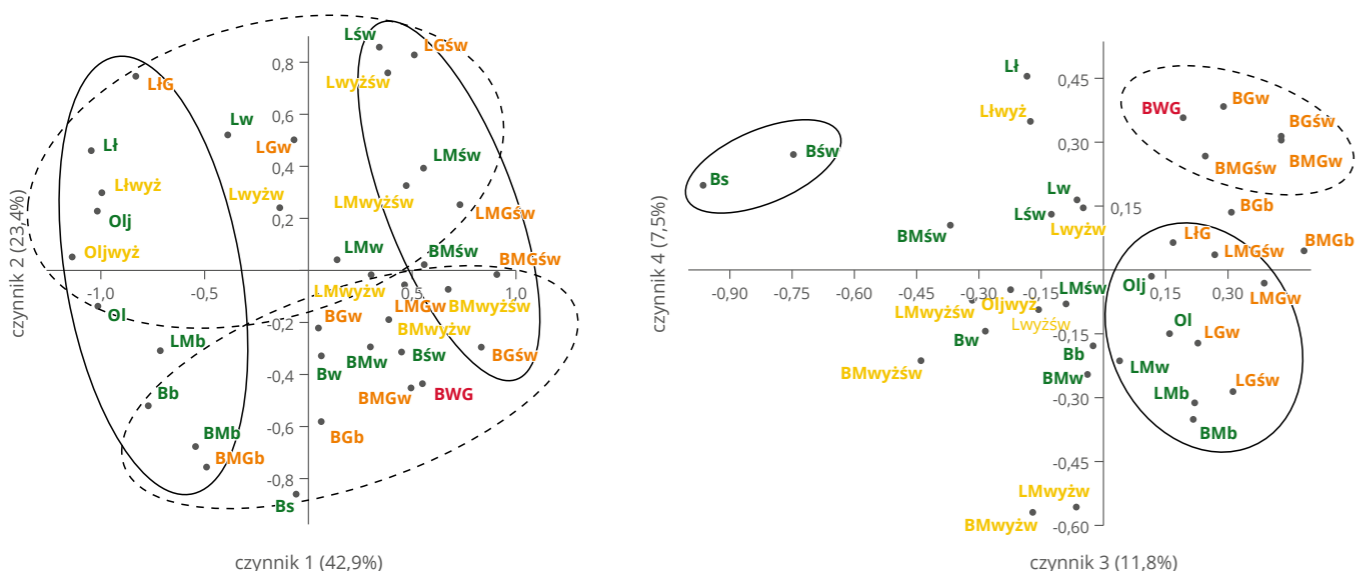
Druga składowa wyjaśnia 23% wariancji i różnicuje typy siedliskowe lasu pod względem żyzności gleby.

Z jednej strony są ubogie bory, a z drugiej żyzne typy lasów liściastych. Z tą cechą związana jest przede wszystkim grupa usług: regulacja klimatu globalnego oraz miód i zapylenie. Na potencjał do dostarczania tych usług wpływa również skład gatunkowy drzewostanu oraz innych warstw lasu. Ujemne korelacje obu usług z usługą kulturową regeneracji sił potwierdzają takie uzasadnienie (Tabela 9). Typy siedliskowe borowe wykazują większy potencjał terapeutyczny, natomiast lasy liściaste większy potencjał do regulacji klimatu globalnego oraz dostarczania miodu i zapylenia roślin.

Trzecia składowa wyjaśnia 12% wariancji i jest związana ze strukturą przestrzenną i gatunkową roślinności. Z jednej strony znajdują się wielowarstwowe i wielogatunkowe lasy mieszane i bory mieszane, wykazujące wysoki potencjał do regulacji klimatu lokalnego, oczyszczania powietrza z pyłów oraz zapobiegania powodzi, a z drugiej bory, uboższe w gatunki i mające mniej zwarty drzewostan i podszyt.

Czwarta składowa wyjaśnia 7,5% wariancji i oddziela wyraźnie grupę borów górskich mających wysoki potencjał do dostarczania dziczyzny i świadczenia usługi polowania.

Wyniki analizy składowych głównych pokazały, że potencjał lasów do świadczenia usług ekosystemowych związany jest ze zróżnicowaniem uwilgotnienia i żyzności gleby, charakterystycznym dla poszczególnych typów siedliskowych lasu, a także składem gatunkowym i strukturą przestrzenną roślinności.



RYCINA 20. Współrzędne czynnikowe dla typów siedliskowych lasu uzyskane w wyniku analizy składowych głównych. Typ wysokogórski na czerwono, górskie na pomarańczowo, wyżynne na żółto, a nizinne na zielono. Objasnienie skrótów typów siedliskowych lasu na Rycinie 13



© Anna Kowalska
Las świeży w Puszczy Białowieskiej

WNIOSKI DLA GOSPODARKI LEŚNEJ

ZRÓZNICOWANY POTENCJAŁ USŁUGOWY LASÓW

Lasy w Polsce dostarczają wielu istotnych usług i korzyści dla ludzi, przy czym ich **potencjał znacznie różni się w zależności od typu siedliskowego lasu i krainy przyrodniczo-leśnej**. Zróżnicowanie w zakresie potencjału zaopatrzeniowego, regulacyjnego i kulturowego powinno być brane pod uwagę przy podejmowaniu decyzji dotyczących zarządzania i ochrony lasów oraz wykorzystywania ich zasobów.

HOTSPOT WIELOUSŁUGOWY

Las górski świeży ma wysoki potencjał do dostarczania największej liczby kluczowych usług lasów (14 z 17), co zapewnia mu status wielousługowego leśnego hotspotu. Co więcej, jako jedyny typ lasu ma wysoki potencjał do świadczenia wszystkich analizowanych usług regulacyjnych. Z tego względu rekomenduje się w tym typie lasu prowadzenie gospodarki leśnej ukierunkowanej na maksymalizację podaży usług regulacyjnych i jednocześnie zaniechanie działań, które mogłyby utrudniać realizację jego potencjału.

USŁUGI KULTUROWE A POZYSKANIE DREWNA

Bór wysokogórski, bór suchy i bór świeży to typy lasu, dla których różnica między potencjałem kulturowym a potencjałem do produkcji drewna jest największa. W przypadku dwóch pierwszych typów lasów, zajmujących niewielką ogólną powierzchnię i szczególnie wrażliwych na zniszczenia powstające przy pozyskiwaniu drewna rekomenduje się zaniechanie takich działań. W przypadku boru świeżego, znacznie powszechniejszego na terenie Polski, zaleca się prowadzenie gospodarki leśnej podporządkowanej świadczeniu usług kulturowych na obszarach o niskiej lesistości, a także w pobliżu dużych skupisk ludności, dla której pozyskiwanie drewna może ograniczać możliwość interakcji z ekosystemem leśnym (np. rekreację czy regenerację sił).

POWIĄZANIA MIĘDZY USŁUGAMI

Przy planowaniu kierunków gospodarki leśnej powinny być uwzględniane powiązania między usługami ekosystemowymi. Znajomość tych powiązań wynikających ze współzależności usług od tych samych procesów i cech ekosystemów (przede wszystkim **uwilgotnienia i żyzności gleby, składu gatunkowego i struktury przestrzennej roślinności**) pozwoli uniknąć sytuacji, w której zbyt intensywne korzystanie z jednej usługi znacząco zmniejszy korzyści z innej usługi. Powiązania między usługami mogą być także wykorzystane przy ocenie potencjału w sytuacji braku danych.

OCHRONA LASÓW RZADKICH

Znaczna liczba typów siedliskowych lasu, które zajmują najmniejszą powierzchnię w Polsce (np. bór suchy, bór bagienny, las łęgowy na niżu, niektóre postaci wilgotnościowe wariantów wyżynnych boru mieszanego oraz lasu i lasu mieszanego, a także górskie bory i bory mieszane bagiennie), to jednocześnie **zbiorniki roślinne rzadkie w Polsce i należące do siedlisk Natura 2000**. Mimo że w porównaniu z innymi typami lasu mają one z reguły niski potencjał do świadczenia usług, zarówno zaopatrzeniowych, regulacyjnych i kulturowych, to ze względu na tzw. wartość samoistną, wynikającą z ich unikalności, należy je chronić dla przyszłych pokoleń.

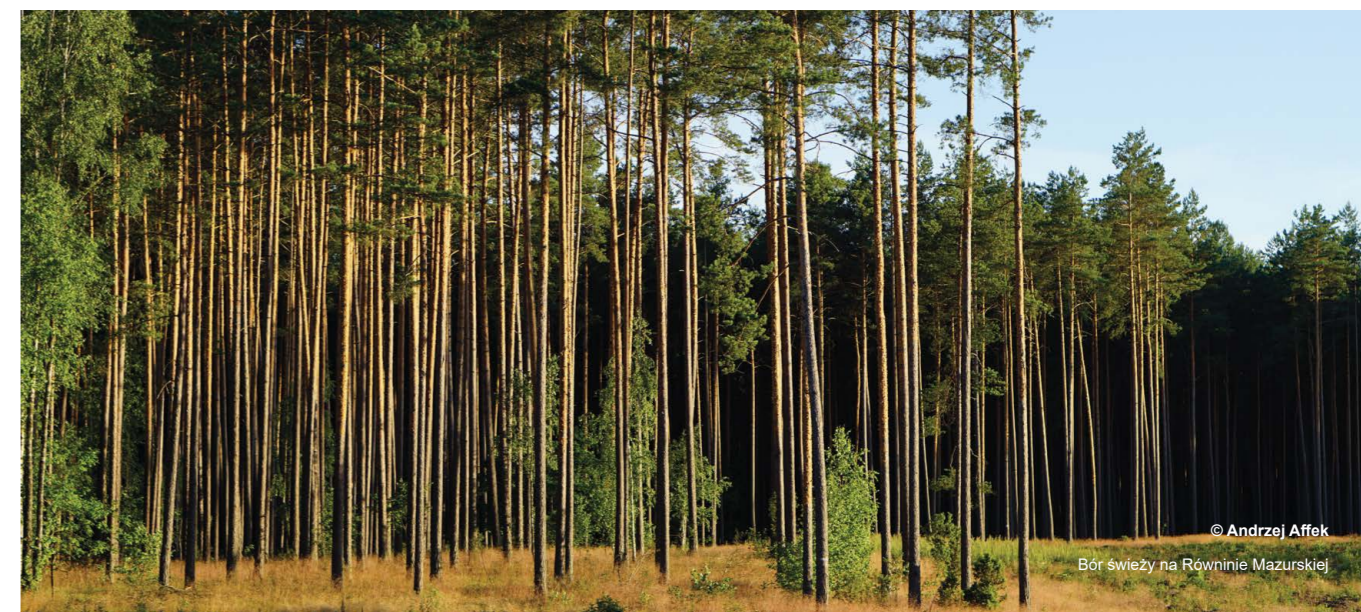
MONITORING

Ze względu na ogólnopolski zakres opracowania i uwzględnienie całej palety kluczowych usług ekosystemów leśnych, zaproponowane podejście metodyczne (w tym wskaźniki potencjału, źródła danych oraz rozwiązanie syntetyzujące wyniki), jak również forma prezentacji wyników mogą posłużyć jako **fundament programu monitoringowego potencjału usługowego polskich lasów**. W praktyce może

on być częścią funkcjonującego Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego (uwzględniającego już wybrane usługi ekosystemowe) lub Monitoringu Lasów, który jest podsystemem Monitoringu Przyrody. Zakres pomiarów i obserwacji terenowych w ramach Monitoringu Lasów jest na tyle szeroki i wszechstronny, że włączenie do niego oceny potencjału do świadczenia usług wiązałoby się jedynie z niewielkim jego rozszerzeniem, zwłaszcza że część proponowanych wskaźników bazuje na bezpłatnych danych satelitarnych. Powołanie szeroko zakrojonego i wieloletniego monitoringu leśnych usług ekosystemowych, może być skutecznym narzędziem do przewidywania kierunków zmian w zależności od sposobu gospodarowania.

