



INSTYTUT BADAWCZY LEŚNICTWA

Zakład Geomatyki

Symbole: UKD 630.6, 630.2, 630.1
PKT 60.33.00, 60.19.00, 60.09.00
LKO 524.61

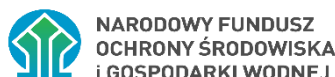
Rodzaj sprawozdania: **końcowe**

Zleceniodawca: **Narodowy Fundusz ochrony Środowiska i gospodarki Wodnej**

Nr tematu: **2155/2023 (w Funduszu) / 661550 (w IBL)**

Nr umowy: **1853/2023/Wn50/NE-PR/D o dofinansowanie w formie dotacji
zawarta w dniu 07.12.2023 r**

Tytuł tematu: **Znaczenie lasów i gruntów z roślinnością leśną w pochłanianiu
i magazynowaniu CO₂ w ramach nowej strategii leśnej UE 2030 oraz pakietu ustaw
„Gotowi na 55”**



Kierownik projektu: dr hab. inż. Emilia Wysocka-Fijorek, prof. IBL

Wykonawcy (alfabetycznie): dr Tomasz Hycza, dr inż. Tomasz Jabłoński (wraz z zespołem Autorów cytowanych opracowań), mgr inż. Radosław Kanabus, mgr inż. Marcin Mionskowski, dr inż. Bożydar Neroj, mgr inż. Anna Paczosa, dr hab. inż. Paweł Przybylski, prof. IBL, mgr inż. Radosław Sroga, mgr inż. Mariusz Walęzak, mgr Sylwia Waśniewska mgr inż. Marcin Żaczek

Kierownik Zakładu:

Dyrektor Instytutu:

Sękocin Stary, 2025 r.

SPIS TREŚCI

1	Streszczenie	7
2	Ogólne założenia realizowanej ekspertyzy	9
3	Definicje lasu	20
4	Znaczenie glebowego węgla organicznego (SOC) i martwej materii organicznej (DOM) w bilansie węgla w lasach Europy Środkowo-Wschodniej w kontekście raportowania LULUCF	24
4.1	Wprowadzenie.....	24
4.2	Aktualizacja wstępnych założeń do planu działań naprawczych przygotowywanego w kontekście przepisów art. 13 d rozporządzenia (UE) 2018/841 ze zmianami wynikającymi z art. 1 ust.4 rozporządzenia (UE) 2023/839 w związku z roczną oceną na podstawie art. 29 rozporządzenia (UE) 2018/1999 w roku 2025	36
4.2.1	Martwe drewno	36
4.2.2	Węgiel organiczny w glebach leśnych	37
4.3	Podsumowanie i wnioski.....	38
5	Strategie zarządzania krajowym limitem emisji gazów cieplarnianych – Wkład do Strategii MKiŚ w kontekście rozporządzeń LULUCF i ESR	41
4.1.	Obszar ESR	42
4.2.	Obszar LULUCF.....	43
5.	Charakterystyka potencjalnego poziomu trajektorii liniowej, określonej na potrzeby rozliczeń celu określonego w ramach art. 4 rozporządzenia (UE) 2018/841	45
6.	Określenie potencjału gruntów pokrytych wieloletnią leśną roślinnością drzewiastą, lecz nie będących lasem z rozumieniu ewidencji gruntów i budynków	51
6.1.	Określenie rzeczywistej powierzchni gruntów pokrytych wieloletnią leśną roślinnością drzewiastą w Polsce na podstawie dostępnych danych przestrzennych	51
6.1.1.	Metodyka.....	51
6.1.2.	Wyniki.....	52
6.1.3.	Podsumowanie	54
6.2.	Wielkoobszarowa inwentaryzacja stanu lasu źródłem informacji o powierzchni lasów w Polsce.....	54
6.2.1.	Metodyka.....	54
6.2.2.	Wyniki.....	55
6.2.3.	Podsumowanie	56

6.3. Szacowanie powierzchni gruntów pokrytych wieloletnią leśną roślinnością drzewiastą, lecz nie będących lasem z rozumieniu ewidencji gruntów i budynków na podstawie danych z Wielkoobszarowej Inwentaryzacji Stanu Lasu (WISL).....	56
6.3.1. Metodyka.....	56
6.3.2. Struktura gruntów pokrytych wieloletnią leśną roślinnością drzewiastą według rodzajów użytku gruntowego.....	57
6.3.3. Podsumowanie	58
6.4. Szacowanie powierzchni gruntów pokrytych wieloletnią leśną roślinnością drzewiastą na podstawie danych HRL (serwis Copernicus Land Monitoring System) i BDOT	59
6.4.1. Wstęp.....	59
6.4.2. Metodyka.....	59
6.4.3. Wyniki.....	61
6.4.4. Wnioski	62
6.5. Ocena statystyk dokładności wysokorozdzielczej warstwy typy lasu (HRL FTY) w oparciu pomiary i obserwacje powierzchni próbnych WISL w Polsce.....	65
6.5.1. Wprowadzenie.....	65
6.5.2. Materiały	67
6.5.3. Metody i wyniki	76
6.5.4. Wnioski i dyskusja	83
6.6. Wnioski	85
7. Potencjał pochłaniania CO₂ przez drzewa zlokalizowane na powierzchniach WISL położonych na gruntach pokrytych wieloletnią, leśną roślinnością drzewiastą niebędących lasami w ujęciu formalnoprawnym	86
7.1. Założenia i wyniki.....	86
7.2. Etap I - Określenie powierzchni gruntów pokrytych wieloletnią leśną roślinnością drzewiastą wg kategorii użytkowania dla okresu 2016-2018.....	89
7.3. Etap II Określenie powierzchni gruntów pokrytych wieloletnią leśną roślinnością drzewiastą wg kategorii użytkowania dla okresu 2021-2023.....	90
7.4. Zmiany powierzchni gruntów pokrytych wieloletnią leśną roślinnością drzewiastą w nieleśnych kategoriach użytkowania gruntów odnotowane w standardowych raportach WISL	91

7.5. Etap III obliczenia charakterystyk zasobów drzewnych gruntów pokrytych wieloletnią leśną roślinnością drzewiastą w „nieleśnych” kategoriach użytkowania” dla okresu 2016-2018	96
7.6. Etap IV obliczenia zmian wielkości zasobów drzewnych dla okresu 2016-2018 i 2021-2023	96
7.7. Podsumowanie	106
8. Opis wpływu stanu zdrowotnego lasów w Polsce na zmniejszanie się przyrostu drzew oraz zagrożeń wynikających z zamierania całych drzewostanów	107
8.1. Wstęp.....	107
8.2. Klimat.....	108
8.3. Porolność.....	111
8.4. Susza i wiatr	112
8.5. Owady, grzyby i jemiola	115
9. Identyfikacja czynników i działań proklimatycznych niezbędnych d zwiększania pochłaniania CO₂ w lasach	124
9.1. Konsekwencje synergii	124
9.2. Organizmy obce	128
9.3. Zmiany prawodawstwa Unii Europejskiej	128
9.4. Możliwości działań w perspektywie 2050	129
10. Opracowanie różnych ścieżek osiągania celu, zawierających scenariusze uwzględniające aspekty: ograniczenia pozyskania drewna, wyłączenia części gruntów leśnych z produkcji, uwzględniania nowych danych, zalesień gruntów porolnych, wykorzystania dostępnych elastyczności.....	131
11. Ujęcie emisji i pochłaniania w całym sektorze, wykorzystując najlepsze dostępne dane oraz weryfikując metody wyliczania pochłaniania	135
11.1. Wstęp.....	135
11.2. Możliwości realizacji celów wynikających ze zmian rozporządzenia (UE) 2018/841 przy założeniu, że obecne praktyki w gospodarce leśnej nie ulegną zmianie (scenariusz BAU) 136	
11.2.1. Prognoza rozwoju zasobów drzewnych	136
11.2.2. Kalkulacja ilości węgla	138
11.2.3. Kalkulacja efektu substytucji w produktach drzewnych.....	148
12. Ocena efektu rozliczeniowego celów PL określonych w art. 4 i w kolumnie C załącznika IIa Rozporządzenia (UE) 2018/841	153
12.1. Wstęp.....	153

12.2.	Historyczne dane emisyjne dla sektorów poza LULUCF	156
12.3.	Prognozy emisyjne bez bilansu netto emisji i pochłaniania GC w kategorii 4, czyli tzw. LULUCF.....	157
12.4.	Prognozy emisyjne bilansu netto emisji i pochłaniania GC w kategorii 4, czyli tzw. LULUCF.....	158
13.	Ocena postępu realizacji celu na podstawie art.29 rozporządzenia (UE) 2018/1999	162
13.1.	Wstęp.....	162
13.2.	Zalecenia dla państw członkowskich	164
13.3.	Odpowiedź państw członkowskich na zalecenia KE	164
13.4.	Kontrola zgodności	165
14.	Podsumowanie	167
14.1.	Analiza SWOT	167
14.2.	Zakończenie	173
15.	Literatura.....	181

1 STRESZCZENIE

Raport powstał w kontekście Europejskiego Zielonego Ładu, którego celem jest osiągnięcie neutralności klimatycznej Unii Europejskiej do 2050 roku oraz redukcja emisji netto gazów cieplarnianych o 55% do 2030 roku ("Gotowi na 55").

Szczególny nacisk położono na zmiany wprowadzone Rozporządzeniem 2023/839, które nowelizuje Rozporządzenie (UE) 2018/841 (LULUCF) w zakresie monitorowania i partycypacji sektora użytkowania gruntów, zmiany użytkowania gruntów i leśnictwa (LULUCF) w unijnym celu redukcyjnym. Nowe przepisy ustanawiają wyższy unijny cel pochłaniania dla sektora LULUCF na poziomie 310 milionów ton ekwiwalentu CO₂ do 2030 roku. Wprowadzono indywidualny, ambitny cel dla Polski, polegający na zwiększeniu pochłaniania o 3,278 mln ton ekw. CO₂ w 2030 roku w stosunku do średniej z lat 2016-2018. Ograniczony katalog zachęt dla prywatnych właścicieli gruntów oznacza, że główny ciężar realizacji tego celu w Polsce prawdopodobnie spadnie na Lasy Państwowe.

Wprowadzone w ramach LULUCF zmiany zobowiązują państwa członkowskie do wdrażania szczegółowych i bardziej zaawansowanych metod szacowania bilansu emisji i pochłaniania gazów cieplarnianych. Od państw członkowskich wymagana się stosowania metod o coraz wyższych stopniach dokładności (tzw. TIER 2 i TIER 3) zgodnie z wytycznymi IPCC. Stopień dokładności co najmniej TIER 2 od przedłożenia wykazu gazów cieplarnianych w 2028 roku (dane za 2026). Z kolei TIER 3 najpóźniej od przedłożenia wykazu w 2030 roku w odniesieniu do kluczowych rezerwuarów węgla, w tym na obszarach objętych ochroną, renaturalizacją lub wysokim ryzykiem klimatycznym.

Zakłada się modernizację systemów monitorowania poprzez wykorzystanie zaawansowanych technologii, takich jak dane z programu Copernicus i systemy informacji przestrzennej (GIS), w celu uzyskania dokładnych informacji geograficznych.

Znaczenie i kierunki działań:

- Wdrożenie dokładnych metod oceny strumieni netto w sektorze LULUCF jest kluczowe dla wzmocnienia potencjału mitygacyjnego, który może być niezbędny do rozliczenia celów redukcyjnych.
- Raport ma stanowić wkład do opracowania Strategii zarządzania krajowym limitem emisji gazów cieplarnianych.
- Dalsze działania na lata po 2030 r. są kształtowane przez cel klimatyczny UE na 2040 r. (90% redukcji emisji netto), co prawdopodobnie wymusi zwiększenie potencjału pochłaniania w sektorze LULUCF i może prowadzić do integracji podejścia "AFOLU" (rolnictwo, leśnictwo i użytkowanie gruntów).

2 OGÓLNE ZAŁOŻENIA REALIZOWANEJ EKSPERTYZY

Komunikat w sprawie „Europejskiego Zielonego Ładu” Komisji Europejskiej wykreował potrzebę prac nad nową strategią na rzecz wzrostu gospodarczego krajów członkowskich Unii Europejskiej. Potwierdza się w nim dążenie Komisji do zwiększenia wysiłków na rzecz realizacji celów klimatycznych i uczynienia z Europy pierwszego kontynentu neutralnego klimatycznie do 2050 r. Jego celem jest także ochrona zdrowia i dobrostanu psychofizycznego obywateli przed negatywnymi skutkami zmian klimatu. W oparciu o kompleksową ocenę skutków zmian klimatu Komisja, w swoim komunikacie z 17 września 2020 r. „Ambitniejszy cel klimatyczny Europy do 2030 r.”, przedstawiła kompleksowy plan obniżenia unijnych emisji netto w roku 2030 o 55% w stosunku do ich poziomu z roku 1990. Kwestia ambitnych planów na rok 2030 wpisuje się kompendium działań zakładających osiągnięcie celu unijnej neutralności klimatycznej w 2050 r. Ponadto, unijny cel ograniczenia emisji netto na 2030 r. wpisuje się w realizację globalnych celów klimatycznych usankcjonowanych m.in. w ramach art. 4.1 porozumienia paryskiego¹, a ukierunkowanych na utrzymanie wzrostu średniej globalnej temperatury na poziomie znacznie poniżej 2° C i kontynuowanie wysiłków na rzecz utrzymania tego wzrostu na poziomie nie wyższym niż 1,5° C. Działania w tym kierunku są nieustannie podejmowane i realizowane, zarówno na poziomie krajów członkowskich jak i samej Unii Europejskiej. Niemniej jednak ich wydźwięk nabiera szczególnego znaczenia na poziomie legislacyjnym w Unii Europejskiej, który to wyróżniają się m.in. obecnie dyskutowane i implementowane programy i strategie tj.: „Strategia na rzecz bioróżnorodności”, „Nowa strategia leśna UE” oraz pakiet legislacyjny „Gotowi na 55”. Wdrażany pakiet legislacyjny „Gotowi na 55”, zapowiedziany w planie Komisji dotyczącym realizacji celów w zakresie klimatu, jest najbardziej kompleksowym działaniem na rzecz realizacji nowego, ambitniejszego celu klimatycznego na 2030 r. Jednym z elementów implementowanego pakietu zmian jest rozporządzenie 2023/839 wprowadzające szereg zmian w zakresie mechanizmu monitoringu strumieni gazów cieplarnianych (zdefiniowanego w rozporządzeniu 2018/1999 ws. zarządzania unią energetyczną) oraz w zakresie zasad partycypacji sektora LULUCF w wypełnianiu unijnego celu redukcji gazów cieplarnianych (zdefiniowanego w rozporządzeniu (UE) 2018/841 ws. włączenia emisji i pochłaniania gazów cieplarnianych

¹ Dz.U. 2017 poz. 36

w wyniku działalności związanej z użytkowaniem gruntów, zmianą użytkowania gruntów i leśnictwem do ram polityki klimatyczno-energetycznej do roku 2030 . Należy dodać, że szczególnym przedmiotem zainteresowania zarówno w kontekście rozporządzenia (EU) 2018/841, jak i zmieniającego je rozporządzenia (UE) 2023/839 są ekosystemy leśne odpowiedzialne za akumulację węgla. Wymagania względem sektora LULUCF nakreślone zarówno w rozporządzeniu 2018/841 (ze zmianami wynikającymi implementacji rozporządzenia 2023/839) dotyczą strumieni (emisji netto) CO₂ oraz dwóch innych gazów cieplarnianych (CH₄ i N₂O) zidentyfikowanych w okresie 2021–2030 w związku z użytkowaniem gruntów i jego zmianami.

W związku z wdrożonymi zmianami mechanizmu rozliczeń dla emisji netto, wykazywanej w sektorze LULUCF, umożliwiającymi określenie jego wkładu (poziomu partycypacji) zarówno w krajowy, jak i unijny cel redukcji emisji gazów cieplarnianych w świetle rozporządzenia 2018/841 oraz biorąc pod uwagę zarówno ilość akumulowanego w drzewostanach gruntów leśnych węgla oraz potencjał jego dalszej w nich akumulacji, szczególnego znaczenia w tym kontekście nabierają nowoczesne, efektywne kosztowo metody monitoringu zmian węgla w tych zasobach (rezerwuarach). W kontekście samych metod monitoringu i związanych z tym potrzeb należy również zwrócić uwagę, że począwszy od przedłożenia wykazu gazów cieplarnianych w 2028 r. (z danymi za 2026) państwa członkowskie stosują metody co najmniej poziomu 2 zgodnie z wytycznymi IPCC z 2006 r.² dotyczącymi krajowych wykazów gazów cieplarnianych. Ponadto, państwa członkowskie jak najwcześniej, a najpóźniej od przedłożenia wykazu gazów cieplarnianych w 2030 r. zobowiązane są do stosowania w stosowanych ramach monitoringu LULUCF metod poziomu 3 zgodnie z wytycznymi IPCC z 2006 r. dotyczącymi krajowych wykazów gazów cieplarnianych, w szczególności w odniesieniu do wszystkich szacowanych emisji i pochłaniania w rezerwuarze węgla wchodzącym w zakres terenów zasobnych w pierwiastek węgla, obszarów objętych ochroną lub renaturalizacją oraz obszarów w warunkach wysokiego ryzyka klimatycznego w przyszłości. Niezależnie, w przypadku gdy obszar objęty którąkolwiek pojedynczą formą ochrony stanowi mniej niż 1 % obszaru zarządzanych gruntów zgłoszonego przez państwo członkowskie, państwa członkowskie stosują metody co najmniej poziomu 2 zgodnie z wytycznymi IPCC z 2006 r. dotyczącymi krajowych wykazów gazów

² <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/>

cieplarnianych dla wszystkich identyfikowanych w ramach krajowych inwentaryzacji g.c. kategorii w sektorze LULUCF.

Warto dodać, że wytyczne IPCC z 2006 r. dotyczące krajowych wykazów gazów cieplarnianych określają ramy metod szacunków emisji i pochłaniania gazów cieplarnianych uwzględnianych w krajowych wykazach (inwentaryzacjach) gazów cieplarnianych w odniesieniu do całej szacowanej ilości emisji i pochłaniania w rezerwuarach węgla na poszczególnych terenach (gruntach).

Ponadto, w odniesieniu do metod oceny ilościowej emisji i pochłaniania gazów cieplarnianych, planowana jest modernizacja systemów monitorowania i sprawozdawczości. W stosownych przypadkach zobowiązuje się kraje członkowskie do wykorzystania zaawansowanych technologii i danych pochodzących z ich implementacji, udostępnianych m.in. w ramach programów unijnych, takich jak Copernicus, oraz danych cyfrowych zbieranych w ramach programów monitoringu wspólnej polityki rolnej przy zastosowaniu innowacji w dziedzinie dwójakiej transformacji ekologicznej i cyfrowej.

W dalszej perspektywie zakłada się wprowadzenie znowelizowanych przepisów unijnych dotyczących mapowania i monitorowania – zarówno w terenie, jak i z wykorzystaniem teledetekcji – tak, aby umożliwić państwom członkowskim dysponowanie dokładnymi pod względem geograficznym (przestrzennym) informacjami pozwalającymi na określenie priorytetowych obszarów, które mogłyby się przyczynić do działań na rzecz klimatu. W ramach ogólnej poprawy monitorowania, sprawozdawczości i weryfikacji prace docelowo mają się również skupić na wykorzystaniu elektronicznych baz danych i systemów informacji przestrzennej. Wskazuje się tu min. na potrzebę wykorzystania zobrazowań satelitarnych systemu Copernicus (CLMS), szczególnie w kontekście określenia zestawu danych wejściowych na potrzeby systemów monitorowania jednostek użytkowania gruntów objętych ochroną (wspomnianych wcześniej w kontekście implementacji metod inwentaryzacyjnych Tier 3). Realizacja tego typu działań powinna konsumować również wyniki prowadzonych badań stosowanych (np. InCoNaDa) jak i statystycznych Programu Badań Statystycznych Statystyki Publicznej³ (np. 1.01.02 (002) Zasoby i zmiany w wykorzystaniu powierzchni ziemi,

³ <https://bip.stat.gov.pl/dzialalnosc-statystyki-publicznej/program-badan-statystycznych/pbssp-2024/>

zagrożenie i ochrona gruntów, czy 1.52.01 (187) Zasoby leśne), a także strukturę kategorii ochronnych zawartą w części 3 załącznika V do rozporządzenia (UE) 2018/1999, tak aby można byłoby rozpatrzyć wtórną degradację danych (m.in. nt. struktury zasobów leśnych) według metodyki opracowanej m.in. przy wykorzystaniu zarówno autorskich przetworzeń zobrażeń satelitarnych Sentinel 2, jak i gotowych produktów serwisu Copernicus Land Monitoring System (CLMS). Jednak, aby założenie to było możliwe w realizacji, konieczne jest przeprowadzenie szeroko zakrojonych badań mających na celu określenie możliwości wykorzystania danych satelitarnych Sentinel (CLMS) jak i statystyk dokładności (niepewności).

Warto zauważyć, że „Strategia leśna UE 2030” również zakłada strategiczne zamiany w zakresie monitorowania, sprawozdawczości i gromadzenia danych charakteryzujących ekosystemy leśne w układzie zbliżonym do systemu implementowanego w świetle zapisów rozporządzenia LULUCF. W związku z tym inicjacja działań na rzecz integracji ram monitorowania ekosystemów leśnych (w tym tradycyjnego monitoringu naziemnego) z systemem monitorowania jednostek użytkowania gruntów – opartym na teledetekcji i przetwarzaniu danych geoprzestrzennych – bezpośrednio wzmocni potencjał Polski do spełniania wymogów różnych ram sprawozdawczych. Efektem tych działań może być również opracowanie baz danych mogących stanowić źródło informacji w procesie przygotowania strategicznego planu na rzecz lasów. Ponadto, zakłada się że w efekcie integracji wyżej określonych ram możliwe będzie opracowanie zestawu kluczowych pakietów danych jak i wskaźników, mogących być wykorzystywanymi w szerszym kontekście, z możliwością ich corocznej aktualizacji. Wśród nich należałoby wskazać:

- 1) Bieżące opracowania i analizy eksperckie na potrzeby MKiŚ w zakresie implementacji rozporządzenia LULUCF.
- 2) Opracowanie alternatywnych, w stosunku do scenariuszy emisyjnych uwzględnionych w mechanizmie raportowym art. 18 rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2018/1999 z dnia 11 grudnia 2018 r. w sprawie zarządzania unią energetyczną i działaniami w dziedzinie klimatu, scenariuszy emisyjnych dla sektora LULUCF
 - a. prognozy rozwoju zasobów drzewnych z uwzględnieniem symulacji CBM-CFS3 zakładająca kontynuację bieżących działań skupionych wokół polityki sektorowej wraz przygotowaniem syntetycznego opisu metodycznego.

- b. Ewaluacja i ewentualna weryfikacja krajowych wskaźników w zakresie zmian zasobów węgla dla redefiniowanych kategorii użytkownik gruntów w systemie monitorowania jednostek użytkownika gruntów rozporządzenia 841/2018, w tym:
- i. opracowanie założeń ścieżki(ek) wykorzystania dostępnych danych, biorąc pod uwagę wymagania znowelizowanego rozporządzenia ws LULUCF (841/2018);
 - ii. opracowanie założeń ścieżki(ek) wykorzystania dostępnych danych satelitarnych i krajowych, wskazanych jako narzędzia do monitorowania stanu lasu (strategia leśna i „Gotowi na 55”).

Kompleksowa realizacja projektu strategicznie wzmacnia koordynację działań instytucji odpowiedzialnych za monitorowanie i raportowanie w leśnictwie – kluczowym filarze polskiego sektora użytkownika gruntów i bezpieczeństwa narodowego, będącego jednym z istotniejszych elementów sektora użytkownika gruntów. Ponadto, w ramach prac planowano opracowanie wkładu do Krajowego Planu na rzecz Energii i Klimatu. Równoległe w ramach projektu określono najlepsze praktyki służące agregacji danych w zakresie wymaganym dla rachunków leśnych (stanowiących element implementujący założenia Strategii leśnej 2030), biorąc pod uwagę, że zgłoszona ekspertyza skupia się szeroko wokół analiz i opracowań realizowanych na potrzeby wsparcia DLŁ MKiŚ. Co istotne zakres przedmiotowy tematu ekspertyzy, obejmuje zarówno kwestie analiz i ewentualnej weryfikacji danych źródłowych dedykowanych na potrzeby szacunków emisyjnych sektora LULUCF, jak również aspekt przygotowania ewentualnych wytycznych w zakresie wykorzystywanych metod szacunków i związanych z nimi wskaźników emisyjnych (przeliczeniowych). W związku z tym, iż zakres danych źródłowych w zakresie LULUCF – uwzględnianych z mechanizmie raportowania informacji właściwych dla sektora LULUCF – obejmuje przede wszystkim konieczność uspoźnienia zbieranych na przestrzeni lat danych źródłowych, przygotowywanych w oparciu o zmieniające się na przestrzeni lat wytyczne metodyczne, zarówno w zakresie szacowania powierzchni gruntów, zmian w ich użytkowaniu, czy też dynamiki rozwoju zasobów leśnych.

W związku z wejściem w życie przepisów Rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2023/839 z dnia 19 kwietnia 2023 r. w sprawie zmiany rozporządzenia (UE) 2018/841 w odniesieniu do zakresu stosowania, uproszczenia przepisów dotyczących sprawozdawczości i zgodności oraz określenia celów państw członkowskich na 2030 r., a także zmiany rozporządzenia (UE) 2018/1999 w odniesieniu do poprawy monitorowania, sprawozdawczości, śledzenia postępów i przeglądu, a także mając na względzie złożoność tematyki związanej

z gruntami leśnymi (posiadającymi niekwestionowany potencjał mitygacyjny), stanowiącej pewne wyzwanie wokół dyskusji nad przyszłością sektora LULUCF, szczególnie w kontekście poziomu partycypacji tego sektora w wypełnianiu celu redukcyjnego EU względem emisji g.c., określonego w ramach Europejskiego prawa o klimacie, opracowania w zakładanym zakresie – wykonane przez Zespół mogą stanowić ważny element w zakresie właściwej oceny danych inwentaryzacyjnych w zakresie strumieni gazów cieplarnianych w sektorze LULUCF, jak również ograniczyć poziom niepewności szacowanych w sektorze strumieni gazów cieplarnianych netto. Należy przy tym wskazać jeden dodatkowy aspekt. Wdrożenie szczegółowych metod oceny strumieni netto w sektorze LULUCF może wzmocnić ewentualny potencjał mitygacyjny sektora, który może być wymagany w kontekście kompleksowych rozliczeń celów redukcyjnych krajów członkowskich względem celów określonych w ramach pakietu energetyczno-klimatycznego. Ocena potencjału mitygacyjnego sektora LULUCF lub też poszczególnych składowych sektora, np. gruntów leśnych i związanych z nimi przekształceń powinna stanowić podstawowy element strategii działań wobec kluczowych celów i zadań stawianych względem zobowiązań określonych w Europejskim Prawie o Klimacie⁴ i unijnych aktach powiązanych. Zarówno potencjał generowania jednostek pochłaniania w efekcie określonego zakresu sektorowych działań mitygacyjnych, analizy danych źródłowych, jak i opracowanie optymalnej metody kalkulacji danych emisyjnych dla sektora LULUCF, należałoby rozpatrywać jako pierwotną wartość dodaną efektów zadań zrealizowanych w ramach zgłoszonej ekspertyzy.

W maju 2023 roku Rada UE oraz Parlament Europejski przyjęły rozporządzenie UE (2023/839) nowelizujące rozporządzenia: 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 (2018/841 – dalej jako LULUCFR) oraz Rozporządzenia w sprawie zarządzania unią energetyczną i działaniami w dziedzinie klimatu (2018/1999 – dalej jako GovR). W wyniku przyjętych zmian państwa członkowskie zobowiązały się do podejmowania działań na rzecz zwiększenia pochłaniania gazów cieplarnianych w sektorze LULUCF oraz do wdrażania szczegółowych metod szacowania bilansu emisji i pochłaniania Gazów cieplarnianych (GC) w tym sektorze.

⁴ 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)

Warto dodać, że aby zapewnić wystarczające działania redukcyjne do 2030 roku, Europejskie prawo o klimacie (ECL) wprowadziło limit wkładu pochłaniania netto do unijnego celu klimatycznego na ten rok w wysokości 225 mln ton ekwiwalentu CO₂. Oznacza to, że w rozliczeniu całkowitej redukcji emisji netto GC o 55% do 2030 roku tylko część, maksymalnie 225 mln ton ekw. CO₂, może pochodzić z pochłaniania przez naturalne pochłaniacze, a pozostała część musi wynikać z rzeczywistej redukcji emisji lub zastosowania technologicznych metod pochłaniania. Niemniej rozporządzenie LULUCR, traktując działania związane ze zwiększeniem pochłaniania biogenicznego jako istotny element działań na rzecz neutralności klimatycznej, wprowadziło wyższy unijny cel pochłaniania dla sektora LULUCF na poziomie 310 milionów ton ekw. CO₂.

W przypadku Polski wprowadzono indywidualny cel dot. zwiększenia pochłaniania w 2030 r. (dodatkowe pochłanianie w wysokości 3,278 mln t ekw. CO₂ w stosunku do średniej z lat 2016-2018) do którego dojście wymagane będzie przy uwzględnieniu specyficzniej uwarunkowanej trajektorii liniowej. Cel w swoim zakresie należy traktować jako ambitny, a jego realizacja w krótkiej perspektywie możliwa jest jedynie przy istotnym wkładzie pochłaniania generowanego na gruntach leśnych (Korosuo et al. 2023).

Warto przy tym wskazać, że ograniczony katalog zachęt dla prywatnych właścicieli gruntów, szczególnie gruntów leśnych, w kontekście realizacji tego celu, powoduje, że w praktyce główny ciężar wyżej wymienionego wzrostu wielkości pochłaniania CO₂ w Polsce zostanie zapewne przekierowany na Lasy Państwowe.

Dodatkowo należy podkreślić, iż w listopadzie 2025 r. państwa członkowskie uzgodniły na forum Rady ds. Środowiska podejście ogólne do prawnie wiążącego głównego celu redukcji emisji gazów cieplarnianych netto w UE na 2040 r. wynoszącego 90 % w stosunku do emisji w 1990 r. Cel klimatyczny na 2040 r. potwierdza zatem determinację UE w walce ze zmianą klimatu i kształtuje drogę UE po 2030 r., aby zapewnić osiągnięcie przez UE neutralności klimatycznej do 2050 r. Cel neutralności klimatycznej jest zatem centralnym elementem Europejskiego Zielonego Ładu i prawnie wiążącym celem określonym w prawie o klimacie. Unia Europejska przyjmując na poziomie Rady Europejskiej porozumienie ws. celu klimatycznego UE na rok 2040, prawdopodobnie wymusi kolejne działania w sektorze LULUCF, które będą zobowiązywać państwa członkowskie do zwiększania potencjału pochłaniania GHG (m.in. w lasach). Biorąc pod uwagę rosnące znaczenie kompleksowego

mechanizmu zarządzania powiązаныmi emisjami, prawdopodobna jest implementacja tzw. podejścia „AFOLU” integrującego rolnictwo, leśnictwo i użytkowanie gruntów. Silne uwzględnienie lasów i gruntów leśnych w polityce klimatycznej UE otwiera nowe możliwości, ale jednocześnie stawia poważne wyzwania związane z jakością danych, interoperacyjnością krajowych systemów oraz koniecznością stosowania transparentnych i naukowo solidnych metod szacunkowych.

W tym kontekście, szczególnej uwagi wymaga mechanizm przygotowania danych dla sektora LULUCF opracowany na potrzeby krajowych inwentaryzacji emisji i pochłaniania gazów cieplarnianych (wykazów GC). Za ich wykonanie w Polsce odpowiada – zgodnie z ustawą z dnia 17 lipca 2009 r. o systemie zarządzania emisjami gazów cieplarnianych i innych substancji (Dz.U. 2022 poz. 673 ze zm.) – Krajowy Ośrodek Bilansowania i Zarządzania Emisjami (KOBiZE), funkcjonujący w Instytucie Ochrony Środowiska – Państwowym Instytucie Badawczym. Proces przygotowania raportu, zawierającego inwentaryzację gazów cieplarnianych, nadzorowany jest przez Ministra Klimatu i Środowiska (jako elementu nadzoru nad IOŚ PIB), zaś akceptacja raportu (umożliwiająca jego przedłożenie na forum UE i UNFCCC/PP) odbywa się na poziomie Komitetu ds. Europejskich przy Kancelarii Prezesa Rady Ministrów.

Po akceptacji raportów na poziomie krajowym, ale przed przesłaniem inwentaryzacji do Sekretariatu konwencji UNFCCC (termin 15 kwietnia), państwa członkowskie wysyłają swoje szacunki emisji do Europejskiej Agencji Środowiska (EEA) do 15 marca, co pozwala na sporządzenie unijnej inwentaryzacji (przedkładanej później na forum Konwencji UNFCCC i Porozumienia Paryskiego). Warto wskazać, iż inwentaryzacje przedkładane do EEA w terminie marcowym zawierają (poza samymi informacjami odnoszącymi się do obliczeń emisji GC) szereg informacji dodatkowych, wykraczających poza zakres wymagany w ramach ram transparenacji Porozumienia paryskiego. Informacje te odnoszą się m.in. do statusu realizacji celów ograniczenia emisji gazów cieplarnianych dla sektorów objętych rozporządzeniem ws. wiążących rocznych redukcji emisji gazów cieplarnianych przez państwa członkowskie od 2021 r. do 2030 r (ESR), a także innych zobowiązań i celów nakreślonych rozporządzeniem 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 (LULUCFR).

W ramach opisanego przygotowania danych dla sektora LULUCF wyróżnia się trzy stopnie dokładności stosowanych metod statystycznych — TIER 1, TIER 2 oraz TIER 3. Każdy kolejny stopień charakteryzuje się rosnącymi wymaganiami dotyczącymi precyzji, szczegółowości oraz jakości danych. TIER 1 opiera się na prostych, często standardowych współczynnikach emisji i pochłaniania, które są mniej dokładne, ale łatwe do zastosowania na poziomie krajowym. TIER 2 wprowadza bardziej szczegółowe wskaźniki, uwzględniające specyfikę krajowych i lokalnych warunków i praktyk zarządzania gruntami, co pozwala na poprawę jakości szacunków. Najwyższy poziom, TIER 3, zakłada stosowanie zaawansowanych modeli, lokalnych pomiarów i szerokiego zakresu danych, umożliwiając najbardziej precyzyjną i reprezentatywną ocenę sald emisji i pochłaniania GC w sektorze LULUCF. Wybór odpowiedniego stopnia TIER zależy od dostępności danych, zasobów oraz wymogów raportowych, przy czym dążenie do wyższych poziomów dokładności odgrywa kluczową rolę w poprawie wiarygodności i efektywności polityk klimatycznych.

Obecne zmiany w proporcjach alokacji węgla w ekosystemach leśnych wskazują na zmniejszanie się udziału węgla w biomase nadziemnej, który obecnie wynosi około 35–55% całkowitego zasobu węgla, podczas gdy historycznie szacowano go na 40–60%. Udział węgla w biomase podziemnej, obejmującej systemy korzeniowe, utrzymuje się relatywnie stabilnie na poziomie około 20–30%, zależnie od lokalnych warunków. Szczególnie istotne znaczenie zyskuje martwa materia organiczna, rozumiana jako węgiel zgromadzony w martwym drewnie, ściółce oraz organicznej materii glebowej, której udział szacuje się na 30–50%. Zawartość węgla w ściółce wynosi około 5–10%, natomiast udział węgla w martwym drewnie wzrósł do 5–15%, zwłaszcza w lasach dotkniętych zaburzeniami, takimi jak susza, gradacje szkodników czy wichury. Dynamiczne zmiany w tych rezerwuarach mogą w znaczący sposób wpływać na całkowite zasoby węgla i ich zmiany - szczególnie w ekosystemach leśnych.

Zachodzące zmiany podkreślają konieczność dokładniejszej inwentaryzacji tych rezerwuarów. Sytuacja ta została również uwzględniona w legislacji Unii Europejskiej, gdzie poprzez nowelizację załącznika I do rozporządzenia LULUCF zmieniono zakres przedmiotowy enumeratywnie wymienionych rezerwuarów węgla, które muszą być uwzględniane w szacunkach dla sektora LULUCF. W ten sposób podkreślono znaczenie dynamicznych zmian zasobów węgla obserwowanych w glebach, martwym drewnie oraz martwej materii organicznej.

Znaczenie tych rezerwuarów podkreślono także poprzez zaostrenie wymagań dotyczących stosowanych w raportach metod inwentaryzacyjnych. Od momentu przedłożenia inwentaryzacji emisji gazów cieplarnianych w 2028 r. państwa członkowskie zobowiązane są stosować metody co najmniej na poziomie TIER 2, zgodnie z wytycznymi IPCC z 2006 r.. Natomiast najpóźniej od przedłożenia wykazów GC w 2030 r. państwa mają obowiązek stosować metody poziomu 3, również według tych samych wytycznych, dla wszystkich szacowanych emisji i pochłaniania węgla w rezerwuarach węgla obejmujących jednostki użytkowania gruntów o wysokiej zawartości pierwiastka węgla.

Inną istotną zmianą wynikającą z nowelizacji rozporządzenia LULUCF jest obowiązek przygotowania planu działań naprawczych w przypadku niewystarczającego postępu w realizacji celów klimatycznych. W przypadku otrzymania przez kraj drugiej i kolejnej rocznej oceny dokonanej przez KE na podstawie art. 29 rozporządzenia (UE) 2018/1999, z której wynikać będzie, że działania prowadzone na rzecz spełnienia celu dla sektora LULUCF określonego dla danego kraju w kolumnie C załącznika IIa Rozporządzenia (UE) 2018/841 ze zmianami wynikającymi z art. 1 ust.4 rozporządzenia (UE) 2023/839 są niewystarczające, wówczas kraj ten jest zobowiązany do opracowania takiego planu. Polska i inne państwa czł. UE, jeśli zobowiązane będą do przygotowania planu działań naprawczych, w ich treści powinny uwzględnić m.in.:

- możliwe przyczyny niewystarczających postępów w realizacji celu określonego zgodnie z art. 4 ust. 3 rozporządzenia (UE) 2018/841 ze zmianami wynikającymi z art. 1 ust. 11 rozporządzenia (UE) 2023/839, biorąc pod uwagę trajektorię liniową i pulę ustaloną zgodnie z art. 4 ust. 4 rozporządzenia (UE) 2018/841, a także elastyczności przewidziane w niniejszym rozporządzeniu
- ocenę tego, w jaki sposób finansowanie unijne wspiera krajowe wysiłki na rzecz osiągnięcia celu i puli określonej zgodnie z art. 4 ust. 3 rozporządzenia (UE) 2018/841 ze zmianami wynikającymi z art. 1 ust. 4 rozporządzenia (UE) 2023/839 oraz w jaki sposób to państwo członkowskie zamierza wykorzystać unijne finansowanie, aby poczynić postępy w ich realizacji
- charakterystyki potencjalnych dodatkowych działań uzupełniających, zintegrowany krajowy plan w dziedzinie energii i klimatu dla Polski, zgodnie z rozporządzeniem (UE) 2018/1999 lub działania wspierające jego wdrażanie, które to państwo członkowskie będzie realizować, aby osiągnąć swój cel określony zgodnie z art. 4 ust. 3 lub swoją

pulę określoną zgodnie z art. 4 ust. 4 rozporządzenia (UE) 2018/841 ze zmianami wynikającymi z art. 1 ust. 4 rozporządzenia (UE) 2023/839, poprzez politykę i środki krajowe oraz realizację działań Unii, wraz ze szczegółową oceną, popartą danymi ilościowymi, jeżeli są one dostępne, przewidywanego pochłaniania gazów cieplarnianych netto, które ma być wynikiem tych działań;

- potencjalny harmonogram realizacji takich działań, umożliwiający ocenę rocznych postępów w realizacji.

Projekt „Znaczenie lasów i gruntów z roślinnością leśną w pochłanianiu i magazynowaniu CO₂ w ramach nowej strategii leśnej UE 2030 oraz pakietu ustaw „Gotowi na 55” stanowi przedmiot opracowania zespołu ekspertów z instytucji o szerokim portfolio eksperckim (Konsorcjum Instytutu Badawczego Leśnictwa, Instytutu Ochrony Środowiska - Państwowego Instytutu Badawczego oraz Przedsiębiorstwa Państwowego pn. Biuro Urządzania Lasu i Geodezji Leśnej) co gwarantuje dostęp do wysoko wykwalifikowanych ekspertów z różnych dziedzin, posiadających znaczące doświadczenie w opracowywaniu podobnych analiz, w tym m.in. dla Ministerstwa Środowiska, Ministerstwa Klimatu, Ministerstwa Klimatu i Środowiska, Dyrekcji Generalnej Lasów Państwowych, niektórych nadleśnictw PGL LP dotkniętych zdarzeniami klęskowymi, a także innych zainteresowanych tematyką jednostek, co gwarantowało realizację zakładanych celów.

3 DEFINICJE LASU

Punktem wyjściowym wszelakich analiz obejmujących swoim zakresem kwestię gruntów leśnych jest aspekt definicji lasów. Warto dodać, że lasy są najbardziej skomplikowanym ekosystemem lądowym, charakteryzującym się największym stopniem bioróżnorodności (Drozdowski, 2008). Na świecie istnieje ponad 250 definicji lasu sformułowanych zarówno dla poszczególnych krajów jak i przez organizacje międzynarodowe takie jak FAO/UN i UNFCCC. Definicje te różnią się pod względem kryteriów, na podstawie których dane grunty zalicza się do powierzchni leśnej. Należą do nich: pokrycie koronami drzew, wysokość drzew i powierzchnia kompleksu leśnego (Traub i in., 1998; Mathys i in., 2006; Colson i in., 2009; Seebach i in., 2011; Romijn i in., 2013), użytkowanie terenu (Seebach i in., 2011), stopień bioróżnorodności (Romijn i in., 2013), struktura krajobrazu (Colson i in., 2009), sposób wyznaczania powierzchni referencyjnej, dla której liczony jest udział pokrycia koronami drzew (Magdon i Kleinn, 2013), względy społeczno-ekonomiczne, czy obecność trwale zrównoważonej gospodarki leśnej⁵. Przykładowo, definicja z Protokołu z Kioto nie uwzględnia wprost zmiennych takich jak skład gatunkowy czy stopień bioróżnorodności. Do nich należy odwołać się poprzez dodatkowe elementy systemu sprawozdawczego Protokołu oraz nawiązania do zrównoważonego gospodarowania gruntami leśnymi, ukierunkowanego na realizację ekologicznych (w tym różnorodności biologicznej), ekonomicznych i społecznych funkcji lasu. Bez tych odniesień prowadziłyby to do zastępowania naturalnych, biologicznie różnorodnych lasów monokulturami i plantacjami przemysłowymi, które nie magazynują węgla w takim stopniu jak lasy naturalne (Sasaki i Putz, 2009; Putz i Redford, 2009). W efekcie wybór odpowiedniej definicji lasu jest dla każdego kraju kwestią kompromisu między kilkoma czynnikami, do których należą: rzetelność raportowania (poprzez wybór precyzyjnych mierzalnych kryteriów), uwzględnienie charakterystyki ekosystemu oraz spełnienie oczekiwań i potrzeb społecznych i gospodarczych (Neef i in., 2006). Ponadto, konsekwencją stosowania różnych definicji lasu są chociażby różnice w raportowanych powierzchniach gruntów leśnych w zależności od przyjętej definicji i wymagań. Przykładowo, w zależności od danych i metodyki zbierania danych powierzchnia lasów równikowych na świecie waha się od 1090

⁵ Pkt 1f załącznika do decyzji 16/CMP.1 (FCCC/KP/CMP/2005/8/Add.3)

do 1220 mln ha. Różnica w szacowanej powierzchni lasów dla 19 krajów europejskich wyniosła 13% (Traub i in., 2000), a różnica w powierzchni gruntów wylesionych w Indonezji w latach 2000–2009 wyniosła 27% (Romijn i in., 2013). Problem pojawia się wówczas, gdy dany kraj zobowiązany jest raportować powierzchnię gruntów leśnych jako przedmiot podjętych zobowiązaniami.

Polska, podobnie jak wiele innych krajów, jest zobowiązana do raportowania powierzchni gruntów leśnych do Konwencji Klimatycznej (UNFCCC) oraz Organizacji Narodów Zjednoczonych ds. Wyżywienia i Rolnictwa (FAO/UN). Raportowanie powierzchni leśnej w Polsce opiera się na danych publikowanych w rocznikach statystycznych „Leśnictwo” i „Ochrona Środowiska” Głównego Urzędu Statystycznego (GUS). Szczegóły definicji powierzchni leśnej sformułowanej dla Polski w Ustawie o lasach (Ustawa o lasach, 1991), FAO/UN (Forest Resources Assessment, 2004; 2007; 2012) i Protokole z Kioto (Decision 2/CMP.7, 2012) (Jabłoński, 2015a; 2015b; 2015c; 2017) (Tabela 1).

Tabela 1 Kryteria wyznaczania obszarów leśnych w Polsce w zależności od przyjętej definicji.

Zmienne	Ustawa o Lasach	FAO/UN	UNFCCC
Minimalny obszar (ha)	0,1	0,5	0,1
Minimalna wysokość (m)	-	5	2
Minimalne pokrycie przez korony (%)	-	10	10
Minimalna szerokość kompleksu (m)	-	-	10
Sady i zieleń miejska	nie	nie	tak
Grunty z sukcesją naturalną	tak	tak	tak
Grunty związane z gospodarką leśną	tak	tak	nie

Istotnym kryterium uznawania gruntu za leśny jest obecność roślinności drzewiastej. Definicja sformułowana w Ustawie o Lasach nie stawia wymogu dot. minimalnej wysokości drzew oraz pokrycia przez korony. Według definicji sformułowanej przez FAO/UN i w Protokole z Kioto roślinność drzewiasta powinna spełniać określone kryteria wysokości (2-5 m) i pokrycia przez korony (10%). Wszystkie trzy definicje stawiają wymóg minimalnej powierzchni kompleksu leśnego (0,1-0,5 m). W związku z tym, oszacowanie powierzchni gruntów z roślinnością drzewiastą jest pierwszym i najważniejszym krokiem do oszacowania powierzchni gruntów leśnych.

Kolejnym kryterium jest kwestia użytkowania terenu. Według definicji sformułowanej przez FAO/UN i w Ustawie o Lasach, grunty orne nie są gruntami leśnymi nawet jeśli występuje na nich leśna roślinność drzewiasta. Takimi gruntami są m.in. grunty rolne zajęte przez plantacje

roślin przemysłowych i energetycznych. Po wyznaczeniu powierzchni gruntów z roślinnością drzewiastą konieczne jest więc wyłączenie z niej tego typu powierzchni. Z kolei brak roślinności drzewiastej nie powoduje, że automatycznie mamy do czynienia z gruntem nieleśnym. Istnieje wiele przykładów gruntów leśnych czasowo lub trwale pozbawionych roślinności drzewiastej. Do tych pierwszych należą szkółki leśne, tereny pozrębowe oraz uprawy leśne, czyli obszary gdzie drzewa nie osiągnęły jeszcze parametrów przestrzennych wymaganych przez poszczególne definicje, ale oczekuję się, że parametry te zostaną osiągnięte w przyszłości (np. w okresie 5 lat). Do powierzchni gruntów z roślinnością drzewiastą, pomniejszych o powierzchnię gruntów nieleśnych z roślinnością drzewiastą, należy więc dołączyć powierzchnię gruntów z roślinnością drzewiastą, która jeszcze nie spełnia wymaganych parametrów przestrzennych. Istnieją również grunty nieleśne z roślinnością drzewiastą (np. zieleń miejska) i grunty leśne trwale pozbawione roślinności drzewiastej (np. tereny związane z gospodarką leśną – ok. 206 tys. ha), których uwzględnienie lub wyłączenie z powierzchni gruntów leśnych, oszacowanej w wyżej opisany sposób, wyłącznie na podstawie danych teledetekcyjnych, może okazać się bardzo trudne lub wręcz niemożliwe. W takich przypadkach możliwe jest wykorzystanie warstw reprezentujących formy użytkowania gruntów z ogólnodostępnych baz danych przestrzennych (np. BDOT 10k, BDL, LPIS).

Tradycyjnej źródłem informacji nt. powierzchni gruntów leśnych w Polsce i za granicą jest inwentaryzacja terenowa. Jest ona jednak w części subiektywna, pracochłonna i nic nie wskazuje na to, żeby koszty jej przeprowadzenia miały być w przyszłości niższe niż obecnie. Czynniki decydującymi o dokładności wyników inwentaryzacji są częstotliwość i rozmieszczenie powierzchni próbnych oraz metodyka samych pomiarów (Traub i in., 1998; Mayeux i in., 1998; Mathys i in., 2006). Atrakcyjną alternatywą dla pomiarów terenowych jest wykorzystanie danych teledetekcyjnych. Jest to technologia umożliwiająca badanie określonego zjawiska zdalnie (czyli z określonej odległości) z wykorzystaniem specjalistycznych sensorów - czujników. Dane teledetekcyjne pozyskiwane są z pułapu naziemnego, lotniczego lub satelitarnego. Metody teledetekcyjne dzielą się na aktywne i pasywne. W przypadku wykorzystywania danych teledetekcyjnych ogromną rolę pełnią: charakterystyka wykorzystywanych danych (rozdzielczość terenowa, spektralna, radiometryczna, czasowa) metodyka wykonywania przetworzeń (poprawność procedury oraz dokładność wykorzystywanych algorytmów). Dane teledetekcyjne nie stanowią jednak źródła

informacji na temat użytkowania terenu (Seebach i in., 2011), co wymusza w niewielkim zakresie wykorzystywanie informacji dodatkowej, często zebranej w postaci informacji przestrzennej.

Zdjęcia lotnicze i satelitarne oraz dane z lotniczego skanowania laserowego wykorzystywane są do szacowania powierzchni gruntów leśnych już od początku XX wieku, z dokładnością >80% (Kunz i Nienartowicz, 2000; Haapanen i in., 2004; Wężyk i de Kok, 2005; Próchnicki i in., 2006; Wang i in., 2007a; 2007b; 2008; Pekkarinen i in., 2009; McRoberts, 2011; McRoberts i in., 2012; Castillo-Núñez i in., 2011; Pujar i in., 2014; Hościło i in., 2015; Kolecka i in., 2015; Naesset i in., 2016; Thompson i in., 2016; Szostak i in., 2018). Zastosowanie tych danych wiązało się zawsze z ich ograniczeniami jeśli chodzi o pozyskanie i przetwarzanie. Dane te mogły być pozyskiwane za dnia (poza danymi termalnymi), ale nie mogły zostać pozyskane w trudnych warunkach pogodowych tj. w trakcie ulewnego deszczu, grubej warstwy chmur, przy dużych kątach nachylenia słońca i małej wysokości wykonywanego zobrazowania (500-2000 m). Aktualne dane z lotniczego skanowania laserowego (ALS) są dostępne w Polsce w ramach projektu Informatycznego Systemu Osłony Kraju (ISOK). Szacowanie powierzchni gruntów leśnych na podstawie danych teledetekcyjnych wykorzystywane jest w krajach, gdzie inwentaryzacja in-situ jest niemożliwa ze względu na bardzo duży obszar (np. Kanada, Rosja) (Haapanen i in., 2004; McRoberts, 2011; McRoberts i in., 2012; Stehman i in., 2013; 2019; Oloffson i in., 2014; Naesset i in., 2016).

Na podstawie danych z lotniczego skanowania laserowego możliwe jest skuteczne szacowanie wysokości pojedynczych drzew (Stereńczak i Zasada, 2011; Zhou i in., 2020), jak również segmentacja chmury punktów lub Wysokościowego Modelu Koron w celu utworzenia warstwy poligonów reprezentujących pojedyncze drzewa, o określonej powierzchni i informacji nt. ich wysokości (Li i in., 2012; Strimbu i Strimbu, 2015). Do najpopularniejszych algorytmów używanych w tym celu zaliczyć można „Local Maxima” (detekcja wierzchołków pojedynczych drzew) oraz „Watershed” (segmentacja) (Yang i in., 2020).

4 ZNACZENIE GLEBOWEGO WĘGLA ORGANICZNEGO (SOC) I MARTWEJ MATERII ORGANICZNEJ (DOM) W BILANSIE WĘGLA W LASACH EUROPY ŚRODKOWO-WSCHODNIEJ W KONTEKŚCIE RAPORTOWANIA LULUCF

4.1 Wprowadzenie

Lasy odgrywają kluczową rolę w globalnym bilansie węgla, działając nie tylko jako ważne pochłaniacze dwutlenku węgla (CO₂), lecz także jako długoterminowe magazyny tego pierwiastka w biosferze. Ekosystemy lądowe, głównie leśne, pochłaniają rocznie szacunkowo około 11 Gt CO₂, podczas gdy globalne emisje ze spalania paliw kopalnych i użytkowania gruntów sięgają 36 Gt CO₂ rocznie. Tym samym lasy równoważą blisko jedną trzecią antropogenicznych emisji CO₂ (Fernandez-Martinez et al. 2014; Luysaert et al. 2008). W Polsce rola lasów w pochłanianiu CO₂ jest istotna: szacuje się, że corocznie pochłaniają około 40 mln ton CO₂, a łączny zapas węgla zmagazynowanego w ekosystemach leśnych przekracza 1 miliard ton (siedlce.warszawa.lasy.gov.pl).

Zmagazynowany węgiel występuje w lasach w różnych formach i „zbiornikach” (pools): w biomasie żywych drzew (pnie, korony, korzenie), martwej materii organicznej (DOM: martwe drewno stojące, martwe drewno leżące pniaki, ściółka) oraz (w bardzo istotnej mierze) w glebach, jako glebowy węgiel organiczny (SOC, soil organic carbon). Gleby leśne często przechowują ponad połowę całkowitego zapasu węgla w ekosystemie leśnym. W semi-naturalnych lasach Puszczy Białowieskiej gleba zawiera w sobie około 58% całkowitego zapasu węgla ekosystemów leśnych, podczas gdy żywa biomasa zawiera 36%, a martwe drewno około 6% (Bono et al. 2024; Campioli et al. 2015). Dominacja glebowego zapasu węgla jest charakterystyczna także dla innych stref umiarkowanych i borealnych, gdzie warunki klimatyczne i stosunkowo powolna mineralizacja sprzyjają jego długoterminowej stabilizacji (Zhou et al. 2006; Luysaert et al. 2008).

Informacje opisujące zapas węgla organicznego a glebach leśnych odnoszą się do węgla zmagazynowanego w próchnicy i zawartego w kwasach organicznych rozpuszczonych w roztworze glebowym, zarówno w warstwach powierzchniowych, jak i mineralnych.

Jego wielkość i stabilność zależą od wielu czynników środowiskowych i antropogenicznych. Wśród najistotniejszych wymienia się: typ gleby (skład granulometryczny, zawartość i jakość próchnicy, kwasowość), warunki klimatyczne (temperatura, opady, długość okresu wegetacyjnego), skład gatunkowy drzewostanu, historię użytkowania oraz zabiegi gospodarki leśnej (Gruba & Mulder 2015; Baritz et al. 2010; Zhou et al. 2006).

Typ gleby decyduje o zdolności sorpcyjnej, retencji wody i tempie mineralizacji materii organicznej. Na przykład gleby ilaste i gliniaste (w porównaniu do piaszczystych) wykazują większy potencjał stabilizacji SOC w formie trwałych kompleksów próchniczno-mineralnych (Kaczmarek et al. 2023). Klimat wpływa nie tylko na dopływ materii organicznej (poprzez produktywność drzewostanu), ale też na tempo rozkładu i mineralizacji. W chłodniejszych i wilgotniejszych warunkach (np. w lasach borealnych) SOC akumuluje się wolniej, ale ulega mniejszym stratom niż w cieplejszych, bardziej suchych regionach (Fernandez-Martinez et al. 2014; Tuomi et al. 2009). Skład gatunkowy drzewostanu wpływa na jakość i ilość dostarczanej ściółki, tempo jej rozkładu, oraz strukturę mikrosiedliskową. Lasy iglaste (np. sosnowe) dostarczają ściółki o większej zawartości trudno rozkładalnej ligniny. Natomiast lasy liściaste (np. bukowe) wspierają szybszy cykl humifikacji, korzystniejszy dla powstawania próchnicy glebowej. Mieszane drzewostany wykazują często najwyższy poziom akumulacji SOC w efekcie synergii struktury gleby, różnorodności mikroorganizmów i różnic w składzie opadu organicznego (Campioli et al. 2015).

Praktyki zarządzania i użytkowania lasów mają kluczowe znaczenie dla utrzymania lub degradacji SOC. Zmiana użytkowania gruntów (np. wylesienie, urbanizacja, przekształcenie w grunty orne) prowadzi do gwałtownego uwolnienia węgla z gleby zarówno przez usunięcie roślinności, jak i naruszenie struktury poziomów organicznych (Gruba et al. 2021; Wysocka-Fijorek et al. 2023). Nawet intensywne użytkowanie gospodarcze (np. orka, melioracje, zręby zupełne) może spowodować obniżenie SOC poprzez zaburzenia mikroklimatu, zmianę dopływu materii organicznej i zwiększenie tempa mineralizacji. Z kolei zachowanie ciągłości pokrywy leśnej, unikanie głębokiej penetracji gleby i pozostawianie DOM może sprzyjać stabilizacji lub nawet akumulacji SOC.

W warunkach Europy Środkowo-Wschodniej, zwłaszcza w siedliskach borowych i lasów mieszanych, zasoby SOC w glebie mineralnej do 1 metra głębokości⁶ osiągają wartości rzędu 100–200 Mg C/ha, co odpowiada około 50–70% całkowitej puli węgla w ekosystemie leśnym (Campioli et al. 2015; Bono et al. 2024; Wysocka-Fijorek et al. 2023). Dane te potwierdzają również analizy wykonane w Polsce z wykorzystaniem modelu CBM-CFS3. Model ten, kalibrowany na podstawie drugiego cyklu Wielkoobszarowej Inwentaryzacji Stanu Lasu (WISL, 2010–2014), pozwolił na estymację zasobów SOC z podziałem na regiony przyrodniczo-leśne oraz typy siedlisk. Zasoby SOC w glebie mineralnej w modelu CBM wyniosły średnio 124,9 Mg C/ha, przy czym najniższe wartości notowano w krainach południowo-zachodnich, a najwyższe w północno-wschodnich i wschodnich regionach Polski m.in. w lasach grądowych i olsowych na glebach organicznych i mineralno-organicznych (Wysocka-Fijorek et al. 2023; Bono et al. 2024). Akumulacja SOC jest procesem długoterminowym, uwarunkowanym tempem mineralizacji węgla zakumulowanego i ciągłością dopływu (tj. efektem substytucji) szczątków organicznych (opad liści i igliwia, martwe korzenie), tempem ich humifikacji oraz równowagą pomiędzy procesami mineralizacji i stabilizacji.

W warunkach Polski i sąsiednich państw strefy umiarkowanej szczególne znaczenie mają gleby kwaśne, o silnym zakwaszeniu profilu, w których tempo rozkładu jest ograniczone, co sprzyja gromadzeniu trwałych frakcji próchnicy. SOC może być stabilizowany na drodze sorpcji chemicznej do cząstek mineralnych (frakcje ilaste), inkorporacji do mikroagregatów lub dzięki obecności biochemicznie opornych związków, jak lignina czy garbniki, charakterystycznych dla ściółki iglastej (Tuomi et al. 2009; Gruba et al. 2021). W lasach iglastych SOC często koncentruje się w poziomie organicznym (O), natomiast w lasach liściastych i mieszanych większy udział obserwuje się w poziomie próchnicznym gleby mineralnej (Campioli et al. 2015; Kaczmarek et al. 2023).

