



INSTYTUT BADAWCZY LEŚNICTWA



**STAN ZDROWOTNY
LASÓW W POLSCE
W 2022 ROKU
NA PODSTAWIE BADAŃ
MONITORINGOWYCH**

Sękocin Stary, lipiec 2023



INSTYTUT BADAWCZY LEŚNICTWA
ZAKŁAD ZARZĄDZANIA ZASOBAMI LEŚNYMI

Symbole: UKD 630* - 4

PKT 60.29.00

LKO 122;416.16

Rodzaj sprawozdania: **Sprawozdanie etapowe, etap II**

Zleceniodawca: **Dyrekcja Generalna Lasów Państwowych**

Nr tematu: **500486**

Nr umowy: **MZ.271.3.3.2022 z dnia 02.08.2022 r.**

Tytuł tematu: **Monitoring lasów - ocena stanu lasów w Polsce w latach 2022-2024**



Kierownik projektu: **dr inż. Grzegorz Zajączkowski**

Wykonawcy: Andrzej Boczoń, Robert Hildebrand, Leszek Kluziński, Anna Kowalska,

Paweł Lech, Jadwiga Małachowska, Grzegorz Zajączkowski

Kierownik Zakładu:

Dyrektor Instytutu:

Sękocin Stary, lipiec 2023

SPIS TREŚCI

Wstęp – <i>Paweł Lech</i>	3
Część I. Program monitoringu lasów i metodyka badań.....	6
1. Program monitoringu lasów w 2022 roku – <i>Paweł Lech, Grzegorz Zajączkowski</i>	6
2. Metodyka pomiarów i obserwacji wykonanych w 2022 r. – <i>Paweł Lech, Anna Kowalska, Grzegorz Zajączkowski</i>	9
2.1. Zakres i metodyka oceny stanu zdrowotnego drzewostanów na stałych powierzchniach obserwacyjnych I i II rzędu	10
2.2. Analizy chemiczne próbek aparatu asymilacyjnego pobranych z drzew stojących na stałych powierzchniach obserwacyjnych II rzędu.....	19
2.3. Monitoring parametrów meteorologicznych i chemizmu środowiska leśnego na stałych powierzchniach obserwacyjnych monitoringu intensywnego	19
Część II Monitoring lasów na stałych powierzchniach obserwacyjnych I rzędu.....	23
3. Ocena zdrowotności monitorowanych gatunków drzew w 2022 r. – <i>Jadwiga Małachowska, Paweł Lech, Grzegorz Zajączkowski</i>	25
3.1. Zróżnicowanie zdrowotności monitorowanych gatunków ogółem w kraju	25
3.2. Zróżnicowanie zdrowotności monitorowanych gatunków w zależności od formy własności lasu	26
3.3. Zróżnicowanie kondycji drzew w zależności od wieku	33
3.4. Rozkład powierzchniowy kondycji zdrowotnej monitorowanych gatunków drzew	36
4. Zmiany stanu zdrowotnego monitorowanych gatunków drzew w latach 2013–2022 – <i>Jadwiga Małachowska</i>	80
4.1. Trendy zmian stanu zdrowotnego drzew monitorowanych gatunków w okresie 2013-2022	80
4.2. Rozkład powierzchniowy kondycji zdrowotnej drzew w dziesięcioleciu 2013-2022 w układzie regionalnych dyrekcji Lasów Państwowych i krain przyrodniczo-leśnych.....	84
5. Ocena uszkodzeń drzew na stałych powierzchniach obserwacyjnych I rzędu monitoringu lasu w 2022 roku – <i>Paweł Lech</i>	112
5.1. Charakterystyka zebranych danych	112
5.2. Występowanie uszkodzeń drzew wg gatunków, rdLP i krain przyrodniczo-leśnych	112
5.3. Charakterystyka uszkodzeń pod względem lokalizacji w obrębie drzewa, występujących symptomów i głównych kategorii czynników sprawczych.....	115
5.4. Podsumowanie	118
6. Warunki wodne gleb na terenach leśnych Polski w 2022 r. i ich wpływ na stan zdrowotny lasów – <i>Andrzej Boczoń, Robert Hildebrand</i>	129

7. Stałe powierzchnie obserwacyjne monitoringu lasów na obszarach Natura 2000 – <i>Robert Hildebrand</i>	136
Część III Monitoring lasów na stałych powierzchniach obserwacyjnych II rzędu.....	144
8. Stan zdrowotny drzewostanów na SPO II rzędu w 2022 r. – <i>Jadwiga Małachowska</i> ..	144
9. Stan odżywienia mineralnego drzew sosny, świerka, dębu i buka w roku 2021 oraz zachodzących w nim zmian w okresie 1997-2021 - <i>Anna Kowalska</i>	155
10. Warunki pogodowe w 2022 roku na wybranych powierzchniach SPO MI – <i>Leszek Kluziński</i>	184
11. Stężenie NO ₂ i SO ₂ w powietrzu na terenach leśnych – <i>Anna Kowalska</i>	198
11.1. Dwutlenek siarki	200
11.2. Dwutlenek azotu	201
11.3. Depozycja gazowych związków siarki i azotu	203
11.4. Podsumowanie	204
12. Wielkość depozytu wnoszonego z opadami atmosferycznymi w 2022 r. na terenach leśnych – <i>Anna Kowalska</i>	212
12.1. Skład chemiczny opadów	213
12.2. Depozycja roczna.....	213
12.3. Depozyt pierwiastków śladowych	214
12.4. Właściwości kwasowo-zasadowe wód opadowych.....	215
13. Opady podkoronowe w 2022 r. na terenach leśnych – <i>Anna Kowalska</i>	225
13.1. Skład chemiczny opadów podkoronowych	226
13.2. Depozyt podkoronowy	227
13.3. Depozyt pierwiastków śladowych w opadach podkoronowych	228
13.4. Właściwości kwasowo-zasadowe opadów podkoronowych	229
13.5. Spływ po pniu	230
14. Chemizm roztworów glebowych w 2022 r. – <i>Anna Kowalska</i>	246
Część IV Badania na stałych powierzchniach obserwacyjnych monitoringu intensywnego (SPO MI)	253
15. Zmiany stężeń zanieczyszczeń gazowych, depozycji oraz składu roztworów glebowych po 2010 r. – <i>Anna Kowalska</i>	253
16. Stan zdrowotny lasów w Polsce na tle stanu lasów w Europie – <i>Jadwiga Małachowska</i>	270
17. Podsumowanie wyników – <i>Paweł Lech</i>	277

WSTĘP – PAWEŁ LECH

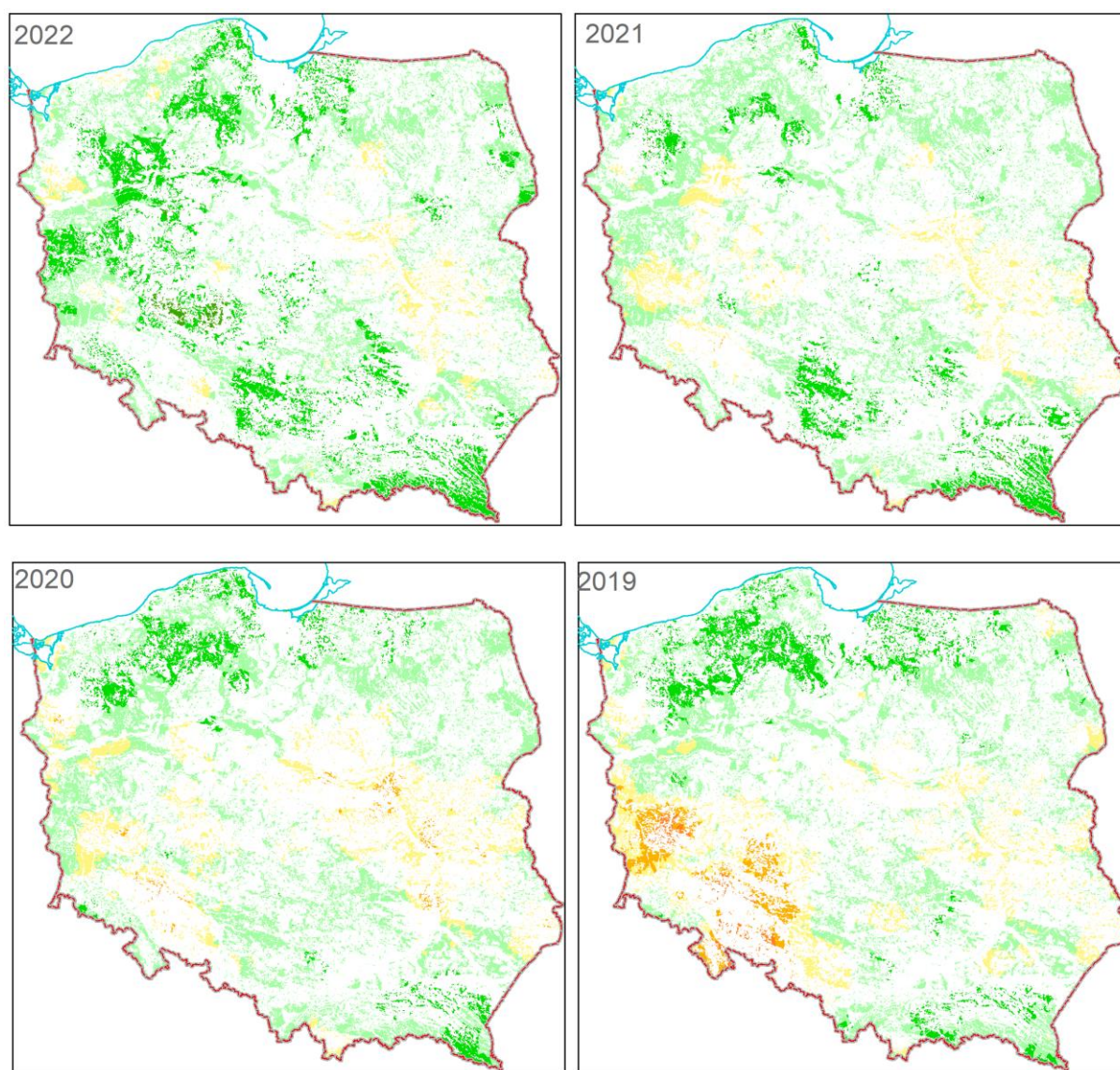
Badania monitoringowe prowadzone są w Polsce w sieciach stałych powierzchni obserwacyjnych I i II rzędu (SPO I i II rzędu) oraz na powierzchniach monitoringu intensywnego (SPO MI). Dostarczają wiarygodnych informacji o głównych komponentach ekosystemów leśnych i procesach w nich zachodzących. Pozwalają na ocenę aktualnego stanu zdrowotnego drzewostanów oraz identyfikację kierunków zmian tego stanu w czasie i przestrzeni pod wpływem zmieniających się warunków środowiska, zwłaszcza pogody i zanieczyszczeń powietrza. Badania monitoringu lasów są wypełnieniem przez Polskę postanowień Air Convention (konwencja o transgranicznym rozprzestrzenianiu się zanieczyszczeń powietrza na dalekie odległości, Genewa 1979) i dostarczają niezbędnych informacji do raportowania do Unii Europejskiej w ramach dyrektywy o dopuszczalnych poziomach emisji gazowych zanieczyszczeń (NEC Directive).

Deficyt wody dostępnej dla drzew pozostawał w ostatnich latach głównym czynnikiem kształtującym stan zdrowotny lasów w Polsce. Dostępność wody na terenach leśnych w 2022 roku była, zwłaszcza w sezonie wegetacyjnym zbliżona do tych z roku poprzedniego, najlepszego w ostatniej dekadzie. Warunki pogodowe w 2022 r. były tym samym znacznie korzystniejsze w porównaniu z latami ekstremalnie suchymi i gorącymi: 2015 i 2018. Wykonane analizy wykazały co prawda niedobory wody i występowanie ograniczonej dostępności wody dla roślin w zachodniej części Polski, tym niemniej nie były one na tyle duże, by znalazło to odzwierciedlenie w złej kondycji zdrowotnej lasów. Kontynuacja w roku 2022 względnie dobrych warunków pogodowych na terenie większej części Polski skutkowałą dalszą poprawą kondycji zdrowotnej drzewostanów. Średnia defoliacja większości głównych gatunków lasotwórczych uległa zmniejszeniu w porównaniu do roku 2021 najwięcej dla dębu, sosny i domieszkowych gatunków liściastych (odpowiednio o 1,7, 1,5 i 1,2 punktu procentowego). Średnia defoliacja wszystkich drzew na stałych powierzchniach obserwacyjnych I rzędu w 2022 r. wynosiła 21,2% i była niższa o 1,2 punktu procentowego w porównaniu do roku 2021, o 1,9 punktu procentowego w porównaniu do roku 2020 oraz o 2,2 punktu procentowego względem roku 2019. Nastąpił również wzrost udziału drzew o defoliacji do 10% (z 11,0% w roku 2020 i 14,3% w roku 2021 do 14,4% w roku 2022) oraz zmniejszenie się udziału drzew o defoliacji powyżej 25% (z 19,4% i 17,1% w latach 2020 i 2021 do 15,5% w roku 2022). Wskazuje to na poprawę stanu zdrowotnego drzewostanów w roku 2022 w porównaniu do lat wcześniejszych.

Badania monitoringowe prowadzone na powierzchniach monitoringu intensywnego (SPO MI) w 2022 roku potwierdziły trend zmniejszania się koncentracji zanieczyszczeń powietrza. Na każdej z badanych SPO MI w okresie 2011–2022 zanotowano spadek stężenia dwutlenku siarki. Największe spadki wystąpiły w rejonach górskich. W rejonach o niższym poziomie zanieczyszczeń gazowych (Polska północno-wschodnia) spadek stężenia SO_2 był mniejszy, ale również statystycznie istotny. Również stężenia dwutlenku azotu w powietrzu w badanym okresie wykazywały trend spadkowy na wszystkich badanych powierzchniach SPO MI. Był on najślaby w północno-wschodniej Polsce, gdzie od lat stężenia NO_2 w powietrzu utrzymują się na niskim poziomie w porównaniu z pozostałymi częściami kraju, zaś najsilniejszy na obszarach o najwyższych jego koncentracjach – w Polsce centralnej i na Górnym Śląsku. Niższym koncentracjom zanieczyszczeń powietrza towarzyszył w okresie 2011–2022 wzrost wartości pH opadów oraz spadek depozycji związków siarki. Depozycja związków azotu w znacznie mniejszym stopniu niż S- SO_4^{2-} podlegała trendom i trudno jest wskazać jednakowy kierunek zmian na terenie Polski. Warunki w glebie w okresie ostatnich 10 lat były na większości SPO MI stabilne, trendy wielkości depozycji w niewielkim stopniu znajdowały odzwierciedlenie w zmianach składu chemicznego roztworów glebowych. W roztworach glebowych kwasowość zmniejszała się na obu głębokościach tylko w Szklarskiej Porębie i Piwnicznej (świerk), co można powiązać z istotnie malejącymi trendami depozycji związków siarki (S- SO_4^{2-}) i azotu (N- NO_3^-) oraz rosnącą zasadowością opadów. Również w Chojnowie wystąpiły pierwsze sygnały poprawy właściwości środowiska glebowego w górnej części profilu – niewielki wzrost pH i spadek stężenia glinu.

Prowadzone na SPO MI pomiary służą ocenie stopnia antropogenicznego zagrożenia ekosystemów zakwaszeniem i eutrofizacją, jako pochodną depozycji związków siarki o działaniu zakwaszającym oraz związków azotu, działających zarówno zakwaszająco, jak i eutrofizująco. Wyniki prowadzonych badań monitoringu leśnego wskazują zwłaszcza na to drugie zjawisko jako obecnie realne zagrożenie dla stabilności lasów w Polsce. Ryzyko eutrofizacji wyrażone przekraczaniem tzw. ładunków krytycznych azotu (wynoszących dla Polski od 7 do 15 kg N ha⁻¹) występowało w minionych latach na większości SPO MI, wskazując na nadmierną podaż tego pierwiastka. W konsekwencji, a także wskutek rosnących stężeń CO_2 w powietrzu oraz wydłużonego sezonu wegetacyjnego, następuje z jednej strony przyspieszony przyrost drzew, ale z drugiej zakłócone są symbiotyczne układy mikoryzowe w systemach korzeniowych drzew, co z kolei może powodować w dłuższej perspektywie niedobory w zaopatrzeniu drzew w związki odżywcze i być przyczyną ich niestabilności.

Zmiany klimatu w Polsce są faktem. Nie można przewidzieć, czy uda się je powstrzymać i, ewentualnie, kiedy to nastąpi. W tej sytuacji jedynym racjonalnym działaniem podejmowanym w celu utrzymania stabilności drzewostanów i podniesienia ich odporności na stresy w dłuższym okresie są zabiegi hodowlane prowadzące do minimalizacji ryzyka ekologicznego przez zwiększenie różnorodności gatunkowej drzewostanów. Z punktu widzenia zwiększania akumulacji CO₂ w biomacie korzystne byłoby szersze wykorzystanie odnowień naturalnych i podsadzeń oraz ograniczenie zrębów zupełnych, które wymagają pełnego przygotowania gleby powodującego uwalnianie CO₂ z szybko rozkładającej się materii organicznej.



Zmiana defoliacji drzew na SPO I rzędu w latach 2019-2022

CZEŚĆ I. PROGRAM MONITORINGU LASÓW I METODYKA BADAŃ

1. PROGRAM MONITORINGU LASÓW W 2022 ROKU – *PAWEŁ LECH, GRZEGORZ ZAJĄCZKOWSKI*

Badania Monitoring lasów (ML) mają na celu określenie zróżnicowania stanu zdrowotnego lasów w przestrzeni i czasie oraz kierunków zmian i ich dynamiki zachodzących w ekosystemach leśnych Polski. W 2022 roku kontynuowano realizację długookresowych celów monitoringu lasów, takich jak:

- określenie rozkładu przestrzennego stanu zdrowotnego drzewostanów,
- porównanie stanu zdrowotnego lasów wyróżnionych kategoriami własności,
- analiza związków przyczynowo skutkowych pomiędzy zdrowotnością lasów a czynnikami środowiska,
- identyfikacja głównych symptomów i przyczyn (biotycznych i abiotycznych) uszkodzeń drzew,
- określenie trendów zmian stanu zdrowotnego lasów w dziesięcioleciu 2013–2022.

W ramach programu ML w 2022 roku realizowano następujące badania, analizy, pomiary i obserwacje:

SPO I rzędu:

1. **Monitoring stanu zdrowotnego drzewostanów na stałych powierzchniach obserwacyjnych I rzędu (SPO I rzędu)** – przeprowadzony został na 2071 SPO I rzędu w drzewostanach w wieku powyżej 20 lat, założonych w sieci 8×8 km. Zarejestrowano gatunek, wiek, pierśnicę, status oraz stanowisko biosocjalne 20 drzew próbnych. Obserwacje cech morfologicznych koron drzew dotyczyły następujących parametrów: defoliacji, odbarwienia, ocienienia korony, liczby roczników igliwia, długości igliwia lub wielkości liści, struktury przyrostu pędów, typu przerzedzenia korony, udziału martwych gałęzi, występowania pędów wtórnych, urodzaju nasion i intensywności kwitnienia.
2. **Monitoring symptomów i przyczyn uszkodzeń drzew** – przeprowadzono zarówno na 2071 SPO I rzędu, określając następujące parametry na 20 drzewach próbnych: miejsce uszkodzenia na drzewie (w tym lokalizację uszkodzenia w obrębie korony), rodzaj symptomu uszkodzenia, kategorię i klasę czynnika sprawczego oraz rozmiar uszkodzenia.

SPO II rzędu:

3. **Monitoring stanu zdrowotnego drzewostanów na stałych powierzchniach obserwacyjnych II rzędu (SPO II rzędu)** – przeprowadzony został na 133 czynnych powierzchniach. Zakres obserwacji był zgodny z programem pomiarów realizowanych na SPO I rzędu.
4. **Monitoring symptomów i przyczyn uszkodzeń drzew** – przeprowadzono zarówno na 133 SPO II rzędu, określając następujące parametry na 20 drzewach próbnych: miejsce uszkodzenia na drzewie (w tym lokalizację uszkodzenia w obrębie korony), rodzaj symptomu uszkodzenia, kategorię i klasę czynnika sprawczego oraz rozmiar uszkodzenia.
5. **Ocena stanu odżywienia mineralnego sosny, świerka, dębu i buka** – wykonano analizy chemiczne liści i igieł zebranych w roku 2021 z drzew stojących na 133 SPO II rzędu. Oznaczono zawartość azotu, fosforu, potasu, wapnia, magnezu, siarki, miedzi, żelaza, manganu, cynku, glinu, kadmu i ołowiu. Łącznie analizom poddano 125 próbek liści (z drzewostanów buka i dębu) oraz 1078 próbek igieł sosny i świerka.

SPO MI:

6. **Monitoring parametrów meteorologicznych** – obejmował pomiary w pobliżu 12 stałych powierzchni obserwacyjnych monitoringu intensywnego (SPO MI) następujących parametrów: temperatury powietrza [°C] na wysokości 2 m i 0,5 m oraz przy gruncie (na wysokości 5 cm), temperatury gleby [°C] na głębokości 5 cm, 10 cm, 20 cm i 50 cm, wilgotności względnej powietrza [%] na wysokości 2 m, wilgotności gleby [dm^3/m^3] (poza SPO MI w Białowieży, Krotoszynie i Zawadzkiem), promieniowania całkowitego [W/m^2], prędkości wiatru [m/s], kierunku wiatru [°] oraz opadu atmosferycznego [mm]. Pomiary były wykonywane przez automatyczne stacje meteorologiczne w cyklu ciągłym.
7. **Monitoring jakości powietrza atmosferycznego** – przeprowadzono na 12 SPO MI. Obejmował on pomiar koncentracji w powietrzu SO_2 , NO_2 metodą pasywną z miesięczną ekspozycją próbników.
8. **Monitoring depozytu zanieczyszczeń na otwartej przestrzeni** – przeprowadzono na 12 SPO MI. Określono objętość, przewodność elektrolityczną, pH oraz skład chemiczny opadów atmosferycznych: zawartość Ca, DOC, NO_3^- , K, Mg, Na, NH_4^+ ,

Cl^- , NO_3^- , SO_4^{2-} , PO_4^{3-} , Al, Mn, Fe oraz metali ciężkich (Cd, Pb, Cu, Zn) i zasadowość w próbkach o pH wyższym niż 5.

9. Monitoring chemizmu opadów podkoronowych (w tym spływu po pniu) – obejmował pomiary na 12 SPO MI. Wykonano pobór próbek i analizy chemiczne z 25 chwytników podkoronowych w cyklu miesięcznym. Na dwóch SPO MI w drzewostanach bukowych pobrano próbki, określono ilość opadu i wykonano analizy chemiczne spływu po pniu. Analizy obejmowały określenie przewodności elektrolitycznej, pH, Ca, DOC, Nog, Mg, K, Na, NH_4^+ , Cl^- , NO_3^- , SO_4^{2-} , PO_4^{3-} , Fe, Mn, Al, Cd, Cu, Pb, Zn i zasadowości w próbkach o pH wyższym niż 5.

10. Monitoring chemizmu roztworów glebowych – obejmował pomiary na 12 SPO MI i obejmował pobór próbek z 20 lizymetrów z głębokości 25 i 50 cm (po 10 na każdej głębokości) w cyklu miesięcznym oraz określenie ilości roztworów glebowych i analizy chemiczne. Podobnie jak w przypadku pozostałych próbek wody obejmowały one określenie przewodności elektrolitycznej, pH, Ca, DOC, Nog, Mg, K, Na, NH_4^+ , Cl^- , NO_3^- , SO_4^{2-} , PO_4^{3-} , Fe, Mn, Al, Cd, Cu, Pb, Zn i zasadowości w próbkach o pH wyższym niż 5.

2. METODYKA POMIARÓW I OBSERWACJI WYKONANYCH W 2022 R. – PAWEŁ LECH, ANNA KOWALSKA, GRZEGORZ ZAJĄCZKOWSKI

Program i metodyka monitoringu lasów w Polsce, w swoich podstawowych założeniach, oparte są na metodyce rekomendowanej przez International Co-operative Programme on Assessment and Monitoring of Air Pollution Effects on Forests (ICP Forests) („Międzynarodowy Program Koordynujący Ocena i Monitoring Wpływu Zanieczyszczeń Powietrza na Lasy”) (Manual... 2020).

Monitoring lasów funkcjonuje w sieci stałych powierzchni obserwacyjnych (SPO). Wyróżniono: stałe powierzchnie obserwacyjne I rzędu, rozmieszczone w regularnej sieci 8×8 km, stałe powierzchnie obserwacyjne II rzędu, reprezentujące drzewostany głównych gatunków lasotwórczych (sosny zwyczajnej, świerka pospolitego, dębów i buka) wszystkich krain przyrodniczo-leśnych oraz stałe powierzchnie obserwacyjne, z rozszerzonym programem badawczym (monitoring intensywny, SPO MI), wybrane spośród SPO II rzędu.

Sieć powierzchni wielkoobszarowej inwentaryzacji, stanowiąca bazę dla systemu powierzchni krajowego monitoringu lasów, powstała w oparciu o układ powierzchni ICP Forests – europejskiej sieci leśnych powierzchni badawczych, obowiązujący w Unii Europejskiej dla oceny uszkodzeń lasów (Commission Regulation (EEC) No. 1969/87). Ma on stały punkt odniesienia o współrzędnych: szerokość geograficzna $50^{\circ}15'15''$ N i długość geograficzna $09^{\circ}47'06''$ E. Jest to punkt wyjściowy, od którego wyznaczono wszystkie powierzchnie w sieci 16×16 km. Sieć tę dla potrzeb wielkoobszarowej inwentaryzacji stanu lasu zagęszczono do układu 4×4 km, a dla monitoringu krajowego do układu 8×8 km.

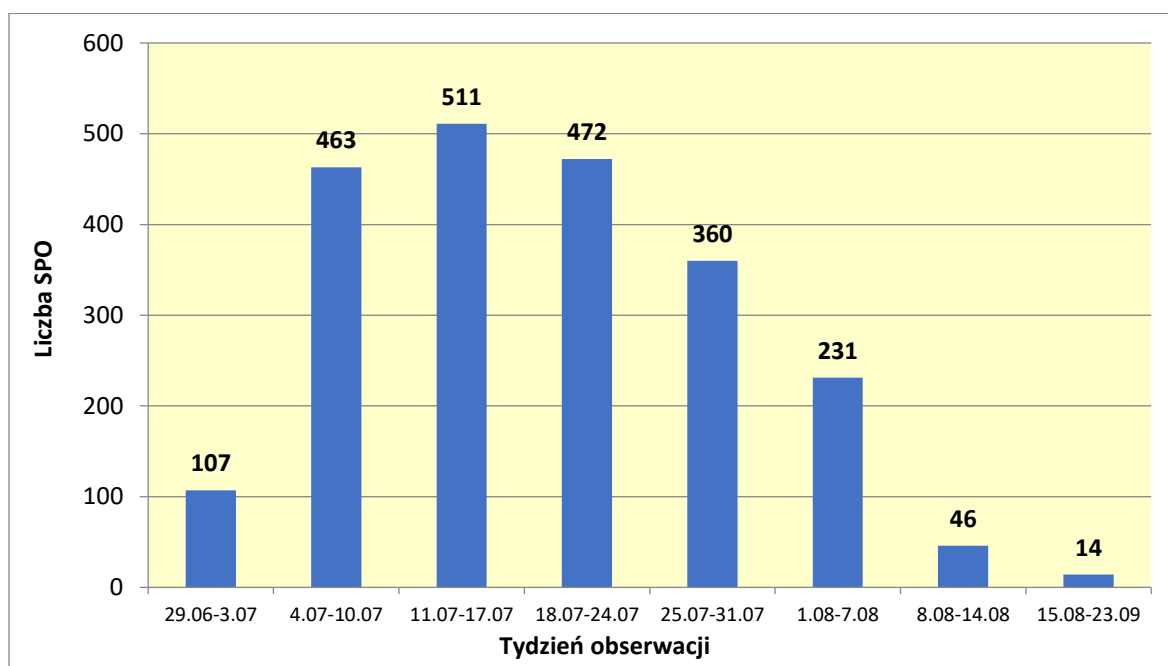
W 1994 roku założono 122 stałe powierzchnie obserwacyjne II rzędu w drzewostanach iglastych (100 powierzchni sosnowych i 22 powierzchnie świerkowe), a w 1996 roku założono 26 takich powierzchni w drzewostanach liściastych (15 powierzchni dębowych i 11 powierzchni bukowych). Zostały one zlokalizowane w drzewostanach w wieku 41–90 lat, po 2 w każdej dzielnicy przyrodniczo-leśnej Polski, będącej w tym czasie podstawową jednostką regionalizacji¹. W niektórych dzielnicach, ze względu na ich rozległy obszar, założono 3 powierzchnie. Na powierzchniach tych, poza corocznymi obserwacjami stanu zdrowotnego

¹ Od roku 2012 obowiązuje nowy system regionalizacji przyrodniczo-leśnej Polski, obejmujący 8 krain przyrodniczo-leśnych i 183 mezoregiony, wyodrębniane na podstawie informacji o dominujących warunkach siedliskowych (typy gleb, typy siedliskowe lasu, zróżnicowanie zbiorowisk roślinnych), drzewostanowych (poziom lesistości, gatunki panujące i wielkość zasobów drzewnych) oraz sposobach użytkowania ziemi.

drzew oraz symptomów i przyczyn uszkodzeń, prowadzone są następujące badania okresowe: glebowe (co 10 lat), chemizmu igliwia lub liści (co 4 lata), roślinności runa (co 5 lat), dendrometryczne (co 5 lat). W latach 2008–2019 na 15 SPO II rzędu (11 ze świerkiem, 3 z sosną i 1 z dębem) usunięto drzewostan i od tej pory nie przeprowadza się na tych powierzchniach pomiarów i obserwacji odnoszących się do drzewostanu.

2.1. Zakres i metodyka oceny stanu zdrowotnego drzewostanów na stałych powierzchniach obserwacyjnych I i II rzędu

Ocenę stanu zdrowotnego wykonuje się dla 20 drzew próbnych wybranych z drzewostanu panującego. Przedmiotem oceny są cechy morfologiczne koron oraz występujące, widoczne uszkodzenia drzew. Szczególną uwagę przywiązuje się do szacunków defoliacji i odbarwienia aparatu asymilacyjnego, które przeprowadza się w 5-procentowym odstopniowaniu. Około 5% powierzchni podlega powtórnej ocenie przez kontrolną grupę obserwatorów. Zebrane wyniki służą do porównania zgodności szacunków defoliacji i innych parametrów drzew wykonanych przez taksatorów oraz przez grupę kontrolną. Podobnie jak to miało miejsce w latach poprzednich wyniki kontroli potwierdziły wysoką zgodność i poprawność przeprowadzonych ocen defoliacji i uszkodzeń drzew próbnych.



Rycina 2.1. Liczba ocenionych SPO I i II rzędu w kolejnych tygodniach w okresie 29.06-14.08.2022 r. oraz pomiędzy 15.08 i 23.09.2022 r.

Niniejsze sprawozdanie prezentuje wyniki obserwacji defoliacji i odbarwień aparatu asymilacyjnego przeprowadzonych w okresie od 29 czerwca do 23 września 2022 roku (ryc. 2.1) z 2071 SPO I rzędu w drzewostanach w wieku powyżej 20 lat, 133 SPO II rzędu, w tym

12 SPO monitoringu intensywnego, przy czym jedynie dla 6 powierzchni ocenę tę wykonano po 15 sierpnia 2022 r. i tylko dla 2 powierzchni we wrześniu 2022 r. W 2022 roku nie stwierdzono powierzchni niedostępnych.

Metodyka oceny stanu zdrowotnego drzew próbnych

Wyniki szacowania defoliacji i odbarwień pogrupuje się w następujące klasy:

- klasa 0 – od 0 do 10% – bez defoliacji/odbarwień,
- klasa 1 – od 11 do 25% – lekka defoliacja/odbarwienia (poziom ostrzegawczy),
- klasa 2 – od 26 do 60% – średnia defoliacja/odbarwienia,
- klasa 3 – powyżej 60% – duża defoliacja/odbarwienia,
- klasa 4 – drzewa martwe,

oraz grupy klas: klasy 1–3, klasy 2–3, klasy 2–4 i klasy 3–4. Powyższy podział obowiązuje w Międzynarodowym Programie Wpływu Zanieczyszczeń na Lasy – ICP Forests (Manual... 2020).

Ponadto wyróżnia się klasy stanu zdrowotnego drzewostanów, przyjmując, że są one kombinacją klasy defoliacji i klasy odbarwienia wg poniższego schematu:

Klasa defoliacji	Klasa odbarwienia				
	0	1	2	3	4
0	0	0	1	2	
1	1	1	2	2	
2	2	2	3	3	
3	3	3	3	3	
4					4

gdzie:

- 0 – klasa drzew zdrowych,
- 1 – klasa ostrzegawcza,
- 2 – klasa lekkiego i średniego obniżenia stanu zdrowotnego,
- 3 – klasa silnego obniżenia stanu zdrowotnego,
- 4 – drzewa martwe.

Obserwacje drzew próbnych obejmują ponadto następujące cechy drzew oraz ich koron:

- Stanowisko biosocjalne (klasa Krafta):

- 1 – drzewa górujące,
- 2 – drzewa panujące,
- 3 – drzewa współpanujące,
- 4 – drzewa opanowane,
- 5 – drzewa przygłuszone.

W roku zakładania powierzchni wszystkie drzewa próbne były dobierane spośród drzew 1–3 klas Krafta. Również drzewa dobierane w zastępstwie drzew zamarłych/usuniętych muszą spełniać ten warunek. W kolejnych latach drzewa mogą zmienić swoje stanowisko biosocjalne.

- Defoliacja – z dokładnością do 5%,
- Odbarwienie – z dokładnością do 5%,

- Pomiar pierśnicy drzew – z dokładnością do 1 mm,
- Ocienienie korony:
 - 1 – korona znacząco ocieniona (lub w fizycznym kontakcie) z jednej strony,
 - 2 – korona znacząco ocieniona (lub w fizycznym kontakcie) z dwóch stron,
 - 3 – korona znacząco ocieniona (lub w fizycznym kontakcie) z trzech stron,
 - 4 – korona znacząco ocieniona (lub w fizycznym kontakcie) z czterech stron,
 - 5 – korona z otwartą przestrzenią rozwoju, bez śladów oddziaływania ocienienia,
 - 6 – drzewa przygłuszone.
- Widoczności korony:
 - 10 – pełna widoczność korony,
 - 20 – częściowa widoczność korony,
 - 21 – większa część korony widoczna,
 - 22 – mniejsza część korony widoczna,
 - 30 – widoczny zarys korony,
 - 40 – korona niewidoczna.
- Liczba roczników igliwia – podano dominującą liczbę roczników igliwia w środkowej części korony,
- Długość igliwia lub wielkość liści – oceniono dominującą długość igliwia lub wielkość liści w środkowej części korony, wyróżniając:
 - 1 – skrócone lub zmniejszone,
 - 2 – normalne,
 - 3 – wydłużone lub powiększone.
- Proporcje przyrostu pędów – oceniono przeważające proporcje przyrostu pędów w górnej części korony:
 - 1 – przyrost pędu głównego większy od przyrostu pędów bocznych,
 - 2 – przyrost pędu głównego równy przyrostowi pędów bocznych,
 - 3 – przyrost pędu głównego mniejszy od przyrostu pędów bocznych.
- Typ przerzedzenia korony:
 - 0 – w przypadku defoliacji poniżej 10%,
 - 1 – peryferyjny,
 - 2 – odśrodkowy,
 - 3 – oddolny,
 - 4 – odgórny,
 - 5 – podwierzchołkowy,
 - 6 – równomierny,
 - 7 – łukowatość,
 - 8 – ulistnienie kępowe.

- Udział martwych gałęzi – oceniono górną połowę korony, wyróżniając:
 - 0 – brak martwych gałęzi,
 - 1 – pojedyncze martwe gałęzie (do 10%),
 - 2 – od 11 do 50% martwych gałęzi,
 - 3 – powyżej 50% martwych gałęzi.
- Występowanie pędów wtórnych, urodzaju nasion i kwitnienia – cechy te określa się, podając:
 - 0 – nie występuje,
 - 1 – występuje,
 - 2 – występuje obficie.

Istotnym elementem oceny drzew próbnych jest opis symptomów uszkodzeń, określenie ich lokalizacji, rozmiaru i możliwie dokładne wskazanie przyczyny wystąpienia. Ocenę symptomów uszkodzeń oparto na systemie kodów – zestawienia poniżej. Istnieje możliwość wpisania 3 rodzajów uszkodzeń odnoszących się do jednego drzewa w kolejności wg znaczenia danego uszkodzenia dla zdrowotności drzewa.

Lokalizacja uszkodzeń:

<i>Miejsce uszkodzenia</i>	<i>Dokładniejsze określenie miejsca występowania uszkodzenia</i>	<i>Kod (2 znaki)</i>	<i>Lokalizacja w obrębie korony</i>	<i>Kod (1 znak)</i>
Liście lub igliwie	bieżący rocznik igieł	11	górną część korony dolną część korony niejednolita cała korona	1
	starsze igły	12		2
	igły wszystkich roczników	13		3
	liście (w tym gatunki zimozielone)	14		4
Gałęzie, pędy, pączki	pędy tegoroczne	21	górną część korony dolną część korony niejednolita cała korona	1
	gałęzie o grubości < 2 cm	22		2
	gałęzie o grubości 2–10 cm	23		3
	gałęzie o grubości > 10 cm	24		4
	pędy o zróżnicowanej grubości	25		
	pęd wierzchołkowy	26		
	pączki	27		
Pień, szyja korzeniowa	strzała w obrębie korony	31		0
	pień pomiędzy szyją korz. a koroną	32		
	korzenie i szyja korz. (<25 cm)	33		
	cała strzała	34		
Martwe drzewo		04		0
Brak uszkodzeń		00		0
Brak oceny		09		0

Symptomy uszkodzenia:

<i>Uszkodzona część</i>	<i>Symptomy</i>	<i>Kod (2 znaki)</i>	<i>Specyfikacja symptomów</i>	<i>Kod (2 znaki)</i>
	liście częściowo lub całkowicie zjedzone/brakujące	01	dziurawe, częściowo zjedzone, brakujące	31

Liście lub igliwie			nadgryzienie brzegowe (liście, igły)	32
			całkowicie zjedzone, brakujące	33
			szkieletyzacja	34
			minowane	35
			przedwczesne opadanie	36
		02	przebarwienie liści jasnozielone do żółtego	ogólne 37 plamy 38
		03	przebarwienie liści czerwone do brązowego (włączając nekrozy)	przebarwienia brzegowe 39 przebarwienia taśmowe 40
		04	zbrązowienie liści inne kolory	przejaśnienia 41
		05		przebarwienia wierzchołkowe 42 częściowe 43 wzdłuż naczyń 44
		06	mikrofilmia (nienaturalnie drobne)	00
		07	inne nienaturalne rozmiary liści	00
		08	deformacje	pofalowane 45
				zawijanie 46
				zwijanie 47
				skręcenie 48
				zginanie 49
				galasówki 50
				więdnienie 51 inne deformacje 52
		09	inne symptomy	00
		10	oznaki występowania owadów	czarny nalot na liściach 53
	gniazda 54			
	imago, larwy, poczwarki, nimfy, grupy jaj 55			
	11	oznaki występowania grzybów	biały nalot na liściach 56	
			owocniki na liściach 57	
	12	inne oznaki	00	
Gałęzie, pędy, pączki		01	zjedzone, utracone	00
		13	złamane	00
		14	martwe/obumierające	00
		15	zrzucone	00
		16	nekrozy	
		17	rany (obdarcie kory, szczeliny)	obdarcie kory 58
				szczeliny, pęknięcia 59
				inne rany 60
		18	wycieki żywicy (iglaste)	00
		19	wycieki (liściaste)	00
		20	zgnilizna	00
		08	deformacja	więdnienie 51
				zaginanie, zrzuwanie, zakrzywianie 61
	narośle 62			
	zrakowacenia 63			
	czarcia miotła 64 inne deformacje 52			

	inne symptomy	09		00	
	oznaki owadów	10	otwory, trociny w otworach	65	
			gniazda	54	
			białe kropki lub nalot	66	
				imago, larwy, nimfy, poczwarka, grupy jaj	55
	oznaki grzybów	11	owocniki grzybów		57
inne oznaki	12			00	
Strzała, pień	rany (obdarcia kory, szczeliny)	17	obdarcie kory	58	
			szczeliny, pęknięcia (od mrozu)	59	
			inne rany	60	
	wycieki żywicy (iglaste)	18			00
	wycieki (liściaste)	19			00
	zgnilizna	20			00
	deformacja	08	narośle	62	
			zrakowacenia	63	
			podłużne grzbiety	00	
			inne deformacje	52	
	pochylone	21			00
	przewrócone (z korzeniami)	22			00
	złamane	13			00
	części nekrotyczne	16			00
	inne symptomy	09			00
	oznaki owadów	10	otwory, trociny w otworach	65	
			białe kropki lub nalot	66	
			imago, larwa, poczwarka, nimfa, grupa jaj	55	
oznaki grzybów	11	owocniki grzybów	57		
		pęcherze żółto-pomarańczowe	67		
inne oznaki	12			00	

Kategorie czynnika sprawczego:

<i>Kategoria czynników sprawczych</i>	<i>Kod</i>
Kręgowce	100
Owady	200
Grzyby	300
Czynniki abiotyczne	400
Bezpośrednie działanie człowieka	500
Požary	600
Zanieczyszczenia powietrza	700
Konkurencja i inne czynniki	800
(Badane, ale) Niezidentyfikowane	999

Dwa zera w kodzie czynnika sprawczego zastępuje się kodami z załączonego poniżej katalogu, dokładniej identyfikując (jeżeli to możliwe) dany czynnik.

Lista kodów określających klasę czynnika sprawczego:

<i>Czynnik</i>	<i>Kod</i>	<i>Klasa czynnika</i>	<i>Kod</i>	<i>Uwagi (gatunek)*</i>
KREĞOWCE	100	jeleniowate	110	
		dziki	120	
		gryzonia	130	
		ptaki	140	
		zwierzęta domowe	150	
		inne kręgowce	190	

* wpisuje się w formularzu nazwę gatunkową w języku łacińskim lub polskim, jeżeli jest możliwe jej poprawne określenie

<i>Czynnik</i>	<i>Kod</i>	<i>Klasa czynnika</i>	<i>Kod</i>	<i>Uwagi (gatunek owada)*</i>
OWADY	200	liściożerne	210	
		uszkodzające pień, gałęzie, pędy	220	
		uszkodzające pączki	230	
		uszkodzające kwiatostany, owoce	240	
		owady ssące	250	
		owady minujące	260	
		galasówki	270	
		inne owady	290	

* wpisuje się w formularzu nazwę gatunkową owada w języku łacińskim lub polskim, jeżeli jest możliwe jej poprawne określenie

<i>Czynnik</i>	<i>Kod</i>	<i>Klasa czynnika</i>	<i>Kod</i>	<i>Uwagi (gatunek grzyba)*</i>
GRZYBY	300	osutki i rdze	301	
		rdze pędów i pni	302	
		więdnienie	303	
		Rozkład drewna i zgnilizna korzeni	304	
		plamiastość liści	305	
		antraknozy	306	
		mączniaki	307	
		więdnienie naczyniowe	308	
		zamieranie i rakowacenie	309	
		deformacje	310	
		inne grzyby	390	

* wpisuje się w formularzu nazwę gatunkową grzyba w języku łacińskim lub polskim, jeżeli jest możliwe jej poprawne określenie

<i>Czynnik</i>	<i>Kod</i>	<i>Klasa czynnika</i>	<i>Kod</i>	<i>Typ czynnika</i>	<i>Kod</i>
ABIOTYCZNE	400	czynniki chemiczne	410	zakłócenia pokarmowe – deficyt biogenów	411
		czynniki fizyczne	420	lawiny	421
				susza	422
				zalewy	423
				mróz	424
				szron, sadź	425
				oparzenia słoneczne	426
				pioruny	427
				osunięcia terenu	429
				śnieg, lód	430
				wiatry	431
				uszkodzenia zimowe	432
				płytkość, uboga gleba	433
		inne czynniki abiotyczne	490		

<i>Czynnik</i>	<i>Kod</i>	<i>Klasa czynnika</i>	<i>Kod</i>	<i>Typ czynnika</i>	<i>Kod</i>	
BEZPOŚREDNIE ODDZIAŁYWANIA CZŁOWIEKA	500	obiekty wbite	510			
		niewłaściwe techniki sadzenia	520			
		konserwacja terenu	530			
		zabiegi hodowlane lub pozyskanie	540	zranienia		541
				podkrzesywanie		542
				pozyskanie żywicy		543
				zdzieranie kory		544
				operacje hodowlane		545
		mechaniczne uszkodzenia przez pojazdy	550			
		budowa dróg	560			
		ubicie gleby	570			
niewłaściwe użycie środków chemicznych	580	pestycydy		581		
		sól do odsalania		582		
inne bezpośrednie działanie człowieka	590					

<i>Czynnik</i>	<i>Kod</i>
POŻARY	600

<i>Czynnik</i>	<i>Kod</i>	<i>Klasa czynnika</i>	<i>Kod</i>
ZANIECZY- SZCZENIA POWIETRZA	700	SO ₂	701
		H ₂ S	702
		O ₃	703
		PAN	704
		F	705
		HF	706
		Inne	790

<i>Czynnik</i>	<i>Kod</i>	<i>Klasa czynnika</i>	<i>Kod</i>	<i>Uwagi (gatunek)*</i>
KONKURENCJA I INNE CZYNNIKI	800	parazyty, epifity	810	
		bakterie	820	
		wirusy	830	
		nicienie	840	
		konkurencja	850	
		mutacje	860	
		inne (znane przyczyny, ale niewskazane na liście)	890	

*wpisuje się w formularzu nazwę gatunkową w języku łacińskim lub polskim, jeżeli jest możliwe jej poprawne określenie

Rozmiar uszkodzenia:

<i>Klasa [%]</i>	<i>Opis</i>	<i>Kod</i>
0	brak	0
1–10	nieznaczne	1
11–20	słabe	2
21–40	umiarkowane	3
41–60	silne	4
61–80	bardzo silne	5
81–99	ekstremalne	6
100	martwe drzewo	7

Metodyka i procedury oceny drzew próbnych na stałych powierzchniach obserwacyjnych monitoringu lasów zostały omówione na corocznym szkoleniu wykonawców, poprzedzającym prace terenowe. Do lokalizacji powierzchni, identyfikacji drzew oraz rejestracji danych obserwacyjnych i pomiarowych wykorzystano tablety SAMSUNG S2 TAB, pracujące w systemie Android, wykorzystując do tego celu specjalne oprogramowanie: AutoMapa XL oraz mLas Inżynier Pro z zainstalowaną dodatkową warstwą punktową, pokazującą lokalizację poszczególnych powierzchni. Wykorzystywano również aplikację „Monitoring”, dedykowaną do identyfikacji drzew na SPO oraz rejestracji danych obserwacyjnych i pomiarowych, w tym danych obrazowych (zdjęcia powierzchni i stwierdzonych uszkodzeń). Oprogramowanie to obejmowało również uproszczony klucz do oznaczania symptomów i przyczyn uszkodzeń drzew oraz zdjęcia przykładowych uszkodzeń i ich sprawców. Po zakończeniu prac terenowych zapisane na urządzeniach mobilnych wyniki wykonanych obserwacji i pomiarów zostały skopiowane do Bazy Danych Monitoringu Lasów. Przebieg prac terenowych podlegał wewnętrznej kontroli, polegającej na powtórnym wykonaniu pełnej oceny drzew próbnych na około 5% SPO. Odnotowane różnice dotyczyły zarówno zawyżania, jak i zaniżania poziomu defoliacji w porównaniu do oceny grupy kontrolnej. Stwierdzony przeciętny poziom tych różnic w roku 2022 wynosił 0,42 punktu procentowego i nie wpłynął istotnie na wyniki odnoszące się do poziomu całego kraju. Wyniki kontroli wykorzystywane są przy wyborze wykonawców terenowych oraz do doskonalenia metod ich corocznego szkolenia.

Do oceny stanu zdrowotnego drzewostanów na SPO I i II rzędu stosowano taką samą metodykę.

2.2 Analizy chemiczne próbek aparatu asymilacyjnego pobranych z drzew stojących na stałych powierzchniach obserwacyjnych II rzędu

Przyjęte do laboratorium próbki igieł i liści zarejestrowano nadając im unikalny kod laboratoryjny oraz niezwłocznie suszono w temperaturze nie przekraczającej 70°C do stałej masy (min. 24 godziny). Po wysuszeniu pozyskano do badań laboratoryjnych liście i igły, przy czym igły pozyskiwano osobno z pierwszego i drugiego rocznika.

W celu oznaczenia masy tysiąca igieł i liści odliczano niezbędną liczbę igieł i liści do naczynek wagowych, suszono do stałej masy w 70°C, ważono, po czym ponownie suszono w celu ustalenia suchej masy w 105°C. Pozostałą ilość materiału roślinnego zmielono w młynku roślinnym, przeniesiono do pojemników szklanych i przekazano do badań chemicznych. Obejmowały one:

- oznaczenie zawartości węgla całkowitego C i azotu całkowitego N według procedury PB-04, ed. 8 z dn. 01.03.2021 r. metodą analizy elementarnej na automatycznym analizatorze VarioMAX cube Elementar®;

- oznaczenie makro-, mikroelementów oraz metali ciężkich: Ca, K, Mg, P, S, Mn, Na, Fe, Al, Ni, Cd, Cu, Pb, Zn według procedury PB-07, ed. 9 z dn. 01.03.2021 r. metodą atomowej spektrometrii emisyjnej z plazmą argonową wzbudzaną indukcyjnie, po mineralizacji próbki w mieszaninie kwasów azotowego V i chlorowego VII.

Wyniki analiz przedstawiono po przeliczeniu na suchą masę roślin.

Każda z serii pomiarów zawierała więcej niż jedną próbkę kontrolną, a wyniki pomiarów materiałów odniesienia – kontrolnych były nanoszone na karty kontrolne i interpretowane pod kątem potencjalnych przekroczeń wartości granicznych i trendów zmian. Jeżeli wynik pomiaru materiału odniesienia nie mieścił się w podanym na karcie kontrolnej zakresie, pomiary próbek powtarzano od ostatniego akceptowalnego wyniku materiału odniesienia. Jako materiały kontrolne stosowano własne materiały odniesienia, materiały pochodzące z minionych porównań między laboratoryjnych/badań biegłości o znanym składzie oraz certyfikowany materiał roślinny. W każdej serii pomiarów sprawdzana była również czystość kwasów używanych do roztworzenia próbek.

2.3 Monitoring parametrów meteorologicznych i chemizmu środowiska leśnego na stałych powierzchniach obserwacyjnych monitoringu intensywnego

W 2022 r. na 12 SPO MI (monitoringu intensywnego) położonych w nadleśnictwach: Gdańsk, Suwałki, Strzałowo, Krucz, Białowieża, Łąck, Chojnów, Krotoszyn, Zawadzkie, Szklarska Poręba, Bircza i Piwniczna, kontynuowano pomiary parametrów meteorologicznych,

jakości powietrza (SO₂, NO₂ metodą pasywną), depozytu zanieczyszczeń na otwartej przestrzeni, pod okapem drzewostanów (w drzewostanach bukowych również spływu po pniu) oraz chemizmu roztworów glebowych.

Monitoring meteorologiczny obejmował pomiary następujących parametrów w pobliżu 12 SPO MI (monitoringu intensywnego): temperatury powietrza [°C] na wysokości 2 m i 0,5 m oraz przy gruncie (na wysokości 5 cm), temperatury gleby [°C] na głębokości 5 cm, 10 cm, 20 cm i 50 cm, wilgotności względnej powietrza [%] na wysokości 2 m, wilgotności gleby [dm³/m³] (z wyłączeniem stacji w Białowieży, Krotoszynie i Zawadzkiem), promieniowania całkowitego [W/m²], prędkości wiatru [m/s], kierunku wiatru [°] oraz opadu atmosferycznego [mm]. Pomiary były wykonywane przy wykorzystaniu automatycznych stacji meteorologicznych w cyklu ciągłym.

Na każdej z 12 SPO MI rzędu zlokalizowano punkty pomiarowe, na których wykonuje się pomiary koncentracji w powietrzu zanieczyszczeń gazowych oraz depozytu jonów zawartych w opadzie atmosferycznym. Punkty pomiarowe zlokalizowane są na terenach leśnych, ale w miejscach oddalonych od ściany lasu o co najmniej 50 m. Maksymalna odległość punktu od powierzchni, do której punkt jest przypisany, w zasadzie nie przekracza 4 km.

Wyposażenie punktów pomiaru **zanieczyszczeń gazowych SO₂ i NO₂** stanowią 3 zmodyfikowane pasywne próbki Amaya-Krochmala umieszczone około 2,0 m nad powierzchnią gruntu, wymieniane po okresie ekspozycji wynoszącym 30 ± 3 dni, w ostatnim lub w pierwszym dniu każdego miesiąca, przez przeszkolone osoby. Określenie stężenia NO₂ i SO₂ [µg m⁻³] następuje po dostarczeniu próbek do laboratorium, metodą chromatografii jonowej.

Pomiary **chemizmu wód opadowych na otwartej przestrzeni** wykonuje się w okresie letnim z wykorzystaniem 3 kolektorów o pojemności 5 litrów wyposażonych w lejek z sitkiem o średnicy 15 cm, umieszczonych w specjalnych osłonach chroniących przed nagrzewaniem i dostępem światła słonecznego na wysokości około 2,0 m nad gruntem. W okresie zimowym do pozyskiwania próbek stosowane są otwarte pojemniki plastikowe o pojemności 10 litrów i średnicy 25 cm. Punkty poboru próbek opadów zlokalizowane są w punktach pomiaru zanieczyszczeń gazowych w powietrzu. Zarówno w okresie zimowym, jak i letnim kolektory wymieniane są co miesiąc. Po przewiezieniu do laboratorium próbki opadów podlegają analizom fizyko-chemicznym polegającym na określeniu ich objętości, oraz następujących parametrów:

koncentracji kationów: Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ , Al^{3+} , Fe^{2+} , Mn^{2+} , [$\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$] – metodą emisyjnej spektrometrii atomowej ICP-OES;

koncentracji jonów: NO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^- , NH_4^+ , PO_4^{3-} [$\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$] – metodą chromatografii jonowej;

pH opadów atmosferycznych – metodą potencjometryczną;

zasadowość w próbkach o $\text{pH} \geq 5$ – metodą miareczkowania potencjometrycznego;

przewodność elektryczną właściwą – metodą konduktometryczną;

koncentracje metali ciężkich Pb, Cu, Zn, Cd - ICP – metodą emisyjnej spektrometrii atomowej ICP-OES;

stężenie RWO – metodą spektrofotometrii w zakresie podczerwieni IR;

stężenie azotu związanego – metodą chemiluminescencji.

Pomiary **chemizmu wód opadowych pod okapem drzewostanu** wykonuje się na wszystkich 12 SPO MI. Ponadto na 2 SPO MI w drzewostanach bukowych (nadleśnictwa Bircza i Gdańsk) dodatkowo wykonuje się pomiary **splywu po pniu**. Próbki opadów podkoronowych pobierane są na każdej powierzchni w okresie letnim (opad deszczu, temp $>0^\circ\text{C}$) do 25 pojemników równomiernie rozmieszczonych na powierzchni na wysokości 1 m nad poziomem gruntu. W okresie letnim analizy chemiczne wykonywane są dla próbek wody łączonych z 5 kolektorów, a w okresie zimowym (opady śniegu) dla próbek z 6 pojedynczych chwytników (wiader na śnieg). W okresie letnim analizom poddawane są również próbki wody spływającej po pniach 6 buków, na każdej z powierzchni z tym gatunkiem drzewa. Pobór wszystkich prób i analizy chemiczne wykonywane są w cyklu miesięcznym, w identycznym zakresie i z wykorzystaniem tych samych metod, jak w przypadku opadów na otwartej przestrzeni.