MECHANIZM FINANSOWY

Motywacja i zaangażowanie właścicieli i zarządców lasów pełni kluczową rolę w kształtowaniu potencjału lasów do świadczenia usług najbardziej pożądanых przez społeczeństwo. Wiele osób jest zależnych od lasów jako źródła utrzymania i obecnie ich główny dochód pochodzi z zatrudnienia przy różnych pracach leśnych oraz sprzedaży drewna. Zapewnianie innych usług, z których korzysta ogół społeczeństwa (w tym usług regulacyjnych, kulturowych czy nie-drzewnych produktów lasu, takich jak grzyby i owoce leśne), zwykle nie przynosi właścicielom/zarządcom dochodu. Jeśli więc ich interes rozmija się z potrzebami społeczeństwa, należy rozważyć **wprowadzenie mechanizmu finansowego rekompensującego utratę dochodu z produkcji drewna i pokrycie kosztów utrzymania wielousługowego potencjału lasów** na zadowalającym poziomie.



BIZNES

Istotną rolę w utrzymaniu i podnoszeniu potencjału usługowego polskich lasów mogą odegrać duże i średnie przedsiębiorstwa, które, tak jak inne podmioty działające w Unii Europejskiej, muszą osiągnąć neutralność klimatyczną do 2050 r. i wprowadzać działania kompensujące emisję CO₂. Jednym z takich działań może być **pokrywanie utraconego dochodu** właścicielom lub zarządcom lasów **w wyniku przestawienia gospodarki leśnej zorientowanej na produkcję drewna na zorientowaną na wiązanie i gromadzenie węgla**. Dotyczy to przede wszystkim lasów o wysokim potencjale do regulacji klimatu globalnego, czyli lasów i lasów mieszanych świeżych oraz łęgowych.

EDUKACJA SPOŁECZEŃSTWA

W systemach demokratycznych to społeczeństwo w dużej mierze nadaje kierunek polityce państwa. Choć wiedza w społeczeństwie na temat wielorakich korzyści płynących z lasu jest duża, to jednak z powodu rozległości zagadnienia bywa niekompletna. Ponadto, nie zawsze posiadanie odpowiedniej wiedzy ma przełożenie na bieżące działania i podejmowane decyzje, szczególnie w sytuacji presji ekonomicznej. W celu udoskonalenia gospodarki leśnej i ukierunkowania jej na maksymalizację podaży usług najbardziej potrzebnych społeczeństwu, **rekomenduje się prowadzenie akcji edukacyjnych popularyzujących postrzeganie lasów przez pryzmat całego wachlarza korzyści**, jakich mogą nam dostarczyć. Naturalnym miejscem do prowadzenia takiej edukacji są Leśne Kompleksy Promocyjne jako obszary wdrażania proekologicznej polityki leśnej państwa. Niniejszy raport niech posłuży jako narzędzie do realizacji tego celu.

LITERATURA

ROZDZIAŁ 1. WPROWADZENIE

LASY W POLSCE

- A1. Matuszkiewicz W., 2002. Przewodnik do oznaczania zbiorowisk roślinnych Polski. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN.
- A2. Weiner J., 2003. Życie i ewolucja biosfery. Podręcznik Ekologii Ogólnej. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN.
- A3. Puchalski T., Prusinkiewicz Z., 1990.: Ekologiczne podstawy siedliskoznawstwa leśnego. Warszawa: Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne.
- A4. Ustawa z dnia 28 września 1991 r. o lasach (Dz.U. 2022 poz. 672).
- A5. Wielkoobszarowa inwentaryzacja stanu lasów w Polsce. Wyniki za okres 2017–2021, 2022. Sękocin Stary: Biuro Urządzania Lasu i Geodezji Leśnej.
- A6. Wyniki aktualizacji stanu powierzchni leśnej i zasobów drzewnych w lasach poza zarządem PGL Lasy Państwowe na dzień 1 stycznia 2021 roku, 2022. Sękocin Stary: Biuro Urządzania Lasu i Geodezji Leśnej.
- A7. BDL, 2022. Bank Danych o Lasach. <https://www.bdl.lasy.gov.pl/portal/zestawienia> (stan z 1.01.2022 r.).
- A8. Forest Europe, 2020. State of Europe's Forests 2020.
- A9. Zajączkowski G., Jabłoński M., Jabłoński T., Szmidla H., Kowalska A., Małachowska J. i in., 2021. Raport o stanie lasów w Polsce 2020. Warszawa: Centrum Informacyjne Lasów Państwowych.
- A10. Jabłoński T., Skrzecz I., Tarwacki G., Sukovata L., Ślusarski S., Wolski R. i in., 2022. Krótkoterminowa prognoza występowania ważniejszych szkodników i chorób infekcyjnych drzew leśnych

w Polsce w 2022 roku. Sękocin Stary: Instytut Badawczy Leśnictwa.

- A11. Mielcarska K., Szymanowski M., 2021. Kondycja drzewostanów w Polsce – uwarunkowania i metody badań. Prace i Studia Geograficzne, 66, 83–118.
- A12. Ustawa z dnia 16 kwietnia 2004 r. o ochronie przyrody (Dz.U. 2022 poz. 916).
- A13. Nowakowska J., Orzechowski M., 2018. Lasy ochronne w Polsce – zarys historii na tle Europy. Sylwan, 162, 598–609.
- A14. Rozporządzenie Ministra Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa z dnia 25 sierpnia 1992 r. w sprawie szczegółowych zasad i trybu uznawania lasów za ochronne oraz szczegółowych zasad prowadzenia w nich gospodarki leśnej (Dz.U. 1992 nr 67 poz. 337).

USŁUGI EKOSYSTEMÓW LEŚNYCH

- B1. Solon J., Roo-Zielińska E., Affek A., Kowalska A., Kruczkowska B., Wolski J. i in., 2017. Świadczenia ekosystemowe w krajobrazie młodogłacjalnym. Ocena potencjału i wykorzystania. Warszawa: Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN, Wydawnictwo Akademickie SEDNO.
- B2. TEEB, 2010. The economics of ecosystems and biodiversity. Ecological and Economic Foundation. London and Washington: Earthscan.
- B3. Ruggeri K., Garcia-Garzon E., Maguire Á., Matz S., Huppert F.A., 2020. Well-being is more than happiness and life satisfaction: a multidimensional analysis of 21 countries. Health and Quality of Life Outcomes, 18, 192.
- B4. Haines-Young R.H., Potschin M.B., 2018. Common International Classification of Ecosystem

Services (CICES) V5.1. And Guidance on the Application of the Revised Structure (Nottingham).

- B5. Potschin M., Haines-Young R., 2011. Ecosystem services. Exploring a geographic perspective. Progress in Physical Geography, 35, 575–594.
- B6. FAO, 2020. Global Forest Resources Assessment 2020: Main report. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- B7. Balloffet N., Deal R., Hines S., Larry B., Smith N., 2012. Ecosystem Services and Climate Change. Washington: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Climate Change Resource Center.
- B8. ONZ, 2021. System of Environmental-Economic Accounting – Ecosystem Accounting (SEEA EA). White cover (pre-edited) version. https://seea.un.org/sites/seea.un.org/files/documents/EA/seea_ea_white_cover_final.pdf
- B9. Affek A., Degórski M., Wolski J., Solon J., Kowalska A., Roo-Zielińska E. i in., 2020. Ecosystem service potentials and their indicators in post-glacial landscapes: Assessment and mapping. Amsterdam, Oxford, Cambridge: Elsevier.
- B10. Matuszkiewicz J.M., Affek A., Kowalska A., 2021. Current and potential carbon stock in the forest communities of the Białowieża Biosphere Reserve. Forest Ecology and Management, 502, 119702.
- B11. Affek A., Kowalska A., 2017. Ecosystem potentials to provide services in the view of direct users. Ecosystem Services, 26, 183–196.
- B12. MEA, 2005. Ecosystems and Human Well-being. Vol. 1. Findings of the Condition and Trends. Working Group of the Millennium Ecosystem Assessment. Washington: Island Press, London: Covel.
- B13. SincereForests, 2022. Forests' contribution to people. <https://sincereforests.eu/forests/forest-ecosystem-services>
- B14. Jenkins M., Schaap B., 2018. Forest Ecosystem Services. Background Analytical Study 1. United Nations Forum on Forests, Global Forest Goals.
- B15. Kowalska A., Affek A., Regulska E., Wolski J., Kruczkowska B., Kołaczowska E. i in., 2019. Łęgi jesionowo-wiązowe w dolinie środkowej Wisły – stan ekosystemów pozbawionych zalewów i wytyczne do działań ochronnych. Przegląd Geograficzny, 91, 295–323.

RAMY PRAWNE ZRÓWNOWAŻONEJ GOSPODARKI LEŚNEJ

- C1. Konferencja Narodów Zjednoczonych na temat Środowiska i Rozwoju, Rio de Janeiro, 3–14 czerwca 1992 z inicjatywy ONZ.
- C2. Porozumienie paryskie do Ramowej konwencji Narodów Zjednoczonych w sprawie zmian klimatu, sporządzonej w Nowym Jorku dnia 9 maja 1992 r., przyjęte w Paryżu dnia 12 grudnia 2015 r. (Dz.U. 2017 poz. 36).
- C3. Konwencja Narodów Zjednoczonych w sprawie zwalczania pustynnienia w państwach dotkniętych poważnymi suszami i/lub pustynnieniem, zwłaszcza w Afryce, sporządzona w Paryżu dnia 17 czerwca 1994 r. (Dz.U. 2002 nr 185 poz. 1538).
- C4. Kaliszewski A., 2018a. Cele polityki leśnej w Polsce w świetle aktualnych priorytetów leśnictwa w Europie. Część 2. Priorytety polityki leśnej w Europie. Leśne Prace Badawcze, 79, 169179.
- C5. Kaliszewski A., Gil W., 2017. Cele i priorytety „Polityki leśnej państwa” w świetle porozumień procesu Forest Europe (dawniej MCPFE). Sylwan, 161, 648–658.
- C6. Mik C., Borek A., 2021. Zmiany klimatu w świetle prawa Unii Europejskiej i prawa polskiego na tle porównawczym. Warszawa: Instytut Ochrony Środowiska-PIB.
- C7. Komunikat Komisji do Parlamentu Europejskiego, Rady Europejskiej, Rady, Komitetu Ekonomiczno-Społecznego i Komitetu Regionów. Europejski Zielony Ład. COM(2019) 640 final. Bruksela, dnia 11.12.2019 r.
- C8. Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2021/1119 z dnia 30 czerwca 2021 r. w sprawie ustanowienia ram na potrzeby osiągnięcia neutralności klimatycznej i zmiany rozporządzeń (WE) nr 401/2009 i (UE) 2018/1999 (Europejskie prawo o klimacie) (Dz. Urz. UE L 243/1 z 9.07.2021 r.)
- C9. Komunikat Komisji do Parlamentu Europejskiego, Rady, Europejskiego Komitetu Ekonomiczno-społecznego, Komitetu Regionów. Unijna strategia na rzecz bioróżnorodności 2030. Przywracanie przyrody do naszego życia. COM(2020) 380 final. Bruksela, dnia 20.05.2020 r.