Tempo przyrostu SOC w dojrzałych lasach jest stosunkowo niskie. Badania Gruba & Mulder (2015) wskazują, że wynosi ono przeciętnie 0,4–0,6 Mg C/ha/rok, choć w młodszych uprawach lub na siedliskach przekształconych wartości te mogą być wyższe. Analizy długoterminowe wskazują jednak, że w ustabilizowanych drzewostanach SOC może osiągać stan równowagi,

⁶ Przy czym w krajowej inwentaryzacji emisji i pochłaniania gazów cieplarnianych zasoby SOC w glebach obliczane są do głębokości 0,3 m.

w którym dalszy przyrost jest zrównoważony przez straty wynikające z mineralizacji. Dane z WISL dla siedlisk borów i borów mieszanych w Polsce nie wykazały istotnych trendów wzrostowych zasobów SOC w ciągu ostatnich trzech dekad, mimo rosnącego wieku i miąższości drzewostanów, co potwierdza hipotezę stabilizacji zasobów w starszych ekosystemach leśnych (Gruba et al. 2021). Na zmiany trendów akumulacji SOC wpłynąć może użytkowanie lasów oraz efekt historycznych zmian praktyk gospodarczych. Na przykład gleby pochodzenia rolniczego, które zostały zalesione po II wojnie światowej, charakteryzują się nadal niższymi zasobami SOC w porównaniu do lasów naturalnych (Gruba et al. 2021). W modelu CBM-CFS3 uwzględniono takie historyczne schematy użytkowania gospodarczego, włączając przekształcenia siedliskowe w obliczenia bilansu węgla. Modele pokazały, że nawet przy zachowaniu ciągłości pokrywy leśnej tempo zmian SOC w Polsce jest niskie i wynosi poniżej 0,2 Mg C/ha/rok. W wyniku tego zjawiska drzewostany w Polsce charakteryzują relatywnie stabilny bilans w dłuższym okresie, o ile nie dochodzi do nagłych zaburzeń (Wysocka-Fijorek et al. 2023; Bono et al. 2024).

Martwa materia organiczna (DOM) stanowi istotny, choć często niedoszacowany komponent obiegu węgla w lasach. Składa się głównie z martwego drewna (w tym powalonych pni, gałęzi, stojących ale suchych osobników i pniaków) oraz ze ściółki leśnej tj. warstwy organicznej zbudowanej z opadłych liści, igliwia, drobnych szczątków roślinnych i mikroorganizmów. DOM w ekosystemie leśnym pełni dwojaką funkcję w obiegu węgla: z jednej strony jest przejściowym magazynem węgla, a z drugiej źródłem emisji CO₂ w miarę postępującego rozkładu. Jego ilość w ekosystemie leśnym waha się istotnie w zależności od warunków siedliskowych, klimatycznych oraz sposobu gospodarowania. W lasach Europy Środkowo-Wschodniej zawartość węgla w DOM może wynosić od kilku do kilkudziesięciu Mg C/ha. Wartość ta odpowiada 3–7% całkowitej puli węgla ekosystemowego w lasach gospodarczych, jednak nawet 15–20% w starych lasach naturalnych (Luysaert et al. 2008; Campioli et al. 2015; Bono et al. 2024). Dane pochodzące z WISL w Polsce wskazują na znaczne zróżnicowanie zapasów DOM między typami lasów. W lasach gospodarczych średnia zasobność w martwe drewno wynosi 6–12 m³/ha, co odpowiada ok. 2–5 Mg C/ha. Tymczasem w lasach nieobjętych użytkowaniem – takich jak Białowiecki Park Narodowy – wartości te sięgają 40–80 m³/ha, czyli nawet ponad 20 Mg C/ha. W modelu CBM-CFS3, zaimplementowanym dla lasów Polski, średnia całkowita zawartość węgla w DOM (łącznie martwe drewno i ściółka) została oszacowana na około 10,5 Mg C/ha, z czego ok. 60% przypada na frakcje grubo-

i średniowymiarowego drewna, a pozostała część na drobną materię organiczną i ściółkę (Wysocka-Fijorek et al. 2023; Bono et al. 2024). Największe zapasy DOM odnotowano w starych drzewostanach liściastych oraz na siedliskach wilgotnych i bagiennych, gdzie tempo mineralizacji jest spowolnione z powodu niskiej dostępności tlenu i wysokiej wilgotności gleby.

DOM odgrywa także ważną rolę ekologiczną i funkcjonalną w lesie. Martwe drewno stanowi mikrośrodowisko dla licznych gatunków grzybów, owadów saproksylicznych, mchów i porostów, a także uczestniczy w retencji wody i odbudowie struktury gleby po zakłóceniach. Pozostawienie martwego drewna jest dziś zalecanym elementem gospodarki pro-przyrodniczej, wpisującym się zarówno w strategię ochrony różnorodności biologicznej, jak i łagodzenia zmian klimatu. Badania wskazują, że zwiększenie ilości DOM w drzewostanach – nawet kosztem krótkoterminowych emisji CO₂ – przyczynia się do wzrostu zdolności adaptacyjnej lasów i poprawy bilansu węgla w dłuższej perspektywie (Luysaert et al. 2008; Gadów et al. 2012).

Rozkład DOM to proces kontrolowany przez zespół czynników klimatycznych (temperatura, wilgotność), biotycznych (obecność saproksylicznych grzybów i bezkręgowców) oraz właściwości samego substratu, takich jak: rozdrobnienie, stosunek C/N czy zawartość ligniny. Drewno iglaste, ubogie w związki łatwo rozkładalne, wykazuje dłuższy czas połowicznego rozkładu niż drewno liściaste. W związku z tym w drzewostanach iglastych obserwujemy dłuższy okres retencji węgla w DOM (Tuomi et al. 2009; Kaczmarek et al. 2023). W modelu CBM-CFS3 rozróżnia się 21 podkategorii DOM, w tym frakcje zróżnicowane według średnicy, położenia (leżące, stojące), części drzewa (pnie, gałęzie, korzenie) oraz przypisane tempo rozkładu w zależności od strefy klimatycznej. Dzięki temu możliwe jest modelowanie nie tylko aktualnych zasobów DOM, ale również przepływów węgla pomiędzy pulami martwej biomasy, ściółki i gleby, a także emisji CO₂ w miarę rozkładu (Bono et al. 2024; Kurz et al. 2009). W kontekście zarządzania zasobami DOM w Polsce, CBM-CFS3 pozwala na analizę wpływu różnych scenariuszy użytkowania np. pozostawianie kłód po trzebieżach, zmniejszenie intensywności pozyskania lub tworzenie stref referencyjnych bez ingerencji. Wyniki pokazują, że scenariusze obejmujące wzrost ilości DOM prowadzą do wyższych średnich zapasów węgla w ekosystemie leśnym, zwłaszcza w kombinacji z umiarkowanym wzrostem biomasy żywej. Jednocześnie obserwuje się znaczne zróżnicowanie regionalne: w regionach o dużym udziale

starych lasów liściastych DOM odgrywa większą rolę w bilansie węgla niż w monokulturach sosnowych na ubogich siedliskach (Wysocka-Fijorek et al. 2023).

Martwa materia organiczna stanowi dynamiczny, ale istotny komponent bilansu węgla w lasach Europy Środkowo-Wschodniej. Jej ilość i stabilność zależą od wieku drzewostanów, składu gatunkowego, siedliska i sposobu gospodarowania. Włączenie DOM do modeli empirycznych, takich jak CBM-CFS3, znacząco poprawia reprezentatywność metod stosowanych dla sektora LULUC w różnorodnych mechanizmach sprawozdawczych (GovR, Rozporządzenie (UE) 2024/1991 ws. Rozporządzenie (UE) 2024/1991 Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 24 czerwca 2024 r. w sprawie odbudowy zasobów przyrodniczych i zmiany rozporządzenia (UE) 2022/869) o oraz pozwala na projektowanie bardziej zrównoważonych strategii gospodarki leśnej.

Jednym z modeli empirycznych implementowanym w Polsce docelowo analizującym aspekt zmian DOM jest CBM-CFS3 (Carbon Budget Model of the Canadian Forest Sector). Został on opracowany pierwotnie w Kanadzie, następnie model dostosowano do warunków europejskich. Obecnie w wielu państwach członkowskich UE, w tym w Polsce jest on wykorzystany do szacowania emisji i pochłaniania CO₂ dla ekosystemów leśnych i agroleśnych w LULUCF (Kurz et al. 2009; Wysocka-Fijorek et al. 2023). W Polsce CBM-CFS3 został zaimplementowany przez Instytut Badawczy Leśnictwa we współpracy z BULiGL, przy wsparciu danych pochodzących z drugiego cyklu Wielkoobszarowej Inwentaryzacji Stanu Lasu (WISL, lata 2010–2014). Kalibracja modelu opierała się na przypisaniu parametrów wzrostu, miąższości, dynamiki DOM oraz zawartości SOC do 25 typów siedliskowych lasu i 15 klas gatunkowych. Model pozwala na przestrzenne odwzorowanie zasobów węgla oraz estymację strumieni emisji i pochłaniania w czasie, z rozdzielczością regionalną (na poziomie krain przyrodniczo-leśnych) oraz czasową (roczną) (Bono et al. 2024). CBM-CFS3 operuje na podziale ekosystemu leśnego na kilka pul (pools) węgla: żywa biomasa nadziemna i podziemna, DOM w postaci martwego drewna grubego, drobnego i ściółki, oraz SOC – zróżnicowany w zależności od głębokości i typu gleby. Procesy modelowane obejmują przyrost biomasy, śmiertelność, opad organiczny, rozkład, mineralizację oraz transformacje między pulami. Model uwzględnia także interwencje gospodarcze (cięcia, trzebieże) oraz zakłócenia naturalne (wiatry, pożary), co umożliwia empiryczne odwzorowanie zmian bilansu węgla (Kurz et al. 2009; Gruba et al. 2021).

W polskich warunkach CBM-CFS3 wykazał, że średnia roczna akumulacja CO₂ przez lasy wynosiła około 28,3 mln ton CO₂/rok w latach 2013–2018, przy czym największy udział miała żywa biomasa (~60%), natomiast SOC i DOM łącznie odpowiadały za około 35% netto pochłaniania (Wysocka-Fijorek et al. 2023). Zasoby SOC zostały oszacowane na 1,8–2,0 mld Mg C, z największymi wartościami w lasach wilgotnych i bagiennych, szczególnie w północno-wschodnich regionach Polski. DOM oszacowano na około 100–110 mln Mg C, z największymi zasobami w starych drzewostanach liściastych i rezerwatach. Aktywne zarządzanie profilem absorpcji CO₂ w gospodarce leśnej, wspierane przez model CBM-CFS3, pozwala na symulację różnych scenariuszy zarządzania, takich jak zmiany w gospodarce martwym drewnem, różnorodne schematy zalesiania gruntów porolnych czy kierunkowe modyfikacje składu gatunkowego. Uzyskane wyniki umożliwiają ocenę wpływu podejmowanych decyzji gospodarczych na bilans węgla do roku 2030 lub 2050. Badania przeprowadzone na potrzeby raportów krajowych dla UNFCCC i Komisji Europejskiej wykazały, że utrzymanie obecnej intensywności użytkowania lasów skutkuje stabilizacją pochłaniania CO₂. Scenariusze z większym udziałem domieszek liściastych lub wzrostem ilości DOM mogą istotnie wpływać na długoterminowy bilans węgla, głównie dzięki poprawie jakości ściółki i wzrostowi stabilności SOC (Bono et al. 2024). Dodatkowo w modelu CBM-CFS3 szczególną uwagę poświęca się klasyfikacji gruntów leśnych zgodnie z definicją LULUCF, co oznacza konieczność uwzględniania historii użytkowania analizowanego obszaru, oraz precyzyjnej alokacji danych do odpowiednich klas IPCC (zarówno w kontekście klas użytkowania gruntu, jak form pokrycia gruntu). Dzięki integracji z danymi z WISL i mapami referencyjnymi możliwa była retrospektywna analiza historii użytkowania dla około 90% powierzchni leśnej Polski (Wysocka-Fijorek et al. 2023). Zastosowanie CBM-CFS3 w Polsce podniosło jakość raportowania LULUCF, umożliwiło spójną walidację danych z WISL z danymi zintegrowanymi w modelach i stworzyło podstawy do projektowania działań łagodzących zmiany klimatu w sektorze leśnym. Uwzględnienie SOC i DOM jako integralnych komponentów systemu pozwala uniknąć niedoszacowania pochłaniania CO₂ oraz lepiej planować działania adaptacyjne w ramach polityk środowiskowych UE.

W gospodarce leśnej skoncentrowanej na pochłanianiu CO₂ skład gatunkowy drzewostanu, a zwłaszcza udział gatunków liściastych, odgrywa istotną rolę w regulowaniu procesów obiegu węgla. Glebowy węgiel organiczny stanowi kluczowy składnik bilansu węglowego ekosystemów lądowych, a jego zasoby w lasach często przewyższają zawartość węgla

w biomacie drzew. Szacuje się, że w lasach pierwotnych i zbliżonych do naturalnych ponad połowa całkowitego zapasu węgla zmagazynowana jest właśnie w glebach oraz martwej materii organicznej. Przykładowo, kompleks leśny Puszczy Białowieskiej kumuluje średnio około 300 Mg C/ha w sumie we wszystkich rezerwuarach, z czego tylko 41% przypada na biomasę żywych drzew, a reszta (niemal 60%) znajduje się w glebach i martwej materii organicznej (Matuszkiewicz et al. 2021; FAO AGRIS). Zdolność lasu do długotrwałej sekwestracji CO₂ zależy w dużej mierze od stabilności węgla glebowego. Węgiel organiczny w glebie występuje w różnych formach: od łatwo rozkładalnej materii organicznej o krótkim czasie rezydencji, po formy stabilniejsze związane z minerałami lub zamknięte w agregatach glebowych. Trwałość glebowej materii organicznej jest determinowana przez czynniki fizykochemiczne (np. związanie z frakcją ilastą), aktywność mikroorganizmów i fauny glebowej, a także poprzez skład gatunkowy drzewostanu. Lasy liściaste sprzyjają większej akumulacji węgla w mineralnej części gleby, podczas gdy pod drzewostanami iglastymi więcej węgla gromadzi się w powierzchniowej warstwie organicznej (ściółce). Domieszki gatunków liściastych w drzewostanach iglastych prowadzą do większej heterogeniczności składu opadu organicznego oraz szybszego obiegu materii i lepszego wymieszania próchnicy z mineralną glebą, co może zwiększać długoterminową stabilność sekwestrowanego węgla w głębszych warstwach gleby (Nickels et al. 2021). Dane z Polski (Gruba et al. 2021) pokazują, że lasy mieszane, wykazują wyższy potencjał akumulacji SOC niż monokultury sosnowe. Na przykład w lasach grądowych i łęgowych z dominacją drzew liściastych zasoby glebowego węgla organicznego przekraczają 150–200 Mg C/ha, natomiast w ubogich borach sosnowych wartość ta często nie przekracza 90–120 Mg C/ha; (Wysocka-Fijorek et al. 2023). Podobne obserwacje odnotowano w Niemczech i Czechach (Jandl et al. 2021), gdzie lasy liściaste i mieszane miały wyraźnie większe zasoby SOC w głębszych warstwach gleby mineralnej, podczas gdy gleby borów sosnowych wykazywały wysoką zawartość próchnicy w warstwach powierzchniowych, ale niską trwałość przy zakłóceniach. Martwa materia organiczna, obejmująca ściółkę i martwe drewno, także wykazuje zależność od składu gatunkowego. Drzewa iglaste dostarczają ściółki o dużej zawartości ligniny i niskim stosunku C:N, co skutkuje powolnym rozkładem i tworzeniem grubych warstw surowej próchnicy. Lasy liściaste dostarczają opad organiczny szybciej mineralizowany i szybciej wbudowywany w profil glebowy. Obecność martwego drewna liściastego o większym udziale łatwo rozkładalnych frakcji przyspiesza tworzenie próchna drzewnego i ułatwia kolonizację przez mikroorganizmy saproksyliczne. W Puszczy Białowieskiej, gdzie udział DOM jest wyjątkowo wysoki, stwierdzono 60–120 m³ martwego

drewna na hektar, a całkowity udział tej puli w bilansie węgla sięga 20% (Matuszkiewicz et al. 2021; Gadow et al. 2012). Należy zauważyć także fakt wpływu gatunków liściastych na strukturę mikroklimatu leśnego (większe uwilgotnienie, bardziej zróżnicowane światło) oraz rozwój fauny glebowej (dżdżownice, skoczogonki i inne saprofagi), co zwiększa obieg materii organicznej i wspomaga humifikację. Długoterminowe obserwacje wskazują, że w ekosystemach o wyższej różnorodności gatunkowej wolumen DOM i SOC jest bardziej stabilny w czasie, co przekłada się na większą odporność ekosystemu na zakłócenia (np. susze, pożary, presję antropogeniczną).

Gospodarowanie lasami, które zwiększa udział domieszek liściastych w drzewostanach iglastych wykazuje potencjał nie tylko wzbogacania bioróżnorodności, lecz także poprawy trwałości sekwestracji węgla. Badania symulacyjne wskazują, że w scenariuszach z większym udziałem liściastych DOM i SOC wykazują wyższe wskaźniki akumulacji i stabilizacji, zwłaszcza na siedliskach świeżych i wilgotnych (Kurz et al. 2009; Bono et al. 2024). Z kolei drzewostany jednowiekowe i jednogatunkowe, szczególnie sosnowe, charakteryzują się niską odpornością węglową, ubogą ściółką i podatnością na zakłócenia.

W Polsce większość lasów państwowych to drzewostany iglaste, szczególnie sosnowe, często w monokulturach. Obecnie w PGL LP trwają intensywne procesy związane z przebudową niestabilnych monokultur na biologicznie zróżnicowane ekosystemy. W tym kontekście należy podkreślić że synergia pomiędzy składem gatunkowym, trybem użytkowania i wiekiem drzewostanu decyduje o jakości i trwałości sekwestracji. Lasy mieszane i liściaste, użytkowane w sposób przyrodniczo zorientowany, wykazują lepsze parametry w zakresie pochłaniania i stabilizacji CO₂ niż monokultury intensywnie eksploatowane.

Ważnym czynnikiem w kontekście zrozumienia wartości wykazywanego przez poszczególne państwa związanego węgla w ekosystemach leśnych, jest zagadnienie implementacji metod szacunków IPCC, pod które podlegają zmiany glebowego węgla organicznego (SOC) oraz martwej materii organicznej (DOM) w ekosystemach leśnych i agroleśnych. Wytyczne te zobowiązują kraje do ujmowania pięciu podstawowych pul węgla: żywej biomasy nad oraz podziemnej, martwego drewna, ściółki, gleb mineralnych i organicznych (IPCC 2006; IPCC 2019). Różnice między państwami nie dotyczą zatem samego zakresu szacunków, lecz poziomu szczegółowości metod (Tier 1–3), jakości i gęstości sieci pomiarowych, sposobu wykorzystania modeli ekosystemowych oraz stopnia transparentności dokumentacji. W efekcie

możliwości porównywania danych o SOC i DOM między krajami sąsiadującymi: Polska, Niemcy, Czechy, Słowacja, Litwa czy państwa spoza UE (Białoruś, Ukraina), wymagają uwzględnienia zarówno uwarunkowań przyrodniczych, jak i metodycznych.

Podstawowy podział metod dla DOM wg wytycznych IPCC opiera się na trzech poziomach szczegółowości metod inwentaryzacyjnych. Tier 1 w swoim uproszczonym podejściu zakłada brak zmian w glebowym węglu organicznym (SOC) oraz martwej materii organicznej (DOM), o ile nie następuje zmiana użytkowania gruntów lub systemu gospodarowania (IPCC 2006). Tier 2 opiera się na krajowych danych i współczynnikach emisji/pochłaniania (EF) dostosowanych do lokalnych warunków, natomiast Tier 3 obejmuje zaawansowane modele procesowe lub powtarzane inwentaryzacje na stałych powierzchniach, umożliwiające bezpośrednią ocenę zmian w czasie (Grassi et al. 2022). W praktyce wiele państw Europy Środkowo-Wschodniej, w tym Polska, Słowacja i Litwa, przez długi czas stosowało Tier 1 dla SOC i DOM, co prowadziło do raportowania zerowych zmian tych wartości przy braku danych empirycznych (Holmgren 2021).

Na tle regionu wyróżniają się kraje takie jak Niemcy, które wczesne zainwestowały w rozbudowane programy monitoringu i modelowania. Niemcy dysponują rozbudowaną Krajową Inwentaryzacją Lasów (Bundeswaldinventur), włączającą pomiary martwego drewna, oraz niezależną National Forest Soil Inventory (NFSI), prowadzoną na stałej siatce punktów (ok. 8×8 km) i powtarzaną w odstępach kilkunastoletnich (Wellbrock et al. 2024). Pozwala to na zastosowanie podejścia Tier 2 dla gleb leśnych i stopniowe przechodzenie w kierunku Tier 3. W tym systemie zmiany SOC są szacowane na podstawie powtórnych pomiarów, a nie wyłącznie przy użyciu domyślnych współczynników. Martwa materia organiczna jest włączana do bilansu w oparciu o dane NFI oraz modele rozkładu DOM (Köhl et al. 2020). Równoległe prowadzona jest ogólnokrajowa inwentaryzacja gleb rolnych i trawiastych, która dostarcza danych do ulepszenia raportowania SOC także poza lasami (Global Research Alliance 2021). Podobną ścieżką poszły Finlandia, Szwecja, Austria czy Włochy, wdrażając modele procesowe (np. Yasso07, EFISCEN, CBM-CFS3) oparte na danych NFI, ICP Forests i ogólnokrajowych projektach glebowych (Liski et al. 2005).

W krajach takich jak Czechy obserwuje się dynamiczne przejście z podejścia Tier 1 do Tier 3 w odniesieniu do lasów. Historycznie czeski system inwentaryzacji zakładał brak zmian SOC przy niezmienionej kategorii użytkowania. Podejście to było zgodne z konserwatywną

interpretacją wytycznych IPCC. Obecnie Czechy wdrażają model CBM-CFS3, który odwzorowuje przepływy węgla między żywą biomasą, DOM i glebą, kalibrowany danymi krajowymi (Mäkipää 2023). Jest to szczególnie istotne w kontekście silnych zaburzeń (masowa gradacja kornika w drzewostanach świerkowych) i gwałtownego przyrostu martwego drewna, które mogą przejściowo zamieniać lasy z pochłaniacza w źródło emisji (Cienciala et al. 2022). Wdrożenie Tier 3 wymaga jednak uzupełnienia i weryfikacji danych wejściowych (zwłaszcza glebowych), co czeskie instytucje wprost komunikują w raportach NIR (UNFCCC 2023).

Słowacja i Litwa pozostają w dużej mierze na poziomie Tier 1, choć dysponują pewnym zasobem danych z sieci ICP Forests, projektów typu BioSoil oraz własnych NFI (EU JRC 2022). Ze względu na ograniczoną liczbę punktów pomiarowych i brak statystycznie istotnych trendów SOC, w inwentaryzacjach rocznych często przyjmuje się brak oszacowania („NE”) lub zerową zmianę zasobów węgla glebowego i DOM. Formalnie spełnia to minimalne wymagania IPCC, ale prowadzi do niedoszacowania realnych zmian i utrudnia porównywalność z krajami stosującymi Tier 2/3. W dokumentach strategicznych Litwy i Słowacji sygnalizuje się jednak zamiar wykorzystania kolejnych cykli NFI i nowych pomiarów glebowych do opracowania krajowych współczynników emisji, co ma umożliwić w przyszłości przejście na Tier 2 (FERN 2022).

Największe luki w raportowaniu glebowego węgla organicznego (SOC) i martwej materii organicznej (DOM) występują w państwach spoza UE, takich jak Białoruś i Ukraina. Mimo znacznych zasobów leśnych i rozległych torfowisk, ich udział w europejskich programach monitoringowych pozostaje ograniczony. Dostępne publikacje wskazują, że te państwa, o ile w ogóle przeprowadzają szacunki, w dużym stopniu opierają się na metodzie z poziomu Tier 1, tj. na domyślnych współczynnikach IPCC (Lykhtochvor i in. 2022; UNFCCC 2023). Ukraina, jako kraj z Załącznika I do Konwencji UNFCCC o gospodarce w okresie przejściowym, jest zobowiązana do przygotowania i przedkładania Krajowych Raportów Inwentaryzacyjnych na forum UNFCCC oraz w ramach Porozumienia Paryskiego. Dane dotyczące zmian SOC w ukraińskich raportach są jednak pomijane z powodu braku wiarygodnych informacji, co uzasadnia się stosowaniem uproszczonego podejścia IPCC zakładającego brak zmian w SOC i DOM.

Warto jednak podkreślić, iż szacunki naukowe wskazują przy tym na bardzo wysokie emisje z odwodnionych torfowisk na Białorusi i Litwie (Tanneberger et al. 2020). Wskazane badania

udowadniają, że obecny poziom metodyczny może znacząco niedoszacowywać rzeczywistego strumienia CO₂.

Różnice metodologiczne nakładają się na zróżnicowanie przyrodnicze. Kraje z dużym udziałem gleb organicznych (Polska, Litwa, Białoruś, Ukraina, częściowo Niemcy i Finlandia) mierzą się z wysokimi potencjalnymi emisjami z odwodnionych torfowisk i gleb bagiennych, podczas gdy państwa o dominacji gleb mineralnych (Czechy, Słowacja) mają relatywnie mniejszy udział tej kategorii w bilansie LULUCF. Klimat chłodny i wilgotny sprzyja akumulacji SOC i DOM (wolniejsza mineralizacja), natomiast cieplejsze warunki i okresowe susze przyspieszają rozkład materii organicznej (Köchy et al. 2015). Dodatkowo, historia gospodarowania (intensywne użytkowanie leśne i rolnicze, melioracje, zalesienia gruntów porolnych) wpływa na aktualny poziom SOC (Smith et al. 2021). Zarówno IPCC, jak i Unia Europejska dostrzegają te problemy i dążą do harmonizacji podejść. Zasada TACCC (dokładność, przejrzystość, spójność, kompletność, porównywalność) wymaga nie tylko poprawy jakości danych, lecz także szczegółowego udokumentowania przyjętych założeń i modeli (IPCC 2019). Nowelizacja rozporządzenia LULUCF w UE zakłada, że od roku sprawozdawczego 2026 wszystkie kategorie gruntów oraz pule węgla mają być raportowane co najmniej metodami Tier 2, a dla obszarów krytycznych (m.in. lasy, torfowiska) wdrażane będą metody Tier 3 (EU LULUCF Regulation 2023). W praktyce oznacza to konieczność inwestycji w krajowe programy monitoringu gleb (powtarzane iteracyjnie inwentaryzacje gleb leśnych i rolnych, rozszerzenie pomiarów w NFI, udział w kampaniach LUCAS soil), rozwój i kalibrację modeli ekosystemowych (CBM-CFS3, Yasso, EFDm, EU-CBM) oraz lepsze wykorzystanie danych teledetekcyjnych (np. program Copernicus).

Na tym tle Polska zajmuje pozycję pośrednią. Z jednej strony długo opierała się na Tier 1 dla SOC i DOM, przyjmując brak zmian zasobów w glebach leśnych i minimalizując rolę martwej materii w bilansie. Z drugiej wdrożenie krajowej wielkoobszarowej inwentaryzacji lasów (WISL) oraz modelu CBM-CFS3 plasuje ją w grupie państw, które rozwijają metody Tier 3 dla lasów (Wysocka-Fijorek et al. 2023; Bono et al. 2024). Nadal jednak brakuje systematycznego, ogólnokrajowego monitoringu zmian SOC, a ocena puli glebowej opiera się w znacznej mierze na modelach i założeniach historycznych (np. efekt powojennych zalesień).

Podsumowując, różnice regionalne w raportowaniu SOC i DOM w systemach LULUCF odzwierciedlają kombinację trzech czynników: (1) poziomu rozwoju krajowych systemów

monitoringu i modelowania, (2) uwarunkowań przyrodniczych (klimat, typy gleb, historia użytkowania, zasięg torfowisk) oraz (3) przyjętej strategii radzenia sobie z niepewnością. Kraje takie jak Niemcy czy Finlandia dysponują zaawansowaną infrastrukturą danych i metod Tier 2/3, umożliwiającą stosunkowo precyzyjne i transparentne raportowanie. Państwa Europy Środkowo-Wschodniej i wschodniej nadal w dużej mierze opierają się na Tier 1, choć część z nich stopniowo wdraża modele i przygotowuje się do wprowadzenia własnych współczynników emisji. Próby bezpośredniego porównywania wielkości pochłaniania i emisji z SOC i DOM między tymi krajami muszą więc uwzględniać nie tylko różnice ekologiczne, ale przede wszystkim metodyczne. Oczekiwana harmonizacja podejść, wymuszona przez reformę LULUCF oraz wspierana przez projekty badawcze i inicjatywy IPCC, powinna w kolejnych latach zmniejszać te rozbieżności, zwiększając zarówno jakość danych, jak i porównywalność raportów w całej Europie.

4.2 Aktualizacja wstępnych założeń do planu działań naprawczych przygotowywanego w kontekście przepisów art. 13 d rozporządzenia (UE) 2018/841 ze zmianami wynikającymi z art. 1 ust.4 rozporządzenia (UE) 2023/839 w związku z roczną oceną na podstawie art. 29 rozporządzenia (UE) 2018/1999 w roku 2025

4.2.1 Martwe drewno

Dane dotyczące martwego drewna stanowią przedmiot prac w ramach działań związanych z Wielkoobszarową Inwentaryzacją Stanu Lasu (WISL). Inwentaryzacji w tym zakresie podlegają strzały, kłody, wierzchołki i gałęzie znajdujące się w granicach powierzchni (również pochodzące z drzew rosnących poza powierzchnią próbną), których średnica w grubszym końcu jest większa niż 100 mm w korze (lub 80 mm bez kory), a ich długość wynosi co najmniej 0,5 m. W przypadku gdy leżące martwe drewno przecina granicę powierzchni próbnej pomiarowi podlega wyłącznie część znajdująca się w obrębie powierzchni, o minimalnej długości wynoszącej 0,5 m. Przedmiot badań w obszarze drewna martwego obejmuje rozłączną analizę morfologiczną drewna martwego leżącego (ścięte/wywrócone/odłamane) i stojącego (posusz). Dodatkowej inwentaryzacji podlegają również złomy oraz dodatkowo opisuje się pniaki. Poza standardowym pomiarem cech martwego drewna leżącego takimi jak średnica, wysokość czy wyróżnik kory, opisuje się także jego stopień rozkładu wg 3 stopniowej skali

(Jabłoński et al. 2015). Ponadto, poza standardowym pomiarem pniaków takim jak średnica, wysokość czy wyróżnik kory, opisuje się także jego stopień rozkładu wg 5 stopniowej skali (Jabłoński et al. 2015; Caza 1993; Lofroth 1998; Stevens 1997).

Zmiany zachodzące na powierzchni pomiędzy pomiarami w poszczególnych cyklach, tj. osiągnięcie przez drzewa 70 mm progu pierśnicy, ubytki drzew pomierzonych w poprzednich cyklach (wycięcie, zamieranie), powodują konieczność odpowiedniego rejestrowania drzew (żywych i martwych) oraz pniaków w trakcie ponownych pomiarów na powierzchni. Materiałem wejściowym przed ponownymi pomiarami jest lista (numery, azymuty i odległość) drzew i pniaków pomierzonych w poprzednich cyklach WISL. Dzięki tak przygotowanym pomiarom możliwe jest rejestrowanie zmian zachodzących w zasobach martwego drewna.

4.2.2 Węgiel organiczny w glebach leśnych

W celu zbadania zasobów węgla organicznego (SOC) w glebach leśnych w wybranych punktach WISL pobierane się próbki gleby, które po wykonaniu badań laboratoryjnych posłużą do określenia wielkości zasobów węgla organicznego w glebach leśnych na potrzeby raportowania zmian zasobów węgla z sektora LULUCF w ramach sprawozdawczości do Komisji Europejskiej. Próbkę gleby pobiera się z ok. 1 200 powierzchni WISL, wyznaczonych w losowaniu warstwowym z podziałem na 16 warstw siedliskowych (typów siedliskowych lasu). Ze względu na dużą dysproporcję powierzchni warstw siedliskowych, w celu rozlosowania rozmieszczenia poboru próbek, zastosowano transformację pierwiastkową powierzchni warstw i alokację próby proporcjonalną do pierwiastka z ich wielkości. Określone w taki sposób liczebności prób dla poszczególnych warstw siedliskowych (typów siedliskowych lasu) rozdziela się będzie następnie do warstw gatunkowych (wg gatunku panującego), proporcjonalnie do powierzchni tych warstw.

Próbki gleby pobiera się w zasięgu powierzchni próbnej C WISL, w sposób nawiązujący do metodyki stosowanej w projekcie „BioSoil” realizowanym przez Instytut Badawczy Leśnictwa w latach 2006-2007 roku oraz metodyki ICP Forests⁷. Na kierunkach północ – południe oraz

⁷ UNECE ICP Forests Programme Co-ordinating Centre (ed.): Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests. Part X: Sampling and Analysis of Soil. Version 2020-1.

wschód - zachód⁸ od środka powierzchni próbnej wyznacza się cztery punkty oddalone o 4 metry od granicy powierzchni próbnej A WISL, w których wykonuje się odwierty. Ponadto na kierunku południowym w odległości 2 metry od granicy powierzchni próbnej A wykonuje się odkrywkę glebową.

W ramach prac terenowych, z powierzchni WISL zlokalizowanych na glebach mineralnych, pobiera się:

- próbkę z warstwy poziomego organicznego (warstwy Ol i Ofh łącznie) do określenia suchej masy próchnicy,
- próbki o strukturze nienaruszonej z warstw mineralnych 0-10, 10-20 i 20-40 cm do określenia gęstości objętościowej gleby,
- próbki z pięciu lokalizacji (cztery odwierty i z odkrywki glebowej) o strukturze naruszonej z warstwy organicznej (O), 0-10, 10-20 i 20-40 cm, przeznaczone do oznaczeń fizykochemicznych.

Opisany wyciąg ze schematu poboru próbek stanowi przedmiot aktualizacji znowelizowanej Instrukcji wykonywania Wielkoobszarowej Inwentaryzacji Stanu Lasu. Próbki zebrane w kolejnych cyklach WISL, będą podlegać analizie laboratoryjnej w celu zbadania zawartości węgla organicznego w poszczególnych próbkach, a następnie określona zostanie zawartość SOC dla skali Polski.

4.3 Podsumowanie i wnioski

Aktualne klimatyczne ramy prawne Unii Europejskiej, znowelizowane w ramach pakietu „Gotowi na 55” poprzez rozporządzenie LULUCF, nakładają na Polskę znacząco zwiększone cele w zakresie pochłaniania dwutlenku węgla. Dla Polski ustalono indywidualny cel wzrostu pochłaniania o dodatkowe 3,278 mln ton ekw. CO₂ w 2030 r. w stosunku do średniej z lat 2016–2018, z wymaganą trajektorią liniową uwzględniającą specyficzne uwarunkowania krajowe. Cel ten uznaje się za ambitny, a jego realizacja w krótkiej perspektywie możliwa jest głównie

⁸ Pobór próbek dokładnie na kierunkach NS oraz EW ma na celu precyzyjne wyznaczenie miejsc poboru próbek. W następnym cyklu monitoringu ponowne pomiary będą się odbywać w miejscach przesuniętych np. o 10° w prawo w stosunku do wcześniejszych pomiarów).

dzięki istotnemu wkładowi gruntów leśnych. W praktyce, z uwagi na ograniczony system zachęt dla właścicieli prywatnych, główny ciężar osiągnięcia tego celu spocznie na Państwowym Gospodarstwie Leśnym Lasy Państwowe.

Znowelizowane rozporządzenie LULUCF podkreśla znaczenie dotychczas pomijanych rezerwuarów węgla, takich jak martwe drewno i glebowa materia organiczna. Znaczenie tych pul podkreślono poprzez zaostrzenie wymagań dotyczących metod inwentaryzacyjnych stosowanych w raportach. Od przedłożenia wykazu gazów cieplarnianych w 2028 r. państwa członkowskie zobowiązane są stosować metody co najmniej na poziomie Tier 2 zgodnie z wytycznymi IPCC z 2006 r. dotyczącymi krajowych wykazów gazów cieplarnianych. Najpóźniej od wykazu w 2030 r. wymagane jest stosowanie metod Tier 3 według tych samych wytycznych dla wszystkich szacunków emisji i pochłaniania węgla w rezerwuarach związanych z jednostkami użytkowania gruntów o wysokiej zawartości węgla.

Inną istotną zmianą wynikającą z nowelizacji rozporządzenia LULUCF jest obowiązek przygotowania planu działań naprawczych w przypadku niewystarczającego postępu w realizacji celów klimatycznych. W przypadku otrzymania przez kraj drugiej i kolejnej rocznej oceny dokonanej przez KE na podstawie art. 29 rozporządzenia (UE) 2018/1999, z której wynikać będzie, że działania prowadzone na rzecz spełnienia celu dla sektora LULUCF określonego dla danego kraju w kolumnie C załącznika IIa Rozporządzenia (UE) 2018/841 ze zmianami wynikającymi z art. 1 ust.4 rozporządzenia (UE) 2023/839 są niewystarczające.

W ramach projektu „Znaczenie lasów i gruntów z roślinnością leśną w pochłanianiu i magazynowaniu CO₂ w ramach nowej strategii leśnej UE 2030 oraz pakietu ustaw „Gotowi na 55” realizowane są skoordynowane działania obejmujące współpracę instytucji krajowych odpowiedzialnych za przygotowanie danych źródłowych, wskaźników emisji oraz szacunków inwentaryzacyjnych. Inicjatywa ta ma na celu aktywne przygotowanie Polski do nadchodzących wymogów raportowania LULUCF. W ramach tych działań Polska wdraża zaawansowany model CBM-CFS3 (poziom Tier 3), co stanowi strategiczną odpowiedź na wyzwania związane z koniecznością stosowania metod inwentaryzacyjnych rzędu trzeciego w raportach krajowych. Model CBM-CFS3 umożliwia uzyskanie reprezentatywnych szacunków emisji i pochłaniania gazów cieplarnianych zarówno w skali lokalnej, jak i międzynarodowej, podkreślając kluczową rolę biomasy oraz istotny wkład glebowego węgla organicznego (SOC) i martwej materii organicznej (DOM). Mimo tych postępów brakuje

jeszcze systematycznego, ogólnokrajowego monitoringu zmian zasobów węgla w glebach, który obecnie jest w trakcie budowania.

5 STRATEGIE ZARZĄDZANIA KRAJOWYM LIMITEM EMISJI GAZÓW CIEPLARNIANYCH – WKŁAD DO STRATEGII MKiŚ W KONTEKŚCIE ROZPORZĄDZEŃ LULUCF I ESR

Treść niniejszego opracowania może posłużyć Ministerstwu Klimatu i Środowiska (MKiŚ) jako ewentualny wkład do opracowania Strategii zarządzania krajowym limitem emisji gazów cieplarnianych (dalej: Strategia). Ostatecznym celem Strategii jest optymalne rozliczenie krajowych wielkości emisji gazów cieplarnianych (GC) nieobjętych systemem handlu uprawnieniami do emisji m.in. w obszarze LULUCF (Land Use, Land-Use Change and Forestry) w ramach wyznaczonych Polsce wartości referencyjnych emisji i pochłaniania w okresie 2021-2025 i celów redukcyjnych do 2030 roku.

Wskazane krajowe wielkości emisji gazów cieplarnianych (GC) nieobjętych systemem handlu uprawnieniami do emisji, w kontekście których kraje członkowskie prowadzą swoje rozliczenia w okresie 2021–2030, obejmują również zobowiązanie do redukcji emisji gazów cieplarnianych zgodnie z rozporządzeniem Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2018/842⁹ z dnia 30 maja 2018 r. w sprawie wiążących rocznych redukcji emisji gazów cieplarnianych przez państwa członkowskie od 2021 r. do 2030 r. przyczyniających się do działań na rzecz klimatu w celu wywiązania się z zobowiązań wynikających z Porozumienia paryskiego oraz zmieniające rozporządzenie (UE) nr 525/2013 (tzw. rozporządzenie ESR). Oznacza to, że Polska rozlicza jedynie tę część emisji GC, która jest związana z sektorami ESR, do których włączona jest również emisja pośrednia CO₂. Jednocześnie, w okresie 2021–2030 zobowiązanie do redukcji emisji gazów cieplarnianych zgodnie z rozporządzeniem ESR zakłada — w mechanizmie jego rozliczenia — udział emisji i pochłaniania netto wygenerowanego zgodnie z rozporządzeniem Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2018/841¹⁰ 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 zmieniającego

⁹ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A02018R0842-20230516> – tekst jednolity z dnia 11/06/2023

¹⁰ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A02018R0841-20230511> – tekst jednolity z dnia 11/05/2023

rozporządzenie (UE) nr 525/2013 oraz decyzję nr 529/2013/UE (tzw. rozporządzenie LULUCF).

4.1. Obszar ESR

W oparciu o przepisy rozporządzenia ESR określone zostały roczne limity emisji (*Annual Emission Allocations – AEA*) dla państw członkowskich na lata 2021–2030, które to zdefiniowano w decyzji wykonawczej Komisji (UE) 2020/2126¹¹ z dnia 16 grudnia 2020 r. w sprawie ustalenia rocznych limitów emisji państw członkowskich na lata 2021–2030 zgodnie z rozporządzeniem Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2018/842. W związku z korektą polskiego celu ESR na 2030 r. z –7% na –17,7% limity AEA zostały skorygowane dla lat 2023–2025 decyzją wykonawczą Komisji (UE) 2023/1319¹². Wskazane limity AEA dla lat 2026–2030 zostaną skorygowane po wszechstronnym unijnym przeglądzie krajowych inwentaryzacji GC, który odbędzie się w I połowie 2025 r. Warto podkreślić, iż emisja z sektorów objętych rozporządzeniem ESR w 2023 r. wyniosła 194,6 mln ton ekw. CO₂ i jest ona niższa od limitu o blisko 4 mln ton ekw. CO₂ (Tab. 2). Należy w tym miejscu nadmienić, że rozliczenie emisji ESR za cały okres 2021–2025 odbędzie się dopiero w 2027 r. po wszechstronnym unijnym przeglądzie, w wyniku którego emisje przedstawione w niniejszym raporcie mogą zostać jeszcze skorygowane, wpływając jednocześnie na ewentualną zmianę emisji w ESR.

Tabela 2 Obliczenie emisji w sektorze ESR w 2023 r. oraz porównanie jej z rocznym limitem emisji

Wyszczególnienie		Emisja [kt ekw. CO ₂]
		2023
A	Krajowa emisja gazów cieplarnianych (z emisją pośrednią CO ₂ , bez LULUCF)	347 802,965
B	Zweryfikowana emisja gazów cieplarnianych w EU ETS	153 019,346
C	Emisja CO ₂ z lotnictwa krajowego (1.A.3.a)	144,527
D	Emisja ESR (= A-B-C)	194 639,092
E	Roczny limit emisji (AEA) dla Polski ESR	198 630,308
F	Różnica między AEA oraz emisją ESR (= E-D)	3 991,216

Źródło: Krajowy Raport Inwentaryzacyjny 2025/ Raport syntetyczny

¹¹ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/HTML/?uri=CELEX:02020D2126-20240731> - tekst jednolity z dnia 31/07/2024

¹² <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/HTML/?uri=CELEX:32023D1319> tekst jednolity z dnia 29/06/2023

W okresie 2021–2030 zobowiązanie do redukcji emisji gazów cieplarnianych zgodnie z rozporządzeniem ESR zakłada — w mechanizmie jego rozliczenia — udział emisji i pochłaniania netto wygenerowanego zgodnie z rozporządzeniem 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 zmieniającego rozporządzenie (UE) nr 525/2013 oraz decyzję nr 529/2013/UE* (tzw. rozporządzenie LULUCF).

4.2. Obszar LULUCF

Wymiar emisji i pochłaniania netto generowanego zgodnie z rozporządzeniem 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 zmieniającego rozporządzenie (UE) nr 525/2013 oraz decyzję nr 529/2013/UE* określany jest wielokierunkowo.

W świetle przepisów rozporządzenia PE i Rady (UE) 2018/841 (rozp. LULUCF) państwa członkowskie UE rozliczają emisje i pochłanianie GC w odniesieniu do gruntów zalesionych i gruntów wylesionych jako sumaryczne emisje i sumaryczne pochłanianie dla każdego roku w okresie od 2021 r. do 2025 r.

Ponadto każde państwo członkowskie rozlicza emisje i pochłanianie w odniesieniu do zarządzanych gruntów uprawnych obliczone jako emisje i pochłanianie w okresach od 2021 r. do 2025 r. pomniejszone o pięciokrotność średnich rocznych emisji i pochłaniania państwa członkowskiego w odniesieniu do zarządzanych gruntów uprawnych w okresie bazowym od 2005 r. do 2009 r. Podobnie w odniesieniu do zarządzanych gruntów trawiastych rozliczone emisje i pochłanianie netto oblicza się jako sumaryczne emisje i pochłanianie w okresach od 2021 r. do 2025 r. pomniejszone o pięciokrotność średnich rocznych emisji i pochłaniania państwa członkowskiego w odniesieniu do zarządzanych gruntów trawiastych w okresie bazowym od 2005 r. do 2009 r.

Jednocześnie, każde państwo członkowskie rozlicza emisje i pochłanianie w odniesieniu do zarządzanych gruntów leśnych obliczone jako emisje i pochłanianie w okresach od 2021 r. do

2025 r. pomniejszone o pięciokrotność poziomu referencyjnego dla lasów danego państwa członkowskiego. Realizacja tego zobowiązania jest możliwa m.in. dzięki zdefiniowaniu poziomu referencyjnego dla lasów, który określono w rozporządzeniu delegowanym Komisji (UE) 2021/268 z dnia 28 października 2020 r. *zmieniającym załącznik IV do rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2018/841 w odniesieniu do poziomów referencyjnych dla lasów, które mają być stosowane przez państwa członkowskie w latach 2021–2025.*

Wymiar emisji i pochłaniania GC w LULUCF za lata 2021-2023 obliczony wg zasad rozliczeniowych określonych w art. 6, 7 oraz 8 rozporządzenia LULUCF został przedstawiony w ramach sprawozdawczości kraju członkowskiego w zakresie rozliczenia emisji i pochłaniania na podstawie art. 24 rozporządzenia wykonawczego Komisji (UE) 2020/1208, zgodnie z załącznikiem XX wskazanego rozporządzenia. Zestaw tabel sprawozdawczych (w ramach załącznika XX) w tym zakresie dostępny i jest pod adresem: https://cdr.eionet.europa.eu/pl/eu/govreg/annex_esr_lulucf/envz9qtwg/. Należy przy tym wskazać, że w rozliczeniach przewidzianych w art. 6 ust. 1 (grunty zalesione) i art. 8 ust. 1 (zarządzane grunty leśne) rozporządzenia LULUCF, dotyczących produktów z pozyskanego drewna, państwa członkowskie wykazują emisję i pochłanianie wynikające ze zmian w rezerwarze węgla, jaki stanowią produkty z pozyskanego drewna, stosując funkcję rozpadu pierwszego stopnia, metody standardowe okresy połowicznego rozpadu określone w załączniku V rozporządzenia LULUCF.

Należy dodać, że w świetle przepisów rozporządzenia PE i Rady (UE) 2018/841 (rozp. LULUCF) państwa członkowskie zapewniają, z uwzględnieniem elastyczności przewidzianych w art. 12 i 13b, aby suma jego emisji i pochłaniania gazów cieplarnianych na jego terytorium i we wszystkich kategoriach sprawozdawczych dotyczących gruntów, o których mowa w art. 2 ust. 2 lit. a)–j) ww. rozporządzenia, zgłoszonych w wykazie gazów cieplarnianych za 2030 r. przedłożonym w 2032 r., w porównaniu ze średnią danych z wykazów gazów cieplarnianych za lata 2016, 2017 i 2018 przedłożonych w 2032 r., nie przekraczała celu określonego dla tego państwa członkowskiego w kolumnie C załącznika IIa ww. rozporządzenia.

5. CHARAKTERYSTYKA POTENCJALNEGO POZIOMU TRAJEKTORII LINIOWEJ, OKREŚLANEJ NA POTRZEBY ROZLICZEŃ CELU OKREŚLONEGO W RAMACH ART. 4 ROZPORZĄDZENIA (UE) 2018/841

Rozporządzenie (UE) 2023/839 zmieniające Rozporządzenie (UE) 2018/841 weszło w życie 11 maja 2023 roku. Rozporządzenie to poza rewizją przepisów Rozporządzenia (UE) 2018/841 określa ogólnounijny cel zwiększenia netto pochłaniania dwutlenku węgla w sektorze gruntów o dodatkowe -42 MtCO₂eq. do 2030 roku. Cel ten został rozdzielony między Państwa Członkowskie w sposób, który wymaga od każdego Państwa Członkowskiego zwiększenia ambicji klimatycznych. Znowelizowany art. 4 ust. 4 Rozporządzenia 2018/841 stanowi, że dla okresu 2026-2030 (drugi okres rozliczeniowy określony w rozporządzeniu) krajowe cele na 2030 rok są uzupełnione o liniową trajektorię, ustanawiającą roczne wartości graniczne dla lat 2026-2029 dla każdego Państwa Członkowskiego. Zgodnie z artykułem 4 ust 4 rozp. 2018/841, Państwa Członkowskie powinny zapewnić, aby suma ich rocznych emisji i pochłaniania w okresie od 2026 do 2029 roku nie przekraczała budżetu na lata 2026-2029, określonego jako suma rocznych wartości granicznych dla lat 2026-2029, ustalonych przez trajektorię. Ponadto, Zgodnie z artykułem 4 ust 5 i 9 punktem preambuły rozp. 2018/841, Komisja powinna przyjąć Rozporządzenie Wykonawcze określające roczne wartości graniczne na podstawie takich trajektorii. Niniejsza część opracowania zawiera przegląd wdrażania tego przepisu.

Dla każdego Państwa Członkowskiego krajowa liniowa trajektoria określa roczne wartości graniczne całkowitych emisji i pochłaniania dla każdego roku między 2026 a 2029; suma tych wartości ustanawia budżet, w tonach ekwiwalentu CO₂, na lata 2026-2029. W celu zapewnienia zbiorowego osiągnięcia celu Unii na 2030 rok, przy jednoczesnym uwzględnieniu międzyrocznej zmienności emisji gazów cieplarnianych i pochłaniania w sektorze, indywidualne roczne wartości graniczne nie stanowią wiążącego celu rocznego. Całkowity budżet jest jednak wiążący. Punkt początkowy trajektorii jest ustalony na rok 2022 i jest obliczany jako średnia wartość rocznych danych inwentaryzacyjnych gazów cieplarnianych za lata 2021, 2022 i 2023. Punkt końcowy trajektorii to całkowita wartość emisji i pochłaniania

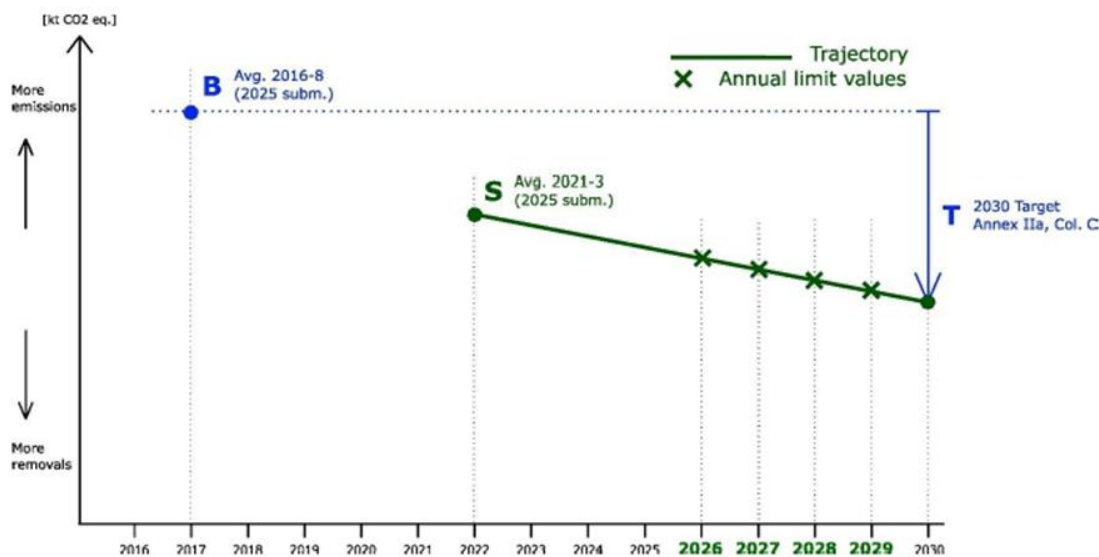
dla 2030 roku, uzyskana przez dodanie krajowego celu LULUCF – określonego w Kolumnie C Załącznika IIa Rozporządzenia LULUCF – do średniej rocznej całkowitych emisji i pochłaniania za lata 2016, 2017 i 2018. Zarówno punkt początkowy, jak i końcowy trajektorii powinny opierać się na zweryfikowanych danych (spójnej serii danych) z procesu składania inwentaryzacji gazów cieplarnianych w 2025 roku. Artykuł 38 ust 1a rozp. (UE) 2018/1999 stanowi, że Komisja powinna przeprowadzić kompleksowy przegląd krajowych danych inwentaryzacyjnych przekazanych przez Państwa Członkowskie. Komisja będzie wspomagana w tym procesie przez Europejską Agencję Środowiska. Zakończenie kompleksowego przeglądu jest wstępnie zaplanowane na połowę września 2025 roku, co oznacza, że ostateczne roczne wartości graniczne trajektorii mogą być obliczone i uwzględnione w projekcie Rozporządzenia wykonawczego KE natychmiast potem, jako ostatni krok przed przyjęciem. Wartość na liniowej trajektorii dla danego Państwa Członkowskiego i dla danego roku w okresie od 2026 do 2029 jest obliczana w następujący sposób:

$$Ly = S + (B + T - S) \times \frac{8 - (2030 - y)}{8}$$

gdzie:

- L_y to roczna wartość graniczna całkowitych emisji i pochłaniania dla roku y zdefiniowana przez liniową trajektorię,
- y to rok, dla którego obliczana jest roczna wartość graniczna na trajektorii,
- S to punkt początkowy trajektorii, ustalony na rok 2022 i wyrażony jako średnia wartość rocznych danych inwentaryzacyjnych gazów cieplarnianych za lata 2021, 2022 i 2023, przekazanych w 2025 roku,
- B to średnia wartość rocznych danych inwentaryzacyjnych gazów cieplarnianych za lata 2016, 2017 i 2018, przekazanych w 2025 roku,
- T to punkt końcowy trajektorii, ustalony na rok 2030 i wyrażony jako krajowy cel wiążący na 2030 rok, określony w Kolumnie C Załącznika IIa Rozporządzenia LULUCF.

Emisje są wyrażane jako liczby dodatnie, a pochłanianie jako liczby ujemne, obie wyrażone w $\text{kt CO}_2 \text{ eq}$. Rysunek 2 przedstawia hipotetyczny przykład obliczania trajektorii przy użyciu tego równania i zmiennych. Natomiast Rysunek 1 zawiera wstępne odniesienie się do przykładu obliczania trajektorii z wykorzystaniem danych krajowych.



Rysunek 1 Hipotetyczny przykład obliczania trajektorii celu, określonego w Kolumnie C Załącznika IIa Rozporządzenia LULUCF.

W roku 2025 rozpoczęła się dyskusja nt. implementacji art. 4 ust 5 rozporządzenia 2018/841. Dyskusja ta obejmuje kwestię ustanowienia rozporządzenia delegowanego KE dot. trajektorii Państw Członkowskich, które będą miały roczne wartości graniczne, które nie są wiążące indywidualnie, ale przyczyniają się do całkowitego budżetu, który jest wiążący. Korekty metodyczne opisane w późniejszej części zostaną zastosowane w 2032 r., aby uwzględnić zmiany w danych inwentaryzacyjnych, wpływając na obliczenia trajektorii i budżetu. Same trajektorie liniowe ustanowią roczne wartości graniczne dla emisji i pochłaniania na podstawie danych historycznych i celów na rok 2030 (Tab. 3-4).

Tabela 3 Schemat określania rocznych wartości granicznych zdefiniowanych przez liniowe trajektorie Państw Członkowskich (kt CO₂ eq.) z uwzględnieniem scenariusza WEM

	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Inwentaryzacja g.c.	-40781.47	-41662.03	-40960.30	-22561.30	-23330.17	-23916.66	-35644.33	-39402.69	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Projekcje g.c.	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	-39402.69	-38056.08	-36482.25	-35060.73	-33716.24	-32304.21	-31080.63	-28817.15
Średnie dane emisyjne z lat 2016-2018	-41134.60	-41134.60	-41134.60	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Cel kraju członkowskiego na rok 2030 (Zal. IIa, kol. C)	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	-3278.00
Trajektoria celu	NA	NA	NA	NA	NA	NA	-32987.89	-34415.98	-35844.07	-37272.16	-38700.25	-40128.34	-41556.42	-42984.51	-44412.60
Roczne wartości graniczne	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	-37272.16	-38700.25	-40128.34	-41556.42	-42984.51	-44412.60
Postęp w realizacji celu kraju członkowskiego na rok 2030	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	-3639.52	-6412.09	-9252.22	-11903.88	-15595.45

Źródło: opracowanie własne/ *dane oznaczone kolorem czerwonym stanowią element projekcji emisyjnych

Tabela 4 Schemat określania rocznych wartości granicznych zdefiniowanych przez liniowe trajektorie Państw Członkowskich (kt CO₂ eq.) z uwzględnieniem scenariusza WAM

	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Inwentaryzacja g.c.	-40781.47	-41662.03	-40960.30	-22561.30	-23330.17	-23916.66	-35644.33	-38808.21	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Projekcje g.c.	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	-38808.21	-43533.09	-49741.89	-52666.50	-53133.22	-52144.13	-49598.61	-46492.88
Średnie dane emisyjne z lat 2016-2018	-41134.60	-41134.60	-41134.60	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Cel kraju członkowskiego na rok 2030 (Zal. IIa, kol. C)	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	-3278.00
Trajektoria celu	NA	NA	NA	NA	NA	NA	-32789.73	-34242.59	-35695.45	-37148.31	-38601.17	-40054.03	-41506.88	-42959.74	-44412.60
Roczne wartości graniczne	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	-37148.31	-38601.17	-40054.03	-41506.88	-42959.74	-44412.60
Postęp w realizacji celu kraju członkowskiego na rok 2030	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	14065.34	13079.19	10637.24	6638.86	2080.28

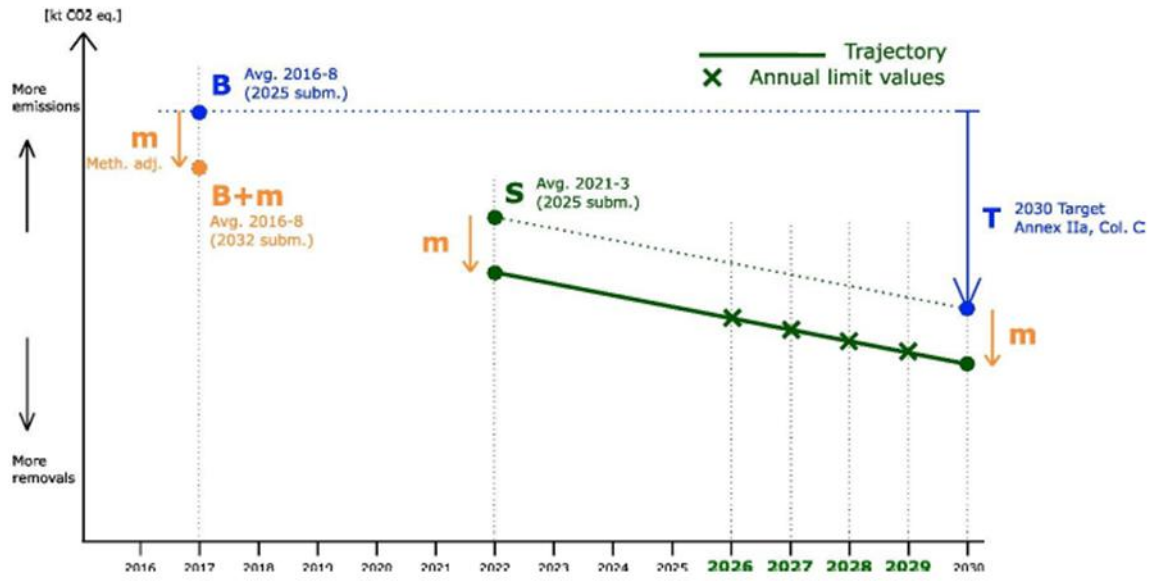
Źródło: opracowanie własne/ *dane oznaczone kolorem czerwonym stanowią element projekcji emisyjnych

Tabela 5 przedstawia format, w którym roczne wartości graniczne zdefiniowane przez liniowe trajektorie Państw Członkowskich zostaną określone w załączniku do Rozporządzenia Wykonawczego. Wartości zostaną obliczone po kompleksowym przeglądzie. W poniższym przykładzie uwzględniono dane opisujące potencjalne elementy budżetu określone w scenariuszu WEM.