Na 12 SPO MI pobiera się również próbki **roztworów glebowych**. Do tego celu wykorzystuje się na każdej powierzchni 20 lizymetrów – po 10 umieszczonych w gruncie na głębokości około 25 cm i 50 cm. W laboratorium łączy się próbki z 5 lizymetrów i analizuje po dwie próbki z każdej głębokości. Do pobierania próbek stosuje się lizymetry teflonowo-kwarcowe (firmy PRENART) połączone z 2-litrowymi butlami PE za pomocą rurek teflonowych. Butle gromadzące wodę z lizymetrów zamknięto w pojemnikach z tworzywa, zakopanych równo z powierzchnią gleby. W butlach 1 raz w miesiącu (pod koniec każdego miesiąca), co najmniej na trzy doby przed pobraniem próbek, wykonuje się podciśnienie o wartości ok. 700 milibarów (ok. 0,7 atm). Pobór roztworów glebowych i analizy chemiczne

wykonywane są w cyklu miesięcznym, w identycznym zakresie i z wykorzystaniem tych samych metod, jak w przypadku opadów na otwartej przestrzeni i opadów podkoronowych.

Nadzór nad prawidłowym funkcjonowaniem sieci powierzchni i punktów pomiarowych, zabezpieczenie oprzyrządowania dla zapewnienia ciągłości obserwacji, gromadzenie w bazie i przetwarzanie danych uzyskanych na SPO I i II rzędu oraz na powierzchniach monitoringu intensywnego należy do zadań Zakładu Zarządzania Zasobami Leśnymi IBL. Wszystkie analizy chemiczne pozyskanych próbek opadów na otwartej przestrzeni, pod okapem drzewostanów i roztworów glebowych wykonane zostały w Laboratorium Chemii Środowiska Przyrodniczego IBL.

Prezentacja kartograficzna rozkładu przestrzennego poziomu defoliacji lasów na terenie Polski jest wykonywana metodą krigingu.

CZEŚĆ II MONITORING LASÓW NA STAŁYCH POWIERZCHNIACH OBSERWACYJNYCH I RZĘDU

Liczba SPO I rzędu w układzie gatunku panującego na powierzchni, form własności lasu i jednostek terytorialnych przyrodniczych oraz administracyjnych w 2022 r.

W 2022 roku przeprowadzono obserwacje na 2071 SPO I rzędu (ryc. 3.1–3.2), oceniając łącznie 41 420 drzew próbnych. Większość powierzchni znajdowała się w lasach będących w zarządzie Lasów Państwowych (1406 pow.) oraz w lasach będących własnością osób fizycznych (531 pow.). Powierzchnie założone w lasach parków narodowych (38 pow.) oraz pozostałych kategorii własności (łącznie 96 pow.) reprezentowane były mniej licznie (tab. 3.1).

Liczba powierzchni w lasach wszystkich form własności zawierała się w przedziale: 1) w układzie krain przyrodniczo-leśnych od 42 w Krainie Sudeckiej do 492 w Krainie Wielkopolsko-Pomorskiej, 2) w układzie rdLP od 71 w RDLP w Pile do 178 w RDLP w Olsztynie, 3) w układzie województw od 40 w województwie opolskim do 215 w województwie mazowieckim (tab. 3.1–3.3).

Liczba powierzchni w lasach będących w zarządzie Lasów Państwowych wahała się: 1) od 33 w Krainie Sudeckiej do 423 w Krainie Wielkopolsko-Pomorskiej, 2) od 29 w RDLP w Warszawie do 132 w RDLP w Szczecinie, 3) od 32 w województwie opolskim do 165 w województwie zachodniopomorskim (tab. 3.1–3.3).

Lasy będące własnością osób fizycznych reprezentowane były we wszystkich krainach przyrodniczo-leśnych (od 2 powierzchni w Krainie Sudeckiej do 168 w Krainie Mazowiecko-Podlaskiej), w szesnastu rdLP (od 4 powierzchni w RDLP w Pile i w RDLP w Szczecinie do 76 w RDLP w Lublinie, brak powierzchni tej kategorii własności w RDLP w Zielonej Górze) oraz w 15 województwach (od 4 powierzchni w woj. zachodniopomorskim i opolskim do 125 w woj. mazowieckim, brak powierzchni tej kategorii własności w woj. lubuskim) (tab. 3.1–3.3).

W lasach parków narodowych powierzchnie monitoringowe zlokalizowane były w siedmiu krainach przyrodniczo-leśnych (od dwóch powierzchni w Krainie Sudeckiej do czternastu w Krainie Karpackiej, brak powierzchni tej kategorii w Krainie Śląskiej) oraz w jedenastu województwach (od jednej powierzchni w woj. lubuskim, pomorskim i świętokrzyskim do dziewięciu w woj. podkarpackim, brak powierzchni tej kategorii w

województwach: kujawsko-pomorskim, łódzkim, opolskim, śląskim i warmińsko-mazurskim) (tab. 3.2–3.3).

Liczby powierzchni w lasach wszystkich form własności oraz w lasach będących w zarządzie Lasów Państwowych, według gatunku panującego w drzewostanie, wynosiły odpowiednio: dla powierzchni z dominacją sosny – 1221 i 864, świerka – 83 i 56, jodły – 49 i 33, innych iglastych – 22 i 16, buka – 80 i 60, dębu – 150 i 118, brzozy – 194 i 118, olszy – 158 i 87 oraz innych liściastych – 114 i 54 (tab. 3.4).

Wśród powierzchni w zarządzie Lasów Państwowych powierzchnie sosnowe i brzozowe są reprezentowane we wszystkich rdLP; powierzchnie dębowe i olszowe występują w szesnastu rdLP; powierzchnie, na których panuje gatunek z kategorii ‘inne liściaste’ – w piętnastu rdLP; powierzchnie świerkowe i bukowe – w jedenastu rdLP; powierzchnie z gatunkiem panującym z kategorii ‘inne iglaste’ – w siedmiu rdLP, powierzchnie jodłowe – tylko w pięciu rdLP, (tab. 3.5).

Liczby powierzchni, wg gatunków drzew dominujących w drzewostanie, w układzie krain przyrodniczo-leśnych oraz w układzie województw przedstawiono w tabelach 3.6 i 3.7. Powierzchnie sosnowe, dębowe, brzozowe, olszowe oraz z gatunkiem panującym z kategorii ‘inne liściaste’ są reprezentowane we wszystkich krainach i we wszystkich województwach. Powierzchnie świerkowe występują we wszystkich krainach i w dwunastu województwach. Powierzchnie jodłowe występują w dwóch krainach i w pięciu województwach. Powierzchnie, na których panuje gatunek z kategorii ‘inne iglaste’, występują w pięciu krainach i w jedenastu województwach. Powierzchnie bukowe występują w pięciu krainach oraz w dwunastu województwach.

Liczby powierzchni wg gatunków drzew dominujących w drzewostanie w układzie parków narodowych prezentuje tabela 3.8. Wśród powierzchni iglastych: sosnowe znajdowały się w ośmiu parkach, świerkowe – w pięciu parkach, jodłowe – w trzech parkach, z gatunkiem panującym z kategorii ‘inne iglaste’ – tylko w jednym parku. Wśród powierzchni liściastych: olszowe występowały w pięciu parkach, bukowe – w czterech parkach, brzozowe – w dwóch parkach, z gatunkiem panującym z kategorii ‘inne liściaste’ – tylko w jednym parku, powierzchni dębowych – brak.

3. OCENA ZDROWOTNOŚCI MONITOROWANYCH GATUNKÓW DRZEW W 2022 R. – JADWIGA MAŁACHOWSKA, PAWEŁ LECH, GRZEGORZ ZAJĄCZKOWSKI

Parametrami oceny kondycji zdrowotnej gatunków drzew są następujące charakterystyki: procentowy udział drzew zdrowych (klasa 0, defoliacja 0–10%), procentowy udział drzew z klas defoliacji 2 do 4 (defoliacja > 25% i drzewa martwe) oraz średnia defoliacja. Klasa ostrzegawcza (klasa 1, lekka defoliacja, od 11 do 25% defoliacji), będąca dopełnieniem dającym w sumie 100% drzew (po zsumowaniu klas 0, 1 i 2 do 4), w większości przypadków nie jest omawiana.

Wartości określane jako najmniejsze, małe, średnie, duże, największe (najniższe, niskie, średnie, wysokie, najwyższe) odnoszą się do zakresu wartości w obrębie omawianego gatunku lub grupy gatunków.

W podrozdziale 2.1 przedstawiono schemat tworzenia klas zdrowotności, które są kombinacją klas defoliacji oraz klas odbarwienia. Udziały drzew w utworzonych w ten sposób klasach nie wykazują większych różnic w porównaniu z klasami defoliacji, gdyż stosunkowo rzadko notuje się odbarwienie liści/igieł (tab. 3.10). W związku z tym, podstawą przedstawionej poniżej analizy kondycji zdrowotnej drzew były klasy defoliacji oraz średnia defoliacja, odbarwienie aparatu asymilacyjnego pominięto.

3.1. Zróżnicowanie zdrowotności monitorowanych gatunków ogółem w kraju

Średnia defoliacja wszystkich gatunków razem wynosiła w 2022 r. 21,2%, iglastych razem – 21,3%, liściastych razem – 21,2% (tab. 3.9). Udział drzew zdrowych (do 10% defoliacji) gatunków razem wynosił 14,4%, udział drzew z klas defoliacji 2 do 4 (powyżej 25% defoliacji) – 15,5%. Gatunki liściaste charakteryzowały się większym udziałem drzew zdrowych (18,4%) oraz większym udziałem drzew o osłabionej kondycji (17,6%), niż gatunki iglaste (odpowiednio: 12,0% i 14,2%). Udział drzew w klasie ostrzegawczej (drzewa o defoliacji od 11 do 25%) wynosił: gatunków razem – 70,1%, gatunków iglastych – 73,8%, a gatunków liściastych – 64,0% (tab. 3.9).

Gatunki o niskiej średniej defoliacji (od 17,3% do 19,2%) to buk, jodła i olsza. Średnią wartość tego parametru (od 20,3% do 22,4%) wykazywały sosna, brzoza, gatunki zaliczane do grup ‘inne liściaste’ oraz ‘inne iglaste’. Wysoką wartością średniej defoliacji charakteryzowały się dąb (24,2%) i świerk (25,0%) (tab. 3.9, ryc. 3.3).

Podobną kolejność monitorowanych gatunków drzew uzyskano, porównując udział drzew w klasach defoliacji 2-4. Niskim udziałem takich drzew (od 9,9% do 11,3%) charakteryzowały się jodła, olsza i buk, średni udział (od 13,3% do 18,2%) zanotowano u sosny, brzozy, w grupach gatunków 'inne liściaste' i 'inne iglaste' oraz wysoki – u dębu (27,0%) i świerka (27,3%) (tab. 3.9 i ryc. 3.3).

Porównanie udziału drzew zdrowych (klasa 0, do 10% defoliacji) szereguje gatunki następująco: najwyższy udział drzew w tej klasie (35,2%) odnotowano u buka, wysoki udział (malejąco: od 27,8% do 23,7%) – w grupie gatunków 'inne liściaste', u jodły i u olszy, średni udział (15,4%) – w grupie gatunków 'inne iglaste', niski udział – u sosny (11,6%) i brzozy (11,3%), bardzo niski udział – u świerka (7,8%) i dębu (6,3%) (tab. 3.9 i ryc. 3.3).

Kolejność gatunków od najzdrowszych do najmniej zdrowych (ustalona na podstawie analizy trzech parametrów określających zdrowotność: średniej defoliacji, udziału drzew zdrowych i udziału drzew w klasach defoliacji 2-4) jest następująca: buk << jodła, olsza < inne liściaste < inne iglaste, sosna < brzoza << świerk, dąb.

Gatunkiem o najlepszej kondycji zdrowotnej był buk, u którego występował najwyższy udział drzew zdrowych (35,2%), udział drzew w klasach defoliacji 2-4 wynosił 11,3%, a średnia defoliacja (17,3%) była najniższa w zestawieniu. Dobrą kondycją charakteryzowały się jodła i olsza (odpowiednio: 25,7% i 23,7% drzew zdrowych, 9,9% i 11,2% drzew w klasach defoliacji 2-4, średnia defoliacja równa 18,2% i 19,2%). Niewiele gorszą kondycją charakteryzowały drzewa zaliczane do grupy gatunków 'inne liściaste' (27,8% drzew zdrowych, 15,6% drzew w klasach defoliacji 2-4, średnia defoliacja równa 20,3%). Kondycją na średnim poziomie cechowała się sosna oraz drzewa zaliczane do grupy gatunków 'inne iglaste' (odpowiednio: 11,6% i 15,4% drzew zdrowych, 13,3% i 16,9% drzew w klasach defoliacji 2-4, średnia defoliacja równa 21,1% i 21,2%). Osłabioną kondycję zanotowano u brzozy (11,3% drzew zdrowych, 18,2% drzew w klasach defoliacji 2-4 oraz 22,4% średniej defoliacji). Złą kondycją zdrowotną charakteryzowały się dąb i świerk (odpowiednio: 6,3% i 7,8% drzew zdrowych, 27,0% i 27,3% drzew w klasach defoliacji 2-4, średnia defoliacja równa 24,2% i 25,0%) (tab. 3.9).

3.2. Zróżnicowanie zdrowotności monitorowanych gatunków w zależności od formy własności lasu

Porównanie stanu zdrowotności monitorowanych gatunków drzew (wiek powyżej 20 lat) wykonano w układzie czterech form własności: lasy w zarządzie Lasów Państwowych, lasy będące własnością osób fizycznych, lasy w parkach narodowych oraz lasy innych form

własności razem (tab. 3.12, ryc. 3.4–3.8). Wartości określane jako najmniejsze, największe lub średnie (najwyższe, najniższe, średnie) odnoszą się do zakresu wartości w obrębie omawianego gatunku lub grupy gatunków.

Dąb w parkach narodowych, ze względu na małą liczebność próby (poniżej 30 drzew), został pominięty w przedstawionym poniżej omówieniu wyników.

Ogółem (gatunki łącznie) najlepszą kondycją charakteryzowały się drzewa na powierzchniach zlokalizowanych w lasach zarządzanych przez PGL Lasy Państwowe. Zanotowano tam 15,0% drzew zdrowych, najniższy udział drzew w klasach defoliacji 2-4 (14,3%) oraz najniższą średnią defoliację (20,8%). Najsłabszą kondycją charakteryzowały się drzewa w lasach parków narodowych. Zarejestrowano tam 15,8% drzew zdrowych, najwięcej drzew w klasach defoliacji 2-4 (24,6%) oraz najwyższą średnią defoliację (24,1%).

Najzdrowsze **sosny** występowały na powierzchniach w lasach zarządzanych przez Lasy Państwowe (12,9% drzew zdrowych, 11,1% drzew w klasach defoliacji 2-4, śr. def. = 20,2%). Gorszą kondycją charakteryzowały się sosny w lasach ‘innych własności’ oraz w lasach będących własnością osób fizycznych (odpowiednio: 8,6% i 8,3% drzew zdrowych, 17,0% i 18,5% drzew w klasach defoliacji 2-4, 22,5% i 23,3% średniej defoliacji). Sosny o najslabszej kondycji zdrowotnej występowały w lasach parków narodowych. Zanotowano tam 11,5% drzew zdrowych, najwyższy udział drzew w klasach defoliacji 2-4 (28,0%) oraz najwyższą średnią defoliację (25,1%) w porównaniu z innymi własnościami.

Najzdrowsze **świerki**, podobnie jak w przypadku sosny, występowały na powierzchniach w lasach zarządzanych przez Lasy Państwowe. Było tam najwięcej drzew zdrowych (9,9%), udział drzew w klasach defoliacji 2-4 (21,8%) oraz średnia defoliacja (23,5%) były najniższe w zestawieniu. Na powierzchniach zlokalizowanych w lasach pozostałych form własności kondycja świerka nie wykazywała dużego zróżnicowania: udział drzew zdrowych zawierał się w przedziale od 3,9% do 0,7%, udział drzew w klasach 2-4 wynosił od 39,6% do 41,7%, średnia defoliacja przyjmowała wartości od 28,4% do 30,1%).

Najsłabszą kondycją charakteryzowały się **jodły** w lasach parków narodowych, zanotowano tam najniższy w zestawieniu udział drzew zdrowych (9,8%), najwyższy udział drzew w klasach defoliacji 2-4 (39,2%) oraz najwyższą średnią defoliację (27,6%). W lasach pozostałych form własności występowały jodły o znacznie lepszej kondycji zdrowotnej, niewiele różniące się od siebie: udział drzew zdrowych wynosił tam od 23,9% do 27,3%, udział drzew w klasach defoliacji 2-4 przyjmował wartości od 6,1% do 9,4%, a średnia defoliacja – od 17,1% do 18,0%.

Buki o najlepszej kondycji zdrowotnej występowały na powierzchniach zlokalizowanych w lasach 'innych własności'. Zanotowano tam najwyższy udział drzew zdrowych (48,1%), najniższy udział drzew uszkodzonych (2,5%) oraz najniższą średnią defoliację (14,2%). Niewiele gorszą kondycją charakteryzowały się buki w parkach narodowych (37,2% drzew zdrowych, 3,2% drzew uszkodzonych, średnia defoliacja równa 1,3%). Buki w lasach państwowych i lasach prywatnych charakteryzowały się słabszą kondycją w tym zestawieniu (odpowiednio: 35,4% i 26,5% drzew zdrowych, 13,0% i 9,7% drzew uszkodzonych, 17,6% i 17,9% średniej defoliacji).

Zdrowsze **dęby** występowały w lasach będących własnością osób fizycznych: zarejestrowano tam najwyższy w zestawieniu udział drzew zdrowych (8,7%), najniższy udział drzew w klasach defoliacji 2-4 (18,5%) oraz najniższą średnią defoliację (22,2%). W lasach państwowych oraz w lasach 'innych własności' drzewa tej grupy gatunków były w gorszej kondycji (odpowiednio: 6,1% i 2,7% drzew zdrowych, 28,2% i 30,5% drzew w klasach defoliacji 2-4 oraz 24,5% i 25,5% średniej defoliacji). W parkach narodowych nie ma powierzchni badawczych z drzewostanem dębowym.

Brzozy o najśłabszej kondycji zdrowotnej występowały w lasach parków narodowych. Zanotowano tam najniższy udział drzew zdrowych (1,1%), najwyższy udział drzew w klasach defoliacji 2-4 (41,8%) oraz najwyższą średnią defoliację (33,0%) w porównaniu z innymi własnościami. Kondycja drzew tego gatunku w lasach pozostałych form własności nie wykazywała znaczących różnic: udział drzew zdrowych zawierał się w przedziale od 9,4% do 12,7%, udział drzew w klasach defoliacji 2-4 wynosił od 16,8% do 19,3%, średnia defoliacja przyjmowała wartości od 21,8% do 22,6%.

Najzdrowsze **olsze** występowały w lasach 'innych własności': zarejestrowano tam najwyższy w zestawieniu udział drzew zdrowych (44,6%), najniższy udział drzew w klasach defoliacji 2-4 (2,7%) oraz najniższą średnią defoliację (14,6%). Kondycja drzew tej grupy gatunków w lasach pozostałych form własności nie wykazywała znaczących różnic: udział drzew zdrowych zawierał się w przedziale od 22,1% do 27,4%, udział drzew w klasach defoliacji 2-4 zawierał się w przedziale od 8,3% do 13,0%, średnia defoliacja przyjmowała wartości od 18,8% do 20,2%.

Przeciętnie wyższy poziom defoliacji drzew większości gatunków w lasach parków narodowych w porównaniu z lasami pozostałych własności, związany jest z tym, że w tych lasach nie prowadzi się działalności gospodarczej, polegającej na wykonywaniu trzebieży i cięć sanitarnych, podczas których usuwa się drzewa uszkodzone i o obniżonej zdrowotności.

Kondycja zdrowotna drzew (gatunki razem) wg form własności w układzie krain przyrodniczo-leśnych

Udziały drzew w klasach defoliacji oraz średnią defoliację monitorowanych gatunków w układzie krain przyrodniczo-leśnych i form własności zamieszczono w tabeli 3.13 i na rycinie 3.9 (gatunki razem). Wartości określane jako najmniejsze, największe lub średnie (najwyższe, najniższe, średnie) odnoszą się do zakresu wartości w obrębie omawianej krainy.

W Krainie Bałtyckiej drzewa w lasach państwowych oraz w lasach będących własnością osób fizycznych charakteryzowały się dobrą kondycją zdrowotną (odpowiednio: 13,7% i 14,3% drzew zdrowych, 16,3% i 10,7% drzew w klasach defoliacji 2-4, 21,1% i 20,2% średniej defoliacji). Gorszą kondycję drzew odnotowano w lasach kategorii 'inne własności' (15,0% drzew zdrowych, 21,7% drzew w klasach defoliacji 2-4, śr. def. = 23,2%). W najgorszej kondycji zdrowotnej, w porównaniu z innymi formami własności, były drzewa w lasach parków narodowych (Słowińskiego PN i Wolińskiego PN łącznie): na powierzchniach badawczych nie było drzew zdrowych, udział drzew w klasach defoliacji 2-4 (43,3%) i średnia defoliacja (29,8%) były najwyższe. Należy odnotować, że kondycja drzew Słowińskiego PN (powierzchnia brzoza z domieszką olszy) była znacznie lepsza, niż Wolińskiego PN (dwie powierzchnie sosnowe z domieszką dębu); średnia defoliacja w tych parkach wynosiła odpowiednio: 25,3% i 32,0% (por. podrozdział 3.4, tab. 3.17, ryc. 3.21).

Porównano zdrowotność sosny (występuje na powierzchniach wszystkich porównywanych form własności), brzozy i 'innych liściastych' (w lasach trzech form własności oprócz parków narodowych) oraz buka i olszy (w lasach państwowych i lasach prywatnych). Zróżnicowanie zdrowotności sosny było podobne jak dla gatunków łącznie. Kondycja zdrowotna brzozy była najlepsza w lasach kategorii 'inne własności', a 'innych liściastych' i olszy – w lasach prywatnych. Buk charakteryzował się lepszą kondycją zdrowotną w lasach państwowych.

W Krainie Mazursko-Podlaskiej najzdrowsze okazały się drzewa w lasach kategorii 'inne własności', gdzie odnotowano najwięcej drzew zdrowych (22,7%), niski udział drzew w klasach defoliacji 2-4 (10,9%) oraz najniższą w zestawieniu średnią defoliację (19,3%). Niewiele gorszą kondycją charakteryzowały się drzewa w lasach będących własnością osób fizycznych oraz drzewa w lasach państwowych (odpowiednio: 15,3% i 7,5% drzew zdrowych, 8,5% i 10,7% drzew w klasach defoliacji 2-4, 20,0% i 21,8% średniej defoliacji). Drzewa w lasach parków narodowych (w Białowieskim PN, Wigierskim PN i Biebrzańskim PN łącznie) charakteryzowały się znacznie gorszą kondycją. Średnio na powierzchniach badawczych

zlokalizowanych w parkach było mało drzew zdrowych (11,9%), udział drzew w klasach defoliacji 2-4 (23,1%) i średnia defoliacja (27,3%) były najwyższe. Kondycja drzew w Białowieskim PN (powierzchnia olszowa) była znacznie lepsza, niż w Wigierskim PN (powierzchnia sosnowa) i Biebrzańskim PN (po jednej powierzchni sosnowej, świerkowej, olszowej i olszowo-brzozowej oraz dwie powierzchnie brzozowe), średnia defoliacja w tych parkach wynosiła odpowiednio: 18,3%, 26,8% i 28,9%.

Porównano kondycję poszczególnych grup gatunków w układzie form własności: najlepszą kondycję sosny zanotowano na powierzchniach badawczych zlokalizowanych w lasach prywatnych, najgorszą – w lasach ‘innych własności’. Najzdrowsze świerki, brzozy i gatunki z grupy ‘inne liściaste’ występowały w lasach państwowych. Olsze były zdrowsze w lasach prywatnych i w lasach kategorii ‘inne własności’ niż w lasach dwóch pozostałych form własności. Pozostałe grupy gatunków nie występowały lub były nieliczne na powierzchniach poddanych obserwacjom.

W Krainie Wielkopolsko-Pomorskiej drzewa w lasach parków narodowych (Drawieńskim PN i Wielkopolskim PN łącznie) charakteryzowały się najlepszą kondycją zdrowotną. Zanotowano tam najwięcej drzew zdrowych (50,0%), mało drzew w klasach defoliacji 2-4 (11,7%) oraz najniższą średnią defoliację (17,3%) w porównaniu z innymi własnościami. Kondycja drzew w Wielkopolskim PN (powierzchnia sosnowa i powierzchnia liściasta mieszana) była znacznie lepsza, niż w Drawieńskim PN (powierzchnia sosnowa), średnia defoliacja w tych parkach wynosiła odpowiednio: 14,4%, i 23,3%. Średnią kondycją charakteryzowały się drzewa w lasach państwowych oraz w lasach kategorii ‘inne własności’ (odpowiednio: 18,1% i 22,9% drzew zdrowych, 11,3% i 18,1% drzew w klasach defoliacji 2-4, 19,5% i 20,6% średniej defoliacji). Drzewa o najgorszej kondycji zdrowotnej występowały w lasach będących własnością osób fizycznych, gdzie zarejestrowano najmniej drzew zdrowych (16,5%), najwięcej drzew w klasach defoliacji 2-4 (18,4%) oraz najwyższą w zestawieniu średnią defoliację (22,2%).

Porównano zdrowotność sosny (występuje na powierzchniach wszystkich porównywanych form własności), dębu, olszy i ‘innych liściastych’ (w lasach trzech form własności oprócz parków narodowych), buka (w lasach państwowych i lasach ‘innych własności’) oraz brzozy (w lasach państwowych i lasach prywatnych). Zróżnicowanie zdrowotności sosny w lasach porównywanych form własności było podobne jak dla gatunków łącznie. Zdrowotność dębu była najlepsza w lasach prywatnych, olszy i ‘innych liściastych’–

w lasach państwowych. Kondycja zdrowotna brzozy i buka nie wykazywała różnic związanych z formą własności lasów, w których występowały te gatunki.

W Krainie Mazowiecko-Podlaskiej drzewa o najgorszej kondycji zdrowotnej występowały w lasach parków narodowych (Kampinoskim PN i Poleskim PN łącznie), było tam najmniej drzew zdrowych (2,0%), udział drzew w klasach defoliacji 2-4 (28,0%) i średnia defoliacja (26,2%) były najwyższe. Kondycja drzew w Poleskim PN (powierzchnia brzożowo-olszowa) była znacznie lepsza, niż w Kampinoskim PN (trzy powierzchnie sosnowe i jedna powierzchnia brzożowa), średnia defoliacja w tych parkach wynosiła odpowiednio: 21,0%, i 27,5%. Najzdrowsze w tej krainie okazały się drzewa w lasach kategorii 'inne własności' (12,9% drzew zdrowych, 19,4% drzew w klasach defoliacji 2-4, śr. def. = 21,7%). Średnią kondycją charakteryzowały się drzewa w lasach państwowych oraz w lasach będących własnością osób fizycznych (odpowiednio: 6,1% i 6,5% drzew zdrowych, 20,1% i 22,2% drzew w klasach defoliacji 2-4, 23,5% i 24,3% średniej defoliacji).

Porównano zdrowotność sosny (występuje na powierzchniach wszystkich porównywanych form własności), brzozy i olszy (na powierzchniach trzech form własności) dębu i 'innych liściastych' (w lasach państwowych i lasach prywatnych). Najlepszą kondycję zdrowotną sosny zanotowano w lasach państwowych, najgorszą – w parkach. Kondycja olszy była najlepsza na powierzchniach w lasach 'innych własności', najgorsza – w lasach państwowych. Kondycja brzozy była najlepsza w lasach państwowych, najgorsza – w lasach parków narodowych. Dąb był zdrowszy w lasach prywatnych, drzewa z grupy gatunków 'inne liściaste' – w lasach państwowych.

W Krainie Śląskiej najzdrowsze okazały się drzewa w lasach państwowych (17,1% drzew zdrowych, 16,3% drzew w klasach defoliacji 2-4, śr. def. = 20,9%). Średnią kondycją charakteryzowały się drzewa w lasach będących własnością osób fizycznych (12,0% drzew zdrowych, 22,0% drzew w klasach defoliacji 2-4, 23,2% średniej defoliacji). W najgorszej kondycji były drzewa w lasach kategorii 'inne własności', było tam najmniej drzew zdrowych (5,6%), udział drzew w klasach defoliacji 2-4 (28,8%) i średnia defoliacja (26,4%) były najwyższe w zestawieniu. W tej krainie parki narodowe nie występują.

Porównano zdrowotność sosny, dębu i 'innych liściastych', które występują w lasach wyżej wymienionych trzech form własności. Najzdrowsze sosny zarejestrowano w lasach państwowych, najmniej zdrowe – w lasach kategorii 'inne własności'. Kondycja dębów i gatunków z grupy 'inne liściaste' w lasach państwowych oraz w lasach prywatnych nie

wykazywała znaczących różnic między tymi dwiema własnościami, natomiast była lepsza od kondycji tych gatunków w lasach ‘innych własności’.

W Krainie Małopolskiej najlepszą kondycją zdrowotną charakteryzowały się drzewa w lasach parków narodowych (Świątokrzyskim PN, Ojcowskim PN i Roztoczańskim PN łącznie). Średnio na powierzchnię zanotowano tam najwięcej drzew zdrowych (36,7%), najmniej drzew w klasach defoliacji 2-4 (13,3%) oraz najniższą średnią defoliację (17,8%) w porównaniu z innymi własnościami. W każdym z parków oceniono po jednej powierzchni, odpowiednio: olszową, sosnową i sosnową, średnia defoliacja wynosiła odpowiednio: 12,8%, 17,5% oraz 23,0%. Kondycja drzew w lasach trzech pozostałych form własności w tej krainie nie wykazywała znaczących różnic: udział drzew zdrowych zawierał się w przedziale od 10,8% do 14,6%, udział drzew w klasach defoliacji 2-4 zawierał się w przedziale od 16,3% do 18,3%, średnia defoliacja przyjmowała wartości od 21,5% do 22,4%.

Porównano zdrowotność sosny, dębu, brzozy i ‘innych liściastych’ (występują na powierzchniach w lasach trzech form własności oprócz parków narodowych), buka (w lasach trzech form własności oprócz lasach kategorii ‘inne własności’) oraz olszy (w lasach państwowych i lasach prywatnych). Zdrowotność sosny była lepsza w lasach państwowych i lasach ‘innych własności’ w porównaniu z lasami prywatnymi. Kondycja zdrowotna dębu, brzozy, buka i olszy była lepsza w lasach prywatnych, a ‘innych liściastych’ – w lasach państwowych.

W Krainie Sudeckiej drzewa w lasach parków narodowych (Karkonoskim PN i Gór stołowych PN łącznie) były w najgorszej kondycji zdrowotnej, było tam najmniej drzew zdrowych (2,5%), udział drzew w klasach defoliacji 2-4 (22,5%) oraz średnia defoliacja (25,5%) były najwyższe w zestawieniu. W każdym z parków oceniono po jednej powierzchni świerkowej, średnia defoliacja wynosiła odpowiednio: 21,5% i 29,5%. Trudno ustalić kolejność stanu zdrowotnego drzew w tej krainie w lasach trzech pozostałych form własności: udział drzew zdrowych zawierał się w przedziale od 9,6% do 15,7%, udział drzew w klasach defoliacji 2-4 zawierał się w przedziale od 11,7% do 18,3%, średnia defoliacja przyjmowała wartości od 19,1% do 21,3%.

Porównano zdrowotność świerka (występuje w lasach trzech form własności oprócz lasów prywatnych), dębu (w lasach państwowych i lasach ‘innych własności’) oraz gatunków z grupy ‘inne liściaste’ (w lasach trzech form własności oprócz parków narodowych). Świerk charakteryzował się lepszą kondycją w lasach państwowych, gorszą – w parkach oraz lasach ‘innych własności’. Kondycja dębu była lepsza na powierzchniach w lasach ‘innych własności’

niż w lasach państwowych. Kondycja gatunków z grupy 'inne liściaste' była lepsza w lasach państwowych oraz lasach prywatnych, w porównaniu z lasami 'innych własności'.

W Krainie Karpackiej dobrą kondycją zdrowotną charakteryzowały się drzewa w lasach państwowych oraz w lasach kategorii 'inne własności', zarejestrowano tam dużo drzew zdrowych (odpowiednio: 26,9% i 32,8%), mało drzew w klasach defoliacji 2-4 (11,1% i 14,4%) oraz niską średnią defoliację (18,2% i 18,8%). Kondycja drzew w lasach będących własnością osób fizycznych była gorsza (20,1% drzew zdrowych, 15,6% drzew w klasach defoliacji 2-4, 20,5% średniej defoliacji). W najgorszej kondycji były drzewa w lasach parków narodowych (Bieszczadzki PN, Gorczański PN, Magurski PN, Babiogórski PN i Tatrzański PN łącznie): udział drzew zdrowych był najniższy (16,4%), udział drzew w klasach defoliacji 2-4 (25,7%) oraz średnia defoliacja (22,2%) były najwyższe w porównaniu z innymi kategoriami własności w tej krainie. Jednak również w tej krainie kondycja drzew na powierzchniach badawczych zlokalizowanych w poszczególnych parkach była różna, średnia defoliacja wynosiła odpowiednio: 17,6%, 19,0%, 20,6%, 31,8% i 34,4%. W Krainie Karpackiej w granicach parków narodowych znajduje się najwięcej powierzchni obserwacyjnych (14) w porównaniu z innymi krainami. Sześć powierzchni zlokalizowanych jest w Bieszczadzki PN (cztery powierzchnie bukowe, po jednej powierzchni świerkowej i jodłowej), po trzy powierzchnie – w Magurski PN (dwie powierzchnie sosnowe i jedna jodłowa) i Tatrzański PN (dwie powierzchnie świerkowe i jedna jodłowa) oraz po jednej powierzchni w Gorczański PN (powierzchnia świerkowa) i Babiogórski PN (powierzchnia świerkowa).

Porównano zdrowotność świerka, jodły, buka i 'innych liściastych' (występują na powierzchniach wszystkich porównywanych form własności), sosny i dębu (w lasach trzech form własności oprócz parków narodowych), 'innych iglastych' (w lasach trzech form własności oprócz 'innych własności') oraz brzozy i olszy (w lasach państwowych i lasach prywatnych). Sosna, buk oraz gatunki z grupy 'inne iglaste' były najzdrowsze w lasach 'innych własności'. Najlepszą kondycję świerka odnotowano w lasach państwowych. Brzoza, olsza i gatunki z grupy 'inne iglaste' charakteryzowały się lepszą kondycją w lasach prywatnych. Poziom zdrowotności jodły i dębów w lasach trzech form własności (bez parków narodowych) był wyrównany. Najślabszą kondycję jodły, gatunków z grupy 'inne iglaste' oraz gatunków z grupy 'inne liściaste' zanotowano w lasach parków narodowych.

3.3. Zróznicowanie kondycji drzew w zależności od wieku

Analizowane parametry oceny poziomu zdrowotności monitorowanych gatunków pogrupowane zostały w dwie kategorie wieku: od 21 do 60 lat i powyżej 60 lat. Porównano

kondycję zdrowotną (wyrażoną poziomem defoliacji) drzew młodszych (do 60 lat) i starszych (powyżej 60 lat) na tle stanu drzew w całym zakresie wiekowym (powyżej 20 lat). Wykonano również analizę regresji defoliacji drzew w zależności od ich wieku dla 7 głównych lasotwórczych gatunków drzew (sosna, świerk, jodła, buk, dąb, brzoza i olsza) oraz dla wszystkich drzew łącznie.

Ogółem dla wszystkich drzew objętych obserwacjami udział drzew zdrowych (do 10% defoliacji) wynosił 14,4%, udział drzew w klasach defoliacji 2-4 (powyżej 25% defoliacji i drzewa martwe) – 15,5%, a średnia defoliacja – 21,2%. Wśród drzew młodszych zanotowano 15,2% drzew zdrowych, 15,6% drzew w klasach defoliacji 2-4, a średnia defoliacja wynosiła 21,3%. Wśród drzew starszych udział drzew zdrowych wynosił 14,0%, udział drzew w klasach defoliacji 2-4 – 15,4%, a średnia defoliacja – 21,2%. Taki układ udziału drzew zdrowych i drzew w klasach defoliacji 2-4 oraz średniej defoliacji w grupach wiekowych w zestawieniu ‘gatunki razem’ nie wskazuje na istnienie zależności pomiędzy kondycją zdrowotną drzew a ich wiekiem. W odniesieniu do gatunków ‘iglastych razem’ wystąpiła słaba zależność poprawy kondycji zdrowotnej drzew wraz z wiekiem (ma to związek z dużą przewagą udziału sosny wśród ‘iglastych razem’, u której taką właśnie zależność zanotowano). Natomiast w grupie gatunków ‘liściastych razem’ odwrotnie, wystąpiła słaba zależność pogarszania się kondycji zdrowotnej drzew wraz z wiekiem. Udziały drzew zdrowych, drzew w klasach defoliacji 2-4 oraz średnia defoliacja wynosiły odpowiednio: dla gatunków ‘iglastych razem’: 11,9%, 15,5%, 22,0% u drzew młodszych i 12,1%, 13,5%, 20,9% u drzew starszych oraz dla gatunków ‘liściastych razem’: 19,6%, 15,7%, 20,4% u drzew młodszych i 17,4%, 19,1%, 21,8% u drzew starszych (tab. 3.9) (ryc. 3.10 i 3.11). Analiza zależności defoliacji wszystkich drzew od wieku dała zbliżone wyniki. Stwierdzono bardzo słabą pozytywną zależność, która jednakże była statystycznie istotna (ryc. 3.12).

Wśród gatunków iglastych przeważał trend pogarszania się kondycji wraz ze wzrostem wieku, silniej wyrażony u świerka, słabiej – u jodły i ‘innych iglastych’. Jedynie u sosny zaobserwowano niewielką poprawę kondycji wraz ze wzrostem wieku (ryc. 3.10 i 3.11). Analiza regresji wykazała, że w przypadku jodły i świerka występowała słaba, pozytywna zależność pomiędzy defoliacją drzew i wiekiem, natomiast w przypadku sosny występowała bardzo słaba zależność negatywna, tzn. wraz z wiekiem defoliacja malała (ryc. 3.12).

Młodsze **sosny** charakteryzowały się nieco gorszą kondycją niż starsze drzewa tego gatunku. Wśród młodszych sosen występował niższy udział drzew zdrowych (10,9%), wyższy

udział drzew w klasach defoliacji 2-4 (15,5%), średnia defoliacja była również wyższa (22,1%) w porównaniu ze starszymi sosnami (odpowiednio: 11,9%, 12,1% i 20,6%).

Młodsze **świerki** z kolei były w lepszej kondycji niż starsze drzewa tego gatunku. Wśród młodszych świerków występował wyższy udział drzew zdrowych (11,6%), niższy udział drzew w klasach defoliacji 2-4 (20,2%) oraz niższa średnia defoliacja (23,4%) w porównaniu ze starszymi (odpowiednio: 5,3%, 31,9% i 26,2%).

Młodsze **jodły** również były zdrowsze niż jodły starsze. Wśród młodszych jodeł występował dużo wyższy udział drzew zdrowych (37,9%), niższy udział drzew w klasach defoliacji 2-4 (6,3%) oraz niższa średnia defoliacja (16,6%) w porównaniu ze starszymi drzewami tego gatunku (odpowiednio: 22,7%, 10,8% i 18,6%).

W grupie gatunków '**inne iglaste**' wśród drzew młodszych było 20,3% drzew zdrowych, 12,4% drzew w klasach defoliacji 2-4, a średnia defoliacja wynosiła 20,2%. Wśród starszych drzew tej grupy gatunków zanotowano mniej drzew zdrowych (10,7%), więcej drzew w klasach defoliacji 2-4 (21,3%) oraz wyższą średnią defoliację (22,1%).

Wśród **gatunków liściastych** duży spadek kondycji wraz ze wzrostem wieku zaobserwowano u brzozy, mniejszy – u dębów, U buka, olszy oraz w grupie gatunków '**inne liściaste**' powyższa zależność nie wystąpiła (ryc. 3.10 i 3.11). Podobne wyniki dała analiza regresji – pozytywną zależność defoliacji od wieku stwierdzono dla dębu i brzozy, słabszą, ale wciąż pozytywną dla olszy, natomiast dla buka zależność pomiędzy wiekiem i defoliacją nie występowała ($r=0,001$) (ryc. 3.12).

Młodsze **brzozy** były w dużo lepszej kondycji niż starsze drzewa tej grupy gatunków. Charakteryzowały się dużo wyższym udziałem drzew zdrowych (15,1%), niższym udziałem drzew w klasach defoliacji 2-4 (15,3%) oraz dużo niższą średnią defoliacją (20,8%) w porównaniu ze starszymi brzozami (6,4% drzew zdrowych, 21,8% drzew w klasach defoliacji 2-4 i 24,5% średniej defoliacji).

Młodsze **dęby** również były zdrowsze niż starsze drzewa tej grupy gatunków. Wśród młodszych dębów występował wyższy udział drzew zdrowych (8,0%), dużo niższy udział drzew w klasach defoliacji 2-4 (20,0%) oraz niższa średnia defoliacja (22,5%) w porównaniu ze starszymi dębami (5,3% drzew zdrowych, 30,8% drzew w klasach defoliacji 2-4 i 25,1% średniej defoliacji).

U **olszy** następowało nieznaczne pogarszanie się kondycji zdrowotnej drzew wraz z wiekiem. Wśród drzew młodszych było 24,5% drzew zdrowych, 11,2% drzew w klasach defoliacji 2-4, średnia defoliacja wynosiła 18,7%. Wśród starszych drzew tej grupy gatunków

zanotowano 23,2% drzew zdrowych, 11,3% drzew w klasach defoliacji 2-4, średnia defoliacja wynosiła 19,5%.

Buk to gatunek, u którego zależność pogarszania się kondycji zdrowotnej drzew wraz z wiekiem wyrażała się spadkiem udziału drzew zdrowych, pozostałe analizowane parametry nie wykazywały oczekiwanych zmian, wskazywały raczej na zależność odwrotną. Wśród młodszych drzew tego gatunku zarejestrowano 39,5% drzew zdrowych, 16,9% drzew w klasach defoliacji 2-4, średnia defoliacja wynosiła 18,3%. Wśród drzew starszych zanotowano niższy udział drzew zdrowych (33,7%), ale jednocześnie udział drzew w klasach defoliacji 2-4 oraz średnia defoliacja były niższe (odpowiednio: 9,4% i 16,9%).

Drzewa należące do grupy gatunków 'inne liściaste' nie wykazywały większych różnic w poziomie defoliacji w zależności od wieku. Drzew zdrowych było 26,9% i 28,6%, drzew w klasach defoliacji 2-4 było 16,0% i 15,3%, a średnia defoliacja dla obydwu kategorii wiekowych wynosiła 20,3%.

Podsumowując: w 2022 roku spadek kondycji drzew związany z wiekiem (wyrażony wzrostem defoliacji wraz ze wzrostem wieku) był największy w przypadku jodły, dębu i brzozy, mniejszy – u świerka, olszy i domieszkowych gatunków iglastych. U sosny zaobserwowano słabą poprawę kondycji wraz ze wzrostem wieku. W przypadku buka i domieszkowych gatunków liściastych – poszukiwana zależność nie wystąpiła.

3.4. Rozkład powierzchniowy kondycji zdrowotnej monitorowanych gatunków drzew

Analizę powierzchniowego zróżnicowania kondycji zdrowotnej drzew oparto na porównaniu wartości procentowego udziału drzew zdrowych (do 10% defoliacji, klasa defoliacji 0), procentowego udziału drzew w klasach defoliacji 2 do 4 (powyżej 25% defoliacji i drzewa martwe) oraz średniej defoliacji. W analizie stanu zdrowotnego poszczególnych gatunków nie uwzględniono tych rdLP, krain oraz województw, w których obserwacjom poddano nie więcej niż 30 drzew (wyniki w tabelach oznaczone niebieskim kolorem). Analiza stanu zdrowotnego drzew w parkach narodowych uwzględnia wszystkie wyniki, gdyż dotyczy znacznie mniejszych obszarów.

Wartości określane jako najmniejsze, największe lub średnie (najwyższe, najniższe, średnie) odnoszą się do zakresu wartości w obrębie omawianej jednostki terytorialnej (rdLP, kraina przyrodniczo-leśna, województwo) lub w obrębie omawianego gatunku lub grupy gatunków.

Kondycja zdrowotna drzew w układzie regionalnych dyrekcji

Lasów Państwowych

Udział drzew zdrowych (gatunki razem) w układzie rdLP zawierał się w przedziale od 3,8% w RDLP w Lublinie do 35,9% w RDLP w Poznaniu. Udział drzew w klasach defoliacji 2-4 zawierał się w przedziale od 6,0% w RDLP w Gdańsku do 25,6% w RDLP w Lublinie. Średnia defoliacja zawierała się w przedziale od 17,6% w RDLP w Poznaniu do 25,0% w RDLP w Lublinie (tab. 3.14, ryc. 3.13).

Powiązanie ze sobą udziału drzew zdrowych i drzew w klasach defoliacji 2-4 oraz wartości średniej defoliacji w lasach poszczególnych rdLP pozwoliło na uszeregowanie ich grupami od najzdrowszych do najmniej zdrowych: Poznań << Piła, Krosno, Kraków << Gdańsk, Wrocław < Zielona Góra, Toruń < Łódź, Olsztyn, Białystok, Radom < Katowice, Szczecin < Warszawa, Szczecinek << Lublin.

Najzdrowsze okazały się drzewa w lasach w RDLP w Poznaniu. Udział drzew zdrowych był najwyższy i wynosił 35,9%, udział drzew w klasach defoliacji 2-4 był równy 11,9%, a średnia defoliacja, najniższa w zestawieniu, wynosiła 17,6%.

Wysokim poziomem zdrowotności charakteryzowały się drzewa w lasach w rdLP w Pile, Krośnie i Krakowie. Udział drzew zdrowych zawierał się w przedziale od 23,4 do 28,8%, udział drzew w klasach defoliacji 2-4 – od 8,8 do 12,5%, a średnia defoliacja – od 17,9 do 18,5%.

Dobry stan zdrowotny drzew zarejestrowano w lasach w rdLP w Gdańsku, Wrocławiu, Zielonej Górze i Toruniu (od 9,5 do 24,0% drzew zdrowych, od 6,0 do 14,3% drzew w klasach defoliacji 2-4 oraz od 19,5 do 20,0% średniej defoliacji).

Średnią kondycję zdrowotną drzew zanotowano w lasach w rdLP w Łodzi, Olsztynie, Białymstoku i Radomiu (od 8,7 do 17,2% drzew zdrowych, od 10,5 do 17,9% drzew w klasach defoliacji 2-4 oraz od 20,8 do 21,7% średniej defoliacji).

Lasy w rdLP w Katowicach, Warszawie, Szczecinie i Szczecinku charakteryzowały się osłabioną kondycją drzew. Udział drzew zdrowych zawierał się w przedziale od 4,8 do 16,3%, udział drzew w klasach defoliacji 2-4 – od 14,9 do 20,6%, a średnia defoliacja – od 21,4 do 22,7%.

Najgorszą kondycją charakteryzowały się drzewa w lasach w RDLP w Lublinie. Zanotowano tu najmniej drzew zdrowych (3,8%), najwyższy udział drzew w klasach defoliacji 2-4 (25,6%) oraz najwyższą w zestawieniu średnią defoliację – 25,0%.

Kondycja zdrowotna drzew monitorowanych gatunków w układzie regionalnych dyrekcji Lasów Państwowych

Najzdrowsze sosny występowały na powierzchniach obserwacyjnych zlokalizowanych w lasach w RDLP w Poznaniu, zarejestrowano tam najwięcej (40,4%) drzew zdrowych, mało (7,9%) drzew w klasach defoliacji 2-4 oraz najniższą (16,1%) w zestawieniu średnią defoliację. Dobrą kondycję drzew tego gatunku obserwowano w lasach w rdLP we Wrocławiu, w Pile, Katowicach, Szczecinku i Zielonej Górze (od 7,1 do 33,8% drzew zdrowych, od 3,1 do 9,7% drzew w klasach defoliacji 2-4 oraz od 17,0 do 19,0% średniej defoliacji). Sosny o osłabionej kondycji zdrowotnej występowały w rdLP w Radomiu, Olsztynie i Szczecinie (od 2,7 do 13,7% drzew zdrowych, od 14,2 do 18,9% drzew w klasach defoliacji 2-4 oraz od 21,6 do 23,2% średniej defoliacji). Najsłabszą kondycją charakteryzowały się sosny na powierzchniach w lasach w RDLP w Lublinie, gdzie zanotowano 3,4% drzew zdrowych, najwyższy udział (25,2%) drzew w klasach defoliacji 2-4 oraz najwyższą w zestawieniu (25,2%) średnią defoliację (tab. 3.14, ryc. 3.14).

W siedmiu rdLP liczba świerków poddanych obserwacjom nie przekraczała 30 sztuk (wyniki wyłączone z analizy), w RDLP w Warszawie nie było żadnej powierzchni świerkowej. Spośród dziewięciu porównywanych rdLP najlepszą kondycją charakteryzował się świerk na powierzchniach w RDLP w Pile, gdzie odnotowano najwięcej (36,8%) drzew zdrowych, 23,7% drzew w klasach defoliacji 2-4 oraz najniższą w zestawieniu (19,1%) średnią defoliację. Niewiele gorszą kondycją charakteryzowały się świerki w rdLP w Olsztynie i Krośnie (15,8% i 25,7% drzew zdrowych, 5,0% i 14,3% drzew w klasach defoliacji 2-4, średnia defoliacja równa 19,6% i 20,3%). Świerki o średniej kondycji zdrowotnej występowały w lasach RDLP we Wrocławiu, w Szczecinie i w Białymstoku (od 1,7% do 11,6% drzew zdrowych, od 12,7 do 23,1% drzew w klasach defoliacji 2-4 oraz od 22,3 do 24,5% średniej defoliacji). Drzewa tego gatunku o osłabionej kondycji występowały w lasach w rdLP w Gdańsku i Szczecinku (12,1% i 0,0% drzew zdrowych, 33,3% i 43,6% drzew w klasach defoliacji 2-4 oraz 26,5% i 28,1% średniej defoliacji). Świerki o najslabszej kondycji występowały w lasach w RDLP w Katowicach, gdzie zanotowano 1,7% drzew zdrowych, najwięcej drzew (51,7%) w klasach defoliacji 2-4 oraz najwyższą w zestawieniu (30,7%) średnią defoliację (tab. 3.14, ryc. 3.14).

Powierzchnie jodłowe oraz z domieszką jodły występują jedynie w ośmiu rdLP, w tym w trzech rdLP liczba drzew poddanych obserwacjom nie przekraczała 30 (wyniki z tych rdLP wyłączone z analizy). Jodła charakteryzuje się dobrą kondycją zdrowotną w porównaniu z innymi gatunkami. Spośród pięciu porównywanych rdLP najlepszą kondycję jodły odnotowano

w RDLP w Krośnie, gdzie występowało najwięcej (43,6%) drzew zdrowych, najmniej (5,1%) drzew w klasach defoliacji 2-4 oraz najniższą w zestawieniu (15,6%) średnią defoliację. Dobrą kondycją charakteryzowały się jodły w lasach rdLP w Krakowie, Katowicach i Radomiu (od 19,7 do 29,0% drzew zdrowych, od 7,6 do 15,9% drzew w klasach defoliacji 2-4 oraz od 18,4 do 19,3% średniej defoliacji). Jodły o najsłabszej kondycji występowały w RDLP w Lublinie, gdzie zanotowano najmniej (4,3%) drzew zdrowych, najwięcej drzew (34,0%) w klasach defoliacji 2-4 oraz najwyższą w zestawieniu (27,8%) średnią defoliację (tab. 3.14, ryc. 3.14).

Powierzchnie **bukowe** oraz z domieszką buka występują w piętnastu rdLP (brak powierzchni tego gatunku w RDLP w Białymstoku i Warszawie), w tym w siedmiu rdLP liczba drzew poddanych obserwacjom nie przekraczała 30 (wyniki wyłączone z analizy). Buk charakteryzuje się najlepszą kondycją zdrowotną w porównaniu z innymi gatunkami drzew, jednak zróżnicowaną regionalnie. Wśród ośmiu poddanych analizie rdLP najzdrowsze drzewa tego gatunku występowały w RDLP w Gdańsku (54,8% drzew zdrowych, brak drzew w klasach defoliacji 2-4, 12,4% średniej defoliacji). Buki o najsłabszej kondycji występowały w RDLP w Szczecinku, gdzie zanotowano najmniej (0,3%) drzew zdrowych, najwięcej drzew (38,3%) w klasach defoliacji 2-4 oraz najwyższą w zestawieniu (26,5%) średnią defoliację. (tab. 3.14, ryc. 3.15).

Dąb jest gatunkiem o najsłabszej kondycji w porównaniu z innymi gatunkami, jednak bardzo zróżnicowanej regionalnie. Dobrą kondycją charakteryzowały się dęby w lasach w RDLP w Krośnie, Radomiu, Gdańsku i Olsztynie (od 6,5 do 25,4% drzew zdrowych, od 0,0 do 17,6% drzew w klasach defoliacji 2-4 oraz od 17,7 do 20,2% średniej defoliacji). Dęby o średniej kondycji zdrowotnej występowały w pięciu innych rdLP: w Poznaniu, Wrocławiu, Krakowie, Toruniu i Białymstoku (od 0,7 do 13,5% drzew zdrowych, od 14,1 do 29,2% drzew w klasach defoliacji 2-4 oraz od 22,9 do 24,1% średniej defoliacji). Dęby o osłabionej kondycji zdrowotnej notowano w lasach w rdLP w Szczecinie, Łodzi, Lublinie, Zielonej Górze, Pile i Warszawie (od 0,0 do 5,7% drzew zdrowych, od 33,1 do 43,6% drzew w klasach defoliacji 2-4 oraz od 25,3 do 28,1% średniej defoliacji). Silnie osłabioną kondycją charakteryzowały się dęby w lasach RDLP w Katowicach, najsłabszą – w lasach w RDLP w Szczecinku (brak drzew zdrowych, odpowiednio: 44,2% i 66,0% drzew w klasach defoliacji 2-4 oraz 29,3% i 31,8% średniej defoliacji) (tab. 3.14, ryc. 3.15).

W RDLP w Krakowie liczba brzoź poddanych obserwacjom nie przekraczała 30 sztuk (wyniki wyłączone z analizy). Brzoza charakteryzuje się słabą kondycją zdrowotną na tle innych gatunków drzew leśnych, wykazuje duże zróżnicowanie regionalne kondycji. Spośród

szesnastu analizowanych rdLP najzdrowsze brzozy występowały na powierzchniach badawczych w RDLP w Radomiu (30,8% drzew zdrowych, 9,6% drzew w klasach defoliacji 2-4 i 18,8% średniej defoliacji). Dobrą kondycję drzew tej grupy gatunków obserwowano w rdLP w Poznaniu, Toruniu, Gdańsku, Olsztynie, Wrocławiu i Szczecinie (od 9,4 do 36,5% drzew zdrowych, od 5,4 do 20,1% drzew w klasach defoliacji 2-4 oraz od 17,8 do 21,0% średniej defoliacji). Kondycja brzoż na średnim poziomie utrzymywała się w rdLP w Białymstoku, Katowicach i Pile (od 7,5 do 16,7% drzew zdrowych, od 13,3 do 22,7% drzew w klasach defoliacji 2-4 oraz od 21,6 do 22,4% średniej defoliacji). Osłabioną kondycję drzew tej grupy gatunków odnotowano w rdLP w Lublinie, Łodzi i Krośnie (od 0,0 do 7,1% drzew zdrowych, od 15,2 do 19,5% drzew w klasach defoliacji 2-4 oraz od 22,5 do 23,7% średniej defoliacji). Brzozy o silnie osłabionej kondycji występowały w RDLP w Zielonej Górze i Szczecinku, o najslabszej kondycji – w RDLP w Warszawie (odpowiednio: 8,8%, 3,2% i 3,4% drzew zdrowych, 28,6%, 32,9% i 37,9% drzew w klasach defoliacji 2-4 oraz 26,8%, 25,8% i 29,1% średniej defoliacji) (tab. 3.14, ryc. 3.15).