- C10. Komunikat Komisji do Parlamentu Europejskiego, Rady, Europejskiego Komitetu Ekonomiczno-społecznego, Komitetu Regionów. Strategia „od pola do stołu” na rzecz sprawiedliwego, zdrowego i przyjaznego dla środowiska systemu żywnościowego. COM(2020) 381 final. Bruksela, dnia 20.05.2020 r.
- C11. Komunikat Komisji do Parlamentu Europejskiego, Rady, Komitetu Ekonomiczno-Społecznego i Komitetu Regionów, Nowa strategia leśna UE 2030. COM(2021) 572 final. Bruksela, dnia 16.07.2021 r.
- C12. Komunikat Komisji do Parlamentu Europejskiego, Rady, Europejskiego Komitetu Ekonomiczno-Społecznego i Komitetu Regionów. „Gotowi na 55”: osiągnięcie unijnego celu klimatycznego na 2030 r. w drodze do neutralności klimatycznej. COM(2021) 550 final. Bruksela, dnia 14.07.2021 r.
- C13. Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady zmieniające rozporządzenie (UE) 2018/841 w odniesieniu do zakresu stosowania, uproszczenia przepisów dotyczących zgodności, określenia celów państw członkowskich na 2030 r. i zobowiązania do zbiorowego osiągnięcia neutralności klimatycznej do 2035 r. w sektorze użytkowania gruntów, leśnictwa i rolnictwa oraz rozporządzenie (UE) 2018/1999 w odniesieniu do poprawy monitorowania, sprawozdawczości, śledzenia postępów i przeglądu. COM(2021) 554 final. Bruksela, dnia 14.7.2021 r.
- C14. Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2018/841 z dnia 30 maja 2018 r. w sprawie włączenia emisji i pochłaniania gazów cieplarnianych w wyniku działalności związanej z użytkowaniem gruntów, zmianą użytkowania gruntów i leśnictwem do ram polityki klimatyczno-energetycznej do roku 2030 i zmieniające rozporządzenie (UE) nr 525/2013 oraz decyzję nr 529/2013/UE (Dz. Urz. UE L 156/1 z 19.06.2018 r.).
- C15. Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2018/2001 z dnia 11 grudnia 2018 r. w sprawie promowania stosowania energii ze źródeł odnawialnych (Dz. Urz. UE L 328/82 z 21.12.2018 r.).
- C16. Pörtner H.O., Scholes R.J., Agard J., Archer E., Arneth A., Bai X. i in., 2021. IPBES-IPCC co-sponsored workshop report on biodiversity and climate change. IPBES, IPCC.
- C17. Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/147/WE z dnia 30 listopada 2009 r. w sprawie ochrony dzikiego ptactwa (Dz. Urz. UE L 207 z 26.01.2010 r.).
- C18. Dyrektywa Rady 92/43/EWG z dnia 21 maja 1992 r. w sprawie ochrony siedlisk przyrodniczych oraz dzikiej fauny i flory (Dz. Urz. UE L 206 z 22.7.1992 r.)
- C19. <https://www.cbd.int/health>
- C20. Komisja Europejska, Dyrekcja Generalna ds. Środowiska, 2022. Działania w obronie interesów natury – Kompendium informacyjne. Utrata bioróżnorodności, ochrona przyrody i działania Unii Europejskiej na rzecz natury. Luksemburg: Urząd Publikacji Unii Europejskiej.
- C21. Komunikat Komisji do Parlamentu Europejskiego, Rady, Europejskiego Komitetu Ekonomiczno-społecznego, Komitetu Regionów. Droga do zdrowej planety dla wszystkich. Plan działania UE na rzecz eliminacji zanieczyszczeń wody, powietrza i gleby. COM(2021) 400 final. Bruksela, dnia 12.05.2021 r.
- C22. Komisja Europejska, Dyrekcja Generalna ds. Komunikacji Społecznej, 2021. Zrównoważone wykorzystanie naszych zasobów naturalnych. Luksemburg: Urząd Publikacji Unii Europejskiej.
- C23. Komunikat Komisji do Parlamentu Europejskiego, Rady, Europejskiego Komitetu Ekonomiczno-Społecznego i Komitetu Regionów. Zintensyfikowanie działań UE na rzecz ochrony i odtwarzania światowych lasów. COM(2019) 352 final. Bruksela, dnia 23.07.2019 r.
- C24. Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady w sprawie udostępniania na rynku unijnym i wywozu z Unii niektórych towarów i produktów związanych z wylesianiem i degradacją lasów oraz uchylecia rozporządzenia (UE) nr 995/2010. COM(2021) 706 final. Bruksela, dnia 17.11.2021 r.
- C25. Propozycja Rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady w sprawie odbudowy zasobów przyrodniczych. COM(2022) 304 final. Bruksela, dnia 22.06.2022 r.
- C26. Bożętka B., 2022. Przywracanie ekosystemów leśnych – cele i założenia działań globalnych w kontekście Dekady Przywracania Ekosystemów (2021–2030) ONZ. Przegląd Geograficzny, 94, 471–501.
- C27. Komunikat Komisji do Parlamentu Europejskiego, Rady, Europejskiego Komitetu Ekonomiczno-społecznego, Komitetu Regionów. Strategia UE na rzecz ochrony gleb 2030. Korzyści ze zdrowych gleb dla ludzi, żywności, przyrody i klimatu. COM(2021) 699 final. Bruksela, dnia 17.11.2021 r.
- C28. Smreczak B., Ukalska-Jaruga A., Ciepiel J., 2021. Zrównoważone użytkowanie gleb rolniczych w polityce Unii Europejskiej do 2050 r. Puławy: Studia i Raporty IUNG-PIB.
- C29. Konstytucja Rzeczypospolitej Polskiej z dnia 2 kwietnia 1997 r. (Dz.U. z 1997 r. nr 78 poz. 483).
- C30. Traktat o funkcjonowaniu Unii Europejskiej (wersja skonsolidowana) (Dz. Urz. UE C 326/47 z 26.10.2012 r.).
- C31. Natura 2000 i inne wymagania europejskiej ochrony przyrody – niezbędnik leśnika, 2012. Świebodzin: Wydawnictwo Klubu Przyrodników.
- C32. Ustawa z dnia 28 września 1991 r. o lasach (Dz.U. 2022 poz. 672).
- C33. Polityka leśna państwa, 1997. Warszawa: Ministerstwo Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa.
- C34. Uchwała nr 67 Rady Ministrów z dnia 16 lipca 2019 r. w sprawie przyjęcia „Polityki ekologicznej państwa 2030 – strategii rozwoju w obszarze środowiska i gospodarki wodnej” (M.P. 2019 poz. 794).
- C35. Kaliszewski A., 2018b. Cele polityki leśnej w Polsce w świetle aktualnych priorytetów leśnictwa w Europie. Część 3. Europejskie priorytety polityki leśnej w polskich dokumentach strategicznych i programowych związanych z lasami. Leśne Prace Badawcze, 79, 211–227.
- C36. Strategia na rzecz Odpowiedzialnego Rozwoju do roku 2020 (z perspektywą do 2030 r.), 2017. Warszawa: Ministerstwo Rozwoju.
- un.org/sites/seea.un.org/files/documents/EA/seea_ea_white_cover_final.pdf
- D2. Maes J., Teller A., Erhard M., Grizzetti B., Barredo J.I., Paracchini M.L. i in., 2018. Mapping and Assessment of Ecosystems and their Services: An analytical framework for mapping and assessment of ecosystem condition in EU. Luxembourg: Publications Office of the European Union.
- D3. Affek A., Degórski M., Wolski J., Solon J., Kowalska A., Roo-Zielińska E. i in., 2020. Ecosystem service potentials and their indicators in post-glacial landscapes: Assessment and mapping. Amsterdam, Oxford, Cambridge: Elsevier.
- D4. Matuszkiewicz J.M., Affek A., Kowalska A., 2021. Current and potential carbon stock in the forest communities of the Białowieża Biosphere Reserve. Forest Ecology and Management, 502, 119702.
- D5. Matuszkiewicz J.M., 2008. Zespoły roślinne Polski. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN.
- D6. Mroczkiewicz L., Trampler T., 1964. Typy siedliskowe lasu w Polsce. Prace IBL, 250. Warszawa: Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne.
- D7. Trampler T., Kliczkowska A., Dmyterko E., Sierpińska A., 1990. Regionalizacja przyrodniczo-leśna na podstawach ekologiczno-fizjograficznych. Warszawa: Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne.
- D8. Zielony R., Kliczkowska A., 2012. Regionalizacja przyrodniczo-leśna Polski 2010. Warszawa: Centrum Informacyjne Lasów Państwowych.
- D9. Raudsepp-Hearne C., Peterson G.D., Bennett E.M., 2010. Ecosystem service bundles for analyzing tradeoffs in diverse landscapes. PNAS, 107, 5242–5247.
- D10. Burkhard B., Kandziora M., Hou Y., Müller F., 2014. Ecosystem Service Potentials, Flows and Demands – Concepts for Spatial Localisation, Indication and Quantification. Landscape Online, 34, 1–32.
- D11. Solon J., Roo-Zielińska E., Affek A., Kowalska A., Kruczkowska B., Wolski J. i in., 2017. Świadczona ekosystemowa w krajobrazie młodoglacjalnym. Ocena potencjału i wykorzystania. Warszawa: Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN, Wydawnictwo Akademickie SEDNO.