Tabela 5 Tabela przedstawiająca wzór formatu, w którym roczne wartości graniczne zdefiniowane przez liniowe trajektorie Państw Członkowskich (kt ekw. CO₂)

P. czł	2026	2027	2028	2029	2030
...					
PL	-38 700,25	-40 128,34	-41 556,42	-42 984,51	-44 412,60
...					

Jednym z fundamentów Rozporządzenia (UE) 2018/841 jest cel wzmocnienia monitorowania emisji i pochłaniania w sektorze gruntów. Załącznik V, Część 3 Rozporządzenia w sprawie zarządzania wymaga, aby wszystkie Państwa Członkowskie stopniowo ulepszały te systemy, aby stosować dostosowaną do warunków krajowych metodykę wyższych poziomów (tzw. tierów) zgodnie z wytycznymi IPCC. Ulepszone metody często wymagają ponownych obliczeń inwentaryzacji GHG, które zostały przewidziane w Rozporządzeniu LULUCF, co skutkuje, w 2032 roku, dostosowaniem metodycznym zgodnie z artykułem 14 ust 1a ww. rozporządzenia. Dostosowanie metodyczne (Rys. 2) będzie różnicą średniej wartości rocznych danych inwentaryzacyjnych gazów cieplarnianych za lata 2016, 2017 i 2018 między zgłoszeniami z 2025 i 2032 roku. W 2032 roku dostosowanie metodyczne danego Państwa Członkowskiego będzie musiało zostać dodane do rocznych wartości granicznych tego Państwa Członkowskiego, ale nie zmieni to innych parametrów liniowej trajektorii, w szczególności jej nachylenia.



Rysunek 2 Dostosowanie metodyczne trajektorii celu określonego w Kolumnie C Załącznika IIa Rozporządzenia LULUCF do historycznych zmian metodycznych inwentaryzacji g.c., gdzie m to dostosowanie metodyczne.

6. OKREŚLENIE POTENCJAŁU GRUNTÓW POKRYTYCH WIELOLETNIĄ LEŚNĄ ROŚLINNOŚCIĄ DRZEWIASTĄ, LECZ NIE BĘDĄCYCH LASEM Z ROZUMIENIU EWIDENCJI GRUNTÓW I BUDYNKÓW

Fiszka określająca potencjał emisji i pochłaniania netto dla gruntów pokrytych wieloletnią, leśną roślinnością drzewną, nie będących gruntem leśnym w rozumieniu przepisów Rozporządzenia w sprawie ewidencji gruntów i budynków (Dz.U. 2021 poz. 1390).

Opracowanie danych nt. obszaru GRUNTÓW POKRYTYCH WIELOLETNIĄ LEŚNĄ ROŚLINNOŚCIĄ DRZEWIASTĄ, nie będących gruntem leśnym w rozumieniu przepisów Rozporządzenia w sprawie ewidencji gruntów i budynków, tj. powierzchni, zasobów drzewnych i ewentualnie zasobów drewna martwego (w zależności od dostępności danych źródłowych) oraz powiązanych zasobów węglowych.

Zadanie to wykonano opierając się o dostępne opracowania i publikacje oraz wyniki własne wykonawców.

6.1. Określenie rzeczywistej powierzchni gruntów pokrytych wieloletnią leśną roślinnością drzewiastą w Polsce na podstawie dostępnych danych przestrzennych

Podrozdział powstał w oparciu o: *Hościło A., Mirończuk A., Lewandowska A., 2016, Określenie rzeczywistej powierzchni lasów w Polsce na podstawie dostępnych danych przestrzennych, Sylwan 160(8), 627–634.*

6.1.1. Metodyka

W opracowaniu Instytutu Geodezji i Kartografii (IGiK) określenie rzeczywistej powierzchni gruntów pokrytych wieloletnią leśną roślinnością drzewiastą w Polsce przeprowadzono na podstawie następujących danych przestrzennych:

- Baza danych obiektów topograficznych BDOT10k;
- Pola Zagospodarowania identyfikowane w Systemie Identyfikacji Działek Rolnych LPIS
- (PZ–LPIS);
- Zalesienia wynikające z Programu Rozwoju Obszarów Wiejskich (PROW);
- Bank Danych o Lasach (BDL);
- Leśna Mapa Numeryczna (LMN);
- Warstwa wysokorozdzielcza (High Resolution Layer; HRL)

W następnym etapie dokonano integracji wieloźródłowych danych przestrzennych w oparciu o wyniki oceny dokładności. Stosując algebrę map, rastrowe dane zintegrowano w mapę tematyczną. Każdemu pikselowi przypisano informację o pochodzeniu – źródle danych. Wyniki analizy dokładności posłużyły do nadania wag poszczególnym warstwom.

Na podstawie powyższych założeń powstała wstępna mapa przedstawiająca rzeczywistą powierzchnię gruntów pokrytych wieloletnią leśną roślinnością drzewiastą, która następnie została poddana procesowi „czyszczenia szumów”. Eliminacja szumów w teledetekcji obejmuje metody przetwarzania obrazów satelitarnych i lotniczych, redukujące zakłócenia jak szum gaussowski, impulsowy czy prążki. Techniki dzielą się na klasyczne filtry przestrzenne, transformacyjne oraz oparte na uczeniu głębokim, zachowując detale krawędzi i tekstury. W efekcie zastosowanego podejścia usunięto piksele pod drogami, torami, torowiskami i ciekami wodnymi (źródło: LMN i BDOT). Następnie wydzielono te powierzchnie, które w odniesieniu do krajowej definicji lasu nie należy klasyfikować jako obiekty typu „las”, zaś spełniają minimalne wymagania dla definicji lasów Protokołu z Kioto.

6.1.2. Wyniki

Przeprowadzone badania mające na celu określenie rzeczywistej powierzchni gruntów z pokryciem koronami drzew w Polsce wykazały znaczne rozbieżności między powierzchnią lasów podawaną przez GUS a rzeczywistą powierzchnią terenów z pokryciem koronami drzew. Powierzchnia terenów z pokryciem koronami drzew (według stanu na 2014 r.) wynosi 9 997,7 tys. ha, co stanowi ok 32,0% powierzchni kraju i jest to wartość o prawie 800 tysięcy hektarów większa niż powierzchnia lasów podawana w oficjalnych statystykach (Tabela 6).

Tabela 6 Powierzchnia (A [ha]) i udział (%A [%]) lasów według województw (stan na 2014 rok) w odniesieniu do krajowej definicji lasu według Głównego Urzędu Statystycznego (GUS) i opracowania (IGiK) oraz w oparciu o pokrycie gruntu dla definicji Protokołu z Kioto (Kioto).

Województwo	GUS		IGiK		IGiK-GUS		Kioto	
	A	%A	A	%A	A	%A	A	%A
Dolnośląskie	592 816	29,7	641 884	32,2	49 068	2,5	658 367	33,0
Kujawsko-pomorskie	421 206	23,4	451 716	25,2	30 510	1,7	466 355	26,0
Lubelskie	583 040	23,2	634 701	25,3	51 661	2,1	709 484	28,2
Lubuskie	688 140	49,2	734 620	52,5	46 480	3,3	741 388	53,0
Łódzkie	387 788	21,3	427 309	23,5	39 521	2,2	474 436	26,1
Małopolskie	435 292	28,7	474 627	31,3	39 335	2,6	499 731	33,0
Mazowieckie	821 882	23,1	901 908	25,4	80 026	2,3	1 027 742	28,9
Opolskie	250 375	26,6	266 893	28,4	16 518	1,8	270 552	28,8
Podkarpackie	677 966	38,0	746 298	41,8	68 332	3,8	765 821	42,9
Podlaskie	620 080	30,7	667 354	33,0	47 274	2,3	674 262	33,4
Pomorskie	665 476	36,3	712 422	39,0	46 946	2,6	720 412	39,4
Śląskie	393 849	31,9	433 257	35,2	39 408	3,2	447 148	36,3
Świętokrzyskie	330 069	28,2	372 791	31,9	42 722	3,7	417 852	35,7
Warmińsko-mazurskie	750 494	31,0	824 858	34,2	74 364	3,1	834 988	34,6
Wielkopolskie	767 531	25,7	812 530	27,3	44 999	1,5	838 549	28,1
Zachodniopomorskie	811 876	35,5	894 530	39,1	82 654	3,6	914 769	40,0
Polska	9 197 879	29,4	9 997 698	32,0	799 819	2,6	10 461 856	33,5

Przyjęta metodyka pozwoliła na określenie powierzchni z pokryciem koronami drzew z dokładnością 99% (błąd „nadmiaru” wyniósł 0,42%, błąd „pominięcia” 0,89%). Szacowana powierzchnia błędu „pominięć” jest równa 88,5 tys. ha. Według GUS powierzchnia gruntów leśnych w Polsce wynosiła 9403,1 tys. ha, w tym 9197,9 tys. ha stanowiły lasy (29,4% powierzchni kraju), a 205,2 tys. ha to grunty związane z gospodarką leśną (stan na 31 grudnia 2014) (GUS Leśnictwo, 2015).

Największe rozbieżności pomiędzy określoną rzeczywistą powierzchnią gruntów z pokryciem koronami drzew a danymi GUS zaobserwowano w województwie zachodniopomorskim (83 tys. ha), mazowieckim (80 tys. ha), warmińsko–mazurskim (74 tys. ha), podkarpackim (68 tys. ha) i lubelskim (52 tys. ha), a najmniejsze w województwie opolskim (16 tys. ha), kujawsko–pomorskim (30 tys. ha), małopolskim, łódzkim i śląskim (39 tys. ha).

Analiza rozbieżności w stosunku do powierzchni województwa pokazała, że największe rozbieżności dotyczyły województwa podkarpackiego, gdzie „nadwyżki” rzeczywistej powierzchni gruntów z pokryciem koronami drzew a danymi GUS objęły 3,8% powierzchni województwa, następnie świętokrzyskiego (3,7%), zachodniopomorskiego (3,6%), lubuskiego (3,3%) i śląskiego (3,2%). Najmniejsze rozbieżności w odniesieniu do powierzchni jednostki

administracyjnej odnotowano w województwie wielkopolskim (1,5% powierzchni województwa), kujawsko-pomorskim (1,7%) i opolskim (1,8%).

6.1.3. Podsumowanie

Rzeczywista powierzchnia gruntów pokrytych wieloletnią leśną roślinnością drzewiastą w analizowanym opracowaniu została określona na podstawie wieloźródłowych danych przestrzennych: LMN, BDOT10k, PZ-LPIS, PROW, HRL i BDL. Oszacowany udział gruntów z koronami drzew w kraju wynosi 9997,7 tys. ha, czyli 32% powierzchni Polski – wartość wyższa o ok. 800 tys. ha od oficjalnych danych GUS o lasach. Po uwzględnieniu kryteriów definicji lasu z Protokołu z Kioto (minimalne pokrycie koronami drzew), powierzchnia ta rośnie do ponad 10 461 tys. ha, stanowiąc 33,5% kraju.

Dodatkowe 800 tys. ha gruntów z koronami drzew ma kluczowe implikacje dla bilansu krajowego i sprawozdawczości międzynarodowej, np. w ramach UNFCCC/ FAO oraz rachunków środowiskowych prowadzonych przez EUROSTAT. Pozwala na precyzyjniejsze raportowanie pochłaniania CO₂ i zrównoważonego użytkowania terenów zadrzewionych. Bez tej korekty dostępne dane w tym zakresie nie odzwierciedlają potencjału terenów zadrzewionych w kontekście klimatycznym.

Wydaje się, że zalecane w sprawozdawczości międzynarodowej stosowanie zintegrowanych danych przestrzennych może pozwolić na pełniejsze ujęcie pokrycia drzewostanami. Niemniej jednak różnice definicyjne podkreślają potrzebę dalszej harmonizacji definicji lasu- szczególnie między źródłami krajowymi a międzynarodowymi, minimalizując rozbieżności w raportach.

6.2. Wielkoobszarowa inwentaryzacja stanu lasu źródłem informacji o powierzchni lasów w Polsce

Podrozdział powstał w oparciu o: **Jabłoński M., Mionskowski M., Budniak P., 2018, Wielkoobszarowa inwentaryzacja stanu lasu źródłem informacji o powierzchni lasów w Polsce, Sylwan 162(5), 365–372.**

6.2.1. Metodyka

Określanie powierzchni lasów w ramach krajowych inwentaryzacji opartych o sieć powierzchni próbnych rozmieszczonych schematycznie odbywa się z wykorzystaniem własności rozkładu

dwumianowego (Tomppo i in. 2010). Na podstawie analizy pokrycia terenu na wszystkich teoretycznych powierzchniach próbnych sieci określa się frakcję powierzchni spełniających kryteria lasu. Decyzja co do uznania danej próby za las najczęściej jest podejmowana na podstawie lokalizacji środka powierzchni próbnej.

W Polsce powierzchnie wielkoobszarowej inwentaryzacji stanu lasu są zakładane wyłącznie, gdy środek powierzchni wypada na gruncie spełniającym kryteria przyjęte w instrukcji wykonywania WISL. Przy takim podejściu udział lasów może być określony według wzoru, z uwzględnieniem liczby traktów, liczby teoretycznych punktów w trakcie (standardowo 5) i liczby punktów w trakcie i uznana za las.

W instrukcji wykonywania WISL (2014) zapisano, że inwentaryzacji podlegają:

- lasy (w rozumieniu Ustawy... (1991)) wszystkich form własności wykazane w ewidencji gruntów i budynków,
- obszary z roślinnością leśną niebędące lasami według zapisów EGiB, o zwartej powierzchni co najmniej 0,1 ha i pokryciu powierzchni koronami drzew wynoszącym więcej niż 10%, z wyłączeniem gruntów przeznaczonych lub wykorzystywanych na cele mieszkaniowe, rekreacyjne, infrastrukturalne i inne komunalne lub przemysłowe (np. obszary zabudowane, parki miejskie), a także terenów zagospodarowanych rolniczo (szkółki roślin drzewiastych itp.) oraz zadrzewień liniowych.

6.2.2. Wyniki

Lesistość Polski z uwzględnieniem obszarów pokrytych roślinnością leśną na gruntach nieleśnych według EGiB zawierała się w przedziale 32,8–33,0% – w zależności od zastosowanych kryteriów definicji lasu. Powierzchnia lasów, obliczona jako iloczyn lesistości i całkowitej powierzchni kraju równej 31 189 tys. ha (bez morskich wód wewnętrznych) (Ochrona... 2017), wynosiłaby około 10,2–10,3 mln ha. Zaproponowana w opracowaniu korekta danych ewidencyjnych polega na pominięciu obszarów użytkowanych na cele nieleśne i uwzględnieniu tych, które nie są opisane jako lasy w EGiB, a spełniają kryteria powierzchni leśnej zalesionej. Co istotne, wg definicji FAO minimalna powierzchnia kompleksu leśnego wynosi 0,5 ha (Forest... 2012). Dane WISL nie pozwalają na weryfikację tego kryterium, dlatego w analizach odniesiono się tylko do klasy użytkowania gruntu.

Należy zauważyć, że lesistość według EGiB, obliczona za pomocą danych WISL i równania określonego w opracowaniu, jest niemal identyczna z danymi GUS. Powierzchnia lasów publikowana przez GUS (Ochrona... 2017) wynosi 9 382 tys. ha. Błąd standardowy lesistości określony z wykorzystaniem równania 3 we wszystkich analizowanych wariantach wynosi 0,44%. Z 95-procentowym prawdopodobieństwem lesistość i powierzchnia lasów określone według zmodyfikowanych kryteriów krajowych czy definicji międzynarodowych różnią się istotnie od danych według EGiB. Również przedziały ufności określone równaniem 4 nie zachodzą na siebie. W obliczeniach nie uwzględniono ponad 100 powierzchni WISL, w tym 68 na gruntach opisanych w EGiB jako las, a niedostępnych z różnych przyczyn.

6.2.3. Podsumowanie

- Powierzchnia lasów w Polsce jest wyższa od powierzchni lasów publikowanej przez GUS.
- Przy określaniu powierzchni lasów należy uwzględniać obszary wtórnej sukcesji oraz weryfikować grunty opisane jako las w EGiB.
- Prowadzona systematycznie wielkoobszarowa inwentaryzacja stanu lasu może dostarczyć jednolitych metodycznie i dzięki temu spójnych danych o powierzchni lasów w Polsce zarówno do statystyk krajowych, jak i międzynarodowych.

6.3. Szacowanie powierzchni gruntów pokrytych wieloletnią leśną roślinnością drzewiastą, lecz nie będących lasem z rozumieniu ewidencji gruntów i budynków na podstawie danych z Wielkoobszarowej Inwentaryzacji Stanu Lasu (WISL)

Podrozdział powstał w oparciu o: **Wielkoobszarowa Inwentaryzacja Stanu Lasu (WISL) – Wyniki za okres 2018-2022, ETAP 4.1.b, praca wykonana na zamówienie Dyrekcji Generalnej Lasów Państwowych zgodnie z umową nr EZ.271.1.10.2020 z dnia 3 sierpnia 2020 r., Biuro Urządzania Lasu i Geodezji Leśnej, Sękocin Stary, marzec 2023 r.**

6.3.1. Metodyka

Zgodnie z Instrukcją inwentaryzacji obejmuje się lasy (w rozumieniu art. 3 ustawy z 28 września 1991 r. o lasach) wykazane w ewidencji gruntów i budynków (EGiB) oraz obszary z roślinnością leśną niebędące lasami wg EGiB, o zwartej powierzchni co najmniej

0,1 ha i pokryciu powierzchni koronami drzew wynoszącym więcej niż 10%, z wyłączeniem gruntów przeznaczonych lub wykorzystywanych na cele nieleśne (mieszkaniowe, komunalne, rolnicze itp.). Zestawienia obejmują wyniki pomiarów wykonanych na powierzchniach próbnych określonych w EGiB jako las, oraz obszarów z roślinnością leśną niebędących lasami wg EGiB.

6.3.2. Struktura gruntów pokrytych wieloletnią leśną roślinnością drzewiastą według rodzajów użytku gruntowego

Struktura gruntów pokrytych wieloletnią leśną roślinnością drzewiastą według rodzajów użytku gruntowego została przedstawiona w tabeli dla kraju łącznie oraz w podziale na grunty wg krajowych wymagań ustawy o lasach oraz pozostałe grunty pokryte wieloletnią leśną roślinnością drzewiastą objęte WISL spełniające kryteria Protokołu z Kioto (Tabela 7).

Tabela 7 Struktura gruntów pokrytych wieloletnią leśną roślinnością drzewiastą według rodzajów użytku gruntowego EGiB)

Rodzaj użytku gruntowego	Powierzchnia gruntów pokrytych wieloletnią leśną roślinnością drzewiastą objętych WISL [ha]	Udział procentowy [%]
Grunty orne	503 014	46,1
Pastwiska trwałe	137 631	12,6
Łąki	86 085	7,9
Grunty zadrzewione i zakrzewione	187 644	17,2
Nie użytki	97 639	9,0
Pozostałe	78 361	7,0
Razem	1 090 374	100,0

Najwięcej gruntów pokrytych wieloletnią leśną roślinnością drzewiastą, lecz nie będących lasem położonych jest na gruntach ornych (ponad 46%), gruntach zadrzewionych i zakrzewionych (traktowanych łącznie) – ponad 17% oraz pastwiskach trwałych (prawie 13%). Istotny udział użytków gruntowych, na których występują grunty pokryte wieloletnią leśną roślinnością drzewiastą, lecz nie będące lasem odnotowano na łąkach oraz nieużytkach (odpowiednio 7,9 i 9,0%). Pokrycie koronami drzew na pozostałych rodzajach użytków ewidencyjnych stwierdzano tylko sporadycznie. Najnowsze niepublikowane dane WISL wskazują, że gruntów pokrytych wieloletnią leśną roślinnością drzewiastą, lecz nie będących lasem może być nawet 1 190 tys. ha

6.3.3. Podsumowanie

- Informacje z powierzchni próbnych WISL (w szczególności stopień pokrycia/zadrzewienia) pozwoliły na rozdzielenie powierzchni gruntów pokrytych wieloletnią leśną roślinnością drzewiastą, lecz nie będących lasem wg ewidencji gruntów i budynków na dwie grupy:
 - gruntów pokrytych wieloletnią leśną roślinnością drzewiastą spełniające wymagania krajowej definicji „lasu”
 - pozostałe grunty pokrytych wieloletnią leśną roślinnością drzewiastą, lecz nie spełniające wymagań krajowej definicji „lasu”
- Powierzchnia gruntów objętych WISL, pokrytych wieloletnią leśną roślinnością drzewiastą i spełniających wymagania Protokołu z Kioto co do pokrycia terenu, wynosi 1 090 374 ha. W tym: grunty spełniające krajowe kryteria ustawy o lasach – 948 478 ha oraz pozostałe (niezgodne z definicją krajową i międzynarodową, w tym PzK) – 141 896 ha.
- Wyniki analizy zasobów drzewnych na gruntach pokrytych wieloletnią leśną roślinnością drzewiastą (nieuznawanych za lasy w ewidencji gruntów i budynków) wskazują na przeciętną zasobność 153 m³/ha (z dokładnością $\pm 3,3\%$ przy ufności 0,95) i średni wiek 32 lat. Całkowita miąższość grubizny tych obszarów wynosi ok. 167 mln m³, co stanowi 6% ogólnych zasobów drzewnych kraju.
- Na grunty prywatne przypada 80,5% powierzchni gruntów pokrytych wieloletnią leśną roślinnością drzewiastą . Natomiast najczęściej gruntów pokrytych wieloletnią leśną roślinnością drzewiastą, z punktu widzenia użytków gruntowych, jest położone na gruntach ornym, zadrzewionych i zakrzewionych oraz na pastwiskach trwałych (odpowiednio 46%, 17% i 13%) (WISL, 2018-2022).

6.4. Szacowanie powierzchni gruntów pokrytych wieloletnią leśną roślinnością drzewiastą na podstawie danych HRL (serwis Copernicus Land Monitoring System) i BDOT

Opracowanie własne: **dr Tomasz Hycza, dr hab. inż. Emilia Wysocka-Fijorek, mgr inż. Marcin Żaczek**

6.4.1. Wstęp

Celem niniejszego opracowania jest określenie rzeczywistej powierzchni gruntów pokrytych wieloletnią leśną roślinnością drzewiastą w Polsce według definicji lasu zapisanej w Ustawie o lasach (1991) oraz według ustaleń Protokołu z Kioto (UNFCCC), na podstawie danych HRL (Copernicus), BDL-LMN i BDOT10k, w zależności od formy pokrycia terenu, na potrzeby raportowania.

Powierzchnia gruntów pokrytych wieloletnią leśną roślinnością drzewiastą w Polsce jest istotna do ustalenia nie tylko ze względu na duże różnice między wspomnianymi definicjami lasu oraz czynniki społeczno-gospodarcze (np. niechęć do przekwalifikowania gruntów). Szacowanie powierzchni gruntów pokrytych wieloletnią leśną roślinnością drzewiastą, a nie będących lasem w ujęciu formalnoprawnym jest szczególnie istotne z punktu widzenia szacowania ilości węgla, mitygacji skutków zmian klimatu, raportowania, monitoringu i ochrony lasów a także biorąc pod uwagę kompendium działań realizowanych na tych gruntach.

6.4.2. Metodyka

6.4.2.1. Tworzenie warstwy gruntów pokrytych wieloletnią leśną roślinnością drzewiastą na podstawie danych HRL

W pierwszej kolejności utworzono warstwę reprezentującą grunty z roślinnością drzewiastą na podstawie warstw HRL (High Resolution Layers) Tree Cover Density ($\geq 10\%$) i Small Woody Features, udostępnione przez Europejską Agencję Kosmiczną (ESA) w ramach programu Copernicus, aktualne na 2018 rok. Warstwy połączono i wyeksportowano w rozdzielczości 10 m w taki sposób, aby zawierały wyłącznie obiekty o powierzchni większej niż 0,1 ha.

Z analizy wyłączono grunty znajdujące się na terenach zarządzanych przez PGL LP. Warstwę reprezentującą te grunty utworzono na podstawie danych pobranych ze strony Banku Danych o Lasach, aktualnych na grudzień 2022 roku.

6.4.2.2. *Utworzenie pozostałych warstw*

Wykorzystano również warstwy przestrzenne z Bazy Danych o Obiektach Topograficznych aktualnej na 2022 rok:

- PTLZ – tereny leśne i zadrzewione
- PTUT04 – szkółki leśne
- PTWP – wody powierzchniowe
- SW – sieć wodna
- OIMK – mokradła
- OISZ – szuwary
- PTRK – roślinność krzewiasta i kosodrzewina
- BU – budynki, budowle i urządzenia
- PTKM - teren pod drogami kołowymi, szynowymi i lotniskowymi
- PTLP – plac
- PTWZ – wyrobisko i zwałowisko
- PTSO – składowisko odpadów
- PTNZ – pozostały teren niezabudowany
- KU – kompleksy użytkowania terenu
- PTGN – grunt nieużytkowany
- PTUT – uprawa trwała (poza szkółkami leśnymi).

Wykorzystano również następujące warstwy HRL udostępnione przez Europejską Agencję Kosmiczną (ESA) w ramach programu Copernicus, aktualne na 2018 rok:

- Grunty trawiaste – reprezentujące grunty z roślinnością trawiastą w rozdzielczości 10 m
- Imperviousness (>20%) – reprezentujące tereny zamieszkałe w rozdzielczości 10 m.

6.4.2.3. Szacowanie powierzchni gruntów pokrytych wieloletnią leśną roślinnością drzewiastą na gruntach o różnych formach użytkowania

Oszacowano powierzchnię gruntów pokrytych wieloletnią leśną roślinnością drzewiastą na terenach podmokłych, trawiastych, zamieszkałych, uprawnych i pozostałych, dla poszczególnych województw w Polsce według następującego schematu:

- intersekcja gruntów pokrytych wieloletnią leśną roślinnością drzewiastą z obiektami PTWP oraz SW (obiekty liniowe) z buforem 1m – lasy na terenach podmokłych,
- intersekcja pozostałych lasów gruntów pokrytych wieloletnią leśną roślinnością drzewiastą z obiektami OIMK oraz OISZ – lasy na terenach podmokłych,
- intersekcja pozostałych gruntów pokrytych wieloletnią leśną roślinnością drzewiastą z obiektami Grunty trawiaste i PTRK - lasy na terenach trawiastych,
- intersekcja pozostałych gruntów pokrytych wieloletnią leśną roślinnością drzewiastą z obiektami Imperviousness, BU, PTKM, PTPL, PTWZ, PTSO, KU - lasy na terenach zamieszkałych,
- intersekcja pozostałych gruntów pokrytych wieloletnią leśną roślinnością drzewiastą z obiektami PTGN – lasy na terenach innych,
- intersekcja pozostałych gruntów pokrytych wieloletnią leśną roślinnością drzewiastą z obiektami PTUT – lasy na gruntach uprawnych.

6.4.2.4. Dodatkowe analizy

Powierzchnię gruntów pokrytych wieloletnią leśną roślinnością drzewiastą dla poszczególnych województw w Polsce oszacowano również w obrębie warstwy reprezentującej „gleby organiczne” opracowanej w ramach GIS Mokradła Polski.

6.4.3. Wyniki

Wyniki analizy przedstawiono w Tabeli 8 w zestawieniu z łączną powierzchnią poligonów reprezentujących tereny leśne i zadrzewione oraz szkółki leśne (PTLZ+PTUT04), a także łączną powierzchnią poligonów reprezentujących grunty pod zarządem PGL LP.

Najwięcej gruntów pokrytych wieloletnią leśną roślinnością drzewiastą, a nie będących lasem w ujęciu formalna prawnym znajduje się w woj. mazowieckim, łódzkim i świętokrzyskim. Częściowo może mieć na to wpływ brak możliwości pełnego wydzielenia sadów

z obszarów z pokryciem koronami drzew (TCD) tj. brak aktualności bazy BDOT w tym zakresie. Udało się przy tym odzwierciedlić wysoki poziom pokrycia koronami drzew dla mazowieckich terenów zurbanizowanych (Zalesie Górne, Zalesie Dolne, Podkowa Leśna, Konstancin, Otwock, itp.). To kolejny przyczynek do tego, aby skupić uwagę na ocenie zasobów biomasy i węgla dla gruntów pokrytych wieloletnią leśną roślinnością drzewiastą na tych terenach - szczególnie na terenach zamieszkałych

6.4.4. Wnioski

- Możliwe jest oszacowanie powierzchni gruntów pokrytych wieloletnią leśną roślinnością drzewiastą w zależności od form użytkowania terenu na podstawie danych teledetekcyjnych oraz innych dostępnych danych przestrzennych.
- Dokładność analiz zależy od wykorzystywanych danych (rozdzielczości, aktualności, celowości), przyjętej metodyki, skali analizy i danych referencyjnych.
- Uwzględnienie w szacunkach inwentaryzacji g.c. relatywnie dużej powierzchni gruntów pokrytych wieloletnią leśną roślinnością drzewiastą, a nie będących lasem w ujęciu formalno-prawnym posiada bardzo istotny potencjał z punktu widzenia potrzeb Polski w kontekście wypełniania celów redukcyjnych g.c..

Tabela 8 Powierzchnia gruntów pokrytych wieloletnią leśną roślinnością drzewiastą według różnych form użytkowania

Kategoria IPCC=>	4A Grunty leśne [ha] - PTLZ_PTUT04	4A Grunty leśne [ha] - BDL	4B Grunty uprawne [ha]	4C Grunty trawiaste [ha]	4B Grunty podmokłe [ha]	4 Grunty zabudowane [ha]	4A Grunty inne [ha]
Dolnośląskie	643 796,34	565 949,06	3 730,57	15 318,92	5 450,78	11 319,28	88,84
Kujawsko-Pomorskie	442 225,79	364 422,44	2 906,60	13 689,51	9 958,13	6 913,69	22,34
Ludzkie	512 310,04	275 355,39	16 165,30	16 018,81	4 678,98	12 760,14	36,81
Lubelskie	661 591,86	343 955,79	9 021,26	13 922,90	6 210,31	7 472,34	22,95
Lubuskie	744 527,22	707 749,83	1 078,80	4 370,82	3 335,88	4 654,03	17,08
Małopolskie	553 023,17	210 834,39	8 316,97	16 824,06	2 816,01	14 903,27	250,87
Mazowieckie	1 012 641,41	439 665,14	56 423,51	33 238,82	9 794,68	31 266,78	104,02
Opolskie	266 780,12	239 243,07	599,89	5 974,58	1 728,43	3 862,25	54,06
Podkarpackie	807 201,80	519 889,10	5 774,34	13 754,96	3 023,93	7 917,02	18,37
Podlaskie	745 795,40	424 628,92	1 072,09	12 130,08	8 759,66	5 351,31	12,74
Pomorskie	749 607,84	624 248,76	2 579,65	12 562,40	7 640,79	9 479,57	40,06
Saskie	459 386,90	313 658,65	2 704,45	9 210,87	2 890,74	14 956,91	83,65
Świętokrzyskie	391 182,76	218 042,59	12 603,86	17 164,77	2 725,61	5 017,90	23,95
Warmińsko-Mazurskie	862 032,21	753 604,07	2 372,00	16 889,60	12 003,76	8 244,23	9,54
Wielkopolskie	828 650,18	695 916,32	4 317,72	19 774,75	11 338,92	12 320,90	48,28
Zachodniopomorskie	999 499,11	912 481,25	2 509,76	12 046,01	10 281,48	9 963,14	9,34
Grunty z pokryciem koronami drzew oraz zadrzewienia liniowe i powierzchniowe o pow.>0,1[ha] – ogółem	10 680 252,15	7 609 644,77	132 176,77	232 891,86	102 638,09	166 402,76	842,90
Dolnośląskie	5 092,08	5 112,11	9,25	108,73	135,81	11,20	0,14
Kujawsko-Pomorskie	21 690,81	12 668,52	42,92	2 902,14	2 683,42	90,95	1,41
Ludzkie	9 508,25	3 152,62	70,40	840,24	677,63	58,75	0,18

Lubelskie	28 116,79	13 792,43	52,78	2 621,51	1 719,99	91,99	0,02
Lubuskie	13 778,17	12 051,12	14,45	289,01	505,01	47,64	0,00
Małopolskie	1 222,02	374,52	7,11	145,93	283,29	3,97	0,11
Mazowieckie	25 417,24	6 729,77	197,14	1 720,06	1 466,14	154,69	0,70
Opolskie	2 852,57	2 492,40	0,31	82,52	65,17	10,09	0,75
Podkarpackie	4 383,92	3 941,27	8,22	91,25	37,92	15,91	0,00
Podlaskie	69 752,80	29 769,85	33,21	2 378,14	3 751,61	123,09	0,34
Pomorskie	39 272,31	29 850,26	89,52	1 793,07	1 214,45	162,64	0,15
Saskie	2 121,33	1 330,47	5,60	178,96	99,09	23,09	0,22
Świętokrzyskie	3 965,59	2 216,88	2,40	158,96	146,71	9,42	0,11
Warmińsko-Mazurskie	68 572,37	62 897,89	108,16	2 288,47	2 018,94	277,55	`
Wielkopolskie	22 720,55	16 811,42	115,79	2 679,50	2 738,51	162,26	0,43
Zachodniopomorskie	62 179,53	52 997,70	297,45	1 774,42	3 298,05	368,26	1,29
Grunty z pokryciem koronami drzew oraz zadrzewienia liniowe i powierzchniowe o pow.>0,1[ha] – na glebach organicznych	380 646,33	256 189,23	1 054,71	20 052,91	20 841,74	1 611,50	6,13

6.5. Ocena statystyk dokładności wysokorozdzielczej warstwy typy lasu (HRL FTY) w oparciu pomiary i obserwacje powierzchni próbnych WISL w Polsce

Opracowanie powstało w IOŚ-PIB w ramach badań prowadzących w ramach wspólnego polsko-norweskiego projektu Integracja programu Copernicus i danych krajowych (InCoNaDa).

6.5.1. Wprowadzenie

Raportowanie krajowych inwentaryzacji gazów cieplarnianych (GHG), obejmujących m.in. emisje i pochłanianie z kategorii użytkowania gruntów, zmiany użytkowania gruntów i leśnictwa (LULUCF) dla państw członkowskich Unii Europejskiej opiera się na wymogach wynikających z unijnego mechanizmu monitorowania i raportowania emisji gazów cieplarnianych¹³ Monitorowanie i raportowanie w sektorze LULUCF jest skomplikowane nie tylko ze względu na fakt, że na emisje i pochłanianie mają wpływ zarówno na zjawiska naturalne, jak i działania antropogeniczne, ale przede wszystkim ze względu na fakt iż te dwie kwestie mają ograniczony potencjał w zakresie ich dekretacji.

Wraz z przyjęciem tak zwanego "rozporządzenia LULUCF" w 2018 r.¹⁴, emisje gazów cieplarnianych i pochłanianie dwutlenku węgla z kategorii LULUCF stały się częścią polityki energetyczno-klimatycznej do 2030 r. i jej celów. Rozporządzenie stanowi, iż łączne sektorowe emisje gazów cieplarnianych nie mogą przekroczyć wymiaru łącznego pochłaniania we wszystkich kategoriach rozliczania gruntów w sektorze LULUCF. Kwestia ta dotyczy się okresu 2021-2025. Regułę tę określono pojęciem "braku debetów netto". Dodatkowo, w świetle zmian wprowadzonych w rozporządzeniu 2018/841 w roku 2023 wymaga się, aby suma emisji i pochłaniania gazów cieplarnianych sprawozdawana przez państwa członkowskie UE na ich terytoriach w sektorze LULUCF zgłoszona za rok 2030 nie przekroczyła konkretnych celów

¹³ Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2018/1999 z dnia 11 grudnia 2018 r. w sprawie zarządzania unią energetyczną i działaniami w dziedzinie klimatu, zmiany rozporządzeń Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) nr 663/2009 i (WE) nr 715/2009, dyrektyw Parlamentu Europejskiego i Rady 94/22/WE, 98/70/WE, 2009/31/WE, 2009/73/WE, 2010/31/UE, 2012/27/UE i 2013/30/UE, dyrektyw Rady 2009/119/WE i (EU) 2015/652 oraz uchylenia rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) nr 525/2013 (Tekst mający znaczenie dla EOG.)

¹⁴ 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 (Tekst mający znaczenie dla EOG)

określonych dla tego państwa członkowskiego w załączniku IIa do rozporządzenia (UE) 2018/841 (po zmianach wprowadzonych rozporządzeniem 2023/839).

Zasadniczo większość inwentaryzacji gazów cieplarnianych w sektorze LULUCF opiera się na krajowych statystykach dotyczących lasów i gruntów. W celu poprawy jakości danych dotyczących emisji i pochłaniania gazów cieplarnianych, zaktualizowane rozporządzenie LULUCF (2018/841 po zmianach wprowadzonych rozporządzeniem 2023/839) wprowadziło wymogi dotyczące sprawozdawczości, tak aby kluczowe źródła emisji i pochłaniania były określane przy użyciu metod co najmniej poziomu 2 zgodnie z wytycznymi IPCC z 2006 r., z obowiązkiem stosowania metodologii poziomu 3 począwszy od 2030 r. Przejście na bardziej szczegółowe metody, wymuszone przepisami znowelizowanego rozporządzenia LULUCF, wymaga zastosowania danych geograficznych i danych dotyczących użytkowania gruntów/pokrycia terenu, w tym danych z programu monitorowania gruntów Copernicus i innych usług/badań, takich jak LUCAS (Land Use and Coverage Area Frame Survey) uzyskiwanych za pomocą technik zdalnych. .

W kontekście powyższych przepisów, prowadzona jest kompleksowa analiza zawartości przestrzennej i tematycznej produktów Copernicus Land Monitoring Service (CLMS) w odniesieniu do obecnych i przyszłych obowiązków w zakresie krajowego szacowania i raportowania emisji i pochłaniania gazów cieplarnianych. Produkty CLMS, w szczególności produkty ogólnoeuropejskie, zostały objęte zakresem weryfikacji i oceny, czy i w jaki sposób mogą wspierać przyszłe raportowanie użytkowania gruntów, zmian użytkowania gruntów i leśnictwa (LULUCF) na poziomie krajowym. Zauważono, że podczas identyfikowania obiektów na mapach i ich rozmieszczania w przestrzeni trójwymiarowej występują pewne rozbieżności. Ponadto, w ramach opracowania zidentyfikowano krajowe statystyki dokładności odnoszące się do prawidłowej interpretacji ocenianych atrybutów w stosunku do atrybutu przyjmowanego jako rzeczywisty. Podobne próby polegające na uwzględnieniu danych z produktów CLMS do celów inwentaryzacji gazów cieplarnianych w sektorze LULUCF można znaleźć w Niemczech (GOLICZ K. i in. 2021), gdzie przeprowadzono badanie oceniające zasięg zadrzewień osadzonych w krajobrazach rolniczych oraz podjęto się próby oszacowania ich zasobów węgla wraz ze zbadaniem potencjału zwiększania pokrywy rolno-drzewiastej w celu zrównoważenia emisji gazów cieplarnianych z rolnictwa. Również Geer-Herald Strand (STRAND G.H. 2022) poddał analizie statystyki dokładności produktu CLMS w postaci warstwy wysokorozdzielczej nt. nieprzepuszczalności (HRL IMD), opracowanego

dla Norwegii w 2018 r., w efekcie czego ocenił, iż ogólna dokładność oceny powierzchni nieprzepuszczalnej określonej na podstawie HRL IMD była o 33% niższa od ogólnej dokładności oceny powierzchni nieprzepuszczalnej określonej przy użyciu ortofotomap o wysokiej rozdzielczości. Ponadto, ogólna dokładność oceny powierzchni nieprzepuszczalnej określonej na podstawie HRL IMD była o 40% niższa od ogólnej dokładności oceny powierzchni nieprzepuszczalnej określonej przez Norweski Urząd Statystyczny.

6.5.2. Materiały

6.5.2.1. Dane teledetekcyjne dotyczące lasów

Ogólnoeuropejskie i lokalne komponenty CLMS są koordynowane przez Europejską Agencję Środowiska (EEA). Oferują one usługi informacyjne oparte na satelitarnych obserwacjach Ziemi i danych in situ (spoza przestrzeni kosmicznej). Poszczególne usługi informacyjne są swobodnie i otwarcie dostępne dla użytkowników za pośrednictwem sześciu tematycznych usług Copernicus: monitorowanie atmosfery, monitorowanie środowiska morskiego, monitorowanie ładu, zmiana klimatu, zarządzanie kryzysowe i bezpieczeństwo. Szersze informacje na temat zakresu tematycznego produktów CLMS można znaleźć w portfolio produktów CLMS, dostępnym pod adresem: <https://land.copernicus.eu/en/products>.

Niniejsza sekcja zawiera przegląd definicji i specyfikacji produktów w postaci warstw wysokorozdzielczych (HRL) o tematyce związanej z lasami, udostępnianych w ramach usługi monitorowania gruntów Copernicus (CLMS), koordynowanej przez Europejską Agencję Środowiska. Warstwy o wysokiej rozdzielczości (HRL) są obecnie tworzone w regularnych 3-letnich odstępach czasu z rozdzielczością przestrzenną od 5 do 20 metrów dla 39 krajów europejskich (EEA 39). Ewoluujący rozwój naukowy i wymagania użytkowników w tym zakresie są stanowią przedmiot ciągłych analiz w procesie ścisłej interakcji zainteresowanych stron z europejskimi podmiotami powierzonymi (EEE), mając na celu przyszłe ogólnoeuropejskie opracowywanie nowych/ulepszonych produktów CLMS i ocenę możliwości ich przeniesienia do zastosowań globalnych (SEVILLANO M.E. et al.). Na przykład, wg dokumentacji zbiorczej grupy produktów HRL Forest 2018, który został opracowany w Europejskim Ziemijskim Systemie Odniesienia 1989 (ETRS89) oraz w projekcji Lambert Azimuthal Equal Area (LAEA) przez konsorcjum europejskich dostawców usług opracowano dwie podstawowe warstwy statusu: Dominant Leaf Type (DLT) i Tree Cover Density (TCD) w rozdzielczości przestrzennej 10 m. Obie warstwy pochodzą z wieloczasowych zdjęć satelity

Sentinel-2, obsługiwanego przez Europejską Agencję Kosmiczną (ESA). Zbiorcza grupa produktów HRL Forest dostarcza informacji o typie liści (liściaste / iglaste) i gęstości pokrycia drzew na poziomie pojedynczego piksela (TCD w %), co pozwala użytkownikom wybrać (krajową) definicję lasu najlepiej wpisującą się w krajowe progi pokrycia koronami drzew. Niemniej jednak, informacje w powyższym zakresie dostępne są jedynie dla członków Europejskiej Agencji Środowiska (39 krajów). Co istotne, jedynie produkt w postaci warstwy wysokorozdzielczej nt. typu lasów (HRL Forest Type /FTY) wykorzystuje ramy definicyjne przyjęte dla potrzeb Organizacji Narodów Zjednoczonych do spraw Wyżywienia i Rolnictwa (FAO) na podstawie danych dotyczących pokrycia drzew (Forest Resources Assessment WP 33). Należy dodać, że na stronie serwisu COPERNICUS dostępne są nie tylko aktualnie dostępne produkty (mapy), ale także dzięki nim możliwe jest monitorowanie zmian w 3-letnich cyklach aktualizacji warstw wysokorozdzielczych. Poszczególne produkty CLMS o tematyce leśnej służą jako pomocnicze źródło informacji dla państw członkowskich w ich obowiązkach sprawozdawczych wobec Europejskiej Komisji Gospodarczej ONZ (EKG ONZ) i FAO.

Warto zauważyć, że warstwy wysokorozdzielcze zostały zaprojektowane do wykorzystania przez szeroką społeczność użytkowników jako podstawa do analiz środowiskowych i wspierania podejmowania decyzji politycznych. Należy również zauważyć, że mogą one służyć jako wsparcie w sprawozdawczości dotyczącej użytkowania gruntów, zmian użytkowania gruntów i leśnictwa (LULUCF) w celu częstszego monitorowania obszarów lądowych i zmian pokrycia terenu, Niemniej jednak raportowanie LULUCF wymaga przygotowania stosownej charakterystyki definicji klas LC/LU zgodnych z definicjami IPCC, co najczęściej (w przypadku krajów członkowskich UE) jest obecnie w fazie implementacji.

Jak wskazano wcześniej, podstawowe portfolio produktów CLMS w postaci warstw wysokorozdzielczych o tematyce leśnej obejmuje dwie podstawowe warstwy: Dominant Leaf Type 2018 (DLT) i Tree Cover Density 2018 (TCD). Obie te warstwy opisują określony stan i stanowią punkt wyjścia dla wszystkich innych produktów z portfolio produktów podstawowe portfolio produktów CLMS w postaci warstw wysokorozdzielczych o tematyce leśnej, w tym warstwy typu lasu wg określonych definicji lasu i produktów opisujących zmiany w tym zakresie. Ponadto, w grupie produktów CLMS w postaci warstw wysokorozdzielczych o tematyce leśnej jest tylko jeden, który stosuje definicję lasu FAO i jest nim produkt Forest Type (FTY) (w rozdzielczości 10 m i 100 m). Należy tutaj podkreślić, że TCD i DLT nie rozpatrują w swoim zakresie definicji lasu, tym samym wymagane jest stosowanie filtrowania atrybutów

w nich zawartych nt. gęstości pokrycia drzew i dominującego typu liści zgodnie z wymaganiami lokalnych definicji lasu (oczywiście jeśli takowa różni się od definicji FAO).

Zbiorcza grupa produktów HRL Forest 2018 dostarczają informacji na temat grupy gatunków drzew dominujących i gęstości pokrycia drzew na poziomie pikseli dla roku referencyjnego 2018 w rozdzielczości 10 m. W oparciu o te dwa produkty przygotowano kolejne dwa produkty opisujące zmiany w tym zakresie, dostarczające informacji na temat przyrostu i utraty pokrywy drzew i zmian grup gatunków drzew dominujących pomiędzy latami referencyjnymi HRL 2015 (2015/2016) i HRL 2018 (2018) w rozdzielczości 20 m. Produkt rastrowy Copernicus High Resolution Forest Layer Tree Cover Change Mask (TCCM) 2015-2018 dostarcza informacji na temat zmian między latami referencyjnymi 2015 i 2018 i składa się z 4 klas tematycznych (niezmienione obszary bez zadrzewienia/ nowe zadrzewienie/ utrata zadrzewienia/ niezmienione obszary z zadrzewieniem) w rozdzielczości przestrzennej 20 m. Odpowiednie dane są tworzone za pomocą półautomatycznych procedur na podstawie zdjęć satelitarnych co 3 lata. Biorąc pod uwagę wszystkie powyższe warstwy, portfolio produktów CLMS w postaci warstw wysokorozdzielczych o tematyce leśnej składa się z następujących produktów:

- Dominujący grupa gatunków drzew 10 m
- Gęstość pokrywy drzew 10 m
- Typ lasu 10 m
- Maska zmiany pokrywy drzew 20 m
- Maska zmiany dominującej grupy gatunków drzew 20 m

Zgodnie z dokumentem określającym specyfikację produktów HRL Forest Type (HRL FTY, referencyjna warstwa lasu została zdefiniowana w oparciu o produkty leśne Copernicus HRL FTY w rozdzielczości przestrzennej 10 m i jest zgodna z krajową definicją lasu wybraną na potrzeby FAO (tj. minimalną jednostką mapowania 0,5 ha, minimalne pokrycie 10% i wyłączenie gruntów, które są w przeważającej części użytkowane rolniczo lub miejsko). Po wybraniu pikseli zidentyfikowanych jako lasy przez produkt typu lasu HRL FTY (w pełni zgodny z krajowymi kryteriami dla lasów), zestaw danych powierzchni leśnej w rozdzielczości przestrzennej 10 m został wykorzystany jako przedmiot oceny statystyk dokładności.

Chociaż produkt typu lasu HRL FTY pozwala maksymalnie zbliżyć się do definicji lasu FAO, potencjalne pełne zastosowanie tego produktu może spowodować znaczne niedoszacowania

względem reprezentatywności krajowego obszaru klasy lasu, obejmujących obszary od 0,1 do 0,5 ha. HRL FTY z oryginalną rozdzielczością (10 m (2018) / 20 m (2012, 2015)) obejmuje tylko dwa produkty: 1) produkt, który ma minimalną jednostkę mapowania (MMU) 0,5 ha, a także zastosowany próg gęstości pokrycia drzewami 10% oraz 2) warstwę pomocniczą, która mapuje, w oparciu o produkt dominującego typu liści, drzewa użytkowane rolniczo i w kontekście miejskim (pochodzące z danych Corine Land Cover i nieprzepuszczalności z 2009 r.). W przypadku ostatecznego produktu 100 m drzewa użytkowane rolniczo i w kontekście miejskim zostały usunięte z warstwy pomocniczej. Obecnie dostępny produkt HRL FTY 10 m dla roku referencyjnego 2018 ma usunięte ze swojego zakresu drzewa na obszarach rolnych i miejskich. Ponadto, produkt HRL Forest Type jest również dostępny w wersji zagregowanej w rozdzielczości przestrzennej 100 m, w pełni dostosowanej do siatki referencyjnej EEA 100 m.

W przypadku HRL FTY, w przeciwieństwie do produktu TCD drzewa nieleśne są wyłączone z zakresu tematycznego warstwy zgodnie z definicją lasu FAO. Definicja lasu FAO zastosowane w tym zakresie obejmuje następujące cechy/elementy:

- Obejmuje: szkółki leśne i sady nasienne, które stanowią integralną część lasu; drogi leśne, zręby, przecinki i inne małe otwarte obszary o powierzchni < 0,5 ha i/lub szerokości < 20 m. Lasy w parkach narodowych, rezerwatach przyrody i innych obszarach chronionych, takich jak te o szczególnym znaczeniu naukowym, historycznym, kulturowym lub duchowym; wiatrochrony i pasy ochronne drzew o powierzchni większej niż 0,5 ha i szerokości większej lub równej 20 m; plantacje wykorzystywane głównie do celów leśnych, w tym drzewostany dębu korkowego.
- Nie obejmuje: gruntów wykorzystywanych głównie do praktyk rolniczych. W tym sensie drzewa owocowe i gaje oliwne są również wykluczone. Ogrody i parki miejskie również nie są uważane za lasy.

Produkt typu lasu 10 m został opracowany zewnętrznie poprzez zastosowanie definicji "lasu", głównie zgodnie z definicją FAO, podczas gdy pokrycie drzew w tradycyjnych systemach rolno-leśnych, takich jak Dehesa/Montado, jest wyraźnie uwzględnione do celów EEA. Produkt jest uzyskiwany poprzez przestrzenne przecięcie dwóch podstawowych warstw statusu TCD i DLT i wyklucza obszary użytkowane rolniczo i w kontekście miejskim, zgodnie z FADSL (Forest Additional Support Layer). Śródziemnomorskie zalesione pastwiska znane jako

"DEHESA" w Hiszpanii i "MONTADO" w Portugalii rozpoznawane jako systemy rolno-leśne o wysokiej wartości przyrodniczej i kulturowej (HNCV), które obejmują około 3,5 miliona hektarów południowo-zachodniego Półwyspu Iberyjskiego, gdzie są głównymi systemami użytkowania gruntów (MORENO G. et al. 2013) i tworzą jeden z największych systemów rolno-leśnych w Europie (DER HERDER M. et al. 2017). Finalnie HRL FTY posiada następujące główne specyfikacje:

- Rozdzielczość przestrzenna 10 m
- Zakres TCD $\geq 10\%$ - 100%
- Minimalna jednostka mapowania (MMU; minimalna liczba pikseli tworzących płat) wynosząca 0,5 ha (50 pikseli); ma zastosowanie zarówno do obszarów pokrytych drzewami, jak i do obszarów nie pokrytych drzewami w trybie łączności 4-pikselowej, ale nie do rozróżnienia DLT na obszarze pokrytym drzewami, dla którego nie określono takiego minimum. Potencjalnie dostępne informacje o typie liści dla obszarów o gęstości poniżej 10% w obrębie płatów nieleśnych mniejszych od MMU są wyraźnie przechowywane w produkcie DLT opartym na pikselach, aby zapewnić spójność.
- Minimalna szerokość mapowania (MMW) wynosząca 10 m.

6.5.2.2. Charakterystyka lasów w Polsce

Obszar badań do oceny dokładności tematycznej obejmuje grunty sklasyfikowane w Polsce jako "las" zgodnie z art. 3 Ustawy o lasach. Ocena ta jest zgodna z międzynarodowymi standardami i uwzględnia grunty leśne związane z gospodarką leśną. Powierzchnia gruntów leśnych w Polsce na dzień 1 stycznia 2022 r. wynosiła 9 450,1 tys. ha. Ocena została jednak przeprowadzona z uwzględnieniem danych historycznych, w kontekście których powierzchnia lasów została zidentyfikowana na poziomie 9 434,1 tys. ha. Zgodnie ze standardem przyjętym dla ocen międzynarodowych, biorąc pod uwagę grunty związane z gospodarką leśną, udział gruntów leśnych w powierzchni kraju ocenianej na rok 2022 wynosił 30,9%. Same lasy według stanu na 2022 r. zajmowały powierzchnię 9 264,7 tys. ha, co stanowiło 29,6% ogólnej powierzchni kraju. Powierzchnia zalesiona w kraju wykazuje stałą tendencję wzrostową na przestrzeni lat, z rocznym wzrostem o 4,4 tys. ha (GUS, 2022).

Przestrzenny układ siedlisk leśnych jest w dużej mierze odzwierciedlony w składzie przestrzennym dominujących gatunków drzew. Z wyjątkiem regionów górskich, gdzie skład

drzewostanów charakteryzuje się dominacją drzewostanów świerkowych na zachodzie lub mieszanką świerka i buka na wschodzie, oraz kilku innych obszarów o zróżnicowanej strukturze gatunkowej, dominującym gatunkiem w większości drzewostanów w kraju jest sosna. Zróżnicowanie warunków wzrostu lasów w Polsce wiąże się z rozmieszczeniem siedlisk przyrodniczo-leśnych. Ponadto, pod względem powierzchni lasów, gatunki iglaste dominują w polskich lasach, obejmując 68,6% całkowitej powierzchni zalesionej. Korzystne warunki klimatyczne i siedliskowe w Polsce w obrębie naturalnego zasięgu euroazjatyckiego doprowadziły do rozwoju kilku ważnych ekotypów sosny. Lasy sosnowe stanowią 58,1% całkowitej powierzchni leśnej we wszystkich kategoriach własności, z czego 60,8% w Lasach Państwowych i 55,3% w lasach prywatnych. Warto zauważyć, że od 1945 r. nastąpiły znaczące zmiany w składzie gatunkowym lasów, w tym znaczny wzrost udziału drzewostanów liściastych. Biorąc pod uwagę lasy administrowane przez PGL LP, gdzie trend ten można śledzić poprzez coroczne aktualizacje powierzchni gruntów leśnych i zasobów leśnych, całkowita powierzchnia drzewostanów liściastych wzrosła z 13% do 31,4% (GUS, 2022). Pomimo tego wzrostu powierzchni lasów liściastych, ich udział nadal ocenia się poniżej ich maksymalnego potencjału, związanego z rozmieszczeniem siedlisk leśnych.

Tabela 9 Ogólna charakterystyka powierzchni lasów według form własności lasów w 2019 r.

Specyfikacja	Suma całkowita	W tym powierzchnia zalesiona w % całkowitej powierzchni						
		Łącznie	Drzewostany według klas wiekowych					Klasa odnowienia, klasa do odnowienia i o budowie przerębowej
			I (1-20 lat)	II (21-40 lat)	III (41-60 lat)	IV (61-80 lat)	V (81 lat<)	
	[ha]	[%]						
Łącznie (w tym):	9242.4	96.9	11.9	14.8	23.8	20.0	23.1	3.3
1. Lasy publiczne (w tym)	7460.1	97.3	12.2	14.0	22.2	19.4	25.9	3.6
i) stanowiące własność Skarbu Państwa	7375.9	97.3	12.2	14.0	22.2	19.4	25.9	3.6
ii) zarządzane przez PGL Lasy Państwowe	7110.0	97.4	12.5	14.2	22.2	19.4	25.5	3.6
iii) parki narodowe	185.6	94.9	3.0	8.2	19.6	17.7	40.2	6.2
iv) zasób Własności Rolnej Skarbu Państwa	27.6	89.1	3.7	14.5	24.5	28.7	17.7	-
v) własność gmin	84.2	96.5	6.5	10.7	21.2	20.9	31.9	5.3
2. lasy prywatne	1782.3	95.1	10.7	18.2	31.3	22.3	10.9	1.7

Źródło: Leśnictwo w Polsce 2019

Ostatnie obserwacje wskazują, że odnotowywany od kilkadziesiąt lat spadek powierzchni drzewostanów najmłodszych (I i II klasy wieku) może budzić obawy o pożądaną strukturę klas wieku (ZAJĄCZKOWSKI, G. i in. 2020). Wśród przyczyn tego trendu wymienia się znaczne ograniczenie zalesień, ograniczanie cięć rębnych (zmniejszanie powierzchni odnowień) na rzecz wymuszonych stanem lasu cięć przedrębnych oraz zmniejszanie powierzchni zrębów zupełnych (zalecane m.in. ze względów ekologicznych).

Tabela 10 Ogólna charakterystyka powierzchni lasów według form własności w 2022 r.