W trzech rdLP (w Gdańsku, Łodzi i Krakowie) liczba olszy poddanych obserwacjom nie przekraczała 30 (wyniki wyłączono z analizy). Ta grupa charakteryzuje się wysoką zdrowotnością na tle innych gatunków drzew leśnych. Podobnie jak to ma miejsce w przypadku jodły, dębów i brzoż kondycja olszy jest mocno zróżnicowana między poszczególnymi rdLP. Spośród czternastu analizowanych rdLP najlepszą kondycję zdrowotną olszy zanotowano w lasach rdLP w Poznaniu, Toruniu i Zielonej Górze (od 32,7 do 39,9% drzew zdrowych, od 0,0 do 2,2 % drzew w klasach defoliacji 2-4 oraz od 14,1 do 14,4% średniej defoliacji). Bardzo dobrą kondycją charakteryzowały się olsze w rdLP we Wrocławiu, w Białymstoku i Lublinie (od 6,7 do 32,9% drzew zdrowych, od 0,0 do 9,0% drzew w klasach defoliacji 2-4 i od 17,4 do 18,1% średniej defoliacji). Dobrą kondycją charakteryzowały się olsze w lasach w rdLP: w Szczecinie, Olsztynie i Pile (od 9,1 do 47,3% drzew zdrowych, od 9,6 do 27,1% drzew w klasach defoliacji 2-4 oraz od 19,8 do 20,5% średniej defoliacji). Kondycję drzew tej grupy gatunków na średnim poziomie zanotowano w lasach w rdLP w Radomiu i Krośnie (od 2,7 do 9,4% drzew zdrowych, od 12,5 do 18,9% drzew w klasach defoliacji 2-4 oraz 23,6% średniej defoliacji) Słabszą kondycją charakteryzowały się olsze w lasach w rdLP w Warszawie i Szczecinku, najslabszą – w lasach w RDLP w Katowicach (odpowiednio: 2,2%, 1,0% i 7,6% drzew zdrowych, 22,2%, 23,5% i 31,8% drzew w klasach defoliacji 2-4 oraz 25,2%, 24,9% i 26,5% średniej defoliacji) (tab. 3.14, ryc. 3.15).

Kondycja zdrowotna drzew w układzie województw

Udział drzew zdrowych, o defoliacji do 10% (gatunki razem) w układzie województw zawierał się w przedziale od 5,1% w województwie opolskim do 30,2% w województwie wielkopolskim. Udział drzew w klasach defoliacji 2-4 zawierał się w przedziale od 9,7% w województwie warmińsko-mazurskim do 23,3% w województwie mazowieckim. Średnia defoliacja zawierała się w przedziale od 18,5% w województwie wielkopolskim do 24,2% w województwie mazowieckim (tab. 3.15, ryc. 3.16).

Powiązanie ze sobą udziałów drzew zdrowych, drzew w klasach defoliacji 2-4 oraz wartości średniej defoliacji w lasach poszczególnych województw pozwoliło na uszeregowanie ich grupami od najzdrowszych do najmniej zdrowych: wielkopolskie < podkarpackie << dolnośląskie < kujawsko-pomorskie, małopolskie, podlaskie, pomorskie, śląskie, warmińsko-mazurskie < świętokrzyskie, łódzkie < lubuskie < zachodniopomorskie, opolskie << lubelskie, mazowieckie.

Najzdrowsze okazały się drzewa w lasach województwa wielkopolskiego, gdzie zarejestrowano najwyższy w zestawieniu udział drzew zdrowych (30,2%), 12,5% drzew w klasach defoliacji 2-4 oraz najniższą średnią defoliację (18,5%).

Dobrą kondycją zdrowotną drzew obserwowano w lasach województwa podkarpackiego i dolnośląskiego, gdzie udział drzew zdrowych wynosił 21,4% i 22,6%, udział drzew o defoliacji powyżej 25% – 12,1% i 15,7%, a średnia defoliacja – 19,4% i 20,3%.

Średnią kondycję drzew obserwowano w lasach województw: kujawsko-pomorskiego, małopolskiego, podlaskiego, pomorskiego, śląskiego, warmińsko-mazurskiego, świętokrzyskiego i łódzkiego (od 8,0 do 21,4% drzew zdrowych, od 9,7 do 17,1% drzew w klasach defoliacji 2-4 oraz od 20,3 do 21,3% średniej defoliacji).

Oslabioną kondycją zdrowotną charakteryzowały się drzewa w lasach: województw: lubuskiego, zachodniopomorskiego i opolskiego (od 5,1 do 13,5% drzew zdrowych, od 17,1 do 21,2% drzew w klasach defoliacji 2-4 oraz od 21,6 do 22,7% średniej defoliacji).

Najgorszą kondycję zdrowotną drzew obserwowano w lasach województw: lubelskiego i mazowieckiego (odpowiednio: 6,6% i 6,9% drzew zdrowych, 23,2% i 23,3% drzew w klasach defoliacji 2-4 oraz średnia defoliacja równa 24,2%).

Zdrowotność drzew monitorowanych gatunków w układzie województw

Najzdrowsze sosny występowały na powierzchniach obserwacyjnych zlokalizowanych w lasach województw: dolnośląskiego i wielkopolskiego, zarejestrowano tam najwięcej (32,6% i 31,0%) drzew zdrowych, mało (8,1% i 9,8%) drzew w klasach defoliacji 2-4 oraz najniższą (17,2% i 17,6%) w zestawieniu średnią defoliację. Dobrą kondycję drzew tego gatunku

obserwowano w województwach: śląskim, pomorskim, świętokrzyskim, opolskim, zachodniopomorskim, kujawsko-pomorskim, łódzkim i małopolskim (od 3,6 do 18,0% drzew zdrowych, od 3,5 do 13,7% drzew w klasach defoliacji 2-4 oraz od 18,4 do 20,8% średniej defoliacji). Sosny o osłabionej kondycji zdrowotnej występowały w lubuskim, podkarpackim, podlaskim i warmińsko-mazurskim (od 3,5 do 12,3% drzew zdrowych, od 9,2 do 16,8% drzew w klasach defoliacji 2-4 oraz od 21,3 do 22,9% średniej defoliacji). Najsłabszą kondycją charakteryzowały się sosny w mazowieckim i lubelskim, gdzie zanotowano 5,2% i 2,5% drzew zdrowych, najwyższy udział (23,3% i 26,8%) drzew w klasach defoliacji 2-4 oraz najwyższą w zestawieniu (24,7% i 26,0%) średnią defoliację (tab. 3.15).

W pięciu województwach liczba świerków poddanych obserwacjom nie przekraczała 30 (wyniki wyłączone z analizy). Świerk jest gatunkiem charakteryzującym się niską zdrowotnością w porównaniu z innymi gatunkami, jednak jego kondycja jest bardzo zróżnicowana regionalnie. Najlepszą kondycją zdrowotną charakteryzowały się świerki w województwie wielkopolskim, gdzie zanotowano najwięcej drzew zdrowych (48,0%), 14,0% drzew w klasach defoliacji 2-4 oraz najniższą w zestawieniu średnią defoliację (16,0%). Dobry stan zdrowotny świerków zanotowano na powierzchniach badawczych w województwach: warmińsko-mazurskim, lubuskim, podkarpackim i dolnośląskim (od 7,3 do 22,2% drzew zdrowych, od 6,7 do 22,2% drzew w klasach defoliacji 2-4 oraz od 20,4 do 23,0% średniej defoliacji). W średniej kondycji były świerki w lasach województw: podlaskiego i pomorskiego (odpowiednio: 0,9% i 6,1% drzew zdrowych, 13,6% i 28,0% drzew w klasach defoliacji 2-4 oraz 24,0% i 25,4% średniej defoliacji). Słabą kondycję drzew tego gatunku odnotowano w województwach: zachodniopomorskim i małopolskim (4,8% i 4,3% drzew zdrowych, 49,0% drzew w klasach defoliacji 2-4 oraz 28,7% i 29,5% średniej defoliacji). Złą kondycję zdrowotną świerków odnotowano w województwie śląskim, najgorszą w świętokrzyskim (brak drzew zdrowych, 54,0% i 57,6% drzew w klasach defoliacji 2-4 oraz 32,0% i 41,5% średniej defoliacji) (tab. 3.15).

Powierzchnie jodłowe oraz z domieszką jodły występują jedynie w dziewięciu województwach, w tym w trzech województwach liczba drzew poddanych obserwacjom nie przekraczała 30 (wyniki wyłączone z analizy). Jodła charakteryzuje się najlepszą wśród gatunków iglastych kondycją zdrowotną, wartości średniej defoliacji w sześciu porównywanych województwach zawierają się w przedziale od 17,0% do 19,3%. Najzdrowsze jodły występowały w podkarpackim, zanotowano tu najwyższy udział (35,2%) drzew zdrowych, niski udział (8,7%) drzew w klasach defoliacji 2-4 oraz najniższą średnią defoliację

(17,0%). Dobrą kondycją charakteryzowały się jodły w lasach województw małopolskiego, śląskiego i świętokrzyskiego (od 16,3 do 33,3% drzew zdrowych, od 8,1 do 16,1% drzew w klasach defoliacji 2-4 oraz od 18,7 do 18,9% średniej defoliacji). Niewiele gorszą kondycją charakteryzowały się jodły w województwie lubelskim i mazowieckim (6,1% i 25,0% drzew zdrowych, 6,1% i 13,9% drzew w klasach defoliacji 2-4 oraz 19,2% i 19,3% średniej defoliacji) (tab. 3.15).

Powierzchnie **bukowe** oraz z domieszką buka występują w piętnastu województwach, w tym w siedmiu województwach liczba drzew poddanych obserwacjom nie przekraczała 30 (wyniki wyłączono z analizy). Ogółem buki charakteryzują się wysokim poziomem zdrowotności wśród monitorowanych gatunków. Spośród ośmiu porównywanych województw najlepszą kondycję buków obserwowano w małopolskim, występowało tam najwięcej drzew zdrowych (51,1%), mało drzew w klasach defoliacji 2-4 (4,0%), średnia defoliacja była najmniejsza (14,5%). Bardzo dobrą kondycję buków obserwowano również w warmińsko-mazurskim, podkarpackim, śląskim i dolnośląskim (od 22,7 do 49,1% drzew zdrowych, od 1,8 do 7,3% drzew w klasach defoliacji 2-4 oraz od 14,6 do 16,0% średniej defoliacji). W pozostałych województwach (świętokrzyskim, pomorskim i zachodniopomorskim) kondycja buków była niewiele gorsza (od 19,4 do 39,6% drzew zdrowych, od 10,4 do 26,0% drzew w klasach defoliacji 2-4, od 17,8 do 22,2% średniej defoliacji) (tab. 3.15).

Dąb jest gatunkiem o najsłabszej zdrowotności, wykazującej duże zróżnicowanie regionalne. Najzdrowsze dęby występowały w województwie świętokrzyskim (najwięcej w zestawieniu drzew zdrowych – 35,0%, 6,8% drzew w klasach defoliacji 2-4 oraz najniższa średnia defoliacja – 16,3%). Niewiele gorszą kondycją cechowały się drzewa tej grupy gatunków w podkarpackim i warmińsko-mazurskim (14,6% i 6,2% drzew zdrowych, 7,0% i 4,4% drzew w klasach defoliacji 2-4, 19,2% i 19,6% średniej defoliacji). Dęby o średniej kondycji zdrowotnej występowały w siedmiu innych województwach: małopolskim, pomorskim, dolnośląskim, kujawsko-pomorskim, podlaskim, wielkopolskim i mazowieckim (udział drzew zdrowych zawierał się w przedziale od 0,9% do 12,6%, udział drzew w klasach defoliacji 2-4 – w przedziale od 14,7 do 29,7%, natomiast średnia defoliacja – w przedziale od 21,8 do 24,4%). Silnie osłabioną kondycją charakteryzowały się dęby w lasach województw: lubelskim, śląskim, łódzkim, zachodniopomorskim i lubuskim (od 0,0 do 6,6% drzew zdrowych, od 33,3 do 45,9% drzew w klasach defoliacji 2-4 oraz od 26,6 do 27,7% średniej defoliacji). Dęby o najsłabszej kondycji występowały w województwie opolskim (brak drzew

zdrowych, wysoki udział drzew w klasach defoliacji 2-4 – 44,8% oraz najwyższa średnia defoliacja – 29,3%) (tab. 3.15).

Brzoza, podobnie jak dąb, jest gatunkiem o słabej kondycji zdrowotnej, wykazującej duże zróżnicowanie regionalne. Wartości średniej defoliacji tej grupy gatunków na powierzchniach badawczych w porównywanych województwach zawierają się w przedziale od 18,4% do 25,1%. Najzdrowsze brzozy występowały w kujawsko-pomorskim, gdzie odnotowano 16,6% drzew zdrowych, najmniej (7,8%) drzew w klasach defoliacji 2-4 oraz najniższą w zestawieniu (18,4%) średnią defoliację. Niewiele gorszą kondycją charakteryzowały się brzozy w lasach województw: świętokrzyskiego, dolnośląskiego i wielkopolskiego (od 21,2 do 31,2% drzew zdrowych, od 10,8 do 19,2% drzew w klasach defoliacji 2-4 oraz od 19,6% do 20,7% średniej defoliacji). Brzozy w średniej kondycji zdrowotnej występowały w województwach: warmińsko-mazurskim, opolskim, lubelskim i pomorskim: udział drzew zdrowych zawierał się w przedziale od 7,7 do 12,6%, drzew w klasach defoliacji 2-4 – w przedziale od 10,8 do 16,5%, natomiast średnia defoliacja – w przedziale od 22,0 do 21,6%). Osłabioną kondycją charakteryzowały się brzozy w lasach województw: śląskiego, łódzkiego, małopolskiego i podlaskiego (od 0,6 do 10,9% drzew zdrowych, od 9,5 do 19,1% drzew w klasach defoliacji 2-4, od 22,2% do 23,3% średniej defoliacji). Brzozy o naj słabszej kondycji obserwowano w lasach województw: zachodniopomorskiego, lubuskiego, mazowieckiego i podkarpackiego (od 4,8 do 11,8% drzew zdrowych, od 24,2 do 29,6% drzew w klasach defoliacji 2-4 oraz od 24,0% do 25,1% średniej defoliacji) (tab. 3.15).

Powierzchnie **olszowe** oraz z domieszką olszy występują we wszystkich województwach, w śląskim liczba drzew poddanych obserwacjom nie przekraczała 30 (wyniki wyłączono z analizy). Najlepszą kondycję zdrowotną olszy zarejestrowano w lubuskim i kujawsko-pomorskim, zanotowano tam najwięcej drzew zdrowych (39,1% i 37,0%), najmniej drzew w klasach defoliacji 2-4 (1,4% i 2,2%) oraz najniższą średnią defoliację (14,1% i 14,2%). W niewiele gorszej kondycji były olsze w województwach: łódzkim, podlaskim, dolnośląskim i wielkopolskim (od 26,0 do 38,3% drzew zdrowych, od 4,0 do 7,8% drzew w klasach defoliacji 2-4 oraz od 15,5 do 16,6% średniej defoliacji). Dobrą kondycją zdrowotną charakteryzowały się olsze w lasach województw: opolskiego, warmińsko-mazurskiego, lubelskiego, pomorskiego i mazowieckiego (od 5,6 do 19,3% drzew zdrowych, od 2,8 do 14,7% drzew w klasach defoliacji 2-4 oraz od 17,6 do 20,9% średniej defoliacji). Słabą kondycją zdrowotną charakteryzowały się olsze w lasach w województw: podkarpackiego, zachodniopomorskiego

i małopolskiego (od 8,9 do 27,8% drzew zdrowych, od 16,7 do 27,2% drzew w klasach defoliacji 2-4 oraz od 22,3 do 23,7% średniej defoliacji). Olsze o najłabszej kondycji występowały w lasach województwa świętokrzyskiego, gdzie zanotowano mało (8,8%) drzew zdrowych, najwięcej drzew (40,4%) w klasach defoliacji 2-4 oraz najwyższą w zestawieniu (31,1%) średnią defoliację (tab. 3.15).

Kondycja zdrowotna drzew w układzie krain przyrodniczo-leśnych

Udział drzew zdrowych, o defoliacji do 10% (gatunki razem) w układzie krain przyrodniczo-leśnych zawierał się w przedziale od 6,5% w Krainie Mazowiecko-Podlaskiej do 23,6% w Krainie Karpackiej. Udział drzew o defoliacji powyżej 25% zawierał się w przedziale od 10,7% w Krainie Mazursko-Podlaskiej do 21,4% w Krainie Mazowiecko-Podlaskiej. Średnia defoliacja zawierała się w przedziale od 19,5% w Krainie Karpackiej do 23,9% w Krainie Mazowiecko-Podlaskiej (tab. 3.16, ryc. 3.17).

Powiązanie ze sobą udziałów drzew zdrowych, drzew o defoliacji powyżej 25% oraz wartości średniej defoliacji w lasach poszczególnych krain przyrodniczo-leśnych pozwoliło na uszeregowanie ich grupami od najzdrowszych do najmniej zdrowych: Karpacka < Wielkopolsko-Pomorska < Sudecka < Bałtycka, Śląska, Mazursko-Podlaska, Małopolska << Mazowiecko-Podlaska.

Najzdrowsze okazały się drzewa w lasach Krainy Karpackiej, zanotowano tam najwyższy w porównaniu z innymi krainami udział drzew zdrowych (23,6%), niski udział drzew w klasach defoliacji 2-4 (14,2%) i najniższą średnią defoliację (19,5%).

Dobrą kondycję drzew zanotowano w lasach w krainach: Wielkopolsko-Pomorskiej i Sudeckiej, gdzie udział drzew zdrowych wynosił 18,3% i 14,3%, udział drzew w klasach defoliacji 2-4 wynosił 12,3% i 13,1%, a średnia defoliacja: 19,8% i 20,6%.

Krainy: Bałtycka, Śląska, Mazursko-Podlaska i Małopolska zaliczone zostały do grupy krain o osłabionej kondycji zdrowotnej drzew w lasach (od 9,7 do 16,1% drzew zdrowych, od 10,7 do 17,3% drzew w klasach defoliacji 2-4 oraz od 21,2 do 21,7% średniej defoliacji).

Najłabszą kondycją w porównaniu z innymi krainami charakteryzowały się drzewa w lasach Krainy Mazowiecko-Podlaskiej, gdzie zarejestrowano najmniej (6,5%) drzew zdrowych, najwięcej drzew w klasach defoliacji 2-4 (21,4%) oraz najwyższą w zestawieniu średnią defoliację (23,9%).

Analiza map (ryc. 3.18, 3.19) prezentujących wyniki obserwacji defoliacji drzew na SPO I rzędu w 2022 roku również pozwala na wydzielenie obszarów zróżnicowanych pod względem zdrowotności lasów w kraju. Dane źródłowe, na podstawie których sporządzone

zostały mapy to średnie wartości defoliacji z powierzchni badawczych dla wszystkich monitorowanych gatunków łącznie.

Wysoki poziom zdrowotności (do 20% średniej defoliacji) występowały w kilku kompleksach leśnych w Krainie Bałtyckiej (lasy okolic Ińska, Lasy Oliwsko-Darżlubskie, kompleksy leśne zlokalizowane na linii Wejherowo – Lębork – Bytów, Lasy Elbląsko-Żuławskie, okolice jeziora Jeziorak, lasy pomiędzy Pasłękiem, Iławą, Miłomłynem i Ornetą). W Krainie Wielkopolsko-Pomorskiej były to kompleksy leśne zlokalizowane w Puszczy Rzepińskiej, Puszczy Noteckiej, Puszczy Drawskiej, Borach Tucholskich, Puszczy Bydgoskiej, lasy zlokalizowane w okolicach Szczecinka oraz pomiędzy Rawiczem, Żmigrodem, Sycowem i Ostrowem Wielkopolskim. W Krainie Sudeckiej były to kompleksy leśne zlokalizowane pomiędzy Wałbrzychem, Karpaczem, Lwówkiem Śląskim i Złotoryją. Wysoką zdrowotnością charakteryzowały się również kompleksy leśne położone w zachodniej części Krainy Śląskiej (na północny zachód od Bolesławca), na granicy krain: Śląskiej i Małopolskiej (lasy pomiędzy Kluczborkiem, Pszczyną, Raciborzem i Kielcami), mozaikowo w Krainie Małopolskiej (lasy położone na linii Żywiec – Kraków, okolice Tarnowa i Hrebennego, Puszcza Świętokrzyska oraz punktowo lasy okolic Łodzi), we wschodniej części Krainy Karpackiej (Lasy Beskidu Sądeckiego, Lasy Bieszczadzkie oraz Lasy Birczańskie). Ponadto kompleksy leśne o wysokiej zdrowotności występowały w Krainie Mazowiecko-Podlaskiej (tereny pomiędzy Bugiem i Narwią) oraz w Krainie Mazursko-Podlaskiej (Puszcza Białowieska, Puszcza Knyszyńska, lasy pomiędzy Sokółką a Augustowem oraz lasy położone na linii Szczytno – Olsztyn – Bartoszyce).

Według prezentowanych map w 2022 roku w żadnym kompleksie leśnym nie wystąpiło znaczne osłabienie kondycji zdrowotnej (powyżej 30% średniej defoliacji).

Kompleksy leśne o słabszej kondycji (średnia defoliacja na poziomie 25,1% – 30%) występowały na terenie siedmiu krain przyrodniczo-leśnych. W Krainie Bałtyckiej były to lasy położone na linii Sławno – Bobolice; na granicy krain Bałtyckiej i Wielkopolsko-Pomorskiej były to lasy Pojezierza Myśliborskiego, Puszczy Barlineckiej oraz okolic Gorzowa Wielkopolskiego, w Krainie Wielkopolsko-Pomorskiej – lasy pomiędzy Kaliszem, Turkiem i Sieradzem, w Krainie Śląskiej – lasy między Nysą a Opolem, w Krainie Karpackiej – lasy Podhala. Ponadto kompleksy leśne o słabszej kondycji zdrowotnej występowały we wschodniej części Krainy Małopolskiej (okolice Rzeszowa, Zamościa oraz Hrubieszowa), na granicy krain: Małopolskiej i Mazowiecko-Podlaskiej (lasy pomiędzy Radomiem, Lublinem i Mielcem, Puszcza Kozienicka), w Krainie Mazowiecko-Podlaskiej (Puszcza Kampinoska, okolice

Warszawy i Żyrardowa), na granicy krain: Mazowiecko-Podlaskiej i Mazursko-Podlaskiej (okolice Mławy).

Stan zdrowotny drzew monitorowanych gatunków w układzie krain przyrodniczo-leśnych (tab. 3.16, ryc. 3.20)

Wśród **sosen** najlepszą kondycją zdrowotną charakteryzowały się drzewa tego gatunku w lasach Krainy Śląskiej, gdzie zarejestrowano najwyższy wśród krain udział drzew zdrowych (20,2%), najniższy udział drzew w klasach defoliacji 2-4 (7,8%) i najniższą średnią defoliację (18,6%). Sosny o najgorszej kondycji zdrowotnej występowały w lasach krain: Mazursko-Podlaskiej i Mazowiecko-Podlaskiej, zanotowano tam odpowiednio: 3,0% i 4,6% drzew zdrowych, 11,9% i 21,7% drzew w klasach defoliacji 2-4 oraz 22,7% i 24,5% średniej defoliacji.

Świerk jest gatunkiem charakteryzującym się niskim poziomem zdrowotności w porównaniu z innymi gatunkami, jego kondycja jest bardzo zróżnicowana regionalnie. Najlepszą kondycją zdrowotną charakteryzowały się świerki w lasach krain: Wielkopolsko-Pomorskiej i Śląskiej, gdzie udział drzew zdrowych wynosił odpowiednio: 21,3% i 28,4%, udział drzew w klasach 2-4 – 15,7% i 23,5%, a średnia defoliacja – 20,0% i 20,2%. Najślabszą kondycją charakteryzowały się świerki w lasach Krainy Małopolskiej, w której nie było drzew zdrowych, udział drzew w klasach defoliacji 2-4 (58,1%), oraz średnia defoliacja (36,2%) były najwyższe w zestawieniu.

Wystarczająca do porównania kondycji zdrowotnej liczba **jodeł** została oceniona jedynie w krainach: Karpackiej i Małopolskiej. Zdrowsze jodły występowały w Krainie Karpackiej, słabszą kondycję drzew tego gatunku zanotowano w Krainie Małopolskiej. Udziały drzew zdrowych wynosiły odpowiednio: 26,5% i 23,8%, udziały drzew w klasach defoliacji 2-4 – 8,2% i 17,6%, średnia defoliacja – 17,6% i 20,6%.

Liczba **buków** poddanych obserwacjom nie przekraczała 30 w krainach: Mazowiecko-Podlaskiej i Mazursko-Podlaskiej, wyniki z tych krain wyłączono z analizy. Wśród sześciu porównywanych krain najzdrowsze buki występowały w Krainie Sudeckiej, gdzie zanotowano wysoki udział drzew zdrowych (48,8%), najniższy udział drzew w klasach defoliacji 2-4 (2,3%) oraz najniższą średnią defoliację (13,1%). W pozostałych siedmiu krainach kondycja buków była bardzo dobra lub dobra (od 13,9 do 51,1% drzew zdrowych, od 4,2 do 24,2% drzew w klasach defoliacji 2-4 oraz od 14,5 do 21,2% średniej defoliacji).

Dęby to grupa gatunków o najślabszej kondycji w skali kraju, co znajduje odzwierciedlenie w ich kondycji w poszczególnych krainach. Udział drzew zdrowych zawierał

się w przedziale od 9,4% w Krainie Małopolskiej do 0,5% w Krainie Mazowiecko-Podlaskiej. Udział drzew w klasach 2-4 zawierał się w przedziale od 8,1% w Krainie Sudeckiej do 39,5% w Krainie Śląskiej, a średnia defoliacja – w przedziale od 19,5% w Krainie Sudeckiej do 26,8% w Krainie Śląskiej.

Najlepszą kondycją zdrowotną charakteryzowały się **brzozy** w lasach Krainy Sudeckiej, gdzie udział drzew zdrowych był najwyższy (26,1%), udział drzew w klasach 2-4 (4,3%) oraz średnia defoliacja (17,8%) były najniższe. Najsłabszą kondycją charakteryzowały się brzozy w lasach krain: Karpackiej i Mazowiecko-Podlaskiej (odpowiednio: 1,7% i 4,8% drzew zdrowych, 18,2% i 23,7% drzew w klasach defoliacji 2-4 oraz 24,0% i 24,3% średniej defoliacji).

Liczba **olszy** poddanych obserwacjom nie przekraczała 30 w Krainie Sudeckiej i wyniki z tej krainy wyłączono z analizy. Wśród siedmiu porównywanych krain najlepszą kondycją charakteryzowały się drzewa tej grupy gatunków w lasach Krainy Wielkopolsko-Pomorskiej, gdzie zanotowano najwyższy udział drzew zdrowych (43,5%), najniższy udział drzew w klasach defoliacji 2-4 (4,5%) oraz najniższą średnią defoliację (15,2%). Olsze o najniższej kondycji występowały w lasach Krainy Karpackiej (najniższy udział drzew zdrowych – 7,1%, najwyższy udział drzew w klasach defoliacji 2-4 – 26,5% oraz najwyższa średnia defoliacja – 26,7%).

Kondycja zdrowotna drzew w układzie parków narodowych

Ogółem w dziewiętnastu parkach narodowych poddano obserwacjom 760 drzew (na 38 powierzchniach), w tym 182 sosny (w 9 parkach), 134 świerki (w 9 parkach), 51 jodeł (w 5 parkach), 18 modrzewi (kategoria ‘inne igłaste’) (w 2 parkach), 156 buków (w 6 parkach), 12 dębów (w 1 parku), 91 brzoź (w 5 parkach), 84 olsze (w 6 parkach) i 32 drzewa z kategorii ‘inne liściaste’ (5 gatunków, najwięcej, 16 sztuk, osiki) (w 3 parkach).

Udział drzew zdrowych wśród wszystkich drzew poddanych obserwacjom wynosił 15,8%, udział drzew w klasach defoliacji 2-4 – 24,6%, średnia defoliacja – 24,1% (tab. 3.17, ryc. 3.21). Gatunki ‘igłaste razem’ charakteryzowały się gorszą kondycją zdrowotną niż gatunki ‘liściaste razem’. Wśród ‘iglastych razem’ udział drzew zdrowych wynosił 7,5%, udział drzew w klasach defoliacji 2-4 – 33,8%, a średnia defoliacja – 26,6%. Wśród ‘liściastych razem’ wartości porównywanych parametrów wynosiły odpowiednio: 24,3%, 15,2% i 21,5%.

Porównano stan zdrowotny monitorowanych gatunków ogółem w parkach (tab. 3.17). Dąb i gatunki z kategorii ‘inne igłaste’ ze względu na małą liczebność próby (poniżej 30 drzew

we wszystkich parkach łącznie) zostały pominięte w przedstawionym poniżej omówieniu wyników.

Gatunkiem o najlepszej kondycji zdrowotnej był buk, u którego występował najwyższy w zestawieniu udział drzew zdrowych (37,2%), najniższy udział drzew w klasach defoliacji 2-4 (3,2%) oraz najniższa średnia defoliacja (15,3%). Dobrą kondycją charakteryzowały się: domieszkowe gatunki liściaste i olsza (odpowiednio: 28,1% i 27,4% drzew zdrowych, 12,5% i 8,3% drzew w klasach defoliacji 2-4 oraz 20,8% i 20,2% średniej defoliacji). Osłabioną kondycję wykazywały sosna, jodła i świerk (od 11,5% do 0,7% drzew zdrowych, od 28,0% do 39,6% drzew w klasach defoliacji 2-4 oraz od 25,1% do 28,4% średniej defoliacji). W najgorszej kondycji była brzoza (1,1% drzew zdrowych, 41,8% drzew w klasach defoliacji 2-4 oraz najwyższa w zestawieniu średnia defoliacja – 33,0%).

Porównano również kondycję zdrowotną drzew w poszczególnych parkach narodowych (tab. 3.17, ryc. 3.21). W dwunastu parkach obserwacje przeprowadzono tylko na jednej powierzchni (na 20 drzewach) i wyjątkowo tak małe liczebności prób uwzględniono w opisie. Jednak ze względu na to należy ostrożnie podchodzić do uzyskanych wyników. Po jednej powierzchni monitoringowej znajduje się w parkach: Drawieńskim PN i Wigierskim PN (powierzchnie sosnowe), Babiogórskim PN, Karkonoskim PN i PN Gór Stołowych (powierzchnie świerkowe), Roztoczańskim PN (powierzchnia jodłowo-sosnowa), Gorczańskim PN (powierzchnia bukowo-świerkowa), Świętokrzyskim PN (powierzchnia bukowa), Ojcowskim PN (powierzchnia z przewagą buka), Białowieskim PN (powierzchnia olszowa), Poleskim PN i Słowińskim PN (powierzchnie brzozowo-olszowe). Po dwie powierzchnie znajdują się w parkach: Wielkopolskim PN (powierzchnia sosnowa i powierzchnia liściasta mieszana) i Wolińskim PN (powierzchnie sosnowe z domieszką dębu). Trzy powierzchnie znajdują się w Magurskim PN (po jednej powierzchni modrzewiowej, jodłowo-bukowej i z przewagą buka) i w Tatrzańskim PN (jedna powierzchnia jodłowa i dwie powierzchnie świerkowe), cztery powierzchnie – w Kampinoskim PN (trzy powierzchnie sosnowe i jedna powierzchnia brzozowa), sześć powierzchni – w Biebrzańskim PN (po jednej powierzchni sosnowej, świerkowej, olszowej i olszowo-brzozowej oraz dwie powierzchnie brzozowe) i w Bieszczadzkim PN (cztery powierzchnie bukowe, jedna bukowo-jodłowa i jedna osikowo-brzozowa).

Najlepszą kondycją zdrowotną charakteryzowały się drzewa na powierzchni monitoringowej Świętokrzyskiego PN, gdzie zanotowano wysoki udział drzew zdrowych (65,0%), brak drzew w klasach 2-4 oraz najniższą średnią defoliację (12,8%). Porównywalnie

wysoki poziom zdrowotności drzew odnotowano na powierzchniach Wielkopolskiego PN, gdzie udział drzew zdrowych był najwyższy w zestawieniu i wynosił 72,5%, udział drzew w klasach 2-4 był równy 7,5%, a średnia defoliacja – 14,4%.

Dobłą kondycją charakteryzowały się drzewa na powierzchniach parków: Ojcowskiego, Bieszczadzkiego, Białowieskiego, Gorczańskiego i Magurskiego (od 45,0% do 15,0% drzew zdrowych, od 0,0% do 25,0% drzew w klasach defoliacji 2-4 i od 17,5% do 20,6% średniej defoliacji).

Średnim poziomem zdrowotności charakteryzowały się drzewa w lasach parków: Poleskiego, Karkonoskiego, Roztoczańskiego i Drawieńskiego (od 5,0% do 0,0% drzew zdrowych, od 10,0 do 20,0% drzew w klasach defoliacji 2-4 oraz od 21,0% do 23,3% średniej defoliacji).

Słabą kondycją charakteryzowały się drzewa w parkach: Słowińskim, Wigierskim, Kampinoskim, Biebrzańskim i Gór Stołowych. Na powierzchniach monitoringowych tych parków udział drzew zdrowych zawierał się w przedziale od 13,3% do 0,0%, udział drzew w klasach defoliacji 2-4 zawierał się w przedziale od 25,0% do 35,0%, a średnia defoliacja przyjmowała wartości od 25,3% do 29,5%.

Drzewa o bardzo słabej kondycji występowały w parkach: Babiogórskim i Wolińskim (brak drzew zdrowych, odpowiednio: 35,0% i 52,5% drzew w klasach defoliacji 2-4 oraz 31,8% i 32,0% średniej defoliacji) Najsłabszą kondycją drzew charakteryzowały się powierzchnie w Tatrzańskim PN, gdzie zarejestrowano 3,3% drzew zdrowych, najwyższy w zestawieniu udział drzew w klasach defoliacji 2-4 (75%) oraz najwyższą średnią defoliację (34,4%).

Tabela 3.1. Liczba SPO I rzędu wg form własności (RDLP i Parki Narodowe) – 2022 r.

RDLP	W zarządzie Lasów Państwowych	Osób fizycznych	W granicach parków narodowych	Inne formy własności razem	Formy własności razem
Białystok	115	65	0	2	182
Katowice	89	35	0	15	139
Kraków	39	50	0	6	95
Krosno	73	27	0	8	108
Lublin	77	76	0	8	161
Łódź	61	51	0	3	115
Olsztyn	122	52	0	4	178
Piła	65	4	0	2	71
Poznań	89	23	0	10	122
Szczecin	132	4	0	6	142
Szczecinek	125	6	0	1	132

Toruń	87	14	0	2	103
Wrocław	99	7	0	9	115
Zielona Góra	87	0	0	1	88
Gdańsk	65	10	0	3	78
Radom	52	50	0	10	112
Warszawa	29	57	0	6	92
Parki Narodowe	0	0	38	0	38
Razem	1406	531	38	96	2071

Tabela 3.2. Liczba SPO I rzędu wg form własności w układzie krain – 2022 r.

Kraina przyrodniczo-leśna	W zarządzie Lasów Państwowych	Osób fizycznych	W granicach parków narodowych	Inne formy własności razem	Formy własności razem
Bałtycka	252	23	3	9	287
Mazursko-Podlaska	155	45	8	6	214
Wielkopolsko-Pomorska	423	51	3	15	492
Mazowiecko-Podlaska	120	168	5	9	302
Śląska	135	10	0	8	153
Małopolska	201	158	3	35	397
Sudecka	33	2	2	5	42
Karpacka	87	74	14	9	184
Razem	1406	531	38	96	2071

Tabela 3.3. Liczba SPO I rzędu wg form własności w układzie województw – 2022 r.

Województwo	W zarządzie Lasów Państwowych	Osób fizycznych	W granicach parków narodowych	Inne formy własności razem	Formy własności razem
Dolnośląskie	104	7	2	9	122
Kujawsko-pomorskie	79	15	0	2	96
Lubelskie	67	68	2	6	143
Lubuskie	134	0	1	2	137
Łódzkie	48	47	0	4	99
Małopolskie	49	56	6	7	118
Mazowieckie	80	125	4	6	215
Opolskie	32	4	0	4	40
Podkarpackie	86	38	9	10	143
Podlaskie	80	59	8	1	148
Pomorskie	126	15	1	2	144
Śląskie	44	18	0	9	71
Świętokrzyskie	35	24	1	10	70
Warmińsko-mazurskie	140	24	0	6	170
Wielkopolskie	137	27	2	11	177
Zachodniopomorskie	165	4	2	7	178
Razem	1406	531	38	96	2071

Tabela 3.4. Liczba SPO I rzędu wg form własności w układzie gatunków drzew panujących w drzewostanie – 2022 r.

Gatunek panujący drzewostanu	W zarządzie Lasów Państwowych	Osób fizycznych	W granicach parków narodowych	Inne formy własności razem	Formy własności razem
Sosna	864	302	11	44	1221
Świerk	56	16	6	5	83
Jodla	33	12	3	1	49
Inne iglaste	16	3	1	2	22
Buk	60	10	7	3	80
Dąb	118	21	0	11	150
Brzoza	118	63	4	9	194
Olsza	87	56	5	10	158
Inne liściaste	54	48	1	11	114
Iglaste razem	969	333	21	52	1375
Liściaste razem	437	198	17	44	696
Gatunki razem	1406	531	38	96	2071

Tabela 3.5. Liczba SPO I rzędu w lasach zarządzanych przez Lasy Państwowe, zestawienie według gatunku panującego w drzewostanie, w układzie RDLP – 2022 r.

RDLP w zarządzie LP	Sosna	Świerk	Jodla	Inne iglaste	Buk	Dąb	Brzoza	Olsza	Inne liściaste	Iglaste razem	Liściaste razem	Gatunki razem
Białystok	62	13	0	0	0	5	17	13	5	75	40	115
Katowice	45	5	1	4	9	11	7	3	4	55	34	89
Kraków	9	1	9	2	8	5	1	1	3	21	18	39
Krosno	24	4	16	2	10	2	2	5	8	46	27	73
Lublin	51	0	1	0	0	13	9	2	1	52	25	77
Łódź	49	0	0	1	1	4	5	0	1	50	11	61
Olsztyn	68	4	0	0	3	14	13	17	3	72	50	122
Piła	57	1	0	0	0	1	4	2	0	58	7	65
Poznań	60	0	0	0	0	11	9	6	3	60	29	89
Szczecin	86	2	0	3	7	11	9	9	5	91	41	132
Szczecinek	71	6	0	0	16	4	14	13	1	77	48	125
Toruń	75	0	0	1	1	4	5	1	0	76	11	87
Wrocław	34	17	0	0	0	22	6	6	14	51	48	99
Zielona Góra	70	0	0	0	2	6	4	2	3	70	17	87
Gdańsk	47	2	0	3	2	1	6	3	1	52	13	65
Radom	34	1	6	0	1	4	3	2	1	41	11	52
Warszawa	22	0	0	0	0	0	4	2	1	22	7	29
Razem	864	56	33	16	60	118	118	87	54	969	437	1406

Tabela 3.6. Liczba SPO I rzędu w lasach wszystkich form własności, zestawienie według gatunku panującego w drzewostanie, w układzie krain przyrodniczo-leśnych – 2022 r.

Kraina przyrodniczo-leśna	Sosna	Świerk	Jodla	Inne iglaste	Buk	Dąb	Brzoza	Olsza	Inne liściaste	Iglaste razem	Liściaste razem	Gatunki razem
Bałtycka	147	10	0	5	25	25	33	30	12	162	125	287
Mazursko-Podlaska	115	15	0	0	0	8	28	38	10	130	84	214
Wielkopolsko-Pomorska	392	4	0	4	7	24	25	23	13	400	92	492
Mazowiecko-Podlaska	202	1	0	0	0	14	47	32	6	203	99	302
Śląska	80	2	0	3	4	28	14	7	15	85	68	153
Małopolska	257	3	9	3	9	40	38	19	19	272	125	397
Sudecka	1	20	0	0	0	7	4	1	9	21	21	42
Karpacka	27	28	40	7	35	4	5	8	30	102	82	184
Razem	1221	83	49	22	80	150	194	158	114	1375	696	2071

Tabela 3.7. Liczba SPO I rzędu w lasach wszystkich form własności, zestawienie według gatunku panującego w drzewostanie, w układzie województw – 2022 r.

Województwo	Sosna	Świerk	Jodla	Inne iglaste	Buk	Dąb	Brzoza	Olsza	Inne liściaste	Iglaste razem	Liściaste razem	Gatunki razem
Dolnośląskie	39	21	0	1	0	24	8	6	23	61	61	122
Kujawsko-pomorskie	78	0	0	2	1	5	8	1	1	80	16	96
Lubelskie	82	0	0	1	2	21	19	10	8	83	60	143
Lubuskie	110	1	0	1	3	9	5	3	5	112	25	137
Łódzkie	82	0	0	1	1	4	8	2	1	83	16	99
Małopolskie	23	17	20	3	16	10	7	4	18	63	55	118
Mazowieckie	151	0	2	0	0	9	28	19	6	153	62	215
Opolskie	19	1	0	2	1	7	4	2	4	22	18	40
Podkarpackie	57	4	19	3	19	5	7	12	17	83	60	143
Podlaskie	85	10	0	0	0	4	21	25	3	95	53	148
Pomorskie	102	5	0	3	9	2	12	10	1	110	34	144
Śląskie	41	8	2	2	6	4	6	1	1	53	18	71
Świętokrzyskie	43	2	6	0	2	3	7	3	4	51	19	70
Warmińsko-mazurskie	85	9	0	0	3	15	20	27	11	94	76	170
Wielkopolskie	130	1	0	0	0	14	13	15	4	131	46	177
Zachodniopomorskie	94	4	0	3	17	13	21	18	7	101	77	178
Razem	1221	83	49	22	80	150	194	158	114	1375	696	2071

Tabela 3.8. Liczba SPO I rz. w parkach narodowych, zestawienie według gatunku panującego w drzewostanie – 2022 r.

Park narodowy	Sosna	Świerk	Jodla	Inne iglaste	Buk	Dąb	Brzoza	Olsza	Inne liściaste	Iglaste razem	Liściaste razem	Gatunki razem
Babiogórski	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
Białowiecki	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1
Biebrzański	1	1	0	0	0	0	3	1	0	2	4	6
Bieszczadzki	0	0	1	0	4	0	0	0	1	1	5	6
Drawieński	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
Gorcezański	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1
Gór Stołowych	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
Kampinoski	3	0	0	0	0	0	1	0	0	3	1	4
Karkonoski	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
Magurski	0	0	1	1	1	0	0	0	0	2	1	3
Ojcowski	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
Poleski	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1
Roztoczański	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
Słowiński	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1
Świętokrzyski	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1
Tatrzański	0	2	1	0	0	0	0	0	0	3	0	3
Wielkopolski	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	2
Wigierski	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
Woliński	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2
Razem	11	6	3	1	7	0	4	5	1	21	17	38

Tabela 3.9. Udział procentowy drzew (3 grupy wiekowe) w klasach defoliacji oraz średnia defoliacja według gatunków na SPO I rzędu – wszystkie formy własności – 2022 r.

Wiek drzew	Klasy defoliacji	Procent defoliacji	Sosna	Świerk	Jodła	Inne iglaste	Iglaste razem	Buk	Dąb	Brzoza	Olsza	Inne liściaste	Liściaste razem	Gatunki razem	
Powyżej 20 lat (wszystkie drzewa razem)	0 - bez defoliacji	0 - 10%	11,6	7,8	25,7	15,4	12,0	35,2	6,3	11,3	23,7	27,8	18,4	14,4	
	1 - lekka defoliacja	11 - 25%	75,1	64,9	64,4	67,7	73,8	53,5	66,7	70,6	65,0	56,6	64,0	70,1	
	Klasy 2 - 4 (średnia i duża defoliacja oraz drzewa martwe)	> 25%	13,3	27,3	9,9	16,9	14,2	11,3	27,0	18,2	11,2	15,6	17,6	15,5	
	Średnia defoliacja			21,1	25,0	18,2	21,2	21,3	17,3	24,2	22,4	19,2	20,3	21,2	21,2
	Liczba drzew próbnych			22139	1755	1128	591	25613	1755	3632	4326	3076	3018	15807	41420
Od 21 do 60 lat	0 - bez defoliacji	0 - 10%	10,9	11,6	37,9	20,3	11,9	39,5	8,0	15,1	24,5	26,9	19,6	15,2	
	1 - lekka defoliacja	11 - 25%	73,6	68,1	55,8	67,4	72,6	43,7	71,9	69,6	64,3	57,1	64,7	69,2	
	Klasy 2 - 4 (średnia i duża defoliacja oraz drzewa martwe)	> 25%	15,5	20,2	6,3	12,4	15,5	16,9	20,0	15,3	11,2	16,0	15,7	15,6	
	Średnia defoliacja			22,1	23,4	16,6	20,2	22,0	18,3	22,5	20,8	18,7	20,3	20,4	21,3
	Liczba drzew próbnych			7772	697	224	291	8984	451	1262	2421	1244	1416	6794	15778
Powyżej 60 lat	0 - bez defoliacji	0 - 10%	11,9	5,3	22,7	10,7	12,1	33,7	5,3	6,4	23,2	28,6	17,4	14,0	
	1 - lekka defoliacja	11 - 25%	75,9	62,8	66,5	68,0	74,4	56,9	63,9	71,8	65,5	56,1	63,5	70,6	
	Klasy 2 - 4 (średnia i duża defoliacja oraz drzewa martwe)	> 25%	12,1	31,9	10,8	21,3	13,5	9,4	30,8	21,8	11,3	15,3	19,1	15,4	
	Średnia defoliacja			20,6	26,2	18,6	22,1	20,9	16,9	25,1	24,5	19,5	20,3	21,8	21,2
	Liczba drzew próbnych			14367	1058	904	300	16629	1304	2370	1905	1832	1602	9013	25642

Tabela 3.10. Udział procentowy drzew (3 grupy wiekowe) w klasach odbarwienia według gatunków na SPO I rzędu – wszystkie formy własności – 2022 r.

Wiek drzew	Klasy odbarwienia	Procent odbarwienia	Sosna	Świerk	Jodła	Inne iglaste	Iglaste razem	Buk	Dąb	Brzoza	Olsza	Inne liściaste	Liściaste razem	Gatunki razem
Powyżej 20 lat (wszystkie drzewa razem)	0 - bez odbarwienia	0 - 10%	99,0	97,8	93,7	99,3	98,7	99,3	95,1	98,5	98,9	97,1	97,6	98,3
	1 - lekkie odbarwienie	11 - 25%	0,4	0,9	5,9	0,0	0,7	0,3	3,8	0,4	0,3	1,2	1,3	0,9
	Klasy 2 - 4 (średnie i duże odbarwienie oraz drzewa martwe)	powyżej 25% i drzewa martwe	0,6	1,4	0,4	0,7	0,7	0,3	1,1	1,1	0,8	1,7	1,1	0,8
	Liczba drzew próbnych			22139	1755	1128	591	25613	1755	3632	4326	3076	3018	15807
Od 21 do 60 lat	0 - bez odbarwienia	0 - 10%	98,6	98,0	91,1	99,3	98,4	99,8	95,7	99,0	98,6	97,4	98,0	98,3
	1 - lekkie odbarwienie	11 - 25%	0,3	0,7	8,0	0,0	0,5	0,0	3,3	0,4	0,7	0,8	1,1	0,8
	Klasy 2 - 4 (średnie i duże odbarwienie oraz drzewa martwe)	powyżej 25% i drzewa martwe	1,0	1,3	0,9	0,7	1,0	0,2	1,0	0,6	0,6	1,8	0,9	1,0
	Liczba drzew próbnych			7772	697	224	291	8984	451	1262	2421	1244	1416	6794
Powyżej 60 lat	0 - bez odbarwienia	0 - 10%	99,1	97,6	94,4	99,3	98,8	99,2	94,8	97,8	99,1	96,9	97,3	98,3
	1 - lekkie odbarwienie	11 - 25%	0,4	0,9	5,4	0,0	0,7	0,5	4,1	0,5	0,0	1,4	1,5	1,0
	Klasy 2 - 4 (średnie i duże odbarwienie oraz drzewa martwe)	powyżej 25% i drzewa martwe	0,4	1,4	0,2	0,7	0,5	0,4	1,1	1,7	0,9	1,7	1,2	0,7
	Liczba drzew próbnych			14367	1058	904	300	16629	1304	2370	1905	1832	1602	9013

Tabela 3.11. Udział procentowy drzew (3 grupy wiekowe) w klasach zdrowotności wg gatunków na SPO I rzędu – wszystkie formy własności – 2022 r.

Wiek drzew	Klasy zdrowotności	Sosna	Świerk	Jodła	Inne iglaste	Iglaste razem	Buk	Dąb	Brzoza	Olsza	Inne liściaste	Liściaste razem	Gatunki razem
Powyżej 20 lat (wszystkie drzewa razem)	0 - drzewa zdrowe	11,6	7,8	25,7	15,2	12,0	35,2	6,3	11,3	23,7	27,8	18,4	14,4
	1 - klasa ostrzegawcza	75,1	64,8	64,3	67,9	73,8	53,5	66,7	70,6	65,0	56,5	64,0	70,0
	Klasy 2 - 4 (drzewa o obniżonej zdrowotności oraz drzewa martwe)	13,3	27,4	10,0	16,9	14,2	11,3	27,1	18,2	11,2	15,7	17,6	15,5
	Liczba drzew próbnych	22139	1755	1128	591	25613	1755	3632	4326	3076	3018	15807	41420
Od 21 do 60 lat	0 - drzewa zdrowe	10,9	11,6	37,9	20,3	11,9	39,5	8,0	15,1	24,5	26,9	19,6	15,2
	1 - klasa ostrzegawcza	73,6	68,0	55,8	67,4	72,5	43,7	71,9	69,6	64,3	57,0	64,7	69,2
	Klasy 2 - 4 (drzewa o obniżonej zdrowotności oraz drzewa martwe)	15,5	20,4	6,3	12,4	15,5	16,9	20,0	15,3	11,2	16,1	15,7	15,6
	Liczba drzew próbnych	7772	697	224	291	8984	451	1262	2421	1244	1416	6794	15778
Powyżej 60 lat	0 - drzewa zdrowe	11,9	5,3	22,7	10,3	12,1	33,7	5,3	6,4	23,2	28,6	17,4	14,0
	1 - klasa ostrzegawcza	75,9	62,8	66,4	68,3	74,4	56,9	63,9	71,8	65,5	56,1	63,5	70,6
	Klasy 2 - 4 (drzewa o obniżonej zdrowotności oraz drzewa martwe)	12,1	31,9	11,0	21,3	13,5	9,4	30,8	21,8	11,3	15,4	19,1	15,5
	Liczba drzew próbnych	14367	1058	904	300	16629	1304	2370	1905	1832	1602	9013	25642

Tabela 3.12. Udział procentowy drzew w klasach defoliacji: 0 (do 10% def.), 1 (11-25% def.) i 2-4 (> 25% def. i drzewa martwe) oraz średnia defoliacja [%] według gatunków w układzie własności na SPO I rzędu, wiek drzew: powyżej 20 lat – 2022 r.