ROZDZIAŁ 2. CELE, ZAŁOŻENIA I RAMY METODYCZNE

ZAŁOŻENIA I RAMY METODYCZNE

- D1. ONZ, 2021. System of Environmental-Economic Accounting – Ecosystem Accounting (SEEA EA). White cover (pre-edited) version. https://seea.un.org/sites/seea.un.org/files/documents/EA/seea_ea_white_cover_final.pdf

TYPY SIEDLISKOWE LASU JAKO PRZYJĘTA KLASYFIKACJA LASÓW

- E1. Szymański S., 1981. Ekologiczne podstawy hodowli lasu. Poznań: Wydawnictwo AR.
- E2. Mroczkiewicz L., Trampler T., 1964. Typy siedliskowe lasu w Polsce. Prace IBL, 250. Warszawa: Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne.
- E3. Instrukcja zarządzania lasu. Część II, 2012. Instrukcja wyróżniania i kartowania w Lasach Państwowych typów siedliskowych lasu i zbiorowisk roślinnych. Warszawa: Państwowe Gospodarstwo Leśne Lasy Państwowe.
- E4. Krebs Ch., 1997. Ekologia. Eksperymentalna analiza rozmieszczenia i liczebności. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN.
- E5. Matuszkiewicz W., 2002. Przewodnik do oznaczania zbiorowisk roślinnych Polski. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN.
- E6. Tomanek J., 1997. Botanika leśna. Warszawa: Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne.
- E7. Strzelecki H., 1894. O przyrodzonym rozsiedleniu drzew leśnych w Galicji. Sylwan, 12, 295–306.
- E8. Matuszkiewicz W., Sikorski P., Szwed W., Wierzbica M., 2012. Zbiorowiska roślinne Polski. Lasy i zarośla. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN.
- E9. Mroczkiewicz L., 1952. Podział Polski na krainy i dzielnice przyrodniczo-leśne. Prace IBL, 80. Warszawa: Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne.
- E10. Zielony R., Kliczkowska A., 2010. Regionalizacja przyrodniczo-leśna Polski 2010. Warszawa: Centrum Informacyjne Lasów Państwowych.
- E11. Richling A., Dąbrowski A., 1995. Typy krajobrazów naturalnych (mapa 53.1). W: Atlas Rzeczypospolitej Polskiej. Warszawa: Główny Geodeta Kraju.
- E12. Tüxen R., 1956. Die heutige potentielle natürliche Vegetation als Gegenstand der Vegetationskartierung. Angewandte Pflanzensoziologie, 13. Stolzenau: Zentralstelle für Vegetationskartierung.

ROZDZIAŁ 3. POTENCJAŁ LASÓW DO ŚWIADCZENIA KLUCZOWYCH USŁUG

KLUCZOWE USŁUGI POLSKICH LASÓW

- F1. Haines-Young R.H., Potschin M.B., 2018. Common International Classification of Ecosystem Services (CICES) V5.1. and Guidance on the Application of the Revised Structure (Nottingham).
- F2. Komunikat Komisji do Parlamentu Europejskiego, Rady, Komitetu Ekonomiczno-Społecznego i Komitetu Regionów, Nowa strategia leśna UE 2030. COM(2021) 572 final. Bruksela, dnia 16.07.2021 r.

DREWNO

- G1. Zarządzenie nr 51 Dyrektora Generalnego Lasów Państwowych z dnia 30 września 2019 r. w sprawie wprowadzenia warunków technicznych stosowanych w obrocie surowcem drzewnym w Państwowym Gospodarstwie Leśnym Lasy Państwowe.
- G2. Trębski K., 2016. Naturalnie, drewno! Warszawa: Centrum Informacyjne Lasów Państwowych.
- G3. Kozłowski J., 2019. Jak najlepiej wykorzystać lasy do sekwestracji dwutlenku węgla? Nauka, 4, 47–56.
- G4. Duncker P.S., Raulund-Rasmussen K., Gundersen P., Katzensteiner K., Jong J.D., Ravn H.P. i in., 2012. How forest management affects ecosystem services, including timber production and economic return: synergies and trade-offs. Ecology and Society, 17, 50.
- G5. Zajączkowski G., Jabłoński M., Jabłoński T., Szmidla H., Kowalska A., Małachowska J. i in., 2021. Raport o stanie lasów w Polsce 2020. Warszawa: Centrum Informacyjne Lasów Państwowych.
- G6. Bosiak A., 1980. Ocena produktywności lasu na przykładzie nadleśnictwa Gdańsk. Sylwan, 129, 93–103.
- G7. DGLP, 2023. Informacja o wykonanej sprzedaży wybranych grup sortymentów drewna w Państwowym Gospodarstwie Leśnym Lasy Państwowe w latach 2018–2022. Dyrekcja Generalna Lasów Państwowych http://drewno.zilp.lasy.gov.pl/drewno/informacja_o_realizacji_sprzedazy_drewna_w_pgl_lp_w_latach_2018-2022.pdf

OWOCE LEŚNE

- H1. Szelałowska G., 2014. Rośliny leśne i grzyby w tradycyjnym pożywieniu ludowym. W: H. Czachowski, O. Kwiatkowska (red.), Materiały Muzeum Etnograficznego w Toruniu, 3 (s. 139–152). Toruń: Muzeum Etnograficzne.
- H2. Greblikaite J., Ispiryan A., Montvydaite D., 2019. Development of Berry Farms in Europe: organisational and Management Issues. Marketing and Management of Innovations, 2, 141–159.
- H3. FAO, 2020. Global Forest Resources Assessment 2020: Main report. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- H4. Lovrić M., Da Re R., Vidale E., Prokofieva I., Wong J., Pettenella D. i in., 2020. Non-wood forest products in Europe – A quantitative overview. Forest Policy and Economics, 116, 102175.
- H5. Żylicz T., Giergiczny M., 2013. Wycena poza-produkcyjnych funkcji lasu. Raport końcowy. Warszawa: Uniwersytet Warszawski.
- H6. Gołos P., Kaliszewski A., 2016. Ekonomiczne znaczenie wybranych niedrzewnych pożytków leśnych w Polsce. Sylwan, 160, 336–343.
- H7. Barszcz A., 2005. An overview of the socio-economics of non-wood forest products in Poland. Proceedings of a project workshop in Krakow “Non-wood forest products and poverty mitigation: concepts, overviews and cases”. Research Notes 166, Faculty of Forestry, 1–20.
- H8. Barszcz A., 2006. The influence of harvesting of non-wood forest products on the economic situation of households in Poland. Electronic Journal of Polish Agriculture Universities, 9, 08.
- H9. Barszcz A., Suder A., 2009. Diversity in the socio-economic role of the main non-wood forest products for the inhabitants of small villages and large towns in Poland. Folia Forestalia Polonica, series A, 51, 77–84.
- H10. Kuc M., Piszczek M., Janusz A., 2014. Wielkość i wartość skupu oraz eksportu grzybów i owoców leśnych w latach 2007–2011 oraz ich znaczenie dla społeczeństwa i gospodarki. Studia i Materiały CEPL w Rogowie, 38, 143–152.
- H11. Nowacka W.Ł., 2012. Wykorzystanie dóbr lasu – punkt widzenia społeczności lokalnej. Studia i Materiały CEPL w Rogowie, 32, 155–160.

- H12. GUS, 2022. Rocznik Statystyczny Leśnictwa 2022. Warszawa, Białystok: Główny Urząd Statystyczny, Urząd Statystyczny w Białymstoku.
- H13. Głowacki S., 1994. Dary lasu – na jagody. Echa Leśne, 6.
- H14. Drózd P., 2019. Badanie możliwości wykorzystania produktów ubocznego użytkowania lasu jako źródła antyutleniaczy. Warszawa: Uniwersytet Warszawski (praca doktorska).
- H15. Dostatny D.F., Dajdok Z. (red.), 2020. Dzikie gatunki pokrewne roślinom uprawnym występujące w Polsce. Lista, zasoby i zagrożenia. Poznań – Radzików: Wydawnictwo Kontekst.
- H16. Storch I., 1993. Habitat selection by capercaillie in summer and autumn: Is bilberry important? Oecologia, 95, 257–265.
- H17. Matuszkiewicz J.M., Solon J., Kowalska A., 2015. Rekolonizacja borówki czernicy w borach sosnowych i mieszanych na gruntach porolnych. Studia i Materiały CEPL w Rogowie, 17, 220–235.
- H18. Woziwoda B., 2014. Leśne rośliny o jadalnych owocach – przegląd botaniczny. Studia i Materiały CEPL w Rogowie, 16, 105–118.
- H19. Kalinowski M., 2004. Wpływ wieku drzewostanu sosnowego na wybrane cechy jagodzisk borówki czernicy (*Vaccinium myrtillus* L.). Leśne Prace Badawcze, 2, 87–95.
- H20. Eckerter T., Buse J., Förchler M., Pufal G., 2019. Additive positive effects of canopy openness on European bilberry (*Vaccinium myrtillus*) fruit quantity and quality. Forest Ecology and Management, 433, 122–130.
- H21. Kalinowski M., 2007. Wpływ zbioru owoców borówki czernicy *Vaccinium myrtillus* L. na wybrane cechy nadziemnych części krzewinek i wielkość plonu. Leśne Prace Badawcze, 2, 61–76.
- H22. Manninen O.H., Peltola R., 2013. Effects of picking methods on the berry production of bilberry (*Vaccinium myrtillus*), lingonberry (*V. vitis-idaea*) and crowberry (*Empetrum nigrum* ssp. *hermaphroditum*) in Northern Finland. Silva Fennica, 47, 972.
- H23. Vergari Si., Dondini G., Nerozzi I., Sabatini F., Sabatini G., Vergari Se., 2021. Fruit production by *Vaccinium* species in the Tuscan-Emilian Apennines and a new *Vaccinium vitis-idaea* L. site in the area. Atti Societa Toscana di Scienze Naturali Memorie, Serie B, 128, 107–111.

H24. Grochowski W., 1990. Uboczna produkcja leśna. Warszawa: Państwowe Wydawnictwo Naukowe.

GRZYBY I GRZYBOBRANIE

- I1. Grzywacz A., 2015. Tradycje zbiorów grzybów leśnych w Polsce. *Studia i Materiały CEPL w Rogowie*, 44, 189–197.
- I2. Lovrić M., Da Re R., Vidale E., Prokofieva I., Wong J., Pettenella D. i in., 2020. Non-wood forest products in Europe – A quantitative overview. *Forest Policy and Economics*, 116, 102175.
- I3. Peintner U., Schwarz S., Mešić A., Moreau P.-A., Moreno G., Saviuc P., 2013. Mycophilic or mycophobic? Legislation and guidelines on wild mushroom commerce reveal different consumption behaviour in European countries. *PLoS ONE*, 8, e63926.
- I4. Nowacka W.Ł., 2012. Wykorzystanie dóbr lasu – punkt widzenia społeczności lokalnej. *Studia i Materiały CEPL w Rogowie*, 32, 155–160.
- I5. Kujawa A., Gierczyk B., Karasiński D., Szczepkowski A., Ślusarczyk T., 2015. Grzyby wielkoowocnikowe Kampinoskiego Parku Narodowego. Przewodnik terenowy. Izabelin: Kampinoski Park Narodowy.
- I6. Gil W., Hilszczańska D., Rosa-Gruszecka A., 2018. Wpływ hodowlanego zagospodarowania lasu na produktywność jadalnych grzybów leśnych. *Sylvan*, 162, 231–237.
- I7. Kutszegi G., Siller I., Dima B., Takács K., Merényi Z., Varga T. i in., 2015. Drivers of macrofungal species composition in temperate forests, West Hungary: functional groups compared. *Fungal Ecology*, 17, 69–83.
- I8. Pinna S., Gévry M.F., Côté M., Sirois L., 2010. Factors influencing fructification phenology of edible mushrooms in a boreal mixed forest of Eastern Canada. *Forest Ecology and Management*, 260, 294–301.
- I9. Grzywacz A., 2003. Różnorodność gatunkowa – grzyby. W: R. Andrzejewski, A. Weigle (red.), *Różnorodność biologiczna Polski* (s. 21–28). Warszawa: Narodowa Fundacja Ochrony Środowiska.
- I10. Olah B., Kunca V., Gallay I., 2020. Assessing the potential of forest stands for ectomycorrhizal mushrooms as a subsistence ecosystem service for socially disadvantaged people: a case study from Central Slovakia. *Forests*, 11, 282.