Specyfikacja	Suma całkowita	W tym powierzchnia zalesiona w % całkowitej powierzchni						
		Łącznie	Drzewostany według klas wiekowych					Klasa odnowienia, klasa do odnowienia i o budowie przerębowej
			I (1-20 lat)	II (21-40 lat)	III (41-60 lat)	IV (61-80 lat)	V (81 la<)	
	[ha]	[%]						
Łącznie (w tym):	9260.3	97.2	11.5	14.2	21.5	21.6	24.4	4.0
1. Lasy publiczne (w tym)	7474.6	97.5	12.0	13.6	19.9	20.5	26.9	4.6
i) stanowiące własność Skarbu Państwa	7390.6	97.5	12.1	13.6	20.0	20.3	26.9	4.6
ii) zarządzane przez PGL Lasy Państwowe	7121.4	97.6	12.4	13.8	20.1	20.5	26.3	4.5
iii) parki narodowe	183.5	95.0	1.9	7.3	15.2	16.0	45.9	8.7
iv) zasób Własności Rolnej Skarbu Państwa	27.6	91.5	4.1	11.6	23.7	29.5	22.6	-
v) własność gmin	84.0	97.6	4.1	9.7	18.0	25.1	34.5	6.2
2. lasy prywatne	1785.7	95.8	9.4	16.5	28.1	26.4	13.6	1.8

Źródło: Leśnictwo w Polsce 2022

Konsekwencją zmniejszenia poziomu użytkowania rębego jest stały wzrost powierzchni starszych klas wiekowych drzewostanów. W efekcie czego zbyt długie przetrzymywanie dojrzałych drzewostanów przeznaczonych do użytkowania rębego może powodować deprecjację surowca drzewnego i zwiększać ryzyko szkód powodowanych przez czynniki abiotyczne. Obserwowane zmiany w strukturze wiekowej lasów, poza ich ilościowymi implikacjami w postaci zmian miąższości, mogą znacząco wpływać na dokładność zdalnych ocen zasobów leśnych, szczególnie w wymiarze jakościowym.

6.5.2.3. Dane kraju odniesienia dotyczące lasów

Konieczność inwentaryzacji lasów na dużą skalę wynika w szczególności z przepisów art. 13, ust 1 a Ustawy o lasach. Przywołany przepis prawny obliguje PGL Lasy Państwowe, oprócz innych obowiązków, do okresowego przeprowadzania szeroko zakrojonych inwentaryzacji stanu lasów. Wymogi ustawowe dotyczące oceny i monitorowania stanu lasów, wykorzystujące wyniki inwentaryzacji wielkoobszarowych, są również zawarte w ustawie o Inspekcji Ochrony Środowiska. Ponadto przeprowadzenie kompleksowej inwentaryzacji jest warunkiem koniecznym do aktywnego uczestnictwa Polski w międzynarodowych procesach związanych z lasami i leśnictwem.

Wielkoobszarowa Inwentaryzacja Stanu Lasu (WISL) jest prowadzona przez Biuro Urządzania Lasu i Geodezji Leśnej na podstawie umowy z Dyrekcją Generalną Lasów Państwowych, wyznaczając 4. cykl inwentaryzacji stanu lasów, obejmujący okres od 2016 do 2020 roku. Inicjatywa ta opiera się na wysiłkach poprzednich cykli obejmujących lata 2005-2019.

Głównym celem historycznej inwentaryzacji stanu lasu (przeprowadzonej w lasach wszystkich form własności) była ocena ogólnego stanu lasu i jego ewaluacji w skali wielkoobszarowej. Inwentaryzacja ma na celu dostarczenie wiarygodnych informacji o lesie, w szczególności na temat struktury gatunkowej, wieku, stanu zdrowotnego i obecności oraz wymiaru zaistniałych szkód. Pomiar i obserwacje przeprowadza się na stałych powierzchniach próbnych w układzie siatki. Podstawą do określenia systemu lokalizacji powierzchni w układzie siatki jest system ICP Forest wykorzystywany do oceny szkód w lasach, zgodny z systemem obowiązującym w Unii Europejskiej, zgodnie z rozporządzeniem wykonawczym KE nr. 1696/87. Ogólne informacje zebrane dla każdej powierzchni próbnej obejmują między innymi: współrzędne geograficzne, typ własności, kategorię użytkowania gruntów, położenie topograficzne powierzchni, pochodzenie drzewostanu, gatunki dominujące i wiek drzewostanu, klasę jakości, wskaźnik pokrycia i gęstości lasu, strukturę pionową drzewostanu, typ siedliska leśnego, ścinę i działania związane z hodowlą lasu, ogólny stan zdrowotny, rodzaje i intensywność szkód. Dodatkowo rejestrowane są również następujące informacje: funkcja lasu, forma ochrony przyrody, kategoria ochronności, typ gospodarki leśnej (TALARCZYK, A. 2014).

Ponieważ formy ochrony przyrody zostały uznane za element procesu gromadzenia danych, przeprowadzona ocena uwzględniała obliczenia wskaźników dokładności dla poszczególnych

form ochrony przyrody, w tym obszarów Natura 200, parków narodowych i rezerwatów przyrody. W ramach obszarów Natura 2000 następujące obszary zostały rozpatrzone zbiorczo zgodnie z wykazem obszarów ochrony określonych w zaktualizowanym rozporządzeniu LULUCF:

1. tereny mające znaczenie dla Wspólnoty przyjęte i specjalne obszary ochrony wyznaczone zgodnie z art. 4 dyrektywy Rady 92/43/EWG oraz jednostki gruntowe poza tymi, które podlegają ochronie i środkom ochronnym na mocy art. 6 ust. 1 i 2 tej dyrektywy w celu spełnienia założeń ochrony terenu;
2. miejsc rozrodu i odpoczynku gatunków wymienionych w załączniku IV do dyrektywy 92/43/EWG, które podlegają środkom ochronnym na mocy art. 12 tej dyrektywy;
3. siedliska przyrodnicze wymienione w załączniku I do dyrektywy 92/43/EWG oraz siedliska gatunków wymienionych w załączniku II do dyrektywy 92/43/EWG, które występują poza obszarami mającymi znaczenie dla Wspólnoty lub specjalnymi obszarami ochrony i które przyczyniają się do osiągnięcia przez te siedliska i gatunki właściwego stanu ochrony na mocy art. 2 tej dyrektywy lub które mogą zostać objęte środkami zapobiegawczymi i zaradczymi na mocy dyrektywy 2004/35/WE Parlamentu Europejskiego i Rady;
4. obszary specjalnej ochrony sklasyfikowane na mocy art. 4 dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/147/WE oraz jednostki gruntowe poza tymi obszarami, które podlegają środkom ochrony i zachowania na mocy art. 4 dyrektywy 2009/147/WE i art. 6 ust. 2 dyrektywy 92/43/EWG w celu spełnienia założeń ochrony terenu;
5. jednostki gruntu, które podlegają środkom ochrony ptaków zgłoszonym jako niebędące w bezpiecznym stanie zgodnie z art. 12 dyrektywy 2009/147/WE w celu spełnienia wymogu określonego w art. 4 ust. 4 zdanie drugie tej dyrektywy dotyczącego dążenia do uniknięcia zanieczyszczenia lub pogorszenia stanu siedlisk lub spełnienia wymogu określonego w art. 3 tej dyrektywy dotyczącego zachowania i utrzymania wystarczającej różnorodności i powierzchni siedlisk gatunków ptaków;
6. wszelkie inne siedliska, które państwo członkowskie wyznacza do celów równoważnych celom określonym w dyrektywach 92/43/EWG i 2009/147/WE.

Odrębna ocena została przeprowadzona specjalnie dla parków narodowych i rezerwatów przyrody. Potencjalne nakładanie się różnych form ochrony przyrody może wprowadzić stronniczość w ocenie danych teledetekcyjnych. Niemniej jednak, biorąc pod uwagę

różnorodne funkcje parków narodowych i rezerwatów przyrody, a także różne związane z nimi działania ochronne, które powodują zmienność struktury gatunkowej i wiekowej chronionych lasów, przeprowadzono analizę dokładności powiązanych zdjęć na tych obszarach. Celem było potencjalne zidentyfikowanie wpływu działań, które różnią się między tymi formami ochrony przyrody.

Zgodnie z przepisami ustawy o ochronie przyrody, parki narodowe zostały utworzone przede wszystkim w celu zachowania różnorodności biologicznej, zasobów przyrody nieożywionej i walorów krajobrazowych. Ich celem jest przywrócenie właściwego stanu zasobów i składników przyrody oraz odtworzenie zniekształconych siedlisk przyrodniczych, siedlisk roślin, siedlisk zwierząt lub siedlisk grzybów, zgodnie z ustawą o ochronie przyrody

Z kolei rezerваты przyrody obejmują obszary zachowane w stanie naturalnym lub nieznacznie zmienionym. Obejmują one ekosystemy, ostoje i siedliska przyrodnicze, a także siedliska roślin, siedliska zwierząt i siedliska grzybów. Rezerваты przyrody obejmują również twory i składniki przyrody nieożywionej wyróżniające się szczególnymi wartościami przyrodniczymi, naukowymi, kulturowymi lub walorami krajobrazowymi, o których mowa w ustawie o ochronie przyrody

6.5.3. Metody i wyniki

Idealne obserwacje zdalne mają za zadanie odzwierciedlić reprezentację wszystkiego, co istnieje w rzeczywistym świecie. Termin "dokładność" należy zawsze traktować jako termin względny, ponieważ niektóre obserwacje są dokładniejsze od innych. Mogą być również dokładniejsze w niektórych aspektach, a w innych nie. Ogólnie rzecz biorąc, oczekuje się, że zdalne obserwacje na dużą skalę będą miały wyższą dokładność niż te wykonywane na małą skalę. Istotne jest, aby mapa była tak dokładna, jak wymaga tego jej parametr. Niniejsza sekcja ma na celu przedstawienie tylko niektórych z bardziej powszechnych przykładów statystyk dokładności danych teledetekcyjnych poprzez porównanie danych powierzchniowych i teledetekcyjnych o wspólnych cechach przestrzennych i czasowych. Ponieważ dokładność poszczególnych zebranych danych teledetekcyjnych jest nieznana, nie jest możliwe sformułowanie przewodnika w celu zmniejszenia niepewności powstałej w przypadku ich rozbieżności. Niemniej jednak poniższa analiza statystyk dokładności została przeprowadzona dla zbioru danych z uwzględnieniem prawidłowego zastosowania procedury agregacji,

zwłaszcza dla klasy mieszanej. Interpretację danych oparto na danych in situ, tj. danych dla powierzchni próbnych WISL, a agregację przeprowadzono zgodnie z uproszczoną regułą stosowaną do oceny warstw, która opiera się na agregacji obejmującej prawidłowe piksele, ale bez uwzględnienia obiektów Small Woody Features (w niektórych przypadkach uważanych za lasy), ponieważ analiza koncentruje się w szczególności na obszarach obecnie oznaczonych jako las. Statystyki dokładności produktu HRL FTY zostały ocenione poprzez porównanie informacji zebranych poprzez próbkowanie WISL i zdalną interpretację dla odpowiedniego rastra .

Walidacja statystyczna została opracowana w oparciu o metodę warstwowego systematycznego doboru próby z obliczeniem dokładności ważonej obszarowo. Nierównomierny dobór próby wynikający z metody systematycznego warstwowego doboru próby został odtworzony poprzez zastosowanie współczynnika korelacji do każdej próby w oparciu o stosunek liczby prób do wielkości rozpatrywanej warstwy. Należy zauważyć, że prawdopodobieństwa włączenia wszystkich jednostek próby w grupach wiekowych zostały przyjęte jako równe. Co ważne, waga szacunkowa udziału każdej grupy wiekowej w analizie korelacji była traktowana jako odwrotność prawdopodobieństwa włączenia każdej grupy wiekowej, a waga próby każdej grupy wiekowej była szacowana na podstawie przypisanego jej błędu standardowego. Ogólna dokładność i dokładność właściwa dla poszczególnych grup wiekowych (dokładność użytkownika i producenta) były obliczane dla wszystkich klas tematycznych na podstawie ważonych macierzy pomyłek dla zaklasyfikowanych w poszczególnych grupach dla klas tematycznych 0– 2 w HRL FTY i zwalidowanych klasach tematycznych powierzchni próbnych WISL 0– 2. Założono 95% przedziały ufności s dla każdej statystyki dokładności. Poniżej przedstawiono podsumowanie wyników walidacji HRL FTY 2018 z danymi WISL.

Tabela 11 *Ogólna macierz pomyłek HRL FTY z powierzchniami WISL (0 = obszary nieporośnięte drzewami, 1 = las z dominacją liściastych, 2 = las z dominacją iglastych)*

Macierz zgodności między HRL FTY i WISL Ogólny obszar lasów		HRL FTY			
		obszary nie pokryte drzewami (0)	liściasty (1)	iglasty (2)	Łącznie
WISL	obszary nie pokryte drzewami (0)	1144	2006	3287	6437
	liściaste (1)	1178	11054	3707	15939
	iglasty (2)	1270	2701	19626	23597
	Łącznie	3592	15761	26620	45973

Pogrubione elementy przekątnej macierzy pomyłek reprezentują obserwacje, które zostały poprawnie sklasyfikowane w HRL FTY. Wskazują one na dokładność klasyfikacji produkty HRL FTY. W przeprowadzonej analizie dokonano kompleksowego porównania z wykorzystaniem danych z 45 973 powierzchni WISL. Wyniki porównania wykazały pełną zgodność dla 1 144 powierzchni WISL zidentyfikowanych jako obszary bez pokrywy drzew, 11 054 powierzchni WISL z przewagą gatunków liściastych i 19 626 obszarów WISL z przewagą gatunków iglastych.

Tabela 12 *Macierz pomyłek HRL FTY z powierzchniami WISL - tylko obszary Natura 2000 (0 = obszary nieporośnięte drzewami, 1 = las z dominacją liściastych, 2 = las z dominacją iglastych)*

Macierz zgodności między HRL FTY i WISL Natura 2000		HRL FTY			
		obszary nie pokryte drzewami (0)	liściasty (1)	iglasty (2)	Łącznie
WISL	obszary nie pokryte drzewami (0)	117	245	358	720
	liściaste (1)	88	1395	461	1944
	iglasty (2)	108	316	2246	2670
	Łącznie	313	1956	3065	5334

W ramach obszarów Natura 2000 poddanych szczegółowej analizie dokonano kompleksowego porównania, wykorzystując wyłącznie dane z 5 334 powierzchni WISL. Wyniki porównania wykazały pełną zgodność HRL FTY z 117 powierzchniami WISL zidentyfikowanymi jako obszary bez pokrywy drzew, 1 395 powierzchniami WISL z przewagą gatunków liściastych i 2 246 obszarami WISL z przewagą gatunków iglastych.

Tabela 13 *Macierz pomyłek HRL FTY z powierzchniami WISL - tylko rezerваты przyrody (0 = obszary nieporośnięte drzewami, 1 = las z dominacją liściastych, 2 = las z dominacją iglastych)*

Macierz zgodności między HRL FTY i WISL Rezerваты przyrody		HRL FTY			
		obszary nie pokryte drzewami (0)	liściasty (1)	iglasty (2)	Łącznie
WISL	obszary nie pokryte drzewami (0)	4	27	24	55
	liściaste (1)	6	201	55	262
	iglasty (2)	4	33	149	186
	Łącznie	14	261	228	503

Na obszarach rezerwatów przyrody dokonano kompleksowego porównania, wykorzystując wyłącznie dane z 503 powierzchni WISL. Wyniki porównania wykazały pełną zgodność HRL FTY z 4 powierzchniami WISL zidentyfikowanymi jako obszary bez pokrywy drzew, 201 powierzchniami WISL z przewagą gatunków liściastych i 149 obszarami WISL z przewagą gatunków iglastych.

Tabela 14 *Macierz zgodności HRL FTY z powierzchniami WISL - tylko parki narodowe (0 = obszary nieporośnięte drzewami, 1 = las z dominacją liściastych, 2 = las z dominacją iglastych)*

Macierz pomylek między HRL FTY i WISL Parki narodowe		HRL FTY			
		obszary nie pokryte drzewami (0)	liściasty (1)	iglasty (2)	Łącznie
WISL	obszary nie pokryte drzewami (0)	21	43	60	124
	liściaste (1)	26	234	75	335
	iglasty (2)	22	69	333	424
	Łącznie	69	346	468	883

Na obszarach parków narodowych dokonano kompleksowego porównania, wykorzystując wyłącznie dane z 883 powierzchni WISL. Wyniki porównania wykazały pełną zgodność HRL FTY z 21 powierzchniami WISL zidentyfikowanymi jako obszary bez pokrywy drzew, 234 powierzchniami WISL z przewagą gatunków liściastych i 333 powierzchniami WISL z przewagą gatunków iglastych.

Tabela 15 Ogólna dokładność HRL FTY na podstawie oceny z powierzchniami WISL i według klas wieku (n = liczba powierzchni próbnych, OA = ogólna dokładność, 0 = las nieleśny, 1 = las z dominacją liściastych, 2 = las z dominacją iglastych)

	Kategoria wiekowa	Poziom krajowy	Natura 2000	Rezerваты przyrody	Parki narodowe	
	(n) liczba próbek					
OA	Faza regeneracji	6263	809	62	137	
	1-10	2883	279	6	44	
	11-20	3970	308	19	68	
	21-30	3615	323	25	62	
	31-40	3359	364	25	55	
	41-50	3647	408	34	72	
	51-60	5160	576	47	99	
	61-70	4561	457	30	92	
	71-80	2954	337	34	54	
	81-90	3075	381	33	66	
	91-100	2148	302	41	30	
	101-110	1477	248	36	43	
	111-120	980	193	32	18	
	121-130	1315	349	79	43	
	>130	565	NA	NA	NA	
	Łącznie	45973	5334	503	883	
		[%]				
		Faza regeneracji	17.69	16.31	7.27	15.57
		1-10	48.70	45.16	50.00	43.18
		11-20	69.60	74.68	89.47	58.82
		21-30	75.30	77.40	72.00	75.81
		31-40	79.19	83.24	84.00	74.55
		41-50	81.71	80.64	85.29	83.33
		51-60	81.47	79.86	61.70	77.78
		61-70	82.92	80.74	70.00	80.43
	71-80	84.09	85.16	79.41	85.19	
	81-90	84.98	88.71	75.76	84.85	
	91-100	82.27	81.79	41.67	73.33	
	101-110	78.74	79.03	75.00	72.09	
	111-120	79.49	82.90	84.38	77.78	
	121-130	59.47	56.73	28.57	60.00	
	>130	59.47	56.73	28.57	60.00	
	Ogólna dokładność	69.22	70.45	70.38	66.59	

Ogólna dokładność (OA) to miara informująca o odsetku poprawnie zmapowanych lokalizacji spośród wszystkich lokalizacji referencyjnych. OA jest wyrażona w procentach i reprezentuje dokładność klasyfikacji, przy czym 100% oznacza klasyfikację idealną, w której wszystkie obiekty referencyjne zostały poprawnie zidentyfikowane.

Ogólna dokładność jest łatwa do obliczenia i zrozumienia, oferując podstawowe informacje o dokładności zarówno użytkownikowi mapy, jak i producentowi. Stanowi jednak ocenę szeroką i może nie uwzględniać konkretnych błędów lub różnic w dokładności w różnych klasach lub regionach. Ogólna dokładność oceniona dla HRL FTY z danymi WISL wynosi 69,22%. W ramach następujących form ochrony przyrody Natura 2000, rezerwatów przyrody i parków narodowych OA obliczono odpowiednio na 70,45, 70,38 i 66,59%. Dokładność użytkownika (UA) to dokładność z punktu widzenia użytkownika mapy i zasadniczo mówi użytkownikom, jak często klasa na mapie będzie faktycznie obecna w terenie. Można to określić jako niezawodność odwzorowania. Dokładność użytkownika jest uzupełnieniem błędu zaniechania (EC). W ocenie dokładności błąd pominięcia (EO), wskazuje ilościową miarę tego, jak dobrze system klasyfikacji wykrywa odpowiednie klasy. W szczególności błąd pominięcia jest wyrażany jako wartość procentowa i reprezentuje przypadki, w których system nie identyfikuje lub nie uwzględnia pewnych elementów, które powinny zostać zidentyfikowane. Metryka ta ma kluczowe znaczenie dla oceny wydajności systemów klasyfikacji, zwłaszcza w dziedzinach takich jak teledetekcja, gdzie dokładna identyfikacja cech jest niezbędna do wiarygodnej interpretacji danych i podejmowania decyzji. Najwyższy poziom dokładności użytkownika jest związany z klasą lasów iglastych obliczoną w skali globalnej (krajowej). Jednak UA różni się w poszczególnych formach ochrony przyrody oraz pomiędzy klasami reprezentującymi poszczególne grupy gatunków. Z drugiej strony, najniższy UA jest związany z obszarami nie pokrytymi drzewami.

Tabela 16 Dokładność użytkownika HRL FTY na podstawie polskich powierzchni próbnych WISL (UA = dokładność użytkownika, 0 = las nieleśny, 1 = las z dominacją liściastych, 2 = las z dominacją iglastych)

	Kod HRL FTY	Poziom krajowy	Natura 2000	Rezerваты przyrody	Parki narodowe
		(%)			
UA	obszary nie pokryte drzewami (0)	31.85	37.38	28.57	30.43
	liściaste (1)	70.14	71.32	77.01	67.63
	iglasty (2)	73.73	73.28	65.35	71.15

Tabela 17 Dokładność producenta HRL FTY na podstawie polskich powierzchni próbnych WISL (PA = dokładność producenta, 0 = las nieleśny, 1 = las liściasty, 2 = las iglasty)

PA	Kod HRL FTY	Poziom krajowy	Natura 2000	Rezerwy przyrody	Parki narodowe
		(%)			
	obszary nie pokryte drzewami (0)	17.77	16.25	7.27	16.94
	liściaste (1)	69.35	71.76	76.72	69.85
	iglasty (2)	83.17	84.12	80.11	78.54

Dokładność użytkownika i dokładność producenta dla danej klasy zazwyczaj nie są takie same. W powyższym przykładzie dokładność producenta dla klasy lasów liściastych wynosi 69,35%, co wskazuje, że tylko 69,35% referencyjnych lasów liściastych zostało poprawnie zidentyfikowanych jako takie przez klasyfikację. Z drugiej strony dokładność użytkownika dla tej samej klasy wynosi 70,14%, co oznacza, że ze wszystkich obszarów sklasyfikowanych jako "lasy liściaste" tylko 70,14% faktycznie odpowiada obszarom z przewagą gatunków liściastych. Innymi słowy, system klasyfikacji ma większą tendencję do prawidłowego identyfikowania obszarów nie pokrytych drzewami wśród wszystkich obiektów referencyjnych, ale gdy identyfikuje obszar jako "nie pokryty drzewami", nie jest tak dokładny i istnieje większe prawdopodobieństwo, że zidentyfikowany obszar może zawierać drzewa. Wskaźniki te są cenne w ocenie wydajności i niezawodności modelu klasyfikacji dla określonych klas w zbiorze danych. Dostarczają one bardziej szczegółowych informacji niż ogólna dokładność, pozwalając użytkownikom zrozumieć mocne i słabe strony wyników klasyfikacji dla poszczególnych klas.

Tabela 18 Błąd pominięcia HRL FTY na podstawie polskich powierzchni próbnych WISL (EO = błąd pominięcia, 0 = las nieleśny, 1 = las liściasty, 2 = las iglasty)

EO	Kod HRL FTY	Poziom krajowy	Natura 2000	Rezerwy przyrody	Parki narodowe
		(%)			
	obszary nie pokryte drzewami (0)	82.23	83.75	92.73	83.06
	liściaste (1)	30.65	28.24	23.28	30.15
	iglasty (2)	16.83	15.88	19.89	21.46

W ocenie dokładności, błąd pominięcia (EO), wskazuje ilościową miarę tego, jak dobrze system klasyfikacji wykrywa odpowiednie klasy. W szczególności błąd pominięcia jest

wyrażany jako wartość procentowa i reprezentuje przypadki, w których system nie identyfikuje lub nie uwzględnia pewnych elementów, które powinny zostać zidentyfikowane. Miara ta ma kluczowe znaczenie dla oceny wydajności systemów klasyfikacji, zwłaszcza w dziedzinach takich jak teledetekcja, gdzie dokładna identyfikacja cech jest niezbędna do wiarygodnej interpretacji danych i podejmowania decyzji.

Tabela 19 Błąd pominięcia HRL FTY na podstawie polskich powierzchni próbnych WISL (EC = błąd popelnienia, 0 = las nieleśny, 1 = las liściasty, 2 = las iglasty)

	Kod HRL FTY	Łącznie	Natura 2000	Rezerwy przyrody	Parki narodowe
		(%)			
WE	obszary nie pokryte drzewami (0)	68.15	62.62	71.43	69.57
	liściaste (1)	29.86	28.68	22.99	32.37
	iglasty (2)	26.27	26.72	34.65	28.85

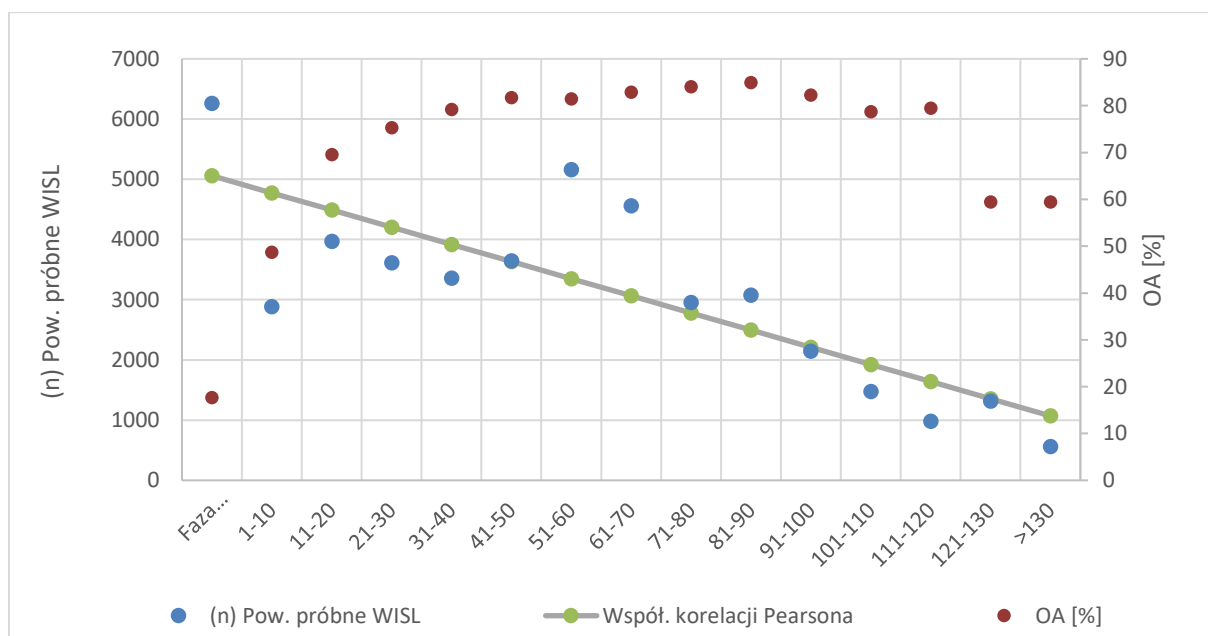
6.5.4. Wnioski i dyskusja

6.5.4.1. Dane wejściowe

Dane referencyjne zastosowane w ocenie dokładności nie mogły być rozpatrywane kompleksowo dla wszystkich gruntów leśnych w Polsce. Chociaż warstwa wysokorozdzielcza HRL FTY stanowi jeden rodzaj produktów leśnych uwzględniająca definicję lasu FAO, minimalna jednostka mapowania (minimalna liczba pikseli tworzących płat – MMU) dla HRL FTY wynosząca 0,5 ha (50 pikseli) uzyskana poprzez przestrzenne przecięcie dwóch podstawowych warstw statusu TCD i DLT, jak już wspomniano w analizie, powoduje znaczne niedoszacowanie pod względem reprezentatywności powierzchni klasy lasu dla obszarów leśnych w powierzchni od 0,1 do 0,5 ha. Aby w pełni uwzględnić tę klasę w Polsce, biorąc pod uwagę, że portfolio produktów wysokorozdzielczych nie zapewnia odpowiednich produktów leśnych ściśle zgodnych z polską definicją lasu krajowego, należy dalej zbadać uzupełnienie informacji zawartych w HRL FTY o część obiektów rozpatrywanych w kontekście HRL SWF. Kwestia reprezentatywności powierzchni klas lasów krajowych mogłaby zostać rozwiązana poprzez uwzględnienie zharmonizowanych informacji o strukturach liniowych, takich jak zadrzewienia, a także jednolite struktury ($100 \text{ m}^2 \leq \text{powierzchnia} \leq 5000 \text{ m}^2$) obiektów drzewiastych zawarte właśnie w HRL Small Woody Features (SWF).

6.5.4.2. Porównanie dokładności map z danymi WISL

Wymagania dotyczące dokładności każdego produktu HRL zostały poddane wewnętrznej walidacji. Dokładność, której wymagano od produktów, wynosiła 90% dla dokładności producenta (nadmiar) i 90% dla dokładności użytkownika (pominięcie). Zauważyliśmy znaczące różnice w ogólnych obszarach zajmujących się poszczególnymi klasami w ramach HRL Forest of the Forest Type. Ogólna dokładność oceniona dla HRL FTY z danymi WISL wynosi 69,22%. Nie ma znaczących różnic między ogólnymi statystykami dokładności związanymi z analizowanymi obszarami ochrony przyrody. W ramach następujących form ochrony przyrody Natura 2000, rezerwatów przyrody i parków narodowych OA obliczono odpowiednio na 70,45, 70,38 i 66,59%.



Rysunek 3. Korelacja Pearsona między liczbą zwalidowanych próbek WISL a ogólną dokładnością HRL FTY

Stosując prostą korelację Pearsona (COHEN J. 1988) jako przedstawiono na wykresie (Rysunek 4) badając korelację pomiędzy liczbą powierzchni WISL w poszczególnych klasach wieku (biorąc pod uwagę rosnący wiek klasy lasów) a ogólną dokładnością HRL FTY w tych klasach, zauważono, że statystycznie nieistotna liniowa zależność istnieje pomiędzy tymi dwiema zmiennymi, natomiast współczynnik korelacji zastosowany na poziomie zagregowanym wyniósł $(-0,27)$. Ujemna korelacja sugeruje, że wraz ze wzrostem wieku ocenianej klasy (i spadkiem liczby działek WISL) istnieje tendencja do wzrostu ogólnej dokładności HRL FTY. Interesujący jest fakt, że spadek liczby powierzchni próbnych WISL w starszych klasach wiekowych nie prowadzi do znaczącego spadku ogólnej dokładności. Może to oznaczać,

że ocena danych zdalnych pozostaje stosunkowo dokładna nawet przy mniejszej liczbie powierzchni WISL w starszych klasach wiekowych. Uzyskany współczynnik korelacji wskazuje na dostrzegalną, ale nie silną zależność liniową. Należy zauważyć, że korelacja nie oznacza związku przyczynowego. Inne czynniki mogą wpływać na obserwowaną zależność. Konieczne są dodatkowe testy statystyczne lub analizy w celu potwierdzenia wyników i zbadania potencjalnych zmiennych zakłócających. Podsumowując, na podstawie dostarczonych informacji wydaje się, że istnieje statystycznie istotna ujemna korelacja między liczbą działek WISL w klasach wiekowych a ogólną dokładnością HRL FTY. Potrzebne są jednak dalsze analizy i rozważania, aby wyciągnąć solidne wnioski i implikacje z tych wyników.

Jeśli chodzi o system klasyfikacji, szczególnie w kontekście szacowania typów lasów, zidentyfikowano pewne rozbieżności między danymi teledetekcyjnymi a obserwacjami naziemnymi. HRL FTY ma tendencję do przeceniania obecności lasów liściastych. Z drugiej strony istnieje tendencja do niedoszacowania lasów iglastych. Ponadto system HRL ma tendencję do niedoszacowania całkowitej powierzchni lasów. Ogólna dokładność klasyfikacji HRL waha się od 17,69% (dla obszarów nie pokrytych drzewami na poziomie ogólnym) do 84,09% (dla klasy wiekowej w wieku 71-80 lat). Sugeruje to zmienność dokładności systemu, przy czym zależność od wieku wydaje się zależeć od wieku lasu. Starsze lasy (zwłaszcza w wieku powyżej 40 lat), które są zazwyczaj szerzej reprezentowane, mają zazwyczaj wyższą ogólną dokładność w porównaniu z młodszymi lasami. Wskaźnik ten ulega nieznacznemu obniżeniu w wieku powyżej 100 lat. Ponadto, zawiera szczegółowe dane liczbowe potwierdzające zaobserwowane tendencje dla różnych klas wieku lasów i form ochrony przyrody, w których odnotowano podobne obserwacje.

6.6. Wnioski

Dokładność, której wymagano od produktów CLMS w postaci warstw wysokorozdzielczych wynosiła 90% dla dokładności producenta (nadmiar) i 90% dla dokładności użytkownika (pominięcie). Niemniej jednak ogólna dokładność oceniona dla HRL FTY wg przyrównania do danych powierzchni WISL kształtuje się na poziomie 69,22%. Wartość ta nie ulega znaczącym wahaniom w ramach następujących form ochrony przyrody Natura 2000, rezerwatów przyrody i parków narodowych OA, dla których OA obliczono odpowiednio na poziomie 70,45, 70,38 i 66,59%.

7. POTENCJAŁ POCHŁANIANIA CO₂ PRZEZ DRZEWA ZLOKALIZOWANE NA POWIERZCHNIACH WISL POŁOŻONYCH NA GRUNTACH POKRYTYCH WIELOLETNIĄ, LEŚNĄ ROŚLINNOŚCIĄ DRZEWIASTĄ NIEBĘDĄCYCH LASAMI W UJĘCIU FORMALNOPRAWNYM

Obszary niebędące lasami są w części pokryte roślinnością o charakterze lasów. Zgodnie z raportami WISL po raz pierwszy określono ich areał i strukturę w ramach realizacji III cyklu Wielkoobszarowej inwentaryzacji stanu lasu (WISL), która zgodnie z założeniami inwentaryzacji prowadzonej w sposób ciągły jest corocznie aktualizowana i raportowana. Aktualnie powierzchnia gruntów pokrytych wieloletnią, leśną roślinnością drzewiastą wynosi około 1,09 mln ha, a wielkość zasobów drzew żywych wynosi około 166,7 mln m³. W strukturze wiekowej dominują najmłodsze klasy wieku, a drzewa pojawiły się na nich najczęściej w wyniku samoistnej sukcesji. Ze względu na duży obszar i strukturę zasobów i gatunków obszar ten jest interesujący jako rezerwar pochłaniania CO₂, możliwy do wykorzystania w kalkulacjach dla sektora LULUCF.

7.1. Założenia i wyniki

Określenie możliwości pochłaniania CO₂ przez drzewa gruntach pokrytych wieloletnią, leśną roślinnością drzewiastą niebędących lasami w ujęciu formalnoprawnym, tj. na gruntach w ramach kategorii: grunty uprawne, grunty trawiaste, tereny podmokłe, tereny zurbanizowane i inne grunty (Tabela 20) przygotowano korzystając z danych zgromadzonych w WISL, w trakcie prac terenowych realizowanych w latach 2016, 2017 i 2018. Wykonane działania nie są standardowym opracowaniem wyników WISL.

W rozporządzeniu LULUCF punktem odniesienia jest okres 2016-2018 (3 lata będące okresem referencyjnym dla zasad prowadzenia gospodarki leśnej) i należy oszacować przeciętną roczną zmianę wielkości zasobów drzewnych na tych gruntach we wskazanym okresie, która jest niezbędna dla opracowania zmiany zasobów wyrażonej w tonach ekwiwalentu CO₂ dla rezerwarów związanych z biomasą nadziemną i podziemną. Ze względu na metodykę przyjętą

w WISL śledzenie zmian na powierzchniach pomiarowych jest możliwe w okresie 5 lat (wykonywanie kolejnych pomiarów na tych samych powierzchniach). Z tego powodu do wykonania analizy przyjęto ponowne pomiary wykonane w latach 2021-2023, które pozwalają określić wielkość zasobów drzewnych po pięciu latach, a następnie obliczyć przeciętną roczną zmianę w pojedynczym roku. Średnia roczna zmiana zasobów jest wynikiem do wyliczenia rocznego pochłaniania/emisji z drzew zlokalizowanych na powierzchniach poza gruntami lasów.

Do określenia potencjału pochłaniania/emisji w gruntów pokrytych wieloletnią leśną roślinnością drzewiastą konieczne jest obliczenie wielkości powierzchni (areału) jaką zajmują te obszary, w podziale na kategorie gruntów określone kodami od 2 do 6 (Tabela 20). W celu zwiększenia bezpieczeństwa wyników niniejszej ekspertyzy założono, że powierzchnie obliczone dla dwóch okresów mogą się różnić, a wynik zostanie opracowany z wykorzystaniem mniejszej z nich. Założenie takie daje większe prawdopodobieństwo określenia wielkości pochłaniania/emisji dla tych gruntów, niż uwzględnienie zmian wielkości powierzchni, która wpływa na zwiększenie lub zmniejszenie potencjału pochłaniania/emisji. Porównawczo obliczono potencjał pochłaniania emisji na większej powierzchni, aby wykazać potencjalne różnice w zależności od zmian powierzchni gruntów pokrytych wieloletnią leśną roślinnością drzewiastą .

Dodatkowym założeniem było uwzględnienie w obliczeniach powierzchni objętych pomiarami w ramach WISL, dla których charakterystyka drzew spełnia wymagania ustawy o lasach (dotyczące głównie pokrycia drzewami). Z obliczeń wyłączono powierzchnie objęte pomiarami, traktowane w WISL jako pozostałe gruntów pokrytych wieloletnią leśną roślinnością drzewiastą , które nie spełniają kryteriów ustawy o lasach, ale pokrycie rzutami koron drzew wynosi co najmniej 10%. Powierzchnie takie traktowane są jako inicjalna faza lasów, które na potrzeby obliczeń uznaje się jako niepewne co do trwałości, charakteryzujące się brakiem lub niską zasobnością. W związku z tym zostają pominięte w niniejszej ekspertyzie. Takie podejście ma wskazać powierzchnie gruntów pokrytych wieloletnią leśną roślinnością drzewiastą , które są ocenione jako bardziej stabilne. W kolejnych latach można zmodyfikować podejście, obserwując jak faktycznie zmieniają się te powierzchnie i czy ma miejsce stały trend wzrostowy, czy są ponownie przekształcane w użytki zgodne z zapisami EGiB.

Tabela 20 Słownik kategorii użytkowania gruntów LULUCF

Kod LULUCF (IPCC_NFR)
Grunty leśne – 1
Grunty uprawne – 2
Grunty trawiaste – 3
Tereny podmokłe – 4
Tereny zurbanizowane – 5
Inne grunty – 6

Powierzchnie WISL posiadają przypisaną informację o użytkach gruntowych wg EGiB na których są zlokalizowane (grunty orne, łąki, pastwiska itd.). Na tej podstawie przypisano do nich odpowiednie kategorie gruntów stosowane w rozliczeniach dla LULUCF (Tabela 21).

Tabela 21 Schemat przypisania klas użytków gruntowych wg EGiB do kategorii gruntów w LULUCF

Użytek gruntowy wg EGiB	kod wg EGiB	Kategoria LULUCF	kod LULUCF (IPCC_NFR)
Lasy i grunty leśne	80	Forest_land	1
Użytki ekologiczne na rolach	66	Grunty uprawne	2
Grunty zadrzewione i zakrzewione na rolach	93	Grunty uprawne	2
Grunty orne	130	Grunty uprawne	2
Sady	140	Grunty uprawne	2
Sady na rolach	143	Grunty uprawne	2
Użytki ekologiczne na gruntach zadrzewionych i zakrzewionych	62	Grunty trawiaste	3
Użytki ekologiczne na łąkach	63	Grunty trawiaste	3
Użytki ekologiczne na pastwiskach	65	Grunty trawiaste	3
Grunty zadrzewione i zakrzewione	90	Grunty trawiaste	3
Grunty zadrzewione i zakrzewione na łąkach	91	Grunty trawiaste	3
Grunty zadrzewione i zakrzewione na pastwiskach	92	Grunty trawiaste	3
Łąki	100	Grunty trawiaste	3
Pastwiska trwałe	120	Grunty trawiaste	3
Sady na łąkach	141	Grunty trawiaste	3
Sady na pastwiskach	142	Grunty trawiaste	3
Użytki ekologiczne	60	Tereny podmokłe	4
Użytki ekologiczne na wodach śródlądowych płynących	68	Tereny podmokłe	4
Użytki ekologiczne na wodach śródlądowych stojących	69	Tereny podmokłe	4
Nieuzytki	110	Tereny podmokłe	4
Rowy	180	Tereny podmokłe	4
Morskie wody wewnętrzne	190	Tereny podmokłe	4
Wody śródlądowe płynące	200	Tereny podmokłe	4
Wody śródlądowe stojące	210	Tereny podmokłe	4
Grunty pod stawami	211	Tereny podmokłe	4

Budynki na łąkach	1	Grunty zurbanizowane	5
Budynki na pastwiskach	2	Grunty zurbanizowane	5
Budynki na rolach	3	Grunty zurbanizowane	5
Tereny mieszkaniowe	4	Grunty zurbanizowane	5
Tereny przemysłowe	10	Grunty zurbanizowane	5
Inne tereny zabudowane	20	Grunty zurbanizowane	5
Zurbanizowane tereny niezabudowane	30	Grunty zurbanizowane	5
Tereny rekreacyjno-wypoczynkowe	40	Grunty zurbanizowane	5
Drogi	50	Grunty zurbanizowane	5
Użytki kopalne	70	Grunty zurbanizowane	5
Inne komunikacyjne	150	Grunty zurbanizowane	5
Koleje	160	Grunty zurbanizowane	5
Użytki ekologiczne na nieużytkach	64	Inne	6
Tereny różne	170	Inne	6

7.2. Etap I - Określenie powierzchni gruntów pokrytych wieloletnią leśną roślinnością drzewiastą wg kategorii użytkowania dla okresu 2016-2018

Obliczenie wielkości powierzchni gruntów pokrytych wieloletnią leśną roślinnością drzewiastą wg kategorii użytkowania, na podstawie liczby założonych powierzchni WISL w okresie 2016-2018 wraz z określeniem ich udziałów według form użytkowania LULUCF. Ogólna powierzchnia powierzchni gruntów pokrytych wieloletnią leśną roślinnością drzewiastą wg kategorii użytkowania wynikająca z iloczynu powierzchni Polski (powierzchnia geodezyjna kraju w ha według GUS) i ilorazu liczby punktów (środków powierzchni próbnych), zlokalizowanych na gruncie pokrytym wieloletnią leśną roślinnością drzewiastą wg kategorii użytkowania oraz ogólnej (teoretycznej) liczby punktów sieci WISL w Polsce obliczana jest wzorem:

$$P_{lpe} = \frac{N_1}{N_2} \times P_{kraj}$$

gdzie:

P_{lpe} – powierzchnia gruntów pokrytych wieloletnią leśną roślinnością drzewiastą

N1 – liczba założonych powierzchni WISL na gruntów pokrytych wieloletnią leśną roślinnością drzewiastą wg kategorii użytkowania, bez powierzchni niedostępnych do pomiaru (1 674 – w latach 2016-2018 oraz 1 901 - w latach 2021-2023)

N2 – teoretyczna liczba punktów sieci WISL w kraju (59 345)

Pkraj – powierzchnia kraju wg danych GUS 2017 r. (31 267 967 ha).

Pojedyncza powierzchnia próbna WISL reprezentuje około 526,88 ha. Udział powierzchni poszczególnych kategorii użytkowania gruntów LULUCF wynika z udziału procentowego powierzchni próbnych w całym zbiorze. Powierzchnia gruntów pokrytych wieloletnią leśną roślinnością drzewiastą wg kategorii użytkowania obliczona dla okresu 2016-2018 (umownie przyjęto odniesienie do roku 2017) została obliczona na podstawie 1674 założonych powierzchni i wynosi 882 004 ha (*Tabela 22*). Największym udziałem charakteryzuje się kategoria grunty uprawne (49,0%) i grunty trawiaste (33,0%).

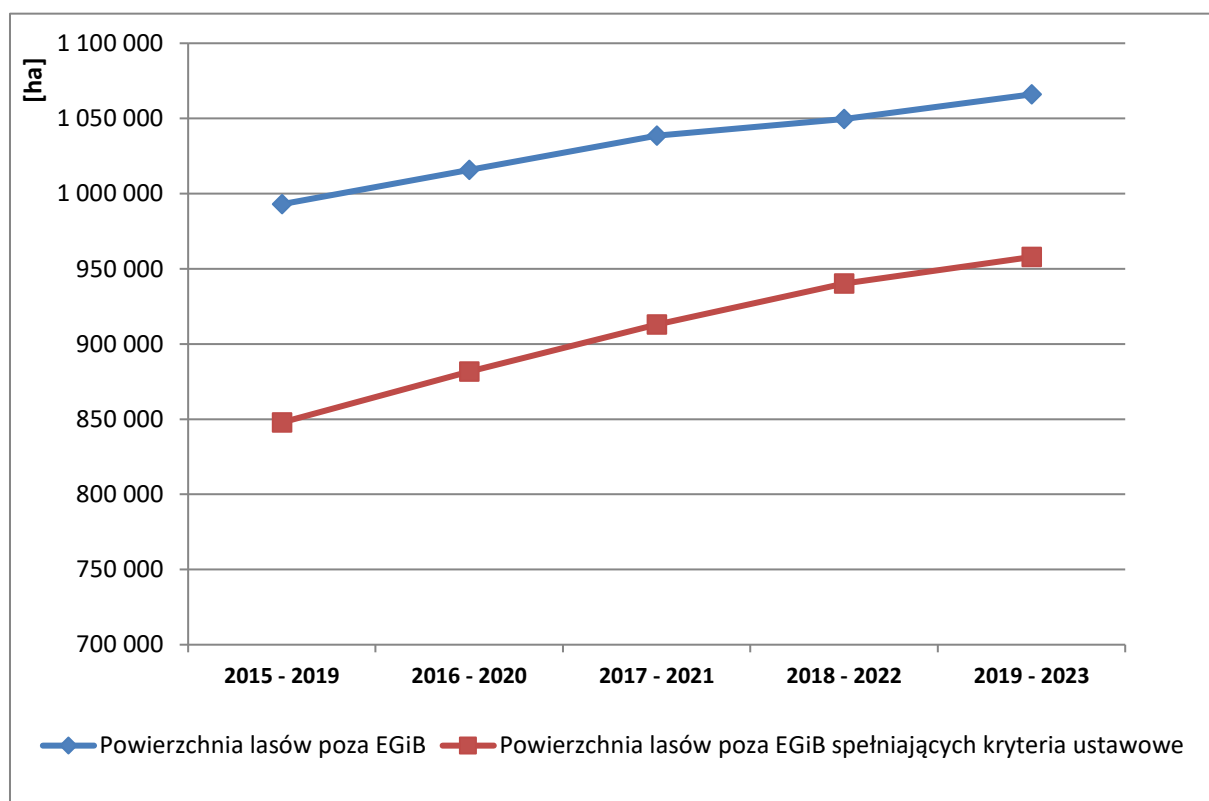
7.3. Etap II Określenie powierzchni gruntów pokrytych wieloletnią leśną roślinnością drzewiastą wg kategorii użytkowania dla okresu 2021-2023

Obliczenia wykonano analogicznie jak dla okresu 2016-2018. Powierzchnia gruntów pokrytych wieloletnią leśną roślinnością drzewiastą wg kategorii użytkowania obliczona dla okresu 2021-2023 (umownie przyjęto odniesienie do roku 2022) została obliczona na podstawie 1901 założonych powierzchni i wynosi 1 001 608 ha (*Tabela 22*). największym udziałem charakteryzuje się kategoria grunty uprawne (51,4%) i grunty trawiaste (32,7%).

Porównanie wyników powierzchni w dwóch okresach wskazuje na zwiększenie się powierzchni łącznej powierzchni gruntów pokrytych wieloletnią leśną roślinnością drzewiastą w ramach „nieleśnych” kategorii użytkowania o 119 604 ha w okresie pięciu lat (co stanowi 13,56%). Zgodnie z przyjętym założeniem do kreślenia potencjału przyjmujemy mniejszą powierzchnię gruntów pokrytych wieloletnią leśną roślinnością drzewiastą wg kategorii użytkowania wynoszącą 882 004 ha. Niemniej odnotowane wyniki wskazują na możliwe zwiększanie się tego potencjału, biorąc pod uwagę zwiększanie się powierzchni gruntów pokrytych wieloletnią leśną roślinnością drzewiastą wg kategorii użytkowania w analizowanym okresie.

7.4. Zmiany powierzchni gruntów pokrytych wieloletnią leśną roślinnością drzewiastą w nieleśnych kategoriach użytkowania gruntów odnotowane w standardowych raportach WISL

W celach porównawczych, wskazujących na potencjalnie możliwe uwzględnianie zwiększania się powierzchni gruntów pokrytych wieloletnią leśną roślinnością drzewiastą w nieleśnych kategoriach użytkowania gruntów wskazujemy na wyniki raportowane corocznie w raportach WISL. Powierzchnia gruntów pokrytych wieloletnią leśną roślinnością drzewiastą w nieleśnych kategoriach użytkowania gruntów spełniająca kryterium powierzchniowe zawarte w art. 3 ustawy o lasach wyniosła na koniec III cyklu WISL (2015-2018) ok. 848 tys. ha i corocznie powiększa się osiągając w okresie 2019-2023 ok 958 tys. ha. Odnotowana w tym okresie zmiana wynosi ok 110 tys. ha. Zbliżony trend jest obserwowany również w odniesieniu do ogółu gruntów pokrytych wieloletnią leśną roślinnością drzewiastą w nieleśnych kategoriach użytkowania gruntów objętych pomiarami WISL (Rysunek 4).



Rysunek 4 Zmiany powierzchni gruntów pokrytych wieloletnią leśną roślinnością drzewiastą w nieleśnych kategoriach użytkowania gruntów wg raportów WISL.

Tabela 22 Powierzchnia gruntów pokrytych wieloletnią leśną roślinnością drzewiastą według klas wieku i kategorii użytkowania LULUCF (2016-2018)

Kategorie użytkowania LULUCF	Pow. leśna niezalesiona	Klasy wieku								Razem pow. zalesiona	Ogółem	
		I 1-20 lat	II 21-40 lat	III 41-60 lat	IV 61-80 lat	V 81-100 lat	VI 101-120 lat	VII i st. >121 lat	KO, KDO, BP			
		ha/%										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Ogółem	18 422 2,1	300 833 34,1	331 734 37,7	130 953 14,8	66 188 7,5	20 633 2,3	4 893 0,6	5 333 0,6	3 015 0,3	863 582 97,9	882 004 100	100,0
grunty uprawne	8 243 1,9	216 467 50,2	164 484 38,1	25 811 6,0	10 619 2,5	3 597 0,8	1 698 0,4		599 0,1	423 275 98,1	431 518 100	49,0
grunty zurbanizowane	261 0,7	9 742 24,9	8 587 22,0	8 131 20,9	6 306 16,2	1 332 3,4	1 332 3,4	2 632 6,8	666 1,7	38 728 99,3	38 989 100	4,4
grunty trawiaste	7 314 2,5	60 328 20,7	112 957 38,8	64 321 22,1	31 101 10,7	11 707 4,0	423 0,1	2 701 0,9	515 0,2	284 053 97,5	291 367 100	33,0
tereny podmokłe	2 017 1,9	13 709 12,9	40 585 38,3	29 956 28,3	15 232 14,4	2 904 2,7	266 0,3		1 235 1,2	103 887 98,1	105 904 100	12,0
inne grunty	587 4,1	587 4,1	5 121 36,0	2 734 19,2	2 930 20,6	1 093 7,7	1 174 8,3			13 639 95,9	14 226 100	1,6

Tabela 23 Powierzchnia gruntów pokrytych wieloletnią leśną roślinnością drzewiastą według gatunków panujących i kategorii użytkowania LULUCF (2016-2018)

Kategorie użytkowania LULUCF	Gatunki (grupy gatunków) panujące															Ogółem	
	So	Św	Jd	Pozostałe iglaste	Razem iglaste	Bk	Db	Gb	Brz	OI	Tp	Os	Pozostałe liściaste	Razem liściaste			
	ha/%															%	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
Ogółem	254 670 28,9	24 744 2,8	4 571 0,5	6 670 0,8	290 655 33,0	6 814 0,8	41 866 4,7	13 364 1,5	202 277 22,9	161 246 18,3	8 393 1,0	38 839 4,4	118 550 13,4	591 349 67,0	882 004 100	100,0	
grunty uprawne	189 945 44,0	11 933 2,8	2 395 0,6	3 076 0,7	207 349 48,1	1 908 0,4	15 496 3,6	5 150 1,2	124 252 28,8	25 000 5,8	1 913 0,4	13 408 3,1	37 042 8,6	224 169 51,9	431 518 100	49,0	
grunty zurbanizowane	10 507 26,9				10 507 26,9	1 217 3,1	5 080 13,0	666 1,7	3 555 9,1	2 979 7,6	1 332 3,4	1 613 4,1	12 040 31,1	28 482 73,1	38 989 100	4,4	
grunty trawiaste	42 910 14,7	9 503 3,3	2 176 0,7	3 594 1,2	58 183 19,9	2 893 1,0	16 763 5,8	7 466 2,6	51 058 17,5	92 829 31,9	2 250 0,8	16 747 5,7	43 178 14,8	233 184 80,1	291 367 100	33,0	
tereny podmokłe	10 134 9,6	2 135 2,0			12 269 11,6	209 0,2	3 353 3,2	82 0,1	20 681 19,5	39 346 37,2	1 725 1,6	6 484 6,1	21 755 20,5	93 635 88,4	105 904 100	12,0	
inne grunty	1 174 8,3	1 173 8,2			2 347 16,5	587 4,1	1 174 8,3		2 731 19,2	1 092 7,7	1 173 8,2	587 4,1	4 535 31,9	11 879 83,5	14 226 100	1,6	

Tabela 24 Powierzchnia gruntów pokrytych wieloletnią leśną roślinnością drzewiastą według klas wieku i kategorii użytkowania LULUCF (2021-2023)

Kategorie użytkowania LULUCF	Pow. leśna niezalesiona	Klasy wieku								Razem pow. zalesiona	Ogółem	
		I 1-20 lat	II 21-40 lat	III 41-60 lat	IV 61-80 lat	V 81-100 lat	VI 101-120 lat	VII i st. >121 lat	KO, KDO, BP			
		ha/%										%
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Ogółem		221 897 22,2	467 933 46,6	174 017 17,4	89 831 9,0	26 308 2,6	9 552 1,0	9 243 0,9	2 827 0,3	1 001 608 100,0	1 001 608 100	100,0
grunty uprawne		158 002 30,7	288 306 56,0	43 421 8,4	14 200 2,8	6 070 1,2	983 0,2	2 148 0,4	1 636 0,3	514 766 100,0	514 766 100	51,4
grunty zurbanizowane		3 888 10,4	12 457 33,4	7 119 19,0	6 561 17,5	1 844 4,9	1 870 5,0	3 670 9,8		37 409 100,0	37 409 100	3,7
grunty trawiaste		44 245 13,5	125 936 38,4	88 918 27,1	47 139 14,4	13 397 4,1	4 611 1,4	2 285 0,7	1 191 0,4	327 722 100,0	327 722 100	32,7
tereny podmokłe		12 802 12,1	36 440 34,4	32 501 30,7	18 138 17,1	4 505 4,3	1 518 1,4			105 904 100,0	105 904 100	10,6
inne grunty		2 960 18,7	4 794 30,4	2 058 13,0	3 793 24,0	492 3,1	570 3,6	1 140 7,2		15 807 100,0	15 807 100	1,6

Tabela 25 Powierzchnia gruntów pokrytych wieloletnią leśną roślinnością drzewiastą według gatunków panujących i kategorii użytkowania LULUCF (2021-2023)

Kategorie użytkowania LULUCF	Gatunki (grupy gatunków) panujące														Ogółem	
	So	Św	Jd	Pozostale iglaste	Razem iglaste	Bk	Db	Gb	Brz	OI	Tp	Os	Pozostale liściaste	Razem liściaste		
	ha/%															%
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Ogółem	277 282 27,7	23 473 2,3	4 621 0,5	8 036 0,8	313 412 31,3	6 967 0,7	41 436 4,1	17 311 1,7	252 333 25,2	188 378 18,8	6 053 0,6	42 863 4,3	132 855 13,3	688 196 68,7	1 001 608 100	100,0
grunty uprawne	206 355 40,2	12 899 2,5	1 190 0,2	4 335 0,8	224 779 43,7	2 192 0,4	17 558 3,4	8 001 1,6	159 778 31,0	38 213 7,4	595 0,1	17 954 3,5	45 696 8,9	289 987 56,3	514 766 100	51,4
grunty zurbanizowane	8 997 24,1			940 2,5	9 937 26,6	1 160 3,1	5 552 14,8		2 051 5,5	2 397 6,4	1 270 3,4	1 647 4,4	13 395 35,8	27 472 73,4	37 409 100	3,7
grunty trawiaste	45 631 13,9	7 916 2,4	3 431 1,0	2 761 0,8	59 739 18,1	3 045 0,9	15 430 4,7	9 310 2,8	61 984 18,9	106 483 32,7	3 253 1,0	17 554 5,4	50 924 15,5	267 983 81,9	327 722 100	32,7
tereny podmokłe	15 465 14,6	1 518 1,4			16 983 16,0		2 548 2,4		25 297 23,9	39 653 37,5	365 0,3	5 138 4,9	15 920 15,0	88 921 84,0	105 904 100	10,6
inne grunty	834 5,3	1 140 7,2			1 974 12,5	570 3,6	348 2,2		3 223 20,4	1 632 10,3	570 3,6	570 3,6	6 920 43,8	13 833 87,5	15 807 100	1,6

7.5. Etap III obliczenia charakterystyk zasobów drzewnych gruntów pokrytych wieloletnią leśną roślinnością drzewiastą w „nieleśnych” kategoriach użytkowania” dla okresu 2016-2018

W etapie I obliczono ogólną powierzchnię gruntów pokrytych wieloletnią leśną roślinnością drzewiastą wg kategorii LULUCF. Słownik wykorzystany do obliczenia powierzchni gruntów pokrytych wieloletnią leśną roślinnością drzewiastą w „nieleśnych” kategoriach użytkowania” implementowano w sposób tożsamy, jak przy ocenie powierzchni. Jako jednostkę statystyczną przyjęto kraj, a kategorie użytkowania gruntów LULUCF traktowane są jak substytut formy własności lasów. Grunty pokryte wieloletnią leśną roślinnością drzewiastą w „nieleśnych” kategoriach użytkowania w okresie 2016-2018, spełniające krajowe wymagania ustawy o lasach charakteryzują się wielkością zasobów około 142,1 mln m³, a w największy udział miąższości znajduje się w II (35,3%) i III (23,6%) klasach wieku. (Tabela 26). Analiza miąższości według gatunków panujących wskazuje, że 71,6% miąższości zlokalizowane jest w drzewostanach liściastych, a 28,4% w drzewostanach iglastych (Tabela 28). Przeciętna zasobność wynosi 161,1 m³/ha przy średnim wieku 31 lat (Tabela 30).