Forma własności	Klasy defoliacji	Sosna	Świerk	Jodła	Inne iglaste	Iglaste razem	Buk	Dąb	Brzoza	Olsza	Inne liściaste	Liściaste razem	Gatunki razem
W zarządzie Lasów Państwowych	0 - bez defoliacji	12,9	9,9	27,3	15,5	13,4	35,4	6,1	12,7	22,3	30,9	18,0	15,0
	1 - lekka defoliacja	76,0	68,3	63,3	71,2	74,8	51,6	65,6	70,4	64,7	53,6	63,2	70,7
	Klasy 2 - 4 (średnia i duża defoliacja oraz drzewa martwe)	11,1	21,8	9,4	13,3	11,8	13,0	28,2	16,8	13,0	15,6	18,8	14,3
	Średnia defoliacja	20,2	23,5	18,0	20,3	20,4	17,6	24,5	21,9	19,8	20,2	21,5	20,8
	Liczba drzew próbnych	15631	1248	768	466	18113	1335	2903	2621	1766	1361	9986	28099
Własność osób fizycznych	0 - bez defoliacji	8,3	3,9	23,9	18,6	8,8	26,5	8,7	9,4	22,1	26,3	17,9	12,6
	1 - lekka defoliacja	73,3	54,4	70,0	57,6	72,1	63,8	72,8	71,4	67,8	59,6	66,9	69,9
	Klasy 2 - 4 (średnia i duża defoliacja oraz drzewa martwe)	18,5	41,7	6,1	23,7	19,1	9,7	18,5	19,3	10,1	14,2	15,2	17,4
	Średnia defoliacja	23,3	28,6	17,1	22,6	23,3	17,9	22,2	22,6	18,8	20,2	20,8	22,2
	Liczba drzew próbnych	5568	283	247	59	6157	185	497	1453	1040	1313	4488	10645
W granicach parków narodowych	0 - bez defoliacji	11,5	0,7	9,8	11,1	7,5	37,2	0,0	1,1	27,4	28,1	24,3	15,8
	1 - lekka defoliacja	60,4	59,7	51,0	55,6	58,7	59,6	75,0	57,1	64,3	59,4	60,5	59,6
	Klasy 2 - 4 (średnia i duża defoliacja oraz drzewa martwe)	28,0	39,6	39,2	33,3	33,8	3,2	25,0	41,8	8,3	12,5	15,2	24,6
	Średnia defoliacja	25,1	28,4	27,6	26,7	26,6	15,3	26,7	33,0	20,2	20,8	21,5	24,1
	Liczba drzew próbnych	182	134	51	18	385	156	12	91	84	32	375	760
Pozostałe kategorie własności	0 - bez defoliacji	8,6	2,2	25,8	12,5	9,3	48,1	2,7	10,6	44,6	20,8	21,8	15,6
	1 - lekka defoliacja	74,4	57,8	66,1	50,0	71,1	49,4	66,8	72,7	52,7	56,7	60,3	65,7
	Klasy 2 - 4 (średnia i duża defoliacja oraz drzewa martwe)	17,0	40,0	8,1	37,5	19,6	2,5	30,5	16,8	2,7	22,4	17,8	18,7
	Średnia defoliacja	22,5	30,1	18,0	26,0	23,1	14,2	25,5	21,8	14,6	21,8	20,6	21,9
	Liczba drzew próbnych	758	90	62	48	958	79	220	161	186	312	958	1916

^{*)}czcionka w kolorze niebieskim – wyniki uzyskane z co najwyżej 30 drzew (dotyczy wszystkich tabel)

Tabela 3.13. Procentowy udział drzew w klasach defoliacji: 0 (do 10% def.), 1 (11-25% def.) i 2-4 (> 25% def. i drzewa martwe) oraz średnia defoliacja [%] wg gatunków w układzie własności w krainach przyrodniczo-leśnych, wiek > 20 lat – 2022 r. (LP – Lasy Państwowe, PN – parki narodowe)

Kraina, własność	Kl.def., śr.def.	Sosna	Świerk	Jodła	Inne iglaste	Iglaste razem	Buk	Dąb	Brzoza	Olsza	Inne liśc.	Liśc. razem	Gat. razem
Bałtycka w zarządzie LP	0	9,5	13,3	0,0	23,5	10,4	26,4	6,0	10,5	24,4	33,5	17,3	13,7
	1	83,4	54,8	100,0	65,5	80,3	50,0	66,5	67,4	53,8	40,7	58,8	70,0
	2-4	7,1	31,9	0,0	10,9	9,3	23,6	27,5	22,1	21,9	25,8	23,9	16,3
	śr.def.	19,5	24,9	18,8	18,9	19,9	20,8	23,8	22,6	21,7	24,4	22,5	21,1
Bałtycka własność osób fizycznych	0	10,7	16,7	-	-	10,9	2,9	0,0	7,3	27,0	34,3	18,8	14,3
	1	82,9	33,3	-	-	81,8	65,7	84,2	82,9	56,8	57,1	66,3	75,0
	2-4	6,3	50,0	-	-	7,4	31,4	15,8	9,8	16,2	8,6	14,9	10,7
	śr.def.	19,9	24,2	-	-	20,0	26,4	23,7	22,1	18,6	16,7	20,5	20,2
Bałtycka w granicach PN	0	0,0	-	-	-	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-	0,0	0,0
	1	37,0	-	-	-	37,0	0,0	75,0	71,4	83,3	-	72,7	56,7
	2-4	63,0	-	-	-	63,0	100,0	25,0	28,6	16,7	-	27,3	43,3
	śr.def.	34,4	-	-	-	34,4	30,0	26,7	26,1	23,3	-	25,9	29,8
Bałtycka inne własności	0	3,1	-	-	0,0	3,0	-	0,0	27,0	70,6	7,0	22,1	15,0
	1	75,4	-	-	0,0	73,1	-	75,0	62,2	29,4	58,1	57,5	63,3
	2-4	21,5	-	-	100,0	23,9	-	25,0	10,8	0,0	34,9	20,4	21,7
	śr.def.	27,1	-	-	30,0	27,2	-	24,7	16,8	11,2	26,9	20,9	23,2
Mazursko-Podl. w zarządzie LP	0	2,9	2,1	-	13,3	2,8	35,7	1,8	12,7	13,0	37,5	14,9	7,5
	1	84,8	87,6	-	80,0	85,3	64,3	88,8	78,5	78,0	53,8	76,3	81,8
	2-4	12,3	10,3	-	6,7	11,9	0,0	9,4	8,8	8,9	8,7	8,8	10,7
	śr.def.	22,9	22,4	-	19,3	22,8	13,9	22,0	20,5	20,1	18,2	20,2	21,8
Mazursko-Podl. własność osób fizycznych	0	3,9	0,0	-	0,0	3,6	-	0,0	7,1	41,6	26,7	27,4	15,3
	1	88,2	91,4	-	100,0	88,5	-	77,8	77,0	55,0	63,3	63,6	76,2
	2-4	7,9	8,6	-	0,0	7,9	-	22,2	15,9	3,5	10,0	9,1	8,5
	śr.def.	21,6	23,7	-	25,0	21,8	-	25,0	21,3	14,8	20,0	18,2	20,0
Mazursko-Podl. w granicach PN	0	0,0	0,0	-	-	0,0	-	-	2,1	34,0	-	19,0	11,9
	1	77,8	95,8	-	-	85,0	-	-	46,8	58,5	-	53,0	65,0
	2-4	22,2	4,2	-	-	15,0	-	-	51,1	7,5	-	28,0	23,1
	śr.def.	24,2	24,8	-	-	24,4	-	-	38,2	20,8	-	29,0	27,3
Mazursko-Podl. inne własności	0	0,0	-	-	-	0,0	-	-	-	31,6	75,0	33,8	22,7
	1	69,2	-	-	-	69,2	-	-	-	67,1	25,0	65,0	66,4
	2-4	30,8	-	-	-	30,8	-	-	-	1,3	0,0	1,3	10,9
	śr.def.	26,7	-	-	-	26,7	-	-	-	15,9	11,3	15,7	19,3
Wielkopolsko- Pomorska w zarządzie LP	0	16,7	21,3	-	10,9	16,7	33,1	8,8	20,1	44,9	27,1	23,1	18,1
	1	73,3	63,0	-	76,6	73,1	52,0	65,4	66,2	51,7	58,8	61,1	70,5
	2-4	10,0	15,7	-	12,5	10,1	15,0	25,7	13,7	3,4	14,1	15,8	11,3
	śr.def.	19,3	20,0	-	19,8	19,4	18,4	24,3	20,4	14,2	18,4	20,0	19,5
Wielkopolsko- Pomorska własność osób fizycznych	0	15,1	-	-	0,0	14,8	-	15,0	27,8	22,4	2,9	21,6	16,3
	1	68,6	-	-	37,5	68,0	-	70,0	57,4	58,6	38,2	55,9	65,3
	2-4	16,3	-	-	62,5	17,3	-	15,0	14,8	19,0	58,8	22,5	18,4
	śr.def.	21,5	-	-	36,3	21,8	-	22,5	20,7	22,3	34,6	23,4	22,2
Wielkopolsko- Pomorska w granicach PN	0	42,5	-	-	-	42,5	-	-	-	55,6	72,7	65,0	50,0
	1	45,0	-	-	-	45,0	-	-	-	44,4	9,1	25,0	38,3
	2-4	12,5	-	-	-	12,5	-	-	-	0,0	18,2	10,0	11,7
	śr.def.	18,4	-	-	-	18,4	-	-	-	12,2	17,7	15,3	17,3
Wielkopolsko- Pomorska inne własności	0	10,7	-	-	0,0	9,6	32,0	0,0	0,0	54,4	28,6	32,7	22,9
	1	75,0	-	-	38,5	71,2	60,0	53,6	0,0	40,4	55,4	50,0	59,0
	2-4	14,3	-	-	61,5	19,2	8,0	46,4	100,0	5,3	16,1	17,3	18,1
	śr.def.	20,5	-	-	34,6	22,0	17,2	31,1	40,0	14,4	19,5	19,6	20,6
Mazowiecko-	0	5,4	2,7	-	32,0	5,8	100,0	0,3	5,8	4,1	40,5	6,7	6,1

Kraina, własność	Kl.def., śr.def.	Sosna	Świerk	Jodła	Inne iglaste	Iglaste razem	Buk	Dąb	Brzoza	Olsza	Inne liśc.	Liśc. razem	Gat. razem
Podlaska w zarządzie LP	1	75,7	73,0	-	64,0	75,4	0,0	65,2	75,9	81,8	51,4	70,7	73,8
	2-4	18,9	24,3	-	4,0	18,8	0,0	34,4	18,3	14,0	8,1	22,6	20,1
	śr.def.	23,3	25,3	-	15,2	23,2	10,0	25,9	23,6	23,8	18,0	23,9	23,5
Mazowiecko- Podlaska własność osób fizycznych	0	4,1	0,0	-	0,0	4,1	-	0,8	4,4	18,1	14,4	10,0	6,5
	1	72,4	0,0	-	100,0	72,3	-	75,2	69,5	72,1	60,9	69,8	71,3
	2-4	23,5	100,0	-	0,0	23,6	-	24,0	26,2	9,8	24,7	20,2	22,2
śr.def.	25,4	37,5	-	25,0	25,4	-	24,2	24,5	18,8	25,7	22,7	24,3	
Mazowiecko- Podlaska w granicach PN	0	3,2	-	-	-	3,2	-	-	0,0	0,0	-	0,0	2,0
	1	69,4	-	-	-	69,4	-	-	64,0	84,6	-	71,1	70,0
	2-4	27,4	-	-	-	27,4	-	-	36,0	15,4	-	28,9	28,0
śr.def.	25,9	-	-	-	25,9	-	-	29,0	22,3	-	26,7	26,2	
Mazowiecko- Podlaska inne własności	0	2,8	-	-	0,0	2,7	-	0,0	0,0	55,2	16,7	31,7	12,9
	1	73,6	-	-	50,0	72,7	-	50,0	66,7	44,8	83,3	58,3	67,6
	2-4	23,6	-	-	50,0	24,5	-	50,0	33,3	0,0	0,0	10,0	19,4
śr.def.	24,2	-	-	25,0	24,2	-	28,5	36,7	11,7	15,8	17,0	21,7	
Śląska w zarządzie LP	0	21,0	28,4	-	13,1	21,1	13,8	5,6	12,3	19,4	19,8	12,0	17,1
	1	71,5	48,1	-	67,2	70,1	75,4	55,4	67,4	71,8	55,9	62,3	66,6
	2-4	7,5	23,5	-	19,7	8,9	10,8	39,0	20,4	8,8	24,3	25,7	16,3
śr.def.	18,4	20,2	-	22,5	18,6	20,2	26,6	23,3	18,3	24,0	23,7	20,9	
Śląska własność osób fizycznych	0	11,7	-	-	-	11,7	0,0	0,0	0,0	-	16,3	12,2	12,0
	1	79,2	-	-	-	79,2	100,0	50,0	50,0	-	59,8	57,7	66,0
	2-4	9,1	-	-	-	9,1	0,0	50,0	50,0	-	23,9	30,1	22,0
śr.def.	21,0	-	-	-	21,0	15,0	27,0	29,4	-	23,7	24,6	23,2	
Śląska w granicach PN	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2-4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
śr.def.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Śląska inne własności	0	10,3	-	-	17,6	12,5	16,7	0,0	0,0	-	3,1	1,9	5,6
	1	74,4	-	-	70,6	73,2	83,3	60,7	80,0	-	56,3	61,5	65,6
	2-4	15,4	-	-	11,8	14,3	0,0	39,3	20,0	-	40,6	36,5	28,8
śr.def.	23,2	-	-	21,2	22,6	17,5	28,0	26,0	-	31,6	28,4	26,4	
Małopolska w zarządzie LP	0	11,9	0,0	25,0	6,9	12,5	47,9	8,1	12,3	13,3	48,3	18,4	14,6
	1	73,5	34,8	55,8	79,2	71,8	45,5	61,8	73,5	70,5	34,4	60,6	67,8
	2-4	14,6	65,2	19,2	13,9	15,8	6,7	30,1	14,2	16,2	17,2	21,0	17,6
śr.def.	21,0	37,7	21,0	21,7	21,3	15,4	24,6	21,5	22,2	18,8	22,0	21,5	
Małopolska własność osób fizycznych	0	10,0	0,0	38,9	25,0	10,3	51,6	14,5	13,3	15,2	25,4	18,0	13,5
	1	70,7	63,2	50,0	68,8	70,4	48,4	73,1	72,7	74,7	63,5	70,0	70,3
	2-4	19,3	36,8	11,1	6,3	19,3	0,0	12,3	14,0	10,1	11,1	12,0	16,3
śr.def.	23,1	28,4	16,9	15,6	23,0	11,8	20,6	20,9	19,4	19,5	20,0	21,8	
Małopolska w granicach PN	0	15,4	0,0	0,0	100,0	10,0	63,3	-	-	-	-	63,3	36,7
	1	69,2	20,0	81,8	0,0	63,3	36,7	-	-	-	-	36,7	50,0
	2-4	15,4	80,0	18,2	0,0	26,7	0,0	-	-	-	-	0,0	13,3
śr.def.	21,2	30,0	22,7	0,0	22,5	13,0	-	-	-	-	-	13,0	17,8
Małopolska inne własności	0	9,9	0,0	0,0	25,0	9,6	71,4	4,3	5,1	0,0	21,6	12,6	10,8
	1	75,8	43,8	100,0	50,0	74,6	28,6	71,0	75,8	85,7	54,1	65,5	70,8
	2-4	14,3	56,3	0,0	25,0	15,8	0,0	24,6	19,2	14,3	24,3	21,8	18,3
śr.def.	21,5	43,1	16,7	23,1	22,2	10,7	23,9	23,4	22,9	21,6	22,5	22,4	
Sudecka W zarządzie LP	0	21,4	6,1	0,0	5,0	6,5	50,0	6,9	28,6	15,0	35,4	26,5	15,7
	1	78,6	76,2	100,0	82,5	77,4	47,5	85,1	66,1	85,0	55,6	66,9	72,6
	2-4	0,0	17,7	0,0	12,5	16,1	2,5	8,0	5,4	0,0	9,1	6,6	11,7

Kraina, własność	Kl.def., śr.def.	Sosna	Świerk	Jodła	Inne iglaste	Iglaste razem	Buk	Dąb	Brzoza	Olsza	Inne liśc.	Liśc. razem	Gat. razem
	śr.def.	17,9	22,9	18,3	20,9	22,4	13,3	19,9	18,2	15,5	18,0	17,8	20,3
Sudecka	0	-	0,0	-	-	0,0	-	-	0,0	-	15,8	15,4	15,0
własność osób	1	-	0,0	-	-	0,0	-	-	100,0	-	73,7	74,4	72,5
fizycznych	2-4	-	100,0	-	-	100,0	-	-	0,0	-	10,5	10,3	12,5
	śr.def.	-	30,0	-	-	30,0	-	-	15,0	-	18,9	18,8	19,1
Sudecka	0	-	2,5	-	-	2,5	-	-	-	-	-	-	2,5
w granicach PN	1	-	75,0	-	-	75,0	-	-	-	-	-	-	75,0
	2-4	-	22,5	-	-	22,5	-	-	-	-	-	-	22,5
	śr.def.	-	25,5	-	-	25,5	-	-	-	-	-	-	25,5
Sudecka	0	0,0	0,0	0,0	100,0	2,4	33,3	12,5	16,7	-	13,0	14,5	9,6
inne własności	1	100,0	71,1	0,0	0,0	69,0	66,7	79,2	83,3	-	65,2	74,2	72,1
	2-4	0,0	28,9	100,0	0,0	28,6	0,0	8,3	0,0	-	21,7	11,3	18,3
	śr.def.	22,5	25,9	35,0	10,0	25,6	11,7	18,1	15,8	-	21,1	18,5	21,3
Karpacka	0	17,3	16,8	28,5	17,1	24,0	43,4	7,7	0,0	0,0	19,1	30,7	26,9
W zarządzie LP	1	73,1	47,8	64,8	65,7	64,7	52,2	63,5	61,9	55,9	69,5	58,4	62,0
	2-4	9,6	35,4	6,7	17,1	11,4	4,4	28,8	38,1	44,1	11,4	10,8	11,1
	śr.def.	18,4	25,8	17,1	21,2	18,7	14,7	22,5	26,0	29,0	19,8	17,7	18,2
Karpacka	0	12,1	4,5	22,7	30,4	13,8	27,1	9,7	2,2	10,5	35,3	25,7	20,1
własność osób	1	76,2	49,1	71,6	56,5	65,6	66,9	71,0	83,7	69,7	55,5	63,2	64,3
fizycznych	2-4	11,7	46,4	5,7	13,0	20,6	5,9	19,4	14,1	19,7	9,2	11,1	15,6
	śr.def.	20,2	29,4	17,1	17,6	22,0	17,1	20,6	23,6	26,1	17,3	19,1	20,5
Karpacka	0	0,0	0,0	12,5	5,9	4,8	31,2	-	0,0	0,0	4,8	26,0	16,4
w granicach PN	1	50,0	40,0	42,5	58,8	43,7	65,6	-	80,0	100,0	85,7	69,5	57,9
	2-4	50,0	60,0	45,0	35,3	51,6	3,2	-	20,0	0,0	9,5	4,5	25,7
	śr.def.	37,5	31,3	29,0	28,2	30,4	15,7	-	24,0	16,7	22,4	16,9	22,9
Karpacka	0	54,5	5,6	30,8	0,0	23,5	60,5	0,0	0,0	-	48,0	44,9	32,8
inne własności	1	36,4	50,0	61,5	33,3	53,9	39,5	83,3	100,0	-	48,0	51,3	52,8
	2-4	9,1	44,4	7,7	66,7	22,5	0,0	16,7	0,0	-	4,0	3,8	14,4
	śr.def.	17,7	28,8	17,9	28,3	22,0	12,5	21,3	23,3	-	13,6	14,6	18,8

Tabela 3.14. Udział procentowy drzew w klasach defoliacji 0 (do 10% def.), 1 (11-25% def.) i 2-4 (> 25% def. i drzewa martwe) oraz średnia defoliacja [%] wg gatunków w układzie RDLP, w kolejności malejących wartości średniej defoliacji w kolumnie "Gatunki razem" – wiek > 20 lat, lasy w zarządzie Lasów Państwowych – 2022 r.

RDLP	Kl.def., śr.def.	Sosna	Świerk	Jodła	Inne iglaste	Iglaste razem	Buk	Dąb	Brzoza	Olsza	Inne liśc.	Liśc. razem	Gat. razem
Lublin	0	3,4	0,0	4,3	20,0	3,4	13,3	0,0	7,1	6,7	32,0	4,5	3,8
	1	71,1	33,3	61,7	60,0	69,6	66,7	66,9	77,5	93,3	48,0	71,9	70,5
	2-4	25,5	66,7	34,0	20,0	27,0	20,0	33,1	15,4	0,0	20,0	23,6	25,6
	śr.def.	25,2	36,0	27,8	30,0	25,6	21,7	26,2	22,5	17,4	24,2	24,0	25,0
Warszawa	0	7,2	-	-	16,7	7,4	-	1,7	3,4	2,2	31,3	5,1	6,7
	1	78,6	-	-	83,3	78,7	-	55,2	58,6	75,6	68,8	62,7	73,8
	2-4	14,2	-	-	0,0	14,0	-	43,1	37,9	22,2	0,0	32,2	19,5
	śr.def.	21,1	-	-	17,5	21,1	-	27,3	29,1	25,2	16,9	26,4	22,7
Szczecinek	0	8,0	0,0	0,0	2,7	7,2	0,3	0,0	3,2	1,0	0,0	1,4	4,8
	1	87,5	56,4	100,0	67,6	84,7	61,3	34,0	64,0	75,5	44,4	60,4	74,7
	2-4	4,5	43,6	0,0	29,7	8,1	38,3	66,0	32,9	23,5	55,6	38,3	20,5
	śr.def.	18,3	28,1	18,8	26,2	19,2	26,5	31,8	25,8	24,9	34,3	27,0	22,5
Szczecin	0	9,4	11,5	-	23,7	9,9	55,0	5,4	23,2	47,3	27,8	29,6	16,3
	1	71,7	65,4	-	66,1	71,4	32,1	61,5	56,7	25,6	51,3	46,0	63,1
	2-4	18,9	23,1	-	10,2	18,7	13,0	33,1	20,1	27,1	20,9	24,4	20,6
	śr.def.	22,8	24,5	-	19,2	22,7	16,0	25,3	20,3	20,5	20,0	21,0	22,2
Białystok	0	3,9	1,7	-	0,0	3,4	-	0,7	13,6	19,7	37,3	17,6	8,7
	1	86,7	85,6	-	66,7	86,4	-	85,2	73,1	73,9	51,6	71,4	80,8
	2-4	9,5	12,7	-	33,3	10,2	-	14,1	13,3	6,4	11,1	11,0	10,5
	śr.def.	22,1	22,8	-	21,7	22,2	-	23,5	22,4	18,1	19,2	20,7	21,7
Radom	0	13,7	0,0	29,0	50,0	16,0	23,1	18,3	30,8	9,4	22,6	20,5	17,2
	1	69,2	26,7	55,1	37,5	66,1	57,7	64,1	59,6	78,1	41,9	61,8	64,9
	2-4	17,1	73,3	15,9	12,5	18,0	19,2	17,6	9,6	12,5	35,5	17,7	17,9
	śr.def.	21,6	43,0	19,3	13,8	21,6	22,1	20,2	18,8	23,6	27,7	21,3	21,5
Katowice	0	7,1	1,7	19,7	4,9	7,4	28,8	0,0	7,5	7,6	1,3	9,2	8,1
	1	89,8	46,7	70,5	77,8	85,2	66,3	55,8	77,4	60,6	68,4	65,9	76,9
	2-4	3,1	51,7	9,8	17,3	7,5	4,9	44,2	15,1	31,8	30,4	25,0	14,9
	śr.def.	18,6	30,7	18,8	23,1	19,7	16,2	29,3	21,6	26,5	25,3	23,6	21,4
Olsztyn	0	2,7	15,8	-	10,5	4,2	41,2	6,5	9,4	18,0	43,6	16,3	9,8
	1	83,1	79,1	-	84,2	82,7	54,4	87,3	82,8	72,4	45,5	75,8	79,5
	2-4	14,2	5,0	-	5,3	13,1	4,4	6,2	7,8	9,6	10,9	8,0	10,7
	śr.def.	23,2	19,6	-	19,5	22,8	14,6	19,6	19,9	20,4	20,0	19,6	21,3
Łódź	0	15,5	0,0	20,0	18,8	15,6	88,9	5,7	6,1	22,2	57,1	17,0	15,9
	1	72,2	50,0	80,0	68,8	72,0	5,6	55,7	78,8	77,8	35,7	59,4	69,2
	2-4	12,3	50,0	0,0	12,5	12,4	5,6	38,5	15,2	0,0	7,1	23,6	14,9
	śr.def.	20,3	28,8	20,0	18,8	20,3	8,6	26,2	23,3	15,6	16,4	22,7	20,8
Toruń	0	8,1	0,0	-	7,1	8,1	38,1	3,0	12,2	33,3	34,3	13,9	9,5
	1	84,0	0,0	-	85,7	83,9	52,4	77,5	82,3	64,4	57,1	74,8	81,7
	2-4	7,9	100,0	-	7,1	8,0	9,5	19,5	5,4	2,2	8,6	11,3	8,8
	śr.def.	20,0	70,0	-	18,9	20,1	17,6	23,9	17,8	14,1	15,7	19,7	20,0
Wrocław	0	33,8	11,6	0,0	5,2	24,4	50,0	9,5	21,0	32,9	33,2	23,6	24,0
	1	57,7	69,9	100,0	79,3	63,3	42,3	67,3	64,1	58,1	51,3	59,9	61,7
	2-4	8,5	18,5	0,0	15,5	12,2	7,7	23,2	14,9	9,0	15,5	16,5	14,3
	śr.def.	17,3	22,3	18,3	21,9	19,2	16,3	23,2	21,0	17,5	20,3	20,7	19,9
Zielona Góra	0	16,6	8,7	-	0,0	16,5	33,3	4,7	8,8	32,7	27,5	14,7	16,1
	1	73,7	65,2	-	100,0	73,6	66,7	51,7	62,6	67,3	65,2	59,5	70,6
	2-4	9,7	26,1	-	0,0	9,9	0,0	43,6	28,6	0,0	7,2	25,7	13,3
	śr.def.	19,0	22,0	-	22,5	19,1	12,7	27,4	26,8	14,1	17,0	23,0	19,9
Gdańsk	0	4,9	12,1	-	33,3	6,5	54,8	9,1	12,7	46,4	32,6	24,7	12,4
	1	88,8	54,5	-	66,7	86,5	45,2	90,9	80,4	50,0	62,8	71,5	81,6

RDLP	Kl.def., śr.def.	Sosna	Świerk	Jodła	Inne iglaste	Iglaste razem	Buk	Dąb	Brzoza	Olsza	Inne liśc.	Liśc. razem	Gat. razem
	2-4	6,3	33,3	-	0,0	7,1	0,0	0,0	6,9	3,6	4,7	3,8	6,0
	śr.def.	20,4	26,5	-	13,9	20,3	12,4	18,9	19,5	15,5	19,4	17,7	19,5
Kraków	0	7,8	6,3	21,3	3,4	15,1	59,1	6,9	25,0	33,3	63,0	43,0	28,8
	1	75,8	62,5	71,1	79,3	72,9	35,8	66,3	56,3	48,1	28,4	44,0	58,7
	2-4	16,4	31,3	7,6	17,2	12,1	5,0	26,7	18,8	18,5	8,6	13,0	12,5
	śr.def.	20,8	25,3	18,4	20,7	19,6	14,2	22,9	20,6	17,6	15,5	17,3	18,5
Krosno	0	12,4	25,7	37,1	27,9	24,0	40,1	25,4	0,0	2,7	23,7	26,6	25,1
	1	71,5	60,0	57,8	60,5	64,6	56,5	65,1	80,5	78,4	67,4	64,9	64,7
	2-4	16,1	14,3	5,1	11,6	11,4	3,4	9,5	19,5	18,9	8,8	8,5	10,1
	śr.def.	20,4	20,3	15,6	19,4	18,5	14,6	17,7	23,7	23,6	18,1	17,6	18,1
Piła	0	24,4	36,8	-	7,1	24,6	41,4	2,6	16,7	9,1	0,0	15,6	23,4
	1	69,8	39,5	-	71,4	68,8	48,3	56,4	60,6	78,8	66,7	61,3	67,8
	2-4	5,9	23,7	-	21,4	6,7	10,3	41,0	22,7	12,1	33,3	23,1	8,8
	śr.def.	17,0	19,1	-	20,4	17,2	17,8	28,1	22,2	19,8	25,0	22,4	17,9
Poznań	0	40,4	58,8	-	50,0	40,8	100,0	13,5	36,5	39,9	28,6	27,6	35,9
	1	51,7	41,2	-	50,0	51,5	0,0	57,3	46,5	58,1	48,8	53,4	52,2
	2-4	7,9	0,0	-	0,0	7,7	0,0	29,2	17,0	2,0	22,6	19,1	11,9
	śr.def.	16,1	11,2	-	12,9	16,0	9,0	24,1	20,1	14,4	21,6	20,5	17,6
Razem LP	0	12,9	9,9	27,3	15,5	13,4	35,4	6,1	12,7	22,3	30,9	18,0	15,0
	1	76,0	68,3	63,3	71,2	74,8	51,6	65,6	70,4	64,7	53,6	63,2	70,7
	2-4	11,1	21,8	9,4	13,3	11,8	13,0	28,2	16,8	13,0	15,6	18,8	14,3
	śr.def.	20,2	23,5	18,0	20,3	20,4	17,6	24,5	21,9	19,8	20,2	21,5	20,8

Tabela 3.15. Udział procentowy drzew w klasach defoliacji 0 (do 10% def.), 1 (11-25% def.) i 2-4 (> 25% def. i drzewa martwe) oraz średnia defoliacja [%] wg gatunków w układzie województw, w kolejności malejących wartości średniej defoliacji w kolumnie "Gatunki razem" – wiek > 20 lat, wszystkie własności – 2022 r.

Województwo	Kl.def., śr.def.	Sosna	Świerk	Jodła	Inne iglaste	Iglaste razem	Buk	Dąb	Brzoza	Olsza	Inne liśc.	Liśc. razem	Gat. razem
Mazowieckie	0	5,2	0,0	25,0	28,0	5,6	100,0	4,0	5,9	13,2	21,3	9,5	6,9
	1	71,5	0,0	61,1	64,0	71,2	0,0	66,3	64,7	75,2	57,9	66,8	69,7
	2-4	23,3	100,0	13,9	8,0	23,2	0,0	29,7	29,4	11,6	20,8	23,7	23,3
	śr.def.	24,7	38,3	19,3	16,4	24,6	8,3	24,4	25,0	20,9	23,1	23,5	24,2
Lubelskie	0	2,5	0,0	6,1	23,8	2,8	40,0	0,5	9,0	12,6	25,0	10,7	6,6
	1	70,7	41,7	87,9	66,7	70,6	56,7	65,1	76,9	75,2	63,2	69,7	70,2
	2-4	26,8	58,3	6,1	9,5	26,6	3,3	34,5	14,1	12,2	11,8	19,5	23,2
	śr.def.	26,0	32,9	19,2	19,0	25,8	13,8	26,6	21,6	19,4	20,3	22,4	24,2
Opolskie	0	3,6	6,3	-	10,3	4,4	6,9	0,0	12,6	5,6	7,7	5,8	5,1
	1	91,0	81,3	-	69,2	88,4	79,3	55,2	70,9	91,7	72,5	67,8	77,8
	2-4	5,4	12,5	-	20,5	7,2	13,8	44,8	16,5	2,8	19,8	26,4	17,1
	śr.def.	20,4	21,3	-	22,9	20,7	21,6	29,3	21,5	17,6	23,4	24,5	22,7
Zachodnio- pomorskie	0	11,4	4,8	-	20,6	11,4	19,4	3,3	11,8	27,8	20,9	16,1	13,5
	1	78,2	46,2	-	67,6	76,1	55,2	50,8	58,6	45,1	47,2	52,3	65,3
	2-4	10,4	49,0	-	11,8	12,5	25,4	45,9	29,6	27,2	31,9	31,6	21,2
	śr.def.	19,8	28,7	-	19,2	20,3	22,2	27,6	24,0	23,0	24,3	24,1	22,0
Lubuskie	0	12,3	7,3	-	0,0	12,1	48,3	4,5	11,4	39,1	25,4	17,7	13,2
	1	72,5	73,2	-	50,0	72,3	51,7	51,7	63,2	59,4	66,2	58,6	69,6
	2-4	15,3	19,5	-	50,0	15,7	0,0	43,8	25,4	1,4	8,5	23,8	17,3
	śr.def.	21,4	22,1	-	33,6	21,5	11,9	27,7	25,0	14,1	16,8	21,9	21,6
Podlaskie	0	4,2	0,9	-	0,0	3,7	-	0,9	10,9	36,6	35,2	24,0	11,9
	1	86,7	85,5	-	66,7	86,5	-	84,5	71,8	59,3	54,5	65,4	78,0
	2-4	9,2	13,6	-	33,3	9,8	-	14,7	17,2	4,1	10,2	10,6	10,1
	śr.def.	22,0	24,0	-	25,0	22,2	-	24,0	23,3	16,0	19,5	19,8	21,3

Województwo	Kl.def., śr.def.	Sosna	Świerk	Jodła	Inne iglaste	Iglaste razem	Buk	Dąb	Brzoza	Olsza	Inne liśc.	Liśc. razem	Gat. razem
Łódzkie	0	15,0	0,0	20,0	0,0	14,8	88,9	6,6	7,8	26,0	50,0	16,8	15,3
	1	71,2	60,0	80,0	80,0	71,3	5,6	50,4	78,2	70,0	42,5	63,2	69,5
	2-4	13,7	40,0	0,0	20,0	13,9	5,6	43,0	14,1	4,0	7,5	20,0	15,2
	śr.def.	20,8	26,0	20,0	22,8	20,9	8,6	27,5	22,5	15,5	16,9	22,0	21,1
Warmińsko- mazurskie	0	3,5	9,3	-	9,1	4,4	40,8	6,2	9,6	19,3	36,4	17,7	10,7
	1	84,1	84,1	-	86,4	84,1	54,9	89,4	79,7	73,7	54,2	74,5	79,6
	2-4	12,5	6,7	-	4,5	11,5	4,2	4,4	10,8	7,1	9,5	7,7	9,7
	śr.def.	22,9	20,4	-	19,8	22,5	14,6	19,6	21,0	18,9	19,7	19,5	21,1
Świętokrzyskie	0	18,0	0,0	33,3	62,5	19,3	39,6	35,0	22,2	8,8	18,9	24,2	21,2
	1	68,7	42,4	50,6	25,0	65,5	50,0	58,1	67,0	50,9	48,0	56,8	62,1
	2-4	13,2	57,6	16,1	12,5	15,2	10,4	6,8	10,8	40,4	33,1	19,0	16,7
	śr.def.	20,0	41,5	18,9	11,3	20,6	17,8	16,3	19,6	31,1	24,5	21,3	20,9
Kujawsko- pomorskie	0	8,1	0,0	-	3,4	8,0	38,1	2,8	16,6	37,0	21,4	15,0	9,8
	1	82,7	0,0	-	58,6	82,1	52,4	78,0	75,6	60,9	48,2	71,0	79,2
	2-4	9,2	100,0	-	37,9	10,0	9,5	19,2	7,8	2,2	30,4	14,0	11,0
	śr.def.	20,4	70,0	-	28,3	20,6	17,6	23,8	18,4	14,2	23,1	20,4	20,6
Małopolskie	0	9,2	4,3	20,7	11,1	12,7	51,1	5,0	6,1	12,2	39,0	30,8	21,4
	1	78,1	46,7	69,1	70,4	66,3	44,9	72,9	74,8	70,7	48,5	56,3	61,5
	2-4	12,7	49,0	10,2	18,5	21,0	4,0	22,1	19,1	17,1	12,4	12,9	17,1
	śr.def.	20,6	29,5	18,7	20,1	22,1	14,5	21,8	22,9	23,7	17,9	18,6	20,4
Śląskie	0	9,4	0,0	16,3	0,0	8,7	22,7	0,0	0,6	10,0	4,3	6,6	8,0
	1	87,1	46,0	75,6	85,4	82,2	75,5	66,7	89,9	83,3	87,0	80,0	81,5
	2-4	3,5	54,0	8,1	14,6	9,1	1,8	33,3	9,5	6,7	8,7	13,4	10,5
	śr.def.	18,4	32,0	18,8	23,7	19,9	15,9	27,3	22,2	17,7	17,6	21,2	20,4
Dolnośląskie	0	32,6	9,6	0,0	9,2	22,7	49,1	8,7	21,2	38,3	25,4	22,5	22,6
	1	59,4	70,4	85,7	76,3	64,5	43,6	64,9	64,4	53,9	55,1	59,0	61,7
	2-4	8,1	20,0	14,3	14,5	12,8	7,3	26,5	14,4	7,8	19,5	18,5	15,7
	śr.def.	17,2	23,0	20,7	21,6	19,6	16,0	23,6	20,7	16,5	21,7	21,1	20,3
Pomorskie	0	6,9	6,1	0,0	20,0	7,4	25,4	5,1	7,7	12,5	20,7	12,5	9,0
	1	87,8	65,9	100,0	66,7	86,1	48,6	77,9	78,5	72,8	55,2	69,9	81,1
	2-4	5,3	28,0	0,0	13,3	6,5	26,0	16,9	13,8	14,7	24,1	17,6	9,9
	śr.def.	19,4	25,4	18,8	19,3	19,6	21,0	23,0	21,6	20,5	26,1	21,8	20,3
Podkarpackie	0	11,1	22,2	35,2	24,6	18,7	37,4	14,6	4,8	8,9	28,2	24,3	21,4
	1	72,1	55,6	56,2	56,5	66,3	58,3	78,4	70,9	74,4	65,9	66,7	66,5
	2-4	16,8	22,2	8,7	18,8	15,0	4,3	7,0	24,2	16,7	6,0	9,0	12,1
	śr.def.	21,3	22,5	17,0	21,7	20,3	15,2	19,2	25,1	22,3	17,3	18,4	19,4
Wielkopolskie	0	31,0	48,0	-	34,8	31,3	87,5	12,6	31,2	36,1	28,4	27,3	30,2
	1	59,2	38,0	-	52,2	58,7	12,5	60,0	49,6	56,3	44,8	53,5	57,3
	2-4	9,8	14,0	-	13,0	9,9	0,0	27,4	19,2	7,6	26,9	19,3	12,5
	śr.def.	17,6	16,0	-	16,3	17,5	10,9	24,1	20,7	16,6	23,1	20,8	18,5
Kraj	0	11,6	7,8	25,7	15,4	12,0	35,2	6,3	11,3	23,7	27,8	18,4	14,4
	1	75,1	64,9	64,4	67,7	73,8	53,5	66,7	70,6	65,0	56,6	64,0	70,1
	2-4	13,3	27,3	9,9	16,9	14,2	11,3	27,0	18,2	11,2	15,6	17,6	15,5
	śr.def.	21,1	25,0	18,2	21,2	21,3	17,3	24,2	22,4	19,2	20,3	21,2	21,2

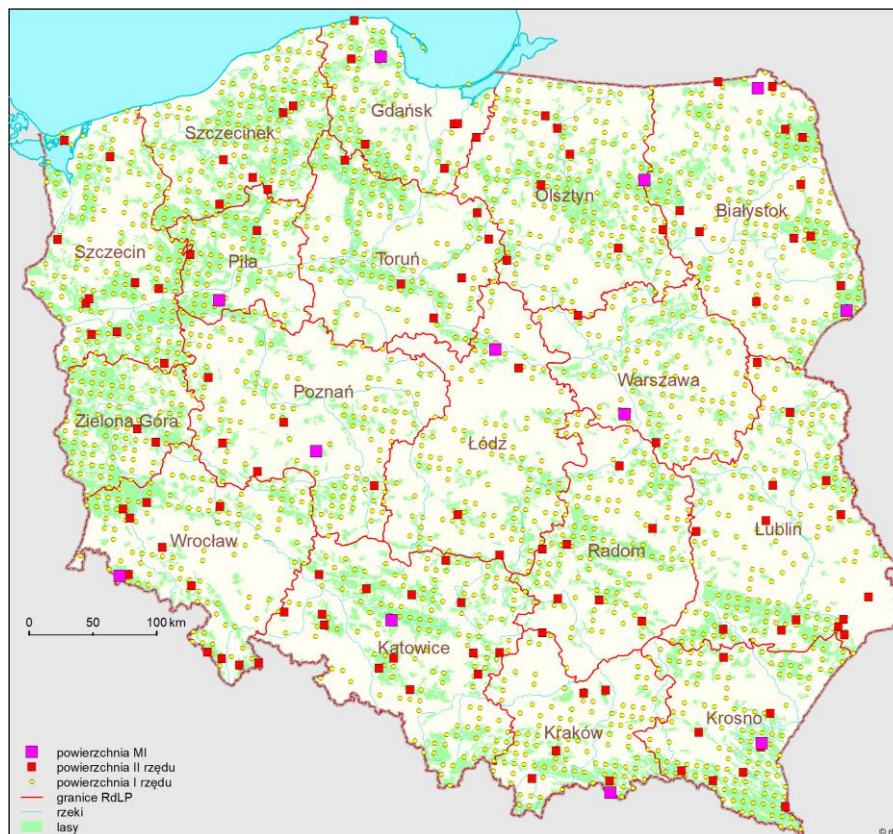
Tabela 3.16. Udział procentowy drzew w klasach defoliacji 0 (do 10% def.), 1 (11-25% def.) i 2-4 (> 25% def. i drzewa martwe) oraz średnia defoliacja [%] wg gatunków w układzie krain, w kolejności malejących wartości średniej defoliacji w kolumnie "Gatunki razem" – wiek > 20 lat, wszystkie formy własności – 2022 r.

Kraina	Kl.def., śr.def.	Sosna	Świerk	Jodła	Inne iglaste	Iglaste razem	Buk	Dąb	Brzoza	Olsza	Inne liśc.	Liśc. razem	Gat. razem
Mazowiecko- Podlaska	0	4,6	2,6	-	26,7	4,7	100,0	0,5	4,8	16,8	21,8	9,2	6,5
	1	73,7	69,2	-	63,3	73,6	0,0	67,8	71,6	72,9	59,8	69,8	72,2
	2-4	21,7	28,2	-	10,0	21,7	0,0	31,8	23,7	10,3	18,4	20,9	21,4
	śr.def.	24,5	25,9	-	16,8	24,5	10,0	25,5	24,3	19,5	22,9	23,0	23,9
Małopolska	0	11,0	0,0	23,8	12,4	11,4	51,1	9,4	12,1	14,0	30,3	18,1	14,0
	1	72,5	41,9	58,6	74,2	71,4	44,2	65,2	73,3	73,0	54,6	64,8	68,9
	2-4	16,5	58,1	17,6	13,4	17,2	4,7	25,4	14,6	13,0	15,0	17,0	17,1
	śr.def.	21,9	36,2	20,6	20,6	22,1	14,5	23,6	21,4	20,8	19,7	21,1	21,7
Mazursko- Podlaska	0	3,0	1,8	-	11,1	2,8	35,7	1,7	10,5	24,2	33,8	19,1	9,7
	1	85,1	88,5	-	83,3	85,6	64,3	88,0	75,2	69,3	57,1	71,3	79,6
	2-4	11,9	9,8	-	5,6	11,5	0,0	10,4	14,2	6,6	9,1	9,6	10,7
	śr.def.	22,7	22,7	-	20,3	22,7	13,9	22,2	22,3	18,3	18,8	20,0	21,5
Śląska	0	20,2	28,4	-	14,1	20,3	13,9	4,7	11,8	19,4	16,9	11,3	16,1
	1	72,0	48,1	-	67,9	70,6	76,4	55,8	67,1	71,8	57,1	61,8	66,5
	2-4	7,8	23,5	-	17,9	9,1	9,7	39,5	21,0	8,8	25,9	26,9	17,3
	śr.def.	18,6	20,2	-	22,2	18,9	19,9	26,8	23,4	18,3	24,7	24,1	21,3
Bałtycka	0	9,4	13,4	0,0	23,1	10,2	24,8	5,5	10,9	25,7	30,0	17,4	13,7
	1	82,6	54,2	100,0	64,5	79,9	50,9	67,4	68,0	53,5	46,9	59,5	70,0
	2-4	8,0	32,4	0,0	12,4	9,9	24,2	27,0	21,1	20,7	23,1	23,1	16,3
	śr.def.	19,8	24,9	18,8	19,0	20,2	21,2	23,9	22,4	21,2	23,0	22,3	21,2
Sudecka	0	18,8	5,1	0,0	7,3	5,7	48,8	8,1	26,1	15,0	27,5	23,6	14,3
	1	81,3	75,3	85,7	80,5	76,2	48,8	83,8	69,6	85,0	61,3	68,7	72,6
	2-4	0,0	19,6	14,3	12,2	18,1	2,3	8,1	4,3	0,0	11,3	7,7	13,1
	śr.def.	18,4	23,5	20,7	20,6	23,0	13,1	19,5	17,8	15,5	18,7	18,0	20,6
Wielkopolsko- Pomorska	0	16,6	21,3	-	7,5	16,6	32,9	8,7	21,5	43,5	26,4	24,0	18,3
	1	72,7	63,0	-	64,5	72,4	53,3	65,1	64,3	51,0	54,8	59,4	69,5
	2-4	10,7	15,7	-	28,0	11,0	13,8	26,3	14,2	5,4	18,7	16,5	12,3
	śr.def.	19,6	20,0	-	24,7	19,7	18,2	24,6	20,5	15,2	20,0	20,3	19,8
Karpacka	0	15,4	7,1	26,5	17,7	18,9	39,5	7,9	1,7	7,1	29,7	28,7	23,6
	1	73,6	47,5	65,4	61,9	63,1	56,3	69,0	80,2	66,4	60,6	61,2	62,1
	2-4	11,0	45,4	8,2	20,4	18,0	4,2	23,0	18,2	26,5	9,7	10,1	14,2
	śr.def.	19,5	28,7	17,6	21,7	20,8	15,2	21,5	24,0	26,7	18,1	18,1	19,5
Kraj	0	11,6	7,8	25,7	15,4	12,0	35,2	6,3	11,3	23,7	27,8	18,4	14,4
	1	75,1	64,9	64,4	67,7	73,8	53,5	66,7	70,6	65,0	56,6	64,0	70,1
	2-4	13,3	27,3	9,9	16,9	14,2	11,3	27,0	18,2	11,2	15,6	17,6	15,5
	śr.def.	21,1	25,0	18,2	21,2	21,3	17,3	24,2	22,4	19,2	20,3	21,2	21,2

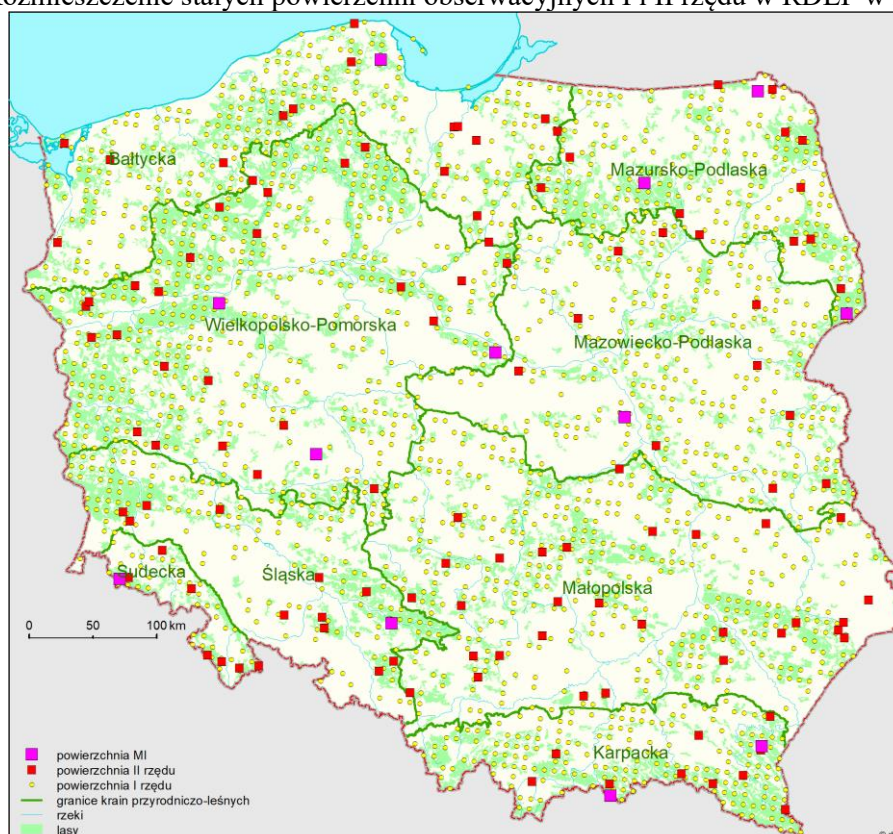
Tabela 3.17. Udział procentowy drzew w klasach defoliacji 0 (do 10% def.), 1 (11-25% def.) i 2-4 (> 25% def. i drzewa martwe) oraz średnia defoliacja [%] wg gatunków w parkach narodowych, w kolejności malejących wartości średniej defoliacji w kolumnie "Gatunki razem" – wiek > 20 lat – 2022 r.

Park Narodowy	Kl.def., śr.def.	Sosna	Świerk	Jodła	Inne iglaste	Iglaste razem	Buk	Dąb	Brzoza	Olsza	Inne liśc.	Liśc. razem	Gat. razem
Tatrzański 3 pow.	0	-	0,0	9,1	-	3,3	-	-	-	-	-	-	3,3
	1	-	26,3	13,6	-	21,7	-	-	-	-	-	-	21,7
	2-4	-	73,7	77,3	-	75,0	-	-	-	-	-	-	75,0
	śr.def.	-	32,1	38,4	-	34,4	-	-	-	-	-	-	34,4
Woliński 2 pow.	0	0,0	-	-	-	0,0	0,0	0,0	-	-	-	0,0	0,0
	1	37,0	-	-	-	37,0	0,0	75,0	-	-	-	69,2	47,5
	2-4	63,0	-	-	-	63,0	100,0	25,0	-	-	-	30,8	52,5
	śr.def.	34,4	-	-	-	34,4	30,0	26,7	-	-	-	26,9	32,0
Babiogórski 1 pow.	0	-	0,0	-	-	0,0	-	-	-	-	-	-	0,0
	1	-	65,0	-	-	65,0	-	-	-	-	-	-	65,0
	2-4	-	35,0	-	-	35,0	-	-	-	-	-	-	35,0
	śr.def.	-	31,8	-	-	31,8	-	-	-	-	-	-	31,8
Gór Stołowych 1 pow.	0	-	0,0	-	-	0,0	-	-	-	-	-	-	0,0
	1	-	70,0	-	-	70,0	-	-	-	-	-	-	70,0
	2-4	-	30,0	-	-	30,0	-	-	-	-	-	-	30,0
	śr.def.	-	29,5	-	-	29,5	-	-	-	-	-	-	29,5
Biebrzański 6 pow.	0	0,0	0,0	-	-	0,0	-	-	2,1	45,5	-	20,0	13,3
	1	94,7	95,2	-	-	95,0	-	-	46,8	42,4	-	45,0	61,7
	2-4	5,3	4,8	-	-	5,0	-	-	51,1	12,1	-	35,0	25,0
	śr.def.	20,8	25,5	-	-	23,3	-	-	38,2	22,4	-	31,7	28,9
Kampinoski 4 pow.	0	3,2	-	-	-	3,2	-	-	0,0	-	-	0,0	2,5
	1	69,4	-	-	-	69,4	-	-	50,0	-	-	50,0	65,0
	2-4	27,4	-	-	-	27,4	-	-	50,0	-	-	50,0	32,5
	śr.def.	25,9	-	-	-	25,9	-	-	33,1	-	-	33,1	27,5
Wigierski 1 pow.	0	0,0	0,0	-	-	0,0	-	-	-	-	-	-	0,0
	1	58,8	100,0	-	-	65,0	-	-	-	-	-	-	65,0
	2-4	41,2	0,0	-	-	35,0	-	-	-	-	-	-	35,0
	śr.def.	27,9	20,0	-	-	26,8	-	-	-	-	-	-	26,8
Słowiński 1 pow.	0	-	-	-	-	-	-	-	0,0	0,0	-	0,0	0,0
	1	-	-	-	-	-	-	-	71,4	83,3	-	75,0	75,0
	2-4	-	-	-	-	-	-	-	28,6	16,7	-	25,0	25,0
	śr.def.	-	-	-	-	-	-	-	26,1	23,3	-	25,3	25,3
Drawieński 1 pow.	0	5,0	-	-	-	5,0	-	-	-	-	-	-	5,0
	1	75,0	-	-	-	75,0	-	-	-	-	-	-	75,0
	2-4	20,0	-	-	-	20,0	-	-	-	-	-	-	20,0
	śr.def.	23,3	-	-	-	23,3	-	-	-	-	-	-	23,3
Roztoczański 1 pow.	0	0,0	-	0,0	-	0,0	-	-	-	-	-	-	0,0
	1	88,9	-	81,8	-	85,0	-	-	-	-	-	-	85,0
	2-4	11,1	-	18,2	-	15,0	-	-	-	-	-	-	15,0
	śr.def.	23,3	-	22,7	-	23,0	-	-	-	-	-	-	23,0
Karkonoski 1 pow.	-	-	5,0	-	-	5,0	-	-	-	-	-	-	5,0
	-	-	80,0	-	-	80,0	-	-	-	-	-	-	80,0
	-	-	15,0	-	-	15,0	-	-	-	-	-	-	15,0
	-	-	21,5	-	-	21,5	-	-	-	-	-	-	21,5
Poleski 1 pow.	0	-	-	-	-	-	-	-	0,0	0,0	-	0,0	0,0
	1	-	-	-	-	-	-	-	100,0	84,6	-	90,0	90,0
	2-4	-	-	-	-	-	-	-	0,0	15,4	-	10,0	10,0
	śr.def.	-	-	-	-	-	-	-	18,6	22,3	-	21,0	21,0
Magurski 3 pow.	0	0,0	-	25,0	5,9	12,1	47,4	-	-	0,0	0,0	33,3	21,7
	1	50,0	-	75,0	58,8	63,6	52,6	-	-	100,0	80,0	63,0	63,3

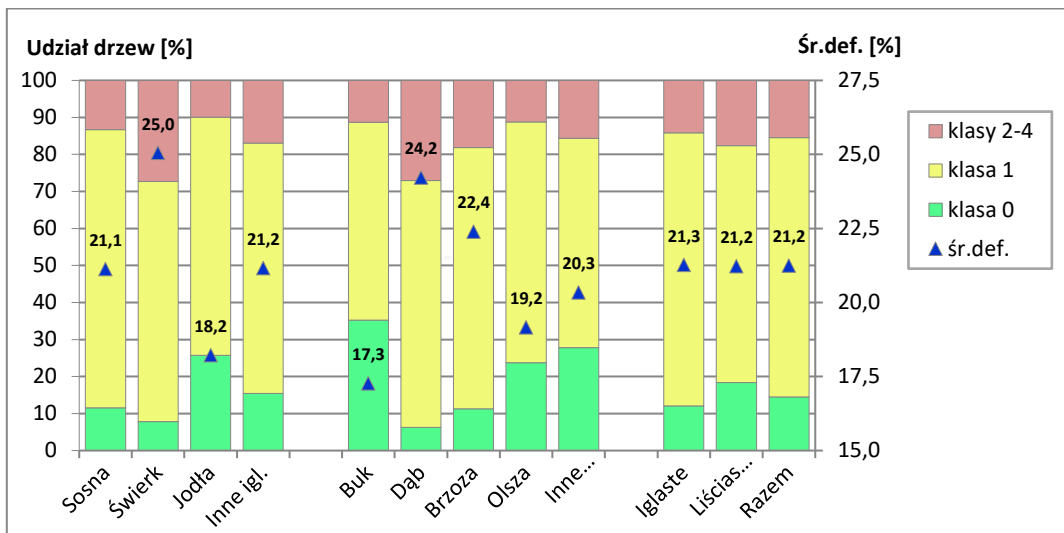
Park Narodowy	Kl.def., śr.def.	Sosna	Świerk	Jodła	Inne iglaste	Iglaste razem	Buk	Dąb	Brzoza	Olsza	Inne liśc.	Liśc. razem	Gat. razem
	2-4	50,0	-	0,0	35,3	24,2	0,0	-	-	0,0	20,0	3,7	15,0
	śr.def.	37,5	-	16,3	28,2	25,0	12,6	-	-	16,7	24,0	15,2	20,6
Gorczański 1 pow.	0	-	0,0	0,0	-	0,0	38,5	-	-	-	-	38,5	25,0
	1	-	33,3	0,0	-	28,6	61,5	-	-	-	-	61,5	50,0
	2-4	-	66,7	100,0	-	71,4	0,0	-	-	-	-	0,0	25,0
	śr.def.	-	27,5	35,0	-	28,6	13,8	-	-	-	-	13,8	19,0
Białowieski 1 pow.	0	-	-	-	-	-	-	-	-	15,0	-	15,0	15,0
	1	-	-	-	-	-	-	-	-	85,0	-	85,0	85,0
	2-4	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0	-	0,0	0,0
	śr.def.	-	-	-	-	-	-	-	-	18,3	-	18,3	18,3
Bieszczadzki 6 pow.	0	-	0,0	0,0	-	0,0	26,9	-	0,0	-	6,3	22,8	21,7
	1	-	100,0	100,0	-	100,0	68,8	-	80,0	-	87,5	71,9	73,3
	2-4	-	0,0	0,0	-	0,0	4,3	-	20,0	-	6,3	5,3	5,0
	śr.def.	-	15,0	17,0	-	16,7	16,6	-	24,0	-	21,9	17,6	17,6
Ojcowski 1 pow.	0	50,0	0,0	-	-	22,2	63,6	-	-	-	-	63,6	45,0
	1	25,0	20,0	-	-	22,2	36,4	-	-	-	-	36,4	30,0
	2-4	25,0	80,0	-	-	55,6	0,0	-	-	-	-	0,0	25,0
	śr.def.	16,3	30,0	-	-	23,9	12,3	-	-	-	-	12,3	17,5
Wielkopolski 2 pow.	0	80,0	-	-	-	80,0	-	-	-	55,6	72,7	65,0	72,5
	1	15,0	-	-	-	15,0	-	-	-	44,4	9,1	25,0	20,0
	2-4	5,0	-	-	-	5,0	-	-	-	0,0	18,2	10,0	7,5
	śr.def.	13,5	-	-	-	13,5	-	-	-	12,2	17,7	15,3	14,4
Świętokrzyski 1 pow.	0	-	-	-	100,0	100,0	63,2	-	-	-	-	63,2	65,0
	1	-	-	-	0,0	0,0	36,8	-	-	-	-	36,8	35,0
	2-4	-	-	-	0,0	0,0	0,0	-	-	-	-	0,0	0,0
	śr.def.	-	-	-	0,0	0,0	13,4	-	-	-	-	13,4	12,8
Parki razem 38 pow.	0	11,5	0,7	9,8	11,1	7,5	37,2	0,0	1,1	27,4	28,1	24,3	15,8
	1	60,4	59,7	51,0	55,6	58,7	59,6	75,0	57,1	64,3	59,4	60,5	59,6
	2-4	28,0	39,6	39,2	33,3	33,8	3,2	25,0	41,8	8,3	12,5	15,2	24,6
	śr.def.	25,1	28,4	27,6	26,7	26,6	15,3	26,7	33,0	20,2	20,8	21,5	24,1



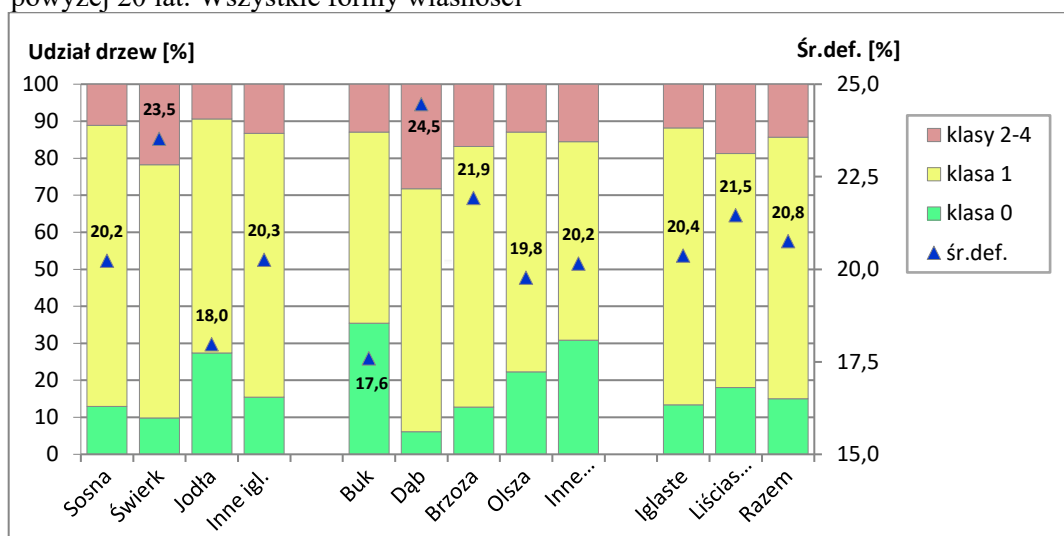
Rycina 3.1. Rozmieszczenie stałych powierzchni obserwacyjnych I i II rzędu w RDLP w 2022 r.