I11. Biały K., Brożek S., Chojnicki J., Czepińska-Kamińska D., Januszek K., Kowalkowski A. i in., 2000. Klasyfikacja gleb leśnych Polski. Warszawa: Centrum Informacyjne Lasów Państwowych.

I12. Kotowski M.A., 2019. Etnomykologiczna charakterystyka użytkowania grzybów na Mazowszu. Rzeszów: Uniwersytet Rzeszowski (praca doktorska).

I13. Białobok S., Bugała W., Boratyński A. (red.), 1970–2015. Nasze drzewa leśne. Tomy 1–19. Warszawa-Poznań: Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Kórnik-Poznań: Wydawnictwo Sorus, Poznań: Wydawnictwo Arkadia, Bogucki Wydawnictwo Naukowe.

I14. Grzywacz A., 1988. Grzyby leśne. Warszawa: Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne.

I15. <https://grzyby.pl>

DZICZYŻNA I POLOWANIE

- J1. Okuschanova E., Assenova B., Rebezov M., Amirkhanov K., Yessimbekov Z., Smolnikova F. i in., 2017. Study of morphology, chemical, and amino acid composition of red deer meat. *Veterinary World*, 10, 623–629.
- J2. Kościelniak-Marszał M., 2021. Polska kultura łowiecka jako niematerialne dziedzictwo kulturowe. *Santander Art and Culture Law Review*, 7, 119–144.
- J3. FACE, 2023. European Federation for Hunting and Conservation. www.face.eu
- J4. Zalewski D., Olech W., 2020. Aktywne formy zarządzania populacjami dzikich zwierząt w Polsce. Olsztyn: Wydawnictwo Uniwersytetu Warmińskiego-Mazurskiego.
- J5. Ustawa z dnia 13 października 1995 r. Prawo łowieckie (Dz.U. 1995 nr 147 poz. 713).
- J6. Daniłowicz W., 2017. Łowiectwo w zrównoważonym rozwoju. *Brać Łowiecka*, 9, 40–43.
- J7. Daniłowicz W., 2018. Geneza i założenia koncepcji zrównoważonego łowiectwa. W: *Intelektualia Myśliwskie IX* (s. 29–40). Muzeum Zamoyskich w Kozłowie.
- J8. Rada Europy, 2007. Europejska Karta na temat łowiectwa i bioróżnorodności, przyjęta na 27. posiedzeniu Stałego Komitetu Konwencji o ochronie gatunków dzikiej flory i fauny europejskiej oraz ich siedlisk (Konwencja Berneńska), 29 listopada 2007 r., Strasburg, Francja.

J9. Skorupski M., Wierzbicka A., 2014. Dzikizna jako źródło zdrowej żywności – problemy i perspektywy. *Studia i Materiały CEPL w Rogowie*, 16, 171–174.

J10. Rancew-Sikora D., 2009. Sens polowania. Współczesne znaczenia tradycyjnych praktyk na przykładzie dyskursu łowieckiego. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe Scholar.

J11. Wilczak J., 2019. Czy zabijanie zwierząt to dziedzictwo kulturowe? *Polityka*. <https://www.polityka.pl/tygodnikpolityka/kraj/1797592,1,czy-zabijanie-zwierzat-to-dziedzictwo-kulturowe.read>

J12. GUS, 2022. Rocznik Statystyczny Leśnictwa 2022. Warszawa, Białystok: Główny Urząd Statystyczny, Urząd Statystyczny w Białymstoku.

J13. Hędrzak M., 2021. Problemy z zarządzaniem populacją jelenia szlachetnego. W: D.J. Gwiazdowicz (red.), *Łowieckie spotkania*, 2. Gospodarka łowiecka (s. 9–40). Goraj: Łowieckie Spotkania.

J14. Bobek B., Boyce M.S., Kosobucka M., 1984. Factors Affecting Red Deer (*Cervus elaphus*) Population Density in Southeastern Poland. *Journal of Applied Ecology*, 21, 881–890.

J15. Bobek B., Morow K., Perzanowski K., Kosobucka M., 1992. Jeleń, monografia przyrodniczo-łowiecka. Warszawa: Wydawnictwo Świat.

J16. Borkowski J., Ukalska J., 2008. Winter habitat use by red and roe deer in pine-dominated forest. *Forest Ecology and Management*, 255, 468–475.

J17. Alves J., Silva A.A., Soares A.M.V.M., Fonseca C., 2014. Spatial and temporal habitat use and selection by red deer: the use of direct and indirect methods. *Mammalian Biology*, 79, 338–348.

J18. Debeljak M., Džeroski S., Jerina K., Kobler A., Adamič M., 2001. Habitat suitability modelling for red deer (*Cervus elaphus* L.) in South-central Slovenia with classification trees. *Ecological Modelling*, 138, 321–330.

J19. Heurich M., Brand T.T.G., Kaandorp M.Y., Šustr P., Müller J., Reineking B., 2015. Country, Cover or Protection: What Shapes the Distribution of Red Deer and Roe Deer in the Bohemian Forest Ecosystem? *PLoS ONE*, 10, e0120960.

J20. Bischof R., Loe L.E., Meisingset E.L., Zimmermann B., Van Moorter B., Myrsetrud A., 2012. A Migratory Northern Ungulate in the Pursuit of Spring: Jumping or Surfing the Green Wave? *The American Naturalist*, 180, 407–424.

J21. Dzięciołowski R., 1969. The Quantity, Quality, and Seasonal Variation of Food Resources Available to Red Deer in Various Environmental Conditions of Forest Management. Warsaw: Forest Research Institute.

J22. Uchwała nr 14/2015 Naczelnej Rady Łowieckiej z dnia 15 grudnia 2015 r. w sprawie zasad selekcji populacyjnej i osobniczej zwierząt łownych w Polsce oraz zasad postępowania przy ocenie zgodności odstrzału.

J23. Zalewski D., Okarma H., Panek M., 2018. Monitoring liczebności i jakości populacji dzikich zwierząt. Olsztyn: Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie.

J24. Solon J., Roo-Zielińska E., Affek A., Kowalska A., Kruczkowska B., Wolski J. i in., 2017. Świadczona ekosystemowa w krajobrazie młodoglacjalnym. Ocena potencjału i wykorzystania. Warszawa: Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN, Wydawnictwo Akademickie SEDNO.

J25. Witczuk J., Pagacz S., Zmarz A., Cypel M., Szyk K., Borusiewicz B., 2020. Samoloty bezzałogowe i termografia jako narzędzia inwentaryzacji zwierzyny. W: K. Stereńczak (red.), *Zastosowanie geoinformatyki w leśnictwie* (s. 179–191). Sękocin Stary: Instytut Badawczy Leśnictwa.

MIÓD I ZAPYLANIE

- K1. Greenleaf S.S., Williams N.M., Winfree R., Kremen C., 2007. Bee foraging ranges and their relationship to body size. *Oecologia*, 153, 589–596.
- K2. Klein A.-M., Vaissiere B.E., Steffan-Dewenter I., Cunningham S.A., Kremen C., Tscharntke T., 2007. Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 274, 303–313.
- K3. Winfree R., 2010. The conservation and restoration of wild bees. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1195, 169–197.
- K4. Michener C.D., 2000. *The Bees of the World*. Baltimore: Johns Hopkins University Press.
- K5. Nogué S., Long P.R., Eycott A.E., De Nascimeto L., Fernández-Palacios J.M., Petrokofsky G. i in., 2016. Pollination service delivery for European crops: challenges and opportunities. *Ecological Economics*, 128, 1–7.