W drugim okresie pomiarowym 2021-2023 odnotowano ogólną wielkość zasobów około 182,3 mln m³, ze zbliżoną relacją udziału II (39,6%) i III (23,5) klas wieku (Tabela 27). Analiza miąższości według gatunków panujących wskazuje, że 70,3% miąższości zlokalizowane jest w drzewostanach liściastych, a 29,7% w drzewostanach iglastych (Tabela 27). Przeciętna zasobność wynosi 182 m³/ha przy średnim wieku 36 lat (Tabela 31).

7.6. Etap IV obliczenia zmian wielkości zasobów drzewnych dla okresu 2016-2018 i 2021-2023

Zmiany wielkości zasobów drzewnych obliczono przez porównanie wyników w analizowanych okresach. Zasobność gruntów pokrytych wieloletnią leśną roślinnością drzewiastą w „nieleśnych” kategoriach użytkowania ogółem wzrosła o 20,9 m³ w okresie pięciu lat, co w przeliczeniu na rok wynosi 4,18 m³ (Tabela 32). Wyniki zmian zasobności według gatunków i kategorii użytkowania LULUCF pozwalają na obliczenie rocznej zmiany wielkości zasobów w okresie.

Przy założeniu ostrożnego określenia wielkości zmiany i zastosowania powierzchni obliczonej dla okresu 2016-2018 zasoby zwiększyły się o **3 686 777 m³**. Zmiany odnotowane w poszczególnych kategoriach użytkowania gruntów wg LULUCF przedstawiono w tabelach. Należy odnotować, że zmiany powierzchni gruntów pokrytych wieloletnią leśną roślinnością drzewiastą w „nieleśnych” kategoriach użytkowania ogółem wykazują ogólny wzrost, natomiast w kategoriach obejmujących małe powierzchnie odnotowano również zmniejszenie się zasobów.

Dla celów porównawczych określono również większy potencjał, jaki byłby możliwy do wygenerowania przez grunty pokryte wieloletnią leśną roślinnością drzewiastą w „nieleśnych” kategoriach użytkowania przy zastosowaniu powierzchni obliczonej w okresie 2021-2023. Obliczona zmiana wyniosłaby około 4 186 721 m³.

Tabela 26 Miąższość grubizny brutto gruntów pokrytych wieloletnią leśną roślinnością drzewiastą według klas wieku oraz kategorii użytkowania LULUCF (2016-2018) 2021-2023

Kategorie użytkowania LULUCF	Pow. leśna niezalesiona	Przestoje na pow. leśnej	Klasy wieku								Razem pow. zalesiona	Ogółem	
			I 1-20 lat	II 21-40 lat	III 41-60 lat	IV 61-80 lat	V 81-100 lat	VI 101-120 lat	VII i st. >121 lat	KO, KDO, BP			
			m ³ grubizny brutto/%										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Ogółem	629 340 <i>0,4</i>	2 837 851 <i>2,0</i>	16 407 856 <i>11,5</i>	50 053 893 <i>35,3</i>	33 520 633 <i>23,6</i>	24 780 997 <i>17,4</i>	7 708 628 <i>5,4</i>	2 175 167 <i>1,5</i>	2 641 803 <i>1,9</i>	1 370 469 <i>1,0</i>	141 497 297 <i>99,6</i>	142 126 637 <i>100</i>	100,0
Grunty uprawne	40 543 <i>0,1</i>	1 099 323 <i>2,2</i>	12 198 953 <i>24,6</i>	24 044 953 <i>48,7</i>	6 309 990 <i>12,7</i>	3 765 339 <i>7,6</i>	1 386 368 <i>2,8</i>	604 253 <i>1,2</i>		58 956 <i>0,1</i>	49 468 135 <i>99,9</i>	49 508 678 <i>100</i>	34,8
Grunty zurbanizowane	4 486 <i>0,1</i>	211 911 <i>2,4</i>	245 216 <i>2,7</i>	1 065 146 <i>11,9</i>	1 776 144 <i>19,9</i>	2 852 751 <i>31,9</i>	732 029 <i>8,2</i>	660 785 <i>7,4</i>	1 087 912 <i>12,2</i>	293 573 <i>3,3</i>	8 925 467 <i>99,9</i>	8 929 953 <i>100</i>	6,3
Grunty trawiaste	476 109 <i>0,8</i>	1 224 521 <i>2,1</i>	3 696 784 <i>6,4</i>	18 025 317 <i>31,2</i>	17 090 512 <i>29,4</i>	11 985 579 <i>20,6</i>	3 790 802 <i>6,5</i>	142 338 <i>0,2</i>	1 553 891 <i>2,7</i>	86 833 <i>0,1</i>	57 596 577 <i>99,2</i>	58 072 686 <i>100</i>	40,9
Tereny podmokłe	56 491 <i>0,3</i>	230 324 <i>1,1</i>	258 405 <i>1,2</i>	5 512 676 <i>25,7</i>	7 785 749 <i>36,3</i>	5 325 423 <i>24,9</i>	1 173 540 <i>5,5</i>	150 344 <i>0,7</i>		931 107 <i>4,3</i>	21 367 568 <i>99,7</i>	21 424 059 <i>100</i>	15,1
Inne grunty	51 711 <i>1,2</i>	71 772 <i>1,7</i>	8 498 <i>0,2</i>	1 405 801 <i>33,7</i>	558 238 <i>13,3</i>	851 905 <i>20,3</i>	625 889 <i>14,9</i>	617 447 <i>14,7</i>			4 139 550 <i>98,8</i>	4 191 261 <i>100</i>	2,9

Tabela 27 Miąższość grubizny brutto gruntów pokrytych wieloletnią leśną roślinnością drzewiastą według klas wieku oraz kategorii użytkowania LULUCF (2021-2023)

Kategorie użytkowania LULUCF	Pow. leśna niezalesiona	Przestoje na pow. leśnej	Klasy wieku								Razem pow. zalesiona	Ogółem	
			I 1-20 lat	II 21-40 lat	III 41-60 lat	IV 61-80 lat	V 81-100 lat	VI 101-120 lat	VII i st. >121 lat	KO, KDO, BP			
			m ³ grubizny brutto/%										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Ogółem		3 853 054 2,1	12 511 536 6,9	72 059 016 39,6	42 908 000 23,5	29 876 245 16,4	11 308 647 6,2	4 066 268 2,2	5 352 822 2,9	386 232 0,2	182 321 820 100,0	182 321 820 100	100,0
Grunty uprawne		1 563 539 2,1	9 811 119 12,9	45 267 148 59,7	10 708 127 14,1	3 933 121 5,2	2 772 312 3,7	488 391 0,6	1 016 916 1,3	305 564 0,4	75 866 237 100,0	75 866 237 100	41,7
Grunty zurbanizowane		234 577 2,4	136 936 1,4	1 363 145 13,8	1 669 451 16,9	2 129 030 21,5	902 826 9,1	956 474 9,7	2 487 969 25,2		9 880 408 100,0	9 880 408 100	5,4
Grunty trawiaste		1 543 350 2,1	2 272 925 3,1	20 420 910 28,2	22 730 744 31,4	17 251 905 23,8	5 336 271 7,4	1 518 429 2,1	1 314 759 1,8	80 668 0,1	72 469 961 100,0	72 469 961 100	39,7
Tereny podmokłe		471 382 2,2	195 679 0,9	4 674 344 22,3	7 341 852 35,2	5 536 967 26,4	2 000 852 9,5	738 645 3,5			20 959 721 100,0	20 959 721 100	11,5
Inne grunty		40 206 1,3	94 877 3,0	333 469 10,6	457 826 14,6	1 025 222 32,5	296 386 9,4	364 329 11,6	533 178 17,0		3 145 493 100,0	3 145 493 100	1,7

Tabela 28 Miąższość grubizny brutto gruntów pokrytych wieloletnią leśną roślinnością drzewiastą według gatunków panujących oraz kategorii użytkowania LULUCF (2016-2018)

Kategorie użytkowania LULUCF	Gatunki (grupy gatunków) panujące														Ogółem	
	So	Św	Jd	Pozostałe iglaste	Razem iglaste	Bk	Db	Gb	Brz	OI	Tp	Os	Pozostałe liściaste	Razem liściaste		
	m ³ grubizny brutto/%															%
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Ogółem	33 751 144 23,7	4 903 748 3,5	383 005 0,3	1 267 813 0,9	40 305 710 28,4	2 207 178 1,6	7 722 020 5,4	1 851 617 1,3	22 306 150 15,7	37 005 953 25,9	2 834 105 2,0	7 040 698 5,0	20 853 206 14,7	101 820 927 71,6	142 126 637 100	100,0
Grunty uprawne	23 430 252 47,2	1 916 985 3,9	31 789 0,1	438 297 0,9	25 817 323 52,1	327 337 0,7	1 323 063 2,7	888 433 1,8	10 715 660 21,6	4 424 613 8,9	105 336 0,2	1 821 710 3,7	4 085 203 8,3	23 691 355 47,9	49 508 678 100	34,8
Grunty zurbanizowane	1 614 068 18,1				1 614 068 18,1	822 583 9,2	1 528 964 17,1	4 818 0,1	514 735 5,8	366 240 4,1	444 498 5,0	334 717 3,7	3 299 330 36,9	7 315 885 81,9	8 929 953 100	6,3
Grunty trawiaste	7 121 194 12,3	1 711 632 2,9	351 216 0,6	829 516 1,4	10 013 558 17,2	567 198 1,0	4 247 518 7,3	958 366 1,7	7 468 488 12,9	22 398 220 38,5	593 065 1,0	2 941 631 5,1	8 884 642 15,3	48 059 128 82,8	58 072 686 100	40,9
Tereny podmokłe	1 530 918 7,1	910 917 4,3			2 441 835 11,4		546 753 2,6		2 845 388 13,3	9 466 686 44,1	1 267 186 5,9	1 670 599 7,8	3 185 612 14,9	18 982 224 88,6	21 424 059 100	15,1
Inne grunty	54 712 1,3	364 214 8,7			418 926 10,0	490 060 11,7	75 722 1,8		761 879 18,2	350 194 8,4	424 020 10,1	272 041 6,5	1 398 419 33,3	3 772 335 90,0	4 191 261 100	2,9

Tabela 29 Miąższość grubizny brutto gruntów pokrytych wieloletnią leśną roślinnością drzewiastą według gatunków panujących oraz kategorii użytkowania LULUCF (2021-2023)

Kategorie użytkowania LULUCF	Gatunki (grupy gatunków) panujące														Ogółem	
	So	Św	Jd	Pozostałe iglaste	Razem iglaste	Bk	Db	Gb	Brz	OI	Tp	Os	Pozostałe liściaste	Razem liściaste		
	m ³ grubizny brutto/%															%
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Ogółem	46 614 713 25,5	4 745 608 2,6	1 052 891 0,6	1 759 996 1,0	54 173 208 29,7	2 360 377 1,3	9 928 645 5,4	2 732 027 1,5	32 907 659 18,0	46 630 292 25,6	2 126 943 1,2	8 020 659 4,4	23 442 010 12,9	128 148 612 70,3	182 321 820 100	100,0
Grunty uprawne	32 861 897 43,5	2 308 914 3,0	254 970 0,3	714 910 0,9	36 140 691 47,7	330 690 0,4	2 967 972 3,9	1 239 825 1,6	18 181 329 24,0	8 100 801 10,7	110 623 0,1	3 054 979 4,0	5 739 327 7,6	39 725 546 52,3	75 866 237 100	41,7
Grunty zurbanizowane	2 599 989 26,4			199 313 2,0	2 799 302 28,4	850 174 8,6	2 335 618 23,6		258 494 2,6	395 645 4,0	545 225 5,5	139 746 1,4	2 556 204 25,9	7 081 106 71,6	9 880 408 100	5,4
Grunty trawiaste	8 537 755 11,8	1 531 327 2,1	797 921 1,1	845 773 1,2	11 712 776 16,2	684 450 0,9	4 350 168 6,0	1 492 202 2,1	10 434 719 14,4	28 332 721 39,0	928 161 1,3	3 096 743 4,3	11 438 021 15,8	60 757 185 83,8	72 469 961 100	39,7
Tereny podmokłe	2 553 549 12,2	600 799 2,9			3 154 348 15,1		240 612 1,1		3 420 235 16,3	9 423 968 44,9	178 605 0,9	1 540 817 7,4	3 001 136 14,3	17 805 373 84,9	20 959 721 100	11,5
Inne grunty	61 523 2,0	304 568 9,7			366 091 11,7	495 063 15,7	34 275 1,1		612 882 19,5	377 157 12,0	364 329 11,6	188 374 6,0	707 322 22,4	2 779 402 88,3	3 145 493 100	1,7

Tabela 30 Średni wiek i średnia miąższość grubizny brutto gruntów pokrytych wieloletnią leśną roślinnością drzewiastą według gatunków panujących oraz kategorii użytkowania LULUCF (2016-2018)

Kategorie użytkowania LULUCF	Gatunki (grupy gatunków) panujące														Ogółem
	So	Św	Jd	Pozostałe iglaste	Razem iglaste	Bk	Db	Gb	Brz	Ol	Tp	Os	Pozostałe liściaste	Razem liściaste	
	lata/m ³ grubizny brutto/ha														
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Ogółem	24 132,5	34 198,2	21 83,8	22 190,1	25 138,7	54 323,9	49 184,4	33 138,6	27 110,3	38 229,5	54 337,7	30 181,3	37 175,9	34 172,2	31 161,1
Grunty uprawne	20 123,4	22 160,6	14 13,3	20 142,5	20 124,5	32 171,6	30 85,4	36 172,5	22 86,2	29 177,0	14 55,1	25 135,9	28 110,3	25 105,7	23 114,7
Grunty zurbanizowane	40 153,6				40 153,6	34 675,9	81 301,0	15 7,2	24 144,8	30 122,9	65 333,7	37 207,5	46 274,0	47 256,9	45 229,0
Grunty trawiaste	31 166,0	38 180,1	29 161,4	24 230,8	32 172,1	46 196,1	57 253,4	32 128,4	32 146,3	38 241,3	47 263,6	28 175,7	43 205,8	38 206,1	37 199,3
Tereny podmokłe	37 151,1	54 426,7			40 199,0		55 163,1	5	40 137,6	44 240,6	82 734,6	41 257,6	35 146,4	42 202,7	41 202,3
Inne grunty	20 46,6	88 310,5			54 178,5	110 834,9	22 64,5		61 279,0	53 320,7	85 361,5	35 463,4	33 308,4	49 317,6	50 294,6

Tabela 31 Średni wiek i średnia miąższość grubizny brutto gruntów pokrytych wieloletnią leśną roślinnością drzewiastą według gatunków panujących oraz kategorii użytkowania LULUCF (2021-2023)

Kategorie użytkowania LULUCF	Gatunki (grupy gatunków) panujące														Ogółem
	So	Św	Jd	Pozostałe iglaste	Razem iglaste	Bk	Db	Gb	Brz	Ol	Tp	Os	Pozostałe liściaste	Razem liściaste	
	lata/m ³ grubizny brutto/ha														
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Ogółem	30 168,1	38 202,2	58 227,8	27 219,0	31 172,8	66 338,8	61 239,6	37 157,8	30 130,4	42 247,5	59 351,4	31 187,1	39 176,4	38 186,2	36 182,0
Grunty uprawne	25 159,2	27 179,0	40 214,3	24 164,9	25 160,8	41 150,9	48 169,0	34 155,0	25 113,8	35 212,0	45 185,9	28 170,2	32 125,6	29 137,0	28 147,4
Grunty zurbanizowane	59 289,0			31 212,0	56 281,7	130 732,9	85 420,7		20 126,0	39 165,1	70 429,3	34 84,8	44 190,8	54 257,8	55 264,1
Grunty trawiaste	39 187,1	43 193,4	65 232,6	29 306,3	41 196,1	48 224,8	69 281,9	40 160,3	37 168,3	43 266,1	50 285,3	32 176,4	47 224,6	43 226,7	43 221,1
Tereny podmokłe	44 165,1	60 395,8			45 185,7		50 94,4		42 135,2	48 237,7	45 489,3	40 299,9	39 188,5	44 200,2	44 197,9
Inne grunty	22 73,8	102 267,2			68 185,5	130 868,5	45 98,5		56 190,2	46 231,1	110 639,2	45 330,5	29 102,2	46 200,9	49 199,0

Tabela 32 Średnia roczna zmiana miąższości grubizny brutto gruntów pokrytych wieloletnią leśną roślinnością drzewiastą według gatunków panujących oraz kategorii użytkowania LULUCF (2016-2018 i 2021-2023)

Kategorie użytkowania LULUCF	Gatunki (grupy gatunków) panujące														Ogółem
	So	Św	Jd	Pozostałe iglaste	Razem iglaste	Bk	Db	Gb	Brz	OI	Tp	Os	Pozostałe liściaste	Razem liściaste	
	m ³ grubizny brutto/ha														
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Ogółem	7,12	0,80	28,80	5,78	6,82	2,98	11,04	3,84	4,02	3,60	2,74	1,16	0,10	2,80	4,18
Grunty uprawne	7,16	3,68	40,20	4,48	7,26	-4,14	16,72	-3,50	5,52	7,00	26,16	6,86	3,06	6,26	6,54
Grunty zurbanizowane	27,08	0,00	0,00	42,40	25,62	11,40	23,94	-1,44	-3,76	8,44	19,12	-24,54	-16,64	0,18	7,02
Grunty trawiaste	4,22	2,66	14,24	15,10	4,80	5,74	5,70	6,38	4,40	4,96	4,34	0,14	3,76	4,12	4,36
Tereny podmokłe	2,80	-6,18	0,00	0,00	-2,66	0,00	-13,74	0,00	-0,48	-0,58	-49,06	8,46	8,42	-0,50	-0,88
Inne grunty	5,44	-8,66	0,00	0,00	1,40	6,72	6,80	0,00	-17,76	-17,92	55,54	-26,58	-41,24	-23,34	-19,12

Tabela 33 Zmiana miąższości grubizny brutto gruntów pokrytych wieloletnią leśną roślinnością drzewiastą według gatunków panujących oraz kategorii użytkowania LULUCF (2016-2018 i 2021-2023)

Formy własności	Gatunki (grupy gatunków) panujące														Ogółem
	So	Św	Jd	Pozostałe iglaste	Razem iglaste	Bk	Db	Gb	Brz	OI	Tp	Os	Pozostałe liściaste	Razem liściaste	
	m ³ grubizny brutto/%														
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Ogółem	1 813 250	19 795	131 645	38 553	1 982 267	20 306	462 201	51 318	813 154	580 486	22 997	45 053	11 855	1 655 777	3 686 777
Grunty uprawne	1 360 006	43 913	96 279	13 780	1 505 354	-7 899	259 093	-18 025	685 871	175 000	50 044	91 979	113 349	1 403 298	2 822 128
Grunty zurbanizowane	284 530	0	0	0	269 189	13 874	121 615	-959	-13 367	25 143	25 468	-39 583	-200 346	5 127	273 703
Grunty trawiaste	181 080	25 278	30 986	54 269	279 278	16 606	95 549	47 633	224 655	460 432	9 765	2 345	162 349	960 718	1 270 360
Tereny podmokłe	28 375	-13 194	0	0	-32 636	0	-46 070	0	-9 927	-22 821	-84 629	54 855	183 177	-46 818	-93 196
Inne grunty	6 387	-10 158	0	0	3 286	3 945	7 983	0	-48 503	-19 569	65 148	-15 602	-187 023	-277 256	-272 001

7.7. Podsumowanie

Wykorzystanie w pierwszej kolejności danych WISL do oceny powierzchni oraz cech taksacyjnych gruntów pokrytych wieloletnią leśną roślinnością drzewiastą wg kategorii użytkowania jest możliwe i daje wiarygodne wyniki. Do obliczeń potencjalnej wielkości węgla akumulowanego przez drzewa obszarów pokrytych wieloletnią leśną roślinnością drzewiastą należy w pierwszej kolejności przyjąć powierzchnie spełniające kryteria uznania za las zgodnie z ustawą o lasach, m.in. ze względu na zwiększone prawdopodobieństwo utrzymania tych obszarów z pokryciem koronami drzew w kolejnych latach. W oparciu o dane WISL z okresu 2016-2018 możliwe było oszacowanie średniorocznej zmiany zasobów drzewnych gruntów pokrytych wieloletnią leśną roślinnością drzewiastą w nieleśnych” kategoriach użytkowania w wielkości około **3,7 mlnm³**.

- Możliwe jest oszacowanie powierzchni gruntów pokrytych wieloletnią leśną roślinnością drzewiastą w nieleśnych” kategoriach użytkowania w zależności od form użytkowania terenu na podstawie danych teledetekcyjnych oraz innych dostępnych danych przestrzennych.
- Dokładność analiz zależy od wykorzystywanych danych (rozdzielczości, aktualności, celowości), przyjętej metodyki, skali analizy i danych referencyjnych.
- Uwzględnienie tak dużej powierzchni gruntów pokrytych wieloletnią leśną roślinnością drzewiastą w nieleśnych” kategoriach użytkowania ma bardzo istotne znaczenie z punktu widzenia Polski w kontekście realizowanych obowiązków sprawozdawczych.

8. OPIS WPŁYWU STANU ZDROWOTNEGO LASÓW W POLSCE NA ZMNIEJSZANIE SIĘ PRZYROSTU DRZEW ORAZ ZAGROŻEŃ WYNIKAJĄCYCH Z ZAMIERANIA CAŁYCH DRZEWOSTANÓW

Fiszka określająca wpływ stanu zdrowotnego ekosystemów leśnych w Polsce w kontekście potencjału przyrostu drzewostanów.

Charakterystyka stanu zdrowotnego drzewostanów, określenie przewidywanych zmian w zakresie stanu zdrowotnego ekosystemów leśnych, identyfikacja czynników wpływających na potencjał przyrostu drzewostanów oraz powiązanych zasobów węglowych w skali zagregowanej.

Opracowano na podstawie:

- Kompleksowy program przeciwdziałania procesom zamierania lasów w Polsce oraz działania mitygacyjne w perspektywie do 2030 roku (nieopublikowany)
- Raporty o stanie lasów 2015-2024
- Krótkoterminowe prognozy ... 2016-2025
- Zagrożenia środowiska leśnego i ochrona ekosystemów leśnych (diagnoza sytuacji, stan obecny i trendy) (nieopublikowana ekspertyza)
- Materiały ZSL 2022

8.1. Wstęp

Obserwowane od szeregu lat globalne zmiany klimatyczne i związane z nimi anomalie pogodowe są główną przyczyną aktywizacji procesów chorobowych w lasach. Szczególnie istotne znaczenie, w tym kontekście ma ostatnie 10 lat (2015-2024), w których nasiliły się szkody powstające w wyniku oddziaływania czynników abiotycznych i antropogenicznych (susza, wysokie temperatury powietrza, silne wiatry, eutrofizacja, czyli zwiększona depozycja związków azotu w glebie, „porolność” gruntów zalesionych) i biotycznych (szkodniki owadzie, choroby infekcyjne, inne organizmy). Pełnią one różną rolę w zachodzących procesach

chorobowych. Zmiany klimatyczne i „porolność” gruntów zalesionych to tak zwane czynniki predysponujące, zwiększające podatność lasu na czynniki szkodliwe. Abiotyczne i antropogeniczne to czynniki inicjujące, a foliofagi, patogeny i inne organizmy (np. jemiola) to czynniki współuczestniczące. Owady kambio- i ksylofagiczne (żywiące się drewnem i łykiem drzew) to również czynniki współuczestniczące, powodujące zamieranie osłabionych drzew (cyt. Kompleksowy program przeciwdziałania procesom zamierania lasów w Polsce oraz działania mitygacyjne w perspektywie do 2030 roku).

W przebiegu wielu zjawisk przyrodniczych istotną rolę odgrywają warunki meteorologiczne i geologiczne, rzeźba terenu czy też dostępność wody. Wpływ tych czynników nie jest w pełni rozpoznany. Mogą one oddziaływać zarówno na wzrost i kondycję pojedynczych drzew, jak i całych drzewostanów, a także wywierać wpływ na biologię i ekologię szkodników owadzych i patogenów. Zmiany klimatu w naszej szerokości geograficznej wyostrzają kontrasty pogodowe, np. po okresach suszy przychodzą nawałnice, a następnie znowu pojawiają się okresy suche; ciepłe zimy przeplatają się z chłodnymi wiosnami. W ciągu ostatnich trzydziestu lat częstotliwość ekstremów pogodowych wzrosła o połowę. Konsekwencją zmian klimatycznych jest niezaprzeczalnie zwiększenie częstotliwości i skali występowania ekstremalnych zaburzeń układu czynników biotycznych i abiotycznych w ekosystemach leśnych w całej Europie (cyt. Raport o stanie lasów).

8.2. Klimat

Rok 2024 zapisze się w historii jako jeden z najbardziej ekstremalnych pod względem warunków pogodowych. Zjawiska atmosferyczne o niespotykanej dotąd skali dotknęły niemal każdy zakątek globu, powodując liczne ofiary śmiertelne oraz ogromne straty materialne.

Był to najcieplejszy rok w wieloletnim zestawieniu globalnych temperatur sięgającym 1850 roku. Średnia globalna temperatura powierzchni Ziemi wyniosła 15,10°C, co było o 0,12°C więcej niż poprzednia najwyższa roczna wartość odnotowana w 2023 r. Według danych amerykańskiej Narodowej Administracji ds. Oceanu i Atmosfery (NOAA), globalna średnia temperatura powierzchni Ziemi w okresie od stycznia do listopada była o 1,28°C wyższa od średniej sprzed epoki przemysłowej (tj. lat 1850 – 1900). W Europie rok 2024 był najcieplejszym rokiem w historii pomiarów, ze średnią temperaturą wynoszącą 10,69°C, czyli o 0,28°C wyższą niż w dotychczas najcieplejszym roku 2020. Temperatura w 2024 r. była o

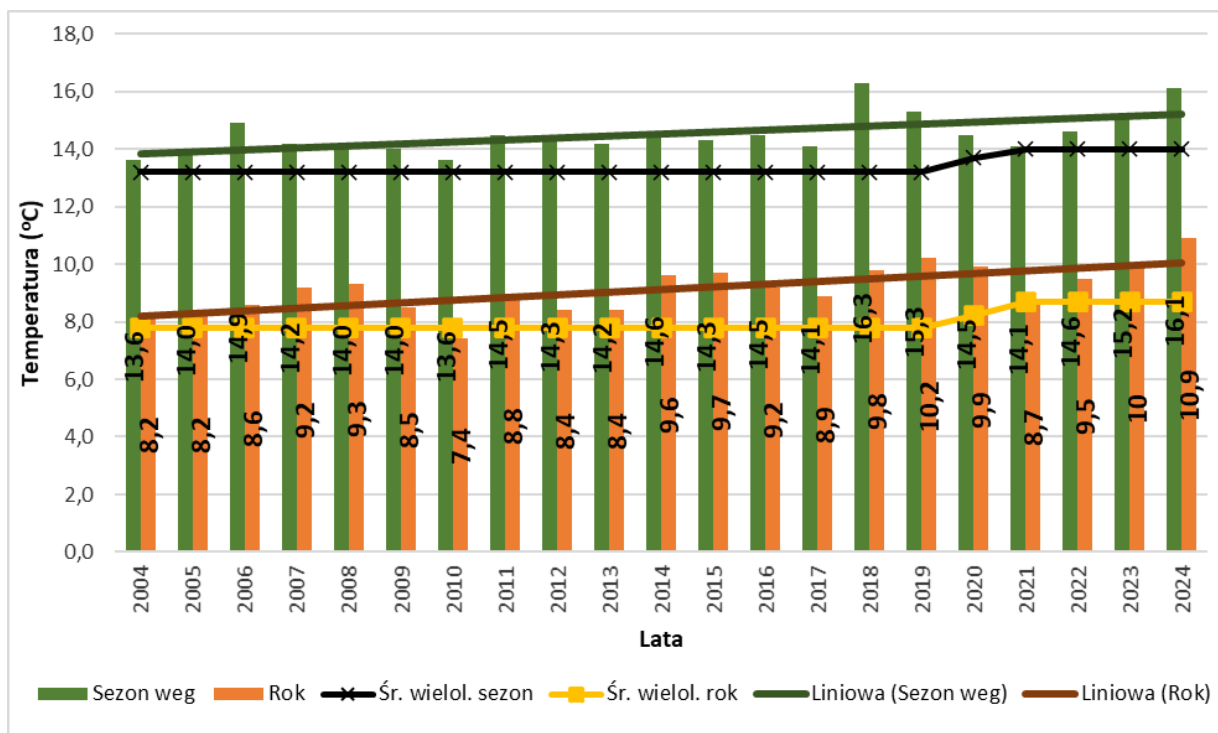
1,47°C wyższa od średniej z okresu referencyjnego 1991–2020 i o 2,92°C wyższa od poziomu z lat 1850–1900.

2024 rok przyniósł także katastrofalne powodzie. W kwietniu w Dubaju spadło 160 mm deszczu w kilka godzin, co doprowadziło do powodzi błyskawicznej. Były to rekordowe opady od 1949 r. Żywiół dotknął także inne kraje Zatoki Perskiej, powodując śmierć 46 osób.

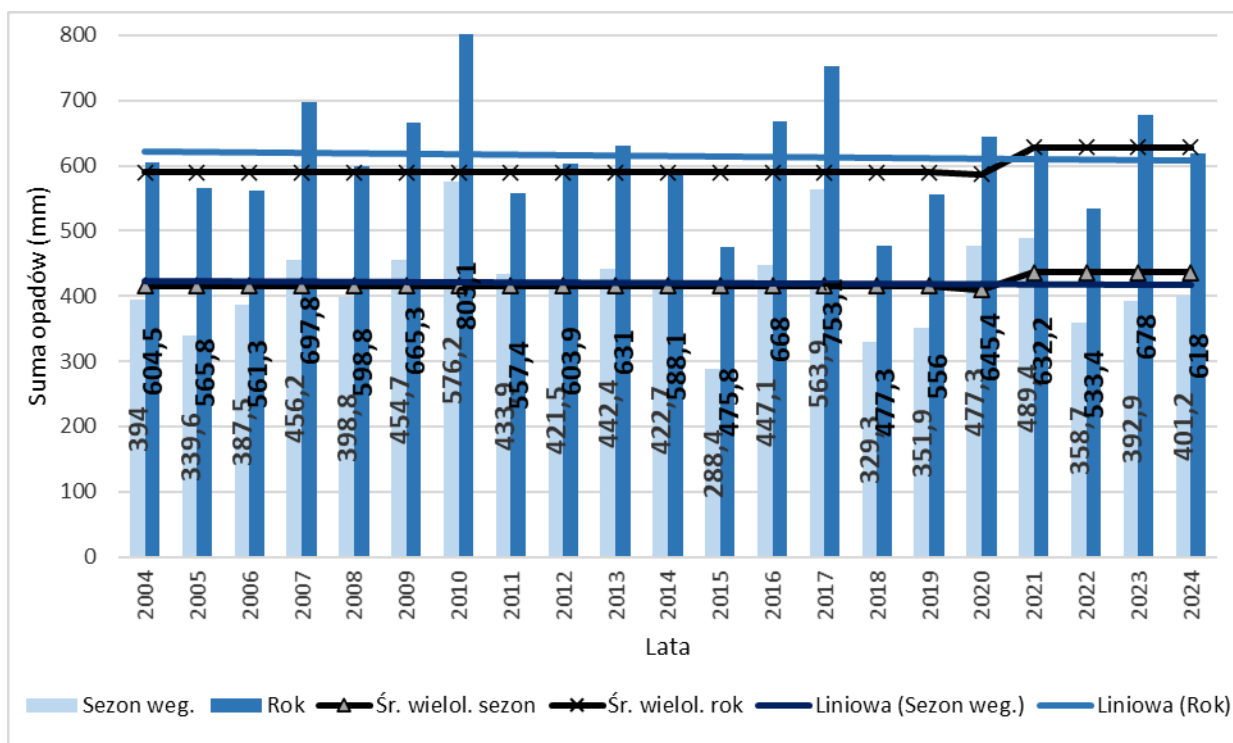
Również Europa zmagająca się z wyjątkowo intensywnymi opadami. We wrześniu niż genueński Borys doprowadził do jednej z największych powodzi w historii Europy Środkowej. Powódź ta pochłonęła 26 ofiar śmiertelnych i spowodowała rozległe starty w infrastrukturze. W Hiszpanii z kolei październikowe ulewy ustanowiły nowy rekord – w niektórych rejonach zanotowano opady na poziomie 782 mm, z czego 184 mm w ciągu zaledwie jednej godziny. (Krótkoterminowa prognoza ... 2025).

W Polsce warunki termiczne zmieniały się z roku na rok od początku drugiej dekady XX w. Do połowy lat 80. ubiegłego wieku warunki termiczne w poszczególnych latach były klasyfikowane w grupie warunków zimnych i chłodnych. Od drugiej połowy lat 80. coraz częściej występowały warunki opisywane jako normalne lub cieplejsze. Ostatnia dekada to okres występowania warunków od bardzo ciepłych po ekstremalnie ciepłe, a rok 2024 nie odbiegał od tego trendu.

Według klasyfikacji termicznej Miętusa i in. (2002), ubiegły rok podobnie jak 2023 został oceniony jako „ekstremalnie ciepły”. Był to najcieplejszy rok w historii pomiarów w Polsce. Średnia obszarowa temperatura powietrza wyniosła 10,9°C i była wyższa aż 2,2°C od średniej rocznej wieloletniej wartości temperatury dla klimatologicznego okresu normalnego z lat 1991–2020 (Rysunek 6). Najwyższe temperatury odnotowano we Wrocławiu (średnia roczna temperatura wyniosła 12,1°C), w Legnicy (11,8°C) i w Opolu (11,8°C), natomiast najniższe w Zakopanem (8,5°C), Suwałkach (9,6°C) oraz Elblągu (9,8°C). Podobnie jak w okresie wieloletnim, również w ubiegłym roku najwyższe średnie wartości temperatury powietrza wystąpiły w południowo-zachodniej i zachodniej części Polski i malały w kierunku północno-wschodnim i północnym. (Krótkoterminowa prognoza ... 2025).



Rysunek 5 Średnia temperatura powietrza (rok i sezon wegetacyjny) w latach 2004-2024 i linia trendu



Rysunek 6 Suma opadów atmosferycznych (rok i sezon wegetacyjny) w latach 2004–2024 i linia trendu

Pod względem opadowym, rok 2024 został oceniony jako normalny (według klasyfikacji Kaczorowskiej, 1962). Roczne opady w skali kraju stanowiły 98,3% wartości normy

wieloletniej (Rysunek 6). Średnia obszarowa suma opadów wyniosła 618 mm. Według klasyfikacji rangowej średniej obszarowej sumy opadów, obejmującej okres od 1951 r., ubiegły rok plasuje się na 38. pozycji. Najbardziej zasobny w opady był 2010 r. (ze średnią obszarową sumą opadów 804,1 mm, co stanowiło 132% normy), najmniej – 1982 r. (z sumą zaledwie 422,6 mm, 69% normy).

Opady w roku 2024 cechowało silne zróżnicowanie przestrzenne. Według klasyfikacji Kaczorowskiej, oceniającej niedobór lub nadmiar opadów w stosunku do normy wieloletniej, ubiegły rok w przeważającej części kraju został sklasyfikowany jako normalny, miejscami na Podkarpaciu i Opolszczyźnie jako suchy, a na Podlasiu nawet jako bardzo suchy, natomiast w zachodniej części kraju lokalnie jako wilgotny, a także bardzo wilgotny (Rysunek 6).

W wartościach bezwzględnych roczna suma opadów w 2024 r. wyniosła od 444 mm do blisko 1570 mm; najwyższe wartości odnotowano w Tatrach (Hala Gąsienicowa), najniższe w Płocku. Opady w 2024 r. zawierały się w przedziale 72–128% normy wieloletniej (1991–2020).

Przebieg sum opadów w poszczególnych miesiącach był zróżnicowany zarówno przestrzennie jak i czasowo. Najbardziej widoczne było to we wrześniu, gdy niż geneueński Borys doprowadził do jednej z największych powodzi w historii Polski. W ciągu trzech dni na Dolnym Śląsku i Opolszczyźnie spadło ponad 400 mm deszczu. Jednocześnie, gdy jedna część Polski zmagiała się ze skutkami nadmiernych opadów, to na wschodzie i północnym wschodzie kraju pojawiła się dotkliwa susza. Z jej powodu 9 września poziom Wisły w Warszawie obniżył się do 20 cm, ustanawiając rekord. (Krótkoterminowa prognoza ... 2025).

8.3. Porolność

Porolność gruntu, na którym wzrasta nowe pokolenie lasu, jest istotnym czynnikiem antropogenicznym uruchamiającym wieloczynnikowe procesy chorobowe. Cecha ta (porolność) nabiera szczególnie istotnego znaczenia w kontekście obserwowanych zmian klimatycznych.

Szacuje się, że ok. 23% (tj. ok. 2,1 mln ha) drzewostanów rośnie na gruntach porolnych. Wielkości te można uznać za zaniżone, gdyż odnoszą się w zasadzie do gruntów zalesionych po II wojnie światowej. Zakładając, że wieloczynnikowe zamieranie dotknie w pierwszej

kolejności drzewostany rosnące na tzw. terenach trudnych, do których niewątpliwie należą grunty porolne, można przewidzieć możliwy rozmiar tego zjawiska w przyszłości.

Pierwsze pokolenie lasu na gruntach porolnych wzrasta w warunkach permanentnego stresu. Dzieje się tak dlatego, gdyż oprócz całej gamy biotycznych i abiotycznych czynników szkodliwych charakterystycznych dla terenów leśnych istotny wpływ na kondycję drzewostanów ma również stan gleb wcześniej użytkowanych rolniczo. Są to zazwyczaj gleby wielokrotnie nawożone i orane na tej samej głębokości, a ich skład fizykochemiczny i mikrobiologiczny znacznie odbiega od składu i struktury gleb leśnych.

Biorąc pod uwagę specyficzny charakter gleb porolnych, szczególnego znaczenia w ich przypadku nabierają również czynniki współuczestniczące. Niewątpliwie największym problemem w drzewostanach rosnących na gruntach porolnych są patogeny systemów korzeniowych, przede wszystkim huba korzeni. Obecnie, z uwagi na niemal całkowite wstrzymanie zalesień, problem szkód powodowanych przez tego patogena dotyczy głównie starszych drzewostanów sosnowych podlegających jednocześnie silnej presji ze strony suszy i wiatru (cyt. Kompleksowy program przeciwdziałania procesom zamierania lasów w Polsce oraz działania mitygujące w perspektywie do 2030 roku).

8.4. Susza i wiatr

Średnia powierzchnia lasów zarządzanych przez LP osłabianych/uszkodzonych rokrocznie przez czynniki abiotyczne w latach 2015-2024 osiągnęła poziom 29 tys. ha rocznie (1,2% lasów zarządzanych przez LP). Do czynników abiotycznych o charakterze kłęskowym, mających największy wpływ na poziom uszkodzeń drzewostanów w omawianym 10-leciu można zaliczyć przede wszystkim silną suszę (średnio 41 tys. ha rocznie) i silne wiatry (średnio 38 tys. ha rocznie). Najsilniej obciążona szkodami abiotycznymi była południowa, zachodnia i centralna część Polski. Największy areał uszkodzonych rokrocznie drzewostanów odnotowano na terenie RDLP we Wrocławiu – średnio 7 tys. ha rocznie. Również na terenie RDLP w Katowicach rejestrowano objawy osłabienia/uszkodzenia przez czynniki abiotyczne na średniej powierzchni 5,8 tys. ha rocznie. Na terenie RDLP w Poznaniu odnotowano średnio rocznie 3 tys. ha lasów uszkodzonych głównie przez suszę i wiatr. Podczas sierpniowego huraganu z 2017 r. jednorazowo zostało zniszczonych lub poważnie uszkodzonych ponad 33 tys. ha lasów. Również na terenie RDLP w Toruniu powierzchnia drzewostanów

uszkodzonych przez czynniki abiotyczne osiągnęła średnio roczny poziom 2,7 tys. ha. Dominowały szkody spowodowane przez wiatr i suszę.

Tabela 34 Średnia powierzchnia lasów zarządzanych przez LP osłabianych/uszkodzonych rokrocznie przez czynniki abiotyczne w latach 2015-2024

RDLP	2015			2016			2017			2018			2019			2020			2021			2022			2023			2024			średni a z lat 2015- 2024
	susza	wiatr	pozostale	susza	wiatr	pozostale	susza	wiatr	pozostale	susza	wiatr	pozostale	susza	wiatr	pozostale	susza	wiatr	pozostale	susza	wiatr	pozostale	susza	wiatr	pozostale	susza	wiatr	pozostale	susza	wiatr	pozostale	
Białystok	93	887	26	318	2 503	6	368	1 050	54	240	722	17	1 993	270	45	33	329	15	33	1 097	37	83	10 858	26	1 752	1 905	35	72	1210	62	871
Gdańsk	134	790	14	23	71	10	4	11 717	228	12	279	9	229	19	34	503	31	802	177	21	54	165	303	146	163	333	93	97	245	44	592
Katowice	14 466	1 032	1 744	16 821	4 963	1 755	10 994	1 610	110	15 533	45	1 607	11 708	31 033	2 166	14 675	49	112	629	403	640	7 942	265	174	1 931	9 808	1 724	3807	861	2627	5 874
Kraków	26	20	32	43	343	10	0	377	14	5	132	17	46	648	115	1	9	890	2	95	0	7	412	0	73	73	55	2	149	107	123
Krosno	162	668	12	191	4	9	28	36	228	9	21	3	359	7	742	34	302	344	45	1	74	12	1	16	62	145	268	40	126	86	134
Lublin	598	181	380	2 776	288	77	119	1 651	107	61	117	38	386	476	81	74	600	255	127	399	30	55	584	1 778	603	765	772	109	808	327	487
Łódź	71	714	44	1 478	3 764	37	427	6 381	117	328	95	40	718	73	88	620	673	87	266	4 218	148	194	2 513	24	1 836	2 834	80	1011	520	60	982
Olsztyn	60	356	25	49	70	3	723	47	24	236	35	9	99	98	119	289	230	450	216	909	3	42	2 747	0	642	822	11	128	671	17	304
Piła	9	4	19	26	424	6	81	20	3	110	4	25	416	33	120	1 654	42	70	1 392	8	26	339	11 998	0	2 363	2 480	8	237	640	39	753
Poznań	1 034	2 563	51	11 009	297	190	4 249	6 699	3	1 712	6 723	18	5 385	39	164	7 476	91	155	9 695	1 095	36	446	5 174	2	307	12 368	26	3810	198	591	3 087
Radom	355	91	39	617	281	8	2 825	546	82	2 006	304	1 213	741	38	826	6 118	59	62	121	218	12	98	2 210	10 438	34	68	163	47	2346	3154	1 171
Szczecin	616	4 288	1 719	747	364	17	1 016	3 240	110	1 497	4 452	63	2 173	58	246	3 838	123	399	2 813	112	88	920	21 196	22	1 773	4 089	27	1658	259	370	1 943
Szczecinek	53	60	13	44	27	24	127	2 060	2	168	4 895	24	159	419	82	2 159	14	47	424	21	100	273	19 338	70	4 353	5 006	101	589	1570	403	1 421
Toruń	1 295	1 418	132	3 742	771	10	4 382	889	2	1 153	540	27	5 142	30	278	4 105	34	430	2 236	3 409	228	1 628	10 043	92	240	2 392	83	2162	524	153	2 719
Warszawa	637	17	82	873	356	37	435	259	1 247	583	47	28	599	35	66	2 452	468	57	206	166	19	210	1 316	372	84	286	54	241	478	85	393
Wrocław	6 092	3 539	136	35 951	666	103	484	580	53	871	551	99	999	9 020	5 563	122	7 644	840	6 042	5 201	125	3 765	4 862	117	2 491	5 641	2 699	8019	2698	9603	7 352
Zielona Góra	41	629	27	560	69	20	167	8 735	19	1 018	396	33	1 333	5	187	3 274	29	16	183	89	25	2 088	2 345	2	118	242	16	550	42	306	752
RAZEM	25 741	17 256	5 494	75 266	15 261	2 323	38 429	89 896	3 403	43 543	29 357	3 272	62 482	42 299	10 922	62 427	727	031	606	462	647	267	164	279	825	256	215	9	1334	1803	28 960

Tabela 35 Udział powierzchni lasów zarządzanych przez LP osłabianych/uszkodzonych rocznie przez czynniki abiotyczne w latach 2015-2024

RDLP	% powierzchni leśnej										
	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	średnia z lat 2015-2024
Białystok	0,2	0,5	0,3	0,2	0,4	0,1	0,2	1,9	0,3	0,2	0,4
Gdańsk	0,3	0,0	4,2	0,1	0,1	0,8	0,1	0,2	0,1	0,1	0,6
Katowice	2,9	3,9	2,3	2,9	7,5	2,8	2,3	1,4	1,6	0,8	2,8
Kraków	0,0	0,2	0,2	0,1	0,5	0,5	0,1	0,2	0,0	0,1	0,2
Krosno	0,2	0,1	0,1	0,0	0,3	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1
Lublin	0,3	0,8	0,5	0,1	0,2	0,2	0,1	0,6	0,2	0,2	0,3
Łódź	0,3	1,9	2,4	0,2	0,3	0,5	1,6	1,0	1,0	0,5	1,0
Olsztyn	0,1	0,0	0,1	0,0	0,1	0,2	0,2	0,5	0,1	0,1	0,1
Piła	0,0	0,1	0,0	0,0	0,2	0,5	0,4	3,6	0,7	0,3	0,6
Poznań	0,9	2,8	2,7	2,1	1,4	1,9	2,7	4,1	3,0	1,0	2,2
Radom	0,2	0,3	1,1	1,1	0,5	2,0	0,1	4,1	0,0	0,8	1,0
Szczecin	1,0	0,2	0,7	0,9	0,4	0,7	0,5	3,5	0,6	0,3	0,9
Szczecinek	0,0	0,0	0,4	0,9	0,1	0,4	0,1	3,4	0,9	0,4	0,7
Toruń	0,9	1,1	9,1	0,4	1,3	1,1	1,4	2,8	0,6	0,6	1,9
Warszawa	0,4	0,7	1,1	0,4	0,4	1,6	0,2	1,0	0,2	0,4	0,6
Wrocław	1,9	7,0	4,6	5,6	8,7	4,5	2,2	1,7	1,1	2,0	3,9
Zielona Góra	0,2	0,2	2,1	0,3	0,4	0,8	0,1	1,0	0,1	0,1	0,5
RAZEM	0,7	1,3	1,9	1,1	1,6	1,1	0,8	1,9	0,7	0,5	1,2

Należy w tym miejscu podkreślić, że prezentowane powyżej dane dotyczące suszy odnoszą się wyłącznie do drzewostanów z widocznymi objawami uszkodzenia przez ten czynnik abiotyczny. Dane dotyczące m.in. Klimatycznego Bilansu Wodnego wskazują na wysokie prawdopodobieństwo występowania w lasach stresu wodnego spowodowanego przez suszę na powierzchni wielokrotnie większej.

8.5. Owady, grzyby i jemiola

W okresie 2015-2024 widoczna była stała presja czynników biotycznych na lasy. O ile w 2015 r. ich istotny wpływ na kondycję lasów zarządzanych przez LP obserwowano tylko na niespełna 6% lasów, to już 2019 r. wzmożone występowanie owadów, grzybów i jemioly stwierdzono na ponad 10% lasów. W 2020 r. udział lasów zarządzanych przez LP pod presją czynników biotycznych nieznacznie spadł do 8%, następnie w latach 2021-2024 osiągnął poziom 5,5-6,5% (Tabela 36, Tabela 37).

Tabela 36 Powierzchnia lasów zarządzanych przez LP pod presją czynników biotycznych

RDLP	zwalczanie		występowanie		RAZEM
	szkodniki pierzwiotne	kambiofagi	patogeny systemów korzeniowych	jemiola	
2015					
Białystok	1 040	534	1 623	0	3 196
Gdańsk	124	3 566	7 899	0	11 588
Katowice	1 443	8 245	30 599	0	40 287
Kraków	677	711	1 011	187	2 585
Krosno	2 228	29	633	10	2 901
Lublin	30 287	10	3 603	0	33 901
Łódź	16 855	54	1 498	0	18 407
Olsztyn	284	0	703	0	987
Piła	159	8 370	3 809	0	12 338
Poznań	1 624	91	838	0	2 553
Radom	23 521	10	4 211	0	27 742
Szczecin	352	406	8 448	0	9 207
Szczecinek	881	6 354	16 046	0	23 280
Toruń	1 586	5 717	17 825	0	25 128
Warszawa	917	347	5 781	0	7 045
Wrocław	3 000	350	32 269	0	35 618
Zielona Góra	1 057	37	309	0	1 402
RAZEM	86 034	34 830	137 103	197	258 164
2016					
Białystok	886	895	1 575	0	3 357
Gdańsk	447	6 328	7 765	0	14 540
Katowice	958	15 382	32 579	0	48 919
Kraków	220	1 259	726	295	2 499
Krosno	796	28	581	15	1 419
Lublin	907	1 710	7 878	0	10 495
Łódź	543	947	1 383	0	2 873
Olsztyn	172	5	401	0	578
Piła	534	2 927	7 069	0	10 529
Poznań	3 523	1 244	717	0	5 484
Radom	762	119	4 202	0	5 084
Szczecin	967	432	8 179	0	9 578
Szczecinek	406	5 529	17 504	0	23 439
Toruń	1 899	15 078	17 303	0	34 280
Warszawa	5 590	829	1 879	0	8 298
Wrocław	9 048	33 688	39 165	0	81 901
Zielona Góra	92	87	180	0	359
RAZEM	27 750	86 487	149 084	310	263 632
2017					

Białystok	670	502	998	0	2 170
Gdańsk	7 265	3 836	6 985	0	18 086
Katowice	445	13 669	31 360	0	45 474
Kraków	1 291	968	712	198	3 170
Krosno	1 542	55	815	8	2 419
Lublin	6 964	4 425	2 490	0	13 880
Łódź	232	961	630	382	2 205
Olsztyn	144	28	353	0	525
Piła	13 753	1 403	7 845	0	23 002
Poznań	3 743	766	1 132	0	5 640
Radom	13 047	33	2 302	697	16 079
Szczecin	2 717	226	7 369	9	10 321
Szczecinek	11 475	502	16 932	0	28 909
Toruń	13 825	12 760	15 709	8	42 302
Warszawa	597	134	4 270	96	5 096
Wrocław	6 248	142	43 716	0	50 106
Zielona Góra	12 570	78	213	0	12 861
RAZEM	96 529	40 487	143 830	1 398	282 244
2018					
Białystok	2 023	516	983	0	3 521
Gdańsk	10 984	3 396	5 410	0	19 790
Katowice	2 679	11 273	26 432	7 567	47 951
Kraków	1 383	1 015	662	318	3 378
Krosno	1 766	417	851	10	3 044
Lublin	7 468	7 196	2 668	60	17 393
Łódź	573	269	773	4 536	6 151
Olsztyn	10 319	2	788	0	11 109
Piła	13 662	1 187	7 904	0	22 753
Poznań	35 458	1 298	1 925	144	38 824
Radom	608	1 364	1 864	1 346	5 182
Szczecin	11 581	395	8 444	81	20 500
Szczecinek	3 547	2 804	17 841	0	24 192
Toruń	45 718	9 193	15 356	658	70 925
Warszawa	1 387	963	2 291	486	5 128
Wrocław	46 771	15 134	41 526	7 776	111 207
Zielona Góra	38 003	190	129	1	38 323
RAZEM	233 929	56 613	135 846	22 983	449 370
2019					
Białystok	3 614	483	746	0	4 843
Gdańsk	3 592	5 632	5 546	0	14 769
Katowice	3 404	9 833	26 161	12 591	51 989
Kraków	171	692	734	4 342	5 939
Krosno	24 039	98	874	2 317	27 328
Lublin	61 075	6 141	2 102	16 405	85 724
Łódź	7 807	733	427	9 510	18 477

Olsztyn	11 926	146	639	43	12 753
Piła	6 957	1 152	8 371	194	16 673
Poznań	22 590	5 632	2 027	17 360	47 608
Radom	38 900	425	2 042	14 250	55 616
Szczecin	2 567	2 816	8 537	7 990	21 910
Szczecinek	1 975	2 614	18 860	0	23 449
Toruń	14 441	16 449	15 526	2 538	48 954
Warszawa	4 217	829	1 719	5 206	11 971
Wrocław	2 949	23 811	55 620	23 741	106 121
Zielona Góra	17 896	1 982	43	6 313	26 233
RAZEM	228 119	79 466	149 971	122 800	580 356
2020					
Białystok	6 889	554	874	0	8 318
Gdańsk	189	5 714	5 382	0	11 285
Katowice	2 228	11 835	23 280	10 344	47 687
Kraków	78	486	741	4 884	6 188
Krosno	340	44	945	2 408	3 737
Lublin	2 191	1 969	2 235	15 798	22 192
Łódź	1 619	231	517	9 413	11 779
Olsztyn	209	122	529	0	861
Piła	1 623	1 322	8 490	278	11 712
Poznań	14 815	8 089	2 051	20 383	45 338
Radom	290	322	2 007	20 112	22 731
Szczecin	1 361	4 816	8 692	5 224	20 092
Szczecinek	263	5 172	19 136	0	24 571
Toruń	526	20 207	15 880	4 039	40 652
Warszawa	7 221	527	2 005	11 244	20 997
Wrocław	8 883	22 839	58 746	22 399	112 867
Zielona Góra	1 539	1 834	3	225	3 600
RAZEM	50 264	86 082	151 512	126 749	414 608
2021					
Białystok	464	378	1 018	4	1 864
Gdańsk	438	3 355	4 611	0	8 404
Katowice	3 145	11 459	21 964	10 661	47 228
Kraków	491	409	754	5 061	6 715
Krosno	295	111	950	2 481	3 837
Lublin	971	1 013	2 211	16 259	20 455
Łódź	1 668	107	347	15 241	17 363
Olsztyn	129	11	370	10	519
Piła	45	991	8 579	302	9 918
Poznań	22 234	6 192	2 486	24 599	55 511
Radom	14 547	95	1 791	15 156	31 589
Szczecin	362	2 653	8 746	4 820	16 582
Szczecinek	163	4 497	19 852	0	24 512
Toruń	1 661	10 215	13 118	6 142	31 136

Warszawa	5 486	256	1 948	12 610	20 300
Wrocław	6 237	7 333	51 126	20 767	85 463
Zielona Góra	8 512	1 665	41	629	10 847
RAZEM	66 848	50 741	139 911	134 741	392 241
2022					
Białystok	5 607	184	861	4	6 656
Gdańsk	17 543	3 373	4 474	0	25 389
Katowice	4 849	9 855	21 613	10 465	46 783
Kraków	313	345	764	5 918	7 340
Krosno	327	72	1 023	6 494	7 915
Lublin	1 766	708	2 142	14 606	19 222
Łódź	1 059	34	268	7 789	9 151
Olsztyn	103	12	167	68	350
Piła	7 084	376	4 587	305	12 351
Poznań	9 750	5 766	2 548	22 885	40 949
Radom	203	333	1 691	13 555	15 782
Szczecin	8 365	1 503	8 934	4 461	23 263
Szczecinek	138	5 183	20 322	0	25 644
Toruń	29 821	7 119	11 838	5 538	54 316
Warszawa	1 557	29	2 472	14 533	18 593
Wrocław	1 363	5 925	48 339	20 671	76 298
Zielona Góra	19 466	747	57	648	20 918
RAZEM	109 316	41 565	132 100	127 939	410 920
2023					
Białystok	4252,97	253,53	479,49	26	5011,99
Gdańsk	16095,07	3527,93	4310,54	0	23933,54
Katowice	5587,07	9120,09	22849,13	12713,7	50269,99
Kraków	47,88	241,91	736,47	6574,94	7601,2
Krosno	13759,4	157,63	997,08	10432,32	25346,43
Lublin	6078,17	459,8	2124,41	15918,15	24580,53
Łódź	54,06	11,04	261,07	7099,04	7425,21
Olsztyn	4909,68	657,3	180,35	0	5747,33
Piła	13624,03	1514,5	3422,39	230,51	18791,43
Poznań	3759,56	6739,37	2427,08	25518,14	38444,15
Radom	4509,21	21,07	1139,92	7690,9	13361,1
Szczecin	5817,12	4876,68	8480,1	5225,42	24399,32
Szczecinek	2139	13911,26	19587,46	0,04	35637,76
Toruń	36513	6986,67	12442,83	5908,97	61851,47
Warszawa	2041,26	51,97	2032,95	14418,47	18544,65
Wrocław	8878,96	4162,42	48993,5	21501,46	83536,34
Zielona Góra	18344,05	792,31	6,69	425,37	19568,42
RAZEM	146410,49	53485,48	130471,46	133683,43	464050,86
2024					
Białystok	217,5	948,51	359,49	18,56	1544,06
Gdańsk	12849,32	3062,37	4450,63	0	20362,32

Katowice	2306,94	9474,31	22950,08	13462,56	48193,89
Kraków	94,49	339,04	695,13	8167,62	9296,28
Krosno	297,44	284,67	1057,16	13673,16	15312,43
Lublin	201,23	788,12	0,7	14575,24	15565,29
Łódź	186,83	121,4	254,26	12977,18	13539,67
Olsztyn	718,35	815,27	149,09	57,5	1740,21
Piła	9590,3	3638,86	4302,43	273,47	17805,06
Poznań	4092,37	5176,38	2472,88	24351,15	36092,78
Radom	1936,18	21,15	1188,1	13494,54	16639,97
Szczecin	2567,45	3229,26	8069,27	3704,27	17570,25
Szczecinek	3877,18	15524,45	22038,87	0	41440,5
Toruń	15890,74	7067,2	11396,47	6073,34	40427,75
Warszawa	1379,99	321,37	2344,02	14886,03	18931,41
Wrocław	8371,81	3035,81	46238,37	24240,39	81886,38
Zielona Góra	16718,84	530,24	41,1	864,7	18154,88
RAZEM	81296,96	54378,41	128008,05	150819,71	414503,13

Tabela 37 Średnia powierzchnia i udział lasów zarządzanych przez LP pod presją czynników biotycznych

RDLP	średnia z lat 2015-2024	% powierzchni leśnej										średnia z lat 2015-2024
		2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	
Białystok	4 048	0,8	0,9	0,6	0,8	1,0	1,6	0,3	1,2	0,9	0,3	0,8
Gdańsk	16 815	6,8	7,8	8,8	8,9	7,1	5,9	3,0	8,9	8,4	7,2	7,3
Katowice	47 478	11,8	13,6	12,8	12,4	13,0	11,8	7,9	7,8	8,4	8,0	10,8
Kraków	5 471	2,1	1,9	2,3	2,4	4,0	4,1	4,0	4,4	4,5	5,5	3,5
Krosno	9 326	0,9	0,5	0,8	1,0	7,0	1,2	1,0	2,0	6,3	3,8	2,4
Lublin	26 341	9,4	4,6	4,1	5,0	22,1	6,1	5,1	4,8	6,2	3,9	7,1
Łódź	10 737	7,0	1,5	1,0	2,4	6,7	4,3	6,1	3,2	2,6	4,8	4,0
Olsztyn	3 517	0,3	0,2	0,2	2,1	2,3	0,2	0,1	0,1	1,0	0,3	0,7
Piła	15 587	4,8	5,2	9,1	9,0	7,4	6,0	2,9	3,6	5,5	5,2	5,9
Poznań	31 644	0,8	1,5	1,7	10,0	12,2	11,6	13,6	10,0	9,4	8,8	8,0
Radom	20 981	10,3	3,0	5,9	2,3	18,6	8,0	10,2	5,1	4,3	5,4	7,3
Szczecin	17 342	2,8	2,8	2,8	4,5	4,7	4,5	2,6	3,6	3,8	2,7	3,5
Szczecinek	27 507	6,9	7,2	8,0	7,4	7,4	7,7	4,3	4,5	6,2	7,3	6,7
Toruń	44 997	10,2	12,2	13,7	20,4	15,3	13,4	7,4	12,9	14,6	9,6	13,0
Warszawa	13 490	7,0	5,5	5,1	4,0	7,4	12,5	11,0	10,1	10,1	10,3	8,3
Wrocław	82 500	12,9	23,0	17,8	29,0	30,7	32,6	16,2	14,5	15,9	15,5	20,8
Zielona Góra	15 227	0,4	0,1	3,1	9,0	6,2	0,8	2,6	4,9	4,6	4,3	3,6
RAZEM	393 009	5,6	5,8	6,0	8,2	10,3	8,0	5,5	5,8	6,5	5,8	6,7

Niewątpliwie największy wzrost znaczenia, w kontekście zaburzeń klimatycznych w ostatnim 10-leciu, dotyczy grupy szkodników wtórnych. Przede wszystkim widoczny jest silny wzrost presji tej grupy owadów na drzewostany sosnowe, świerkowe i dębowe. Wśród głównych przyczyn zaistniałej sytuacji należy wymienić, oprócz trwającej od 2015 r. suszy, coraz częstsze uszkodzenia lasów powodowane przez silne wiatry i okiść stwarzające dogodne warunki do masowego rozmnażania się kambio- i ksylofagów.