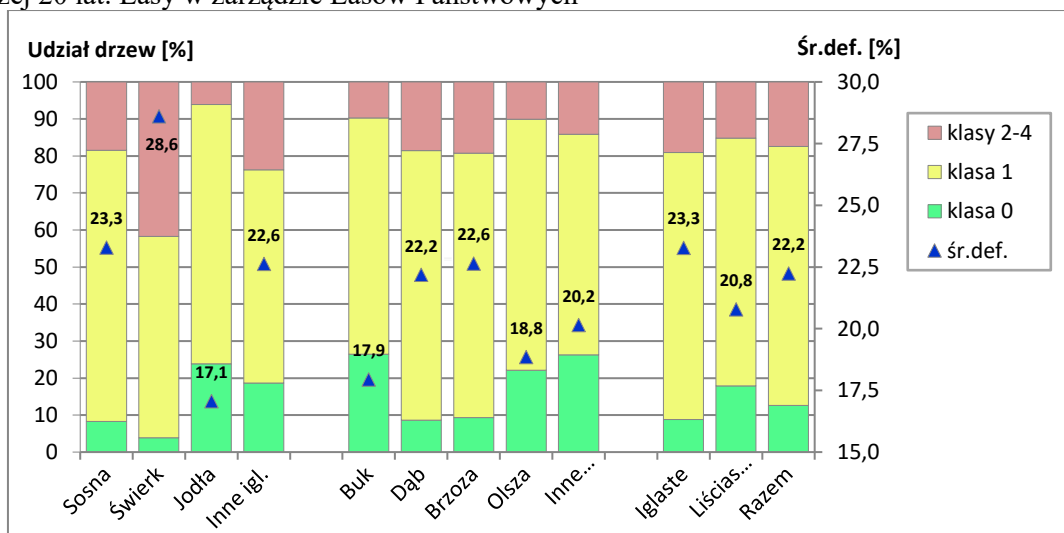
Rycina 3.2. Rozmieszczenie stałych powierzchni obserwacyjnych I i II rzędu w krainach przyrodniczo-leśnych w 2022 r.



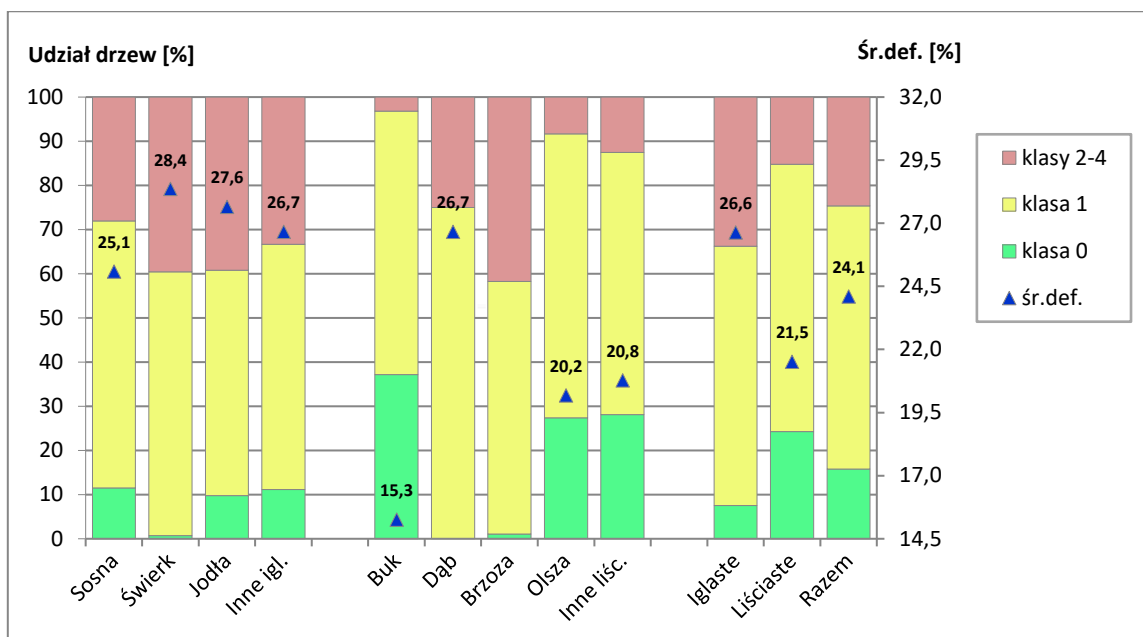
Rycina 3.3. Udział drzew [%] monitorowanych gatunków w klasach defoliacji oraz średnia defoliacja [%] w 2022 r. Wiek drzew powyżej 20 lat. Wszystkie formy własności



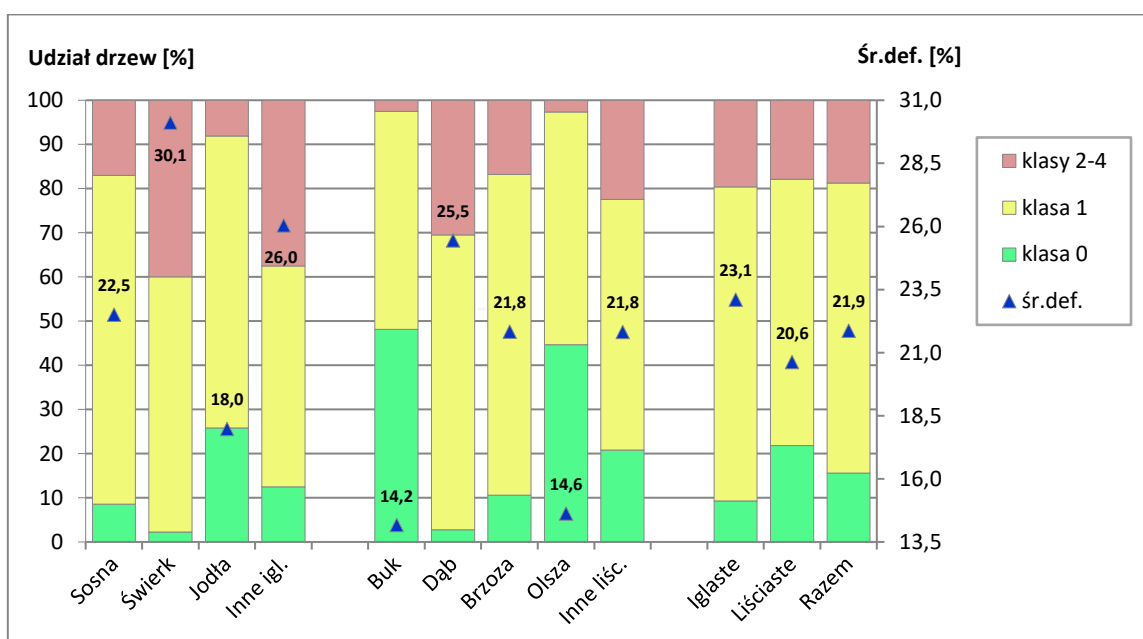
Rycina 3.4. Udział drzew [%] monitorowanych gatunków w klasach defoliacji oraz średnia defoliacja [%] w 2022 r. Wiek powyżej 20 lat. Lasy w zarządzie Lasów Państwowych



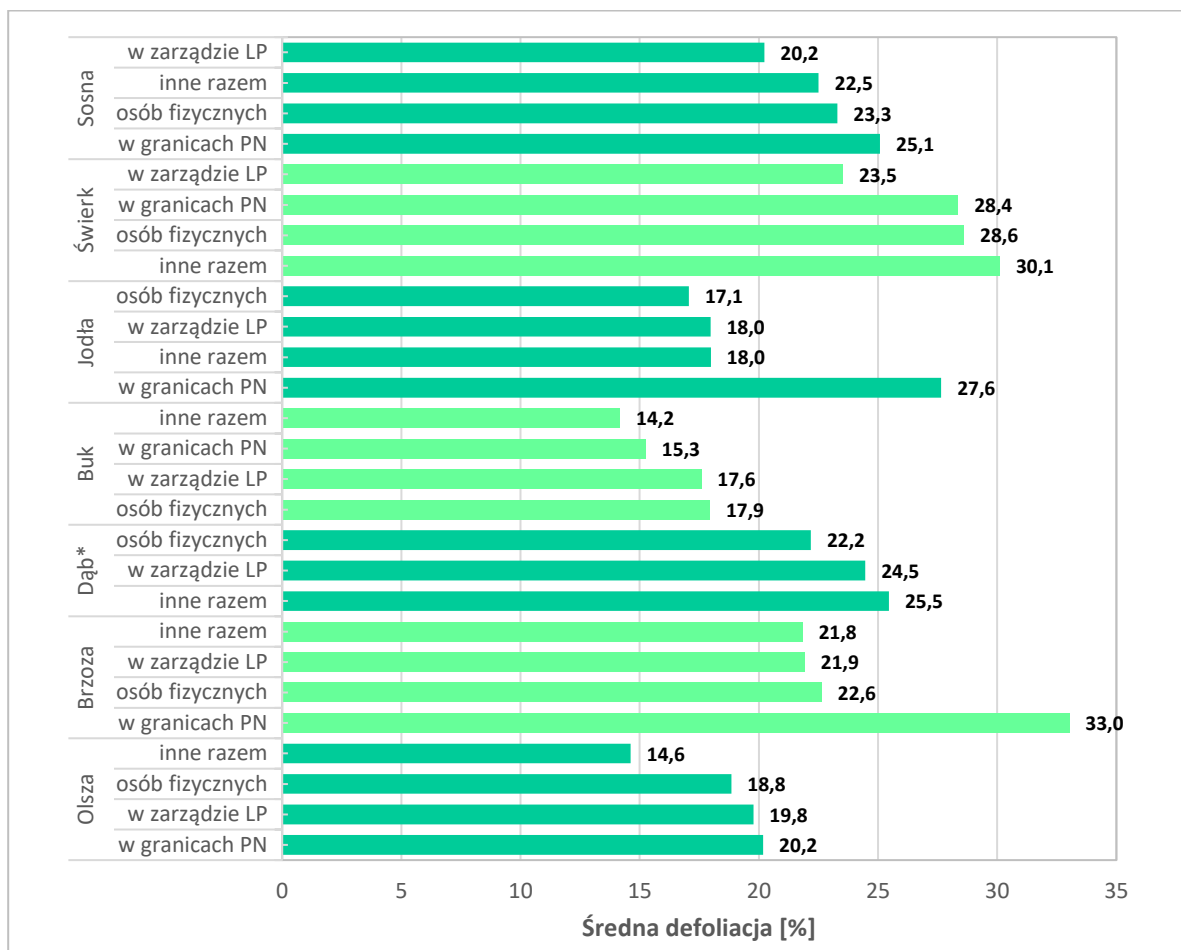
Rycina 3.5. Udział drzew [%] monitorowanych gatunków w klasach defoliacji oraz średnia defoliacja [%] w 2022 r. Wiek powyżej 20 lat. Lasy będące własnością osób fizycznych



Rycina 3.6. Udział drzew [%] monitorowanych gatunków w klasach defoliacji oraz średnia defoliacja [%] w 2022 r. Wiek powyżej 20 lat. Lasy w granicach parków narodowych

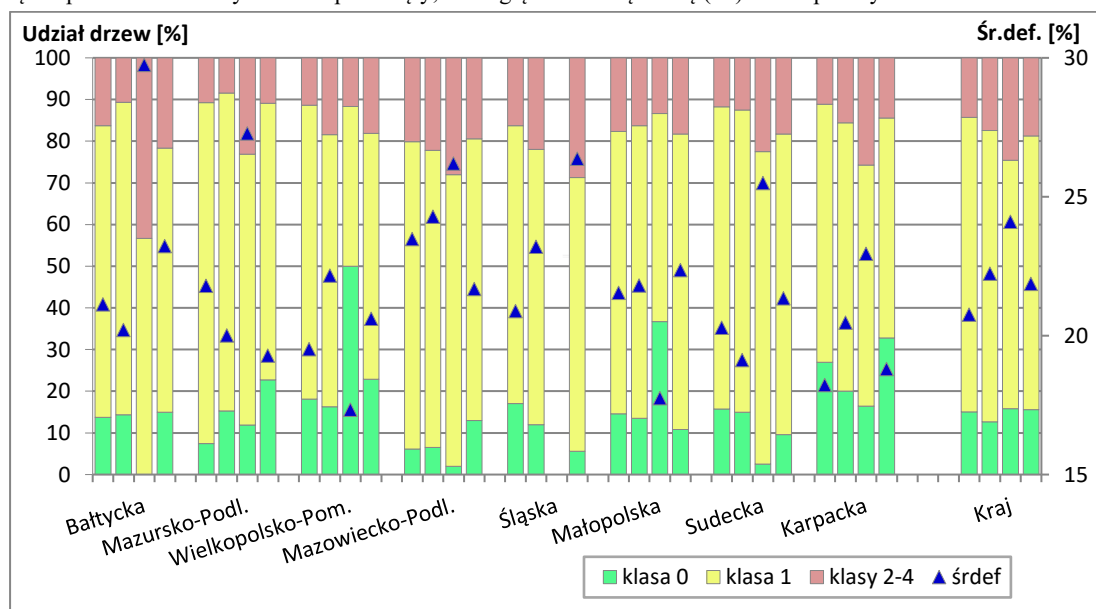


Rycina 3.7. Udział drzew [%] monitorowanych gatunków w klasach defoliacji oraz średnia defoliacja [%] w 2022 r. Wiek powyżej 20 lat. Lasy pozostałych form własności

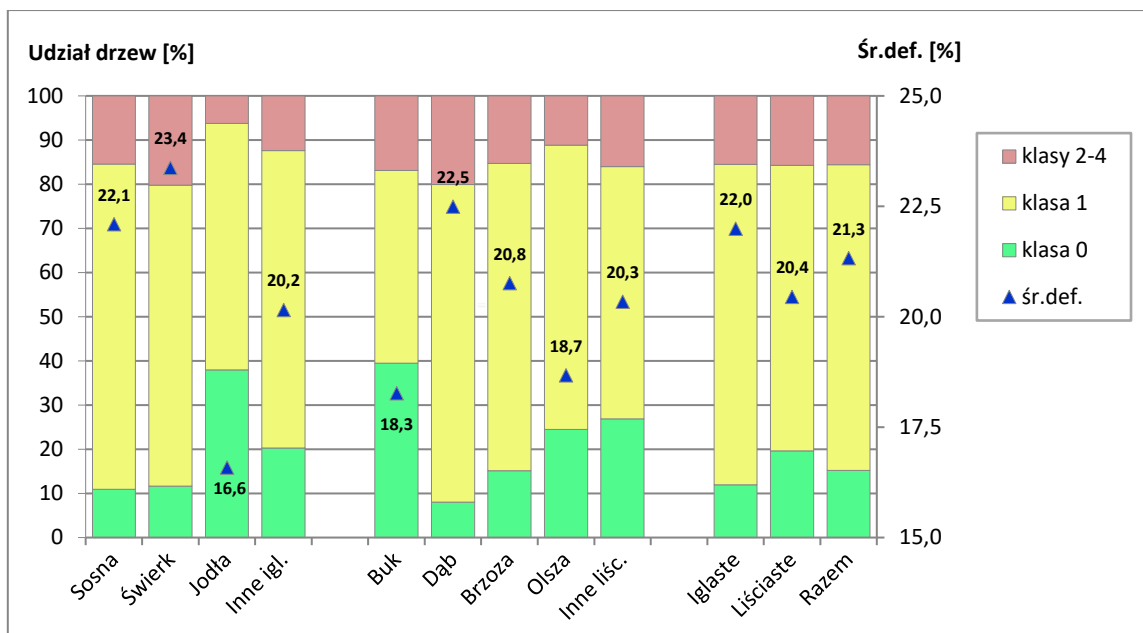


Rycina 3.8. Średnie wartości defoliacji wg grup gatunków w układzie form własności (LP – lasy w zarządzie Lasów Państwowych, PN – lasy w granicach parków narodowych) – 2022 r.

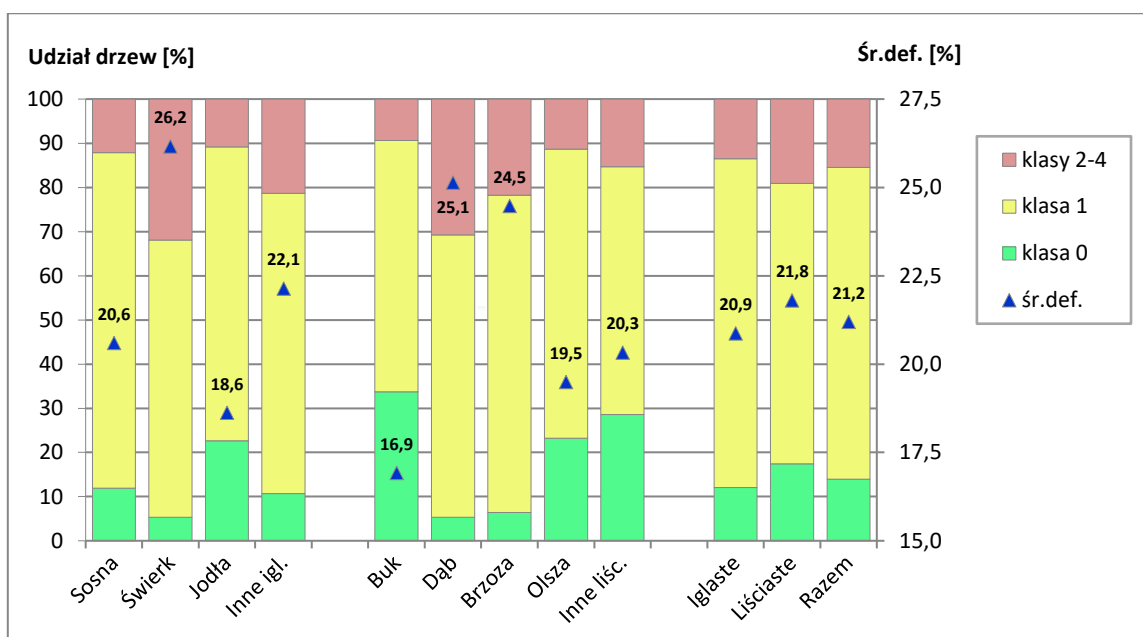
*Dąb w parkach narodowych został pominięty, ze względu na małą liczbę (12) drzew próbnych.



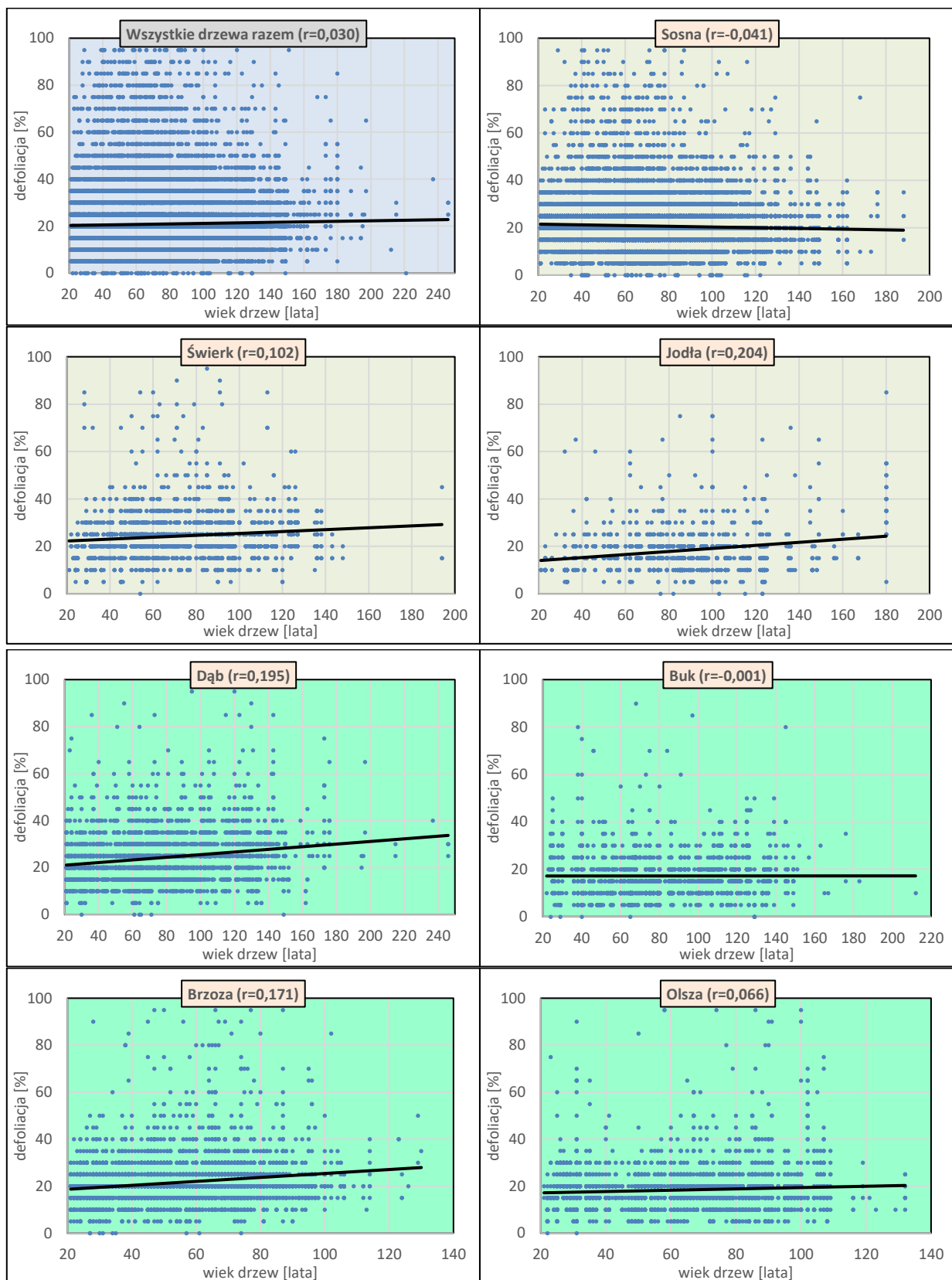
Rycina 3.9. Udział drzew [%] (gatunki razem) w klasach defoliacji oraz średnia defoliacja [%] w układzie krain przyrodniczo-leśnych i form własności lasów – słupki od lewej: lasy w zarządzie Lasów Państwowych, lasy będące własnością osób fizycznych, lasy w granicach parków narodowych, inne formy własności razem – 2022 r. (parki narodowe w Krainie Sudeckiej – wyniki z próby 20 drzew)



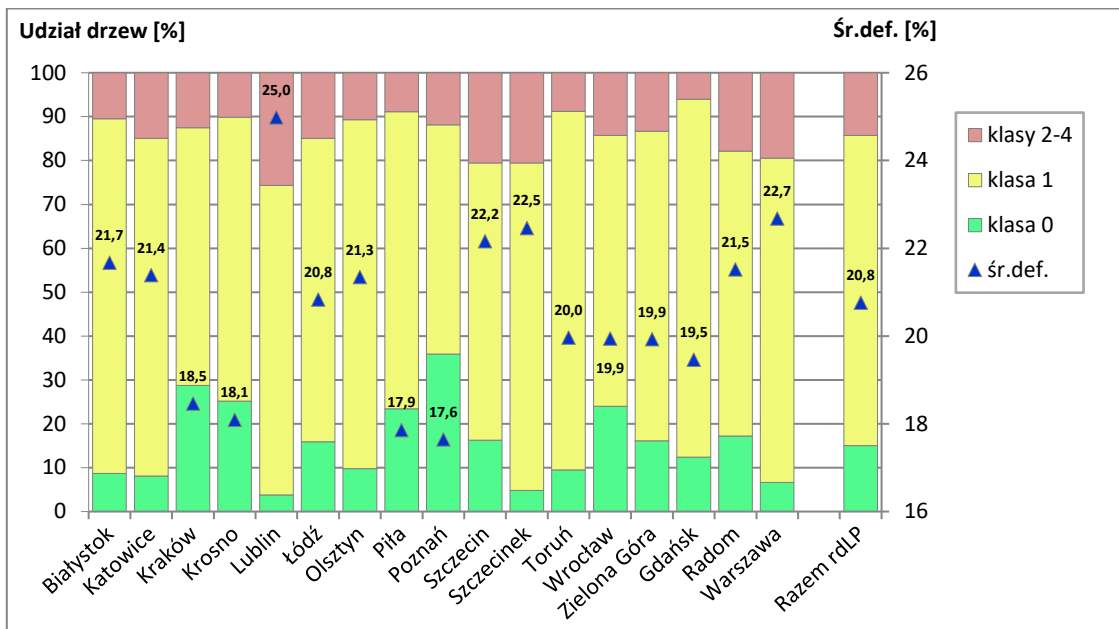
Rycina 3.10. Udział drzew [%] monitorowanych gatunków w klasach defoliacji oraz średnia defoliacja [%] w 2022 r. Wiek od 21 do 60 lat. Wszystkie formy własności



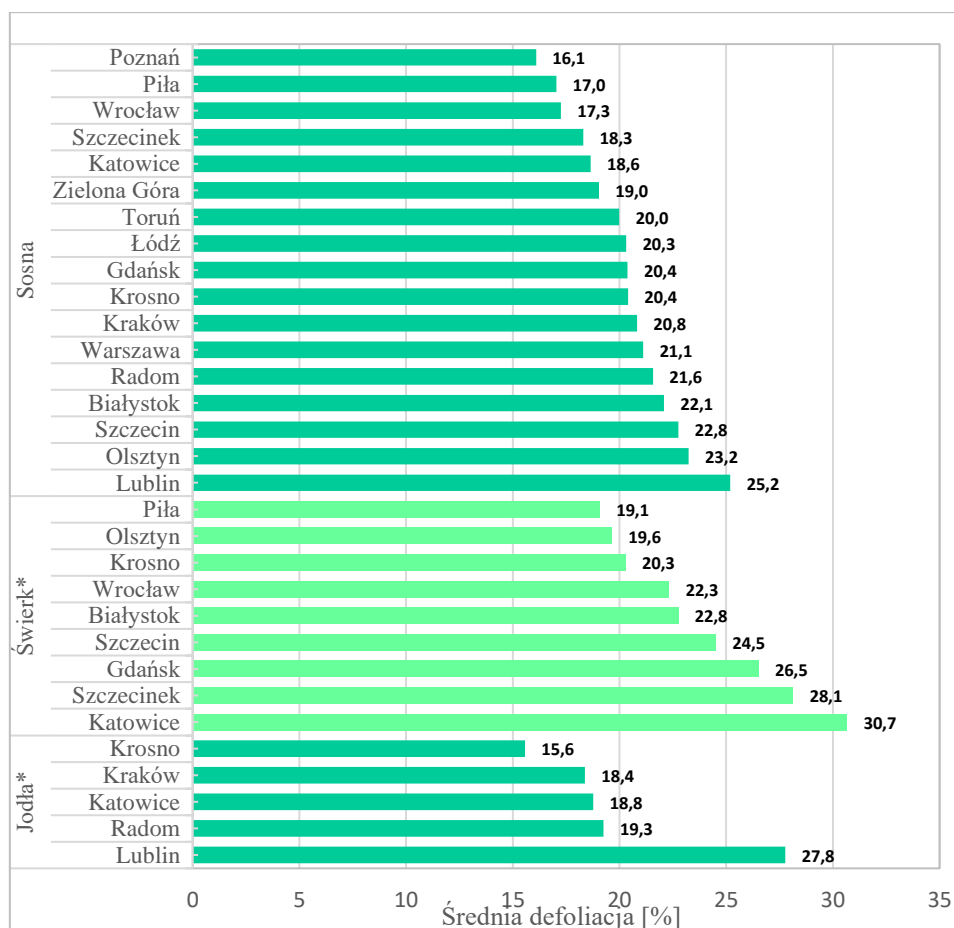
Rycina 3.11. Udział drzew [%] monitorowanych gatunków w klasach defoliacji oraz średnia defoliacja [%] w 2022 r. Wiek powyżej 60 lat. Wszystkie formy własności



Rycina 3.12. Defoliacja sosny, świerka, jodły, dębu, buka, brzozy, olszy i wszystkich drzew łącznie w zależności od wieku w 2022 r.

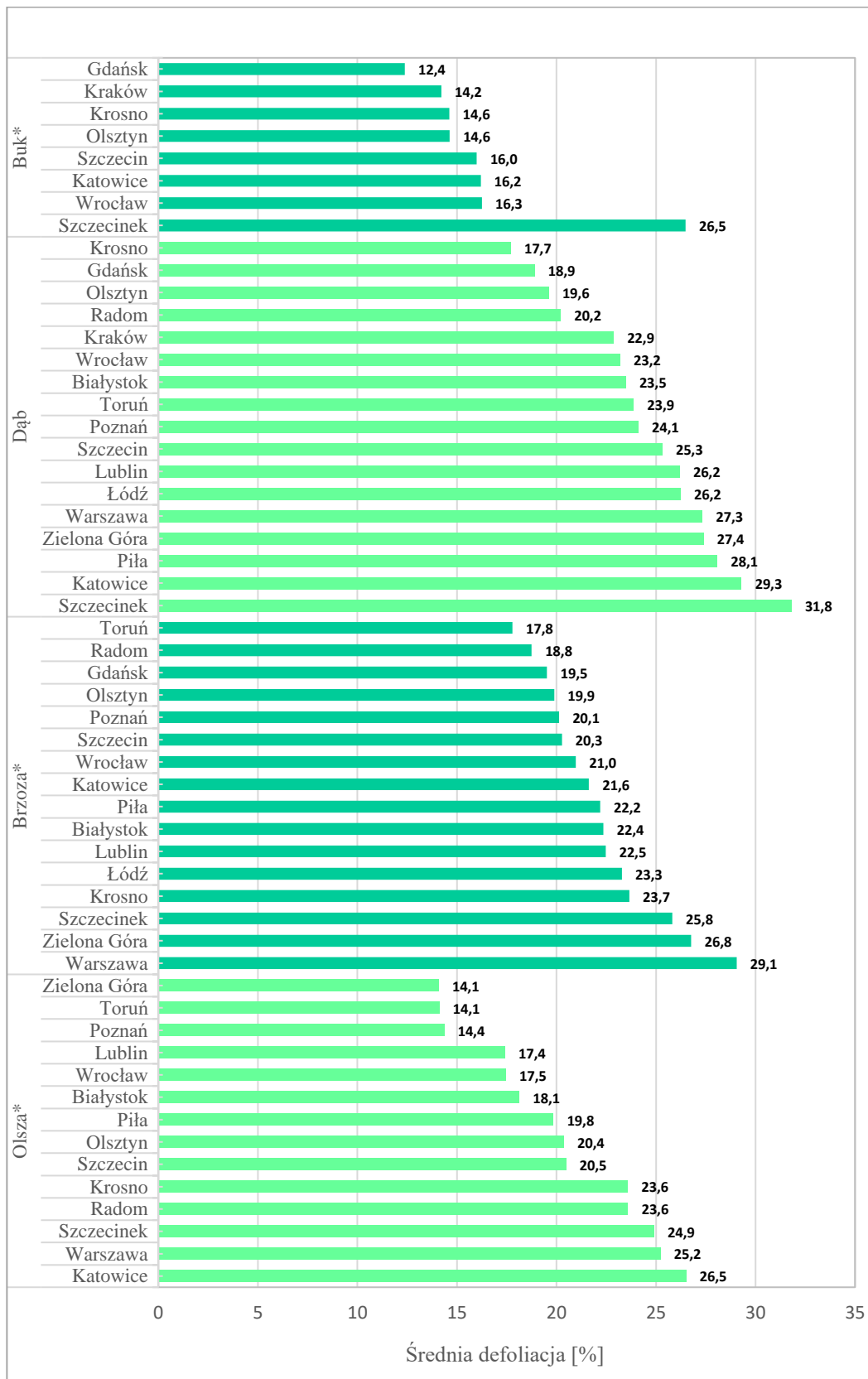


Rycina 3.13. Udział drzew [%] monitorowanych gatunków łącznie w klasach defoliacji oraz śr. defoliacja [%] w układzie regionalnych dyrekcji Lasów Państwowych (lasy w zarządzie LP) w 2022 r.



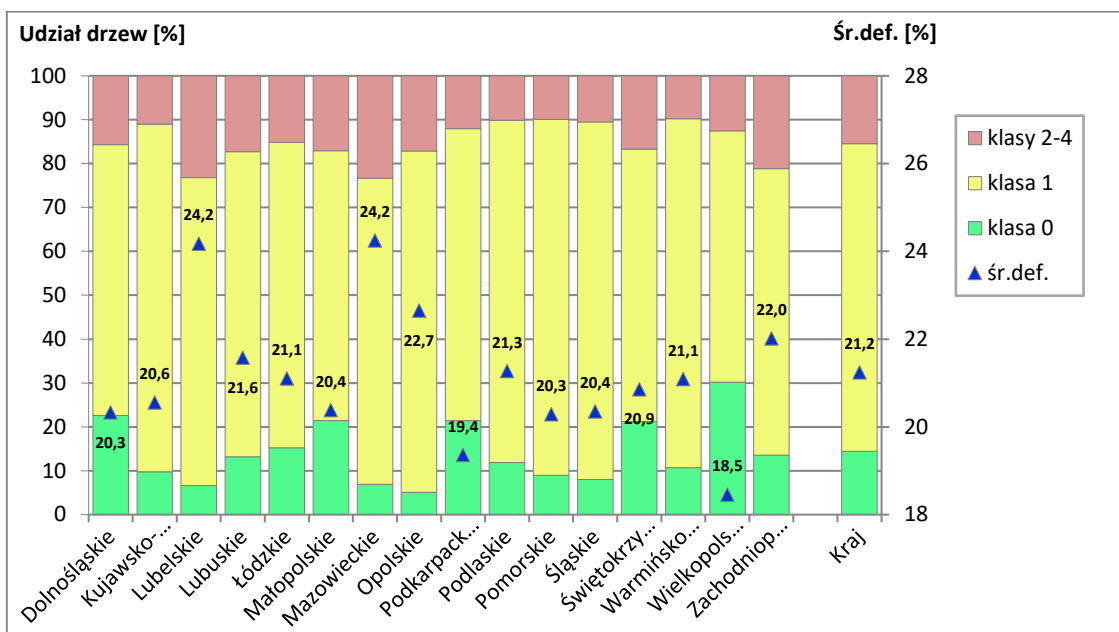
Rycina 3.14. Średnie wartości defoliacji [%] gatunków iglastych w regionalnych dyrekcjach Lasów Państwowych (lasy w zarządzie Lasów Państwowych) – 2022 r.

*Świerk w siedmiu rdLP oraz jodła w trzech rdLP zostały pominięte ze względu na małą liczbę drzew próbnych, poniżej 30 sztuk. Ponadto świerk w jednej rdLP oraz jodła w dziewięciu rdLP nie występują na powierzchniach monitoringowych.

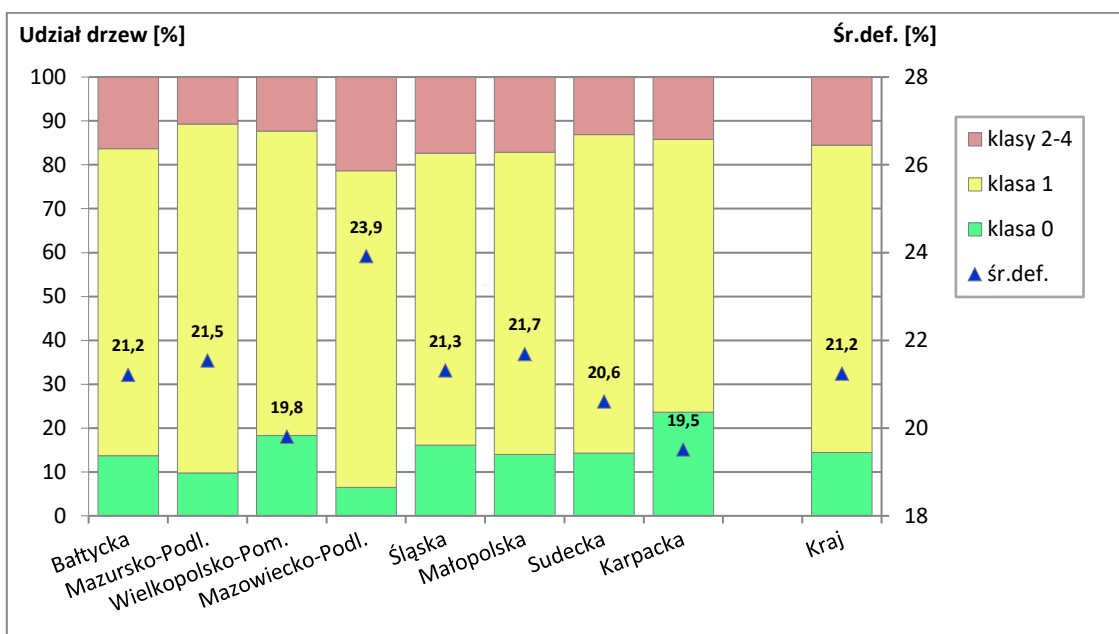


Rycina 3.15. Średnie wartości defoliacji [%] gatunków liściastych w regionalnych dyrekcjach Lasów Państwowych (lasos w zarządziu Lasów Państwowych) – 2022 r.

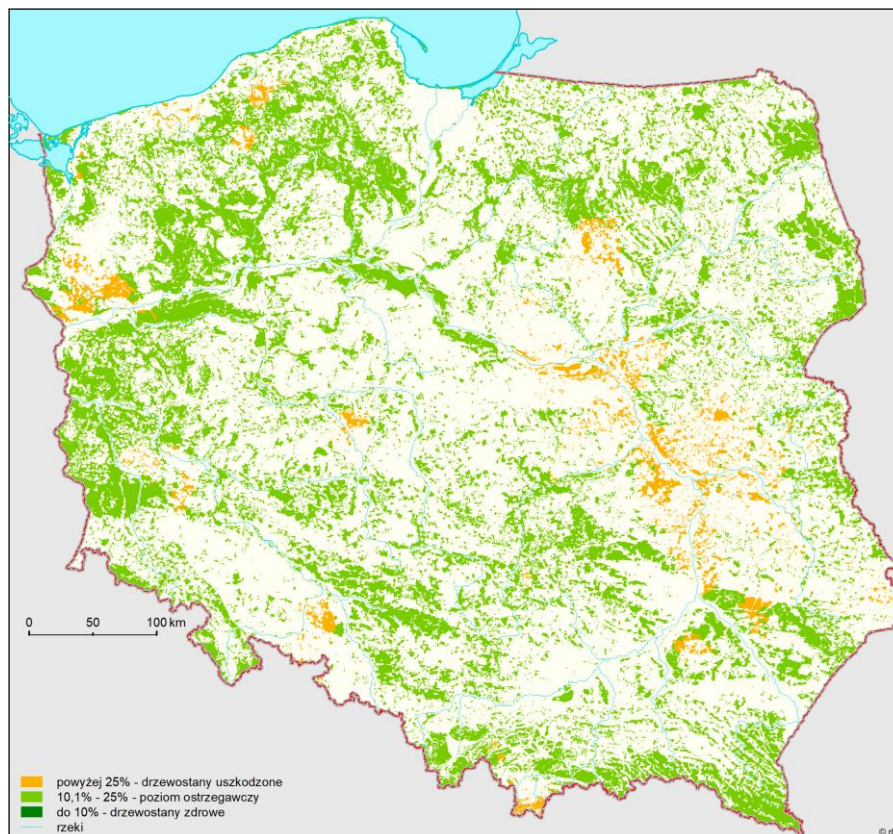
*Buk w siedmiu rdLP, olsza – w trzech rdLP oraz brzoza – w jednej RDLP zostały pominięte ze względu na małą liczbę drzew próbnych, poniżej 30 sztuk. Ponadto buk w dwóch rdLP nie występuje na powierzchniach monitoringowych.



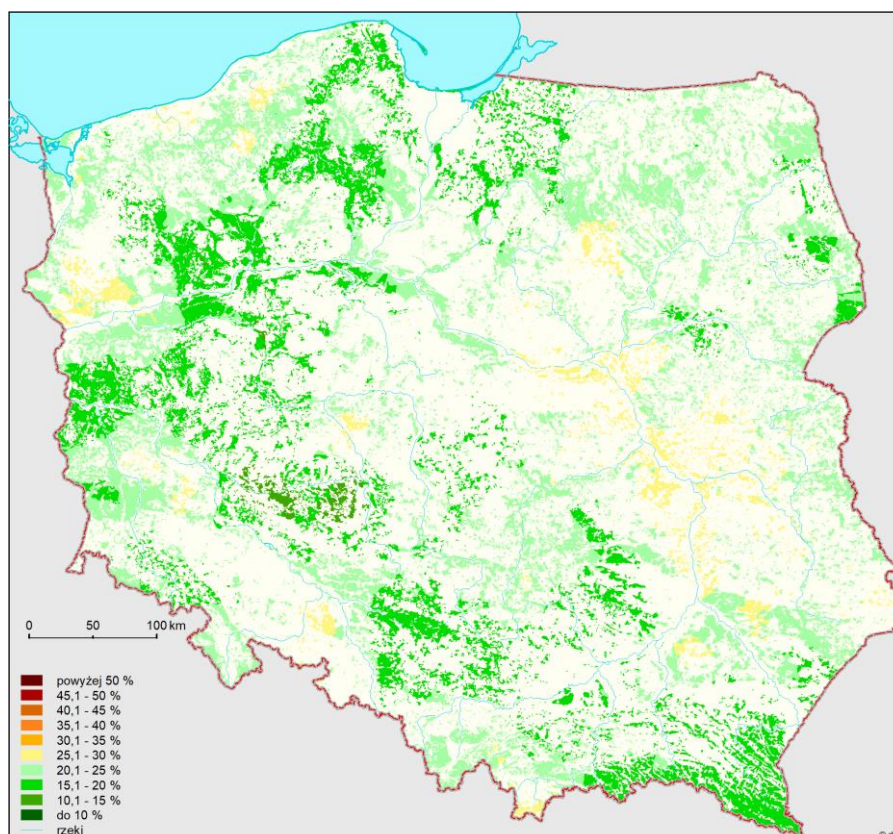
Rycina 3.16. Udział drzew [%] monitorowanych gatunków łącznie w klasach defoliacji oraz średnia defoliacja [%] w układzie województw w 2022 r.



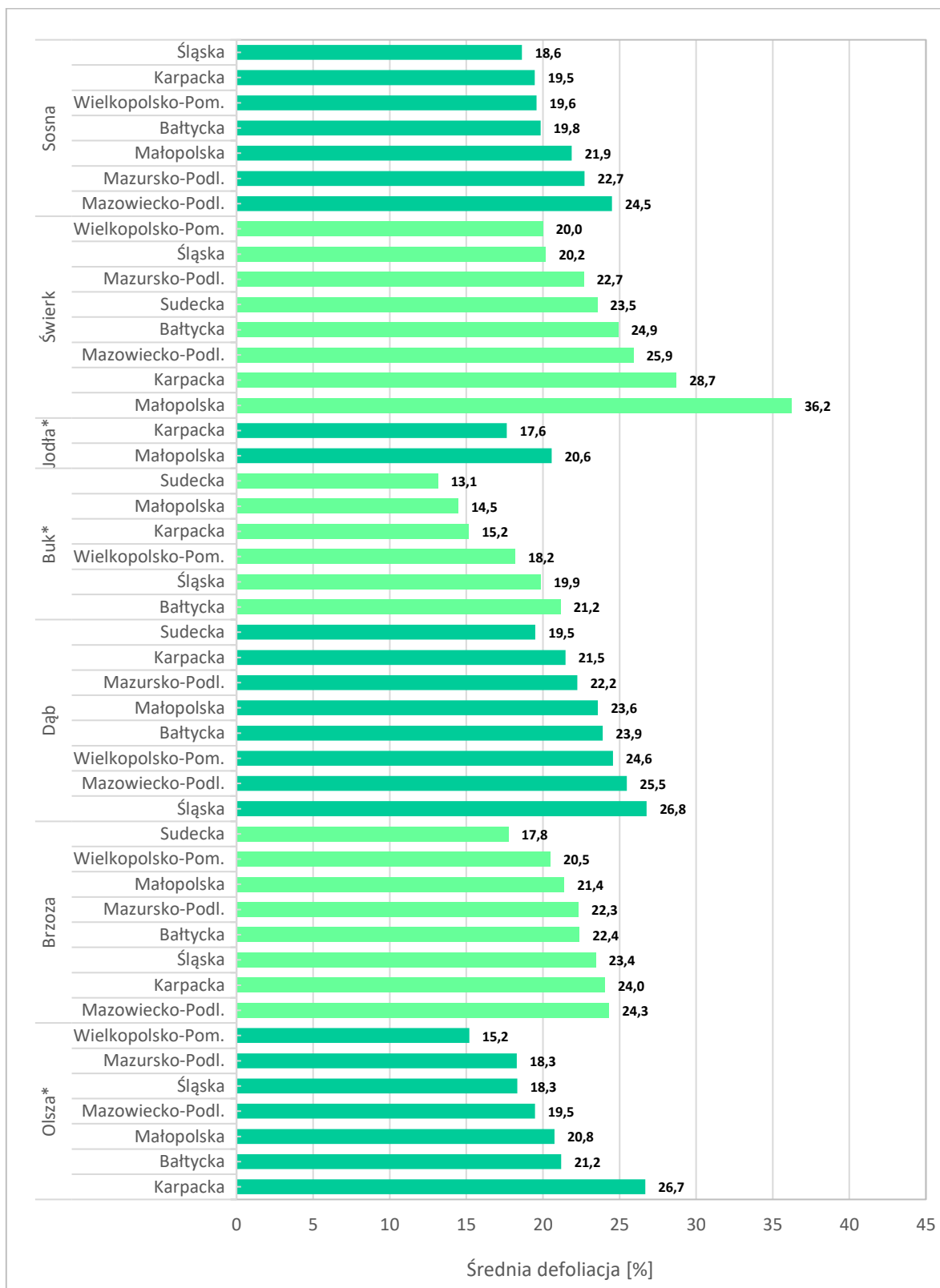
Rycina 3.17. Udział drzew [%] monitorowanych gatunków łącznie w klasach defoliacji oraz średnia defoliacja [%] w układzie krain przyrodniczo-leśnych w 2022 r.



Rycina 3.18. Defoliacja drzew na stałych powierzchniach obserwacyjnych z wyróżnieniem 3 klas defoliacji w 2022 r.

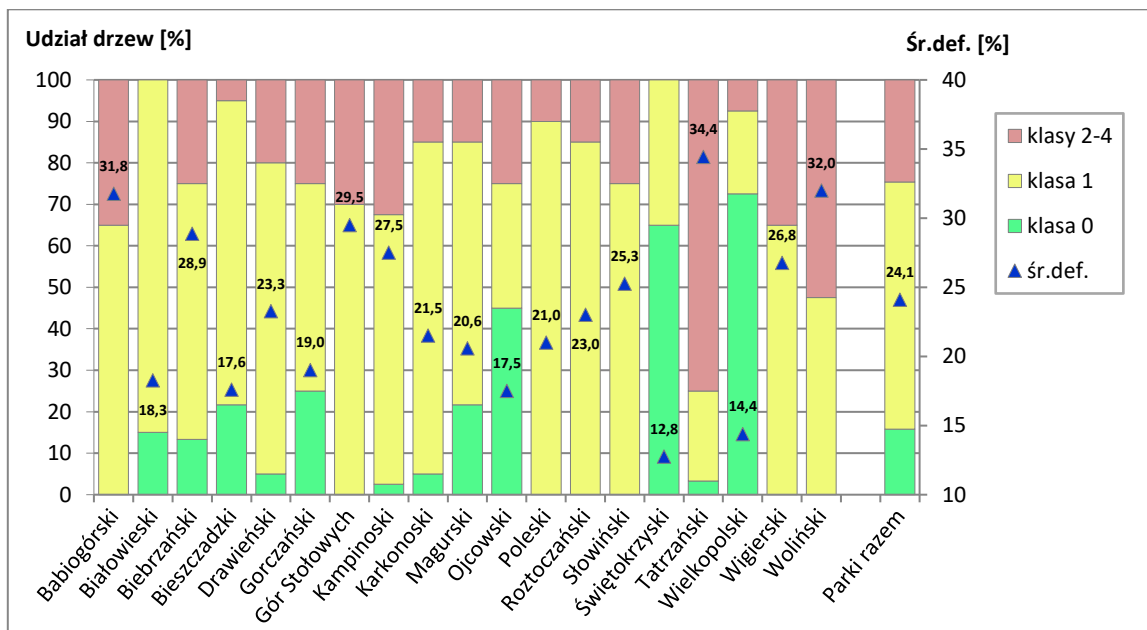


Rycina 3.19. Defoliacja drzew na stałych powierzchniach obserwacyjnych z wyróżnieniem 5% przedziałów defoliacji w 2022 r.



Rycina 3.20. Średnie wartości defoliacji [%] wg grup gatunków w krainach przyrodniczo-leśnych – 2022 r.

*Sosna i olsza w Krainie Sudeckiej, jodła - w krainach: Bałtyckiej i Sudeckiej oraz buk w krainach: Mazursko-Podl. i Mazowiecko-Podl. zostały pominięte ze względu na małą liczbę drzew próbnych, poniżej 30 sztuk. Ponadto jodła w czterech krainach nie występuje na powierzchniach monitoringowych.



Rycina 3.21. Udział drzew [%] monitorowanych gatunków łącznie w klasach defoliacji oraz średnia defoliacja [%] drzew w układzie parków narodowych w 2022 r.

4. ZMIANY STANU ZDROWOTNEGO MONITOROWANYCH GATUNKÓW DRZEW W LATACH 2013–2022 – JADWIGA MAŁACHOWSKA

4.1. Trendy zmian stanu zdrowotnego drzew monitorowanych gatunków w okresie 2013-2022

Zróznicowanie poziomu defoliacji drzew na stałych powierzchniach obserwacyjnych I rzędu ogółem w kraju w latach 2012–2021 przeanalizowano, porównując średnią defoliację oraz udział drzew w klasach defoliacji: klasie 0 (drzewa zdrowe, do 10% defoliacji) i klasach 2–4 (powyżej 25% defoliacji i drzewa martwe). Policzono średnie wartości wyżej wymienionych parametrów w kolejnych latach dziesięciolecia. Znalezione ich minimalne i maksymalne wartości, policzono różnice między wartościami maksymalnymi i minimalnymi. Uzyskane wyniki pozwoliły na uszeregowanie poszczególnych gatunków drzew i grup gatunków w kolejności od najmniej do najsilniej zdefoliowanych oraz ocenę zmienności kondycji zdrowotnej w czasie.

Uśredniona dla dziesięciolecia 2013-2022 wartość średniej defoliacji ‘gatunków razem’ wynosiła 22,3%, gatunków iglastych – 22,3%, a gatunków liściastych – 22,4%. Średni udział drzew o defoliacji do 10% dla ‘gatunków razem’ wynosił 10,7%, a średni udział drzew o defoliacji powyżej 25% – 18,6%. Gatunki liściaste charakteryzowały się wyższym średnim udziałem drzew zdrowych (14,7%) oraz wyższym średnim udziałem drzew w klasach defoliacji 2-4 (21,1%) niż gatunki iglaste (odpowiednio: 8,5% i 17,1%). Średni udział drzew w klasie ostrzegawczej (drzewa o defoliacji od 11 do 25%) wynosił: ‘gatunków razem’ – 70,7%, gatunków iglastych – 74,4%, a gatunków liściastych – 64,3% (ryc. 4.1).

W ciągu dziesięciolecia 2013-2022 poziom zdrowotności lasów był zróżnicowany. Ogółem w skali kraju najlepszą kondycję drzew ‘gatunków razem’ obserwowano w 2022 roku, dobrą – w latach 2013–2015, średnią – w latach 2017, 2018 i 2021, a najgorszą – w latach 2019–2020. Udział drzew zdrowych zawierał się w przedziale od 8,0% w 2020 r. do 14,4% w 2022 r., udział drzew w klasach defoliacji 2-4 – od 15,5% w 2022 r. do 21,1% w 2019 r., a średnia defoliacja – od 21,2% w 2022 r. do 23,4% w 2019 r.

W każdym z kolejnych lat dziesięciolecia udział drzew zdrowych wśród gatunków liściastych był wyższy niż wśród gatunków iglastych, różnica zawierała się w przedziale od 4,5 punktu procentowego w 2016 roku do 9,5 p.p. w 2013 roku. Również udział drzew w klasach defoliacji 2-4 w kolejnych latach był wyższy wśród gatunków liściastych, różnica zawierała się w przedziale od 1,3 punktu procentowego w 2021 roku do 6,9 p.p. w 2016 roku. Średnia defoliacja nie wykazywała dużych różnic przez większość porównywanych lat (tab. 4.2, ryc. 4.2).

Kolejność gatunków od najzdrowszych do najmniej zdrowych (ustalona na podstawie analizy trzech parametrów określających zdrowotność: średniej defoliacji, udziału drzew zdrowych i udziału drzew w klasach defoliacji 2-4) średnio w dziesięcioleciu 2012–2021 jest następująca:

buk << olsza, jodła < ‘inne iglaste’, ‘inne liściaste’, sosna < świerk, brzoza << dąb.

W latach 2013-2022 najbardziej stabilną kondycją zdrowotną charakteryzowała się sosna, największą zmiennością kondycji charakteryzował się dąb.

U buka, gatunku charakteryzującego się najwyższą zdrowotnością średni w dziesięcioleciu udział drzew zdrowych wynosił 29,8%, średni udział drzew w klasach defoliacji 2-4 był równy 8,3%, a uśredniona wartość średniej defoliacji – 17,1%. U olszy i jodły, gatunków o wysokiej zdrowotności, średni w dziesięcioleciu udział drzew zdrowych wynosił 19,7%, średni udział drzew w klasach defoliacji 2-4 był równy 11,4% i 14,0%, a uśredniona wartość średniej defoliacji – 19,6% i 19,8%. Dobrą kondycją zdrowotną charakteryzowały się gatunki ‘inne iglaste’, ‘inne liściaste’ oraz sosna, u których średnie wartości porównywanych parametrów wynosiły odpowiednio: 13,9%, 22,2% i 7,6% (drzewa zdrowe), 16,4%, 19,1% i 16,7% (drzewa z klas defoliacji 2-4) oraz 21,4%, 21,7% i 22,2% (średnia defoliacja). U świerka i brzozy, gatunków o osłabionej kondycji zdrowotnej średnie wartości porównywanych parametrów wynosiły odpowiednio: 11,2% i 8,3% (drzewa zdrowe), 25,0% i 23,4% (drzewa z klas defoliacji 2-4) oraz 24,2% i 23,8% (średnia defoliacja). Najslabszą, znacznie różniącą się od pozostałych gatunków, kondycją zdrowotną charakteryzował się dąb, u którego porównywane średnie z dziesięciolecia wynosiły: 4,4% drzew zdrowych, 34,9% drzew w klasach defoliacji 2-4, oraz 26,2% średniej defoliacji (ryc. 4.1).

Udział drzew zdrowych, udział drzew w klasach 2-4 oraz średnia defoliacja charakteryzowały się różną zmiennością w dziesięcioleciu w zależności od monitorowanej grupy gatunków. Małą zmienność udziału drzew zdrowych zanotowano u dębu, sosny i brzozy (od 4,2 do 6,8 punktu procentowego różnicy między wartościami maksymalnymi i minimalnymi), umiarkowaną zmienność – u ‘innych iglastych’, ‘innych liściastych’ i jodły (od 9,1 do 13,0 punktów procentowych), wysoką zmienność – u świerka i olszy (15,0 i 17,3 punktu procentowego), największą zmienność – u buka (20,7 punktu procentowego). Małą zmienność udziału drzew w klasach defoliacji 2-4 zanotowano u świerka i olszy (4,8 i 4,9 punktu procentowego), umiarkowaną zmienność – u ‘innych liściastych’, buka, sosny, ‘innych iglastych’ i jodły (od 6,1 do 7,7 punktu procentowego), wysoką zmienność – u brzozy (13,3 punktu procentowego), największą zmienność – u dębu (19,3 p.p.). Małą zmienność średniej defoliacji zanotowano u sosny, ‘innych iglastych’, olszy i świerka (od 2,2 do 2,5 punktu procentowego), umiarkowaną zmienność – u ‘innych iglastych’, jodły i brzozy (2,9 p.p.), wysoką zmienność – u buka (3,6 p.p.), największą zmienność – u dębu (5,9 p.p.).