- K6. Westrich P., 1996. Habitat requirements of central European bees and the problems of partial habitats. W: A. Matheson, S.L. Buchmann, C. O'Toole, P. Westrich, I.H. Williams (red.), *The Conservation of Bees* (s. 1–16). London: Academic Press for the Linnean Society of London and IBRA.
- K7. Kremen C., Williams N.M., Aizen M.A., Gemmill-Herren B., LeBuhn G., Minckley R. i in., 2007. Pollination and other ecosystem services produced by mobile organisms: a conceptual framework for the effects of land-use change. *Ecology Letters*, 10, 299–314.
- K8. Banaszak J., 1983. Ecology of bees (Apoidea) of agricultural landscape. *Polish Ecological Studies*, 9, 421–505.
- K9. Konrad R., Wäckers F.L., Romeis J., Babendriener D., 2009. Honeydew feeding in the solitary bee *Osmia bicornis* as affected by aphid species and nectar availability. *Journal of Insect Physiology*, 55, 1158–1166.
- K10. Alvarez-Suarez J.M., Tulipani S., Romandini S., Bertoli E., Battino M., 2010. Contribution of honey in nutrition and human health: a review. *Mediterranean Journal of Nutrition and Metabolism*, 3, 15–23.
- K11. Molan P.C., 2001. Potential of honey in the treatment of wounds and burns. *American Journal of Clinical Dermatology*, 2, 13–19.
- K12. Semkiw P., 2021. Sektor pszczelarski w Polsce w 2021 roku. Puławy: Instytut Ogrodnictwa – PIB.
- K13. Krzysztofiak A., 2001. Struktura zgrupowań pszczół (Apoidea, Hymenoptera) w różnowiekowych drzewostanach świerkowo-sosnowych Wigierskiego Parku Narodowego. *Zeszyty Naukowe Akademii Bydgoskiej im. Kazimierza Wielkiego w Bydgoszczy. Studia Przyrodnicze*, 15, 113–214.
- K14. Crane E., 1990. *Bees and Beekeeping: Science, Practice and World Resources*. Oxford: Heinemann Newnes.
- K15. Demianowicz Z., Hłyń M., Jabłoński B., Maksymiuk I., Podgórska J., Ruszkowska B. i in., 1960. Wydajność miodowa ważniejszych roślin miododajnych w warunkach Polski: Część I. *Pszczelnicze Zeszyty Naukowe*, 4, 87–104.
- K16. Szklanowska K., 1973. Bory jako baza użytkowa pszczół. *Pszczelnicze Zeszyty Naukowe*, 17, 51–85.
- K17. Haragsim O., 1970. *Spadź i pszczoły*. Warszawa: Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne.
- K18. Crane E., Walker P., 1985. Important honeydew sources and their honeys. *Bee World*, 66, 105–112.
- K19. Affek A., 2018. Indicators of ecosystem potential for pollination and honey production. *Ecological Indicators*, 94, 33–45.
- K20. Kołtowski Z., 2006. *Wielki Atlas Roślin Miododajnych*. Warszawa: Przedsiębiorstwo Wydawnicze Rzeczpospolita SA.
- K21. Szklanowska K., 1979. Nektarowanie i wydajność miodowa ważniejszych roślin runa lasu liściastego. *Pszczelnicze Zeszyty Naukowe*, 23, 123–130.
- K22. Alexander K., Butler J., Green T., 2006. The value of different tree and shrub species to wildlife. *British Wildlife*, 18–28.
- K23. Matuszkiewicz J.M., 2008. *Zespoły leśne Polski*. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN.
- K24. Zaręba R., 1988. *Fitosocjologia i typologia leśna*. Warszawa: Wydawnictwo SGGW-AR.
- K25. Matuszkiewicz W., Sikorski P., Szwed W., Wierzbica M. (red.), 2012. *Zbiorowiska roślinne Polski. Lasy i zarośla*. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN.
- K26. Witkowska-Żuk L., 2008. *Atlas roślinności lasów*. Warszawa: MULTICO Oficyna Wydawnicza.
- K27. Affek A., Regulska E., Kołaczowska E., Kowalska A., Affek K., 2021. Pollination potential of riparian hardwood forests — a multifaceted field-based assessment in the Vistula Valley, Poland. *Forests*, 12, 721.
- K28. <https://lyson.com.pl/artykuly-pszczelarskie/2018/11/14/rodzaje-pszczol-krolowa-robotnice-i-trutnie/>
- L3. Matuszkiewicz J.M., Affek A., Kowalska A., 2021. Current and potential carbon stock in the forest communities of the Białowieża Biosphere Reserve. *Forest Ecology and Management*, 502, 119702.
- L4. Forest Europe, 2020. *State of Europe's Forests 2020*.
- L5. Bebkiewicz K., Boryń E., Chłopek Z., Doberska A., Kargulewicz I., Olecka A. i in., 2022. Krajowy Raport Inwentaryzacyjny 2022. Inwentaryzacja emisji i pochłaniania gazów cieplarnianych w Polsce dla lat 1988–2020. Warszawa: Krajowy Ośrodek Bilansowania i Zarządzania Emisjami IOŚ-PIB.
- L6. Kozłowski J., 2019. Jak najlepiej wykorzystać lasy do sekwestracji dwutlenku węgla? *Nauka*, 4, 47–56.
- L7. Gutowski J.M., Bobiec A., Ciach M., Kujawa A., Zub K., Pawlaczyk P., 2022. *Drugie życie drzewa*. Warszawa: Fundacja WWF Polska.
- L8. Mackey B., Prentice I., Steffen W., House J.I., Lindenmayer D., Keith H. i in. 2013. Untangling the confusion around land carbon science and climate change mitigation policy. *Nature Climate Change*, 3, 552–557.
- L9. Garrett L., Léville H., Besacier C., Alekseeva N., Duchelle M., 2022. The key role of forest and landscape restoration in climate action. Rome: FAO.
- L10. Kim D., Medvigy D., Maier C.A., Johnsen K., Palmroth S., 2020. Biomass increases attributed to both faster tree growth and altered allometric relationships under long-term carbon dioxide enrichment at a temperate forest. *Global Change Biology*, 26, 2519–2533.
- L11. IPCC, 2003. *Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry*. IPCC National Greenhouse Gas Inventories Programme.
- L12. KOBIZE, 2014. Krajowy raport inwentaryzacyjny 2014. Inwentaryzacja gazów cieplarnianych w Polsce dla lat 1988–2012. Warszawa: Krajowy Ośrodek Bilansowania i Zarządzania Emisjami.
- L13. IBL, 2018. Optymalizacja użytkowania oraz zasobności drzewostanów z punktu widzenia dochodowej funkcji produkcji drewna oraz węgla. https://tbr.lasy.gov.pl/apex/f?p=102:3:::::P3_TEMAT:3781
- L14. Zanne A.E., Lopez-Gonzalez G., Coomes D.A., Ilic J., Jansen S., Lewis S.L. i in., 2009. Data from: Towards a worldwide wood economics spectrum, Dryad, Dataset. <https://doi.org/10.5061/dryad.234>

REGULACJA KLIMATU LOKALNEGO I OCZYSZCZANIE POWIETRZA Z PYŁÓW

- M1. Aussenac G., 2000. Interactions between forest stands and microclimate: ecophysiological aspects and consequences for silviculture. *Annals of Forest Science*, 57, 287–301.
- M2. Bonan G., 2008. *Ecological Climatology*. Cambridge: University Press.
- M3. Dobrowski S.Z., 2010. A climatic basis for microrefugia: the influence of terrain on climate. *Global Change Biology*, 17, 1022–1035.
- M4. Ehbrecht M., Schall P., Ammer Ch., Fischer M., Seidel D., 2019. Effects of structural heterogeneity on the diurnal temperature range in temperate forest ecosystems. *Forest Ecology and Management*, 432, 860–867.
- M5. Koźmiński Cz., Rojek M., 1998. *Agrometeorologia*. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN.
- M6. Dietz J., Hölscher D., Leuschner C., 2006. Rainfall partitioning in relation to forest structure in differently managed montane forest stands in Central Sulawesi, Indonesia. *Forest Ecology and Management*, 237, 170–178.
- M7. Kermavnar J., Vilhar U., 2017. Canopy precipitation interception in urban forests in relation to stand structure. *Urban Ecosystems*, 20, 1373–1387.
- M8. Gebhardt T., Häberle K.H., Matussek R., Schulz C., Ammer C., 2014. The more, the better? Water relations of Norway spruce stands after progressive thinning. *Agricultural and Forest Meteorology*, 197, 235–243.
- M9. Chen J., Franklin J.F., Spies T.A., 1993. Contrasting microclimates among clear-cut, edge, and interior of old-growth Douglas-fir forest. *Agricultural and Forest Meteorology*, 63, 219–237.
- M10. Sun X., Li X., Guan Z., Liu J., Zhang S., 2017. The use of meteorological data to assess the cooling service of forests. *Ecosystem Services*, 25, 28–34.
- M11. Walther G.-R., Post E., Convey P., Menze A., Parmesan C., Beebee T.J.C. i in., 2002. *Ecological*

- responses to recent climate change. *Nature*, 416, 389–395.
- M12. De Frenne P., Rodriguez-Sanchez F., Coomes D.A., Verstraten G., Vellend M., Bernhard-Römermann M. i in., 2013. Microclimate moderates plant responses to macroclimate warming. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*, 110, 18561–18565.
- M13. Frey S.J.K., Hadley A.S., Johnson S.L., Schulze M., Jones J.A., Betts M.G., 2016. Spatial models reveal the microclimatic buffering capacity of old-growth forests. *Science Advances*, 2, e1501392.
- M14. Oliver T., Roy D.B., Hill J.K., Brereton T., Thomas C.D., 2010. Heterogeneous landscapes promote population stability. *Ecological Letters*, 13, 473–484.
- M15. EEA, 2020. Air quality in Europe – 2020 report. EEA Report No 09/2020. Luxembourg: Publications Office of the European Union.
- M16. World Bank, 2019. Air Quality Management in Poland. Washington: The World Bank.
- M17. Pastuszka J.S., 2007. Wpływ aerozoli ziarnistych na jakość powietrza – metody identyfikacji i oceny. *Ekoprofit. Finanse, Nauka, Technologie, Prawo*, 2, 7–15.
- M18. Juda-Rezler K., Toczko B. (red.), 2016. Pyły drobne w atmosferze. *Kompendium wiedzy o zanieczyszczeniu powietrza pyłem zawieszonym w Polsce*. Warszawa: Główny Inspektorat Ochrony Środowiska.
- M19. WHO, 2021. WHO global air quality guidelines. Particulate matter (PM_{2.5} and PM₁₀), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide. Geneva: World Health Organization.
- M20. Sæbø A., Popek R., Nawrot B., Hanslina H.M., Gawrońska H., Gawroński S.W., 2012. Plant species differences in particulate matter accumulation on leaf surfaces. *Science of the Total Environment*, 427–428, 347–354.
- M21. Yin S., Shen Z., Zhou P., Zou X., Che S., Wang W., 2011. Quantifying air pollution attenuation within urban parks: an experimental approach in Shanghai, China. *Environmental Pollution*, 159, 2155–2163.
- M22. Dwyer J.F., McPherson E.G., Schroeder H.W., Rowntree R.A., 1992. Assessing the benefits and costs of the urban forest. *Journal of Arboriculture*, 18, 227–234.
- M23. Beckett K.P., Freer-Smith P., Taylor G., 2000. Effective tree species for local air quality management. *Journal of Arboriculture*, 26, 12–19.
- M24. Grote R., Samson R., Alonso R., Amorim J.H., Cariñanos P., Churkina G. i in., 2016. Functional traits of urban trees: air pollution mitigation potential. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 14, 543–550.
- M25. Samson R., Ningal T.F., Tiwary A., Grote R., Fares S., Saaroni H. i in., 2017. Species-Specific Information for Enhancing Ecosystem Services. W: D. Pearlmutter i in. (red.), *The Urban Forest – Cultivating Green Infrastructure for People and the Environment* (s. 111–144). Springer International Publishing.
- M26. McDonald A.G., Bealey W.J., Fowler D., Dragosits U., Skiba U., Smith R.I. i in., 2007. Quantifying the effect of urban tree planting on concentrations and depositions of PM₁₀ in two UK conurbations. *Atmospheric Environment*, 41, 8455–8467.
- M27. Hwang H.-J., Yook S.-J., Ahn K.-H., 2011. Experimental investigation of submicron and ultrafine soot particle removal by tree leaves. *Atmospheric Environment*, 45, 6987–6994.
- M28. Räsänen J.V., Holopainen T., Joutsensaari J., Ndam C., Pasanen P., Rinnan Å. i in., 2013. Effects of species-specific leaf characteristics and reduced water availability on fine particle capture efficiency of trees. *Environmental Pollution*, 183, 64–70.
- M29. Freer-Smith P.H., Beckett K.P., Taylor G., 2005. Deposition velocities to *Sorbus aria*, *Acer campestre*, *Populus deltoides* × *trichocarpa* 'Beaupre', *Pinus nigra* and × *Cupressocyparis leylandii* for coarse, fine and ultra-fine particles in the urban environment. *Environmental Pollution*, 133, 157–167.
- M30. Gawroński S.W., Gawrońska H., Łomnicki S., Sæbø A., Vangronsveld J., 2017. Plants in air phytoremediation. *Advances in Botanical Research*, 83, 319–346.
- M31. Hardwick S.R., Toumi R., Pfeifer M., Turner E.C., Nilus R., Ewers R.M., 2015. The relationship between leaf area index and microclimate in tropical forest and oil palm plantation: forest disturbance drives changes in microclimate. *Agricultural and Forest Meteorology*, 201, 187–195.
- M32. Maes J., Zulian G., Thijssen M., Castell C., Baró F., Ferreira A.M. i in., 2016. Mapping and Assessment of Ecosystems and their Services. *Urban Ecosystems* (4th Report – Final, May 2016). Technical Report – 2016 – 102. Luxembourg: Publications Office of the European Union.
- M33. Manes F., Silli V., Salvatori E., Incerti G., Galante G., Fusaro L. i in., 2014. Urban ecosystem services: tree diversity and stability of PM₁₀ removal in the metropolitan area of Rome. *Annali di Botanica*, 4, 19–26.
- M34. Yang J., McBride J., Zhou J., Sun Z., 2005. The urban forest in Beijing and its role in air pollution reduction. *Urban Forestry and Urban Greening*, 3, 65–78.
- N9. Renard K.G., Foster G.R., Weesies G.A., McCool D.K., Yoder D.C., 1997. Predicting soil erosion by water: A guide to conservation planning with the revised universal soil loss equation (RUSLE). *Agriculture Handbook*, 703. Washington: U.S. Department of Agriculture.
- N10. Benavidez R., Jackson B., Maxwell D., Norton K., 2018. A review of the (Revised) Universal Soil Loss Equation ((R)USLE): with a view to increasing its global applicability and improving soil loss estimates. *Hydrology and Earth System Sciences*, 22, 6059–6086.
- N11. Arnoldus H.M.J., 1977. Methodology used to determine the maximum potential average annual soil loss due to sheet and rill erosion in Morocco. *FAO Soils Bulletins*, 34, 39–51.
- N12. Fick S.E., Hijmans R.J., 2017. WorldClim 2: New 1-km Spatial Resolution Climate Surfaces for Global Land Areas. *International Journal of Climatology*, 37, 4302–4315.
- N13. Panagos P., Meusburger K., Ballabio C., Borrelli P., Alewell C., 2014. Soil erodibility in Europe: A high-resolution dataset based on LUCAS. *Science of Total Environment*, 479–480, 189–200.
- N14. Knijff J.M. van der, Jones R.J.A., Montanarella L., 2000. Soil Erosion Risk Assessment in Europe. European Soil Bureau, Joint Research Centre, Space Applications Institute.