W drzewostanach sosnowych, na niespotykaną dotychczas skalę, pojawił się kornik ostrozębny, przyczyniając się do masowego zamierania zasiedlanych sosen. W tym miejscu należy również wspomnieć o całej gamie innych szkodników wtórnych, które coraz liczniej zasiedlają lasy sosnowe w ostatnich latach. Przede wszystkim jest to przyplaszczek granatek powodujący istotne gospodarczo szkody w północnej i zachodniej Polsce. Coraz liczniejsze są również doniesienia z różnych rejonów kraju dotyczące licznego występowania w drzewostanach opanowanych przez kornika ostrozębnego również kornika sześciowębnego, smolika sosnowca, czy też cetyńca mniejszego.

W wyniku silnego stresu wodnego spowodowanego długotrwałą suszą znacząco zwiększyło się zagrożenie świerczyn na południu i północy kraju ze strony kornika drukarza i gatunków towarzyszących. Najwyższe zagrożenie ze strony kornika drukarza w latach 2015-2022 odnotowano na terenie rdLP we Wrocławiu, Katowicach, Szczecinku i Białymstoku (Tabela 36).

W drzewostanach liściastych głównym problemem był niezmiennie opiętek dwupłatkowy. Trwająca od 2015 r. susza i anomalie pogodowe (huragany) spowodowały istotny wzrost zagrożenia drzewostanów dębowych ze strony tego szkodnika oraz towarzyszących mu wyrzynników i rozwiertka istotnie wpływających na jakość pozyskiwanego drewna. Najsilniej zagrożone były dębiny na terenach rdLP: w Poznaniu, Wrocławiu, Toruniu i Katowicach.

Sumaryczna powierzchnia występowania szkodników pierwotnych w latach 2015-2024 przekroczyła 2,0 mln ha. Ze względu na skalę zagrożenia w omawianych 10 latach zaszła konieczność przeprowadzenia naziemnych i lotniczych zabiegów ochronnych na powierzchni ponad 0,96 mln ha. Ze względu na skalę zagrożenia w omawianych 10 latach zaszła konieczność przeprowadzenia naziemnych i lotniczych zabiegów ochronnych na powierzchni ponad 1,1 mln. ha. Lata 2015-2016 cechował względnie niski poziom zagrożenia ze strony tej

grupy szkodników. Powierzchnia występowania i zwalczania wyniosła w 2015 r. odpowiednio 175 tys. ha i 86 tys. ha i w głównej mierze dotyczyła imagines chrabąszczy. W 2016 r. występowanie i zwalczanie szkodników pierwotnych odnotowano na rekordowo niskich powierzchniach, odpowiednio 91 tys. ha i 30 tys. ha w skali kraju. Z kolei lata 2017-2019 charakteryzowały się wysokim poziomem zagrożenia powodowanym przede wszystkim przez foliofagi drzewostanów sosnowych i imagines chrabąszczy. Powierzchnia występowania szkodników pierwotnych w 2017 r. wzrosła do 300 tys. ha, a następnie w 2018 r. do 454 tys. ha i w 2019 r. do 470 tys. ha. Wzrosły również znacząco powierzchnie zabiegów ochronnych, które wykonano w latach 2017-2019, odpowiednio na powierzchniach 96 tys. ha, 234 tys. ha i 228 tys. ha. W 2020 r. odnotowano znaczny spadek zagrożenia ze strony tej grupy owadów. Zabiegi ochronne wykonano na powierzchni nieznacznie przekraczającej 50 tys. ha. Z kolei w latach 2021-2024 widoczny był ponowny wzrost znaczenia tej grupy owadów. Zwalczano je na pow. 67 tys. ha (2021), 109 tys. ha. (2022), 146 tys. ha (2023) i 81 tys. ha (2024 -*Tabela 38, Tabela 39*).

Choroby infekcyjne są kolejnym istotnym czynnikiem szkodotwórczym, uaktywniającym się w efekcie oddziaływania innych czynników stresowych. Dominującą rolę (jako główny czynnik szkodotwórczy) pełnią choroby korzeni – opieńkowa zgnilizna korzeni powodowana przez grzyby rodzaju *Armillaria* i huba korzeni powodowana przez korzeniowce (*Heterobasidion* spp.). Ich udział w całkowitej powierzchni występowania chorób infekcyjnych w latach 2015-2024 był wysoki, huba korzeni była rejestrowana na powierzchni 90 tys. ha/rok a opieńkowa zgnilizna korzeni – 50 tys. ha/rok. Występowanie patogenów korzeniowych było w zasadzie rejestrowane na terenie wszystkich 17 rdLP.

W omawianym 10-leciu pojawiały się również epifitozy innych sprawców chorób grzybowych silnie powiązanych z występowaniem m.in. bardzo wysokich temperatur, gradobicie czy też silnych wiatrów. W 2016 r. na powierzchni 17 tys. ha odnotowano zamieranie pędów sosny. W 2015 r. powierzchnia występowania tej choroby wyniosła tylko 526 ha w skali kraju. Ponad 95% powierzchni drzewostanów z objawami zamierania pędów sosny znajdowała się na terenach rdLP w Poznaniu i Wrocławiu, gdzie to zjawisko chorobowe zarejestrowano na powierzchni odpowiednio 7 tys. ha i 9 tys. ha. W 2017 r. areał występowania choroby spadł do niespełna 4 tys. ha, a w 2018 r. do 644 ha.

W ostatnich latach pojawił się nowy czynnik osłabiający drzewostany sosnowe – jemiola (*Viscum spp.*). W latach 2015-2016 notowano niewielkie powierzchnie drzewostanów (głównie jodłowych) zasiedlonych przez jemiolę na terenach rdLP: w Krakowie i Krośnie. Natomiast w 2017 r. stwierdzono 1,4 tys. ha drzewostanów iglastych (jodłowych i sosnowych) masowo zasiedlonych przez tego półpaszyta. W 2018 r. odnotowano już prawie 23 tys. ha przede wszystkim zamierających drzewostanów sosnowych silnie opanowanych przez ten organizm. Jego masowe występowanie koncentrowało się w południowej i centralnej części kraju. Przeprowadzona w 2019 r., na zlecenie Dyrekcji Generalnej LP, kompleksowa inwentaryzacja występowania jemioli wykazała 166,7 tys. ha drzewostanów sosnowych opanowanych w różnym stopniu przez tego półpaszyta. Widoczne objawy osłabienia stwierdzono w przypadku 74% zinwentaryzowanych drzewostanów (122,8 tys. ha). W latach 2020-2024 po raz kolejny wzrosła szkodliwość jemioli, która uszkodziła w istotnym stopniu odpowiednio 127 tys. ha (2020), 135 tys. ha (2021), 129 tys. ha (2022), 134 tys. ha (2023) i 150 tys. ha drzewostanów iglastych (głównie sosnowych) (*Tabela 38, Tabela 39*).

9. IDENTYFIKACJA CZYNNIKÓW I DZIAŁAŃ PROKLIMATYCZNYCH NIEZBĘDNYCH DO ZWIĘKSZANIA POCHŁANIANIA CO₂ W LASACH

Fiszka charakteryzująca możliwe działania proklimatyczne w odniesieniu do ekosystemów leśnych i czynniki sterujące poziomem emisji netto ekosystemów leśnych w kontekście realizacji polityk proklimatycznych niezbędnych do zwiększania pochłaniania CO₂ ekosystemów leśnych.

Opracowanie charakterystyki działań i czynników wpływających bezpośrednio i pośrednio na poziom emisji i pochłaniania netto ekosystemów leśnych pod kątem maksymalizacji całkowitego pochłaniania netto z ekosystemów leśnych w Polsce do roku 2050.

9.1. Konsekwencje synergii

Wymiernym wskaźnikiem oddziaływania opisanego powyżej kompleksu czynników biotycznych i abiotycznych jest przede wszystkim miąższość drewna pozyskanego w ramach cięć sanitarnych. Ogółem w latach 2015-2024 w lasach zarządzanych przez LP pozyskano 75 mln m³ posuszu oraz złomów i wywrotów wszystkich gatunków drzew, a więc ilość porównywalną z 2-letnim pozyskaniem grubizny. Większość pozyskania stanowiły trzy gatunki, sosna, świerk i dąb. Widoczny jest również systematyczny wzrost udziału cięć sanitarnych (zwłaszcza posuszu) w rocznym pozyskaniu całkowitym. O ile jeszcze w 2015 r. wynosił on niespełna 5%, to już w 2020 r. przekroczył 10%, co daje dwukrotny wzrost w okresie zaledwie 6 lat. W latach 2021-2022 nastąpił spadek udziału posuszu w pozyskaniu rocznym do poziomu niespełna 6%. W latach 2023-2024 odnotowano ponowny wzrost jego udziału w pozyskaniu rocznym do wartości przekraczających 10%.

Jedną z konsekwencji zmian klimatycznych jest wzrost częstotliwości i siły wiatrów (huraganów). Wpływ tego typu zjawisk jest widoczny przede wszystkim na terenie RDLP w Toruniu, gdzie po huraganie z 2017 r. w kolejnych trzech latach udział pozyskanych złomów i wywrotów w pozyskaniu rocznym był szczególnie wysoki i wyniósł kolejno 44%, 66,7% i 22,5%. Z kolei w 2022 r. po silnych wiatrach ze stycznia i lutego udział złomów i wywrotów w pozyskaniu rocznym na terenie RDLP w Szczecinku przekroczył 50%, natomiast w Pile

i Olsztynie osiągną wartości odpowiednio 47% i 41%. Przeciętny udział posuszu oraz złomów i wywrotów w pozyskaniu rocznym w latach 2015-2024 kształtował się na poziomie odpowiednio 78% i 10% (Tabela 38-39).

Tabela 38 Przeciętny udział posuszu oraz złomów i wywrotów w pozyskaniu rocznym w latach 2015-2022

RDLP	2015		2016		2017		2018		2019		2020		2021		2022		2023		2024		średnia z lat 2015-2024	
	Posusz	Złomy i wywroty	Posusz	Złomy i wywroty	Posusz	Złomy i wywroty	Posusz	Złomy i wywroty	Posusz	Złomy i wywroty	Posusz	Złomy i wywroty	Posusz	Złomy i wywroty	Posusz	Złomy i wywroty	Posusz	Złomy i wywroty	Posusz	Złomy i wywroty	Posusz	Złomy i wywroty
Białystok	200,6	199,2	284,1	719,7	472,0	413,0	358,5	248,1	391,1	179,0	225,5	175,9	178,7	192,8	99,6	633,7	206,9	242,8	275,7	210,6	269,3	321,5
Gdańsk	66,0	117,6	77,9	51,7	53,1	553,0	28,1	844,5	53,8	153,5	50,3	78,9	43,3	49,3	25,2	255,6	24,7	138,1	38,5	111,3	46,1	235,4
Katowice	429,3	395,7	712,3	419,5	514,2	505,1	471,4	624,7	530,7	612,2	572,5	234,3	444,3	214,2	344,2	239,3	300,4	222,8	281,0	229,1	460,0	369,7
Kraków	59,8	126,0	106,0	89,8	77,3	108,2	65,3	109,9	53,8	157,4	53,1	74,6	55,4	72,9	47,4	85,2	41,9	109,9	59,2	82,4	61,9	101,6
Krosno	40,4	117,2	47,8	80,6	50,3	147,9	77,5	161,9	78,7	119,8	39,7	97,9	28,8	86,4	36,9	79,2	40,1	113,8	44,2	113,1	48,5	111,8
Lublin	94,9	130,1	169,9	143,0	189,2	157,7	282,0	114,8	213,4	93,3	135,8	98,9	80,4	92,1	83,8	133,1	74,3	151,1	80,9	143,3	140,4	125,7
Łódź	32,7	58,1	52,8	181,7	65,8	115,8	75,1	143,5	107,1	40,7	110,2	38,7	69,7	119,2	72,1	210,7	64,6	62,4	79,3	52,4	72,9	102,3
Olsztyn	124,0	299,3	136,0	334,3	121,1	190,3	112,7	168,6	138,1	156,1	124,3	118,7	79,8	233,7	40,0	1 340,3	209,0	378,3	315,7	264,2	140,1	348,4
Piła	39,3	58,6	97,6	40,8	58,3	24,4	41,8	29,8	83,0	26,0	129,7	25,4	89,8	15,5	49,4	1 002,6	176,0	293,0	242,9	81,4	100,8	159,8
Poznań	67,4	143,2	214,0	92,4	141,2	449,9	144,5	949,2	434,3	190,6	441,1	39,7	296,3	53,9	244,3	367,9	301,6	77,9	249,4	43,6	253,4	240,8
Radom	28,5	112,4	41,1	164,2	70,8	103,4	192,1	102,7	184,7	52,6	159,8	41,1	115,3	43,9	66,5	200,1	57,9	111,2	79,9	106,8	99,7	103,8
Szczecin	117,3	296,7	114,8	170,3	93,9	270,6	118,1	505,0	323,7	127,8	523,8	76,7	439,8	53,2	216,7	1 718,5	680,3	339,4	594,8	110,3	322,3	366,9
Szczecinek	327,0	244,1	367,2	105,5	241,4	368,6	225,8	339,6	326,5	128,0	368,3	103,6	384,8	64,9	281,1	1 712,9	1285,5	784,6	1128,7	347,2	493,6	419,9
Toruń	64,3	116,1	127,3	74,9	101,8	1 581,7	73,8	3 041,4	198,4	593,2	260,4	69,7	111,2	205,8	69,3	538,1	107,2	107,7	137,0	52,7	125,1	638,1
Warszawa	48,8	23,3	62,3	65,1	69,9	37,8	64,3	40,8	76,5	19,8	61,7	34,9	31,2	33,9	19,7	139,8	34,9	26,6	44,6	37,7	51,4	46,0
Wrocław	269,7	474,8	937,4	251,4	604,9	490,5	693,1	1 016,7	1 037,6	548,4	893,6	380,9	377,3	351,2	306,2	466,4	286,9	298,7	213,9	234,1	562,0	451,3
Zielona Góra	12,5	172,2	27,5	51,0	31,9	134,6	41,4	275,4	228,2	36,8	183,0	26,9	126,2	22,4	67,2	274,2	88,6	34,5	80,5	19,1	88,7	104,7
RAZEM	2 022,7	3 084,6	3 576,0	3 035,9	2 956,9	5 652,5	3 065,4	8 716,5	4 459,6	3 235,3	4 332,6	1 716,8	2 952,1	1 905,1	2 069,5	9 397,7	3 980,7	3 492,8	3 946,2	2 239,5	3 336,2	4 247,7

Tabela 39 Udział pozyskania posuszu oraz złomów i wywrotów w pozyskaniu rocznym w latach 2015-2022

RDLP	% pozyskania drewna																					
	2015		2016		2017		2018		2019		2020		2021		2022		2023		2024		średnia z lat 2015-2024	
	Posusz	Złomy i wywro	Posusz	Złomy i wywro	Posusz	Złomy i wywro	Posusz	Złomy i wywro	Posusz	Złomy i wywro	Posusz	Złomy i wywro	Posusz	Złomy i wywro	Posusz	Złomy i wywro	Posusz	Złomy i wywro	Posusz	Złomy i wywro	Posusz	Złomy i wywro
Białystok	6,7	6,7	9,1	23,1	14,9	13,1	12,2	8,5	13,2	6,1	7,9	6,1	6,5	7,0	3,6	23,0	7,8	9,1	10,9	8,3	9,3	11,1
Gdańsk	4,3	7,6	4,9	3,2	2,7	28,0	1,3	39,7	3,5	10,1	3,3	5,1	2,9	3,3	1,6	16,5	1,7	9,4	2,7	7,8	2,9	13,1
Katowice	13,3	12,2	21,2	12,5	14,7	14,5	13,9	18,4	16,2	18,6	18,7	7,6	12,6	6,1	10,1	7,0	9,4	7,0	8,9	7,3	13,9	11,1
Kraków	6,5	13,8	11,2	9,5	8,1	11,4	7,0	11,8	5,7	16,8	6,1	8,6	6,0	7,9	5,2	9,3	4,7	12,3	6,2	8,6	6,7	11,0
Krosno	2,1	6,2	2,5	4,2	2,5	7,4	3,8	7,9	3,9	5,9	2,1	5,3	1,4	4,3	1,8	3,9	2,1	6,0	2,2	5,7	2,5	5,7
Lublin	4,6	6,3	7,9	6,7	8,9	7,4	13,3	5,4	10,0	4,4	6,3	4,6	3,7	4,2	3,8	6,0	3,4	7,0	3,6	6,4	6,5	5,8
Łódź	2,5	4,5	3,8	13,0	4,5	7,9	4,7	9,0	6,6	2,5	7,3	2,6	4,5	7,7	4,6	13,5	4,2	4,1	4,9	3,2	4,8	6,8
Olsztyn	3,9	9,5	4,4	10,8	3,8	6,0	3,6	5,4	4,5	5,1	4,1	3,9	2,7	7,8	1,2	41,3	7,2	13,0	10,6	8,9	4,6	11,2
Piła	2,0	3,0	4,9	2,0	2,8	1,2	2,1	1,5	4,1	1,3	6,5	1,3	4,8	0,8	2,3	46,9	9,1	15,1	12,6	4,2	5,1	7,7
Poznań	3,2	6,8	10,4	4,5	6,1	19,5	5,6	37,1	18,6	8,2	22,1	2,0	14,2	2,6	11,4	17,2	14,1	3,6	11,9	2,1	11,8	10,3
Radom	1,6	6,3	2,3	9,2	3,8	5,6	10,1	5,4	9,5	2,7	8,7	2,2	6,3	2,4	3,6	11,0	3,2	6,2	4,4	5,9	5,4	5,7
Szczecin	3,1	7,7	2,9	4,3	2,3	6,6	2,9	12,4	7,9	3,1	14,2	2,1	11,1	1,3	4,9	39,1	17,9	8,9	15,7	2,9	8,3	8,9
Szczecinek	9,6	7,1	10,8	3,1	6,7	10,3	6,5	9,7	9,5	3,7	11,5	3,2	12,6	2,1	8,2	50,0	35,7	21,8	36,9	11,3	14,8	12,2
Toruń	3,1	5,6	5,9	3,5	2,8	44,0	1,6	66,7	7,5	22,5	10,0	2,7	4,7	8,8	2,9	22,2	4,8	4,8	6,2	2,4	5,0	18,3
Warszawa	4,9	2,3	6,3	6,5	6,8	3,7	6,2	4,0	7,2	1,9	5,9	3,3	3,0	3,3	1,9	13,2	3,9	2,9	4,5	3,8	5,0	4,5
Wrocław	8,7	15,2	29,4	7,9	18,7	15,1	21,1	31,0	30,3	16,0	28,4	12,1	11,6	10,8	9,6	14,6	9,5	9,9	7,1	7,8	17,4	14,0
Zielona Góra	0,6	8,4	1,4	2,5	1,5	6,4	2,0	13,1	10,7	1,7	9,9	1,5	6,1	1,1	3,2	13,0	4,2	1,6	3,7	0,9	4,3	5,0
RAZEM	4,7	7,6	8,2	7,4	6,6	12,2	6,9	16,9	9,9	7,7	10,2	4,4	6,7	4,8	4,7	20,5	10,4	9,1	10,4	5,9	7,9	9,6

9.2. Organizmy obce

Konsekwencją zmian klimatycznych będzie zwiększenie częstotliwości i skali występowania ekstremalnych zaburzeń układu czynników biotycznych i abiotycznych w ekosystemach leśnych w całej Europie. Zmiany klimatyczne, będą mieć wpływ na stan fitosanitarny lasów poprzez umożliwienie introdukcji, rozprzestrzeniania i rozwoju agrofagów kwarantannowych oraz inwazyjnych gatunków obcych. Bardzo poważnym zagrożeniem wynikającym ze zmiany klimatu jest możliwość rozwoju w warunkach europejskich organizmów szkodliwych zawlekanych lub introdukowanych z cieplejszych regionów świata. Eksperti Narodowego Programu Leśnego w panelu dotyczącym klimatu wskazali, że zmiany klimatu wpływają na pojawianie się nowych zagrożeń i organizmów szkodliwych, a zagrożenie ze strony organizmów inwazyjnych jest realne. Niestety trwałość i różnorodność biologiczna drzewostanów (ochrona przyrody) oraz ich stan sanitarny (ochrona roślin) rozpatrywane są w chwili obecnej odrębnie (cyt. Zagrożenia środowiska leśnego i ochrona ekosystemów leśnych (diagnoza sytuacji, stan obecny i trendy)).

Zagrożenia dla leśnictwa płynące ze strony organizmów szkodliwych wynikają także z intensyfikacji handlu i wzmożonego transportu, które ułatwiają introdukcję i zawlekanie organizmów szkodliwych. W ostatnich latach wzrasta ryzyko zawlekania organizmów kwarantannowych wraz z drewnianymi materiałami opakowaniowymi (DMO). Opakowania drewniane, w tym palety, używane w handlu międzynarodowym stanowią zagrożenie związane z zawlekaniami organizmów szkodliwych (cyt. Zagrożenia środowiska leśnego i ochrona ekosystemów leśnych (diagnoza sytuacji, stan obecny i trendy)).

9.3. Zmiany prawodawstwa Unii Europejskiej

Przyjęcie unijnych regulacji prawnych (Dyrektywa 2009/128/WE i Rozporządzenie 1107/2009) do praktyki ochrony lasu przed owadami i patogenami grzybowymi skutkowało:

- znacznym zmniejszeniem liczby pestycydów posiadających rejestrację w rolnictwie, a zwłaszcza w leśnictwie, ze względu na zmniejszone zainteresowanie producentów wysokimi kosztami wprowadzenia środków do obrotu i stosowania,
- obowiązkiem wdrożenia metod integrowanej ochrony lasu (cyt. Zagrożenia środowiska leśnego i ochrona ekosystemów leśnych (diagnoza sytuacji, stan obecny i trendy)).

Począwszy od lat 90. ubiegłego wieku, na terenie Unii Europejskiej podjęto działania mające na celu ujednoczenie kryteriów dopuszczania nowych substancji aktywnych do stosowania w ochronie roślin tak, aby na rynku znalazły się wyłącznie preparaty zawierające substancje aktywne dopuszczone przez Komisję Europejską na podstawie wspólnej procedury. Zmiany te zapoczątkowała Dyrektywa 91/414/ EEC z 1991 r., na mocy której wszystkie substancje aktywne znajdujące się w obrocie poddano ponownej ocenie w celu wyeliminowania ze stosowania tych stwarzających zagrożenie dla zdrowia ludzi i środowiska naturalnego. Wysokimi kosztami tej oceny obarczono producentów pestycydów, którzy w konsekwencji wycofali z rynku wiele substancji aktywnych oraz zawierających środki ochrony roślin, które mogły być niebezpieczne dla ludzi lub środowiska. Ponadto wysokie koszty przeglądu spowodowały wycofanie przez drobnych producentów z obrotu wielu substancji aktywnych, których produkcja nie rekompensowała nakładów finansowych poniesionych na ich ponowną ocenę. Sytuacja ta dotyczyła zwłaszcza producentów środków stosowanych na niewielkim areale, np. preparatów biologicznych. Wszystkie te działania skutkowały redukcją o blisko 70% preparatów zarejestrowanych do ochrony terenów leśnych stanowiących, w porównaniu z uprawami rolniczymi, niewielki areal, stąd rejestracja dla leśnictwa stała się nieopłacalna (cyt. Zagrożenia środowiska leśnego i ochrona ekosystemów leśnych (diagnoza sytuacji, stan obecny i trendy)).

9.4. Możliwości działań w perspektywie 2050

W niniejszym opracowaniu przedstawiono tylko najważniejsze w skali kraju czynniki biotyczne, abiotyczne i antropogeniczne oddziałujące negatywnie na lasy w latach 2015 - 2024. Niewątpliwie najważniejszym zjawiskiem inicjującym cały szereg negatywnych procesów, zwłaszcza w lasach sosnowych, świerkowych i dębowych, a być może również w innych, jest skrajna susza w połączeniu z coraz częściej występującymi anomaliami pogodowymi (huragany, gwałtowne burze, gradobicia, przymrozki). Wpływają one negatywnie na stabilność i kondycję całych ekosystemów leśnych. W rezultacie coraz częściej dochodzi do gradacji szkodników pierwotnych i wtórnych, epifitoz patogenów grzybowych. Pojawiają się również nowe organizmy dotychczas uważane za nieszkodliwe. Sam przebieg procesów synergicznego oddziaływania i wzajemnego napędzania się kompleksu abiotycznych i biotycznych czynników oddziałujących negatywnie na ekosystemy leśne nie jest czymś nowym i był przedmiotem szeregu badań. Niemniej jednak, ze względu na skalę osłabienia

drzewostanów, niezwykle istotne są wszelkie działania zmierzające do spowolnienia tego procesu.

Obecna sytuacja jasno wskazuje na konieczność podjęcia aktywnych działań w zakresie tworzenia/opracowania krótkookresowych (operacyjnych) i długookresowych (strategicznych) programów hodowlano-ochronnych uwzględniających wpływ tzw. czynników losowych na wielofunkcyjną gospodarkę leśną, a w szczególności:

- łagodzenie / ograniczanie wpływu czynników kłęskowych na las;
- odpowiednie zagospodarowania terenów pokłęskowych zmniejszające ryzyko rozwoju gradacji i epifitoz;
- zwiększanie stabilności lasów;
- rozpraszanie ryzyka zarówno w aspekcie przyrodniczym (trwałość lasu) jak i gospodarczym (las jako źródło drewna);
- planowanie strategiczne uwzględniające możliwości / zasady dalszej ochrony i hodowli gatunków drzew obecnie występujących w Polsce.

10. OPRACOWANIE RÓŻNYCH ŚCIEŻEK OSIĄGANIA CELU, ZAWIERAJĄCYCH SCENARIUSZE UWZGLĘDNIAJĄCE ASPEKTY: OGRANICZENIA POZYSKANIA DREWNA, WYŁĄCZENIA CZĘŚCI GRUNTÓW LEŚNYCH Z PRODUKCJI, UWZGLĘDNIANIA NOWYCH DANYCH, ZALESIEŃ GRUNTÓW POROLNYCH, WYKORZYSTANIA DOSTĘPNYCH ELASTYCZNOŚCI

Rozdział powstał w oparciu o ekspertyzy przygotowane na zlecenie DGLP pt.

1) „Konsekwencje objęcia ochroną ścisłą znacznych obszarów leśnych Polski (wdrożenie jednego z celów unijnej Strategii na rzecz bioróżnorodności do 2030 roku - objęcie ścisłą ochroną 10% obszarów lądowych, w tym wszystkich pozostałych w UE lasów pierwotnych i starodrzewów), na możliwość sekwestracji węgla (netto) przez polskie lasy oraz produkcję drewna z uwzględnieniem sortymentacji”

2) „Określenie wpływu na gospodarkę leśną zmienionego rozporządzenia (UE) 2018/841 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”

Ociągnięcie celów stawianych przed Polską w ramach LULUCF będzie bardzo trudne i będzie skutkowało konsekwencjami ekonomicznymi, społecznymi i gospodarczymi. W dokumentach dotyczących LULUCF nie zaproponowano ścieżek dojścia do wyznaczonych celów oraz łagodzenia negatywnych skutków dążenia do osiągnięcia celu. Opracowanie różnych ścieżek osiągnięcia celu, może uwzględniać różne scenariusze uwzględniające aspekty: ograniczenia pozyskania drewna, wyłączenia części gruntów leśnych z produkcji, uwzględniania nowych danych, zalesień gruntów porolnych, wykorzystania dostępnych elastyczności.

Pierwsze podejście skupia się na prognozie rozwoju zasobów drzewnych i możliwościach użytkowania drewna. Zmiany zasobów węgla w biomase nadziemnej lasów oraz struktura pozyskiwanych sortymentów są pochodną prognozy.

Przyjęte scenariusze należy traktować jako podejście teoretyczne, ponieważ tak istotna, gwałtowna, zmiana zasad prowadzenia gospodarki leśnej, mogłaby spowodować trudne do przewidzenia konsekwencje dla aktualnych ekosystemów leśnych. Dotyczy to zarówno zmian wielkości zasobów drzewnych, ich stanu zdrowotnego oraz stabilności i odporności na czynniki biotyczne i abiotyczne, które ulegają w ostatnich dekadach istotnym wahaniom.

Aby możliwe było pełniejsze ocenienie konsekwencji takiego, konieczne jest uwzględnienie zarówno produktów z pozyskanego drewna oraz wynikające z mniejszej dostępności drewna, zastępujących go substytutów. Tych aspektów z przyczyn oczywistych, wykraczania poza obszar kompetencji autorów prognozy, niniejsza ekspertyza nie obejmuje.

Wykonując takie opracowanie konieczne jest przygotowywanie analizy spodziewanych skutków realizacji omawianego celu LULUCF w Polsce. Należy zastanowić się nad skutkami objęcia ochroną ścisłą dużych obszarów leśnych, które mogą być wstępnie oszacowane przez porównanie stanu lasów (szczególnie ich struktury wiekowej) oraz możliwości pozyskania drewna w warunkach realizacji celu LULUCF ze stanem lasów oraz możliwościami pozyskania drewna w dotychczas realizowanym modelu wielofunkcyjnej gospodarki leśnej (zwanej dalej gospodarką leśną).

W ekspertyzie można przyjąć, że wyżej podane ogólne założenia mogłyby być realizowane przez wyłączenie z gospodarki leśnej (z przeznaczeniem do ochrony ścisłej) wyżej wymienionej powierzchni lasów według trzech scenariuszy:

- 1) **scenariusz 1:** wyłączenie z wielofunkcyjnej gospodarki leśnej drzewostanów starszych klas wieku poczynając od drzewostanów najstarszych;
- 2) **scenariusz 2:** wyłączenie z wielofunkcyjnej gospodarki leśnej najcenniejszych przyrodniczo kompleksów leśnych;
- 3) **scenariusz 3:** wyłączenie z wielofunkcyjnej gospodarki leśnej najcenniejszych przyrodniczo kompleksów leśnych i drzewostanów najstarszych klas wieku.

Jako **scenariusz porównawczy** przyjąć należy dotychczasowy sposób prowadzenia gospodarki leśnej, tj. zgodnie z modelem wielofunkcyjnej gospodarki leśnej we wszystkich (z wyjątkiem rezerwatów) lasach wszystkich form własności.

Przyjęcie wyżej wymienionych scenariuszy wymagało odpowiedniego przygotowania danych dla lasów wszystkich form własności.

W podejściu drugim (którego wyniki przedstawiono w kolejnym rozdziale), spośród elementów mających wpływ na pochłanianie dwutlenku węgla w perspektywie do 2030 r. oraz osiągnięcie neutralności klimatycznej w sektorze lądowym do 2035 r., uwzględniono w szczególności kształtowanie się zasobów leśnych i wielkości ich użytkowania (powierzchnia, zapas struktura wiekowa oraz wielkość pozyskania drewna wraz z drewnem martwym).

Poddane analizie elementy gospodarki leśnej przeanalizowano w kontekście wpływu na lasy szczególnie w zakresie zagrożeń ze strony czynników biotycznych (gradacje owadów, patogeny) i abiotycznych (ekstremalne warunki klimatyczne i zjawiska kłęskowe, np. huragany lub długotrwałe susze), struktury drzewostanów z uwzględnieniem ich podatności na występowanie zagrożeń abiotycznych i biotycznych.

Ogólne założenia pozwoliły na przedstawienie – dla obu wcześniej wymienionych scenariuszy (FIT 55% oraz BAU) – danych przedstawiających przyrost, ubytki (rozumiane jako suma pozyskania miąższości drewna brutto, pozostałości zrębowych i drewna martwego) oraz różnicę między przyrostem a ubytkami w poszczególnych latach okresu 2019–2030. W obu rozpatrywanych scenariuszach kształtowanie się zasobów drzewnych oraz użytkowania głównego w „lasach pozostałych” (poza zarządem Lasów Państwowych) – zgodnie z wcześniejszymi założeniami – przyjęto takie samo. Zostało one określone na podstawie skorygowanych (przez uwzględnienie drewna martwego) wskaźników użytkowania przedstawionych w scenariuszu BAU w „Krajowym planie rozliczeń dla leśnictwa” (Warszawa 2019).

W przypadku scenariusza FIT 55% przyjęto zmniejszającą się liniowo wielkość użytkowania, dochodząc z planowanym pozyskaniem w Lasach Państwowych w 2030 r. do wielkości około 38,8 mln m³ grubizny brutto (razem ubytki), tj. około 26 mln m³ grubizny netto (ca 2/3 pozyskania z okresu 2019–2021). W tym scenariuszu wskaźniki użytkowania,

wynikające z „Krajowego planu rozliczeń dla leśnictwa” (Warszawa 2019) wyrównano do wielkości użytkowania wynikającego z malejącego użytkowania przedstawionego.

Natomiast w przypadku scenariusza BAU prognozę rozwoju zasobów drzewnych oraz możliwości wysokości użytkowania w Lasach Państwowych w okresie 2022–2030 opracowano na podstawie wskaźników intensywności uwzględniających ubytki (pozyskanie drewna i drewno martwe). W analizach dotyczących obu rozpatrywanych scenariuszy, wysokość użytkowania w Lasach Państwowych w latach 2019–2021 przyjęto na podstawie faktycznego wykonania.

11. UJĘCIE EMISJI I POCHŁANIANIA W CAŁYM SEKTORZE, WYKORZYSTUJĄC NAJLEPSZE DOSTĘPNE DANE ORAZ WERYFIKUJĄC METODY WYLICZANIA POCHŁANIANIA

Rozdział powstał w oparciu o ekspertyzę przygotowaną na zlecenie DGLP pt. „Określenie wpływu na gospodarkę leśną zmienionego rozporządzenia (UE) 2018/841 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”

11.1. Wstęp

Wymieniony na wstępie projekt rozporządzenia ma na celu dostosowanie przepisów do regulacji prawnych UE oraz zwiększenie wkładu sektora LULUCF do nowego, wyższego, celu klimatycznego, zgodnie z komunikatem UE o Europejskim Zielonym Ładzie, którego elementem jest pakiet klimatyczny Fit for 55. Pakiet ten zakłada zmniejszenie emisji gazów cieplarnianych do 2030 r. w UE o 55% w stosunku do 1990 r., a następnie osiągnięcie neutralności klimatycznej do 2050 r.

Omawiane rozporządzenie LULUCF zakłada zwiększenie wielkości pochłaniania netto na poziomie UE, z 225 do 310 mln ton ekwiwalentu CO₂ w 2030 r., w tym dla Polski przewidywane jest zwiększenie obligatoryjnego celu pochłaniania netto z 26,0 mln ton do 38,1 mln ton ekwiwalentu CO₂. Ograniczony katalog zachęt dla prywatnych właścicieli gruntów, szczególnie gruntów leśnych, na potrzeby realizacji tego celu, powoduje, że w praktyce główny ciężar wyżej wymienionego wzrostu wielkości pochłaniania CO₂ w Polsce zostanie zapewne przekierowany głównie na Lasy Państwowe.

Osiągnięcie przez Polskę w tak krótkim czasie, tj. do 2030 r. wyżej wymienionego celu pochłaniania netto będzie musiało się zatem wiązać ze znacznym ograniczeniem wielkości pozyskania drewna, przede wszystkim w lasach zarządzanych przez Lasy Państwowe. Jednak oszacowanie tej wielkości, z uwagi na złożone zależności pomiędzy ograniczeniem użytkowania, a zwiększeniem pochłaniania netto, jest możliwe tylko w przybliżonym stopniu.

W opracowaniu przedstawiono i omówiono możliwości realizacji niezbędnych działań z zakresu gospodarki leśnej (ujętych w formie określonych scenariuszy prowadzenia gospodarki leśnej), zmierzających do realizacji zobowiązań mitygacyjnych sektora LULUCF do 2030 r., związanych z ogólnym unijnym celem ograniczenia emisji netto na 2030 r. do co najmniej 55 % w porównaniu z 1990 r.

W ekspertyzie przyjęto do analiz dwa scenariusze prowadzenia gospodarki leśnej różniące się między sobą intensywnością użytkowania głównego. W pierwszym scenariuszu przyjęto intensywność użytkowania ukierunkowaną na osiągnięcie proponowanego w projekcie rozporządzenia LULUCF dla Polski celu pochłaniania netto w wysokości około 38 mln ton ekw. CO₂ (scenariusz FIT 55%), natomiast w drugim scenariuszu – traktowanym jako porównawczy – intensywność użytkowania głównego nawiązuje do tzw. scenariusza bieżącego (BAU) określonego w „Krajowym planie rozliczeń dla leśnictwa” opracowanym przez Ministerstwo Klimatu (Warszawa 2019) zbliżonego do aktualnie realizowanego scenariusza gospodarki leśnej. Należy zwrócić uwagę, iż analizy dotyczące zarówno scenariusza FIT 55%, jak i BAU mają również na celu przedstawienie – przy określonej intensywności użytkowania głównego – tendencji związanych z kierunkiem rozwoju zasobów drzewnych oraz ich dynamiką w perspektywie 2030 roku, co w konsekwencji pozwoli na przedstawienie wielkości emisji i pochłaniania CO₂ w rezerwuarach wchodzących w zakres raportowania LULUCF (biomasa nadziemna i podziemna, martwe drewno, produkty z pozyskanego drewna oraz węgiel w glebach).

11.2. Możliwości realizacji celów wynikających ze zmian rozporządzenia (UE) 2018/841 przy założeniu, że obecne praktyki w gospodarce leśnej nie ulegną zmianie (scenariusz BAU)

11.2.1. Prognoza rozwoju zasobów drzewnych

Syntetyczne dane dotyczące kształtowania się wielkości zasobów drzewnych w lasach Polski w okresie 2019–2030 według dwóch scenariuszy w lasach Państwowych (FIT 55% i BAU) oraz według scenariusza BAU w „lasach pozostałych” (Tabele 40-42). Przyjęto, że modyfikacje prowadzenia gospodarki leśnej zostały zaprojektowane w lasach w zarządzie Lasów Państwowych, natomiast w „lasach pozostałych” praktyki i związane z nimi poziomy zaburzeń są takie same, niezależnie od scenariusza.

Tabela 40 Powierzchnia i miąższość drzewostanów według klas i podklas wieku w lasach w zarządzie Lasy Państwowe według stanu na 1 stycznia 2031 r. (scenariusz FIT 55%)

Lp.	Klasy i podklasy wieku	Lasy Państwowe		Lasy pozostałe	
		powierzchnia [tys. ha]	miąższość [tys. m ³]	powierzchnia [tys. ha]	miąższość [tys. m ³]
1	Pow. leśna niezal.	182	2 795	102	1 710
2	Przestoje	0	19 780	0	6 583
3	Ia (1–10)	333	283	37	146
4	Ib (11–20)	329	13 157	50	3 592
5	IIa (21–30)	411	54 780	87	12 111
6	IIb (31–40)	476	103 023	136	28 172
7	IIIa (41–50)	505	149 081	185	53 638
8	IIIb (51–60)	594	204 795	243	81 331
9	IVa (61–70)	824	303 698	306	108 855
10	IVb (71–80)	797	313 848	294	110 038
11	Va (81–90)	595	254 305	207	86 154
12	Vb (91–100)	469	207 620	129	53 436
13	VI (101–120)	494	232 163	117	63 087
14	VII (121 i starsze)	372	203 358	84	49 177
15	KO, KDO, BP	408	144 167	70	27 107
16	Razem	6 607	2 171 767	1 946	616 855
17	Ogółem	6 789	2 206 852	2 048	685 137
18	Przeciętny wiek (lat)	64,9	-	64,5	-
19	Zasobność na 1 ha	-	325,1	-	334,5

Tabela 41 Powierzchnia i miąższość drzewostanów według klas i podklas wieku w lasach w zarządzie Lasy Państwowe według stanu na 1 stycznia 2031 r. (scenariusz BAU)

Lp.	Klasy i podklasy wieku	Lasy Państwowe		Lasy pozostałe	
		powierzchnia [tys. ha]	miąższość [tys. m ³]	powierzchnia [tys. ha]	miąższość [tys. m ³]
1	Pow. leśna niezal.	182	2 795	102	1 710
2	Przestoje	0	19 780	0	6 583
3	Ia (1–10)	421	347	37	146
4	Ib (11–20)	343	13 308	50	3 592
5	IIa (21–30)	429	55 554	87	12 111
6	IIb (31–40)	476	99 938	136	28 172
7	IIIa (41–50)	504	144 527	185	53 638
8	IIIb (51–60)	593	198 472	243	81 331
9	IVa (61–70)	822	294 024	306	108 855
10	IVb (71–80)	790	302 022	294	110 038
11	Va (81–90)	584	242 215	207	86 154
12	Vb (91–100)	437	187 694	129	53 436
13	VI (101–120)	437	199 118	117	63 087
14	VII (121 i starsze)	334	177 646	84	49 177
15	KO, KDO, BP	436	149 382	70	27 107
16	Razem	6 607	2 107 658	1 946	616 855
17	Ogółem	6 789	2 086 822	2 048	685 137
18	Przeciętny wiek (lat)	63,2	-	64,5	-
19	Zasobność na 1 ha	-	307,4	-	334,5

Tabela 42 Kształtowanie się wielkości zasobów drzewnych w lasach Polski w okresie 2019–2030 według scenariuszy Fit 55% i BAU w Lasach Państwowych oraz według scenariusza BAU w „lasach pozostałych”

Scenariusz prowadzenia gospodarki leśnej	Stan na 1 stycznia danego roku	Zasoby drzewne		
		Lasy Państwowe	lasy pozostałe	razem
		tys.m ³ grubizny brutto		
<i>I</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>
LP – scenariusz FIT 55% „Lasy pozostałe” – scenariusz BAU	2019	2 054 758	572 387	2 627 145
	2021	2 064 383	592 012	2 656 395
	2022	2 074 008	601 597	2 675 605
	2026	2 133 050	639 936	2 772 986
	2031	2 206 852	685137	2 891 989
LP – scenariusz BAU „Lasy pozostałe” – scenariusz BAU	2019	2 054 758	572 387	2 627 145
	2021	2 064 383	592 012	2 656 395
	2022	2 074 008	601 597	2 675 605
	2026	2 079 703	639 936	2 719 639
	2031	2 086 822	685137	2 771 959

Z kolei w następnym tabeli (43) przedstawiono sumaryczne wielkości kształtowania się miąższości ubytków w lasach Polski w okresie 2019–2030 według scenariuszy FIT 55% i BAU w Lasach Państwowych oraz według scenariusza BAU w „lasach pozostałych”.

Tabela 43 Kształtowanie się miąższości ubytków (pozyskanego drewna i drzew martwych) w lasach Polski w okresie 2019–2030 według scenariuszy FIT 55% i BAU w Lasach Państwowych oraz według scenariusza BAU w „lasach pozostałych”

Scenariusz prowadzenia gospodarki leśnej	Okres	Ubytki (pozyskanie i drzewa martwe) (tys. m ³ brutto/rok)
<i>I</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
LP – scenariusz FIT 55%	2019–2021	54 715
	2022–2030	46 360
LP – scenariusz BAU	2019–2021	54 715
	2022–2030	59 689
„Lasy pozostałe” – scenariusz BAU	2019–2020	8 621
	2021–2025	8 840
	2026–2030	9 383

11.2.2. Kalkulacja ilości węgla

Państwa członkowskie w swoich szacunkach dla każdej raportowanej kategorii użytkowania gruntów powinny odzwierciedlić zmiany zasobów węgla w możliwie szerokim zakresie jego rezerwuarów. Lista wymaganych rezerwuarów zawarta jest w sekcji B załącznika I do rozporządzenia LULUCF. Niemniej, państwom członkowskim pozostawiono pewną elastyczność w zakresie decyzji o nieuwzględnianiu w swoich rozliczeniach zmian zasobów węgla dla pewnych rezerwuarów węgla, o ile dany rezerwuar węgla nie jest źródłem emisji. Decyzja o nieuwzględnianiu rezerwuaru w rozliczeniach nie ma zastosowania do rezerwuaru węgla w postaci nadziemnej biomasy, martwego drewna i produktów z pozyskanego drewna w ramach kategorii rozliczania gruntów, obejmującej zarządzane grunty leśne.

Mając na względzie kompletność i dokładność zgłaszanych danych, w prognozach służących określeniu poziomu odniesienia, zawartych w niniejszej analizie, uwzględniono możliwie szeroki zestaw dostępnych danych nt. zmian zasobów węgla w jego rezerwuarach (Tabela 44). W ekspertyzie do określenia zmian zasobów węgla w ramach rezerwuaru: produkty z pozyskanego drewna wykorzystano model kalkulacyjny udostępniony w załączniku I do rozdziału 4 wytycznych IPCC 2006 (AFOLU), który w zakresie wykorzystywanych czynników i funkcji dostosowano do warunków krajowych. Ponadto, ze względu na skomplikowany charakter procesów sterujących zapasem węgla organicznego w materii glebowej, szczególnie w kontekście wymaganego ujęcia tych zjawisk w skali zagregowanej dla niezależnie od tych procesów określonej struktury stratyfikacyjnej, oraz mając na względzie konieczność uwzględnienia zmian zapasu węgla organicznego gleb (jako rezerwuaru węgla wyszczególnionego w sekcji B załącznika I do rozporządzenia (UE) 2018/841) wykorzystano podejście uproszczone, w ramach którego wykorzystano zagregowane dane prognostyczne zawarte w Czwartym raporcie dwuletnim dla Konferencji stron Ramowej konwencji narodów zjednoczonych w sprawie zmian klimatu

Powyższe podejście, ze względu na specyfikę stosowanej metody, posiada pewne ograniczenie, tj. dane nt. zmian zapasu węgla organicznego w materii glebowej, aczkolwiek zmienne w funkcji czasu, nie różnicują się względem wartości ujętych w scenariuszach BAU i FIT 55%

Tabela 44 Lista rezerwuarów węgla rozpatrywanych w wariantowych scenariuszach zmian zasobów węgla oraz wykorzystanych narzędzi estymacyjnych.

Lp	Rezerwuar węgla	Z	Narzędzie estymacyjne
1	Biomasa nadziemna	Uwzględniono	CBM-CFS 3
2	Biomasa podziemna	Uwzględniono	CBM-CFS 3
3	Ściółka	Uwzględniono pośrednio	Metoda IPCC (w oparciu o ekstrapolowane dane)
4	Martwe drewno	Uwzględniono	CBM-CFS 3
5	Węgiel organiczny w materii gleby	Uwzględniono	Metoda IPCC (w oparciu o ekstrapolowane dane)
6	Produkty z pozyskanego drewna	Uwzględniono	Metoda IPCC2 , wykorzystująca funkcję rozpadu pierwszego stopnia

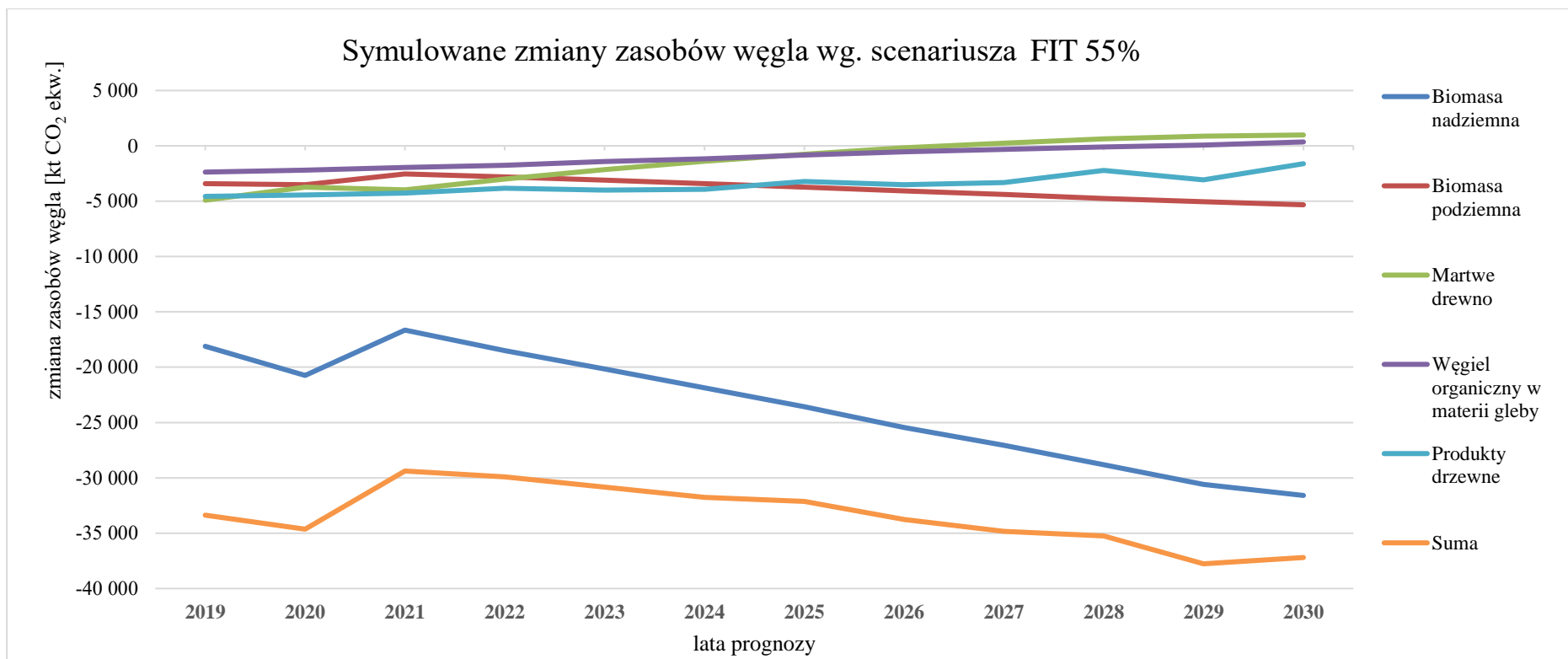
W ramach przeprowadzonych symulacji prognostycznych, realizowanych za pomocą modelu Carbon Budget Model Canadian Forestry Sector (CBM-CFS3), pominięto kwestię zmian warunków klimatycznych obserwowanych w okresie historycznym, tj. przyjęto, iż warunki

klimatyczne pozostają niezmiennie w funkcji czasu. Sam proces modelowania oparto na następujących elementach:

- wykorzystaniu jednostek powierzchniowych reprezentowanych przez homogeniczne (jednolite) grupy wiekowo-gatunkowe drzewostanów, z uwzględnieniem krain przyrodniczo-leśnych;
- wykorzystaniu dwóch głównych grup zaburzeń dynamiki rozwoju zasobów drzewnych, tj.: cięć przedrębnych, cięć rębnych;
- wykorzystaniu danych kwantyfikujących określone zaburzenia w postaci danych o pozyskaniu drewna w ujęciu miąższościowym w rozbiciu na lata oraz poszczególne grupy gatunkowo-wiekowe jak i krainy przyrodniczo-leśne.