Zmienność kondycji zdrowotnej drzew w kolejnych latach dziesięciolecia według grup gatunków

Średnio w dziesięcioleciu 2013-2022 gatunkiem o najlepszej kondycji zdrowotnej był **buk**. Jest to również gatunek, u którego występowała duża zmienność w czasie zarówno udziału drzew zdrowych jak i średniej defoliacji. Rozpatrując kolejne lata buk charakteryzował się najlepszą kondycją, w porównaniu z innymi grupami gatunków, do roku 2018. W latach 2019-2020, na skutek stopniowego pogarszania się kondycji drzew tego gatunku, oraz poprawy w tym okresie stanu koron jodeł i olszy nastąpiło zrównanie poziomu zdrowotności buka z poziomem zdrowotności olszy i jodły. W latach 2021-2022 buk ponownie uzyskał najlepszą lokatę w tym rankingu, jednak różnice jego poziomu zdrowotnego w porównaniu ze

zdrowotnością olszy i jodły nie były tak duże jak w latach 2013-2018. Udział zdrowych buków zawierał się w przedziale od 18,7% (w 2019 r.) do 39,4% (w 2013 r.), udział drzew w klasach defoliacji 2-4 – w przedziale od 5,2% (w 2015 r.) do 11,3% (w 2022 r.), a średnia defoliacja – od 15,7% (w latach 2013 i 2015) do 19,3% (w 2020 r.). W latach 2013 i 2015 kondycja buka, w porównaniu z pozostałymi latami dziesięciolecia, była bardzo dobra (39,4% i 38,3% drzew zdrowych, 7,3% i 5,2% drzew w klasach 2-4, średnia defoliacja równa 15,7%). W 2016 roku nastąpiło znaczące pogorszenie kondycji, w 2017 roku – wyraźna poprawa, a w 2018 roku nie było znaczących zmian (odpowiednio: 24,3%, 32,7% i 28,2% drzew zdrowych, 8,8%, 7,1% i 6,9% drzew w klasach 2-4 oraz 17,8%, 16,7% i 16,9% średniej defoliacji). W latach 2019–2020 kondycja buka ponownie ulegała pogorszeniu (18,5% i 19,3% średniej defoliacji). W 2021 roku nastąpiła kolejna poprawa, kondycja buka osiągnęła stan z lat 2017-2018, w 2022 roku nie wystąpiły znaczące zmiany. (tab. 4.2, ryc. 4.3).

Olsze w dziesięcioleciu charakteryzowały się dobrą kondycją wśród monitorowanych gatunków. Jest to grupa gatunków, u której jedynie udział drzew zdrowych wykazywał dużą zmienność w czasie. Udział ten zawierał się w przedziale od 13,0% (w 2016 r.) do 30,4% (w 2013 r.). Udział drzew w klasach defoliacji 2-4 wahał od 8,7% (w 2020 r.) do 13,6% (w 2016 r.), a średnia defoliacja – od 18,5% (w 2013 r.) do 20,9% (w 2016 r.). W 2013 roku stan koron tej grupy gatunków był najlepszy w porównaniu z pozostałymi latami dziesięciolecia, w 2014 r. – lekko pogorszył się, w 2015 r. – nie uległ zmianie (średnia defoliacja wynosiła odpowiednio: 18,5%, 19,8% i 19,7%). W latach 2016 -2017 stan koron olszy był najgorszy w dziesięcioleciu (odpowiednio: 20,9% i 20,8% defoliacji). W 2018 roku nastąpiła poprawa, a w 2019 roku – niewielkie pogorszenie kondycji zdrowotnej olszy (odpowiednio: 19,7% i 19,2% średniej defoliacji). W latach 2019-2022 – nie odnotowano znaczących zmian (od 19,0 do 19,4% średniej defoliacji) (tab. 4.2, ryc. 4.3).

Kondycja **jodły** w dziesięcioleciu była porównywalna z kondycją olszy. Udział drzew zdrowych zawierał się w przedziale od 12,7% (w 2019 r.) do 25,7% (w 2022 r.), udział drzew w klasach defoliacji 2-4 – w przedziale od 9,8% (w 2020 r.) do 17,5% (w 2016 r.), a średnia defoliacja – od 18,2% (2022 r.) do 21,1% (w 2016 r.). W latach 2013-2015 oraz 2018-2020 kondycja jodły była dobra (od 12,7 do 24,2% drzew zdrowych, od 9,8 do 16,2% drzew w klasach 2-4 oraz od 19,4 do 20,3% średniej defoliacji). Gorszą kondycję jodły zanotowano w latach 2016 i 2017 (16,3% i 21,2% drzew zdrowych, 17,5% i 17,4% drzew w klasach 2-4 oraz 21,1% i 20,7% średniej defoliacji). W latach 2021 i 2022 kondycja jodły była bardzo dobra (21,4% i 25,7% drzew zdrowych, 10,1% i 9,9% drzew w klasach 2-4 oraz 18,4% i 18,2% średniej defoliacji) (tab. 4.2, ryc. 4.3).

Gatunki **'inne iglaste'** wraz z sosną i gatunkami **'inne liściaste'** zaliczone zostały do grupy gatunków o średnim poziomie defoliacji. W dziesięcioleciu 2013-2022 charakteryzowały się stabilną kondycją. Udział drzew zdrowych zawierał się w przedziale od 9,0% (w 2016 r.) do 18,1% (w 2013 r.), udział drzew w klasach defoliacji 2-4 – w przedziale od 13,1% (w 2015 r.) do 19,7% (w 2019 r.), a średnia defoliacja – od 20,2% (w latach 2014 i 2015) do 22,5% (w 2017 r.). W latach 2014, 2015 kondycja drzew

tej grupy gatunków była lepsza, w porównaniu z pozostałymi latami dziesięciolecia (17,1% i 14,5% drzew zdrowych, 13,9% i 13,1% drzew w klasach 2-4 oraz 20,2% średniej defoliacji). W latach 2013, 2018, 2021 i 2022 kondycja drzew utrzymywała się na średnim poziomie, udział drzew zdrowych wynosił od 11,8 do 18,1%, udział drzew w klasach 2-4 wynosił od 16,0 do 19,4%, a średnia defoliacja przyjmowała wartości z przedziału od 20,9 do 21,5%. W latach 2016, 2017, 2019 i 2020 kondycja drzew była gorsza (od 9,0 do 16,2% drzew zdrowych, od 14,6 do 19,7% drzew w klasach 2-4 oraz od 21,8 do 22,5% średniej defoliacji) (tab. 4.2, ryc. 4.4).

Grupa gatunków **'inne liściaste'** charakteryzowała się wysokim, w porównaniu z innymi gatunkami, udziałem drzew zdrowych, od 15,9% (w 2019 r.) do 27,8% (w 2022 r.) (średnia z dziesięciolecia wynosiła 21,5%). Udział drzew w klasach defoliacji 2-4 oraz średnia defoliacja przyjmowały wartości średnie, odpowiednio: od 15,6% (w 2022 r.) do 21,7% (w 2016 r.) i od 20,3% (w 2022 r.) do 23,2% (w 2019 r.). Najlepszą kondycją zdrowotną charakteryzowały się drzewa tej grupy gatunków w 2022 roku (najwyższy w zestawieniu udział drzew zdrowych – 27,8%, najniższy udział drzew w klasach 2-4 oraz najniższa średnia defoliacja, odpowiednio: 15,6% i 20,3%). Dobrą kondycją charakteryzowały się drzewa tej grupy gatunków w latach 2013–2015 (od 23,5 do 25,6% drzew zdrowych, od 17,8 do 18,8% drzew w klasach 2-4 oraz od 20,8 do 21,1% średniej defoliacji). Średnią kondycję zanotowano w latach 2017, 2018, 2021 (od 22,3 do 23,3% drzew zdrowych, od 17,4 do 21,2% drzew w klasach 2-4 oraz od 21,5 do 22,0% średniej defoliacji). Gorszą kondycję drzew tej grupy gatunków rejestrowano w latach 2016 i 2020, najgorszą – w 2019 roku (odpowiednio: 18,7%, 17,1% i 15,9% drzew zdrowych, 21,7%, 19,7% i 21,4% drzew w klasach 2-4 oraz 22,5%, 22,4% i 23,2% średniej defoliacji) (tab. 4.2, ryc. 4.4).

Sosna charakteryzowała się średnim poziomem defoliacji, jej kondycja była najmniej zmienna w kolejnych latach dziesięciolecia. Udział drzew zdrowych zawierał się w przedziale od 5,1% (w 2020 r.) do 11,6% (w 2022 r.), udział drzew w klasach defoliacji 2-4 – w przedziale od 13,3% (w 2022 r.) do 19,5% (w 2019 r.), a średnia defoliacja – od 21,1% (w 2022 r.) do 23,3% (w 2019 r.). Najniższą, w porównaniu z innymi latami, defoliację drzew tego gatunku odnotowano w 2022 roku (najwyższy w zestawieniu udział drzew zdrowych – 11,6%, najniższy udział drzew w klasach 2-4 oraz najniższa średnia defoliacja, odpowiednio: 13,3% i 21,1%). Najwyższą defoliację odnotowano w 2019 roku (5,4% drzew zdrowych, najwyższy w zestawieniu udział drzew w klasach 2-4 oraz najwyższa średnia defoliacja, odpowiednio: 19,5% i 23,3%) (tab. 4.2, ryc. 4.4).

Defoliacja **świerka** w dziesięcioleciu była wysoka w porównaniu z innymi gatunkami. Jest to również gatunek, u którego występowała duża zmienność w czasie udziału drzew zdrowych oraz mała zmienność udziału drzew w klasach 2-4. Udział drzew zdrowych zawierał się w przedziale od 3,6% (w 2021 r.) do 18,6% (w 2013 r.), udział drzew w klasach defoliacji 2-4 – od 22,5% (w 2020 r.) do 27,3% (w 2022 r.), a średnia defoliacja – od 23,0% (w 2015 r.) do 25,5% (w 2021 r.). Niższa defoliacja drzew tego gatunku utrzymywała się w latach 2013–2015 (od 12,2 do 18,6% drzew zdrowych, od 25,1 do 27,0% drzew

w klasach 2,4 oraz od 23,0 do 23,2% średniej defoliacji), najwyższa – w 2021 roku (3,6% drzew zdrowych, 24,0% drzew w klasach 2-4 oraz 25,5% średniej defoliacji) (tab. 4.2, ryc. 4.5).

Brzoza również charakteryzowała się wysokim poziomem defoliacji w porównaniu z innymi gatunkami. Udział drzew zdrowych zawierał się w przedziale od 4,9% (w 2020 r.) do 11,7% (w 2013 r.), udział drzew w klasach defoliacji 2-4 – w przedziale od 17,4% (w 2021 r.) do 30,7% (w 2016 r.), a średnia defoliacja – od 22,4% (w 2022 r.) do 25,3% (w 2016 r.). Lepszą, w porównaniu z innymi latami, kondycję brzoź odnotowano w latach 2013, 2015, 2021 i 2022 (od 8,6 do 11,7% drzew zdrowych, od 17,4 do 22,6% drzew w klasach 2-4 oraz od 22,4% do 22,9% średniej defoliacji), średnią – w latach 2014, 2018 i 2019 (od 7,5 do 8,1% drzew zdrowych, od 22,3 do 26,7% drzew w klasach 2-4 oraz od 24,0% do 24,1% średniej defoliacji), gorszą – w latach 2016, 2017 i 2020 (od 4,9 do 7,3% drzew zdrowych, od 24,3 do 30,7% drzew w klasach 2-4 oraz od 24,9 do 25,3% średniej defoliacji) (tab. 4.2, ryc. 4.5).

Dąb to gatunek o najsłabszej kondycji w dziesięcioleciu. Jest to również gatunek, u którego występowała duża zmienność w czasie zarówno udziału drzew w klasach defoliacji 2-4, jak i średniej defoliacji. Udział drzew zdrowych zawierał się w przedziale od 2,2% (w 2020 r.) do 6,4% (w 2013 r.), udział drzew w klasach defoliacji 2-4 – w przedziale od 27,0% (w 2022 r.) do 46,3% (w 2019 r.), a średnia defoliacja – od 24,2% (w 2022 r.) do 30,1% (w 2019 r.). Lepszą, w porównaniu z innymi latami, kondycję dębów odnotowano w latach 2015 i 2022 (odpowiednio: 5,2% i 6,3% drzew zdrowych, 28,1% i 27,0% drzew w klasach 2-4 oraz 24,5% i 24,2% średniej defoliacji). W latach 2013, 2014, 2016–2018 oraz 2021 kondycja dębów była osłabiona (od 3,4 do 6,4% drzew zdrowych, od 31,2 do 36,3% drzew w klasach 2-4 oraz od 25,7 do 26,1% średniej defoliacji). Silnie osłabioną kondycję dębów odnotowano w 2020 roku, najsłabszą – w 2019 roku (odpowiednio: 2,2% i 2,9% drzew zdrowych, 40,5% i 46,3% drzew w klasach 2-4 oraz 28,2% i 30,1% średniej defoliacji) (tab. 4.2, ryc. 4.5).

4.2. Rozkład powierzchniowy kondycji zdrowotnej drzew w dziesięcioleciu 2013-2022 w układzie regionalnych dyrekcji Lasów Państwowych i krain przyrodniczo-leśnych

Zmienność poziomu defoliacji drzew w kolejnych latach dziesięciolecia prezentują mapy (ryc. 4.6).

Kondycję zdrowotną drzew w lasach w układzie regionalnych dyrekcji Lasów Państwowych oraz krain przyrodniczo-leśnych w dziesięcioleciu 2013-2022 omówiono porównując średnią defoliację gatunków łącznie w poszczególnych jednostkach terytorialnych na osi czasu.

Kondycja zdrowotna drzew (gatunki razem) w dziesięcioleciu w układzie regionalnych dyrekcji Lasów Państwowych

Na terenach leśnych siedmiu regionalnych dyrekcji Lasów Państwowych (w Białymstoku, Lublinie, Olsztynie, Toruniu, Gdańsku, Radomiu i Warszawie) różnica między zanotowaną w kolejnych latach dziesięciolecia maksymalną i minimalną wartością średniej defoliacji zawierała się w przedziale od 2,5 do 4,0 punktów procentowych. (tab. 4.1, ryc. 4.7).

Przez większość czasu kondycja zdrowotna drzew była lepsza niż średnio w kraju w następujących regionalnych dyrekcjach: w RDLP w Olsztynie w latach 2013, 2016-2021, w Toruniu w latach 2013-2014 i 2016-2022, w RDLP w Gdańsku w latach 2014-2022 oraz w RDLP w Radomiu w latach 2013, 2017-2019 i 2021. Przez większość czasu kondycja zdrowotna drzew była gorsza niż średnio w kraju w RDLP w Lublinie przez całe dziesięciolecie, w RDLP w Warszawie w latach 2013-2018 i 2020-2022 oraz w RDLP w Białymstoku w latach 2014-2018. W RDLP w Białymstoku w latach 2013, 2021, w RDLP w Olsztynie w 2022 roku, w RDLP w Toruniu w 2015 roku oraz w RDLP w Radomiu w latach 2014, 2016 kondycja zdrowotna drzew była zbliżona do średniej w kraju (średnia defoliacja była równa średniej krajowej).

W lasach pięciu rdLP (w Łodzi, Krakowie, Szczecinku, Szczecinie i Pile) zmienność kondycji drzew była duża (ryc. 4.8). Różnica między zanotowaną w kolejnych latach dziesięciolecia maksymalną i minimalną wartością średniej defoliacji zawierała się w przedziale od 4,1 do 6,0 punktów procentowych. W większości przypadków kondycja zdrowotna drzew w tych regionalnych dyrekcjach była lepsza niż średnio w kraju. Wyjątek stanowią: RDLP w Łodzi w 2020 roku, RDLP w Pile w 2021 roku oraz RDLP w Szczecinie i Szczecinku w 2022 roku, kiedy to średnia defoliacja była wyższa niż średnia krajowa oraz RDLP w Łodzi w 2018 roku, gdy średnia defoliacja była równa średniej krajowej.

W lasach pięciu pozostałych rdLP (w Katowicach, Krośnie, Poznaniu, Wrocławiu i Zielonej Górze) zmienność kondycji drzew była bardzo wysoka (ryc. 4.9). Różnica między zanotowaną w kolejnych latach dziesięciolecia maksymalną i minimalną wartością średniej defoliacji zawierała się w przedziale od 6,4 do 10,0 punktów procentowych. W większości przypadków kondycja zdrowotna drzew w tych regionalnych dyrekcjach była gorsza niż średnio w kraju. W RDLP w Katowicach w 2021 roku, w RDLP w Krośnie w latach 2019-2022, w RDLP w Poznaniu w latach 2014 i 2022, w RDLP we Wrocławiu w 2022 roku oraz w RDLP w Zielonej Górze w latach 2013-2014, 2016, 2018 i 2022 kondycja zdrowotna drzew była lepsza niż średnio w kraju (średnia defoliacja była niższa niż średnia krajowa).

W RDLP w Katowicach w 2022 roku, w RDLP w Krośnie w latach 2013, 2014 i 2018, w RDLP w Poznaniu w 2013 roku, w RDLP we Wrocławiu w 2014 roku oraz w RDLP w Zielonej Górze w 2015 roku kondycja zdrowotna drzew była zbliżona do średniej w kraju (średnia defoliacja była równa średniej krajowej).

Zmienność poziomu defoliacji drzew w poszczególnych regionalnych dyrekcjach Lasów Państwowych w kolejnych latach dziesięciolecia (zmianę wartości średniej defoliacji wynoszącą 0,7 punktu procentowego i więcej uznano jako poprawę lub pogorszenie kondycji drzew w krainie) (ryc. 4.6 – 4.9) przedstawiała się następująco:

- w RDLP w Białymstoku: poprawa kondycji w latach 2018, 2019 i 2022, pogorszenie – w latach 2014 i 2017,
- w RDLP w Katowicach: poprawa kondycji w latach 2014, 2020 i 2021, pogorszenie – w latach 2016, 2017, 2019 i 2022,

- w RDLP w Krakowie: poprawa kondycji w latach 2018, 2021 i 2022, pogorszenie – w latach 2017, 2019 i 2020,
- w RDLP w Krośnie: poprawa kondycji w latach 2019, 2020 i 2021, pogorszenie – w latach 2016 i 2022,
- w RDLP w Lublinie: poprawa kondycji w latach 2015, 2021 i 2022, pogorszenie – w latach 2014, 2016, 2018 i 2019,
- w RDLP w Łodzi: poprawa kondycji w 2021 roku, pogorszenie – w latach 2016, 2019 i 2020,
- w RDLP w Olsztynie: poprawa kondycji w latach 2015 i 2018, pogorszenie – w latach 2014, 2016 i 2020,
- w RDLP w Pile: poprawa kondycji w latach 2015, 2017 i 2022, pogorszenie – w latach 2014, 2016 i 2019-2021.
- w RDLP w Poznaniu: poprawa kondycji w latach 2018, 2020 i 2022, pogorszenie – w latach 2015-2017 i 2019,
- w RDLP w Szczecinie: poprawa kondycji w latach 2014 i 2021, pogorszenie – w latach 2015, 2017-2019 i 2022,
- w RDLP w Szczecinku: poprawa kondycji w latach 2015 i 2017, pogorszenie – w latach 2014, 2016, 2019 i 2021-2022,
- w RDLP w Toruniu: poprawa kondycji w latach 2018 i 2021-2022, pogorszenie – w latach 2014-2015,
- w RDLP we Wrocławiu: poprawa kondycji w latach 2014 i 2020-2022, pogorszenie – w latach 2015-2016 i 2019,
- w RDLP w Zielonej Górze: poprawa kondycji w latach 2018, 2020 i 2022, pogorszenie – w latach 2014-2015, 2017 i 2019,
- w RDLP w Gdańsku: poprawa kondycji w latach 2014-2016 i 2022,
- w RDLP w Radomiu: poprawa kondycji w 2021 roku, pogorszenie – w latach 2014 i 2020,
- w RDLP w Warszawie: poprawa kondycji w latach 2017 i 2021-2022, pogorszenie – w latach 2014, 2016 i 2020.

Kondycja zdrowotna drzew (gatunki razem) w dziesięcioleciu w układzie krain przyrodniczo-leśnych

Wśród krain przyrodniczo-leśnych dobrą, względnie wyrównaną kondycją, utrzymującą się stale poniżej średniej krajowej, charakteryzowały się drzewa w lasach Krain: Bałtyckiej (w 2022 r. średnia defoliacja w Krainie na poziomie średniej krajowej, w latach 2013-2020 kondycja drzew najlepsza na tle innych krain) i Karpackiej (w latach 2021-2022 kondycja drzew najlepsza na tle innych krain). Również wyrównaną kondycją, ale gorszą, utrzymującą się stale powyżej średniej krajowej (z wyjątkiem 2021 r. gdy średnia defoliacja w Krainie była o 0,5 punktu procentowego niższa od średniej krajowej) charakteryzowały się drzewa w lasach Krainy Małopolskiej (ryc. 4.10).

W lasach Krainy Wielkopolsko-Pomorskiej bardzo dobrą kondycję drzew obserwowano w latach 2013-2014 (porównywalną ze stanem notowanym w Krainie Bałtyckiej) oraz w 2022 roku (porównywalną ze stanem notowanym wówczas w Krainie Karpackiej). W latach 2015-2019 stan zdrowotny drzew w tej krainie ulegał stopniowemu pogorszeniu, w latach 2020-2021 nie ulegał dalszym zmianom, w ciągu tych siedmiu lat średnia defoliacja przyjmowała wartości zbliżone do średniej krajowej. W Krainie Mazursko-

Podlaskiej w 2014 roku kondycja drzew uległa znacznemu pogorszeniu w porównaniu 2013 rokiem, w 2015 roku nastąpiła poprawa, w latach 2016-2017 oraz 2021 następowało pogorszenie kondycji drzew w porównaniu z poprzednimi latami, z kolei w latach 2018-2019 następowała poprawa. W latach 2015-2018 i 2021-2022 średnia defoliacja drzew w Krainie Mazursko-Podlaskiej przyjmowała wartości zbliżone do średniej krajowej, w latach 2019-2020 kondycja drzew utrzymywała się na stałym poziomie, średnia defoliacja była niższa niż średnia krajowa.

W lasach Krainy Mazowiecko-Podlaskiej kondycja zdrowotna drzew w latach 2014, 2016 oraz 2020 ulegała pogorszeniu, a w latach 2015, 2021-2022 poprawiała się. Lata 2016-2019 to okres stabilnej kondycji drzew w lasach tej krainy na poziomie nieco wyższym niż średnio w kraju.

Krainy Śląska i Sudecka charakteryzowały się podobną zmiennością kondycji zdrowotnej drzew w lasach w kolejnych latach dziesięciolecia, z tym że kondycja drzew w Krainie Śląskiej była gorsza lub znacznie gorsza, niż miało to miejsce w Krainie Sudeckiej (z wyjątkiem 2013 roku). W 2014 r. w obydwu krainach kondycja zdrowotna drzew poprawiła się w porównaniu z 2013 r., w latach 2015-2016 następowało pogorszenie, a w 2018 roku kondycja nie uległa zmianie w stosunku do stanu z 2017 roku. W 2019 roku nastąpiło znaczne pogorszenie stanu koron drzew. Z kolei w latach 2020 i 2022 kondycja drzew w obydwu krainach znacznie poprawiła się w porównaniu do stanu z 2019 roku. Obie krainy charakteryzowały się dużą zmiennością średniej defoliacji w dziesięcioleciu. Różnica między zanotowaną w kolejnych latach dziesięciolecia maksymalną i minimalną wartością średniej defoliacji wynosiła 9,6 (Śląska) i 5,9 (Sudecka) punktu procentowego.

Najgorszą kondycją drzew w lasach w porównaniu z innymi krainami charakteryzowały się: Kraina Sudecka w 2013 roku, Kraina Mazowiecko-Podlaska – w latach 2014 i 2020-2022 oraz Kraina Śląska – w latach 2016-2019.

Zmienność poziomu defoliacji drzew w poszczególnych krainach przyrodniczo-leśnych w kolejnych latach dziesięciolecia (zmianę wartości średniej defoliacji wynoszącą 0,7 punktu procentowego i więcej uznano jako poprawę lub pogorszenie kondycji drzew w krainie) (ryc. 4.6, ryc. 4.10) przedstawiała się następująco:

- w Krainie Bałtyckiej: poprawa kondycji w 2015 roku, pogorszenie – w latach 2016 i 2019,
- w Krainie Mazursko-Podlaskiej: poprawa kondycji w latach 2015, 2018 i 2019, pogorszenie – w latach 2014 i 2016,
- w Krainie Wielkopolsko-Pomorskiej: poprawa kondycji w 2022 roku, pogorszenie – w latach 2015, 2016 i 2019,
- w Krainie Mazowiecko-Podlaskiej: poprawa kondycji w latach 2015 i 2021, pogorszenie – w latach 2014, 2016 i 2020,
- w Krainie Śląskiej: poprawa kondycji w latach 2014, 2020, 2021 i 2022, pogorszenie – w latach 2016, 2017 i 2019,
- w Krainie Małopolskiej: poprawa kondycji w latach 2015 i 2021, pogorszenie – w 2016 roku,

- w Krainie Sudeckiej: poprawa kondycji w latach 2014, 2020 i 2022, pogorszenie – w latach 2015, 2016, 2019 i 2021,
- w Krainie Karpackiej: poprawa kondycji w latach 2018 i 2021, pogorszenie – w 2016 roku.

Tabela 4.1. Udział procentowy drzew w klasach defoliacji 0 (do 10% def.), 1 (11–25% def.) i 2–4 (> 25% def. i drzewa martwe) oraz średnia defoliacja [%] według gatunków w układzie RDLP – wiek > 20 lat, lasy w zarządzie Lasów Państwowych, lata 2013–2022

RDLP	Kl.def., śr.def.	Sosna					Świerk					Jodła					Inne iglaste				
		2013	2014	2015	2016	2017	2013	2014	2015	2016	2017	2013	2014	2015	2016	2017	2013	2014	2015	2016	2017
Białystok	0	10,4	6,7	5,5	4,8	3,2	21,5	20,4	8,2	15,4	11,8	-	-	-	-	-	0,0	50,0	0,0	0,0	0,0
	1	74,4	74,1	76,7	80,3	81,9	41,8	32,1	45,8	61,1	67,5	-	-	-	-	-	100,0	50,0	100,0	100,0	100,0
	2–4	15,2	19,2	17,8	15,0	14,9	36,7	47,5	46,1	23,5	20,8	-	-	-	-	-	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Średnia	21,1	23,1	23,2	22,4	23,4	24,2	26,3	26,6	22,6	23,3	-	-	-	-	-	17,5	15,0	15,0	17,5	22,5
Katowice	0	0,7	4,1	2,8	1,9	1,7	1,3	1,5	7,5	0,0	0,0	12,0	16,7	17,4	16,1	22,8	0,0	11,9	8,9	6,5	1,7
	1	62,9	86,0	84,5	83,0	81,8	38,7	51,5	46,9	50,0	56,9	80,0	74,1	71,9	75,0	63,2	76,5	78,6	82,2	82,6	86,4
	2–4	36,4	9,9	12,7	15,0	16,5	60,0	47,1	45,6	50,0	43,1	8,0	9,3	10,7	8,9	14,0	23,5	9,5	8,9	10,9	11,9
	Średnia	26,7	20,9	21,8	22,9	23,5	31,5	30,0	29,7	28,9	29,5	19,0	18,6	18,8	18,3	17,6	24,6	19,8	20,8	21,6	22,8
Kraków	0	7,4	8,4	5,4	8,2	3,3	3,6	3,6	5,2	6,3	12,5	25,6	25,6	26,6	27,2	36,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	1	58,8	59,1	67,7	57,5	62,9	64,3	64,3	69,2	62,5	68,8	66,4	66,4	66,2	63,4	55,7	58,1	58,1	54,6	60,6	50,0
	2–4	33,8	32,5	26,9	34,3	33,8	32,1	32,1	25,6	31,3	18,8	8,1	8,1	7,2	9,4	7,8	41,9	41,9	45,5	39,4	50,0
	Średnia	26,0	25,1	24,4	25,7	26,7	24,5	24,5	24,3	23,4	22,5	17,1	17,1	16,8	17,1	16,1	26,3	26,3	27,0	25,8	28,2
Krosno	0	3,8	3,4	3,2	1,8	3,0	18,7	13,2	12,2	9,5	10,8	18,1	14,6	14,4	8,3	9,6	5,6	0,0	0,0	0,0	0,0
	1	66,7	72,3	71,0	74,4	75,1	64,0	65,8	62,2	62,2	67,7	65,2	69,1	69,5	71,2	70,4	75,0	80,6	81,4	85,0	87,8
	2–4	29,5	24,4	25,8	23,9	21,9	17,3	21,1	25,7	28,4	21,5	16,7	16,4	16,1	20,5	19,9	19,4	19,4	18,6	15,0	12,2
	Średnia	25,9	25,8	26,0	25,6	25,1	21,3	22,5	23,0	24,3	24,4	20,7	21,0	21,7	23,4	22,7	23,8	23,3	22,9	23,1	22,8
Lublin	0	3,6	3,5	5,5	6,7	6,4	26,7	26,7	21,4	25,0	11,8	2,9	2,9	5,7	5,6	4,8	100,0	100,0	33,3	100,0	100,0
	1	68,5	64,9	69,1	71,5	71,7	20,0	20,0	28,6	12,5	17,6	65,7	60,0	74,3	72,2	69,0	0,0	0,0	66,7	0,0	0,0
	2–4	27,9	31,6	25,3	21,8	21,9	53,3	53,3	50,0	62,5	70,6	31,4	37,1	20,0	22,2	26,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Średnia	24,5	25,3	23,9	22,6	23,0	30,0	30,7	26,4	30,6	37,1	23,9	24,4	20,7	21,5	23,7	10,0	10,0	18,3	10,0	10,0
Łódź	0	8,9	14,6	18,6	15,1	18,1	15,4	18,2	23,1	0,0	10,0	0,0	0,0	0,0	0,0	25,8	19,4	18,2	12,9	18,8	
	1	80,0	74,7	65,7	69,1	66,0	53,9	72,7	53,8	45,5	30,0	75,0	75,0	75,0	50,0	50,0	64,5	61,3	61,4	74,2	65,6
	2–4	11,1	10,7	15,7	15,8	15,9	30,8	9,1	23,1	54,5	60,0	25,0	25,0	25,0	50,0	50,0	9,7	19,4	20,5	12,9	15,6
	Średnia	20,4	20,1	20,7	21,6	20,9	21,5	18,6	21,9	28,2	29,0	22,5	23,8	23,8	26,3	26,3	18,6	22,6	19,9	20,0	19,8
Olsztyn	0	5,2	1,3	2,8	2,0	1,3	59,2	47,7	18,7	12,7	9,9	-	-	-	-	-	55,2	7,1	7,4	0,0	4,3
	1	79,7	68,5	82,5	84,4	89,3	26,5	34,6	69,3	78,9	78,0	-	-	-	-	-	44,8	89,3	88,9	100,0	91,3
	2–4	15,2	30,2	14,7	13,6	9,4	14,3	17,7	12,0	8,5	12,1	-	-	-	-	-	0,0	3,6	3,7	0,0	4,3
	Średnia	21,7	25,1	22,4	23,2	22,7	16,2	18,4	19,2	18,6	20,6	-	-	-	-	-	13,3	17,7	17,6	18,4	18,5
Piła	0	13,7	8,3	14,4	4,6	7,6	29,4	17,7	35,3	0,0	11,8	-	-	-	-	-	64,3	57,1	73,3	26,7	20,0
	1	77,5	84,6	79,8	82,1	83,9	70,6	82,4	64,7	94,1	82,4	-	-	-	-	-	35,7	42,9	26,7	73,3	66,7
	2–4	8,8	7,1	5,9	13,3	8,5	0,0	0,0	0,0	5,9	5,9	-	-	-	-	-	0,0	0,0	0,0	0,0	13,3
	Średnia	19,0	19,9	18,7	21,5	20,2	15,6	16,2	14,7	20,0	17,6	-	-	-	-	-	10,4	12,5	12,3	16,0	18,0
Poznań	0	6,1	2,5	2,7	0,6	3,6	25,0	18,8	12,5	4,5	9,1	-	-	-	-	-	28,6	14,3	7,7	7,7	0,0
	1	83,9	89,6	85,5	81,8	65,7	66,7	75,0	79,2	59,1	40,9	-	-	-	-	-	64,3	71,4	76,9	76,9	71,4
	2–4	10,0	7,9	11,9	17,5	30,7	8,3	6,3	8,3	36,4	50,0	-	-	-	-	-	7,1	14,3	15,4	15,4	28,6
	Średnia	20,9	20,5	22,3	23,6	25,5	17,9	18,8	20,2	27,3	33,2	-	-	-	-	-	18,9	21,8	24,2	23,8	28,9

Tabela 4.1. – cd.

RDLP	Kl.def., śr.def.	Sosna					Świerk					Jodła					Inne iglaste				
		2013	2014	2015	2016	2017	2013	2014	2015	2016	2017	2013	2014	2015	2016	2017	2013	2014	2015	2016	2017
Szczecin	0	17,4	28,0	23,0	13,7	10,5	37,3	43,1	47,2	23,5	15,7	-	-	-	-	-	32,7	56,4	42,4	42,4	27,8
	1	65,6	60,7	63,0	77,3	76,5	56,9	52,9	50,9	74,5	76,5	-	-	-	-	-	51,9	32,7	45,5	45,5	64,8
	2-4	17,0	11,3	14,0	9,0	13,0	5,9	3,9	1,9	2,0	7,8	-	-	-	-	-	15,4	10,9	12,1	12,1	7,4
	Średnia	20,6	17,8	19,2	19,2	20,8	15,5	13,3	14,3	16,0	18,6	-	-	-	-	-	18,9	16,6	15,7	15,7	17,0
Szczecinek	0	20,8	12,1	18,5	7,3	12,9	21,3	10,9	16,3	4,7	4,0	-	-	-	-	-	3,9	6,5	6,5	6,5	0,0
	1	70,6	77,9	75,7	82,7	82,2	72,1	80,4	78,9	79,9	84,6	-	-	-	-	-	96,2	77,4	80,7	80,7	84,8
	2-4	8,6	10,1	5,8	10,0	4,9	6,6	8,7	4,8	15,4	11,4	-	-	-	-	-	0,0	16,1	12,9	12,9	15,2
	Średnia	17,9	19,4	17,6	20,4	18,0	18,2	19,6	17,1	21,7	21,2	-	-	-	-	-	18,7	19,7	19,7	19,7	23,3
Toruń	0	9,3	6,5	3,5	3,6	5,5	75,0	75,0	28,6	0,0	33,3	-	-	-	-	-	33,3	15,4	0,0	0,0	7,7
	1	83,7	87,3	87,5	85,0	81,8	25,0	25,0	57,1	33,3	0,0	-	-	-	-	-	66,7	84,6	92,3	92,3	92,3
	2-4	7,0	6,2	9,0	11,4	12,7	0,0	0,0	14,3	66,7	66,7	-	-	-	-	-	0,0	0,0	7,7	7,7	0,0
	Średnia	18,5	19,6	21,6	21,6	22,0	10,0	10,0	17,9	72,7	70,0	-	-	-	-	-	15,0	16,5	20,4	20,4	18,1
Wrocław	0	12,5	8,8	3,2	1,7	4,4	18,1	17,3	13,9	9,0	21,3	25,0	16,7	15,4	25,0	33,3	3,3	4,8	11,1	11,1	1,6
	1	73,8	80,2	81,3	79,1	63,8	57,0	72,7	74,5	71,9	58,2	50,0	66,7	69,2	58,3	55,6	54,1	87,3	79,0	79,0	71,9
	2-4	13,7	11,0	15,5	19,3	31,7	24,9	10,0	11,6	19,1	20,5	25,0	16,7	15,4	16,7	11,1	42,6	7,9	9,9	9,9	26,6
	Średnia	20,1	20,1	21,8	23,1	25,4	22,6	19,3	19,7	22,7	21,4	20,0	19,2	19,2	24,2	18,3	25,6	19,4	20,6	20,6	25,8
Zielona Góra	0	14,0	10,7	5,9	3,3	6,9	33,3	36,0	37,5	37,0	44,4	-	-	-	-	-	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	1	73,5	74,5	79,3	83,6	66,5	54,2	52,0	54,2	55,6	51,9	-	-	-	-	-	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
	2-4	12,5	14,8	14,9	13,1	26,6	12,5	12,0	8,3	7,4	3,7	-	-	-	-	-	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Średnia	19,6	20,7	21,5	21,2	24,4	16,3	15,4	15,4	16,5	14,3	-	-	-	-	-	20,0	20,0	25,0	25,0	20,0
Gdańsk	0	1,9	1,8	2,5	8,0	5,9	1,9	3,9	0,0	0,0	7,0	-	-	-	-	-	2,6	7,5	2,6	2,6	2,6
	1	81,9	87,1	86,5	85,3	89,4	61,5	62,8	53,5	46,5	46,5	-	-	-	-	-	76,9	82,5	97,4	97,4	89,7
	2-4	16,2	11,1	11,0	6,7	4,7	36,5	33,3	46,5	53,5	46,5	-	-	-	-	-	20,5	10,0	0,0	0,0	7,7
	Średnia	22,9	21,3	21,1	19,8	19,6	25,9	25,8	28,0	29,5	28,6	-	-	-	-	-	22,7	21,0	19,5	19,5	20,0
Radom	0	12,6	12,9	17,7	16,2	20,3	9,1	9,1	10,2	0,0	0,0	18,8	19,8	24,2	6,9	11,7	50,0	25,0	50,0	50,0	25,0
	1	73,0	67,5	63,3	67,7	64,7	39,4	42,4	38,8	19,0	23,8	49,5	48,5	47,5	57,8	50,5	50,0	75,0	50,0	50,0	75,0
	2-4	14,5	19,6	19,0	16,1	15,0	51,5	48,5	51,0	81,0	76,2	31,7	31,7	28,3	35,3	37,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Średnia	19,9	21,1	21,1	20,1	19,5	29,7	29,4	33,1	40,5	41,2	26,0	25,0	23,9	29,4	29,3	13,8	15,0	13,8	13,8	15,0
Warszawa	0	9,5	7,2	4,6	4,8	5,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	28,6	28,6	9,1	9,1	14,3
	1	76,7	76,6	73,8	77,1	77,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	57,1	71,4	81,8	81,8	85,7
	2-4	13,8	16,2	21,6	18,1	17,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	14,3	0,0	9,1	9,1	0,0
	Średnia	20,1	21,3	23,0	22,3	22,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15,7	15,7	20,5	20,5	17,1
Razem	0	10,2	9,3	8,9	6,2	7,3	22,8	19,8	13,1	10,6	13,3	19,3	18,2	20,4	14,5	19,0	17,5	16,7	14,9	14,9	7,9
	1	74,5	76,2	76,2	79,7	76,7	51,2	56,7	62,2	66,5	64,8	64,2	65,2	65,9	66,9	62,2	63,5	70,5	72,2	72,2	78,0
	2-4	15,3	14,5	15,0	14,1	16,0	26,1	23,5	24,7	22,8	21,9	16,6	16,6	13,6	18,6	18,8	19,0	12,8	13,0	13,0	14,1
	Średnia	21,0	21,1	21,6	21,7	22,1	22,1	21,8	22,7	22,9	23,0	20,4	20,4	19,6	21,9	21,3	20,8	19,8	19,9	19,9	21,4

Tabela 4.1. – cd.

RDLP	Kl.def., śr.def.	Buk					Dąb					Brzoza					Olsza					Inne liściaste				
		2013	2014	2015	2016	2017	2013	2014	2015	2016	2017	2013	2014	2015	2016	2017	2013	2014	2015	2016	2017	2013	2014	2015	2016	2017
Białystok	0	-	-	-	-	-	6,3	3,2	0,0	0,8	0,8	16,6	8,6	8,6	7,1	5,8	40,6	28,3	23,0	19,6	11,1	34,3	24,3	19,3	14,9	8,3
	1	-	-	-	-	-	64,6	61,4	66,7	64,1	68,6	53,0	55,6	66,1	60,8	65,7	48,2	62,4	66,5	64,7	77,9	53,0	62,5	70,1	67,9	73,5
	2-4	-	-	-	-	-	29,1	35,4	33,3	35,2	30,5	30,4	35,9	25,3	32,1	28,5	11,2	9,3	10,5	15,7	11,1	12,7	13,2	10,7	17,2	18,2
	Średnia	-	-	-	-	-	24,3	25,6	25,2	26,3	25,2	24,1	26,6	24,2	27,3	28,3	17,2	18,3	18,8	21,0	22,2	18,3	19,0	18,7	21,2	22,5
Katowice	0	21,2	23,2	22,3	20,2	45,6	0,0	0,0	0,3	0,0	0,5	0,0	0,9	0,0	0,0	1,0	0,0	19,6	18,9	6,7	0,0	4,6	5,8	17,8	5,8	7,0
	1	55,4	63,9	71,1	74,8	49,0	32,9	70,2	57,1	54,8	49,3	35,1	59,1	60,5	37,4	32,5	50,0	67,4	71,6	64,4	46,8	52,3	62,1	63,9	55,8	44,2
	2-4	23,3	12,9	6,6	4,9	5,4	67,1	29,8	42,6	45,2	50,2	64,9	40,0	39,5	62,6	66,5	50,0	13,0	9,5	28,9	53,2	43,2	32,2	18,3	38,4	48,8
	Średnia	20,7	19,0	17,8	18,4	15,9	33,5	25,7	27,7	28,3	29,5	33,2	27,8	27,1	31,3	32,5	28,3	20,0	19,1	23,0	35,3	29,2	26,2	21,2	26,9	30,9
Kraków	0	39,5	38,9	41,8	32,4	40,0	5,2	4,0	3,9	4,3	1,1	38,1	33,3	20,6	30,0	5,6	32,4	29,7	17,1	28,6	29,6	36,8	36,8	38,4	36,7	40,2
	1	57,3	56,2	54,6	61,6	52,2	49,5	55,6	64,5	47,9	37,2	42,9	47,6	59,8	50,0	55,6	37,8	35,1	68,4	57,1	55,6	44,7	46,1	47,1	39,2	36,8
	2-4	3,2	4,9	3,6	5,9	7,8	45,4	40,4	31,6	47,9	61,7	19,1	19,1	19,6	20,0	38,9	29,7	35,1	14,5	14,3	14,8	18,4	17,1	14,6	24,1	23,0
	Średnia	15,1	15,0	14,6	15,9	16,2	28,5	28,8	26,3	27,8	31,5	18,6	18,8	21,0	19,3	26,7	25,8	30,0	21,0	21,1	20,4	18,7	19,0	19,0	21,5	22,4
Krosno	0	45,7	42,0	43,7	27,8	32,1	7,7	0,0	1,4	0,0	0,0	14,0	7,0	8,7	0,0	0,0	15,1	6,8	7,6	6,0	3,6	43,4	38,7	43,1	25,1	28,5
	1	47,7	49,4	47,9	59,7	58,5	66,7	67,4	70,3	58,5	56,1	65,1	44,2	59,8	51,1	53,3	53,8	62,5	65,2	64,3	60,2	46,8	51,0	51,0	56,0	57,0
	2-4	6,6	8,6	8,4	12,5	9,4	25,6	32,6	28,4	41,5	43,9	20,9	48,8	31,5	48,9	46,7	31,2	30,7	27,3	29,8	36,1	9,8	10,3	5,9	18,8	14,5
	Średnia	15,1	15,7	16,2	18,5	17,6	23,3	25,9	25,7	28,7	30,0	21,6	28,3	25,5	29,8	29,9	30,2	29,2	25,8	26,0	31,2	16,1	17,2	15,7	21,5	20,2
Lublin	0	44,4	44,4	44,2	22,2	22,2	4,1	1,7	10,3	6,7	4,1	13,1	11,1	20,9	18,8	17,2	11,1	0,0	41,8	0,0	0,0	15,8	22,7	36,8	24,2	26,7
	1	27,8	27,8	48,8	61,1	55,6	60,1	31,5	59,1	57,2	55,4	64,6	58,4	63,1	58,0	66,1	83,3	81,1	53,3	64,1	61,5	52,6	50,0	44,8	24,2	26,7
	2-4	27,8	27,8	7,0	16,7	22,2	35,8	66,8	30,7	36,1	40,5	22,3	30,5	15,9	23,2	16,7	5,6	18,9	4,9	35,9	38,5	31,6	27,3	18,4	51,5	46,7
	Średnia	20,0	20,8	15,9	20,8	22,8	26,8	32,8	24,3	25,6	26,8	26,4	24,2	20,3	23,3	22,2	19,2	22,3	15,3	24,9	25,8	24,7	27,1	19,9	33,3	29,3
Łódź	0	50,0	61,1	38,9	27,8	22,2	12,9	5,2	3,4	0,0	0,0	7,5	16,5	12,2	1,7	0,0	0,0	37,5	21,4	0,0	0,0	22,9	14,0	10,5	6,9	17,9
	1	50,0	38,9	61,1	61,1	66,7	62,9	71,4	74,0	64,0	62,3	81,7	73,1	69,8	63,9	59,0	60,0	37,5	67,9	75,0	75,0	51,4	66,0	70,2	79,3	67,9
	2-4	0,0	0,0	0,0	11,1	11,1	24,3	23,4	22,7	36,0	37,7	10,8	10,4	18,0	34,5	41,0	40,0	25,0	10,7	25,0	25,0	25,7	20,0	19,3	13,8	14,3
	Średnia	12,5	10,8	13,1	16,9	16,9	21,9	23,2	23,9	26,3	26,0	20,0	20,1	21,8	25,7	26,7	41,0	24,4	19,5	31,9	36,9	23,4	21,0	21,7	20,3	20,7
Olsztyn	0	57,8	31,4	42,9	22,5	21,3	15,6	0,9	0,4	0,9	1,7	7,6	0,3	2,6	4,5	3,9	44,7	24,9	14,0	5,1	7,1	28,4	22,8	22,5	23,7	25,7
	1	40,4	62,8	53,8	74,2	75,3	70,9	60,2	78,2	67,9	75,1	65,9	46,4	74,1	65,0	74,5	47,3	63,5	78,0	85,0	87,9	59,0	58,4	65,8	64,5	58,1
	2-4	1,8	5,9	3,3	3,4	3,4	13,6	38,9	21,4	31,3	23,2	26,5	53,4	23,4	30,5	21,7	8,1	11,6	8,0	9,9	5,0	12,6	18,8	11,7	11,8	16,2
	Średnia	12,4	16,1	15,4	16,3	17,1	20,5	25,3	23,9	24,9	24,2	24,3	29,3	24,6	25,0	23,0	16,1	19,7	19,5	20,8	19,0	18,0	20,3	18,6	18,7	20,4
Piła	0	85,7	14,3	57,1	0,0	28,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,3	3,5	16,2	5,8	9,3	30,3	0,0	21,2	0,0	12,1	16,7	0,0	0,0	0,0	0,0
	1	14,3	85,7	42,9	100,0	71,4	64,5	61,3	63,6	29,0	40,6	80,2	80,2	55,6	43,0	61,6	63,6	97,0	78,8	90,9	84,8	66,7	100,0	50,0	50,0	66,7
	2-4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	35,5	38,7	36,4	71,0	59,4	10,5	16,3	28,3	51,2	29,1	6,1	3,0	0,0	9,1	3,0	16,7	0,0	50,0	50,0	33,3
	Średnia	7,9	14,3	12,1	15,7	13,6	25,5	28,1	27,0	32,1	29,2	20,5	22,7	21,9	28,1	22,3	16,1	19,7	16,4	22,0	18,5	19,2	19,2	27,1	35,0	33,3
Poznań	0	50,0	0,0	57,1	25,0	25,0	2,6	0,9	0,4	1,2	2,8	7,2	1,8	1,3	0,0	2,1	25,8	5,0	12,0	0,0	10,8	14,6	1,8	16,4	13,7	24,6
	1	50,0	100,0	42,9	75,0	75,0	71,6	81,8	80,3	75,0	63,5	77,0	85,1	66,7	53,1	49,2	69,1	89,1	84,2	90,5	75,5	41,8	66,1	52,1	49,0	43,1
	2-4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	25,8	17,3	19,3	23,8	33,7	15,8	13,2	32,0	46,9	48,7	5,2	5,9	3,8	9,5	13,7	43,6	32,1	31,5	37,3	32,3
	Średnia	15,0	22,5	12,9	15,0	16,3	24,0	22,9	23,8	24,4	25,4	22,2	22,5	26,1	30,2	30,2	16,7	19,7	18,1	22,0	20,8	33,3	34,8	29,5	30,6	27,3

Tabela 4.1. – cd.

RDLP	Kl.def., śr.def.	Buk					Dąb					Brzoza					Olsza					Inne liściaste				
		2013	2014	2015	2016	2017	2013	2014	2015	2016	2017	2013	2014	2015	2016	2017	2013	2014	2015	2016	2017	2013	2014	2015	2016	2017
Szczecin	0	66,1	60,5	58,4	50,0	53,8	11,8	23,7	24,3	13,8	13,1	15,4	17,4	16,8	8,4	21,4	34,6	41,4	27,2	27,2	36,4	52,6	56,9	45,3	42,9	56,1
	1	27,7	30,7	34,5	42,4	42,0	50,3	58,6	60,3	75,2	68,2	71,4	66,2	68,9	80,3	65,9	57,2	48,4	58,8	58,6	45,1	38,1	41,5	44,7	48,7	34,2
	2-4	6,3	8,8	7,1	7,6	4,2	38,0	17,7	15,4	11,0	18,7	13,2	16,4	14,3	11,2	12,7	8,2	10,2	14,0	14,2	18,5	9,3	1,5	10,0	8,4	9,6
	Średnia	12,8	13,3	13,9	14,4	13,8	24,5	19,2	19,3	19,3	20,8	20,0	21,0	19,6	20,2	20,1	16,3	15,9	18,9	18,1	18,7	15,1	12,5	17,3	15,3	13,9
Szczecinek	0	34,6	19,3	34,5	6,6	21,2	4,2	1,1	1,0	0,0	0,0	16,6	5,2	14,6	3,9	9,8	2,3	0,8	10,6	0,7	2,7	16,2	2,7	17,4	4,9	9,5
	1	60,9	74,6	63,3	86,5	75,7	49,5	43,0	59,2	36,7	57,7	69,8	70,2	75,3	72,0	79,8	84,6	83,2	83,7	82,1	91,3	67,6	64,9	69,6	78,0	85,7
	2-4	4,5	6,2	2,2	7,0	3,1	46,3	55,9	39,8	63,3	42,3	13,6	24,6	10,1	24,1	10,4	13,1	16,0	5,7	17,1	6,0	16,2	32,4	13,0	17,1	4,8
	Średnia	15,5	16,8	15,0	19,1	16,1	30,6	30,7	26,1	31,9	26,1	20,6	22,8	18,8	23,1	19,6	21,2	23,2	18,8	23,0	19,6	24,2	26,0	18,9	22,6	18,7
Toruń	0	66,7	66,7	55,6	30,0	30,0	11,6	7,5	2,9	3,5	5,9	15,1	6,5	9,5	12,8	12,8	17,5	22,7	16,9	2,5	9,1	64,0	40,0	9,1	17,1	11,4
	1	33,3	33,3	44,4	70,0	65,0	70,6	73,3	81,2	75,4	61,8	83,9	92,6	81,9	69,9	79,1	82,5	72,7	80,0	95,0	86,4	36,0	60,0	45,5	65,7	65,7
	2-4	0,0	0,0	0,0	0,0	5,0	17,8	19,2	15,9	21,1	32,2	1,1	0,9	8,6	17,3	8,1	0,0	4,6	3,1	2,5	4,5	0,0	0,0	45,5	17,1	22,9
	Średnia	12,8	11,7	11,9	13,8	17,0	20,6	21,7	23,0	24,2	25,5	16,7	18,4	19,3	20,8	19,2	16,1	16,4	16,6	19,5	19,5	13,0	14,4	30,1	20,7	22,4
Wrocław	0	39,0	54,9	56,7	27,9	40,0	4,8	3,7	2,1	0,7	0,3	9,3	5,0	4,6	2,5	5,8	22,1	21,3	17,4	10,3	32,6	11,5	9,7	7,0	2,6	16,3
	1	50,9	43,1	41,7	57,4	45,0	49,7	65,8	62,8	61,3	55,3	59,0	71,9	73,5	69,3	59,0	65,4	71,7	70,5	76,2	54,3	49,6	59,0	61,7	62,4	51,5
	2-4	10,2	2,0	1,7	14,8	15,0	45,5	30,5	35,2	38,0	44,4	31,7	23,1	21,9	28,2	35,3	12,6	7,1	12,1	13,5	13,2	38,9	31,4	31,3	35,0	32,2
	Średnia	16,5	12,4	13,4	19,4	18,3	27,0	24,7	25,7	27,3	28,5	25,7	25,9	23,4	27,0	28,3	19,7	18,7	19,3	19,7	17,7	28,6	27,5	27,0	27,3	25,5
Zielona Góra	0	36,4	36,4	50,0	57,1	92,9	17,1	7,7	3,5	3,9	14,7	20,4	24,8	13,5	14,7	23,5	22,9	25,0	12,5	12,2	24,5	36,1	29,2	29,9	27,6	47,4
	1	63,6	54,6	42,9	42,9	7,1	59,5	67,5	64,1	79,7	51,9	73,1	68,3	78,9	76,5	63,7	77,1	75,0	85,4	77,6	53,1	55,6	58,3	58,4	63,2	44,7
	2-4	0,0	9,1	7,1	0,0	0,0	23,4	24,8	32,4	16,4	33,3	6,5	6,9	7,7	8,8	12,7	0,0	0,0	2,1	10,2	22,4	8,3	12,5	11,7	9,2	7,9
	Średnia	11,8	15,5	17,9	12,1	8,6	22,3	22,9	27,2	22,3	23,4	17,2	17,9	18,0	19,2	19,0	15,6	15,2	17,7	18,6	20,3	17,5	18,3	18,8	18,7	17,8
Gdańsk	0	14,4	13,4	12,6	18,9	18,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,9	4,4	5,2	15,7	14,7	11,5	0,0	0,0	3,8	3,7	4,0	8,0	10,0	25,0	17,4
	1	83,3	82,9	86,2	81,1	81,1	75,5	84,8	76,4	81,5	83,1	73,3	78,3	87,2	78,4	78,9	88,5	92,3	88,9	92,3	96,3	68,0	80,0	76,7	66,7	73,9
	2-4	2,2	3,7	1,2	0,0	0,0	24,5	15,3	23,6	18,5	16,9	20,8	17,2	7,6	5,9	6,4	0,0	7,7	11,1	3,8	0,0	28,0	12,0	13,3	8,3	8,7
	Średnia	17,3	18,4	17,8	16,9	16,2	25,1	23,7	24,0	22,9	22,5	22,7	22,0	19,6	17,7	18,0	17,9	20,6	20,2	19,2	18,3	23,8	21,6	19,7	19,0	18,3
Radom	0	53,6	14,3	26,7	3,7	7,7	17,1	20,0	16,5	6,4	6,3	5,5	10,5	9,3	0,0	0,0	19,4	38,7	26,7	12,5	12,1	7,9	13,5	6,3	2,9	0,0
	1	39,3	71,4	60,0	77,8	73,1	67,6	59,1	67,7	69,1	66,7	81,8	66,7	68,6	59,7	59,0	67,8	45,2	45,0	62,5	69,7	65,8	59,5	61,0	76,5	75,8
	2-4	7,1	14,3	13,3	18,5	19,2	15,2	21,0	15,8	24,5	27,0	12,7	22,8	22,1	40,3	41,0	12,9	16,1	28,3	25,0	18,2	26,3	27,0	32,7	20,6	24,2
	Średnia	14,5	20,0	18,3	23,7	23,3	20,1	20,6	19,7	22,9	23,4	20,8	22,5	22,8	27,3	26,1	17,9	18,2	23,8	25,8	21,7	27,5	26,2	28,2	26,0	26,1
Warszawa	0	-	-	-	-	-	0,0	1,8	2,0	0,0	0,0	2,7	1,4	6,4	1,3	1,4	2,2	2,2	12,6	9,2	14,9	0,0	4,6	14,6	28,6	28,6
	1	-	-	-	-	-	50,0	50,0	63,7	52,7	57,6	73,3	70,8	76,9	51,3	51,4	52,2	54,4	69,9	58,5	72,3	72,7	81,8	70,7	71,4	71,4
	2-4	-	-	-	-	-	50,0	48,2	34,3	47,3	42,4	24,0	27,8	16,7	47,4	47,1	45,7	43,5	17,5	32,3	12,8	27,3	13,6	14,6	0,0	0,0
	Średnia	-	-	-	-	-	29,8	29,5	26,4	28,2	28,2	25,6	25,6	21,9	31,0	29,0	36,0	35,8	24,1	31,1	20,5	23,4	20,2	19,9	16,4	16,2
Razem	0	40,3	34,0	38,5	24,2	33,1	7,2	5,1	5,1	3,2	3,6	10,9	6,9	8,9	6,6	8,4	27,4	20,4	18,4	9,7	13,4	26,7	23,5	24,9	18,4	24,2
	1	52,1	58,5	56,5	68,2	60,5	58,2	61,4	66,7	64,2	60,2	66,6	66,2	70,7	63,3	65,0	59,5	66,7	70,6	74,8	72,3	50,9	57,4	57,0	59,1	53,9
	2-4	7,6	7,6	4,9	7,6	6,4	34,6	33,5	28,2	32,6	36,2	22,5	26,9	20,4	30,1	26,6	13,1	12,9	10,9	15,5	14,3	22,4	19,1	18,1	22,5	21,9
	Średnia	15,7	16,2	15,6	17,6	16,5	25,4	25,3	24,5	25,4	26,0	23,1	24,1	22,4	25,0	24,2	19,4	20,4	19,6	21,7	21,2	22,0	21,6	21,0	22,7	22,3

Tabela 4.1. – cd.