ZAPOBIEGANIE EROZJI GLEBY

- N1. Huber S., Prokop G., Arrouays D., Banko G., Bispo A., Jones R.J.A. i in. (red.), 2008. Environmental Assessment of Soil for Monitoring: Volume I Indicators and Criteria. Luxembourg: Office for the Official Publication of the European Communities.
- N2. Agri-environmental indicator – soil erosion, 2020. https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Agri-environmental_indicator_-_soil_erosion
- N3. Józefaciuk C., Józefaciuk A., 1995. Erozja agrosystemów. Biblioteka Monitoringu Środowiska. Warszawa: Państwowa Inspekcja Ochrony Środowiska.
- N4. Maruszczak H., 1991. Denudacja chemiczna. W: L. Starkel (red.), *Geografia Polski. Środowisko przyrodnicze* (s. 413–416). Warszawa: Państwowe Wydawnictwo Naukowe.
- N5. Koreleski K., 1992. Próby oceny natężenia erozji wodnej. Kraków: Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej im. H. Kołłątaja Krakowie, Sesja Naukowa, 35.
- N6. Molnár D.K., Julien P.Y., 1998. Estimation of Upland Erosion Using GIS. *Computer and Geosciences*, 24, 183–192.
- N7. Pistocchi A., Cassani G., Zani O., 2002. Use of the USPED model for mapping soil erosion and managing best land conservation practices. *International Congress on Environmental Modelling and Software*, 191, 163–168.
- N8. Wischmeier W.H., Smith D.D., 1978. Predicting rainfall erosion losses – a guide to conservation planning. *Agriculture Handbook*, 537. Washington: U.S. Department of Agriculture.

ZAPOBIEGANIE POWODZIOM

- O1. Homa A., Osuch B., 2009. Characteristics of the forest floor water retention in the Carpathian experimental catchment basin of the Trzebuńka brook. *Journal of Water and Land Development*, 13a, 5–17.
- O2. Ilek A., Kucza J., Szostek M., 2015. The effect of stand species composition on water storage capacity of the organic layers of forest soils. *European Journal of Forest Research*, 134, 187–197.
- O3. Boczoń A., Kowalska A., Janek M., Dudzińska M., Wróbel M., Kucza J. i in., 2016. Określenie zdolności retencyjnych drzewostanów głównych gatunków lasotwórczych. Sękocin Stary: Instytut Badawczy Leśnictwa (maszynopis).
- O4. Suliński J., Starzak R., 2019. Wybrane aspekty badania długoterminowych cykli zmian zapasu wody glebowej w drzewostanach jednogeneracyjnych. *Sylvan*, 163, 216–227.

- O5. Fabijanowski J., 1980. Znaczenie lasów górskich i ich zagospodarowania dla racjonalnej gospodarki wodą. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, 235, 43–57.
- O6. Li Y., Cai T., Man X., Sheng H., Ju C., 2015. Canopy interception loss in a *Pinus sylvestris* var. *mongolica* forest of Northeast China. *Journal of Arid Land*, 7, 831–840.
- O7. Klamerus-Iwan A., 2014. Intercepcja potencjalna zraszanego drzewa w zależności od gatunku i zmian zachodzących w czasie pojedynczego deszczu. *Sylwan*, 158, 860–866.
- O8. Owsiak K.A., Klamerus-Iwan A., Gołąb J., 2013. Wpływ aktualnego stanu zraszanej powierzchni na przyleganie wody deszczowej w kontekście badań laboratoryjnych nad intercepcją drzew. *Sylwan*, 157, 922–928.
- O9. Gutry-Korycka M., 1985. Intercepcja szaty roślinnej i powierzchni zlewni. W: *Modelowanie matematyczne obiegu wody w zlewni. Prace i Studia Geograficzne*, 7, 25–36.
- O10. Kozłowski R., Józwiak M., 2017. Transformacja opadów atmosferycznych w strefie drzew wybranych ekosystemów leśnych w Górach Świętokrzyskich. *Przegląd Geograficzny*, 89, 133–153.
- O11. Pypker T.G., Bond B.J., Link T.E., Marks D., Unsworth M.H., 2005. The importance of canopy structure in controlling the interception loss of rainfall: Examples from a young and an old-growth Douglas-fir forest. *Agricultural and Forest Meteorology*, 130, 113–129.
- O12. Zhong F., Jiang S., van Dijk A.I.J.M., Ren L., Schellekens J., Miralles D.G., 2022. Revisiting large-scale interception patterns constrained by a synthesis of global experimental data. *Hydrology and Earth System Sciences*, 26, 5647–5667.
- O13. Bryant M.L., Bhat S., Jacobs J.M., 2005. Measurements and modeling of throughfall variability for five forest communities in the southeastern US. *Journal of Hydrology*, 312, 95–108.
- O14. Ilek A., Kucza J., Morkisz K., 2017. Hydrological properties of bark of selected forest tree species. Part 2: Interspecific variability of bark water storage capacity. *Folia Forestalia Polonica, series A – Forestry*, 59, 110–122.
- O15. Putuhena W.M., Cordery I., 1996. Estimation of interception capacity of the forest floor. *Journal of Hydrology*, 180, 283–299.
- O16. Medwecka-Kornaś A., 1951. Mchy i porosty ochroną przed powodzią. *Chrońmy Przyrodę Ojczyzną*, 7, 12–17.
- O17. Rutter A.J., Dershaw K.A., Robins P.C., Morton A.J., 1971. A predictive model of rainfall interception in forests. I. Derivation of the model from observations in a plantation of Corsican pine. *Agricultural Meteorology*, 9, 367–384.
- O18. Gash J.H.C., 1979. An analytical model of rainfall interception by forest. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 105, 43–55.
- O19. Liu S., 2001. Evaluation of the Liu model for predicting rainfall interception in forests worldwide. *Hydrological Processes*, 15, 2341–2360.
- O20. Van Dijk A., Bruijnzeel L., 2001. Modelling rainfall interception by vegetation of variable density using an adapted analytical model. Part 1. Model description. *Journal of Hydrology*, 247, 230–238.
- O21. Wallace J., Macfarlane C., McJannet D., Ellis T., Grigg A., van Dijk A., 2013. Evaluation of forest interception estimation in the continental scale Australian Water Resources Assessment – Landscape (AWRA-L) model. *Journal of Hydrology*, 499, 210–223.
- O22. Komatsu H., Shinohara Y., Kume T., Otsuki K., 2008. Relationship between annual rainfall and interception ratio for forests across Japan. *Forest Ecology and Management*, 256, 1189–1197.
- O23. Klamerus-Iwan A., Owsiak K.A., Szczuka M., 2013. Zmodyfikowana metodyka badania intercepcji drzew w warunkach laboratoryjnych. *Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich*, 1, 45–57.
- P3. Affek A., Degórski M., Wolski J., Solon J., Kowalska A., Roo-Zielińska E. i in., 2020. Ecosystem service potentials and their indicators in postglacial landscapes: Assessment and mapping. Amsterdam, Oxford, Cambridge: Elsevier.
- P4. Helfenstein J., Kienast F., 2014. Ecosystem service state and trends at the regional to national level: A rapid assessment. *Ecological Indicators*, 36, 11–18.
- P5. Maes J., Teller A., Erhard M., Murphy P., Paracchini M.L., Barredo J.I. i in., 2014. MAES – Mapping and Assessment of Ecosystems and their Services. Indicators for ecosystem assessments under Action 5 of the EU Biodiversity Strategy to 2020 (2nd Report – Final, February 2014), Technical Report – 2014 – 08. Luxembourg: European Union.
- P6. Saastamoinen O., Matero J., Horne P., Kniivilä M., Haltia E., Vaara M. i in., 2014. Classification of boreal forest ecosystem goods and services in Finland. *Reports and Studies in Forestry and Natural Sciences*, 11.
- P7. Mononen L., Auvinen A.-P., Ahokumpu A.-L., Rönkä M., Aarras N., Tolvanen H. i in., 2016. National ecosystem service indicators: Measures of social-ecological sustainability. *Ecological Indicators*, 61, 27–37.
- P8. Kowalska A., Wolski J., Affek A.N., Regulska E., Roo-Zielińska E., 2021. Wykorzystanie zdjęć fitosocjologicznych w najnowszych badaniach środowiska przyrodniczego. *Przegląd Geograficzny*, 93, 311–339.
- P9. Grima N., Jutras-Perreault M.-C., Gobakken T., Ørka H.O., Vacik H., 2023. Systematic review for a set of indicators supporting the Common International Classification of Ecosystem Services. *Ecological Indicators*, 147, 109978.
- P10. Tiemann A., Ring I., 2018. Challenges and Opportunities of Aligning Forest Function Mapping and the Ecosystem Service Concept in Germany. *Forests*, 9, 691.
- P11. O'Higgins T., Nogueira A.A., Lillebø A.I., 2019. A simple spatial typology for assessment of complex coastal ecosystem services across multiple scales. *Science of the Total Environment*, 649, 1452–1466.
- P12. Vos C.C., Grashof-Bokdam C.J., Opdam P.F.M., 2014. Biodiversity and ecosystem services: does species diversity enhance effectiveness and reliability? A systematic literature review. WOt-technical report, 25. Wageningen: Statutory Research Tasks Unit for Nature & the Environment.
- P13. Hassan R., Scholes R., Ash N. (red.), 2005. Ecosystems and human well-being: Current state and trends. Volume 1: Findings of the Condition and Trends Working Group. Washington: Covelo, London: Island Press.
- P14. Dolek M., Geyer A., 2002. Conserving biodiversity on calcareous grasslands in the Franconian Jura by grazing: a comprehensive approach. *Biological Conservation*, 104, 351–360.
- P15. Billeter R., Liira J., Bailey D., Bugter R., Arens P., Augenstein I. i in., 2008. Indicators for biodiversity in agricultural landscapes: a pan-European study. *Journal of Applied Ecology*, 45, 141–150.
- P16. Van Vooren L., Reubens B., Broekx S., Reheul D., Verheyen K., 2018. Assessing the impact of grassland management extensification in temperate areas on multiple ecosystem services and biodiversity. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 26, 201–212.
- P17. Matuszkiewicz J.M., 2008. *Zespoły leśne Polski*. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN.
- P18. Matuszkiewicz J.M. (red.), 2007. *Geobotaniczne rozpoznanie tendencji rozwojowych zbiorowisk leśnych w wybranych regionach Polski*. Monografie, 8. Warszawa: Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN.
- P19. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 9 października 2014 r. w sprawie ochrony gatunkowej roślin (Dz.U. 2014 poz. 1409).
- P20. Snowarski M., 2023. *Flora Polski, wersja atlasu 23.02.18*. <https://atlas-roslin.pl>
- P21. Zając A., Zając M. (red.), 2001. *Atlas rozmieszczenia roślin naczyniowych w Polsce*. Kraków: Instytut Botaniki, Uniwersytet Jagielloński.
- P22. https://www.lasy.gov.pl/pl/nasza-praca/copy_of_ochrona-przyrody