Tabela 45 Symulowane zmiany zasobów węgla (przekonwertowane do postaci CO₂) wg jego rezerwuarów określonych w cz. B zał. I Rozporządzenia (UE) 2018/841 w ramach scenariusza FIT 55%

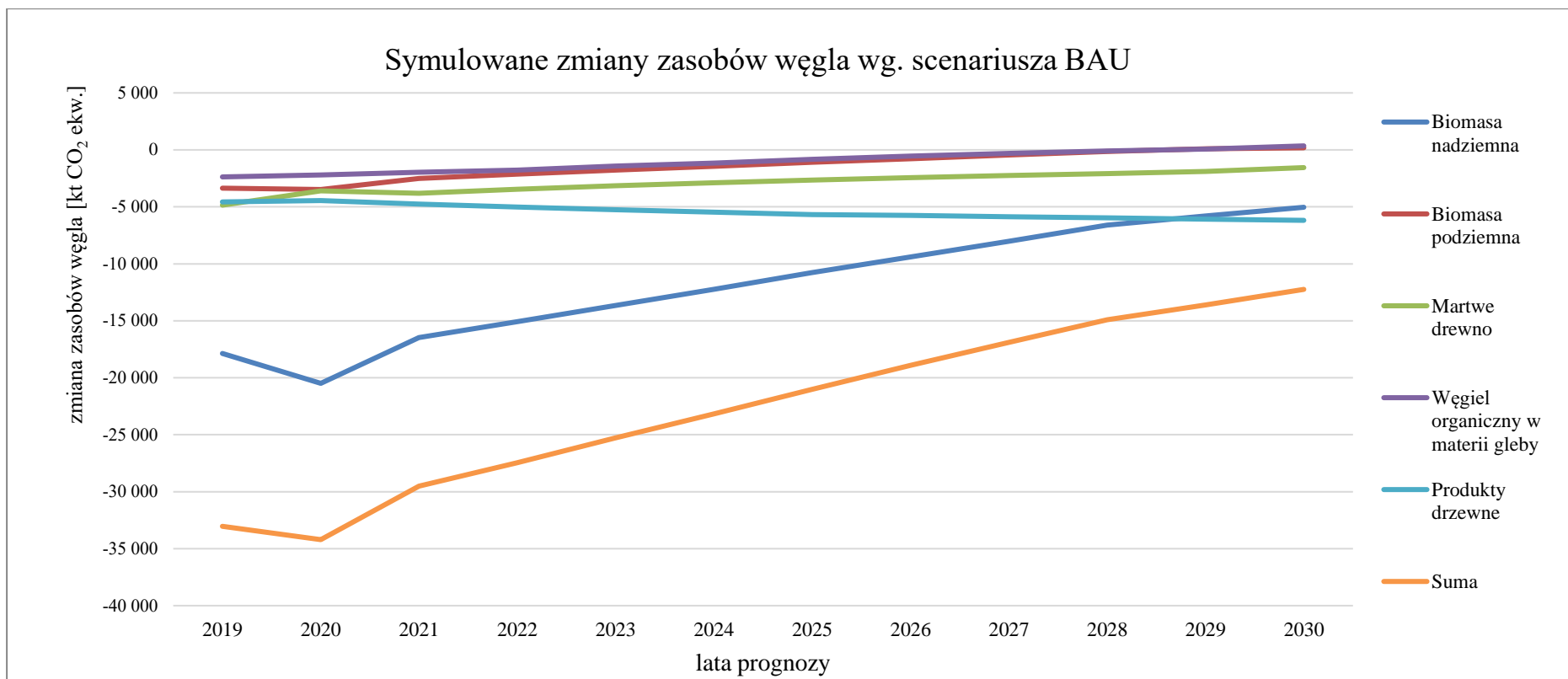
Rezerwuar węgla		Jednostka	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
a) biomasa nadziemna;		kt CO ₂	-18 118	-20 746	-16 649	-18 505	-20 166	-21 862	-23 561	-25 454	-27 047	-28 817	-30 583	-31 588
b) biomasa podziemna;		kt CO ₂	-3 407	-3 509	-2 539	-2 817	-3 101	-3 410	-3 730	-4 081	-4 397	-4 750	-5 043	-5 327
c) ściółka;		kt CO ₂	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE
d) martwe drewno;		kt CO ₂	-4 914	-3 735	-3 969	-3 001	-2 139	-1 391	-760	-165	247	623	865	983
e) węgiel organiczny w materii gleby;	gleby mineralne	kt CO ₂	-3 130	-2 958	-2 727	-2 533	-2 190	-1 933	-1 601	-1 308	-1 083	-855	-703	-413
	gleby organiczne	kt CO ₂	759	765	765	765	765	765	765	765	765	765	765	765
	łącznie	kt CO ₂	-2 371	-2 192	-1 962	-1 768	-1 425	-1 168	-836	-543	-318	-90	62	352
f) produkty z pozyskanego drewna		kt CO ₂	-4 565	-4 449	-4 263	-3 824	-4 001	-3 937	-3 229	-3 515	-3 328	-2 209	-3 065	-1 616
Suma (kt)		kt CO ₂	-33 376	-34 630	-29 381	-29 915	-30 833	-31 767	-32 117	-33 759	-34 843	-35 243	-37 765	-37 196
Suma (Mt)		Mt CO ₂	-33,38	-34,63	-29,38	-29,91	-30,83	-31,77	-32,12	-33,76	-34,84	-35,24	-37,76	-37,20



Rysunek 7 Zobrazowanie symulacji zmian zasobów węgla (przekonwertowane do postaci CO₂) w okresie 2019-2030 wg scenariusza FIT 55%

Tabela 46 Symulowane zmiany zasobów węgla (przekonwertowane do postaci CO₂) wg jego rezerwuarów określonych w cz. B zał. I Rozporządzenia (UE) 2018/841 w ramach scenariusza BAU

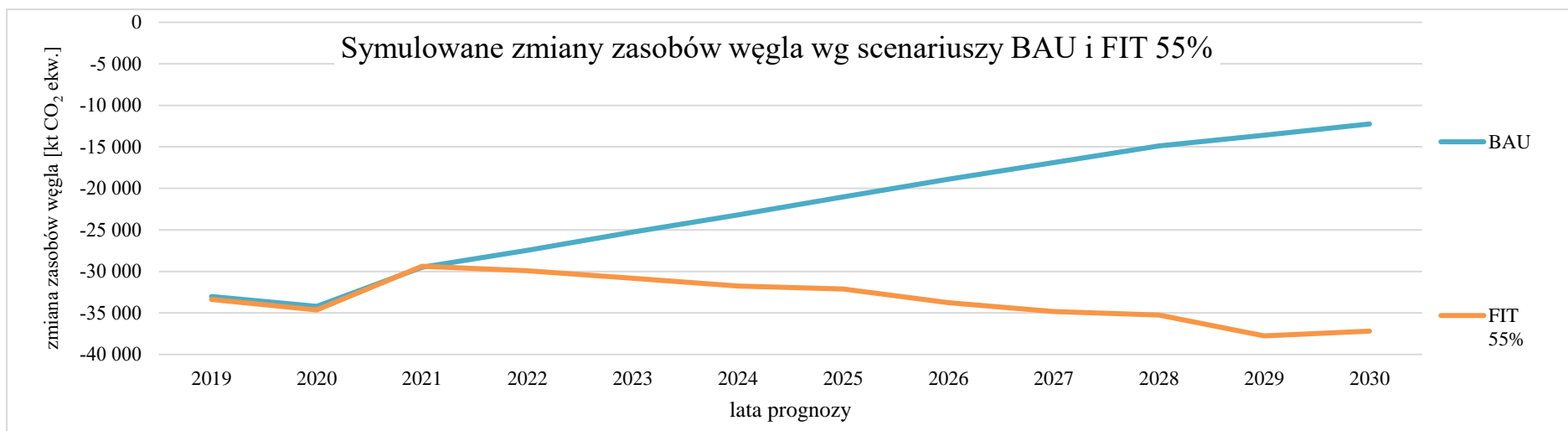
Rezerwuar węgla		Jednostka	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
a) biomasa nadziemna;		kt CO ₂	-17 874	-20 491	-16 461	-15 080	-13 661	-12 224	-10 765	-9 394	-8 018	-6 613	-5 787	-5 037
b) biomasa podziemna;		kt CO ₂	-3 367	-3 476	-2 511	-2 133	-1 777	-1 432	-1 092	-774	-457	-148	85	182
c) ściółka;		kt CO ₂	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE
d) martwe drewno;		kt CO ₂	-3 600	-3 821	-3 451	-3 143	-2 879	-2 657	-2 436	-2 237	-2 083	-1 886	-1 554	983
e) węgiel organiczny w materii gleby;	gleby mineralne	kt CO ₂	-2 958	-2 727	-2 533	-2 190	-1 933	-1 601	-1 308	-1 083	-855	-703	-413	-413
	gleby organiczne	kt CO ₂	765	765	765	765	765	765	765	765	765	765	765	765
	łącznie	kt CO ₂	-2 192	-1 962	-1 768	-1 425	-1 168	-836	-543	-318	-90	62	352	352
f) produkty z pozyskanego drewna		kt CO ₂	-4 565	-4 449	-4 760	-5 028	-5 264	-5 476	-5 670	-5 761	-5 860	-5 965	-6 074	-6 185
Suma (kt)		kt CO ₂	-33 029	-34 209	-29 515	-27 460	-25 270	-23 179	-21 020	-18 908	-16 891	-14 899	-13 600	-12 243
Suma (Mt)		Mt CO ₂	-33,03	-34,21	-29,51	-27,46	-25,27	-23,18	-21,02	-18,91	-16,89	-14,90	-13,60	-12,24



Rysunek 8 Zobrazowanie symulacji zmian zasobów węgla (przekonwertowane do postaci CO₂) w okresie 2019-2030 wg scenariusza BAU

Tabela 47 Przyrównanie symulowanych zmian zasobów węgla (przekonwertowanych do postaci CO₂) w ramach scenariusza FIT 55% i BA do poziomu referencyjnego (FRL 2000-2009)

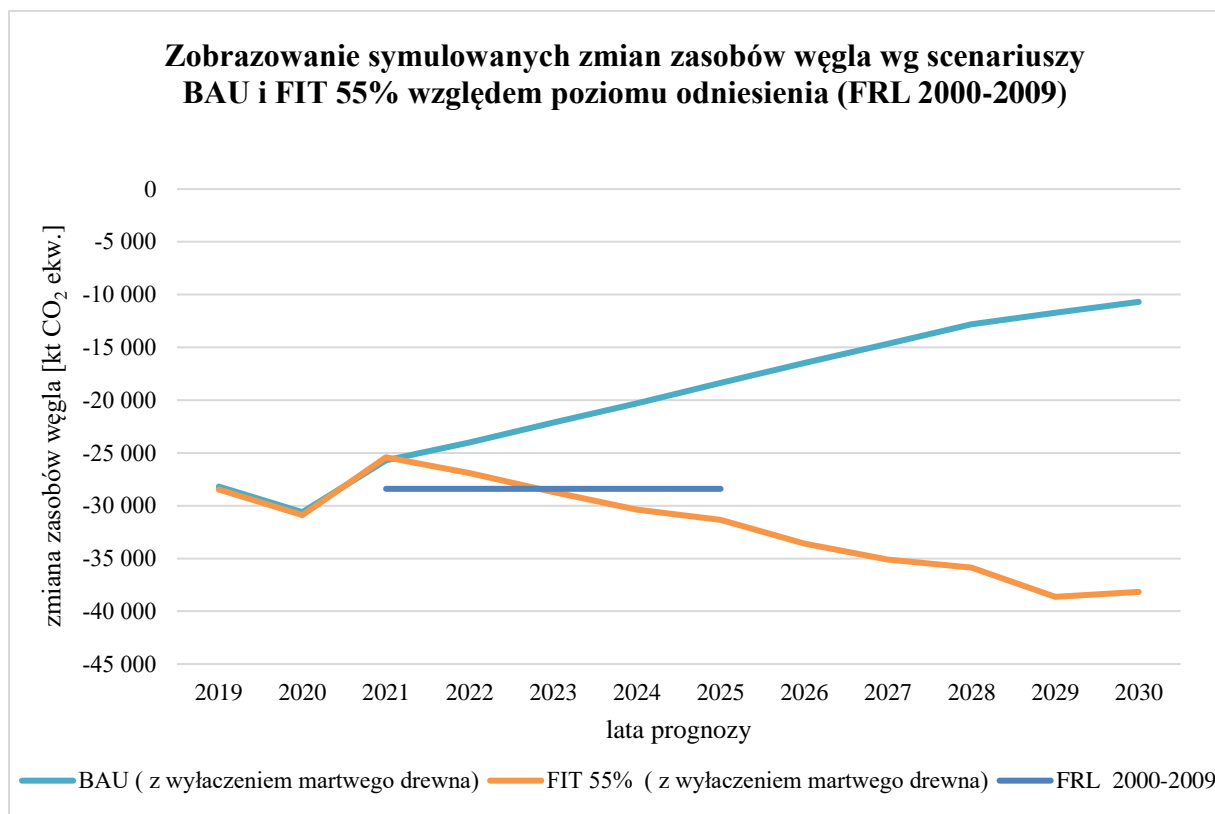
Scenariusz	Jednostka	Symbol	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Łącznie za okres	
BAU (z wyłączeniem martwego drewna)	kt CO ₂	A	-28 178	-30 609	-25 694	-24 009	-22 128	-20 300	-18 363	-16 472	-14 653	-12 816	-11 714	-10 689		
FIT 55% (z wyłączeniem martwego drewna)	kt CO ₂	B	-28 462	-30 895	-25 412	-26 914	-28 693	-30 377	-31 357	-33 594	-35 090	-35 866	-38 630	-38 179		
FRL 2000-2009	kt CO ₂	C	NA	NA	-28 400	-28 400	-28 400	-28 400	-28 400	NA	NA	NA	NA	NA		
BAU ver. FRL 2000-2009	kt CO ₂	D = A-B	NA	NA	2 706	4 391	6 272	8 100	10 037	NA	NA	NA	NA	NA		
FIT 55% ver. FRL 2000-2010	kt CO ₂	E = B-C	NA	NA	2 988	1 486	-293	-1 977	-2 957	NA	NA	NA	NA	NA	-752	



Rysunek 9 Zobrazowanie symulacji zmian zasobów węgla (przekonwertowane do postaci CO₂) w okresie 2019-2030 wg scenariusza BAU i FIT 55%

Jak już wspomniano w treści niniejszego dokumentu, państwa członkowskie w swoich szacunkach dla każdej raportowanej kategorii użytkowania gruntów powinny odzwierciedlić zmiany zasobów węgla w możliwie pełnym zakresie jego rezerwuarów. Lista wymaganych rezerwuarów zawarta jest w sekcji B załącznika I do rozporządzenia LULUCF. Niemniej jednak, państwom członkowskim pozostawiono pewną elastyczność w zakresie decyzji o nieuwzględnianiu w swoich rozliczeniach zmian zasobów węgla dla pewnych rezerwuarów węgla, o ile dany rezerwuar nie jest źródłem emisji. Przepis ten zastosowano tymczasowo w rozliczeniach zmian zasobów węgla w martwym drewnie, mając na uwadze względy metodyczne w zakresie prognozowania zmian zasobów tego rezerwuaru w oparciu o dane historyczne. Krótkotrwałe implikacje tego podejścia wiążą się z nieuwzględnieniem zmian zasobów węgla w martwym drewnie w ramach poziomu odniesienia, stanowiącego punkt wyjścia oceny mitygacyjnej działań z zakresu gospodarki leśnej prowadzonej w lasach zarządzanych.

Mając na względzie spójność danych wykorzystanych w analizach danych prognostycznych, w ramach przeprowadzonych analiz tymczasowo pominięto kwestię zmian zasobów węgla w ramach drewna martwego. Niemniej, w najbliższej przyszłości zakłada się uwzględnienie zmian zasobów węgla w ramach tego rezerwuaru, zarówno w mechanizmie sprawozdawczo-rozliczeniowym zdefiniowanym w ramach Rozporządzenia (UE) 2018/1999 ws. zarządzania Unią Energetyczną, jak również w zakresie finalnych rozliczeń nt. emisji i pochłaniania w sektorze LULUCF w pierwszym okresie rozliczeniowym (2021-2025) Rozporządzenia (UE) 2018/841. Zgodnie z zasadami mechanizmu sprawozdawczo-rozliczeniowego określonego w ramach Rozporządzenia (UE) 2018/1999 rozliczenie te zostaną przeprowadzone w 2027 r.



Rysunek 10 Zobrazowanie symulowanych zmian zasobów węgla wg scenariuszy BAU i FIT 55% względem poziomu odniesienia (FRL 2000-2009)

Zgodnie z art. 8 ust 1 Rozporządzenia (UE) 2018/841 sposób generowania ewentualnych kredytów węglowych opiera się na tzw. zasadach rozliczeniowych, zakładających, iż każde państwo członkowskie przyrównuje swoje sumaryczne emisje i pochłanianie w okresie rozliczeniowym do poziomu referencyjnego dla lasów, pomnożonego przez liczbę lat okresu rozliczeniowego.

Na potrzeby tego teoretycznego przyrównania, poziom odniesienia dla produktów drzewnych określono na bazie danych zawartych w „Krajowym planie rozliczeń dla leśnictwa” (Warszawa 2019). Zaczepnięty z tego dokumentu poziom odniesienia przyrównano następnie do danych uzyskanych dla wariantowych scenariuszy emisyjnych. Uzyskane wyniki szacunków dość jednoznacznie wskazują na zwiększający się względem scenariusza referencyjnego (FRL 2000-2009) potencjał akumulacji węgla (pochłaniania CO₂) w ramach scenariusza FIT 55%. Niestety odbywa się to kosztem przyjętych znaczących ograniczeń w zakresie pozyskania drewna. Scenariusz FIT 55% zakłada w swoich czynnikach pewne

ograniczania w zakresie pozyskania drewna. Zakładany poziom redukcji tego pozyskania w 2030 r. przekracza 30% średniorocznego rozmiaru użytkowania w okresie (2019–2021).

W świetle uwzględniających te założenia symulacji (mając na względzie relacje z poziomem odniesienia), można zauważyć, iż potencjalna różnica względem zakładanych poziomów akumulacji węgla w tych dwóch scenariuszach w perspektywie okresu 2021-2025 (wyrażona w postaci CO₂) powinna kształtować się na sumarycznym poziomie (-0,75) Mt CO₂ ekw (pochłaniania netto). Należy przy tym wskazać, iż brak działań ukierunkowanych na zwiększanie poziomu akumulacji węgla w lasach może znacząco utrudnić realizację stawianych zarówno sektorowi LULUCF, jak i poszczególnym jego składowym, celów mitygacyjnych (minimalnych wartości pochłaniania CO₂ netto) zarówno w okresie 2021-2025, jak i w dalszej perspektywie.

Niemniej jednak, przewidywana różnica względem zakładanych poziomów akumulacji węgla w perspektywie okresu 2021-2025 pomiędzy scenariuszami BAU i FRL 2000-2009 jest diametralnie odmienna i sumarycznie kształtuje się na poziomie 31,5 Mt CO₂ ekw. (emisji netto). Diametralnie odmienny przebieg trendu akumulacji CO₂ w scenariuszu BAU w perspektywie 2030 (zakładającym kontynuację dotychczas realizowanych działań gospodarczych), wiąże się ze zmniejszającą się dynamiką wzrostu zasobów drzewnych w skali globalnej (krajowej), co finalnie można również rozpatrywać w kontekście zbliżającego się momentu ustabilizowania się przeciętnej zasobności w lasach. Wydaje się, że podniesiony moment stabilizacji przeciętnej zasobności zostanie szybciej zaobserwowany w przypadku lasów zarządzanych przez Lasy Państwowe.

11.2.3. Kalkulacja efektu substytucji w produktach drzewnych

Ekosystemy leśne są jednym z najważniejszych rezerwarów tego pierwiastka w przyrodzie, pochłaniając go z atmosfery w procesie fotosyntezy. Jest przy tym korzystne, że węgiel pochłonięty w procesie wzrostu drzewa akumulowany jest w całym cyklu życia produktów wytworzonych z drewna, aż do ich spalania bądź rozkładu. Jest to unikalna, względem wszystkich substytutów, cecha drewna, pozwalająca na przesunięcie w czasie emisji węgla do atmosfery. Maksymalizacja korzyści środowiskowych w całym cyklu życia wyrobów drzewnych uzależniona jest od spełnienia warunków sformułowanych dla poszczególnych etapów tego cyklu, począwszy od zrównoważonego zarządzania lasami.

Tzw. analiza efektu substytucji węgla w produktach drzewnych oprócz rozpatrywania kwestii finalnego zagospodarowania drewna, uwzględnia również wątek trwałości węgla organicznego zakumulowanego w tych materiałach (produktach drzewnych). Sama kwantyfikacja tego efektu bazuje na szeregach czasowych historycznych danych nt. produkcji, importu i eksportu poszczególnych grup produktów drzewnych oraz aplikacji równań opierających się na wykorzystaniu funkcji rozpadu pierwszego stopnia i standardowych wartości czasu połowicznego rozpadu w odniesieniu do pozyskanych produktów drzewnych, jak to określono w załączniku V do Rozporządzenia (UE) 2018/841.

Standardowe okresy połowicznego rozpadu oznaczają liczbę lat niezbędną, aby ilość węgla przechowywana w konkretnej kategorii produktów z pozyskanego drewna zmalała do połowy jej pierwotnej wartości. Standardowe okresy połowicznego rozpadu, zunifikowane na poziomie UE są następujące:

- 2 lata dla papieru;
- 25 lat dla płyt drewnopochodnych;
- 35 lat dla tarcicy.

Należy zwrócić uwagę, iż dział 2.8.4.1 wytycznych IPCC 2013 (2014) konkretyzuje możliwe zestawy danych lub źródeł, które są również zgodne z rozporządzeniem LULUCF. Dane te obejmują dane nt. produktów z pozyskanego drewna, spójne z międzynarodową nomenklaturą i systemem klasyfikacyjnym HS (tj. kategorie „tarcica”, „płyty” oraz „papier i karton”).

W ramach analizy rozpatrywano dwa niezależne scenariusze efektu substytucji produktów węgla w ramach produktów drzewnych. Pierwszy, stanowiący punkt ewentualnych porównań, bazuje bezpośrednio na danych i metodzie uwzględnionych przy opracowywaniu „Krajowego planu rozliczeń dla leśnictwa” (Warszawa 2019). Przyjęte tam założenia w odniesieniu do tzw. poziomu bieżącego (BAU), zostały przyjęte przy opracowywaniu prognoz na potrzeby niniejszej ekspertyzy.

Do sporządzenia alternatywnej prognozy efektu substytucji produktów węgla w ramach produktów drzewnych wykorzystano metodykę zawartą w części 3.2.2 „Krajowego planu rozliczeń dla leśnictwa” (Warszawa 2019) tzw. współczynników korygujących. Należy zwrócić uwagę, iż wartości wskaźników korygujących określają poziom zmian prognozowanego pozyskania, w porównaniu ze średnim historycznym pozyskaniem w okresie 2011–2020 r.

Wartość tych wskaźników stanowi podstawowy czynnik sterujący prognozowaną produkcją wszystkich grup produktów z pozyskanego drewna w okresie 2021-2030.

Należy podkreślić, iż zastosowane podejście może być obarczone pewnym błędem interpretacyjnym. Niemniej zadaniem tego podejścia było zobrazować kierunek ewentualnych tendencji w zakresie produkcji poszczególnych grup surowców drzewnych. Obszar ten może być poddany znaczącym modyfikacjom prognostycznym, m.in. mając na względzie ocenę aktualnej sytuacji i przewidywanych zmian na rynku drzewnym, spodziewanych tendencji rozwoju sektora drzewnego i jego branż w horyzoncie prognozy, ocenę ogólnej sytuacji gospodarczej kraju i wpływu na nią koniunktury na rynkach zagranicznych oraz przewidywanego kształtowania się w przyszłości podstawowych makrowskaźników charakteryzujących tempo rozwoju gospodarczego, rozwoju budownictwa (kreatora popytu bezpośredniego na materiały i wyroby drzewne oraz popytu wtórnego, będącego popytem odłożonym w czasie (np. na meble, materiały podłogowe, elementy wyposażenia wnętrz)), a także wymiany handlowej z zagranicą.

Aby spełnić wymogi IPCC w zakresie szacowania wstępnych zasobów węgla, podobnie jak w rocznych raportach inwentaryzacyjnych, przy obliczaniu wkładu produktów z pozyskanego drewna do prognozowania w okresie 2021-2030, wykorzystano szereg czasowy danych dotyczących działalności (produkcji), obejmujący okres począwszy od 1900 r. Informacje nt. zastosowanego modelu oraz dalsze informacje metodyczne znajdują się w dziale 2.8.3 wytycznych IPCC 2013 KP Supplement (2014).

Szacunki prognostyczne efektu substytucji węgla w produktach drzewnych uwzględniają, jako punkt wyjścia prognozowane ilości pozyskanego drewna, oszacowane na podstawie metodyki uwzględniającej wskaźniki intensywności użytkowania, opisane w rozdziale 3.3.1. Podobnie jak w przykładzie opisanym w dziale 2.8.5 IPCC (IPCC 2014), wdrożono opisane niżej etapy w zakresie obliczania prognozowanego napływu węgla do rezerwuaru produktów z pozyskanego drewna:

- 1) Obliczenie poziomu zmian prognozowanego pozyskania, w porównaniu ze średnim historycznym pozyskaniem w okresie od 2011 r. do 2020 r. (Tabela 48), stanowiącą iloraz prognozowanej ilości pozyskanego drewna do średniej historycznej ilości pozyskanego drewna w latach 2011-2020. Wartości te usankcjonowano pod pojęciem wskaźników korygujących.

- 2) Zastosowanie rocznych wartości wskaźników korygujących, do określenia napływu węgla do rezerwuaru produktów z pozyskanego drewna za modelowany okres (tj. 2021-2030)

Przykład liczbowy:

(i) produkcja tarcicy w roku 2020: 8,9 Mm³ rok⁻¹

(ii) prognozowana produkcja tarcicy (w Mm³ rok⁻¹): w 2021 r. = 8,29 Mm³ rok⁻¹ (8,9*1,016), w 2022 r. = 7,83 Mm³ rok⁻¹, w 2023 r. = 8,30 Mm³ rok⁻¹, itd.

Tabela 48 Wartości wskaźników korygujących określających zmian prognozowanego pozyskania w latach 2021-2030

Rok	Pozyskanie wg GUS	Pozyskanie wg scenariusza FIT 55%			Wskaźnik korygujący
	Kraj	Lasy Państwowe	Lasy pozostałe*	Łącznie	
	tys. m ³				
2010	35 467	NA	NA	NA	NA
2011	37 180	NA	NA	NA	NA
2012	37 045	NA	NA	NA	NA
2013	37 946	NA	NA	NA	NA
2014	39 742	NA	NA	NA	NA
2015	40 247	NA	NA	NA	NA
2016	40 901	NA	NA	NA	NA
2017	44 275	NA	NA	NA	NA
2018	45 590	NA	NA	NA	NA
2019	42 366	NA	NA	NA	NA
2020	39 674	NA	NA	NA	NA
2021	NA	38 892	2 258	41 150	1,016
2022	NA	36 621	2 259	38 880	0,960
2023	NA	38 962	2 259	41 221	1,018
2024	NA	37 528	2 293	39 820	0,983
2025	NA	36 094	2 326	38 420	0,949
2026	NA	34 660	2 360	37 020	0,914
2027	NA	33 227	2 393	35 620	0,880
2028	NA	31 793	2 428	34 220	0,845
2029	NA	30 359	2 461	32 820	0,810
2030	NA	28 925	2 494	31 419	0,776

*należy wskazać, że wielkość pozyskania drewna w okresie prognozowanym w lasach pod zarządem Lasów Państwowych ustalono na podstawie danych według Głównego Urzędu Statystycznego (GUS) (tożsamy z danymi Lasów Państwowych), natomiast w „lasach pozostałych” – na podstawie danych WISL. Przyrównanie wielkości pozyskania według wskazanych źródeł (wielkości pozyskania według GUS i WISL) wskazuje, iż wielkości pozyskania drewna według WISL są o około 2,8 razy większe niż wartości według GUS r. Biorąc pod uwagę konieczność zachowanie spójności w zakresie analizowanych danych, na potrzeby powyższego zastosowania uwzględniono pomniejszenie wielkości pozyskania w lasach w oparciu o wskaźnik 2,8.

W kolejnym etapie, po określeniu wartości wskaźników korygujących, określono potencjalną produkcję poszczególnych grup produktów drzewnych. Należy zwrócić uwagę, iż niezależnie od potencjalnie dostępnych informacji dotyczących kształtowania się i/lub zmian we wzorcach konsumpcji lub produkcji odpowiednich towarów wytworzonych z produktów z pozyskanego drewna, powyższe kryterium ustalania wartości produkcji implikuje tym, iż proporcja pozyskanego drewna do określonych półwyrobów drewnianych reprezentujących produkty z pozyskanego drewna do zastosowania materiałowego lub jako lite drewno pozostaje niezmienna, podobnie jak ich udział produkcji względem wartości średniookresowego (w okresie 2011-2020) pozyskania drewna.

Powyższa uwaga wskazuje, że ta sama średnia proporcja pozyskanego drewna wykorzystywanego jako surowiec do przyszłej produkcji określonych kategorii produktów z pozyskanego drewna (tj. tarcicy, płyt drewnianych i drewnopochodnych, papieru i tektury, odzwierciedlana w ilości litego drewna) w okresie od 2011 r. do 2020 r., będzie również miała zastosowanie do okresu prognozowania.

W odniesieniu do prognozowania przyszłego kształtowania się emisji i pochłaniania dwutlenku węgla, roczny napływ węgla do jego rezerwuaru w produktach drzewnych określono, uwzględniając najnowsze dane nt. produktów drzewnych w oparciu o statystyki FAO.

12. OCENA EFEKTU ROZLICZENIOWEGO CELÓW PL OKREŚLONYCH W ART. 4 I W KOLUMNIE C ZAŁĄCZNIKA IIA ROZPORZĄDZENIA (UE) 2018/841

12.1. Wstęp

W ramach poniższego rozdziału przedstawiono wstępną ocenę efektu rozliczeniowego celów PL określonych w art. 4 i w kolumnie C załącznika Iia Rozporządzenia (UE) 2018/841 ze zmianami wynikającymi z art. 1 ust. 4 rozporządzenia (UE) 2023/839 w okresie 2021-2025. Kompilacja alternatywnych scenariuszy emisyjnych sektora LULUCF oraz zakładanej trajektorii liniowej, określonej na potrzeby rozliczeń celu określonego w ramach art. 4 rozporządzenia (UE) 2018/841, ze zmianami wynikającymi z art. 1 ust. 4 rozporządzenia (UE) 2023/839 zawarta jest w rozdziale 5.

Tabela 49 Prognozy rozliczeń dla sektora LULUCF za okres 2021-2025 wg scenariusza WEM

Rozliczeniowa kategoria użytkowania gruntów		Emisja/ pochłanianie netto						Parametry rozliczeniowe	Wymiar rozliczeniowy
		2021	2022	2023	2024	2025	Łącznie		
Obowiązkowe kategorie rozliczeniowe	Zarządzane grunty leśne	-25227.50	-37075.21	-40312.68	-39156.31	-37632.11	-179403.81		-14903.81
	- w tym grunty leśne pozostające gruntami leśnymi	-19843.40	-32373.03	-35920.56	-34892.36	-33357.11	-156386.45		
	- w tym produkty z pozyskanego drewna rozliczane w kategorii zarządzane grunty leśne	-5384.10	-4702.19	-4392.12	-4263.94	-4275.00	-23017.35		
	- w tym produkty z pozyskanego drewna, kategoria papier, rozliczane w kategorii zarządzane grunty leśne	-40.54	-48.77	-54.36	-48.65	-51.03	-243.34		
	- w tym martwe drewno	-4488.27	-4438.49	-5527.46	-4818.08	-4928.01	-14454.23		
	- wykluczenia emisji netto, rezultatu katastrof naturalnych	NA	NA	NA	NA	NA	NK		
	- wykluczenia pochłaniania netto z gruntów objętych klauzulą rozliczeń katastrof naturalnych	NA	NA	NA	NA	NA	NK		
	Poziom referencyjny dla lasów zarządzanych (FRL)							-28400.00	
	Korekty techniczne poziomu referencyjnego dla lasów zarządzanych							-4500.00	
	Limit rozliczeń dla lasów zarządzanych							101403.20	-14903.81
	Grunty zalesione	-1656.17	-1619.31	-1568.72	-1514.11	-1455.65	-7813.96		-7813.96
	- w tym produkty z pozyskanego drewna rozliczane w kategorii grunty zalesione	NA	NA	NA	NK	NK	0.00		
	- wykluczenia emisji netto, rezultatu katastrof naturalnych	NA	NA	NA	NA	NA	NK		
	- wykluczenia pochłaniania netto z gruntów objętych klauzulą rozliczeń katastrof naturalnych	NA	NA	NA	NA	NA	NK		
	Grunty wylesione	1709.27	1872.29	1705.10	1725.20	1756.14	8768.00		8768.00
	Zarządzane grunty uprawne	-2013.13	-1854.10	-1939.06	-1951.79	-1967.24	-9725.33	-1257.76	-3436.51
Zarządzane grunty trawiaste	3180.58	2904.88	2562.64	2659.94	2605.74	13913.79	2026.06	3783.47	
Kategorie rozliczeniowe rozliczane na zasadzie dobrowolności									
Zarządzane tereny podmokłe	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	
Łącznie								-13602.81	

Źródło: opracowanie własne na podstawie 1-go Dwuletniego Raportu Transparentności¹⁵

W przypadku scenariusza WEM (*with existing measures*), jak przedstawia Tabela 50, wymiar pochłaniania netto z sektora LULUCF, który mógłby być rozliczony w ramach elastyczności ESR-LULUCF, może wynosić ok. 13,6 mln t ekw. CO₂ w okresie 2021-2025 (2,7 rocznie), przy czym dane rzeczywiste za lata 2021-2023 wskazują wartość pochłaniania netto na poziomie ok. 1,6 mln t ekw. CO₂ rocznie.

¹⁵ <https://unfccc.int/documents/645254>

Tabela 50 Prognozy rozliczeń dla sektora LULUCF za okres 2021-2025 wg scenariusza WAM

Rozliczeniowa kategoria użytkowania gruntów		Emisja/ pochłanianie netto					Łącznie	Parametry rozliczeniowe	Wymiar rozliczeniowy
		2021	2022	2023	2024	2025			
Obowiązkowe kategorie rozliczeniowe	Zarządzane grunty leśne	-25227.50	-37075.21	-40312.68	-39156.31	-37632.11	-179403.81		-14903.81
	- w tym grunty leśne pozostające gruntami leśnymi	-19843.40	-32373.03	-35920.56	-34892.36	-33357.11	-156386.45		
	- w tym produkty z pozyskanego drewna rozliczane w kategorii zarządzane grunty leśne	-5384.10	-4702.19	-4392.12	-4263.94	-4275.00	-23017.35		
	- w tym produkty z pozyskanego drewna, kategoria papier, rozliczane w kategorii zarządzane grunty leśne	-40.54	-48.77	-54.36	-48.65	-51.03	-243.34		
	- w tym martwe drewno	-4488.27	-4438.49	-5527.46	-4818.08	-4928.01	-14454.23		
	- wyłączenia emisji netto, rezultatu katastrof naturalnych	NA	NA	NA	NA	NA	NK		
	- wyłączenia pochłaniania netto z gruntów objętych klauzulą rozliczeń katastrof naturalnych	NA	NA	NA	NA	NA	NK		
	Poziom referencyjny dla lasów zarządzanych (FRL)							-28400.00	
	Korekty techniczne poziomu referencyjnego dla lasów zarządzanych							-4500.00	
	Limit rozliczeń dla lasów zarządzanych							101403.20	-14903.81
	Grunty zalesione	-1656.17	-1619.31	-1568.72	-1514.11	-1455.65	-7813.96		-7813.96
	- w tym produkty z pozyskanego drewna rozliczane w kategorii grunty zalesione	NA	NA	NA	NK	NK	0.00		
	- wyłączenia emisji netto, rezultatu katastrof naturalnych	NA	NA	NA	NA	NA	NK		
	- wyłączenia pochłaniania netto z gruntów objętych klauzulą rozliczeń katastrof naturalnych	NA	NA	NA	NA	NA	NK		
	Grunty wylesione	1709.27	1872.29	1705.10	1725.20	1756.14	8768.00		8768.00
	Zarządzane uprawne grunty	-2013.13	-1854.10	-1939.06	-1951.79	-1967.24	-9725.33	-1257.76	-3436.51
	Zarządzane uprawne grunty trawiaste	3180.58	2904.88	2562.64	2659.94	2605.74	13913.79	2026.06	3783.47
Kategorie rozliczeniowe rozliczane na zasadzie dobrowolności									
Zarządzane tereny podmokłe	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	
Łącznie								-31744.98	

Źródło: opracowanie własne na podstawie 1-go Dwuletniego Raportu Transparentności¹⁶

Należy podkreślić, iż emisja/pochłanianie netto z sektora LULUCF jest powiązane ściśle z rozliczeniami w ramach nESR zasadą „no debit”¹⁷, która w pięcioleciu 2021-2025 ma charakter obligatoryjny. W związku z prognozowanym pochłanianiem netto, sektor LULUCF

¹⁶ <https://unfccc.int/documents/645254>

¹⁷ Zasada „no debit” mówi, że w latach 2021-2030 emisja CO₂ z sektora LULUCF jest pokryta (skompensowana) przez odpowiednie pochłanianie CO₂ w tym sektorze.

może automatycznie „obniżyć wielkość emisji” podlegającej rozliczeniu w ESR w okresie 2021-2025. W efekcie (w przypadku pozytywnego efektu rozliczeniowego dla sektora LULUCF) ułatwić to może rozliczenie celu ESR, zwiększając wielkość nadwyżki AEA. W przypadku scenariusza WAM (*with existing measures*), jak przedstawia Tabela 51, wymiar pochłaniania netto z sektora LULUCF który mógłby służyć do rozliczenia emisji GHG w ramach elastyczności ESR-LULUCF, może wynosić ok. 31.7 mln t ekw. CO₂ w okresie 2021-2025 (6,3 mln t ekw. CO₂ rocznie), przy czym podobnie jak w scenariuszu WEM dane rzeczywiste za lata 2021-2023 wskazują wartość pochłaniania na poziomie ok. 1,6 mln ekw. CO₂ rocznie.

Należy jednak podkreślić, że określone w tabelach wielkości potencjału mitygacyjnego LULUCF uwzględniają niezweryfikowaną wartość poziomu odniesienia dla lasów zarządzanych, określoną w akcie delegowanym przyjętym zgodnie z art. 8 ust. 8 i 9 rozporządzenia (UE) 2018/841. Wartość tego elementu może zostać skorygowana w oparciu o korekty techniczne zgodnie z art. 8 ust. 11 rozporządzenia 2018/841, które to państwa członkowskie mają obowiązek zaraportować w 2027 r. Niemniej jednak zachęca się je do raportowania tej informacji, gdy dane są dostępne.

Co istotne, zgodnie z art. 8 ust. 2, państwa członkowskie mogą rozliczyć nie więcej niż równowartość 3,5% krajowej emisji państwa członkowskiego w roku lub okresie bazowym określonym w załączniku III rozporządzenia 2018/841. W przypadku Polski rokiem bazowym jest rok 1988. Natomiast wartość krajowej emisji zgłoszona w roku 2024 kształtuje się na poziomie 578 909,45 ekw. CO₂. Równowartość 3,5% krajowej emisji państwa członkowskiego w roku bazowym dla Polski kształtuje się na poziomie 20 261,83 ekw. CO₂. Wyjątkiem w tym zakresie (nie podlegającym pod limit rozliczeniowy) są rozliczenia dotyczące martwego drewna i produktów z drewna pozyskanego, z wyłączeniem kategorii papieru, o której mowa w art. 9 ust. 1 lit. a) rozporządzenia (UE) 2018/841.

12.2. Historyczne dane emisyjne dla sektorów poza LULUCF

Wielkość emisji GC w sektorach nieobjętych EU ETS jest określana poprzez odjęcie emisji z instalacji uczestniczących w systemie EU ETS oraz emisji CO₂ z lotnictwa krajowego od sumy

emisji krajowej¹⁸. Inwentaryzacja emisji GC jest sporządzana corocznie dla roku $x-2$ i raportowana do 15 stycznia (wartości wstępne) oraz do 15 marca roku x (wartości ostateczne, które podlegają jeszcze unijnemu corocznemu przeglądowi). Ponadto p. czł. co roku składają do KE przybliżoną inwentaryzację emisji za rok $x-1$ (tzw. *proxy*), obejmującą wszystkie sektory gospodarki, w tym sektory nieobjęte EU ETS. Dane za rok $x-1$ są danymi szacunkowymi¹⁹ i służą do pokazania trendu emisji, zostają ostatecznie zweryfikowane wraz z opracowaniem inwentaryzacji emisji w kolejnym roku dla roku $x-2$.

Dane emisyjne, w tym dane za rok 2023, a także rekalkulacje za lata poprzednie od 1988 r., opracowane na potrzeby raportowania, są przedmiotem ww. unijnego przeglądu. Zestawienie przedstawione w pkt 3 2 fiszki (prezentuje dane emisyjne z obszaru ESR za lata 2021-2023, zgłoszone wstępnie w ramach załącznika XV do rozporządzenia wykonawczego 2020/1208 w terminie 15 stycznia br.

Według wstępnych oszacowań krajowa emisja gazów cieplarnianych w 2023 r. wg GWP²⁰ z AR5²¹ wyniosła 347,8 mln t CO₂ ekw. (347 802,965 kt CO₂ ekw.). Na tej podstawie obliczono wielkość emisji gazów cieplarnianych w sektorach nieobjętych ETS w 2023 r. wg GWP z AR5.

12.3. Prognozy emisyjne bez bilansu netto emisji i pochłaniania GC w kategorii 4, czyli tzw. LULUCF

Na potrzeby niniejszej analizy wykorzystano aktualne dane projekcyjne wyrażane wg wartości GWP (współczynników globalnego ocieplenia) zawarte w 5-tym Raporcie IPCC ws zmian klimatu (IPCC 5th Assessment Report), które zostały zawarte w zgłoszonym pod koniec roku ubiegłego raporcie BTR1²² dla Polski. Obecnie kontynuowane są prace nad aktualizacją

¹⁸ Bez uwzględniania bilansu netto emisji i pochłaniania GC w kategorii 4, czyli tzw. LULUCF

¹⁹ Dane *proxy* za rok 2024 będą dostępne pod koniec czerwca br.

²⁰ GWP – wskaźnik potencjału globalnego ocieplenia (global warming potential)

²¹ AR5 –Piąty raport oceniający IPCC w sprawie zmian klimatu (IPCC 5th Assessment Report)

²² „Pierwszy raport transparentności dla Konferencji Stron Ramowej konwencji Narodów Zjednoczonych w sprawie zmian klimatu” (Biennial Transparency Report, BTR1), przekazany do Sekretariatu Konwencji Klimatycznej (UNFCCC) w grudniu 2024 r., dostęp: <https://unfccc.int/documents/645254> lub Piąty raport oceniający IPCC w sprawie zmian klimatu (IPCC 5th Assessment Report)

²² „Pierwszy raport transparentności dla Konferencji Stron Ramowej konwencji Narodów Zjednoczonych w sprawie zmian klimatu” (Biennial Transparency Report <https://gofile.me/7g2yK/n3lagTGAM>)

KPEiK²³, w ramach których mogą zostać przedstawione zrewidowane prognozy emisyjne. Szacowane wysokości emisji obrazuje Tabela 52. Zaprezentowano w niej zaraportowane w grudniu 2024 r. w ramach zgłoszenia BTR1 projekcje w scenariuszach WEM i WAM (odpowiednio *With Existing Measures* oraz *With Additional Measures*).

Tabela 51 Prognozy emisji ESR w latach 2021-2030 w Polsce [t CO₂ ekw.]

Rok	WEM	WAM
2021	207 851 063	207 851 063
2022	202 221 201	201 983 582
2023	196 591 339	196 116 101
2024	190 961 477	190 248 620
2025	185 331 615	184 381 139
2026	181 255 507	178 988 222
2027	177 179 399	173 595 305
2028	173 103 291	168 202 388
2029	169 027 183	162 809 471
2030	164 951 075	157 416 555

Źródło: oprac. własne

12.4. Prognozy emisyjne bilansu netto emisji i pochłaniania GC w kategorii 4, czyli tzw. LULUCF

Również w tym przypadku, na potrzeby niniejszej analizy wykorzystano aktualne dane projekcyjne wyrażane wg wartości GWP (współczynników globalnego ocieplenia) zawarte w 5-tym Raporcie IPCC ws. zmian klimatu (IPCC 5th Assessment Report), które zostały zawarte w zgłoszonym pod koniec roku ubiegłego raporcie BTR1²⁴ dla Polski. Dane prognostyczne dla lat 2024-2025 stanowią element analiz prognostycznych realizowanych w ramach projektu „Gotowii na 55%”. Obecnie kontynuowane są prace nad aktualizacją KPEiK, w ramach którego przygotowywane są zrewidowane projekcje gc. Dla sektora LULUCF. Rewizja projekcji wiąże się m.in. z opracowaniem danych nt. prognozowanych wartości emisji i pochłaniania CO₂ realizowanych w związku z rozwojem zasobów drzewnych na terenach nieleśnych (systemach agroleśnych). Dane w tym zakresie zostały przygotowane w układzie użytkowania gruntów, co pozwala na lepsze zrozumienie wpływu zmian

²³ Krajowy Plan na rzecz Energii i Klimatu

²⁴ „Pierwszy raport transparentności dla Konferencji Stron Ramowej konwencji Narodów Zjednoczonych w sprawie zmian klimatu” (Biennial Transparency Report, BTR1), przekazany do Sekretariatu Konwencji Klimatycznej (UNFCCC) w grudniu 2024 r., dostęp: <https://unfccc.int/documents/645254> lub <https://gofile.me/7g2yK/n3lagTGAM>

w użytkowaniu ziemi na emisje gazów cieplarnianych. Charakterystykę danych emisyjnych przedstawia Tabela 52.

Niniejszy rozdział przedstawia również dodatkowo ogólne informacje na temat sposobu wdrażania ram obliczania emisji i pochłaniania CO₂ w systemach agroleśnych na podstawie zmian zasobów węgla w rezerwuarach węgla obejmujących żywą biomasę i martwe drewno. Modelowanie bilansu pochłaniania i emisji węgla wykonano za pomocą oprogramowania CBM CFS3, którego pełna dokumentacja dostępna jest na stronie <https://ostrnrcan-dostrnrcan.canada.ca/entities/publication/7570539d-a457-43ef-9215-584ad612f409>. W stosunku do oprogramowania w wersji podstawowej, wprowadzono szereg zmian, korzystając częściowo z parametrów wykorzystywanych przez JRC (Pilli et al. 2016 a 2016 b, 2018) a częściowo wykorzystując dane charakterystyczne dla Polski.

W procesie modelowania uwzględniono między innymi:

- przystosowane do warunków Polski współczynniki konwersji i ekspansji (BEF),
- przystosowane do warunków Polski gęstości drewna,
- przyjęty w Polsce podział na kategorie użytków gruntowych

Ponadto w procesie modelowania:

- wykorzystano homogeniczne zgrupowania drzew zagregowane według powierzchni reprezentujące poszczególne grupy gatunkowo-wiekowe, z uwzględnieniem krain przyrodniczo-leśnych,
- rozpatrzono dwie grupy zaburzeń: cięcia przedrębne, cięcia rębne,
- wykorzystano dane o pozyskaniu w ujęciu miąższościowym, w rozbiciu na lata oraz poszczególne grupy gatunkowo-wiekowe i krainy przyrodniczo-leśne,
- zastosowano wieki rębności stosowane w polskiej gospodarce leśnej zgodnie z planowaniem urzędzeniowym²⁵,
- wykorzystano krzywe wzrostu określone na podstawie danych WISL przedstawione w załączniku I do Krajowego Planu Rozliczeń dla Leśnictwa w roku 2019²⁶.

²⁵ Instrukcja urządzania lasu, PGL Lasy Państwowe, 2003; Rozporządzenie Ministra Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa z dnia 28 grudnia 1998 r. w sprawie szczegółowych zasad sporządzania planu urządzania lasu, uproszczonego planu urządzania lasu oraz inwentaryzacji stanu lasu

²⁶ <https://www.gov.pl/attachment/29894b27-90ed-460c-beb6-9e1b3d7d50de>

Należy zwrócić uwagę, iż w przypadku prognoz rozwoju zasobów drzewnych w ramach systemów agroleśnych nie uwzględniono zasad prowadzenia gospodarki leśnej zgodnie z ustawą z dnia 28 września 1991 r. o lasach, a dane nt. pozyskania w ujęciu miąższościowym stanowią rezultat kalkulacji uwzględniający historyczne wartości wskaźników użytkowania rębego i przedrębego.

Mając jednak na uwadze najnowsze (niepublikowane) dane WISL oraz informacje o masowym zamieraniu drzew w ostatnich dwóch latach, wynikających m.in. z suszy i działania szkodników wtórnych, scenariusz ograniczający pozyskanie drewna (WAM) może nie przynieść oczekiwanych rezultatów. Dynamika zasobów drzewnych w otoczeniu szybko zmieniającego się klimatu wydaje się trudna do przewidzenia/prognozowania.

Tabela 52 Prognozy emisji i pochłaniania g.c. generowane w związku z rozwojem zasobów drzewnych na terenach nieleśnych w latach 2021-2030 w Polsce wg form użytkowania

Kategoria	Rezeruar	Jednostka	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Grunty uprawne	Biomasa żywa	kt C	199.47	203.26	203.62	204.00	204.41	204.83	205.27	205.67	206.05	206.62	206.35
	Martwe drewno	kt C	-2.25	-1.97	-1.70	-1.45	-1.24	-1.05	-0.87	-0.72	-0.58	-0.45	-0.34
	Łącznie	kt C	197.22	201.29	201.92	202.55	203.17	203.79	204.39	204.95	205.47	206.17	206.01
Grunty trawiaste	Biomasa żywa	kt C	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38
	Martwe drewno	kt C	-0.52	-0.45	-0.39	-0.34	-0.30	-0.26	-0.23	-0.20	-0.17	-0.15	-0.13
	Łącznie	kt C	-0.13	-0.07	-0.01	0.04	0.08	0.12	0.15	0.18	0.21	0.23	0.25
Tereny podmokłe	Biomasa żywa	kt C	1.55	1.54	1.52	1.51	1.50	1.49	1.47	1.46	1.45	1.44	1.43
	Martwe drewno	kt C	-0.12	-0.10	-0.08	-0.07	-0.05	-0.04	-0.03	-0.02	-0.02	-0.01	0.00
	Łącznie	kt C	1.43	1.44	1.44	1.44	1.44	1.44	1.44	1.44	1.43	1.43	1.43
Tereny zabudowane	Biomasa żywa	kt C	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.33
	Martwe drewno	kt C	-0.18	-0.16	-0.14	-0.12	-0.11	-0.09	-0.08	-0.07	-0.06	-0.06	-0.05
	Łącznie	kt C	0.16	0.18	0.20	0.22	0.23	0.24	0.25	0.26	0.27	0.28	0.29
Tereny inne	Biomasa żywa	kt C	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	Martwe drewno	kt C	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	Łącznie	kt C	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Łącznie		kt C	kt C	202.85	203.55	204.25	204.93	205.59	206.24	206.84	207.38	208.11	207.97

Źródło: oprac. własne

13. OCENA POSTĘPU REALIZACJI CELU NA PODSTAWIE ART.29 ROZPORZĄDZENIA (UE) 2018/1999

13.1. Wstęp

Rok 2025 stanowi kolejny rok operacyjnego funkcjonowania zrewidowanego rozporządzenia (UE) 2018/841 (zrewidowanego rozporządzeniem (UE) 2023/839). W efekcie w 2025 roku kraje przedstawiły swoje historyczne emisje za lata 2021-2023. Analiza danych historycznych wespół z analizą danych prognostycznych przygotowane w ramach projektu „Gotowi na 55%” pozwala na wstępne odniesienie się do realizacji m.in. wartości referencyjnych emisji i pochłaniania dla sektora LULUCF w pełnym okresie rozliczeniowym 2021-2025

Analizy takie mogą być prowadzone na wielu płaszczyznach. Jedną z najważniejszych jest m.in. roczna ocena danych historycznych dokonywana przez KE na podstawie art. 29 rozporządzenia (UE) 2018/1999²⁷ ws. sprawie zarządzania unią energetyczną i działaniami w dziedzinie klimatu, zmiany rozporządzeń Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) nr 663/2009 i (WE) nr 715/2009, dyrektyw Parlamentu Europejskiego i Rady 94/22/WE, 98/70/WE, 2009/31/WE, 2009/73/WE, 2010/31/UE, 2012/27/UE i 2013/30/UE, dyrektyw Rady 2009/119/WE i (EU) 2015/652 oraz uchylecia rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) nr 525/2013.

Zgodnie z ust 1 art. 29 rozporządzenia 2018/1999, do dnia 31 października 2021 r., a następnie co dwa lata Komisja Europejska (KE) ocenia:

- postęp na poziomie unijnym w realizacji założeń unii energetycznej, w tym – w pierwszym okresie dziesięcioletnim – postęp w realizacji celów Unii na rok 2030 w dziedzinie energii i klimatu, zwłaszcza z myślą o uniknięciu niewypełnienia celów Unii na rok 2030 w dziedzinie energii ze źródeł odnawialnych i efektywności energetycznej,

²⁷ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A02018R1999-20231120>
– tekst jednolity z dnia 20/11/2023

- postępy poszczególnych państw członkowskich w osiągnięciu ich celów, w tym unijnego celu neutralności klimatycznej określonego w art. 2 ust. 1 rozporządzenia (UE) 2021/1119,
- postęp we wdrażaniu strategii politycznych i środków określonych w zintegrowanym krajowym planie w dziedzinie energii i klimatu.

Komisja dokonuje oceny w szczególności na podstawie zintegrowanych krajowych sprawozdań z postępów w dziedzinie energii i klimatu, innych informacji przekazanych na podstawie niniejszego rozporządzenia (w tym m.in. sprawozdań rocznych ujętych w art. 26 ust 1 rozporządzenia 2018/1999), wskaźników oraz statystyk i danych europejskich, jeżeli są dostępne.

Ponadto, zgodnie z ust 5 wspomnianego artykułu do dnia 31 października 2021 r., a następnie co roku Komisja ocenia, w szczególności na podstawie informacji zgłoszonych zgodnie z rozporządzeniem 2018/1999, czy Unia i jej państwa członkowskie poczyniły wystarczające postępy w realizacji następujących obowiązków:

- a) zobowiązania na mocy art. 4 UNFCCC i art. 3 Porozumienia paryskiego, jak określono w decyzjach przyjętych przez Konferencję Stron UNFCCC lub Konferencję Stron UNFCCC służącą jako spotkanie Stron Porozumienia paryskiego;
- b) obowiązki określone w art. 4 rozporządzenia (UE) 2018/842 i art. 4 rozporządzenia (UE) 2018/841;
- c) założenia wyznaczone w zintegrowanych krajowych planach w dziedzinie energii i klimatu w dążeniu do osiągnięcia założeń unii energetycznej oraz – w pierwszym okresie dziesięcioletnim – w dążeniu do osiągnięcia celów na rok 2030 w dziedzinie energii i klimatu.

W sytuacji szczególnej, tj. w przypadku niezgodności rozwoju polityk przez Państwo członkowskie z nadrzędnymi założeniami unii energetycznej oraz celami rozporządzenia (UE) 2018/842 w oparciu o ocenę przeprowadzoną zgodnie z art. 29 ust. 1 lit. a), Komisja wystosowuje zalecenia do państwa członkowskiego zgodnie z art. 34 rozporządzenia 2018/1999.

Ponadto, jeżeli na podstawie oceny projektów zintegrowanych krajowych planów w dziedzinie energii i klimatu na mocy art. 9 rozporządzenia 2018/1999 lub na podstawie oceny projektów

aktualizacji ostatecznych planów na mocy art. 14 rozporządzenia 2018/1999 oraz w ramach procedury iteracyjnej Komisja stwierdzi, że cele, założenia i wkłady państw członkowskich nie są wystarczające do zbiorczej realizacji założeń unii energetycznej, a w szczególności – w pierwszym okresie dziesięcioletnim – wiążącego unijnego celu dotyczącego energii ze źródeł odnawialnych na rok 2030 oraz unijnego celu dotyczącego efektywności energetycznej na rok 2030, wydaje ona zalecenia dla państw członkowskich, których wkłady uzna za niewystarczające, w celu zwiększenia poziomu ich ambicji, aby zapewnić wystarczająco wysoki zbiorczy poziom ambicji.

W tym przypadku, podobnie jak w sytuacji poprzedniej, tj. jeżeli na podstawie oceny przeprowadzonej zgodnie z art. 29 ust. 1 lit. b) Komisja stwierdzi, że państwo członkowskie nie poczyniło wystarczających postępów w osiągnięciu swoich celów, założeń i wkładów, a także swoich wartości odniesienia dla energii ze źródeł odnawialnych lub we wdrożeniu polityk i środków określonych w zintegrowanym krajowym planie w dziedzinie klimatu i energii, wydaje zalecenia dla danego państwa członkowskiego zgodnie z art. 34 rozporządzenia 2018/1999

13.2. Zalecenia dla państw członkowskich

Zalecenia Komisji dla państw członkowskich sformułowane zgodnie z art. 34 rozporządzenia 2018/1999 mają na celu zapewnienie realizacji założeń unii energetycznej. Komisja po ich opracowaniu niezwłocznie podaje te zalecenia do wiadomości publicznej. Ponadto, ocenę przeprowadzoną zgodnie z art. 29 oraz, w stosownych przypadkach, zalecenia zgodnie z art. 34, KE zawiera w sprawozdaniu na temat stanu unii energetycznej, które przedkłada do dnia 31 października każdego roku Parlamentowi Europejskiemu i Radzie.

13.3. Odpowiedź państw członkowskich na zalecenia KE

W odpowiedzi na ocenę i ew. rekomendacje KE, w przypadku niewystarczających postępów w realizacji założeń i celów określonych art. 4 rozporządzenia (UE) 2018/841, państwo członkowskie w kolejnym sprawozdaniu z postępów, o którym mowa w art. 17 rozporządzenia 2018/1999, określa dodatkowe wdrożone, przyjęte i planowane środki. Co ważne, w przypadku zaleceń KE wydanych zgodnie z art. 32 ust. 1 lub 2, dane państwo członkowskie włącza do swojego zintegrowanego krajowego sprawozdania z postępów w dziedzinie energii i klimatu informacje na temat polityk i środków, które przyjęło lub zamierza przyjąć i wdrożyć,

by uwzględnić te zalecenia. W stosownych przypadkach informacje takie obejmują szczegółowy harmonogram wdrożenia.

13.4. Kontrola zgodności

Wstępna ocena realizacji wartości referencyjnych emisji i pochłaniania w okresie 2021-2023 przedstawiona jest w rozdziale 12 niniejszego opracowania. Warto podkreślić, iż efekt rozliczeniowy, który w przypadku scenariusza WEM przedstawiają

Tabela 3 i Tabela 49 (dla WAM odpowiednio: Tabela 4 i Tabela 50), może być rozpatrywany również w kontekście elastycznych rozliczeń emisji z obszaru ESR i LULUCF. W świetle elastycznego podejścia do rozliczeń całego obszaru nonETS, to jest nieobjętego unijnym systemem handlu uprawnieniami do emisji, rozliczenie emisji z sektorów objętych rozporządzeniem ESR (2018/842) może odbywać się przy wykorzystaniu udziału emisji i pochłaniania netto wygenerowanego zgodnie z rozporządzeniem Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2018/841 z uwagi na istniejące między tymi sektorami powiązania (art. 7 rozporządzenia 2018/842). Rozliczenia w tym zakresie odbywać się będzie jak dotychczas w dwóch terminach:

- w 2027 r. dla pięcioletki 2021-2025
- w 2032 r. dla pięcioletki 2026-2030.

Rozliczanie emisji LULUCF w dwóch cyklach pięcioletnich będzie oznaczało kumulację procedur związanych z zapewnieniem zgodności (tzw. compliance). Zgodnie z art. 38 ust. 6 rozporządzenia 2018/1999, oraz art. 59f rozporządzenia delegowanego KE²⁸, kontrola zgodności za kolejne lata z okresu 2022-2025 (i odpowiednio 2027-2030) będzie się odbywała w odstępach miesięcznych (miesiąc po dacie kontroli zgodności dla poprzedniego roku).

Należy przy tym pamiętać, że w 2025 r. planowany jest nowy, dodatkowy kompleksowy przegląd nESR i LULUCF, wprowadzony rozporządzeniem (UE) 2023/839 zmieniającym rozporządzenie LULUCF. Celem tego kompleksowego przeglądu w 2025 r. będzie określenie rocznych celów redukcji emisji GC netto p. czł. zgodnie z art. 4 ust. 3 rozporządzenia 2018/841 oraz ustalenie rocznych limitów emisji na lata 2026-2029 dla p. czł. zgodnie z art. 4 ust. 3 rozporządzenia 2018/842. Tym samym wyniki tego przeglądu mogą wywrzeć wpływ na kształtowanie się krajowego limitu emisji GC w okresie 2026-2030.

²⁸ Rozporządzenie Delegowane Komisji (UE) 2019/1122 z dnia 12 marca 2019 r. uzupełniające dyrektywę 2003/87/WE Parlamentu Europejskiego i Rady w odniesieniu do funkcjonowania rejestru Unii – tekst obowiązujący od dnia 01/01/2025:

(<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/HTML/?uri=CELEX:02019R1122-20250101>)

14. PODSUMOWANIE

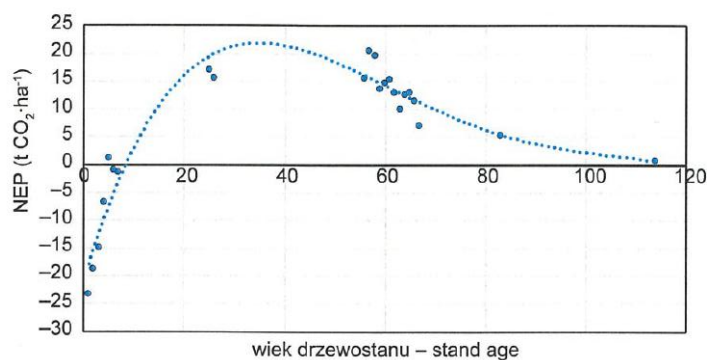
Rozdział powstał w oparciu o ekspertyzę przygotowaną na zlecenie DGLP pt. „Określenie wpływu na gospodarkę leśną zmienionego rozporządzenia (UE) 2018/841 w sprawie włączenia emisji i pochłaniania gazów cieplarnianych w wyniku działalności związanej z użytkowaniem gruntów, zmianą użytkowania gruntów i leśnictwem do ram polityki klimatyczno-energetycznej”. Należy przy tym zwrócić uwagę, że w konsekwencji uwzględnienia w danych prognostycznych wymaganych ramach art. 18 rozporządzenia ws zarządzania unią energetyczną (2018/1999) scenariusza BAU zawartego w ekspertyzie „Określenie wpływu na gospodarkę leśną...”, mechanizm wypełnienia celu dla Polski w zakresie pochłaniania CO₂ w poszczególnych okresach rozliczeniowych określonych w Rozporządzeniu (UE) 841/2018 (m.in. cel zwiększenia pochłaniania o 3,278 mln t ekw. CO₂ dla Polski do 2030) powinien uwzględniać kompleksowe wykorzystanie elastyczności określonych w art. 12 i 13 rozporządzenia 2018/841 (RLULUCF).

14.1. Analiza SWOT

Analiza SWOT wpływu proponowanych zmian rozporządzenia (UE) 2018/841 (rozporządzenia LULUCF) na gospodarkę leśną, sektor leśno-drzewny oraz stan zdrowotny i przyrodniczy lasów.

Tabela 53 Uproszczona analiza SWOT

MOCNE STRONY	SŁABE STRONY
<ul style="list-style-type: none"> • Dążenie do osiągnięcia neutralności klimatycznej i zahamowania wzrostu średniej temperatury Ziemi (realizacja porozumienia paryskiego) dodatkowo mobilizują do prowadzenia dalszych działań mających na celu poprawę trwałości i odporności lasów na zmiany klimatu. • Poparcie społeczne dla działań na rzecz ochrony klimatu. • Wiele działań realizowanych standardowo przez LP wpisuje się zadania stawiane w pakiecie Fit for 55 (ochrona gleb, mała retencja, leśnictwo bliższe naturze, zwiększanie bioróżnorodności – martwe drewno, zwiększanie udziału gat. liściastych itp.). Wystarczy je tylko wyeksponować/nagłośnić. • Istnieje znaczny potencjał gruntów, które mogłyby zostać zalesione i w przyszłości pozytywnie wpłynąć na bilans pochłaniania CO₂. • Struktura organizacyjna LP umożliwiająca sprawną realizację celów LULUCF. • Polska dysponuje coraz większymi zasobami leśnymi, charakteryzującymi się znaczną bioróżnorodnością, mającymi istotny wkład w wiązanie i magazynowanie węgla z atmosfery. 	<ul style="list-style-type: none"> • Wszelkie zmiany w lasach, które zapewnią w przyszłości lepsze pochłanianie wymagają długiej perspektywy czasowej. Osiągnięcie, poprzez szybki i wymuszony wzrost zasobów leśnych będący konsekwencją ograniczenia użytkowania, krótkoterminowych celów (w LULUCF do roku 2030), skutkować będzie spadkiem pochłaniania w okresie późniejszym²⁹. Rosnący wiek i zasobność lasów może w przyszłości doprowadzić do zamierania drzewostanów i konieczności ponoszenia wysokich kosztów na odbudowę ekosystemów leśnych. • Zaproponowany w projekcie Rozporządzenia LULUCF mechanizm dystrybucji krajowych celów jest wysoce demotywujący. Różnice w przydziałach, zależą m.in. od powierzchni kraju i nie odzwierciedlają potencjału poszczególnych państw członkowskich w zakresie sekwestracji CO₂. Mechanizm ten ponadprzeciętnie obciąża wąską grupę państw członkowskich. Takie podejście nie jest zgodne z zasadą solidarności pomiędzy państwami członkowskimi i może w przyszłości być źródłem konfliktów i problemów w kwestii uzyskania uzgodnionego stanowiska państw członkowskich. • Przy obecnej strukturze własności lasów w Polsce, realizacja zwiększonych celów LULUCF spocznie głównie na Lasach Państwowych. Jednocześnie nie zaproponowano zadowalających mechanizmów kompensujących ograniczenie przychodów.