RDLP	Kl.def., śr.def.	Iglaste razem					Liściaste razem					Gatunki razem				
		2013	2014	2015	2016	2017	2013	2014	2015	2016	2017	2013	2014	2015	2016	2017
Białystok	0	12,5	9,5	5,9	6,9	4,8	25,0	16,0	15,1	10,8	7,0	16,5	11,6	9,2	8,2	5,5
	1	68,3	65,7	72,1	76,4	79,2	53,5	59,6	66,9	63,6	71,0	63,5	63,7	70,2	72,2	76,4
	2-4	19,3	24,8	22,0	16,7	16,0	21,5	24,3	18,0	25,6	22,0	20,0	24,7	20,6	19,6	18,1
	Średnia	21,7	23,7	23,7	22,4	23,4	21,1	22,8	21,3	24,4	25,1	21,5	23,4	22,8	23,1	24,0
Katowice	0	1,2	4,8	4,4	2,7	2,7	6,2	8,0	8,3	5,7	10,9	3,1	6,1	5,9	3,9	5,9
	1	62,4	83,2	80,3	80,7	79,7	42,8	64,3	62,8	55,2	43,8	54,9	75,7	73,4	70,7	65,7
	2-4	36,4	12,0	15,3	16,5	17,5	51,0	27,8	28,9	39,1	45,4	42,0	18,3	20,7	25,4	28,4
	Średnia	26,6	21,3	22,3	23,0	23,4	29,2	24,3	24,1	26,4	28,1	27,6	22,5	23,0	24,3	25,3
Kraków	0	16,0	16,0	13,4	17,7	20,9	30,3	29,2	29,6	26,4	28,8	23,2	22,6	21,2	22,1	24,8
	1	63,1	63,0	67,0	61,1	58,4	50,7	51,9	55,4	53,2	45,8	56,8	57,5	61,4	57,1	52,2
	2-4	20,9	21,0	19,6	21,2	20,7	19,0	18,9	15,1	20,4	25,4	20,0	20,0	17,4	20,8	23,0
	Średnia	21,3	21,2	21,5	21,0	21,0	20,0	20,5	19,5	20,3	21,8	20,6	20,9	20,5	20,6	21,4
Krosno	0	10,2	8,0	6,8	4,8	5,9	36,0	30,9	31,8	20,3	22,9	21,6	18,1	18,7	11,7	13,5
	1	66,3	70,9	70,4	72,6	73,5	50,6	52,6	54,3	58,4	57,7	59,4	62,8	62,8	66,3	66,5
	2-4	23,5	21,1	22,9	22,6	20,7	13,4	16,5	13,9	21,3	19,3	19,0	19,1	18,6	22,0	20,1
	Średnia	23,6	23,7	24,5	24,6	24,1	18,6	19,6	19,0	21,9	21,9	21,4	21,9	21,9	23,4	23,1
Lublin	0	4,1	4,0	5,9	7,1	6,5	9,2	6,9	23,1	11,5	9,6	6,1	5,1	13,2	8,8	7,7
	1	67,5	63,9	68,5	70,4	70,5	61,8	44,5	56,3	56,2	57,6	65,3	56,3	63,3	64,9	65,6
	2-4	28,4	32,2	25,6	22,5	22,9	29,0	48,6	20,6	32,4	32,8	28,7	38,6	23,5	26,3	26,7
	Średnia	24,5	25,4	23,8	22,6	23,3	25,9	28,6	21,1	25,1	25,3	25,0	26,6	22,7	23,6	24,0
Łódź	0	9,5	14,7	18,6	14,8	18,0	14,1	16,4	11,4	3,6	3,6	10,4	15,1	17,1	12,5	15,1
	1	79,1	74,3	65,6	68,9	65,5	69,4	67,9	70,5	65,9	62,1	77,2	72,9	66,6	68,3	64,8
	2-4	11,4	11,0	15,9	16,3	16,5	16,5	15,7	18,2	30,5	34,3	12,4	12,0	16,4	19,3	20,1
	Średnia	20,4	20,2	20,7	21,6	20,9	20,9	20,7	21,8	24,8	25,4	20,5	20,3	20,9	22,3	21,9
Olsztyn	0	12,0	5,8	4,1	3,1	2,2	27,5	12,9	11,1	7,1	7,9	18,6	8,9	7,1	4,8	4,7
	1	73,3	65,8	81,6	84,1	88,2	57,9	57,0	73,5	72,8	77,1	66,7	61,9	78,1	79,1	83,3
	2-4	14,8	28,5	14,4	12,8	9,6	14,6	30,2	15,3	20,2	15,0	14,7	29,2	14,8	16,0	12,0
	Średnia	20,9	24,3	22,1	22,6	22,4	19,3	23,5	21,5	22,3	21,3	20,2	24,0	21,8	22,5	21,9
Piła	0	14,7	9,1	15,5	4,8	7,9	15,3	2,5	13,8	3,1	8,5	14,8	8,2	15,2	4,6	8,0
	1	76,8	84,0	78,8	82,2	83,6	70,6	81,0	59,7	52,8	62,8	75,9	83,5	75,9	78,2	80,8
	2-4	8,5	6,9	5,7	13,0	8,5	14,1	16,6	26,5	44,2	28,7	9,3	8,3	8,9	17,3	11,2
	Średnia	18,8	19,8	18,6	21,4	20,1	20,0	22,6	22,1	27,3	22,9	19,0	20,2	19,1	22,2	20,5
Poznań	0	6,7	3,1	2,9	0,8	3,6	9,3	1,9	5,3	1,8	6,7	7,6	2,7	3,6	1,1	4,7
	1	83,3	89,0	85,3	81,3	65,3	70,4	82,9	73,8	68,4	59,9	78,9	86,9	81,6	76,9	63,4
	2-4	10,0	7,9	11,8	17,9	31,1	20,3	15,2	21,0	29,8	33,4	13,5	10,4	14,7	22,0	31,9
	Średnia	20,8	20,4	22,3	23,7	25,6	23,0	23,3	23,8	26,3	26,0	21,5	21,4	22,8	24,6	25,8

Tabela 4.1. – cd.

RDLP	Kl.def., śr.def.	Iglaste razem					Liściaste razem					Gatunki razem				
		2013	2014	2015	2016	2017	2013	2014	2015	2016	2017	2013	2014	2015	2016	2017
Szczecin	0	18,4	29,3	24,4	14,4	11,2	31,0	36,3	31,5	25,2	32,2	22,1	31,5	26,7	17,7	17,7
	1	65,0	59,6	62,0	76,8	76,2	51,9	51,7	55,7	64,0	54,0	61,1	57,2	60,0	72,9	69,4
	2-4	16,7	11,1	13,6	8,7	12,6	17,1	12,0	12,8	10,8	13,8	16,8	11,4	13,3	9,4	13,0
	Średnia	20,4	17,6	18,9	19,0	20,6	18,7	17,1	18,2	17,9	18,1	19,9	17,5	18,7	18,7	19,8
Szczecinek	0	20,6	11,8	18,1	6,9	11,8	18,2	8,0	18,9	3,7	10,8	19,7	10,5	18,4	5,8	11,5
	1	71,2	78,1	76,1	82,5	82,4	67,1	70,3	70,8	74,1	78,4	69,7	75,3	74,2	79,5	80,9
	2-4	8,3	10,1	5,8	10,7	5,8	14,7	21,7	10,3	22,2	10,8	10,6	14,2	7,4	14,7	7,6
	Średnia	18,0	19,5	17,6	20,6	18,4	20,5	22,1	18,5	22,9	19,2	18,9	20,4	17,9	21,4	18,7
Toruń	0	9,7	6,8	3,5	3,7	5,6	20,5	14,7	9,9	9,0	10,5	11,6	8,3	5,0	4,8	6,6
	1	83,4	87,1	87,4	84,9	81,6	71,1	76,3	76,3	74,4	71,4	81,2	85,0	84,8	82,7	79,4
	2-4	6,9	6,1	9,1	11,4	12,8	8,4	9,1	13,9	16,5	18,0	7,2	6,7	10,2	12,5	14,0
	Średnia	18,5	19,5	21,5	21,7	22,1	17,9	18,9	21,1	21,7	21,8	18,4	19,4	21,4	21,7	22,0
Wrocław	0	14,4	12,0	8,0	4,6	10,6	12,2	11,1	9,0	4,7	13,2	13,4	11,6	8,5	4,6	11,8
	1	65,7	77,5	78,4	75,8	61,6	53,6	64,3	64,1	64,8	54,0	60,2	71,5	71,6	70,7	58,1
	2-4	19,9	10,5	13,6	19,6	27,8	34,2	24,7	27,0	30,4	32,8	26,3	16,9	20,0	24,6	30,1
	Średnia	21,4	19,7	20,9	23,1	24,0	25,5	24,3	24,3	25,7	25,3	23,3	21,8	22,5	24,3	24,6
Zielona Góra	0	14,4	11,1	6,4	4,0	7,6	23,6	20,3	14,2	14,9	28,1	16,2	13,0	8,1	6,3	12,0
	1	73,1	74,1	78,8	83,0	66,3	65,1	66,5	68,8	73,7	52,2	71,6	72,6	76,7	81,1	63,3
	2-4	12,5	14,7	14,7	13,0	26,1	11,3	13,2	17,0	11,4	19,7	12,3	14,4	15,2	12,7	24,8
	Średnia	19,6	20,6	21,4	21,1	24,2	18,5	19,2	21,6	19,8	20,1	19,4	20,3	21,4	20,9	23,3
Gdańsk	0	2,0	2,2	2,4	7,3	5,9	7,4	5,6	5,8	13,7	12,7	3,7	3,3	3,5	9,4	8,1
	1	80,4	85,4	85,5	83,6	87,4	76,5	81,3	84,9	79,7	80,9	79,2	84,1	85,3	82,3	85,4
	2-4	17,6	12,4	12,1	9,1	6,6	16,1	13,2	9,3	6,6	6,4	17,1	12,6	11,2	8,3	6,5
	Średnia	23,1	21,6	21,3	20,3	20,0	21,5	21,4	19,9	18,6	18,4	22,6	21,5	20,8	19,7	19,5
Radom	0	13,3	13,6	18,1	14,7	18,9	17,5	18,6	12,8	4,9	4,9	14,3	14,7	16,5	12,4	15,5
	1	68,8	64,4	61,2	65,3	61,8	67,3	60,5	63,8	67,9	67,0	68,5	63,5	62,0	65,9	63,1
	2-4	17,8	22,0	20,7	20,0	19,4	15,2	20,9	23,4	27,2	28,0	17,2	21,8	21,5	21,7	21,5
	Średnia	21,0	21,8	21,7	21,7	21,3	20,5	21,5	23,3	24,8	24,1	20,9	21,8	22,2	22,5	22,0
Warszawa	0	9,9	7,6	4,6	4,9	5,4	1,5	2,0	8,6	5,9	7,1	7,1	5,8	6,1	5,3	5,9
	1	76,4	76,5	73,9	77,2	77,1	61,8	62,3	72,1	55,7	60,4	71,6	71,9	73,2	69,9	71,8
	2-4	13,8	15,9	21,5	17,8	17,5	36,7	35,7	19,3	38,4	32,5	21,3	22,3	20,7	24,8	22,2
	Średnia	20,0	21,2	23,0	22,2	22,6	28,9	28,5	23,0	28,9	25,4	22,9	23,6	23,0	24,5	23,5
Razem	0	11,7	10,6	9,7	6,9	8,2	19,2	14,9	16,1	10,4	13,7	14,1	12,0	11,9	8,0	10,1
	1	72,1	74,2	74,7	78,2	75,2	58,9	62,7	65,6	65,5	62,7	67,8	70,4	71,5	73,9	71,0
	2-4	16,3	15,3	15,6	14,9	16,6	21,9	22,5	18,3	24,1	23,6	18,1	17,7	16,5	18,0	18,9
	Średnia	21,0	21,1	21,5	21,8	22,2	21,9	22,4	21,4	23,2	22,8	21,3	21,5	21,5	22,3	22,4

Tabela 4.1. – cd.

RDLP	Kl.def., śr.def.	Sosna					Świerk					Jodła					Inne iglaste				
		2018	2019	2020	2021	2022	2018	2019	2020	2021	2022	2018	2019	2020	2021	2022	2018	2019	2020	2021	2022
Białystok	0	1,6	2,0	2,0	2,7	3,9	10,6	5,6	3,6	1,3	1,7	-	-	-	-	-	0,0	0,0	50,0	50,0	0,0
	1	86,2	89,8	90,1	88,6	86,7	73,9	74,8	83,6	85,5	85,6	-	-	-	-	-	100,0	50,0	50,0	50,0	66,7
	2-4	12,2	8,3	8,0	8,7	9,5	15,5	19,5	12,8	13,2	12,7	-	-	-	-	-	0,0	50,0	0,0	0,0	33,3
	Średnia	23,2	22,2	22,0	22,8	22,1	24,2	25,9	22,6	23,5	22,8	-	-	-	-	-	22,5	25,0	15,0	15,0	21,7
Katowice	0	1,1	0,8	5,3	8,2	7,1	3,3	3,3	1,7	3,1	1,7	58,6	0,0	0,0	18,0	19,7	2,4	1,2	12,0	7,4	4,9
	1	85,1	79,7	86,5	88,5	89,8	60,7	65,0	61,7	57,8	46,7	36,2	95,1	96,7	77,0	70,5	87,8	77,1	73,5	80,2	77,8
	2-4	13,7	19,5	8,2	3,4	3,1	36,1	31,7	36,7	39,1	51,7	5,2	4,9	3,3	4,9	9,8	9,8	21,7	14,5	12,3	17,3
	Średnia	22,5	23,3	20,5	18,5	18,6	28,0	27,2	28,0	30,9	30,7	13,9	17,5	20,9	17,2	18,8	21,1	24,3	24,4	21,9	23,1
Kraków	0	2,7	0,0	0,0	0,0	7,8	0,0	0,0	0,0	0,0	6,3	40,2	12,2	7,6	7,2	21,3	15,6	0,0	0,0	0,0	3,4
	1	70,5	88,3	79,6	82,4	75,8	87,5	93,8	81,3	81,3	62,5	54,3	83,8	89,7	85,6	71,1	62,5	90,6	78,1	86,7	79,3
	2-4	26,7	11,7	20,4	17,6	16,4	12,5	6,3	18,8	18,8	31,3	5,5	4,1	2,7	7,2	7,6	21,9	9,4	21,9	13,3	17,2
	Średnia	25,4	24,4	25,1	24,0	20,8	21,9	20,0	23,8	22,5	25,3	15,8	17,6	19,3	18,3	18,4	23,0	22,3	27,2	24,0	20,7
Krosno	0	2,2	0,5	8,1	19,5	12,4	6,3	6,2	11,4	20,3	25,7	8,3	23,9	35,4	43,6	37,1	0,0	11,9	25,6	20,9	27,9
	1	74,6	80,0	75,3	73,1	71,5	73,4	69,2	67,1	56,3	60,0	72,7	63,9	58,6	49,4	57,8	90,5	81,0	62,8	67,4	60,5
	2-4	23,2	19,5	16,7	7,4	16,1	20,3	24,6	21,4	23,4	14,3	19,0	12,3	6,1	7,0	5,1	9,5	7,1	11,6	11,6	11,6
	Średnia	25,3	25,0	21,1	18,2	20,4	22,9	24,2	22,5	22,3	20,3	22,7	18,9	15,8	15,4	15,6	22,1	18,6	18,4	17,2	19,4
Lublin	0	6,3	1,8	1,0	2,0	3,4	5,6	0,0	0,0	0,0	0,0	2,3	0,0	0,0	0,0	4,3	100,0	0,0	0,0	20,0	20,0
	1	68,7	75,1	72,0	70,6	71,1	27,8	41,7	41,7	29,2	33,3	70,5	65,1	67,4	64,4	61,7	0,0	100,0	80,0	60,0	60,0
	2-4	25,0	23,1	26,9	27,4	25,5	66,7	58,3	58,3	70,8	66,7	27,3	34,9	32,6	35,6	34,0	0,0	0,0	20,0	20,0	20,0
	Średnia	23,9	25,4	25,9	25,7	25,2	38,9	37,7	40,6	39,4	36,0	26,0	28,0	27,0	29,0	27,8	10,0	17,5	23,0	21,0	30,0
Łódź	0	19,2	12,6	9,3	15,3	15,5	9,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	20,0	20,0	0,0	20,0	18,8	9,4	25,0	6,7	18,8
	1	63,3	69,6	69,0	69,9	72,2	36,4	60,0	50,0	50,0	50,0	75,0	60,0	60,0	80,0	80,0	65,6	81,3	68,8	80,0	68,8
	2-4	17,5	17,8	21,8	14,8	12,3	54,5	40,0	50,0	50,0	50,0	25,0	20,0	20,0	20,0	0,0	15,6	9,4	6,3	13,3	12,5
	Średnia	21,5	22,1	23,7	20,7	20,3	32,7	27,5	32,5	37,5	28,8	23,8	20,0	19,0	21,0	20,0	19,2	18,8	18,0	19,3	18,8
Olsztyn	0	4,5	3,5	1,1	0,6	2,7	35,5	17,5	5,1	5,7	15,8	-	-	-	-	-	47,8	8,7	4,2	0,0	10,5
	1	85,9	87,1	87,7	86,3	83,1	58,7	77,3	81,5	78,6	79,1	-	-	-	-	-	52,2	82,6	83,3	80,0	84,2
	2-4	9,6	9,4	11,1	13,1	14,2	5,8	5,2	13,4	15,7	5,0	-	-	-	-	-	0,0	8,7	12,5	20,0	5,3
	Średnia	21,4	22,2	22,5	23,3	23,2	16,7	18,8	23,1	23,8	19,6	-	-	-	-	-	13,7	18,0	21,7	24,2	19,5
Piła	0	7,5	3,6	3,5	4,4	24,4	5,9	10,3	12,8	5,1	36,8	-	-	-	-	-	13,3	0,0	0,0	0,0	7,1
	1	84,2	82,6	82,4	76,2	69,8	88,2	89,7	84,6	82,1	39,5	-	-	-	-	-	80,0	93,3	92,9	85,7	71,4
	2-4	8,3	13,8	14,1	19,5	5,9	5,9	0,0	2,6	12,8	23,7	-	-	-	-	-	6,7	6,7	7,1	14,3	21,4
	Średnia	20,2	22,0	22,3	23,7	17,0	18,2	17,1	18,1	20,6	19,1	-	-	-	-	-	18,0	23,0	20,4	21,8	20,4
Poznań	0	5,6	2,1	5,5	12,0	40,4	4,3	4,5	4,5	23,5	58,8	-	-	-	-	-	7,1	14,3	7,7	7,7	50,0
	1	72,7	73,6	75,5	62,8	51,7	69,6	50,0	45,5	41,2	41,2	-	-	-	-	-	64,3	42,9	92,3	76,9	50,0
	2-4	21,7	24,3	19,0	25,2	7,9	26,1	45,5	50,0	35,3	0,0	-	-	-	-	-	28,6	42,9	0,0	15,4	0,0
	Średnia	23,3	24,5	22,9	23,0	16,1	28,0	28,0	45,7	21,8	11,2	-	-	-	-	-	30,0	32,1	19,2	21,2	12,9

Tabela 4.1. – cd.

RDLP	Kl.def., śr.def.	Sosna					Świerk					Jodła					Inne iglaste				
		2018	2019	2020	2021	2022	2018	2019	2020	2021	2022	2018	2019	2020	2021	2022	2018	2019	2020	2021	2022
Szczecin	0	10,5	9,4	8,7	10,5	9,4	11,5	9,6	9,6	7,7	11,5	-	-	-	-	-	31,7	23,8	25,4	30,2	23,7
	1	73,8	70,4	68,7	69,6	71,7	76,9	78,8	73,1	71,2	65,4	-	-	-	-	-	60,3	65,1	57,1	49,2	66,1
	2-4	15,7	20,2	22,6	19,8	18,9	11,5	11,5	17,3	21,2	23,1	-	-	-	-	-	7,9	11,1	17,5	20,6	10,2
	Średnia	21,6	22,5	23,5	22,4	22,8	19,8	20,9	22,9	24,9	24,5	-	-	-	-	-	17,1	18,7	19,7	20,6	19,2
Szczecinek	0	11,0	7,9	5,8	3,9	8,0	3,4	1,4	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,7	5,4	5,3	10,0	2,7	
	1	83,7	88,2	88,0	87,3	87,5	84,2	75,2	83,7	77,6	56,4	100,0	100,0	100,0	100,0	86,5	89,2	92,1	75,0	67,6	
	2-4	5,2	3,9	6,1	8,8	4,5	12,3	23,4	15,5	22,4	43,6	0,0	0,0	0,0	0,0	10,8	5,4	2,6	15,0	29,7	
	Średnia	18,2	18,7	19,9	20,9	18,3	23,0	27,4	24,2	25,9	28,1	17,5	17,5	17,5	16,3	18,8	21,5	20,3	19,7	20,6	26,2
Toruń	0	9,0	5,2	2,7	5,3	8,1	50,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-	-	-	-	14,3	15,4	28,6	7,1	7,1	
	1	79,9	78,0	85,6	85,2	84,0	50,0	50,0	0,0	0,0	0,0	-	-	-	-	71,4	53,8	64,3	85,7	85,7	
	2-4	11,1	16,8	11,7	9,5	7,9	0,0	50,0	100,0	100,0	100,0	-	-	-	-	14,3	30,8	7,1	7,1	7,1	
	Średnia	21,6	22,5	21,8	21,1	20,0	12,5	30,0	40,0	40,0	70,0	-	-	-	-	21,1	20,8	18,6	19,3	18,9	
Wrocław	0	10,9	8,2	8,5	9,0	33,8	14,2	35,7	29,1	5,4	11,6	33,3	11,1	20,0	20,0	0,0	3,2	23,3	1,7	0,0	5,2
	1	66,1	54,1	75,6	77,6	57,7	62,5	33,4	55,2	77,7	69,9	66,7	44,4	40,0	80,0	100,0	50,8	23,3	79,3	81,7	79,3
	2-4	23,0	37,7	15,9	13,4	8,5	23,3	30,9	15,7	16,9	18,5	0,0	44,4	40,0	0,0	0,0	46,0	53,3	19,0	18,3	15,5
	Średnia	23,4	26,9	21,8	21,9	17,3	22,6	21,9	19,0	22,5	22,3	18,3	25,6	22,0	20,0	18,3	27,5	26,0	24,6	23,4	21,9
Zielona Góra	0	17,4	2,6	7,2	0,9	16,6	59,3	44,4	63,0	4,3	8,7	-	-	-	-	0,0	-	-	0,0	0,0	
	1	60,2	55,1	70,3	81,9	73,7	37,0	48,1	33,3	73,9	65,2	-	-	-	-	100,0	-	-	0,0	100,0	
	2-4	22,4	42,3	22,5	17,2	9,7	3,7	7,4	3,7	21,7	26,1	-	-	-	-	0,0	-	-	100,0	0,0	
	Średnia	21,8	28,6	23,2	24,2	19,0	12,4	15,6	12,0	22,8	22,0	-	-	-	-	20,0	-	-	40,0	22,5	
Gdańsk	0	4,9	5,0	4,8	1,6	4,9	2,6	5,7	11,8	3,2	12,1	-	-	-	-	5,1	2,4	39,0	11,9	33,3	
	1	90,3	87,4	89,4	89,1	88,8	52,6	62,9	58,8	74,2	54,5	-	-	-	-	92,3	92,7	61,0	88,1	66,7	
	2-4	4,9	7,6	5,8	9,3	6,3	44,7	31,4	29,4	22,6	33,3	-	-	-	-	2,6	4,9	0,0	0,0	0,0	
	Średnia	19,5	19,8	20,0	21,6	20,4	33,4	33,0	30,3	23,7	26,5	-	-	-	-	19,5	18,9	13,5	16,5	13,9	
Radom	0	21,6	19,3	12,5	18,2	13,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,7	17,1	16,2	20,0	29,0	75,0	33,3	33,3	50,0	50,0
	1	63,5	62,6	64,7	64,5	69,2	14,3	18,8	18,8	25,0	26,7	50,5	50,5	51,4	60,0	55,1	25,0	50,0	33,3	33,3	37,5
	2-4	15,0	18,1	22,8	17,3	17,1	85,7	81,3	81,3	75,0	73,3	39,8	32,4	32,4	20,0	15,9	0,0	16,7	33,3	16,7	12,5
	Średnia	19,6	20,5	23,3	20,5	21,6	44,3	43,8	45,9	48,4	43,0	30,7	25,8	26,0	22,4	19,3	11,3	19,2	17,5	16,7	13,8
Warszawa	0	4,8	3,0	0,7	2,4	7,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	14,3	0,0	0,0	0,0	16,7	
	1	79,8	82,8	78,4	79,2	78,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	85,7	100,0	100,0	100,0	83,3	
	2-4	15,4	14,2	20,9	18,4	14,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
	Średnia	21,7	22,2	24,5	22,7	21,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	16,4	17,5	20,8	20,0	17,5	
Razem	0	8,9	5,4	5,2	6,5	12,9	13,2	15,4	12,6	4,6	9,9	21,9	15,7	19,3	24,4	27,3	12,5	10,4	15,4	10,9	15,5
	1	76,4	76,4	79,1	78,7	76,0	66,7	61,1	69,3	75,2	68,3	61,1	70,6	70,4	65,2	63,3	72,6	71,5	72,6	75,0	71,2
	2-4	14,7	18,2	15,7	14,9	11,1	20,1	23,4	18,2	20,2	21,8	17,0	13,8	10,2	10,4	9,4	14,9	18,0	12,0	14,1	13,3
	Średnia	21,7	23,0	22,4	22,2	20,2	23,3	24,1	23,0	24,4	23,5	21,2	20,0	19,4	18,2	18,0	21,0	21,6	20,9	20,8	20,3

Tabela 4.1. – cd.

RDLP	Kl.def., śr.def.	Buk					Dąb					Brzoza					Olsza					Inne liściaste				
		2018	2019	2020	2021	2022	2018	2019	2020	2021	2022	2018	2019	2020	2021	2022	2018	2019	2020	2021	2022	2018	2019	2020	2021	2022
Białystok	0	-	-	-	-	-	0,9	0,8	0,8	0,0	0,7	4,5	6,9	5,9	8,0	13,6	7,7	15,5	11,4	7,7	19,7	10,3	16,3	14,5	18,4	37,3
	1	-	-	-	-	-	75,2	83,1	77,5	80,6	85,2	74,9	76,7	74,0	77,0	73,1	82,8	80,5	86,0	88,7	73,9	75,7	71,6	75,4	72,1	51,6
	2-4	-	-	-	-	-	23,9	16,1	21,7	19,4	14,1	20,6	16,3	20,1	15,0	13,3	9,4	4,0	2,6	3,6	6,4	14,0	12,1	10,1	9,6	11,1
	Średnia	-	-	-	-	-	24,1	24,0	24,8	25,0	23,5	24,9	23,8	23,9	22,8	22,4	21,1	18,0	18,2	18,6	18,1	21,5	20,1	19,9	20,8	19,2
Katowice	0	18,6	3,1	25,8	44,8	28,8	0,5	0,0	0,0	3,1	0,0	2,7	0,0	3,5	12,4	7,5	0,0	0,0	4,6	7,6	7,6	1,2	0,0	11,0	11,3	1,3
	1	74,3	77,3	68,7	49,7	66,3	35,4	20,4	46,5	56,4	55,8	46,6	46,4	66,2	74,8	77,4	51,6	37,5	76,9	77,3	60,6	46,4	46,3	53,7	66,3	68,4
	2-4	7,2	19,6	5,5	5,5	4,9	64,2	79,6	53,5	40,4	44,2	50,7	53,6	30,3	12,8	15,1	48,4	62,5	18,5	15,2	31,8	52,4	53,7	35,4	22,5	30,4
	Średnia	17,4	20,7	17,5	14,9	16,2	32,2	37,9	31,8	27,5	29,3	30,5	31,7	26,7	21,3	21,6	32,3	33,7	23,8	22,2	26,5	31,0	32,7	28,4	25,5	25,3
Kraków	0	27,5	0,6	2,8	13,8	59,1	0,0	0,0	1,0	5,1	6,9	5,6	0,0	0,0	0,0	25,0	37,0	0,0	0,0	0,0	33,3	35,3	2,3	5,7	37,0	63,0
	1	65,4	97,2	87,3	80,1	35,8	48,5	71,1	74,2	66,7	66,3	66,7	76,5	80,0	80,0	56,3	48,1	85,2	81,5	74,1	48,1	49,4	82,6	78,4	54,3	28,4
	2-4	7,1	2,2	9,9	6,1	5,0	51,5	28,9	24,7	28,3	26,7	27,8	23,5	20,0	20,0	18,8	14,8	14,8	18,5	25,9	18,5	15,3	15,1	15,9	8,6	8,6
	Średnia	17,4	17,9	22,7	18,2	14,2	29,4	27,3	25,0	25,4	22,9	23,9	32,4	24,0	25,3	20,6	17,8	21,7	24,8	24,6	17,6	20,5	23,0	22,4	18,2	15,5
Krosno	0	33,0	20,1	18,1	40,1	40,1	0,0	0,0	2,4	14,6	25,4	4,3	0,0	0,0	14,3	0,0	4,8	15,7	19,3	31,1	2,7	30,4	12,9	15,1	25,0	23,7
	1	58,0	73,5	69,8	54,3	56,5	52,4	69,0	68,3	70,7	65,1	53,2	70,5	66,7	73,8	80,5	64,3	67,5	62,7	56,8	78,4	57,0	76,2	68,8	65,3	67,4
	2-4	9,1	6,4	12,1	5,6	3,4	47,6	31,0	29,3	14,6	9,5	42,6	29,5	33,3	11,9	19,5	31,0	16,9	18,1	12,2	18,9	12,6	11,0	16,1	9,7	8,8
	Średnia	16,4	17,7	19,3	14,8	14,6	30,6	26,3	24,3	19,5	17,7	31,1	29,1	26,8	19,5	23,7	28,5	23,5	21,7	17,0	23,6	19,5	21,4	20,1	17,6	18,1
Lublin	0	21,1	41,2	23,5	33,3	13,3	1,6	0,0	0,0	0,3	0,0	17,3	5,3	2,4	4,4	7,1	0,0	24,1	13,6	10,2	6,7	29,0	18,8	23,3	23,1	32,0
	1	57,9	23,5	41,2	53,3	66,7	56,3	47,8	47,2	62,7	66,9	66,5	81,3	81,1	77,0	77,5	66,7	60,3	78,0	88,1	93,3	25,8	37,5	50,0	46,2	48,0
	2-4	21,1	35,3	35,3	13,3	20,0	42,1	52,2	52,8	37,0	33,1	16,2	13,5	16,6	18,6	15,4	33,3	15,5	8,5	1,7	0,0	45,2	43,8	26,7	30,8	20,0
	Średnia	23,7	20,9	28,2	20,0	21,7	27,5	30,1	29,5	27,7	26,2	22,0	22,8	24,1	22,8	22,5	25,6	20,9	21,1	18,1	17,4	28,9	34,7	26,2	27,3	24,2
Łódź	0	33,3	11,1	11,1	88,9	88,9	0,0	3,8	8,8	4,3	5,7	0,0	0,0	0,9	4,7	6,1	25,0	0,0	12,5	37,5	22,2	25,9	19,2	11,1	48,1	57,1
	1	66,7	77,8	77,8	5,6	5,6	67,1	50,5	44,2	59,5	55,7	61,6	59,5	50,0	67,9	78,8	50,0	75,0	87,5	62,5	77,8	59,3	69,2	81,5	44,4	35,7
	2-4	0,0	11,1	11,1	5,6	5,6	32,9	45,7	46,9	36,2	38,5	38,4	40,5	49,1	27,4	15,2	25,0	25,0	0,0	0,0	0,0	14,8	11,5	7,4	7,4	7,1
	Średnia	15,3	21,1	19,2	8,3	8,6	26,3	27,5	27,8	25,4	26,2	28,1	28,7	31,2	27,0	23,3	27,5	29,4	18,8	16,9	15,6	20,4	18,3	18,5	17,0	16,4
Olsztyn	0	41,2	34,8	43,5	44,3	41,2	9,5	5,6	1,5	7,5	6,5	7,5	16,6	3,9	7,4	9,4	38,3	24,6	29,3	15,3	18,0	44,2	26,7	39,1	35,7	43,6
	1	57,4	56,5	50,7	52,5	54,4	77,1	78,4	83,3	84,4	87,3	78,6	77,5	89,3	86,8	82,8	55,6	69,2	64,2	79,1	72,4	43,3	61,0	45,5	50,4	45,5
	2-4	1,5	8,7	5,8	3,3	4,4	13,4	16,0	15,2	8,1	6,2	13,9	5,9	6,8	5,8	7,8	6,1	6,3	6,5	5,5	9,6	12,5	12,4	15,5	13,9	10,9
	Średnia	15,0	16,4	14,9	14,1	14,6	21,3	21,9	22,9	20,6	19,6	21,7	18,8	20,3	20,4	19,9	17,0	17,7	18,8	19,3	20,4	18,7	20,0	20,7	20,6	20,0
Piła	0	0,0	56,5	44,0	10,3	41,4	0,0	2,9	2,6	0,0	2,6	9,2	3,9	6,7	4,5	16,7	9,1	33,3	12,1	3,0	9,1	0,0	16,7	16,7	0,0	0,0
	1	100,0	43,5	52,0	86,2	48,3	36,4	35,3	56,4	30,8	56,4	60,9	72,4	61,1	70,1	60,6	87,9	66,7	87,9	87,9	78,8	100,0	83,3	83,3	33,3	66,7
	2-4	0,0	0,0	4,0	3,4	10,3	63,6	61,8	41,0	69,2	41,0	29,9	23,7	32,2	25,4	22,7	3,0	0,0	0,0	9,1	12,1	0,0	0,0	0,0	66,7	33,3
	Średnia	15,0	12,0	14,0	17,9	17,8	30,2	29,7	27,1	36,8	28,1	24,8	26,8	35,1	23,9	22,2	18,5	14,5	16,1	22,1	19,8	20,0	15,8	18,3	30,0	25,0
Poznań	0	60,0	40,0	50,0	71,4	100,0	5,6	2,0	0,0	2,3	13,5	4,9	7,5	6,1	17,2	36,5	30,4	16,5	10,9	15,4	39,9	24,2	16,7	11,9	17,9	28,6
	1	40,0	60,0	50,0	28,6	0,0	58,1	46,8	52,8	45,0	57,3	55,1	68,8	66,7	57,1	46,5	62,3	73,4	82,0	71,1	58,1	50,0	51,5	52,4	36,9	48,8
	2-4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	36,3	51,2	47,2	52,7	29,2	40,0	23,7	27,2	25,8	17,0	7,2	10,1	7,0	13,4	2,0	25,8	31,8	35,7	45,2	22,6
	Średnia	10,0	16,0	13,3	10,7	9,0	25,6	31,4	30,7	32,7	24,1	28,4	24,5	24,5	23,3	20,1	16,9	19,8	18,4	18,9	14,4	25,2	27,2	26,7	26,8	21,6

Tabela 4.1. – cd.

RDLP	Kl.def., śr.def.	Buk					Dąb					Brzoza					Olsza					Inne liściaste				
		2018	2019	2020	2021	2022	2018	2019	2020	2021	2022	2018	2019	2020	2021	2022	2018	2019	2020	2021	2022	2018	2019	2020	2021	2022
Szczecin	0	57,1	34,2	35,0	55,6	55,0	11,6	7,3	4,1	14,0	5,4	24,5	16,9	18,8	29,7	23,2	36,2	31,3	32,6	52,0	47,3	32,5	28,9	30,7	50,4	27,8
	1	34,5	45,0	48,3	35,7	32,1	56,3	49,8	51,1	57,6	61,5	56,1	58,1	60,2	48,8	56,7	44,2	47,2	45,7	29,9	25,6	44,7	37,7	41,2	34,2	51,3
	2-4	8,4	20,8	16,7	8,7	13,0	32,1	42,9	44,8	28,4	33,1	19,4	25,0	21,0	21,5	20,1	19,6	21,5	21,7	18,1	27,1	22,8	33,3	28,1	15,4	20,9
	Średnia	14,2	19,9	19,7	14,7	16,0	23,7	28,6	29,3	23,3	25,3	20,3	23,5	23,8	21,5	20,3	19,8	20,3	19,8	16,4	20,5	21,5	24,7	20,4	16,2	20,0
Szczecinek	0	20,7	24,8	19,2	6,3	0,3	0,0	1,8	2,5	0,0	0,0	12,0	13,6	10,9	7,1	3,2	3,6	12,8	10,2	8,8	1,0	9,3	8,7	21,7	0,0	0,0
	1	76,6	67,0	73,8	84,3	61,3	64,6	69,1	72,0	67,2	34,0	78,9	81,1	83,1	80,0	64,0	93,4	79,1	82,8	78,0	75,5	86,0	80,4	69,6	80,4	44,4
	2-4	2,8	8,2	7,0	9,4	38,3	35,4	29,1	25,4	32,8	66,0	9,1	5,3	6,0	12,9	32,9	3,0	8,0	7,0	13,2	23,5	4,7	10,9	8,7	19,6	55,6
	Średnia	16,2	17,9	18,4	20,9	26,5	24,7	23,9	23,9	26,1	31,8	19,2	19,0	19,4	21,6	25,8	18,6	18,3	18,5	21,5	24,9	19,3	18,8	18,8	24,0	34,3
Toruń	0	45,0	21,1	25,0	28,6	38,1	10,9	5,4	1,2	2,4	3,0	19,1	21,4	3,9	7,2	12,2	22,7	36,4	59,1	48,9	33,3	34,4	11,8	11,8	34,3	34,3
	1	50,0	57,9	60,0	66,7	52,4	74,1	62,2	69,0	72,9	77,5	75,2	72,3	85,7	85,0	82,3	75,0	59,1	40,9	48,9	64,4	53,1	73,5	85,3	57,1	57,1
	2-4	5,0	21,1	15,0	4,8	9,5	15,0	32,4	29,8	24,7	19,5	5,7	6,3	10,4	7,8	5,4	2,3	4,5	0,0	2,2	2,2	12,5	14,7	2,9	8,6	8,6
	Średnia	14,8	20,0	21,0	17,9	17,6	21,1	25,8	26,7	24,2	23,9	18,4	16,9	20,4	18,6	17,8	15,2	14,8	12,3	13,3	14,1	17,0	19,4	18,7	16,4	15,7
Wrocław	0	26,2	33,9	38,8	23,6	50,0	4,8	0,3	0,0	2,8	9,5	14,5	5,3	3,1	5,5	21,0	24,3	24,3	27,1	11,2	32,9	13,1	13,2	19,3	15,7	33,2
	1	52,5	32,1	44,9	61,8	42,3	36,9	11,4	38,5	53,1	67,3	51,3	29,1	49,1	73,2	64,1	58,8	44,9	62,1	76,9	58,1	51,5	43,0	49,6	60,6	51,3
	2-4	21,3	33,9	16,3	14,5	7,7	58,4	88,3	61,5	44,0	23,2	34,2	65,6	47,9	21,3	14,9	16,9	30,9	10,7	11,9	9,0	35,4	43,8	31,1	23,7	15,5
	Średnia	21,9	22,9	19,2	20,8	16,3	30,5	44,5	34,3	29,1	23,2	27,5	36,8	31,0	25,9	21,0	19,3	21,7	17,8	19,7	17,5	28,6	32,9	28,6	26,2	20,3
Zielona Góra	0	85,7	86,7	80,0	26,7	33,3	9,2	1,5	3,8	0,0	4,7	17,5	1,0	6,9	0,0	8,8	35,3	26,5	44,9	8,2	32,7	47,2	15,3	19,4	0,0	27,5
	1	14,3	13,3	20,0	73,3	66,7	52,3	6,9	22,0	55,0	51,7	55,3	47,1	42,6	66,3	62,6	45,1	57,1	53,1	91,8	67,3	47,2	69,4	66,7	81,7	65,2
	2-4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	38,5	91,6	74,2	45,0	43,6	27,2	52,0	50,5	33,7	28,6	19,6	16,3	2,0	0,0	0,0	5,6	15,3	13,9	18,3	7,2
	Średnia	8,6	11,0	8,0	15,0	12,7	24,0	45,1	35,8	29,7	27,4	22,2	35,7	32,5	28,9	26,8	19,0	19,1	13,7	16,1	14,1	14,9	22,0	18,5	23,2	17,0
Gdańsk	0	21,1	15,6	17,8	31,2	54,8	1,5	0,0	7,1	5,9	9,1	9,2	16,9	3,1	11,5	12,7	37,0	51,9	32,1	10,7	46,4	27,3	22,7	18,2	34,9	32,6
	1	78,9	81,1	74,4	67,7	45,2	83,3	74,2	88,2	94,1	90,9	80,5	77,9	86,5	80,6	80,4	63,0	48,1	60,7	85,7	50,0	63,6	72,7	77,3	58,1	62,8
	2-4	0,0	3,3	7,8	1,1	0,0	15,2	25,8	4,7	0,0	0,0	10,3	5,1	10,4	7,9	6,9	0,0	0,0	7,1	3,6	3,6	9,1	4,5	4,5	7,0	4,7
	Średnia	15,8	17,7	17,2	14,4	12,4	23,0	25,7	19,4	18,9	18,9	19,6	17,8	21,8	20,5	19,5	14,8	13,0	17,0	15,5	15,5	17,3	16,8	17,0	16,2	19,4
Radom	0	7,7	8,0	8,0	23,1	23,1	6,4	11,3	9,6	12,4	18,3	6,5	0,0	1,6	19,6	30,8	18,2	9,4	21,9	12,5	9,4	0,0	3,2	3,2	0,0	22,6
	1	76,9	48,0	44,0	38,5	57,7	70,9	66,9	65,2	71,5	64,1	69,4	66,1	75,4	66,7	59,6	69,7	71,9	65,6	68,8	78,1	81,8	71,0	64,5	56,7	41,9
	2-4	15,4	44,0	48,0	38,5	19,2	22,7	21,8	25,2	16,1	17,6	24,2	33,9	23,0	13,7	9,6	12,1	18,8	12,5	18,8	12,5	18,2	25,8	32,3	43,3	35,5
	Średnia	22,1	27,0	27,0	24,0	22,1	22,6	22,3	22,4	20,9	20,2	22,7	24,9	24,3	19,3	18,8	22,1	27,8	21,7	24,8	23,6	25,8	27,1	30,6	28,0	27,7
Warszawa	0	-	-	-	-	-	0,0	0,0	1,7	0,0	1,7	2,8	3,4	0,0	1,7	3,4	12,8	8,9	2,2	2,2	2,2	28,6	18,5	22,2	3,7	31,3
	1	-	-	-	-	-	58,6	55,9	18,6	51,6	55,2	64,8	61,0	27,1	54,2	58,6	61,7	73,3	64,4	71,1	75,6	71,4	81,5	51,9	92,6	68,8
	2-4	-	-	-	-	-	41,4	44,1	79,7	48,4	43,1	32,4	35,6	72,9	44,1	37,9	25,5	17,8	33,3	26,7	22,2	0,0	0,0	25,9	3,7	0,0
	Średnia	-	-	-	-	-	26,6	26,9	36,5	27,8	27,3	29,3	27,9	35,8	32,9	29,1	27,1	22,4	27,8	28,9	25,2	16,2	15,9	22,2	20,0	16,9
Razem	0	29,3	20,1	21,9	29,8	35,4	4,8	2,7	2,1	4,3	6,1	9,9	9,5	5,8	9,6	12,7	21,6	20,3	21,0	17,5	22,3	23,7	14,7	18,4	23,0	30,9
	1	64,1	68,6	67,5	62,9	51,6	57,8	48,8	55,9	63,4	65,6	67,0	68,0	71,7	74,1	70,4	65,0	65,9	69,2	72,3	64,7	55,0	61,0	60,4	59,3	53,6
	2-4	6,7	11,3	10,5	7,3	13,0	37,5	48,5	42,0	32,4	28,2	23,1	22,6	22,5	16,3	16,8	13,3	13,8	9,8	10,2	13,0	21,3	24,2	21,2	17,7	15,6
	Średnia	16,6	18,6	19,0	17,0	17,6	26,0	30,7	28,5	26,1	24,5	23,7	24,1	24,6	22,5	21,9	20,1	19,8	19,1	19,3	19,8	22,6	24,8	22,9	21,6	20,2

Tabela 4.1. – cd.

RDLP	Kl.def., śr.def.	Iglaste razem					Liściaste razem					Gatunki razem				
		2018	2019	2020	2021	2022	2018	2019	2020	2021	2022	2018	2019	2020	2021	2022
Białystok	0	3,4	2,7	2,4	2,5	3,4	6,0	10,2	8,3	8,4	17,6	4,3	5,3	4,4	4,6	8,7
	1	83,7	86,7	88,7	87,9	86,4	77,5	77,9	78,4	80,2	71,4	81,6	83,7	85,2	85,1	80,8
	2-4	12,8	10,6	8,9	9,7	10,2	16,6	11,9	13,3	11,3	11,0	14,1	11,1	10,4	10,3	10,5
	Średnia	23,4	23,0	22,1	22,9	22,2	23,0	21,4	21,6	21,6	20,7	23,3	22,5	21,9	22,4	21,7
Katowice	0	4,4	0,9	5,3	8,4	7,4	5,2	0,7	8,4	16,1	9,2	4,8	0,8	6,6	11,6	8,1
	1	81,3	79,5	84,6	85,3	85,2	50,0	44,8	60,4	63,2	65,9	68,5	65,2	74,7	76,0	76,9
	2-4	14,2	19,5	10,1	6,4	7,5	44,8	54,5	31,2	20,7	25,0	26,7	33,9	18,8	12,4	14,9
	Średnia	22,2	23,3	21,2	19,5	19,7	28,3	31,4	26,1	22,3	23,6	24,7	26,6	23,2	20,7	21,4
Kraków	0	23,5	6,5	4,1	4,0	15,1	22,2	0,7	2,7	14,9	43,0	22,9	3,6	3,4	9,5	28,8
	1	62,0	86,3	85,0	84,5	72,9	57,0	86,2	81,6	71,2	44,0	59,5	86,3	83,3	77,8	58,7
	2-4	14,5	7,2	10,9	11,5	12,1	20,8	13,0	15,7	13,9	13,0	17,6	10,1	13,3	12,7	12,5
	Średnia	20,0	20,5	22,1	20,8	19,6	21,2	22,1	23,4	20,7	17,3	20,6	21,3	22,7	20,7	18,5
Krosno	0	4,6	10,2	19,9	29,1	24,0	24,2	14,5	15,1	30,6	26,6	13,4	12,1	17,7	29,8	25,1
	1	74,6	73,2	67,4	62,1	64,6	57,8	73,1	68,3	60,6	64,9	67,1	73,2	67,8	61,5	64,7
	2-4	20,7	16,6	12,7	8,8	11,4	18,0	12,4	16,6	8,8	8,5	19,5	14,7	14,5	8,8	10,1
	Średnia	24,0	22,3	19,1	17,4	18,5	21,0	21,0	20,7	16,6	17,6	22,6	21,7	19,8	17,0	18,1
Lublin	0	6,2	1,7	1,0	2,0	3,4	8,4	6,0	3,8	4,3	4,5	7,0	3,4	2,1	2,9	3,8
	1	67,9	73,8	71,1	69,2	69,6	58,5	57,4	59,8	68,6	71,9	64,3	67,5	66,7	69,0	70,5
	2-4	25,9	24,5	27,9	28,8	27,0	33,1	36,6	36,4	27,1	23,6	28,7	29,2	31,2	28,1	25,6
	Średnia	24,3	25,8	26,3	26,1	25,6	25,7	27,1	26,9	25,1	24,0	24,8	26,3	26,6	25,7	25,0
Łódź	0	19,0	12,4	9,9	14,9	15,6	6,1	4,1	6,2	15,3	17,0	16,4	10,6	9,0	15,0	15,9
	1	63,1	69,9	68,9	70,3	72,0	63,1	58,6	53,6	57,8	59,4	63,1	67,4	65,4	67,5	69,2
	2-4	17,9	17,8	21,3	14,8	12,4	30,7	37,3	40,2	26,9	23,6	20,5	22,0	25,6	17,5	14,9
	Średnia	21,6	22,1	23,5	20,7	20,3	25,7	26,7	27,4	23,9	22,7	22,4	23,1	24,4	21,4	20,8
Olsztyn	0	8,3	5,1	1,6	1,2	4,2	22,4	18,4	17,2	14,7	16,3	14,5	11,0	8,4	7,3	9,8
	1	82,6	86,0	87,0	85,3	82,7	67,0	72,4	73,2	78,2	75,8	75,8	80,0	81,0	82,1	79,5
	2-4	9,0	8,9	11,4	13,5	13,1	10,6	9,2	9,6	7,0	8,0	9,7	9,1	10,6	10,6	10,7
	Średnia	20,8	21,8	22,6	23,4	22,8	19,6	19,2	20,2	19,8	19,6	20,3	20,6	21,5	21,8	21,3
Piła	0	7,6	3,7	3,8	4,3	24,6	6,7	16,9	11,9	4,0	15,6	7,5	5,6	5,0	4,3	23,4
	1	84,2	83,0	82,6	76,5	68,8	64,2	60,5	64,2	66,1	61,3	81,5	79,8	79,8	75,1	67,8
	2-4	8,2	13,3	13,6	19,2	6,7	29,1	22,7	23,8	29,9	23,1	11,1	14,6	15,2	20,6	8,8
	Średnia	20,1	21,9	22,1	23,6	17,2	24,0	22,6	27,0	25,7	22,4	20,7	22,0	22,9	23,9	17,9
Poznań	0	5,6	2,3	5,5	12,1	40,8	13,1	8,5	5,8	11,6	27,6	8,3	4,6	5,6	11,9	35,9
	1	72,5	72,8	75,1	62,6	51,5	57,2	59,5	62,3	52,6	53,4	67,0	68,0	70,4	58,9	52,2
	2-4	21,9	24,9	19,4	25,3	7,7	29,8	32,0	31,9	35,7	19,1	24,7	27,5	23,9	29,2	11,9
	Średnia	23,5	24,6	23,3	22,9	16,0	24,4	26,4	25,9	26,3	20,5	23,8	25,3	24,2	24,2	17,6

Tabela 4.1. – cd.

RDLP	Kl.def., śr.def.	Iglaste razem					Liściaste razem					Gatunki razem				
		2018	2019	2020	2021	2022	2018	2019	2020	2021	2022	2018	2019	2020	2021	2022
Szczecin	0	11,3	9,9	9,3	11,1	9,9	29,6	21,6	22,0	37,3	29,6	16,9	13,5	13,2	19,6	16,3
	1	73,4	70,5	68,4	69,0	71,4	48,6	48,6	50,1	42,8	46,0	65,9	63,8	62,7	60,5	63,1
	2-4	15,3	19,6	22,3	19,9	18,7	21,8	29,8	28,0	19,9	24,4	17,2	22,8	24,0	19,9	20,6
	Średnia	21,4	22,4	23,3	22,4	22,7	20,4	23,9	23,3	19,0	21,0	21,1	22,8	23,3	21,3	22,2
Szczecinek	0	10,0	7,2	5,4	3,7	7,2	11,8	15,1	12,7	6,0	1,4	10,7	10,3	8,3	4,6	4,8
	1	83,9	87,0	87,8	86,2	84,7	79,6	75,2	78,4	79,1	60,4	82,3	82,4	84,0	83,3	74,7
	2-4	6,0	5,7	6,8	10,1	8,1	8,6	9,6	8,9	14,9	38,3	7,0	7,3	7,7	12,1	20,5
	Średnia	18,8	19,5	20,3	21,3	19,2	18,7	19,1	19,4	22,1	27,0	18,7	19,4	20,0	21,6	22,5
Toruń	0	9,1	5,3	3,0	5,3	8,1	19,0	16,3	10,2	13,0	13,9	11,4	7,8	4,7	7,2	9,5
	1	79,8	77,7	85,2	85,0	83,9	71,8	66,6	73,1	73,1	74,8	78,0	75,2	82,3	82,2	81,7
	2-4	11,1	17,0	11,8	9,7	8,0	9,3	17,1	16,7	13,9	11,3	10,7	17,0	13,0	10,7	8,8
	Średnia	21,6	22,5	21,8	21,1	20,1	18,7	20,3	21,9	20,1	19,7	20,9	22,0	21,8	20,8	20,0
Wrocław	0	11,8	18,6	15,4	7,3	24,4	13,2	10,6	12,0	9,3	23,6	12,4	14,9	13,8	8,2	24,0
	1	63,9	45,1	68,4	77,9	63,3	47,9	29,8	47,3	62,9	59,9	56,5	38,0	58,3	70,8	61,7
	2-4	24,3	36,3	16,1	14,8	12,2	38,9	59,6	40,7	27,9	16,5	31,1	47,1	27,9	21,0	14,3
	Średnia	23,3	25,1	21,0	22,2	19,2	27,1	35,1	28,8	25,8	20,7	25,1	29,7	24,7	23,9	19,9
Zielona Góra	0	18,2	3,4	8,3	1,0	16,5	25,4	10,8	16,3	2,1	14,7	19,7	5,0	10,0	1,2	16,1
	1	59,8	55,0	69,6	81,6	73,6	49,7	37,1	40,4	68,3	59,5	57,6	51,2	63,3	78,7	70,6
	2-4	22,0	41,6	22,1	17,4	9,9	24,9	52,0	43,4	29,6	25,7	22,6	43,8	26,7	20,1	13,3
	Średnia	21,6	28,4	23,0	24,2	19,1	20,5	33,2	27,5	26,0	23,0	21,4	29,4	24,0	24,6	19,9
Gdańsk	0	4,8	4,9	6,7	2,1	6,5	13,5	16,5	9,8	16,8	24,7	7,5	8,5	7,7	6,9	12,4
	1	88,8	86,7	86,9	88,6	86,5	78,5	75,8	82,1	78,6	71,5	85,5	83,3	85,4	85,3	81,6
	2-4	6,5	8,4	6,4	9,3	7,1	8,0	7,8	8,1	4,5	3,8	7,0	8,2	7,0	7,8	6,0
	Średnia	20,1	20,2	20,1	21,5	20,3	18,9	18,7	19,8	18,2	17,7	19,7	19,8	20,0	20,4	19,5
Radom	0	19,7	18,7	12,9	18,3	16,0	7,2	7,5	8,5	13,4	20,5	16,6	15,8	11,7	17,0	17,2
	1	60,3	60,0	61,7	62,8	66,1	72,3	66,1	65,5	65,6	61,8	63,3	61,6	62,7	63,6	64,9
	2-4	20,0	21,3	25,4	18,8	18,0	20,5	26,4	26,1	21,0	17,7	20,1	22,6	25,6	19,4	17,9
	Średnia	21,7	21,6	24,1	21,3	21,6	22,9	24,4	24,0	22,1	21,3	22,0	22,4	24,1	21,5	21,5
Warszawa	0	4,9	3,0	0,7	2,3	7,4	7,1	5,8	4,2	1,5	5,1	5,6	3,8	1,7	2,1	6,7
	1	79,9	83,0	78,7	79,5	78,7	62,9	65,3	36,8	62,6	62,7	74,6	77,6	66,4	74,2	73,8
	2-4	15,2	14,0	20,7	18,1	14,0	29,9	28,9	58,9	35,9	32,2	19,8	18,6	31,9	23,7	19,5
	Średnia	21,6	22,1	24,4	22,7	21,1	26,6	24,6	32,2	28,5	26,4	23,2	22,8	26,7	24,5	22,7
Razem	0	9,8	6,7	6,6	7,2	13,4	15,2	11,7	11,4	14,1	18,0	11,6	8,4	8,3	9,6	15,0
	1	75,0	74,9	77,9	77,8	74,8	62,1	61,6	64,7	67,2	63,2	70,6	70,3	73,3	74,0	70,7
	2-4	15,2	18,4	15,5	15,0	11,8	22,7	26,7	23,9	18,7	18,8	17,7	21,3	18,4	16,3	14,3
	Średnia	21,8	22,9	22,3	22,2	20,4	22,5	24,5	23,7	22,1	21,5	22,0	23,4	22,8	22,1	20,8

Tabela 4.2. Udział procentowy drzew w klasach defoliacji 0 (do 10% def.), 1 (11–25% def.) i 2–4 (> 25% def. i drzewa martwe) oraz średnia defoliacja [%] według gatunków w układzie krain przyrodniczo–leśnych – wiek powyżej 20 lat, wszystkie formy własności, lata 2012–2022.