UTRZYMYWANIE SIEDLISK ORAZ NAUKA I EDUKACJA

- P1. Liqueste C., Cid N., Lanzanova D., Grizzetti B., Reynaud A., 2016. Perspectives on the link between ecosystem services and biodiversity: The assessment of the nursery function. *Ecological Indicators*, 63, 249–257.
- P2. Solon J., Roo-Zielińska E., Affek A., Kowalska A., Kruczkowska B., Wolski J. i in., 2017. Świadczenia ekosystemowe w krajobrazie młodoglacjalnym. Ocena potencjału i wykorzystania. Warszawa: Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN, Wydawnictwo Akademickie SEDNO.

REKREACJA I REGENERACJA SIŁ

- R1. Edwards D.M., Jay M., Jensen F.S., Lucas B., Marzano M., Montagné C. i in., 2012. Public Preferences Across Europe for Different Forest Stand Types as Sites for Recreation. *Ecology and Society*, 17, 27.

- R2. Grzelak-Kostulska E., Hołowiecka B., 2013. Lasy jako miejsca realizacji indywidualnych potrzeb aktywności i wypoczynku ludności. *Studia i Materiały CEPL w Rogowie*, 37, 104–110.
- R3. Simonienko K., 2021. Terapia lasem w badaniach i praktyce. Poznań: Wydawnictwo Naukowe Silva Rerum.
- R4. Li Q., 2018. Shinrin-yoku. Sztuka i teoria kąpiel leśnych. Kraków: Insignis.
- R5. Lowry C.A., Hollis J.H., de Vries A., Pan B., Brunet L.R., Hunt J.R. i in., 2007. Identification of immune-responsive mesolimbocortical serotonergic system: Potential role in regulation of emotional behavior. *Neuroscience*, 146, 756–772.
- R6. Tokin B.P., Jeleński Sz., 1949. Lecznicze środki roślinne (Fitonocydy). Warszawa: Spółdzielnia Wydawniczo-Oświatowa Czytelnik.
- R7. Hassan A., Tao J., Li G., Jiang M., Aii L., Zhihui J. i in., 2018. Effects of Walking in Bamboo Forest and City Environments on Brainwave Activity in Young Adults. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 9653857.
- R8. Ohtsuka Y., Yabunaka N., Takayama S., 1998. Shinrin-yoku (forest-air bathing and walking) effectively decreases blood glucose levels in diabetic patients. *International Journal of Biometeorology*, 41, 125–127.
- R9. Song C., Ikei H., Kagawa T., Miyazaki Y., 2019. Effects of Walking in a Forest on Young Women. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16, 229.
- R10. Yuuki I., Dhuháin A.N., Brophy J., Roddy D., Burke Ch., Murphy B., 2016. Benefits of Group Walking in Forests for People with Significant Mental Ill-Health. *Ecopsychology*, 8, 16–26.
- R11. Park B.J., Tsunetsugu Y., Kasetani T., Kagawa T., Miyazaki Y., 2010. The physiological effects of Shinrin-yoku (taking in the forest atmosphere or forest bathing): evidence from field experiments in 24 forests across Japan. *Environmental Health and Preventive Medicine*, 15, 18–26.
- R12. Li Q., Nakadai A., Matsushima H., Miyazaki Y., Krensky A.M., Kawada T., Morimoto K., 2006. Phytoncides (wood essential oils) induce human natural killer cell activity. *Immunopharmacology and Immunotoxicology*, 28, 319–333.
- R13. Li Q., Morimoto K., Kobayashi M., Inagaki H., Katsumata M., Hirata Y., Hirata K. i in., 2008. Visiting a forest, but not a city, increases human natural killer activity and expression of anti-cancer proteins. *International Journal of Immunopathology and Pharmacology*, 21, 117–127.
- R14. Gołos P., 2018. Społeczne i ekonomiczne aspekty pozaprodukcyjnych funkcji lasu i gospodarki leśnej – wyniki badań opinii publicznej. *Rozprawy i Monografie 22. Sękocin Stary: Prace Instytutu Badawczego Leśnictwa*.
- R15. Malmivaara M., Löfström I., Vanha-Majamaa I., 2002. Anthropogenic effects on understory vegetation in *Myrtillus* type urban forests in southern Finland. *Silva Fennica*, 36, 367–381.
- R16. Dudek T., Szkutnik P., Bilek M., Olbrycht T., Chmielowska K., Dziuba M. i in., 2020. Uszkodzenia środowiska leśnego w wyniku turystyki i rekreacji. *Sylvan*, 164, 170–176.
- R17. Gierliński T., 1988. Podstawowe pojęcia i definicje z zakresu rekreacyjnego zagospodarowania lasu. *Sylvan*, 5, 55–64.
- R18. Moore B., Allard G., Malagnoux M., 2006. Itching for the woods: forests, allergies and irritants. *Unasylva*, 224, 51–55.
- R19. Šaulienė I., Šukienė L., Kainov D., Greičiuvienė J., 2016. The impact of pollen load on quality of life: a questionnaire based study in Lithuania. *Aerobiologia*, 32, 157–170.
- R20. Wajchman-Świtalska S., 2019. Przydatność drzewostanów Leśnictwa miejskiego Strzeszynie (Poznań) do funkcji rekreacyjnej. *Acta Scientiarum Polonorum Silvarum Colendarum Ratio et Industria Lignaria*, 18, 109–117.
- R21. Dudek T., 2013. Ocena potencjału rekreacyjnego lasów w terenie o zróżnicowanej orografii na przykładzie Czarnorzecko–Strzyżowskiego Parku Krajobrazowego. *Sylvan*, 157, 775–779.
- R22. Volodarets S., Glukhov A., Zaitseva I., 2018. Phytoncide activity of woody plants under the conditions of steppe zone. *Ekologia*, 37, 219–229.
- R23. Rauha J.P., Remes S., Heinonen M., Hopia A., Kähkönen M., Kujala T. i in., 2000. Antimicrobial effects of Finnish plant extracts containing flavonoids and other phenolic compounds. *International Journal of Food Microbiology*, 56, 3–12.
- R24. Khameneh B., Iranshahy M., Soheili V., Bazzaz B.S.F., 2019. Review on plant antimicrobials: a mechanistic viewpoint. *Antimicrobial Resistance and Infection Control*, 8, 118.
- R25. Dudek T., Kasprzyk I., Dulcka-Jeż A., 2018. Forest as a place for recreation but also the source of allergenic plant pollen: to come or avoid? *European Journal of Forest Research*, 137, 849–862.
- S5. Solon J., Roo-Zielińska E., Affek A., Kowalska A., Kruczkowska B., Wolski J. i in., 2017. Świadczenia ekosystemowe w krajobrazie młodogłacjalnym. Ocena potencjału i wykorzystania. Warszawa: Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN, Wydawnictwo Akademickie SEDNO.
- S6. Affek A., Kowalska A., 2017. Ecosystem potentials to provide services in the view of direct users. *Ecosystem Services*, 26, 183–196.
- S7. Bastian O., Syrbe R.-U., Rosenberg M., Rahe D., Grunewald K., 2013. The five pillar EPPS framework for quantifying, mapping and managing ecosystem services. *Ecosystem Services*, 4, 15–24.
- S8. Bastian O., Grunewald K., Syrbe R.-U., Walz U., Wende W., 2014. Landscape services: the concept and its practical relevance. *Landscape Ecology*, 29 (9), 1463–1479.

ROZDZIAŁ 4. SYNTEZA I WNIOSKI

POTENCJAŁ WIELOUSŁUGOWY

- S1. Affek A., Degórski M., Wolski J., Solon J., Kowalska A., Roo-Zielińska E. i in., 2020. Ecosystem service potentials and their indicators in post-glacial landscapes: Assessment and mapping. Amsterdam, Oxford, Cambridge: Elsevier.
- S2. Anderson B.J., Armsworth P.R., Eigenbrod F., Thomas C.D., Gillings S., Heinemeyer A. i in., 2009. Spatial covariance between biodiversity and other ecosystem service priorities. *Journal of Applied Ecology*, 46, 888–896.
- S3. Holt A.R., Mears M., Maltby L., Warren P., 2015. Understanding spatial patterns in the production of multiple urban ecosystem services. *Ecosystem Services*, 16, 33–46.
- S4. Kowalska A., Affek A., Wolski J., Regulska 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.

POWIĄZANIA MIĘDZY USŁUGAMI

- T1. Raudsepp-Hearne C., Peterson G.D., Bennett E.M., 2010. Ecosystem service bundles for analysing trade-offs in diverse landscapes. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107, 5242–5247.
- T2. Bennett E.M., Peterson G.D., Gordon, L.J., 2009. Understanding relationships among multiple ecosystem services. *Ecological Letters*, 12, 1394–1404.

**NASZA MISJA POLEGA NA
ZATRZYMANIU DEGRADACJI
ŚRODOWISKA NATURALNEGO
PLANETY
ORAZ BUDOWANIU PRZYSZŁOŚCI,
W KTÓREJ LUDZIE ŻYJĄ
W HARMONII Z NATURĄ**



Naszą misją jest powstrzymanie degradacji środowiska naturalnego i budowanie przyszłości, w której ludzie będą żyć w harmonii z naturą.

razem możemy więcej

wwf.pl

© 2023

© 1986 Panda symbol WWF – World Wide Fund for Nature (wcześniej World Wildlife Fund)

® "WWF" jest zarejestrowanym znakiem towarowym Fundacji WWF.

WWF, Avenue du Mont-Blanc, 1196 Gland, Szwajcaria.

Tel. +41 22 364 9111. Faks +41 22 364 0332.

Dane kontaktowe oraz więcej informacji jest dostępnych w naszej witrynie internetowej pod adresem www.wwf.pl