29

Zdolność pochłaniania CO₂ w drzewostanach sosnowych w Polsce w zależności od wieku (Źródło: Olejnik i Małek 2020 s. 395)

	<ul style="list-style-type: none"> • Inne sektory gospodarki (tzw. sektor ESR) może formułować oczekiwania (żądania) wytworzenia przez lasy nadwyżek z LULUCF w ramach tzw. elastyczności. • Ograniczenie podaży surowca drzewnego stwarza niebezpieczeństwo zachwiania ważnego społecznie i gospodarczo sektora leśno-drzewnego (dającego ok. 350 tys. miejsc pracy, ok. 9% eksportu i ok.10% produkcji przemysłowej), wykorzystującego odnawialny, biodegradowalny, wiążący węgiel w produktach drzewnych, surowiec w postaci drewna pozyskiwany w ramach zrównoważonej, wielofunkcyjnej gospodarki leśnej (rozwój tego sektora wpisuje się w pryncypia polityki klimatycznej UE) (Ballau 2021). • Zmniejszenie ilości surowca drzewnego na rynku europejskim spowoduje zwiększone pozyskanie (import) surowca drzewnego w innych częściach globu (Dieter 2020), nie zawsze w drodze zrównoważonej gospodarki, zwiększając ryzyko wylesień i presje na gatunki zagrożonych wyginięciem. • Brak jasnych definicji ochrony ścisłej (zakres dopuszczalnej ingerencji ludzkiej, w tym realizacji aktywnej ochrony lasu) oraz kryteriów kwalifikowania obszarów leśnych do tej formy ochrony. • Brak oceny skutków wprowadzenia ochrony ścisłej. Niepełna wiedza o konsekwencjach długotrwałych ograniczeń w prowadzeniu gospodarki leśnej w kontekście obserwowanych zmian klimatu (Gundersen i in. 2021; Luysaert 2008). • Zagrożenie dla stabilności drzewostanów poprzez ograniczenia gospodarki leśnej (Brzeziecki 2021; Grodzki i in. 2021). • Wzrost zagrożenia lasów nieobjętych ochroną ścisłą, wynikający z sąsiedztwa lasów wyłączonych z działań ochronnych. Brak możliwości realizacji zabiegów ochronnych w lasach objętych ochroną ścisłą zwiększy ryzyko wystąpienia szkód w lasach gospodarczych. • Ograniczenie możliwości utrzymania i zwiększania (poprzez stopniową przebudowę drzewostanów) udziału lasów o wysokim stopniu odporności na zmiany klimatyczne, wskutek świadomego zaniechania działań z zakresu czynnej ochrony i kształtowania nowego pokolenia lasu (Brzeziecki i in. 2018). Nieuwzględnienie potrzeby prowadzenia przebudowy lasów niestabilnych (np. na gruntach porolnych - w Polsce co najmniej 2 mln ha zalesień po II wojnie światowej).
SZANSE	ZAGROŻENIA
<ul style="list-style-type: none"> • Wypełnienie celów LULUCF poprawi wizerunek Polski na arenie międzynarodowej. • Poprawa wizerunku LP. Możliwość promowania Lasów Państwowych jako organizacji ratującej klimat, zwiększającej bioróżnorodność i dbającej o przyszłość planety. • Promocja drewna jako produktu wiążącego CO₂. 	<ul style="list-style-type: none"> • Jednym z najistotniejszych czynników wpływających na pochłanianie CO₂ przez lasy jest ich struktura wiekowa. Większy udział starszych drzewostanów, których przyrost spowalnia powoduje, że zmniejsza się tempo pochłaniania przez nie CO₂ (Olejnik i Małek 2020). W Polsce od 1945 roku przeciętny wiek drzewostanów wzrósł z 44 do 59 lat (Raport 2020). • Zdecydowana redukcja pozyskania drewna przy realizacji projektowanego celu pochłaniania spowoduje:

- Ewentualne nadwyżki w pochłanianiu mogą trafić do obrotu (posłużyć realizacji celów redukcyjnych stawianych Polsce lub zostać odsprzedane innym krajom). W propozycji parlamentu europejskiego pada kwota nie mniej niż 250 euro za tonę.
- Podnoszenie świadomości społecznej o celach zrównoważonej gospodarki leśnej oraz o różnorodności usług ekosystemowych świadczonych przez lasy (Głos i in. 2021).
- Impuls do zmian w podejściu do prowadzenia gospodarki leśnej ukierunkowanej na ograniczenie zmian klimatycznych w dłuższej perspektywie czasowej.
- Impuls do poszukiwania rozwiązań służących dywersyfikacji źródeł przychodów w Lasach Państwowych.
 - załamanie sektora leśno-drzewnego w kraju (aktualne dane statystyczne potencjału społecznego i gospodarczego tego sektora trzeba by zredukować o co najmniej 30%),
 - niekorzystny wpływ na rynek pracy na terenach wiejskich (ograniczenie zatrudnienia w zakładach usług leśnych i lokalnych zakładach związanych z przerobem drewna),
 - zmniejszenie przychodów z gospodarki leśnej, które w konsekwencji doprowadzi m.in. do ograniczenia działań niedochodowych, do których należą np. działania proklimatyczne.
 - realne ryzyko utraty zdolności samofinansowania się Lasów Państwowych,
 - obniżenie dochodów budżetu państwa.
- Osiągnięcie celów dotyczących wzrostu pochłaniania w leśnictwie, może być trudniejsze (ze względu na stale rosnące ambicje - wręcz niemożliwe) niż redukcja emisji w innych sektorach gospodarki.
- Stosowane w praktyce dopłaty bezpośrednie do rolnictwa wpływają na brak zainteresowania zalesieniami. Brak dodatkowych zachęt, korzystniejszych niż dopłaty rolnicze, w praktyce hamuje w Polsce wzrost powierzchni zalesianych (Wysocka-Fijoerk 2020 a, b).
- Częste zwiększanie ambicji dotyczących redukcji emisji w UE wymagają ciągłych korekt i dostosowywania do zmieniających się celów. Utrudnia to planowanie i realizację skutecznych działań służących osiągnięciu celów LULUCF.
- Proponowane zmiany w sposobie raportowania na potrzeby LULUCF spowodują zwiększenie pracochłonności i kosztów w zakresie zbierania i przetwarzania informacji przez państwa członkowskie.
- Założenia Europejskiego Zielonego Ładu skupiają się na rozwijaniu komponentu ekologicznego gospodarki leśnej, umniejszając rolę jej aspektów społecznych i ekonomicznych.
- Istnieje ryzyko zwiększenia intensywności zagospodarowania lasów nieobjętych ochroną, tak aby przynajmniej częściowo zrównoważyć zmniejszoną podaż drewna. Może to spowodować dużą presję na lasy nie objęte ochroną (Głos 2018).
- Zwiększenie celu dla krajów EU z 225 na 310 mln t. ekw. CO₂ – skutkuje głównie ograniczeniem pozyskania drewna. Takie działanie może przynieść krótkoterminowy efekt w postaci wzrostu pochłaniania. Jednak wraz ze wzrostem wieku lasów zwiększa się zagrożenie wystąpienia uszkodzeń (np. gradacje szkodników owadzych) i postępującego rozpadu drzewostanów, w szczególności dojrzałych i starych. Dotyczy to głównie sosny (4,78 mln ha), świerka (325 tys. ha), ale także innych gatunków drzew (Grodzki i in. 2021). Ograniczenie lub brak (ochrona ścisła) możliwości realizacji zabiegów czynnej ochrony lasu w warunkach ww. zagrożeń oraz ze zmieniającego się klimatu, potęguje ryzyko

wielkopowierzchniowego zamierania drzewostanów (susze, gradacje owadów, huragany).
Realne staje się zagrożenie utraty części usług ekosystemowych.

- Potencjalne wielkopowierzchniowe szkody w lasach mogą w praktyce zniweczyć zakładane cele pochłaniania bez odpowiedniego zabezpieczenia w przepisach rozliczeniowych.

Treść niniejszego opracowania może posłużyć Ministerstwu Klimatu i Środowiska (MKiŚ) jako ewentualny wkład do opracowania Strategii zarządzania krajowym limitem emisji gazów cieplarnianych. Ostatecznym celem wspomnianej Strategii jest optymalne rozliczenie krajowych wielkości emisji gazów cieplarnianych (GC) nieobjętych systemem handlu uprawnieniami do emisji gazów cieplarnianych w ramach wyznaczonych Polsce w rozporządzeniach 2018/841 oraz 2018/842 wartości referencyjnych emisji i pochłaniania w okresie 2021-2025 i celów redukcyjnych do 2030 roku.

Ponadto, niniejszy dokument w swoich pierwotnych założeniach miał za zadanie przedstawić założenia planu działań naprawczych w kontekście art. 13d rozporządzenia (UE) 2018/841 (LULUCF) i oceny KE z art. 29 rozporządzenia (UE) 2018/1999. Jednak w związku z pozytywną oceną dot. przewidywanego osiągnięcia przez Polskę zakładanych celów, uwaga została skierowana na wykorzystanie elastyczności w rozliczeniach emisji między obszarami ESR i LULUCF. Ta opcja pozwala na ocenę potencjalnych możliwości wykorzystania pochłaniania netto generowanego w sektorze LULUCF do kompensowania ewentualnych przekroczeń w rozliczeniach emisji dla sektorów objętych rozporządzeniem 2018/842 (ESR).

Dodatkowo, mając na względzie iż zarówno UE, jak i kraje członkowskie będą dążyć do kolektywnego celu pochłaniania na poziomie 310 milionów ton ekw. CO₂ poprzez stopniowe podejście, m.in. poprzez to iż w latach 2021-2025 zakłada się utrzymanie zerowego salda w odniesieniu do historycznie określonych wartości bilansów emisyjnych lub poziomu odniesienia dla lasów, analizie poddano możliwości utrzymania zerowego salda w odniesieniu do historycznie określonych wartości bilansów emisyjnych lub poziomu odniesienia dla lasów dla Polski. Jednocześnie warto zauważyć, że wielkość pochłaniania netto z sektora LULUCF jest powiązana z rozliczeniami w ramach art. 12 rozporządzenia 2018/841 zasadą „zero debetów”, która w pięcioleciu 2021-2025 ma charakter obligatoryjny. Oznacza to, że sektor LULUCF może automatycznie zwiększyć wielkość emisji podlegającej rozliczeniu celów określonych w ramach rozporządzenia 2018/842. Może to utrudnić rozliczenie i zmniejszyć wielkość nadwyżki jednostek AEA. Mechanizm ten może być szczególnie problematyczny w przypadku długoterminowego spadku zdolności sektora LULUCF do akumulacji węgla, na przykład w wyniku katastrof naturalnych. W takich sytuacjach potencjalne rozliczenie wymaganych celów redukcyjnych w ESR w latach 2021-2025 będzie wymagało również uwzględnienia puli deficytu jednostek LMU. W odniesieniu do konkretnego wymiaru

pochłaniania netto z sektora LULUCF, które może być rozliczone w ramach elastyczności ESR-LULUCF, w okresie 2021-2025, wartości te mogą się różnić w zależności od scenariusza. W scenariuszu WEM mogą one wynosić około 13,6 mln ton CO₂ eq., co daje rocznie około 2,7 mln ton ekw. CO₂. Natomiast w scenariuszu WAM mogą sięgać nawet około 31,7 mln ton ekw. CO₂, co przekłada się na około 6,3 mln ton ekw. CO₂ rocznie. Niemniej jednak dane rzeczywiste za lata 2021-2023 wskazują na pochłanianie na poziomie około 1,6 mln ton ekw. CO₂ rocznie. Wskazane poziomy pochłaniania netto dla okresów 2021-2025 oraz 2026-2030 zostaną skorygowane po wszechstronnych przeglądach krajowych inwentaryzacji GC, które odbędą się w 2025 r., 2027 r. oraz 2032 roku.

Konkludując należy podkreślić iż dotychczasowy, historyczny wymiar danych emisyjnych nie wskazuje na potrzebę opracowania planu działań korygujących dla sektora LULUCF. Wydaje się, że sektor ten może automatycznie obniżyć wielkość emisji podlegającej rozliczeniu w ESR, ułatwiając tym samym rozliczenie i zwiększając nadwyżkę AEA. Należy przy tym mieć na względzie fakt, iż rozporządzenia 2018/841 oraz 2018/1999 nakazują regularne przeglądy i aktualizacje danych dotyczących emisji i pochłaniania gazów cieplarnianych. W związku z tym, w razie potrzeby, mogą wystąpić okoliczności związane z koniecznością opracowania planu działań korygujących w przyszłości.

14.2. Zakończenie

Kształtowanie się zasobów leśnych i wielkości ich użytkowania (powierzchnia, zapas oraz struktura wiekowa) coraz częściej postrzegane są jako działania mające wpływ na pochłanianie dwutlenku węgla zarówno w aspekcie osiągnięcia unijnego celu pochłaniania CO₂ w perspektywie do 2030 r., jak i osiągnięcia neutralności klimatycznej w sektorze lądowym do 2035 r. Należy mieć jednak na uwadze, że biomasę leśną można wykorzystać na dwa różne sposoby w celu ograniczenia wzrostu stężenia gazów cieplarnianych (GHG) w atmosferze: (1) w celu zapewnienia ujemnych emisji poprzez sekwestrację węgla w lasach i produktach z pozyskanego drewna lub (2) w celu uniknięcia emisji GHG poprzez zastąpienie surowców nieodnawialnych z drewnem (Soimakallio i in. 2021).

Rezerwuary, które są składnikami raportowania dla sektora LULUCF można na aktualnym etapie ekspertyzy interpretować następująco:

1. Zmiany zasobów drzew żywych (biomasa nadziemna i jako jej pochodna biomasa podziemna). Prognozy zmian zasobów węgla dla tych dwóch rezerwuarów w perspektywie roku 2030 są w niniejszej ekspertyzie przedstawione jako dość prawdopodobne. W przypadku realizacji przyjętych założeń dotyczących kształtowania się zmian zasobów wynikających z relacji bieżącego przyrostu miąższości, poziomu użytkowania oraz zmian zasobów martwego drewna określonych na podstawie danych historycznych z ostatniej dekady, można by prognozowanym danym można przypisać duże prawdopodobieństwo ich osiągnięcia. Niemniej jednak Mając jednak na uwadze informacje o masowym zamieraniu drzew w ostatnich dwóch latach, wynikających m.in. z suszy i działania szkodników wtórnych, scenariusz ograniczający pozyskanie drewna (WAM) może nie przynieść oczekiwanych rezultatów. Dynamika zasobów drzewnych w otoczeniu szybko zmieniającego się klimatu wydaje się trudna do przewidzenia/prognozowania.
2. Zmiany zasobów martwego drewna – obserwacje historyczne zmian w przybywaniu zasobów drewna martwego w lasach wykazują dynamikę wzrostu nieobserwowaną wcześniej (zmiana z około 1,1 mln m³ rocznie do poziomu ok. 6 mln m³ rocznie). Zmiany w tym rezerwuarze zostały wykorzystane przy prognozowaniu zmian zasobów drzew żywych. Wzrost zasobów drewna martwego w lasach, w perspektywie do roku 2030 będzie najprawdopodobniej wpływał korzystnie na raportowanie (drewno martwe będzie pochłaniaczem netto), co nie wynika – z uwagi na przyjęty sposób przetwarzania danych – z wyników prognozowanych obecnie.
3. Produkty z pozyskanego drewna. Ekspertyza bazuje na podejściu historycznym, w którym w istotnym stopniu pochłanianie w rezerwuarze HWP jest silnie powiązane z wielkością pozyskania drewna. Z tego tytułu zmniejszenie pozyskania spowoduje w konsekwencji zmniejszenie pochłaniania w rezerwuarze HWP.
4. Zmiany zasobów węgla w glebach. Ze względu na krótki okres prognozowania, w powiązaniu z obserwowanymi zmianami historycznymi w glebach, nie można spodziewać się zauważalnych zmian w raportowaniu dotyczącym tego rezerwuaru. Potencjał związany z glebami jest duży i konieczne są działania z zakresu zmian w podejściu do praktyk gospodarczych, ale pozytywne efekty tych działań mogą być widoczne dopiero za kilka dekad.

Należy mieć na uwadze, że lasy są dynamicznym ekosystemem, poddawany działaniu wielu czynników biotycznych i abiotycznych, co powoduje że wykonując taką analizę konieczne było

pokazanie (tu w ujęciu historycznym) wpływu na lasy zagrożeń ze strony czynników biotycznych (gradacje owadów, patogeny) i abiotycznych (ekstremalne warunki klimatyczne i zjawiska kłęskowe, np. huragany lub długotrwałe susze), struktury drzewostanów z uwzględnieniem ich podatności na występowanie zagrożeń.

Należy mieć na uwadze, że autorzy ekspertyzy, w bardzo krótkim terminie, podjęli próbę oceny wpływu działań z zakresu gospodarki leśnej, przyjętych do realizacji w ramach poszczególnych scenariuszy, z punktu widzenia zabezpieczenia przez lasy zdolności do pochłaniania CO₂ na poziomie pozwalającym realizację (do 2030 r.) zobowiązań mitygacyjnych sektora LULUCF w obszarze polityki energetyczno-klimatycznej UE. Konieczne są dalsze pogłębione analizy oraz zaplanowanie (optymalizacja) działań zmierzających do realizacji postawionych celów przy optymalnym poziomie świadczenia przez lasy różnych usług ekosystemowych. Pogłębiona analiza konsekwencji maksymalizacji pochłaniania CO₂ przez lasy wydaje się być nieunikniona ze względu na zobowiązania Komisji Europejskiej (KE) wynikające z komunikatu w sprawie Europejskiego Zielonego Ładu. Komunikat ten proponuje zdecydowane zwiększenie wkładu sektora LULUCF oraz, na dalszym etapie, połączenie emisji gazów cieplarnianych innych niż CO₂ pochodzących z rolnictwa z emisjami z sektora użytkowania gruntów, zmiany użytkowania gruntów oraz leśnictwa i utworzenie w ten sposób nowo uregulowanego sektora gruntów (obejmującego emisje i ich pochłanianie w rolnictwie, leśnictwie i innych rodzajach użytkowania gruntów). Komisja Europejska zakłada, że może to sprzyjać synergii między działaniami mitygacyjnymi podejmowanymi w sektorze gruntów oraz umożliwić bardziej zintegrowane kształtowanie i wdrażanie polityki na szczeblu krajowym i unijnym, z drugiej jednak strony należy mieć na uwadze, iż lasy świadczą wiele usług ekosystemowych z zakresu usług zaopatrujących i kulturowych oraz inne usługi regulacyjne. Ukierunkowanie lasów na świadczenie związane z wiązaniem węgla, w dłuższej perspektywie może prowadzić do znaczących konfliktów między nimi.

Coraz ambitniejsze plany na 2030 r. wymuszają na decydentach podejmowanie decyzji, których efekt względem zdolności sektora leśnego do pochłaniania CO₂ w nadchodzących latach pozwoli na osiągnięcie takich poziomów emisji gazów cieplarnianych, które perspektywie długookresowej (tj. roku 2050) pozwolą na osiągnięcie celu jakim jest neutralność klimatyczna UE. Działanie to realizowane może być głównie przez ograniczanie planowego odnawiania lasu (z tym wiąże się pozyskanie drewna), co w dłuższej perspektywie, a w leśnictwie należy o niej myśleć, może powodować niekorzystne zjawiska. Praktycznie wszystkie lasy w Polsce,

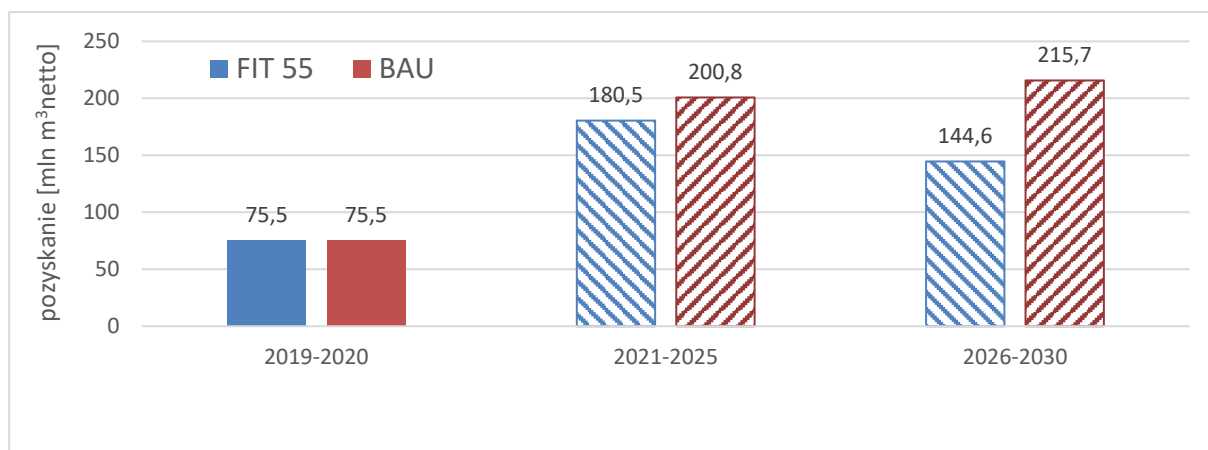
w mniejszym lub większym zakresie, zostały ukształtowane przez człowieka. Nagłe, z punktu widzenia długości życia drzewostanu, zmiany w podejściu do prowadzenia gospodarki leśnej mogą niekorzystnie odbić się na przyszłych pokoleniach lasu. Brak planowego odnawiania lasu (zmian generacyjnych) powodował będzie zmniejszenie udziału młodych lasów, oraz wszystkich gatunków z nimi związanych, wzrost powierzchni starych lasów, które będą ulegały naturalnym zaburzeniom, w tym procesom rozpadu. Pojawiające się samoistnie odnowienie lasu nie zawsze będzie zgodne z optymalnymi warunkami siedliskowymi (Brzeziecki i in. 2018) oraz oczekiwaniami społecznymi. Należy mieć na uwadze, że społeczeństwo, to nie tylko grupy ekologów, ale również mieszkańcy terenów bezpośrednio sąsiadujących z lasem, dla których ten las stanowi istotne źródło utrzymania.

Konieczne wydają się być dalsze poszerzone badania mające na celu ocenę oddziaływania na gospodarkę leśną zaproponowanych scenariuszy (oraz praca nad kolejnymi) dotyczących zobowiązań w zakresie pochłaniania CO₂ przez sektor leśny. W przyszłych analizach należy postawić sobie za cel ocenę możliwości realizacji celów stawianych przed sektorem leśnym dotyczących zarówno zachowania, jak i zwiększenia pochłaniania dwutlenku węgla w oparciu o zasoby przyrody w dłuższej perspektywie czasowej, z uwzględnieniem potencjalnych konfliktów i synergii w zakresie usług ekosystemowych świadczonych przez lasy. Zmiana klimatu stanowi duże wyzwanie dla leśników. Dyskutowana jest intensywność wymaganych środków adaptacyjnych oraz znaczenie starych lasów jako punktu odniesienia dla lasów gospodarczych. Zarządcy lasów muszą podejmować decyzje dotyczące pielęgnacji drzewostanów, oparte na parametrach klimatologicznych i biologicznych o dużej niepewności. Jest tylko kilka typów lasów albo nie są silnie dotkniętych zmianami klimatycznymi, albo nie wymagają natychmiastowej adaptacji gospodarki leśnej. Wiele lasów ma właściwości drzewostanów, które są w decydujący sposób kształtowane przez wcześniejsze decyzje zarządcze, takie jak skład gatunkowy drzewostanu, struktura wiekowa, okres rotacji i struktura drzewostanu wymagają czynnych działań specjalistów. Utrzymanie trwałości lasów w kontekście zmian klimatycznych wymaga nieustannych, a nawet coraz większych wysiłków zarządców lasów (Jandl i in. 2019).

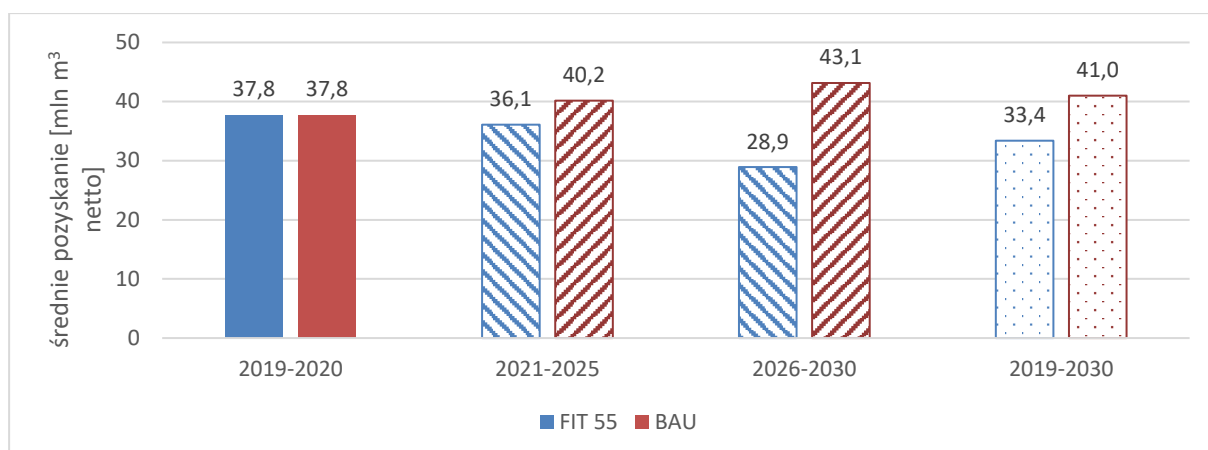
Istotnymi aspektami, na które należy zwrócić uwagę podejmując działania mające za zadanie realizację celów klimatycznych jest to, iż lasy są istotnym dobrem dla obywateli. Warto jest zastanowić się nad tym, czy w dłuższej perspektywie obywatele będą w stanie zaakceptować zmiany w podejściu do lasów (wzrost powierzchni starych lasów w fazie destrukcyjnej,

pogrożenie się stanu infrastruktury ze względu na ograniczone środki finansowe, mniejsza podaż drewna, a w konsekwencji wzrost jego cen, pogorszenie się bezpieczeństwa w lasach w związku z dużą liczbą martwych i załamanych drzew). Decydując się na realizację celów klimatycznych konieczne jest obranie kierunku zrozumiałego i akceptowalnego przez społeczeństwo ze świadomością konsekwencji podejmowanych decyzji. Realizację celów klimatycznych należy ująć i umiejscowić w społecznej odpowiedzialności leśnictwa, które, ze względu na strukturę własności lasów w Polsce, spoczywa głównie na Lasach Państwowych.

Przybliżona i inicjalna ocena oddziaływania działań z zakresu gospodarki leśnej, przyjętych do realizacji w ramach poszczególnych scenariuszy, dotyczących uzyskania odpowiednich zdolności sektora leśnego do pochłaniania CO₂, mając na uwadze krótkoterminowe (do 2030 r.) zobowiązania mitygacyjne sektora LULUCF w obszarze polityki energetyczno-klimatycznej UE w Polsce możliwa jest głównie poprzez ograniczenie pozyskania drewna. Ograniczenia te dotyczyć będą przede wszystkim gruntów zarządzanych przez Lasy Państwowe (Rysunek 11, Rysunek 12).



Rysunek 11 Rozmiar pozyskania drewna w Lasach Państwowych w kolejnych okresach w scenariuszu zakładającym prowadzenie gospodarki leśnej zgodnie z obowiązującymi zapisami planów urządzenia lasu (BAU) oraz scenariuszem alternatywnym nastawionym na osiągnięcie celów redukcyjnych (FIT 55%)



Rysunek 12 Rozmiar średniego pozyskania drewna w Lasach Państwowych kolejnych okresach w scenariuszu zakładającym prowadzenie gospodarki leśnej zgodnie z obowiązującymi zapisami planów urzędzenia lasu (BAU) oraz scenariuszem alternatywnym nastawionym na osiągnięcie celów redukcyjnych (FIT 55%)

Aby osiągnąć założony cel redukcyjny w latach 2021-2025 pozyskanie drewna należałoby ograniczyć o około 20,3 mln m³ netto (o 10,1%) w stosunku do dotychczas przyjętych zasad prowadzenia gospodarki leśnej, co może skutkować obniżeniem przychodów Lasów Państwowych o około 4,3 mld złotych. Z kolei realizacja jeszcze ambitniejszego celu w latach 2026–2030 wymagałaby od Lasów Państwowych zmniejszenia pozyskania drewna o 71,1 mln m³ netto (33,0%) w stosunku do dotychczas przyjętych zasad prowadzenia gospodarki leśnej co może skutkować obniżeniem przychodów Lasów Państwowych o około 15,1 mld zł.

W perspektywie lat 2021-2030 chcąc zrealizować założone cele polityki klimatycznej w oparciu o obniżenie ilości pozyskiwanego drewna konieczne byłoby zmniejszenie pozyskania o 91,4 mln m³ drewna netto, czyli o 18,6% w stosunku do dotychczas przyjętych zasad prowadzenia gospodarki leśnej co może skutkować obniżeniem przychodów Lasów Państwowych o około 19,4 mld zł.

Austriackie badania różnych scenariuszy zagospodarowania borów świerkowych prezentują szacunkowe koszty alternatywne sekwestracji węgla. Badania te pokazują, że sekwestracja węgla przez zagospodarowanie lasu może być efektywnym kosztowo sposobem redukcji atmosferycznego CO₂, ale osiągalne ilości są ograniczone warunkami biologicznymi i ograniczeniami społecznymi (Seidl i in. 2007).

Elementy, które należy doskonalić w kolejnych etapach dotyczą: metodyki prognozy rozwoju zasobów leśnych, możliwości uwzględnienia w rozliczeniach zmiany sposobów przygotowania

gleby, na mniej inwazyjne – mniej uwalnianego węgla, ale droższe ze względu na koszty późniejszej pielęgnacji upraw, a także metodyki obliczania ilości węgla zakumulowanego w martwym drewnie.

Zauważyć należy konieczność strategicznego dostosowania gospodarki leśnej do zmian klimatu. Aby osiągnąć ambitny, nowo wyznaczony cel pochłaniania CO₂ na rok 2030, polska gospodarka leśna musi przejść transformację, która uwzględni nie tylko wzrost biomasy żywej, ale przede wszystkim trwałą stabilizację i akumulację węgla w pulach glebowych (SOC) i martwej materii organicznej (DOM).

Węgiel rozpatrywany w kontekście jego zapasu w martwej materii organicznej (DOM) nabiera istotnego znaczenia jako przedmiot sprawozdawczości zarówno na poziomie UE, jak i konwencji klimatycznej UNFCCC. Węgiel zawarty w tym rezerwuarze stanowi przedmiot zarówno sprawozdawczości LULUCF (gdzie sprawozdawana jest informacja nt. jego zmian), jak i Rozporządzenia (UE) 2024/1991 z dnia 24 czerwca 2024 r. w sprawie odbudowy zasobów przyrodniczych i zmiany rozporządzenia (UE) 2022/869, gdzie sprawozdawczości podlega informacja nt. jego stanu. Synergia w tym zakresie pozwala na projektowanie bardziej zrównoważonych strategii gospodarki leśnej.

Rosnące znaczenie ma zróżnicowanie gatunkowe drzewostanów. Wzrost udziału gatunków liściastych i tworzenie lasów mieszanych jest kluczowy dla poprawy jakości ściółki, przyspieszenia obiegu materii oraz zwiększenia długoterminowej stabilności SOC w głębszych warstwach gleby mineralnej, co ma pozytywny wpływ na bilans węgla.

Należy kontynuować prace nad wdrażaniem monitoringu i modelowania Tier 3. Wdrożenie modelu CBM-CFS3 oraz systematyczne pozyskiwanie szczegółowych danych o SOC i DOM w ramach WISL stanowi niezbędne działanie, mające na celu spełnienie unijnych wymogów Tier 3. Jest to warunek konieczny do transparentnego i naukowo ugruntowanego szacowania i raportowania zmian zasobów (zapasów) węgla i uniknięcia niedoszacowania pochłaniania CO₂ w sektorze LULUCF.

W dalszych krokach analiz należałoby także zwrócić uwagę na:

- konsekwencje społeczne, ekonomiczne i gospodarcze (informacje ogólne) realizacji celów polityki klimatycznej,
- zwrócenie szczególnej uwagi na społeczną odpowiedzialność leśnictwa (ze szczególnym uwzględnieniem roli Lasów Państwowych),
- koszty (utracone przychody, nieponiesione koszty) wynikające ze zmian w prowadzeniu gospodarki leśnej.

15. LITERATURA

- „Pierwszy raport transparentności dla Konferencji Stron Ramowej konwencji Narodów Zjednoczonych w sprawie zmian klimatu” (Biennial Transparency Report, BTR1), przekazany do Sekretariatu Konwencji Klimatycznej (UNFCCC) w grudniu 2024 r., dostęp: <https://unfccc.int/documents/645254> lub <https://gofile.me/7g2yK/n3lagTGAM>
- 2006 IPCC. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Tom 4. Rolnictwo, leśnictwo i inne użytkowanie gruntów. Dostępne pod adresem:
- Baritz, R., Seufert, G., Montanarella, L., & Van Ranst, E. (2010). Carbon concentrations and stocks in forest soils of Europe. *Forest Ecology and Management*, 260(3), 262–277. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2010.03.025>
- Bono, A., Alberti, G., Berretti, R., Čurović, M., Kucbel, S., Mikac, S., Motta, R., Nagel, T. A., Roženberger, D., Waldner, P., & Ferlan, M. (2024). The largest European forest carbon stocks are in the Dinaric Alps old-growth forests: Comparison of direct measurements and standardised approaches. *Carbon Balance and Management*, 19, 15. <https://doi.org/10.1186/s13021-024-00262-4>
- Campioli, M., Vicca, S., Luysaert, S., Bilcke, J., Ceschia, E., Ibrom, A., Papale, D., Peñuelas, J., Wohlfahrt, G., & Granier, A. (2015). Biomass production efficiency controlled by management in temperate and boreal ecosystems. *Nature Geoscience*, 8(11), 843–846. <https://doi.org/10.1038/ngeo2553>
- Castillo-Núñez M., Sánchez-Azofeifa A., Croitoru A., Rivard B., Calvo-Alvarado J., Dubayah, R.O. 2011. Delineation of secondary succession mechanisms for tropical dry
- Caza C.L., 1993, Woody Debris in the Forests of British Columbia: A Review of the Literature and Current Research. LMR 78. Published by the Research Branch Ministry of Forests, 115
- Cienciala, E. (2022). Climate-smart forestry case study: Czech Republic. In L. Hetemäki, J. Kangas, & H. Peltola (Eds.), *Forest bioeconomy and climate change (Managing Forest Ecosystems, Vol. 42)*. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-99206-4_10
- COHEN J. 1988. *Statystyczna analiza mocy dla nauk behawioralnych* (wyd. 2). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 1988.
- Colson F., Bogaert J., Filho A.C., Nelson B., Pinage E.R. 2009. The influence of forest definition on landscape fragmentation assessment in Rondônia, Brazil. *Ecological Indicators*, 9(6): 1163-1168.
- Decision 2/CMP.7. Land use, land–use change and forestry. 2012. Report of the Conference of the Parties serving as the meeting of the Parties to the Kyoto Protocol on its seventh session, Durban, Republika Południowej Afryki, 28 listopada - 11 grudnia 2011.
- DEN HERDER M. et al. 2017. DEN HERDER M., MORENO G., MOSQUERA-LOSADA R.M., PALMA J.H.N., SIDIROPOULOU A., SANTIAGO FREIJANES J.J., CROUS-DURAN J., PAULO J.A., TOMÉ M., PANTERA A., P. PAPANASTASIS V., MANTZANAS K., PACHANA P., PAPADOPOULOS A., PLIENINGER T., BURGESS P.J. Current extent and stratification of agroforestry in the European Union, *Agriculture, Ecosystems & Environment*, Volume 241, 2017, p 121-132, ISSN 0167-8809,

- Drozdowski S. 2008. Leśne obszary funkcjonalne – założenia ideowe. *Studia i Materiały Centrum Edukacji Przyrodniczo-Leśnej*, 10(3): 11-20.
- European Commission, Joint Research Centre. (2011). Evaluation of BioSoil demonstration project—Soil data analysis (EUR 24729 EN). Publications Office of the European Union. <https://doi.org/10.2788/56105>
- Fern. (2022, June 10). LULUCF: Inching toward genuine progress. *Forest Watch Newsletter*. Retrieved November 30, 2025, from <https://www.fern.org/publications-insight/lulucf-inching-toward-genuine-progress-2517/>
- Fernández-Martínez, M., Vicca, S., Janssens, I. A., Luysaert, S., Campioli, M., Sardans, J., Ciais, P., Malhi, Y., Obersteiner, M., Papale, D., Piao, S. L., Reichstein, M., Rodà, F., & Peñuelas, J. (2014). Nutrient availability as the key regulator of global forest carbon balance. *Nature Climate Change*, 4(6), 471–476. <https://doi.org/10.1038/nclimate2177>
- Forest Resources Assessment (2004) Working Paper 83. Global Forest Resources Assessment Update 2005, Terms and Definitions.
- Forest Resources Assessment (2007) Working Paper 135. Specification of National Reporting Tables for FRA 2010.
- Forest Resources Assessment (2012) Working Paper 180. Forest Resources Assessment Update 2015, Terms and Definitions.
- Forest Resources Assessment Programme. Terms and Definitions. 2012. FAO, Rome.
- GOLICZ K. et al 2021. Golicz K., Ghazaryan G., Niether W., Wartenberg A.C., Breuer L., Gattinger A., Jacobs S.R., Kleinebecker T., Weckenbrock P., Große-Stoltenberg A. The Role of Small Woody Landscape Features and Agroforestry Systems for National Carbon Budgeting in Germany. *Land* 2021, 10, 1028.
- Grassi, G., Conchedda, G., Federici, S., Abad Viñas, R., Korosuo, A., Melo, J., Rossi, S., Sandker, M., Somogyi, Z., Vizzarri, M., & Tubiello, F. N. (2022). Carbon fluxes from land 2000–2020: Bringing clarity to countries' reporting. *Earth System Science Data*, 14, 4643–4666. <https://doi.org/10.5194/essd-14-4643-2022>
- Gruba, P., Kania, M., Kupka, D., & Pietrzykowski, M. (2021). Sequestration of mercury in soils under Scots pine and silver fir stands located in the proximity to a roadway. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(9), 4569. <https://doi.org/10.3390/ijerph18094569>
- Haapanen R., Ek A.R., Bauer M.E., Finley E.O. 2004. Delineation of forest/non forest land use classes using nearest neighbor methods. *Remote Sensing of Environment*, 89(3): 265-271.
- High Resolution Layer Forest: Product Specifications Document, zespół Copernicus w EEA, dostępny pod adresem:
- Holmgren, P. (2021). The forest carbon debt illusion: Contrary to common views, harvesting from managed forests does not delay climate benefits (Version 2021-05-26) [Study commissioned by Swedish Forest Industries]. *FutureVistas AB*. <https://www.forestindustries.se/siteassets/bilder-och-dokument/rappporter/klimat/report-the-forest-carbon-debt-illusion.pdf>
- Hościłło A., Mirończuk A., Lewandowska A., 2016, Określenie rzeczywistej powierzchni lasów w Polsce na podstawie dostępnych danych przestrzennych, *Sylwan* 160(8), 627–634.

Hościło, A., Mirończuk, A., Lewandowska, A., Gąsiorowski, J. 2015. Inventory of the actual forest cover of the country using the existing photogrammetric data. Institute of Geodesy and Cartography, Warszawa, Polska.

<https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.03.005>

<https://land.copernicus.eu/en/technical-library/hrl-forest-2012-2015/@@download/file>

<https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol4.html>

Instrukcja obsługi produktu HRL Forest 2018. Copernicus Land Monitoring Service Charakterystyka pokrycia terenu w wysokiej rozdzielczości. Pokrycie terenu drzewami/lasem i zmiany. 2015-2018. Podręcznik użytkownika. Wersja dokumentu 1.2. Unia Europejska, Copernicus Land Monitoring Service 2021, Europejska Agencja Środowiska (EEA)

IOŚ-PIB (2024) Krajowy Raport Inwentaryzacyjny. Warszawa, 2024

IPCC (2006). 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories (Wytyczne IPCC do krajowych inwentaryzacji gazów cieplarnianych z 2006 r.) Jabłoński M. 2015a. Definicja lasu w ujęciu krajowym i międzynarodowym oraz jej znaczenie dla wielkości i zmian powierzchni lasów w Polsce. *Sylwan*, 159(6): 469–482.

Jabłoński M. 2015b. Powierzchnia lasów. Definicja definicji nierówna. *Las Polski*, 24: 24-26.

Jabłoński M. 2015c. Powierzchnia gruntów leśnych—Przyczyny zmian i spójność źródeł danych. *Wiadomości Stat.*, 11: 54-68.

Jabłoński M., Korhonen K.T., Budniak P., Mionskowski M., Zajączkowski G., Sućko K. 2017. Comparing land use registry and sample based inventory to estimate forest area in Podlaskie, Poland. *iForest*, 10: 315-321.

Jabłoński M., Mionskowski M., Budniak P., 2018, Wielkoobszarowa inwentaryzacja stanu lasu źródłem informacji o powierzchni lasów w Polsce, *Sylwan* 162(5), 365–372.

Jandl, R., Rodeghiero, M., Martinez, C., Eisenbies, M., Forrester, J. A., Kimble, J., King, A., Olchev, A., Rusca, E., Smith, J. E., & others. (2021). Current status, uncertainties and future challenges of soil organic carbon monitoring in forest soils. *Frontiers in Forests and Global Change*, 4, 688851. <https://doi.org/10.3389/ffgc.2021.688851>

Kaczmarek, Z., Gajewski, P., & Zawieja, B. (2023). Impact of NPK fertilization in agricultural reclamation on the transformation of Technosols in post-mining area: A case study from the Konin open-pit brown coal mine, central Poland. *Soil Science Annual*, 74(3), 176683. <https://doi.org/10.37501/soilsa/176683>

Köchy, M., Hiederer, R., & Freibauer, A. (2015). Global distribution of soil organic carbon: Part 1: Masses and frequency distributions of SOC stocks for the tropics, permafrost regions, wetlands, and the world. *SOIL*, 1, 351–365. <https://doi.org/10.5194/soil-1-351-2015>

Köhl, M., Ehrhart, H.-P., Knauf, M., & Neupane, P. R. (2020). A viable indicator approach for assessing sustainable forest management in terms of carbon emissions and removals. *Ecological Indicators*, 111, 106057. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.106057>

Kolecka N., Kozak J., Kaim D., Dobosz M., Ginzler Ch., Psomas A. 2015. Mapping Secondary Forest Succession on Abandoned Agricultural Land with LiDAR Point Clouds and Terrestrial Photography. *Remote Sensing*, 7: 8300-8322.

Kompleksowy program przeciwdziałania procesom zamierania lasów w Polsce oraz działania mitygacyjne w perspektywie do 2030 roku

Korosuo, A., Pilli, R., Abad Viñas, R. et al. The role of forests in the EU climate policy: are we on the right track?. *Carbon Balance Manage* 18, 15 (2023). <https://doi.org/10.1186/s13021-023-00234-0>].

Krótkoterminowa prognoza ... 2023

Kunz M., Nienartowicz A., Deptuła M. 2000. Teledetekcja satelitarna wtórnych lasów na gruntach porolnych na przykładzie Zaborskiego Parku Krajobrazowego. *Fotointerpretacja w Geografii*, 31: 122-128.

Kurz, W. A., Dymond, C. C., White, T. M., Stinson, G., Shaw, C. H., Rampley, G. J., Smyth, C., Simpson, B. N., Neilson, E. T., Trofymow, J. A., & others. (2009). CBM-CFS3: A model of carbon-dynamics in forestry and land-use change implementing IPCC standards. *Ecological Modelling*, 220(4), 480–504. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2008.10.018>

Leśnictwo w Polsce 2019. Rocznik statystyczny leśnictwa 2019. Główny Urząd Statystyczny, Urząd Statystyczny w Białymstoku. Warszawa, Białystok 2019.

Leśnictwo w Polsce 2022. Rocznik statystyczny leśnictwa 2022. Główny Urząd Statystyczny, Urząd Statystyczny w Białymstoku. Warszawa, Białystok 2022.

Li W., Guo Q., Jakubowski M., Kelly M. 2012. A New Method for Segmenting Individual Trees from the Lidar Point Cloud. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 78: 75-84.

Liski, J., Palosuo, T., Peltoniemi, M., & Sievänen, R. (2005). Carbon and decomposition model Yasso for forest soils. *Ecological Modelling*, 189(1–2), 168–182. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2005.03.005>

Lofroth E., 1998, The dead wood cycle (w): Voller J., Harrison S. (red.): Conservation biology principles for forested landscapes. UBC Press, Vancouver, B.C., s. 185-214

Luyssaert, S., Schulze, E.-D., Börner, A., Knohl, A., Hessenmöller, D., Law, B. E., Ciais, P., & Grace, J. (2008). Old-growth forests as global carbon sinks. *Nature*, 455(7210), 213–215. <https://doi.org/10.1038/nature07276>

Lykhochor, V., Hnativ, P., Petrichenko, V., Ivaniuk, V., Szulc, W., Rutkowska, B., Veha, N., & Olifir, Y. (2022). Threat of degradation of agricultural land in Ukraine through a negative balance of nutritional elements in growing of field cultures. *Journal of Elementology*, 27(3), 695–707. <https://doi.org/10.5601/jelem.2022.27.2.2290>

Magdon P., Fisher C., Fuchs H., Kleinn C. 2014. Translating criteria of international forest definitions into remote sensing image analysis, *Remote Sensing of Environment*, 149: 252-262.

Magdon P., Kleinn C. 2013. Uncertainties of forest area estimates caused by the minimum crown cover criterion-a scale issue relevant to forest cover monitoring. *Environment Monitoring Assessment*, 185(6): 5345-5360.

Mäkipää, R., Abramoff, R., Adamczyk, B., Baldy, V., Biryol, C., Bosela, M., Casals, P., Curiel Yuste, J., Dondini, M., Filipek, S., Garcia-Pausas, J., Gros, R., Gömöryová, E., Hashimoto, S., Hasegawa, M., Immonen, P., Laiho, R., Li, H., Li, Q., ... Lehtonen, A. (2023). Forest soils can increase climate change mitigation with targeted management (Policy Brief 7). European Forest Institute. <https://doi.org/10.36333/pb7>

- Mathys L., Ginzler C., Zimmermann E., Brassel P., Wildi O. 2006. Sensitivity assessment on continuous landscape variables to classify a discrete forest area. *Forest Ecology and Management*, 229: 111–119.
- Matuszkiewicz, J. M., Affek, A. N., & Kowalska, A. (2021). Current and potential carbon stock in the forest communities of the Białowieża Biosphere Reserve. *Forest Ecology and Management*, 502, 119702. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2021.119702>
- Mayeux P., Frederic A., Malingeau J.P. 1998. Global tropical forest area measurements derived from coarse resolution satellite imagery: A comparison with other approaches. *Environmental Conservation*, 25(1): 37-52.
- McRoberts R.E. 2011. Satellite image-based maps: Scientific inference or pretty pictures. *Remote Sens. Environ.*, 115: 715–724.
- McRoberts R.E., Gobakken T., Naesset E. 2012. Post-stratified estimation of forest area and growing stock volume using lidar-based stratifications. *Remote Sensing of Environment*, 125: 157-166.
- MORENO, G., BARTOLOME, J. W., GEA-IZQUIERDO, G., & CAÑELLAS, I. (2013). Overstorey-Understore Relationships. In *Mediterranean Oak Woodland Working Landscapes* (pp. 145-179). Springer Netherlands
- Naesset E., Orka H.O., Solberg S., Bollandsas O.M., Hansen E.H., Mauya E., Zahabu E., Malimbwi R., Chamuya N., Olsson H., Gobakken T. 2016. Mapping and estimating forest area and aboveground biomass in miombo woodlands in Tanzania using data from airborne. *Remote Sensing of Environment*, 175: 282-300.
- Neef T., von Luepke H., Schoene D. 2006. Choosing a forest definition for the Clean Development Mechanism. *Forests and Climate Change Working Paper 4*. FAO: 1-18.
- Nickels, M. C. L., & Prescott, C. E. (2021). Soil carbon stabilization under coniferous, deciduous and grass vegetation in post-mining reclaimed ecosystems. *Frontiers in Forests and Global Change*, 4, 689594. <https://doi.org/10.3389/ffgc.2021.689594>
- Ocena zasobów leśnych WP 33. FRA 2000 W SPRAWIE DEFINICJI LASU I ZMIAN W LESIE. Rzym, 2 listopada 2000 r. Dostępne pod adresem: https://www.fao.org/3/ad665e/ad665e03.htm#P199_9473
- Ochrona środowiska. 2017. Informacje i opracowania statystyczne. GUS, Warszawa.
- Pilli R., Kull S.J., Blujdea V.N.B, Grassi G., 2018, The Carbon Budget Model of the Canadian Forest Sector (CBM-CFS3): customization of the Archive Index Database for European Union countries, *Annals of Forest Science*, 75:71 <https://doi.org/10.1007/s13595-018-0743-5>
- Portfolio CLMS. Przegląd portfolio operacyjnego Copernicus Land Monitoring Service (CLMS), dostępny pod adresem: <https://land.copernicus.eu/en/products>
- Próchnicki P. 2006. Wykorzystanie GIS i teledetekcji jako narzędzi do analizy sukcesji zakrzewień w Narwiańskim Parku Narodowym. *Roczniki Geomatyki*, 4(2): 127-134.
- Pujar G.S., Reddy P.M., Reddy C.S., Jha C.S., Dadhwal V.K. 2014. Estimation of Trees Outside Forests using IRS High Resolution data by Object Based Image Analysis. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XL-8: 623-629.

Putz, F.E. Redford K. 2009. The Importance of Defining 'Forest': Tropical Forest Degradation, Deforestation, Long-term Phase Shifts, and Further Transitions. *Biotropica*, 42(1): 10-20.

Raport o stanie lasów

Rocznik Statystyczny Leśnictwa 2015. Główny Urząd Statystyczny, Warszawa.

Romijn E., Ainembabazi J.H., Wijaya A., Herold M., Angelsen A., Verchot L., Murdiyarso D. 2013. Exploring different forest definitions and their impact on developing REDD+ reference emission levels: A case study for Indonesia. *Environmental Science i Policy*, 33: 246-259.

Rozporządzenie Komisji. Rozporządzenie Komisji (EWG) nr 1696/87 ustanawiające niektóre szczegółowe zasady wykonania rozporządzenia Rady (EWG) nr 3528/86 w sprawie ochrony lasów Wspólnoty przed zanieczyszczeniem atmosferycznym (inventaryzacje, sieć, sprawozdania).

Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2018/1999 z dnia 11 grudnia 2018 r. w sprawie zarządzania unią energetyczną i działaniami w dziedzinie klimatu, zmiany rozporządzeń Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) nr 663/2009 i (WE) nr 715/2009, dyrektyw Parlamentu Europejskiego i Rady 94/22/WE, 98/70/WE, 2009/31/WE, 2009/73/WE, 2010/31/UE, 2012/27/UE i 2013/30/UE Parlamentu Europejskiego i Rady, dyrektywy Rady 2009/119/WE i (UE) 2015/652 oraz uchylające rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) nr 525/2013;

Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2018/841 z dnia 30 maja 2018 r. w sprawie włączenia emisji i pochłaniania gazów cieplarnianych w wyniku użytkowania gruntów, zmiany użytkowania gruntów i leśnictwa do ram polityki klimatyczno-energetycznej do roku 2030 oraz zmieniające rozporządzenie (UE) nr 525/2013 i decyzję nr 529/2013/UE;

Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2023/839 z dnia 19 kwietnia 2023 r. zmieniające rozporządzenie (UE) 2018/841 w odniesieniu do zakresu, uproszczenia zasad sprawozdawczości i zgodności oraz określenia celów państw członkowskich na 2030 r. oraz rozporządzenie (UE) 2018/1999 w odniesieniu do poprawy monitorowania, sprawozdawczości, śledzenia postępów i przeglądu.

Sasaki N., Putz F.E. 2009. Crucial need for new definitions of "forest" and "forest degradation" in global climate change agreements. *A Journal of Society and Conservative Biology*, 2(5): 226-232.

Seebach L.M., Strobl P., San Miguel-Ayanz J., Gallego J., Bastrup-Birk A. 2011. Comparative analysis of harmonized forest area estimates for European countries. *An International Journal of Forest Research*, 84(3): 285-299.

SEVILLANO M.E., HERRMANN, D., SCHWAB, K., SCHWEITZER, K., ALMENGOR, R., BERNDT, F., SOMMER, C., and PROBECK, M.: IMPROVEMENT OF EXISTING AND DEVELOPMENT OF FUTURE COPERNICUS LAND MONITORING PRODUCTS - THE ECOLASS PROJECT, *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.*, XLII-2/W16, 201-208, <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-2-W16-201-2019>, 2019.

Smith, P., Keesstra, S. D., Silver, W. L., & Adhya, T. K. (2021). The role of soils in delivering nature's contributions to people. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 376(1834), 20200169. <https://doi.org/10.1098/rstb.2020.0169>

- Statystyka Polski 2022. Środowisko 2022. Wydział Badań Przestrzennych i Środowiskowych; Warszawa 2022. ISSN 0867-3217
- Stehman S.V. 2013. Estimating area from an accuracy assessment error matrix. *Remote Sens. Environ.*, 132: 202–211.
- Stehman S.V., Foody G.M. 2019. Key issues in rigorous accuracy assessment of land cover products. *Remote Sens. Environ.*, 231: 111199.
- Stereńczak K., Zasada M. 2011. Accuracy of tree height estimation based on LIDAR data analysis. *Folia Forestalia Polonica (Series A)*, 53: 123-129.
- Stevens V., 1997, The ecological role of coarse woody debris: an overview of the ecological importance of CWD in B.C. forests. Res. Br., B.C. Min. For., Victoria, B.C. Work. Pap. 30
- STRAND GH. 2022. Accuracy of the Copernicus High-Resolution Layer Imperviousness Density (HRL IMD) Assessed by Point Sampling within Pixels. *Remote Sens.* 2022, 14, 3589. <https://doi.org/10.3390/rs14153589>
- Strimbu V., Strimbu B. 2015. A graph-based segmentation algorithm for tree crown extraction using airborne LiDAR data. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 104: 30-43.
- Szostak M., Hawryło P., Piela P. 2018. Using of Sentinel-2 images for automation of the forest succession detection. *European Journal of Remote Sensing*, 51(1): 142-149.
- TALARCZYK, A. 2014. Krajowa inwentaryzacja stanu lasów w Polsce. *Leśnictwo Bałtyckie* 20(2): 333-340. (Artykuł przeglądowy)
- Thompson S.D., Nelson T.A., Giesbrecht I., Frazer G., Saunders S.C. 2016. Data-driven regionalization of forested and non-forested ecosystems in coastal British Columbia with LiDAR and RapidEye imagery. *Applied Geography*, 69: 35-50.
- Tomppo E., Gschwantner T., Lawrence M., McRoberts R. E. [red.]. 2010. *National Forest Inventories. Pathways for Common Reporting*. Springer, New York.
- Tuomi, M., Thum, T., Järvinen, H., Fronzek, S., Berg, B., Harmon, M., Trofymow, J. A., Sevanto, S., & Liski, J. (2009). Leaf litter decomposition: Estimates of global variability based on Yasso07 model. *Ecological Modelling*, 220(23), 3362–3371. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2009.05.016>
- Ustawa o lasach z 1991 r. Ustawa z dnia 28 września 1991 r. o lasach z późniejszymi zmianami (tekst jednolity Dz. U. z 2023 r. poz. 1356, 1688).
- Ustawa o ochronie przyrody... 2004. Ustawa z dnia 16 kwietnia 2004 r. o ochronie przyrody z późniejszymi zmianami (tekst jednolity Dz. U. z 2023 r. poz. 1136, 1688).
- Ustawa o ochronie środowiska... 1991. Ustawa z dnia 20 lipca 1991 r. o Inspekcji Ochrony Środowiska (tekst jedn. Dz.U. z 2023 r. poz. 824, 1195,1719).
- Wang Z., Boesch R., Ginzler C. 2007a. Color and LiDAR data fusion: Application to automatic forest boundary delineation in aerial images, *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 3(7) (B7): 1203–1207.
- Wang Z., Boesch R., Ginzler C. 2007b. Aerial images and LIDAR Fusion Applied in Forest Boundary. *Proceedings of the 7th WSEAS International Conference on Signal, Speech and Image Processing*, Pekin, Chiny, 15-17 września 2007.

- Wang Z., Boesch R., Ginzler C. 2008. Integration of high resolution aerial images and airborne Lidar data for forest delineation. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 37 (B7).
- Wellbrock, N., Cools, N., de Vos, B., Jandl, R., Lehtonen, A., Leitgeb, E., Mäkipää, R., Pavlenda, P., Schwärtzel, K., & Šrámek, V. (2024). There is a need to better take into account forest soils in the planned soil monitoring law of the European Union. *Annals of Forest Science*, 81, 22. <https://doi.org/10.1186/s13595-024-01238-7>
- Wężyk P. de Kok R. 2005. Automatic mapping of the dynamics of forest succession on abandoned parcels in south Poland. (w:) Strobl J. (i in.) (red.), *Angewandte Geoinformatik*, Herbert Wichman Verlag, Heidelberg, Niemcy: 774-779.
- Wielkoobszarowa Inwentaryzacja Stanu Lasu (WISL) – Wyniki za okres 2018-2022, ETAP 4.1.b, praca wykonana na zamówienie Dyrekcji Generalnej Lasów Państwowych zgodnie z umową nr EZ.271.1.10.2020 z dnia 3 sierpnia 2020 r., Biuro Urządzania Lasu i Geodezji Leśnej, Sękocin Stary, marzec 2023 r.
- Wysocka-Fijorek, E., Dobrowolska, E., Budniak, P., Korzeniewski, K., & Czubak, D. (2023). Forest resources projection tools: Comparison of available tools and their adaptation to Polish conditions. *Forests*, 14, 548. <https://doi.org/10.3390/f14030548>
- Yang J., Kang Z., Cheng S., Yang Z., Akwensi P. 2020. An individual tree segmentation method based on watershed algorithm and 3D spatial distribution analysis from airborne LiDAR point clouds. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 13: 1055-1067.
- Zagrożenia środowiska leśnego i ochrona ekosystemów leśnych (diagnoza sytuacji, stan obecny i trendy
- ZAJĄCZKOWSKI, G. et al 2020. RAPORT O STANIE LASÓW W POLSCE 2019; Warszawa, czerwiec 2020 r. ISSN 1641-3229.
- Zhou X., Wang W., Di L., Lu L., Guo L. 2020. Estimation of Tree Height by Combining Low Density Airborne LiDAR Data and Images Using the 3D Tree Model: A Case Study in a Subtropical Forest in China. *Forests*, 11: 1252.
- Zhou, G., Guan, L., Wei, X., Zhang, D., Zhang, Q., Yan, J., Wen, D., Liu, J., Liu, S., Huang, Z., & Kong, G. (2008). Factors influencing leaf litter decomposition: An intersite decomposition experiment across China. *Plant and Soil*, 311(1–2), 61–72. <https://doi.org/10.1007/s11104-008-9658-5>

Główny Autor