Kraina przyrodniczo–leśna	Kl.def., śr.def.	Sosna					Świerk					Jodła					Inne iglaste				
		2013	2014	2015	2016	2017	2013	2014	2015	2016	2017	2013	2014	2015	2016	2017	2013	2014	2015	2016	2017
Bałtycka	0	16,6	17,0	17,8	10,1	10,4	23,4	20,9	15,4	7,7	7,3	-	-	-	-	-	20,3	29,1	23,0	12,1	13,7
	1	69,9	71,7	73,7	81,2	82,0	59,0	61,9	69,3	71,3	72,4	-	-	-	-	-	66,9	58,9	68,4	78,7	77,4
	2–4	13,6	11,2	8,5	8,7	7,7	17,6	17,2	15,4	21,0	20,3	-	-	-	-	-	12,8	12,1	8,6	9,2	8,9
	Średnia	19,8	19,4	18,6	19,7	19,4	20,5	20,4	19,9	22,2	22,5	-	-	-	-	-	19,7	18,6	17,7	19,5	19,1
Mazursko–Podlaska	0	9,3	5,4	5,5	3,9	3,0	33,6	25,7	12,0	14,3	10,9	-	-	-	-	-	64,0	8,0	8,3	0,0	5,0
	1	76,8	72,3	80,2	80,9	82,9	38,0	35,6	51,9	62,4	67,1	-	-	-	-	-	36,0	88,0	87,5	100,0	90,0
	2–4	13,9	22,4	14,3	15,2	14,1	28,4	38,8	36,1	23,3	22,0	-	-	-	-	-	0,0	4,0	4,2	0,0	5,0
	Średnia	21,2	23,6	22,4	23,1	23,5	21,2	24,4	24,4	22,5	23,5	-	-	-	-	-	11,8	17,0	16,9	18,2	18,5
Wielkopolsko–Pomorska	0	9,5	7,4	6,8	3,9	6,0	28,4	22,7	28,7	13,7	18,1	-	-	-	-	-	26,9	20,8	20,8	13,2	11,2
	1	79,8	82,9	80,9	82,0	76,4	63,7	70,9	65,4	71,6	68,1	-	-	-	-	-	61,5	66,0	64,2	71,7	64,0
	2–4	10,8	9,7	12,3	14,1	17,6	7,8	6,4	5,9	14,7	13,8	-	-	-	-	-	11,5	13,2	15,1	15,1	24,7
	Średnia	20,0	20,2	21,3	21,9	22,4	17,4	17,2	16,7	21,6	20,3	-	-	-	-	-	18,6	19,5	20,9	22,9	25,1
Mazowiecko–Podlaska	0	5,5	3,5	4,0	3,6	3,5	14,3	14,3	14,3	17,9	7,1	-	-	-	-	-	42,3	38,5	30,8	23,1	29,6
	1	73,5	70,4	74,8	74,5	74,3	42,9	28,6	35,7	60,7	64,3	-	-	-	-	-	50,0	53,9	65,4	73,1	66,7
	2–4	21,1	26,1	21,2	21,9	22,1	42,9	57,1	50,0	21,4	28,6	-	-	-	-	-	7,7	7,7	3,9	3,8	3,7
	Średnia	22,9	24,5	23,2	23,8	24,2	25,0	28,2	26,6	20,5	28,9	-	-	-	-	-	15,0	19,2	16,4	16,7	16,9
Śląska	0	9,8	6,3	2,6	1,5	3,9	28,0	19,0	11,7	4,3	27,8	-	0,0	-	-	-	11,6	18,2	15,6	13,6	11,3
	1	66,5	84,2	86,0	83,7	73,4	58,7	75,8	79,8	74,5	58,2	-	0,0	-	-	-	68,1	74,0	71,4	70,4	71,3
	2–4	23,7	9,5	11,4	14,8	22,7	13,3	5,3	8,5	21,3	13,9	-	100,0	-	-	-	20,3	7,8	13,0	16,0	17,5
	Średnia	22,6	20,2	21,3	22,5	24,3	18,0	18,6	19,2	23,6	18,6	-	40,0	-	-	-	22,0	18,8	20,5	21,9	22,6
Małopolska	0	6,4	9,7	13,6	10,6	12,1	7,8	7,8	10,0	3,9	4,0	12,6	15,0	18,3	8,5	10,4	8,3	4,2	8,3	4,2	5,7
	1	70,2	68,3	66,5	67,6	66,7	47,4	48,3	46,4	38,2	39,0	57,9	56,7	57,2	62,8	57,5	72,9	77,1	75,0	79,2	69,8
	2–4	23,4	22,1	20,0	21,8	21,1	44,8	44,0	43,6	57,8	57,0	29,5	28,3	24,5	28,7	32,1	18,8	18,8	16,7	16,7	24,5
	Średnia	23,6	23,1	22,3	23,0	22,8	29,7	30,2	28,8	31,6	34,4	24,5	23,7	22,7	25,8	26,2	20,9	22,1	20,4	22,3	23,4
Sudecka	0	0,0	6,3	6,3	0,0	0,0	15,3	16,0	13,7	9,8	18,3	23,1	15,4	15,4	23,1	30,0	4,7	6,7	2,2	2,2	4,3
	1	69,2	81,3	81,3	76,9	52,9	57,8	72,6	73,5	72,5	60,7	53,8	69,2	69,2	61,5	60,0	46,5	84,4	93,3	76,1	60,9
	2–4	30,8	12,5	12,5	23,1	47,1	26,9	11,3	12,8	17,7	21,0	23,1	15,4	15,4	15,4	10,0	48,8	8,9	4,5	21,7	34,8
	Średnia	26,9	20,9	21,9	25,4	26,5	23,4	19,3	19,9	22,2	22,0	20,0	19,2	19,2	23,8	18,5	26,7	19,6	21,0	25,1	26,0
Karpacka	0	4,9	6,0	5,8	5,1	4,7	6,8	6,1	6,1	5,6	8,1	20,6	19,5	19,9	18,0	23,6	4,1	1,3	1,3	1,2	2,2
	1	72,6	73,9	76,1	76,5	78,6	61,4	62,0	60,9	60,5	58,0	66,8	67,1	66,9	67,0	62,4	66,2	69,3	70,1	75,3	75,8
	2–4	22,5	20,1	18,1	18,4	16,7	31,9	32,0	32,9	33,9	33,9	12,6	13,4	13,3	15,0	14,1	29,7	29,3	28,6	23,5	22,0
	Średnia	24,1	23,2	23,1	23,5	23,1	26,6	26,9	26,8	27,8	27,9	19,0	19,1	19,4	20,0	19,4	25,6	25,5	25,4	24,9	24,9
Kraj	0	9,2	8,3	8,8	6,0	6,9	18,6	16,2	12,2	9,2	12,0	19,2	18,6	19,5	16,3	21,2	18,1	17,1	14,5	9,0	9,8
	1	73,8	75,0	76,1	77,6	75,2	54,4	58,7	62,7	65,0	62,4	64,9	65,2	65,2	66,1	61,4	62,6	69,0	72,4	76,4	71,7
	2–4	17,0	16,7	15,0	16,4	17,9	27,0	25,1	25,1	25,7	25,6	15,9	16,2	15,3	17,5	17,4	19,4	13,9	13,1	14,6	18,5
	Średnia	21,6	21,8	21,6	22,3	22,7	23,2	23,1	23,0	24,2	24,4	20,0	20,0	20,0	21,1	20,7	20,9	20,2	20,2	21,8	22,5

Tabela 4.2. – cd.

Kraina przyrodniczo-leśna	Kl.def., śr.def.	Buk					Dąb					Brzoza					Olsza					Inne liściaste				
		2013	2014	2015	2016	2017	2013	2014	2015	2016	2017	2013	2014	2015	2016	2017	2013	2014	2015	2016	2017	2013	2014	2015	2016	2017
Bałtycka	0	42,7	28,6	38,8	19,6	27,8	7,2	9,6	10,4	5,6	5,2	12,6	7,8	11,4	8,7	12,8	21,6	17,7	15,5	11,9	11,8	19,5	23,4	25,8	18,9	28,3
	1	53,6	65,1	58,0	75,2	69,3	59,8	61,0	67,0	69,2	71,0	71,5	71,3	78,0	77,7	78,0	70,6	72,0	75,2	76,4	77,7	62,1	59,1	62,0	65,9	59,0
	2-4	3,7	6,4	3,2	5,2	2,9	32,9	29,4	22,6	25,2	23,9	16,0	20,9	10,7	13,6	9,2	7,8	10,3	9,3	11,7	10,5	18,4	17,5	12,2	15,2	12,7
	Średnia	14,5	16,2	15,2	17,3	15,8	25,3	23,8	22,5	23,5	23,1	21,1	22,4	19,5	20,5	19,3	17,8	19,0	18,7	20,0	19,5	22,2	21,7	19,1	21,4	19,7
Mazursko-Podlaska	0	63,3	46,7	56,7	50,0	30,0	14,8	3,1	0,0	0,5	0,5	11,1	3,1	4,2	3,7	4,6	48,6	30,7	24,1	16,5	11,2	42,5	31,9	28,3	24,3	22,2
	1	36,7	53,3	43,3	50,0	70,0	65,7	60,7	75,9	62,8	73,6	60,5	43,5	69,8	54,2	63,4	43,4	60,3	66,4	73,2	80,3	45,8	56,0	61,0	59,8	60,5
	2-4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	19,5	36,1	24,1	36,7	25,9	28,4	53,4	26,1	42,1	31,9	8,0	9,0	9,5	10,3	8,5	11,8	12,0	10,8	15,9	17,3
	Średnia	11,5	12,7	11,8	12,5	15,5	21,4	24,9	24,0	26,4	25,1	24,5	30,2	25,8	29,0	26,7	15,0	17,8	18,6	19,5	20,4	16,7	17,7	17,5	19,4	20,4
Wielkopolsko-Pomorska	0	33,8	23,6	36,3	9,9	21,3	6,7	4,2	1,7	2,1	4,6	15,5	7,5	7,4	4,7	8,2	23,4	14,8	17,7	7,3	21,3	31,8	24,7	24,1	18,5	28,4
	1	61,8	72,2	61,3	79,0	75,6	64,8	72,2	73,9	68,6	56,9	73,4	80,7	72,6	62,7	65,4	73,4	82,6	80,3	87,5	70,7	51,8	59,8	50,7	58,5	51,2
	2-4	4,4	4,2	2,5	11,1	3,1	28,6	23,6	24,4	29,3	38,4	11,1	11,8	20,0	32,6	26,3	3,3	2,7	2,0	5,3	7,9	16,5	15,5	25,2	22,9	20,4
	Średnia	15,6	16,9	14,8	19,6	16,1	23,9	23,5	24,8	26,1	27,0	19,8	21,0	22,2	26,0	24,0	16,3	17,4	17,1	19,4	18,7	19,4	20,4	22,6	23,1	21,0
Mazowiecko-Podlaska	0	0,0	0,0	33,3	0,0	50,0	4,8	0,8	6,8	4,3	3,2	13,3	7,8	10,6	9,8	7,1	28,5	16,8	17,1	14,6	12,7	12,4	11,7	13,5	16,6	12,3
	1	100,0	100,0	66,7	100,0	50,0	71,2	56,5	63,9	63,7	64,3	66,4	66,2	69,2	64,3	70,2	55,7	66,0	67,6	70,9	76,6	72,0	73,1	71,3	63,8	63,9
	2-4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	24,1	42,7	29,4	32,0	32,4	20,3	26,0	20,1	25,9	22,7	15,9	17,2	15,4	14,4	10,7	15,6	15,2	15,2	19,6	23,8
	Średnia	20,0	20,0	16,7	17,5	12,5	23,8	27,5	24,4	25,3	25,3	22,8	23,9	22,3	24,3	24,4	20,5	21,9	22,0	21,8	20,2	20,4	20,7	20,6	21,8	23,5
Śląska	0	11,8	15,3	17,4	15,2	19,2	5,1	2,5	1,8	1,2	4,2	7,9	5,6	4,5	3,4	8,2	24,4	22,0	13,1	7,2	20,4	8,6	9,7	8,1	6,1	15,6
	1	51,8	65,8	73,9	78,3	69,2	46,5	65,7	63,5	60,7	53,8	50,1	66,6	65,6	53,0	46,9	57,3	72,6	77,4	76,0	58,5	49,3	55,6	57,9	56,0	49,1
	2-4	36,4	18,9	8,7	6,5	11,5	48,4	31,8	34,7	38,1	42,0	42,0	27,9	30,0	43,6	44,9	18,3	5,5	9,5	16,8	21,1	42,1	34,7	34,1	37,9	35,3
	Średnia	23,6	21,0	19,7	19,9	19,9	28,5	25,4	25,6	26,7	26,7	27,0	25,2	24,4	28,3	29,8	19,6	17,9	19,4	20,9	20,6	30,0	28,9	28,8	27,7	26,2
Małopolska	0	49,3	42,4	44,3	37,9	47,1	6,8	7,0	7,6	5,4	3,9	8,0	10,9	9,6	3,4	3,6	19,1	21,7	22,0	15,2	14,3	22,8	22,5	30,8	24,8	23,5
	1	44,0	49,5	49,5	53,2	44,3	55,6	50,9	63,2	59,2	55,6	64,5	61,1	65,8	52,4	54,8	71,6	67,3	67,0	65,0	62,9	56,5	54,8	47,7	52,0	50,0
	2-4	6,7	8,1	6,2	8,9	8,6	37,6	42,1	29,2	35,4	40,6	27,5	28,0	24,6	44,2	41,6	9,3	11,1	11,0	19,7	22,8	20,8	22,7	21,6	23,3	26,5
	Średnia	14,8	16,2	15,6	17,1	16,2	26,4	27,5	24,5	26,0	27,0	24,4	24,1	23,7	28,4	28,4	19,0	19,3	19,2	22,2	23,7	21,8	22,5	22,0	23,2	24,0
Sudecka	0	37,7	54,6	47,7	28,3	43,5	4,6	3,6	1,8	0,0	0,0	6,3	4,3	9,9	3,5	0,0	6,3	5,0	5,3	0,0	6,7	15,1	13,1	6,5	3,8	13,2
	1	50,9	43,2	50,0	54,3	41,3	38,5	60,9	67,3	56,6	51,0	43,8	71,4	69,0	84,2	76,0	50,0	70,0	52,6	57,9	40,0	55,2	65,2	62,5	62,1	54,7
	2-4	11,3	2,3	2,3	17,4	15,2	56,9	35,5	30,9	43,4	49,0	50,0	24,3	21,1	12,3	24,0	43,8	25,0	42,1	42,1	53,3	29,7	21,7	31,0	34,1	32,1
	Średnia	17,0	12,3	14,2	20,5	19,1	30,2	26,1	25,6	27,8	28,7	28,8	23,6	21,9	21,5	22,9	29,1	25,0	25,5	26,6	28,3	25,3	23,1	25,6	26,5	25,6
Karpacka	0	37,9	36,3	37,8	25,2	34,8	3,1	1,4	1,4	0,7	2,3	12,4	11,1	15,5	5,2	6,6	15,8	10,2	10,2	11,0	3,9	38,8	36,6	37,2	22,4	29,2
	1	56,3	56,2	55,7	63,5	55,6	58,0	60,4	66,9	60,1	55,8	67,8	65,8	62,8	71,3	57,9	47,2	51,7	60,2	52,5	53,1	52,8	54,9	53,8	62,3	58,2
	2-4	5,8	7,6	6,5	11,2	9,6	38,9	38,1	31,7	39,1	41,9	19,8	23,1	21,7	23,5	35,5	37,0	38,1	29,7	36,4	43,0	8,4	8,6	9,1	15,3	12,6
	Średnia	15,6	16,0	15,9	17,9	17,2	27,1	27,6	26,7	26,5	26,6	21,7	22,4	22,1	23,8	27,8	31,9	33,1	26,2	28,2	30,9	16,2	16,9	17,3	20,4	19,4
Kraj	0	39,4	33,4	38,3	24,3	32,7	6,4	4,7	5,2	3,4	3,8	11,7	7,5	8,9	6,3	7,3	30,4	20,9	18,5	13,0	13,8	25,6	23,5	24,8	18,7	23,3
	1	53,4	59,0	56,5	66,9	60,2	58,7	60,3	66,7	63,4	60,0	65,6	65,8	70,4	63,0	65,0	57,9	67,4	70,3	73,4	72,9	55,6	58,8	56,9	59,7	55,5
	2-4	7,3	7,6	5,2	8,8	7,1	34,8	35,0	28,1	33,2	36,2	22,6	26,7	20,7	30,7	27,6	11,7	11,8	11,2	13,6	13,3	18,8	17,8	18,3	21,7	21,2
	Średnia	15,7	16,3	15,7	17,8	16,7	25,7	25,8	24,5	25,7	26,1	22,9	24,1	22,5	25,3	25,0	18,5	19,8	19,7	20,9	20,8	20,8	21,1	21,1	22,5	22,0

Tabela 4.2. – cd.

Kraina przyrodniczo-leśna	Kl. def., śr. def.	Iglaste razem					Liściaste razem					Gatunki razem				
		2013	2014	2015	2016	2017	2013	2014	2015	2016	2017	2013	2014	2015	2016	2017
Bałtycka	0	17,2	17,8	17,9	10,0	10,2	19,9	15,6	18,6	11,8	15,9	18,3	16,9	18,2	10,7	12,8
	1	69,0	70,5	73,2	80,4	80,9	64,6	66,9	69,8	74,0	72,8	67,2	69,1	71,8	77,8	77,3
	2-4	13,8	11,7	9,0	9,6	8,8	15,6	17,5	11,6	14,2	11,3	14,5	14,1	10,1	11,4	10,0
	Średnia	19,8	19,4	18,7	19,9	19,7	20,1	20,8	19,1	20,5	19,4	20,0	20,0	18,8	20,1	19,6
Mazursko- Podlaska	0	13,3	8,4	6,6	5,6	4,2	33,7	19,4	16,4	12,4	9,8	20,8	12,6	10,3	8,2	6,4
	1	70,8	67,0	75,7	78,1	80,5	50,9	54,5	67,3	63,7	71,0	63,5	62,3	72,5	72,5	76,8
	2-4	15,9	24,6	17,7	16,4	15,3	15,4	26,1	16,3	23,9	19,2	15,7	25,2	17,2	19,3	16,8
	Średnia	21,1	23,6	22,7	22,9	23,5	18,6	22,4	21,1	23,1	22,9	20,2	23,1	22,1	23,0	23,2
Wielkopolsko- Pomorska	0	9,9	7,7	7,2	4,2	6,2	18,0	11,5	11,6	6,9	13,8	11,5	8,5	8,1	4,7	7,9
	1	79,4	82,6	80,6	81,7	76,1	67,0	75,0	70,3	68,8	62,7	77,0	81,1	78,4	79,0	73,2
	2-4	10,7	9,7	12,2	14,1	17,6	15,0	13,5	18,1	24,3	23,6	11,6	10,5	13,5	16,2	18,9
	Średnia	19,9	20,2	21,3	21,9	22,4	20,0	20,7	21,7	24,1	22,8	19,9	20,3	21,4	22,4	22,5
Mazowiecko- Podlaska	0	5,8	3,9	4,3	3,9	3,7	15,2	9,1	11,8	10,6	8,4	9,4	5,8	7,1	6,5	5,5
	1	73,1	70,0	74,5	74,4	74,2	65,4	65,0	68,0	65,8	69,9	70,2	68,1	72,0	71,1	72,6
	2-4	21,1	26,2	21,3	21,8	22,1	19,4	25,9	20,2	23,6	21,7	20,5	26,1	20,9	22,5	21,9
	Średnia	22,9	24,5	23,2	23,8	24,1	22,1	23,7	22,4	23,6	23,4	22,6	24,2	22,9	23,7	23,9
Śląska	0	10,6	7,4	3,5	2,1	5,4	9,3	7,9	6,1	4,4	10,5	10,1	7,7	4,6	3,1	7,6
	1	66,2	83,3	85,2	82,7	72,6	49,7	64,6	65,3	60,5	52,4	59,3	75,2	76,7	73,2	63,8
	2-4	23,2	9,3	11,3	15,2	22,0	41,0	27,5	28,6	35,1	37,1	30,7	17,1	18,7	23,7	28,6
	Średnia	22,4	20,1	21,1	22,6	23,9	27,0	24,9	24,8	26,3	26,3	24,3	22,2	22,7	24,2	25,0
Małopolska	0	6,7	9,8	13,6	10,3	11,8	15,6	16,0	17,9	12,6	12,2	9,5	11,8	15,0	11,0	11,9
	1	69,2	67,4	65,8	66,9	65,8	58,8	56,1	59,7	55,8	54,2	66,0	63,9	63,8	63,3	61,8
	2-4	24,1	22,8	20,6	22,8	22,3	25,6	27,8	22,4	31,7	33,6	24,6	24,4	21,2	25,7	26,3
	Średnia	23,7	23,2	22,4	23,3	23,2	23,1	23,7	22,4	24,9	25,6	23,5	23,4	22,4	23,8	24,0
Sudecka	0	14,3	14,9	12,5	9,1	16,4	13,6	13,1	9,9	5,4	11,4	14,0	14,0	11,3	7,3	14,1
	1	57,0	73,9	75,4	72,7	60,4	48,6	63,1	63,1	62,7	54,3	53,2	68,8	69,6	67,9	57,7
	2-4	28,7	11,2	12,1	18,2	23,1	37,8	23,8	27,0	32,0	34,3	32,8	17,1	19,2	24,8	28,2
	Średnia	23,6	19,4	20,0	22,6	22,5	26,1	23,0	23,9	25,5	25,4	24,8	21,1	21,9	24,0	23,8
Karpacka	0	12,2	11,7	11,9	10,8	13,9	32,0	29,9	30,9	19,9	26,0	21,7	20,5	21,1	15,2	19,8
	1	66,7	67,5	67,8	68,1	66,2	55,3	56,4	56,8	62,6	56,6	61,3	62,2	62,4	65,4	61,5
	2-4	21,1	20,8	20,4	21,1	19,9	12,7	13,7	12,3	17,6	17,4	17,1	17,4	16,5	19,4	18,7
	Średnia	22,6	22,5	22,6	23,1	22,7	18,4	18,9	18,5	20,7	20,5	20,6	20,8	20,6	21,9	21,6
Kraj	0	10,4	9,5	9,6	6,7	7,9	20,0	15,4	16,2	11,2	13,7	13,7	11,6	11,9	8,3	10,0
	1	71,8	73,3	74,7	76,3	73,7	59,4	62,8	65,5	64,8	63,1	67,5	69,6	71,4	72,2	69,8
	2-4	17,8	17,2	15,8	17,1	18,4	20,7	21,9	18,4	24,0	23,3	18,8	18,9	16,7	19,5	20,2
	Średnia	21,6	21,8	21,6	22,4	22,7	21,4	22,2	21,4	23,2	22,9	21,6	21,9	21,5	22,7	22,8

Tabela 4.2. – cd.

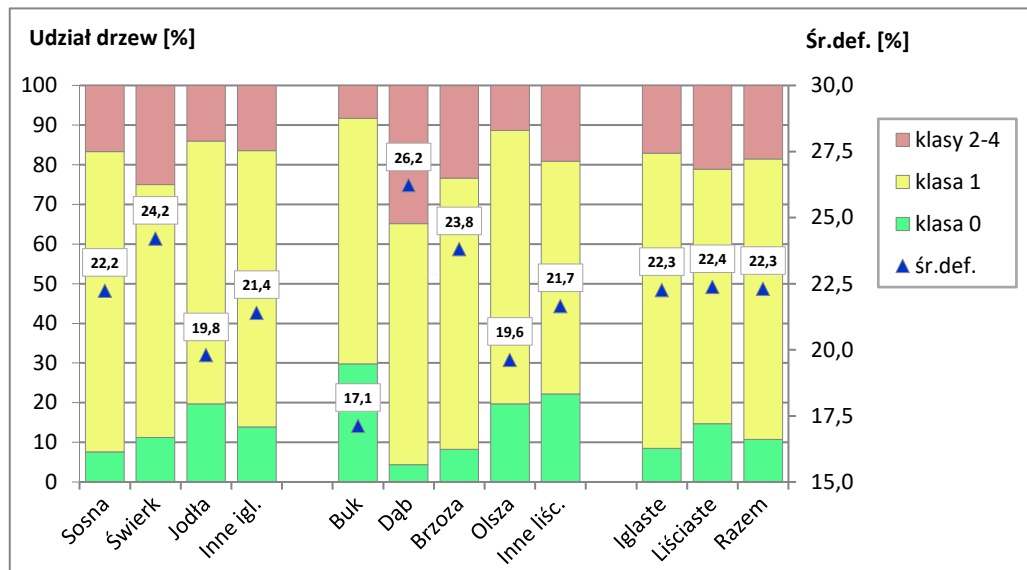
Kraina przyrodniczo-leśna	Kl.def., śr.def.	Sosna					Świerk					Jodła					Inne iglaste				
		2018	2019	2020	2021	2022	2018	2019	2020	2021	2022	2018	2019	2020	2021	2022	2018	2019	2020	2021	2022
Bałtycka	0	10,3	8,8	7,5	6,1	9,4	12,1	10,9	6,5	5,1	13,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	16,4	10,5	23,4	19,5	23,1
	1	82,5	81,7	82,7	82,3	82,6	71,8	69,4	75,1	72,6	54,2	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	76,2	82,3	70,2	70,3	64,5
	2-4	7,2	9,5	9,8	11,6	8,0	16,1	19,8	18,4	22,4	32,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,4	7,3	6,5	10,2	12,4
	Średnia	19,2	20,2	20,8	21,7	19,8	23,0	25,5	25,2	25,2	24,9	17,5	17,5	17,5	16,3	18,8	18,9	19,3	17,3	18,7	19,0
Mazursko-Podlaska	0	2,6	2,3	1,5	1,4	3,0	15,6	6,2	3,2	2,1	1,8	-	-	-	-	-	45,0	10,0	0,0	0,0	11,1
	1	85,4	89,2	89,2	87,2	85,1	66,7	75,4	82,1	85,3	88,5	-	-	-	-	-	55,0	85,0	90,0	77,3	83,3
	2-4	12,0	8,5	9,3	11,4	11,9	17,8	18,4	14,7	12,5	9,8	-	-	-	-	-	0,0	5,0	10,0	22,7	5,6
	Średnia	22,9	22,1	22,2	23,2	22,7	23,4	25,1	22,8	23,4	22,7	-	-	-	-	-	13,8	17,3	22,0	24,8	20,3
Wielkopolsko-Pomorska	0	8,2	4,5	4,2	5,8	16,6	15,1	13,2	14,9	4,6	21,3	-	-	-	-	-	11,4	10,1	12,2	4,3	7,5
	1	75,5	74,1	78,2	76,3	72,7	74,8	70,5	73,1	76,9	63,0	-	-	-	-	-	58,0	53,9	55,6	58,7	64,5
	2-4	16,3	21,4	17,6	17,9	10,7	10,1	16,3	11,9	18,5	15,7	-	-	-	-	-	30,7	36,0	32,2	37,0	28,0
	Średnia	22,0	23,4	22,7	22,8	19,6	19,6	20,7	20,2	22,1	20,0	-	-	-	-	-	26,1	29,7	28,8	28,9	24,7
Mazowiecko-Podlaska	0	3,5	2,3	1,4	2,6	4,6	3,2	0,0	0,0	0,0	2,6	-	-	-	-	-	29,6	7,4	32,1	10,7	26,7
	1	73,9	74,9	73,4	75,0	73,7	77,4	74,3	82,1	73,7	69,2	-	-	-	-	-	66,7	81,5	50,0	82,1	63,3
	2-4	22,7	22,8	25,2	22,4	21,7	19,4	25,7	17,9	26,3	28,2	-	-	-	-	-	3,7	11,1	17,9	7,1	10,0
	Średnia	24,4	24,8	26,0	24,7	24,5	26,8	26,3	23,3	27,0	25,9	-	-	-	-	-	16,5	18,7	20,0	20,0	16,8
Śląska	0	11,0	4,4	7,4	6,4	20,2	36,6	39,5	36,8	21,2	28,4	-	-	-	-	-	13,6	16,0	11,0	10,0	14,1
	1	71,0	59,7	75,9	82,1	72,0	48,8	55,8	44,8	67,1	48,1	-	-	-	-	-	64,2	53,1	63,4	75,0	67,9
	2-4	17,9	36,0	16,7	11,6	7,8	14,6	4,7	18,4	11,8	23,5	-	-	-	-	-	22,2	30,9	25,6	15,0	17,9
	Średnia	22,6	27,0	22,1	21,5	18,6	17,9	16,7	22,5	19,5	20,2	-	-	-	-	-	22,6	25,3	27,6	22,6	22,2
Małopolska	0	13,3	9,4	8,7	11,4	11,0	3,9	0,0	0,0	0,0	0,0	8,8	15,3	11,7	16,3	23,8	14,3	11,8	10,5	6,5	12,4
	1	65,9	71,6	71,3	72,0	72,5	33,3	41,1	36,0	40,0	41,9	57,5	56,6	60,2	63,4	58,6	73,6	74,2	81,1	83,9	74,2
	2-4	20,9	19,0	20,0	16,6	16,5	62,7	58,9	64,0	60,0	58,1	33,7	28,1	28,1	20,3	17,6	12,1	14,0	8,4	9,7	13,4
	Średnia	22,7	23,0	23,1	21,6	21,9	37,5	37,1	40,1	39,7	36,2	27,6	24,7	24,5	22,6	20,6	20,1	20,9	20,7	20,4	20,6
Sudecka	0	12,5	6,3	6,3	6,3	18,8	7,6	28,7	21,9	1,7	5,1	30,0	10,0	16,7	16,7	0,0	4,4	28,6	5,1	0,0	7,3
	1	56,3	31,3	68,8	75,0	81,3	70,2	37,3	63,3	79,7	75,3	70,0	40,0	33,3	66,7	85,7	55,6	19,0	84,6	82,9	80,5
	2-4	31,3	62,5	25,0	18,8	0,0	22,2	34,0	14,7	18,6	19,6	0,0	50,0	50,0	16,7	14,3	40,0	52,4	10,3	17,1	12,2
	Średnia	23,4	30,9	23,8	24,7	18,4	23,5	23,1	19,8	23,2	23,5	19,0	27,0	25,8	23,3	20,7	26,1	24,5	20,8	22,3	20,6
Karpacka	0	3,9	0,4	7,2	11,6	15,4	6,7	1,2	2,1	3,2	7,1	27,8	12,2	20,2	22,7	26,5	8,8	11,5	22,4	21,6	17,7
	1	82,0	83,0	78,3	79,6	73,6	66,4	72,8	62,9	59,4	47,5	60,4	79,2	74,3	69,6	65,4	79,6	78,8	63,8	66,4	61,9
	2-4	14,1	16,6	14,5	8,8	11,0	26,9	26,0	34,9	37,4	45,4	11,8	8,6	5,5	7,8	8,2	11,5	9,7	13,8	12,1	20,4
	Średnia	22,7	24,4	22,1	20,0	19,5	25,9	26,3	27,6	28,9	28,7	18,6	18,6	18,2	17,4	17,6	20,8	19,5	20,0	18,5	21,7
Kraj	0	8,3	5,4	5,1	6,2	11,6	11,4	11,9	9,5	3,6	7,8	24,2	12,7	18,6	21,4	25,7	14,1	12,7	16,2	11,8	15,4
	1	74,8	75,2	77,4	77,4	75,1	66,0	63,1	68,0	72,3	64,9	60,1	74,7	71,6	68,5	64,4	69,3	67,6	68,2	72,2	67,7
	2-4	16,9	19,4	17,5	16,4	13,3	22,6	25,0	22,4	24,0	27,3	15,7	12,6	9,8	10,1	9,9	16,5	19,7	15,7	16,0	16,9
	Średnia	22,3	23,3	23,0	22,6	21,1	24,3	25,0	24,3	25,5	25,0	20,3	19,8	19,4	18,4	18,2	21,3	22,2	22,1	21,5	21,2

Tabela 4.2. – cd.

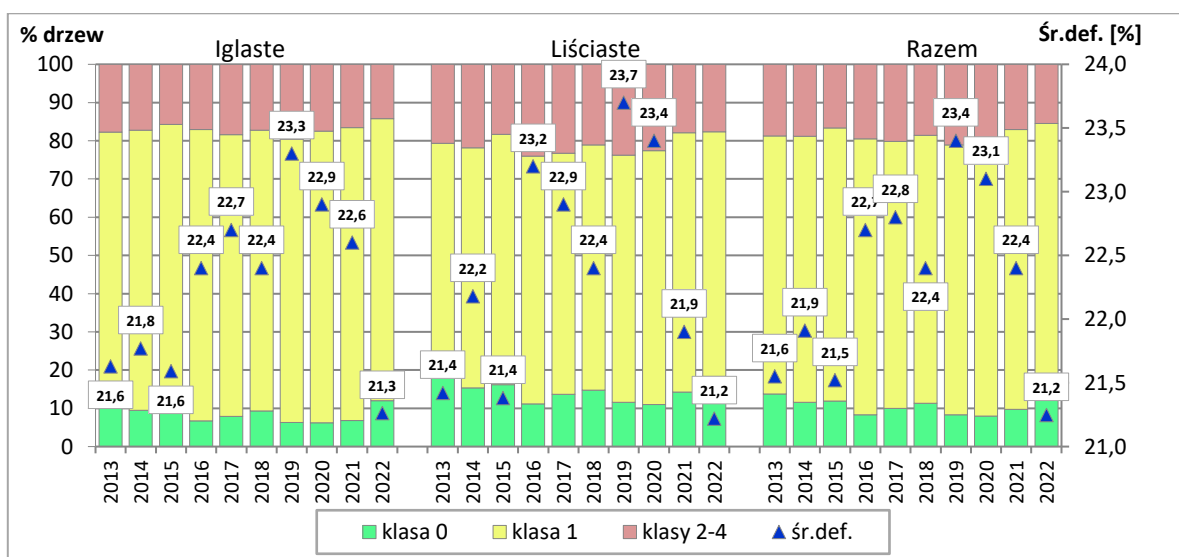
Kraina przyrodniczo-leśna	Kl.def., śr.def.	Buk					Dąb					Brzoza					Olsza					Inne liściaste				
		2018	2019	2020	2021	2022	2018	2019	2020	2021	2022	2018	2019	2020	2021	2022	2018	2019	2020	2021	2022	2018	2019	2020	2021	2022
Bałtycka	0	30,1	23,9	25,2	24,9	24,8	30,1	6,3	3,3	8,0	5,5	12,6	16,1	9,0	11,4	10,9	21,5	22,5	25,1	23,7	25,7	35,9	23,8	35,6	35,2	30,0
	1	66,9	65,4	65,5	67,0	50,9	66,9	65,6	74,0	74,7	67,4	76,9	75,5	80,4	75,9	68,0	68,8	66,0	62,9	63,5	53,5	58,1	62,3	52,3	50,5	46,9
	2-4	3,0	10,7	9,3	8,1	24,2	3,0	28,1	22,7	17,3	27,0	10,5	8,4	10,6	12,7	21,1	9,7	11,5	12,0	12,8	20,7	6,0	13,8	12,1	14,3	23,1
	Średnia	15,7	18,5	18,1	18,0	21,2	15,7	25,2	24,6	22,3	23,9	19,7	19,4	21,3	21,7	22,4	18,5	18,5	18,6	19,0	21,2	17,2	20,4	18,6	18,9	23,0
Mazursko-Podlaska	0	80,0	40,0	50,0	40,0	35,7	80,0	1,5	0,5	2,2	1,7	4,4	9,8	6,3	5,7	10,5	20,4	17,4	13,8	10,8	24,2	25,1	21,5	15,9	22,9	33,8
	1	20,0	60,0	50,0	60,0	64,3	20,0	88,8	82,2	85,5	88,0	73,7	78,3	81,5	81,4	75,2	72,1	78,9	82,8	85,3	69,3	64,8	69,4	73,4	68,4	57,1
	2-4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,8	17,3	12,3	10,4	21,9	11,9	12,3	12,9	14,2	7,6	3,7	3,4	3,9	6,6	10,1	9,0	10,7	8,7	9,1
	Średnia	10,5	12,5	14,5	14,0	13,9	10,5	22,5	23,5	23,3	22,2	24,4	21,9	21,8	22,4	22,3	19,5	17,3	18,3	18,5	18,3	18,8	19,1	19,9	19,7	18,8
Wielkopolsko-Pomorska	0	25,4	33,3	18,6	17,2	32,9	25,4	3,2	0,8	2,3	8,7	11,0	12,4	6,7	11,2	21,5	32,9	25,9	25,6	25,8	43,5	22,3	14,2	13,0	18,8	26,4
	1	68,3	56,7	75,2	79,5	53,3	68,3	45,5	54,5	53,6	65,1	64,5	68,0	69,0	69,7	64,3	61,1	64,8	69,1	62,9	51,0	54,9	59,8	61,6	52,6	54,8
	2-4	6,3	9,9	6,2	3,3	13,8	6,3	51,3	44,7	44,0	26,3	24,5	19,6	24,2	19,1	14,2	6,0	9,3	5,3	11,3	5,4	22,9	25,9	25,4	28,6	18,7
	Średnia	16,6	17,3	18,1	17,6	18,2	16,6	31,3	30,6	29,6	24,6	23,8	23,2	25,5	22,1	20,5	16,2	17,7	16,4	17,6	15,2	21,6	23,4	23,4	23,9	20,0
Mazowiecko-Podlaska	0	66,7	33,3	33,3	100,0	100,0	66,7	0,9	2,7	2,0	0,5	6,3	5,6	2,7	5,7	4,8	16,7	13,2	17,2	17,9	16,8	14,6	13,2	15,5	15,3	21,8
	1	33,3	66,7	66,7	0,0	0,0	33,3	53,2	44,0	60,3	67,8	74,6	74,4	63,0	71,9	71,6	73,0	78,7	72,6	72,0	72,9	62,1	64,6	53,2	61,9	59,8
	2-4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	45,9	53,3	37,7	31,8	19,2	20,0	34,2	22,4	23,7	10,3	8,1	10,2	10,0	10,3	23,4	22,1	31,3	22,8	18,4
	Średnia	10,0	15,0	15,0	8,3	10,0	10,0	27,9	30,4	26,4	25,5	23,5	23,4	27,0	24,4	24,3	20,2	19,3	20,5	20,5	19,5	23,4	23,1	25,8	24,6	22,9
Śląska	0	16,5	26,0	30,8	35,1	13,9	16,5	0,4	1,2	2,5	4,7	7,8	1,9	3,5	9,0	11,8	19,1	22,7	29,5	7,4	19,4	9,9	6,0	19,3	14,3	16,9
	1	62,0	33,8	48,7	50,6	76,4	62,0	9,2	37,3	56,1	55,8	47,9	36,2	53,9	69,4	67,1	65,8	42,9	58,2	81,9	71,8	48,3	36,4	48,3	57,8	57,1
	2-4	21,5	40,3	20,5	14,3	9,7	21,5	90,4	61,5	41,4	39,5	44,4	61,8	42,6	21,6	21,0	15,1	34,4	12,3	10,7	8,8	41,8	57,7	32,4	28,0	25,9
	Średnia	20,4	23,9	20,1	18,2	19,9	20,4	43,9	33,2	28,7	26,8	30,8	35,5	29,6	24,7	23,4	20,0	23,4	18,1	19,6	18,3	30,1	36,1	28,4	26,7	24,7
Małopolska	0	32,5	14,5	25,0	51,3	51,1	32,5	3,9	3,6	6,7	9,4	5,2	3,3	2,8	10,1	12,1	20,3	17,0	16,5	21,1	14,0	22,9	17,5	12,6	25,6	30,3
	1	59,6	70,5	62,5	42,3	44,2	59,6	57,4	57,9	64,3	65,2	62,9	67,0	71,0	73,0	73,3	61,0	68,8	74,0	68,1	73,0	56,4	62,8	68,5	58,3	54,6
	2-4	7,9	15,0	12,5	6,4	4,7	7,9	38,8	38,5	29,0	25,4	32,0	29,7	26,2	16,9	14,6	18,7	14,2	9,5	10,8	13,0	20,6	19,7	18,9	16,0	15,0
	Średnia	17,1	19,2	18,6	14,6	14,5	17,1	27,3	26,5	24,8	23,6	26,2	26,1	25,4	22,1	21,4	22,1	20,8	19,8	19,9	20,8	22,4	22,7	22,5	20,8	19,7
Sudecka	0	27,7	36,6	50,0	24,4	48,8	27,7	0,9	0,0	0,0	8,1	16,0	1,9	4,3	2,0	26,1	38,9	11,1	15,8	10,5	15,0	22,9	20,9	17,1	7,9	27,5
	1	57,4	46,3	41,2	65,9	48,8	57,4	26,2	49,5	71,6	83,8	68,0	46,2	66,0	90,0	69,6	11,1	61,1	78,9	78,9	85,0	50,3	45,9	52,0	76,2	61,3
	2-4	14,9	17,1	8,8	9,8	2,3	14,9	72,9	50,5	28,4	8,1	16,0	51,9	29,8	8,0	4,3	50,0	27,8	5,3	10,5	0,0	26,9	33,1	30,9	15,9	11,3
	Średnia	21,9	18,2	14,9	17,8	13,1	21,9	39,1	29,0	24,8	19,5	21,9	30,1	24,0	21,5	17,8	22,8	23,1	18,4	19,2	15,5	24,0	27,4	24,7	23,2	18,7
Karpacka	0	26,4	11,3	10,1	25,1	39,5	26,4	0,8	0,8	0,8	7,9	11,8	0,8	0,8	4,2	1,7	3,1	3,9	12,6	6,0	7,1	26,0	14,9	15,6	25,1	29,7
	1	66,1	83,3	78,5	67,5	56,3	66,1	75,6	83,2	84,0	69,0	78,0	87,5	82,5	85,0	80,2	62,8	75,0	65,4	70,9	66,4	63,4	76,5	73,1	63,9	60,6
	2-4	7,5	5,4	11,4	7,3	4,2	7,5	23,6	16,0	15,2	23,0	10,2	11,7	16,7	10,8	18,2	34,1	21,1	22,0	23,1	26,5	10,5	8,6	11,3	11,0	9,7
	Średnia	17,1	17,9	20,7	16,9	15,2	17,1	25,4	23,2	23,4	21,5	19,1	23,5	23,2	22,3	24,0	28,4	26,4	24,8	24,9	26,7	18,8	19,3	19,8	18,6	18,1
Kraj	0	28,2	18,7	19,2	28,5	35,2	4,4	2,9	2,2	4,2	6,3	8,0	8,1	4,9	8,6	11,3	21,1	18,3	19,4	17,9	23,7	22,7	15,9	17,1	22,3	27,8
	1	64,9	70,9	70,0	64,1	53,5	59,3	50,8	57,3	64,6	66,7	68,9	69,6	70,7	74,0	70,6	67,5	71,0	71,9	72,1	65,0	58,2	62,6	63,2	60,3	56,6
	2-4	6,9	10,4	10,8	7,4	11,3	36,3	46,3	40,6	31,2	27,0	23,1	22,3	24,3	17,4	18,2	11,4	10,7	8,7	9,9	11,2	19,1	21,4	19,7	17,4	15,6
	Średnia	16,9	18,5	19,3	17,0	17,3	26,0	30,1	28,2	25,9	24,2	24,0	24,1	24,9	22,8	22,4	19,7	19,2	19,0	19,4	19,2	21,6	23,2	22,4	21,5	20,3

Tabela 4.2. – cd.

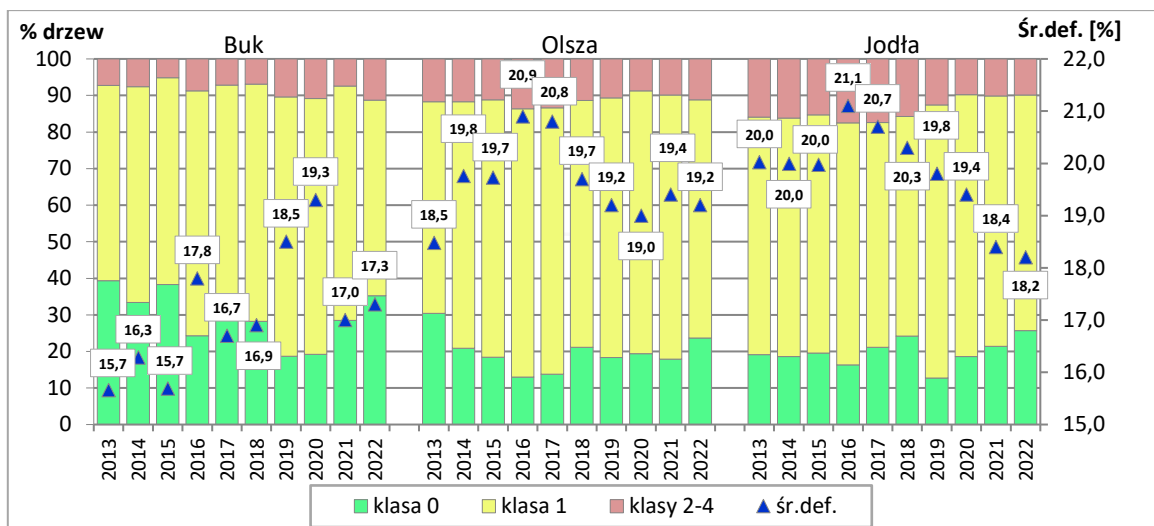
Kraina przyrodniczo-leśna	Kl. def., śr. def.	Iglaste razem					Liściaste razem					Gatunki razem				
		2018	2019	2020	2021	2022	2018	2019	2020	2021	2022	2018	2019	2020	2021	2022
Bałtycka	0	10,7	9,0	8,1	6,6	10,2	19,1	17,6	16,9	18,4	17,4	14,6	13,0	12,2	12,2	13,7
	1	81,4	80,7	81,6	81,0	79,9	70,1	68,4	69,9	68,6	59,5	76,2	75,0	76,1	75,1	70,0
	2-4	7,9	10,2	10,4	12,4	9,9	10,8	14,0	13,2	13,0	23,1	9,2	12,0	11,7	12,7	16,3
	Średnia	19,5	20,6	21,0	21,8	20,2	19,0	20,3	20,6	20,3	22,3	19,3	20,5	20,8	21,1	21,2
Mazursko- Podlaska	0	5,0	3,0	1,8	1,5	2,8	14,5	13,9	10,4	10,3	19,1	8,8	7,4	5,2	5,1	9,7
	1	82,1	87,0	88,0	86,8	85,6	71,8	78,2	80,6	81,2	71,3	78,0	83,4	85,1	84,5	79,6
	2-4	12,8	10,0	10,2	11,7	11,5	13,7	7,9	9,0	8,4	9,6	13,2	9,2	9,7	10,4	10,7
	Średnia	22,9	22,6	22,3	23,3	22,7	21,3	19,7	20,3	20,5	20,0	22,2	21,4	21,5	22,1	21,5
Wielkopolsko- Pomorska	0	8,3	4,8	4,5	5,8	16,6	17,1	14,4	10,7	13,4	24,0	10,3	6,9	5,9	7,5	18,3
	1	75,3	73,8	77,8	76,1	72,4	60,6	59,3	64,2	61,6	59,4	72,0	70,5	74,7	72,8	69,5
	2-4	16,4	21,5	17,6	18,1	11,0	22,4	26,4	25,1	25,0	16,5	17,7	22,6	19,3	19,7	12,3
	Średnia	22,0	23,4	22,8	22,9	19,7	22,0	23,9	24,3	23,3	20,3	22,0	23,5	23,1	23,0	19,8
Mazowiecko- Podlaska	0	3,7	2,3	1,6	2,7	4,7	9,2	7,6	7,9	9,5	9,2	5,8	4,4	4,0	5,3	6,5
	1	73,8	74,9	73,3	75,1	73,6	70,6	70,4	60,6	68,4	69,8	72,6	73,2	68,5	72,5	72,2
	2-4	22,5	22,7	25,1	22,3	21,7	20,2	21,9	31,4	22,1	20,9	21,6	22,4	27,5	22,2	21,4
	Średnia	24,4	24,7	26,0	24,7	24,5	23,1	23,2	25,8	23,8	23,0	23,9	24,1	25,9	24,4	23,9
Śląska	0	12,4	6,7	9,1	7,3	20,3	9,0	6,0	10,7	9,1	11,3	10,9	6,4	9,8	8,1	16,1
	1	69,6	59,1	73,7	81,0	70,6	47,6	27,7	46,8	62,2	61,8	59,9	45,0	61,5	72,3	66,5
	2-4	18,0	34,1	17,2	11,7	9,1	43,4	66,3	42,5	28,7	26,9	29,2	48,6	28,7	19,5	17,3
	Średnia	22,4	26,4	22,4	21,4	18,9	28,4	36,5	28,9	25,7	24,1	25,0	30,9	25,3	23,4	21,3
Małopolska	0	12,9	9,5	8,7	11,3	11,4	11,9	8,8	8,5	16,8	18,1	12,5	9,3	8,6	13,4	14,0
	1	65,0	70,4	70,4	71,3	71,4	59,5	63,8	66,4	64,4	64,8	63,0	68,0	68,9	68,7	68,9
	2-4	22,1	20,1	20,9	17,4	17,2	28,7	27,4	25,1	18,8	17,0	24,4	22,8	22,5	17,9	17,1
	Średnia	23,2	23,3	23,4	21,9	22,1	24,5	24,6	23,9	21,8	21,1	23,7	23,8	23,6	21,9	21,7
Sudecka	0	8,0	27,4	19,7	1,9	5,7	18,6	14,1	13,4	6,8	23,6	13,0	21,1	16,8	4,3	14,3
	1	68,1	35,3	65,1	79,6	76,2	52,7	41,3	53,5	75,7	68,7	60,7	38,2	59,7	77,8	72,6
	2-4	23,9	37,2	15,2	18,5	18,1	28,8	44,6	33,1	17,5	7,7	26,2	40,7	23,5	18,0	13,1
	Średnia	23,7	23,6	20,1	23,2	23,0	24,0	29,8	24,6	22,7	18,0	23,8	26,5	22,2	23,0	20,6
Karpacka	0	15,5	6,6	13,1	15,5	18,9	21,6	10,7	11,1	20,8	28,7	18,5	8,6	12,1	18,1	23,6
	1	68,6	78,7	72,2	69,4	63,1	66,3	79,8	76,1	68,7	61,2	67,5	79,3	74,1	69,1	62,1
	2-4	15,9	14,7	14,7	15,0	18,0	12,2	9,5	12,8	10,6	10,1	14,1	12,1	13,8	12,9	14,2
	Średnia	21,5	21,9	21,4	20,7	20,8	19,3	20,0	21,0	18,9	18,1	20,4	20,9	21,2	19,8	19,5
Kraj	0	9,3	6,3	6,2	6,8	12,0	14,8	11,6	11,0	14,3	18,4	11,3	8,3	8,0	9,7	14,4
	1	73,5	74,2	76,3	76,5	73,8	64,1	64,6	66,4	67,8	64,0	70,0	70,6	72,6	73,2	70,1
	2-4	17,2	19,6	17,5	16,6	14,2	21,1	23,8	22,6	17,9	17,6	18,6	21,1	19,4	17,1	15,5
	Średnia	22,4	23,3	22,9	22,6	21,3	22,4	23,7	23,4	21,9	21,2	22,4	23,4	23,1	22,4	21,2



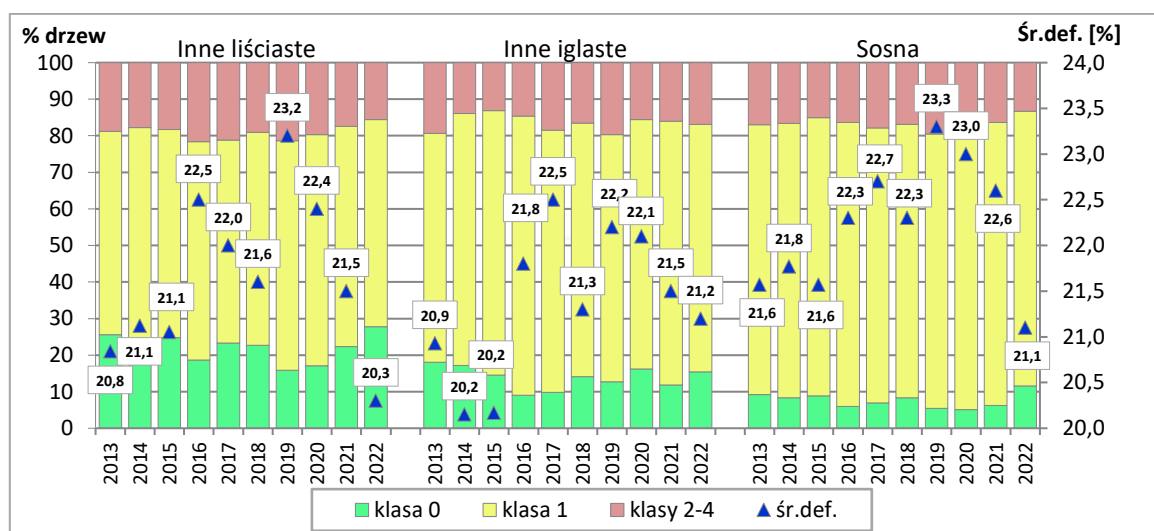
Rycina 4.1. Średni udział [%] drzew monitorowanych gatunków w klasach defoliacji oraz średnia wartość średniej defoliacji [%] w dziesięcioleciu 2013–2022. Wiek drzew > 20 lat. Wszystkie formy własności.



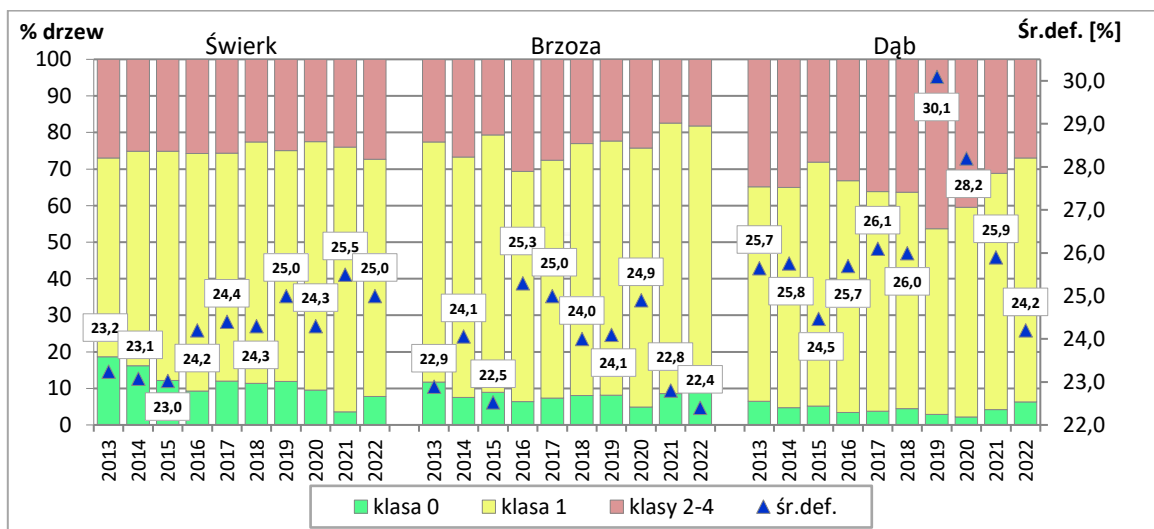
Rycina 4.2. Udział drzew [%] gatunków iglastych, liściastych i razem w klasach defoliacji oraz średnia defoliacja [%] w latach 2013–2022. Wiek powyżej 20 lat. Wszystkie formy własności.



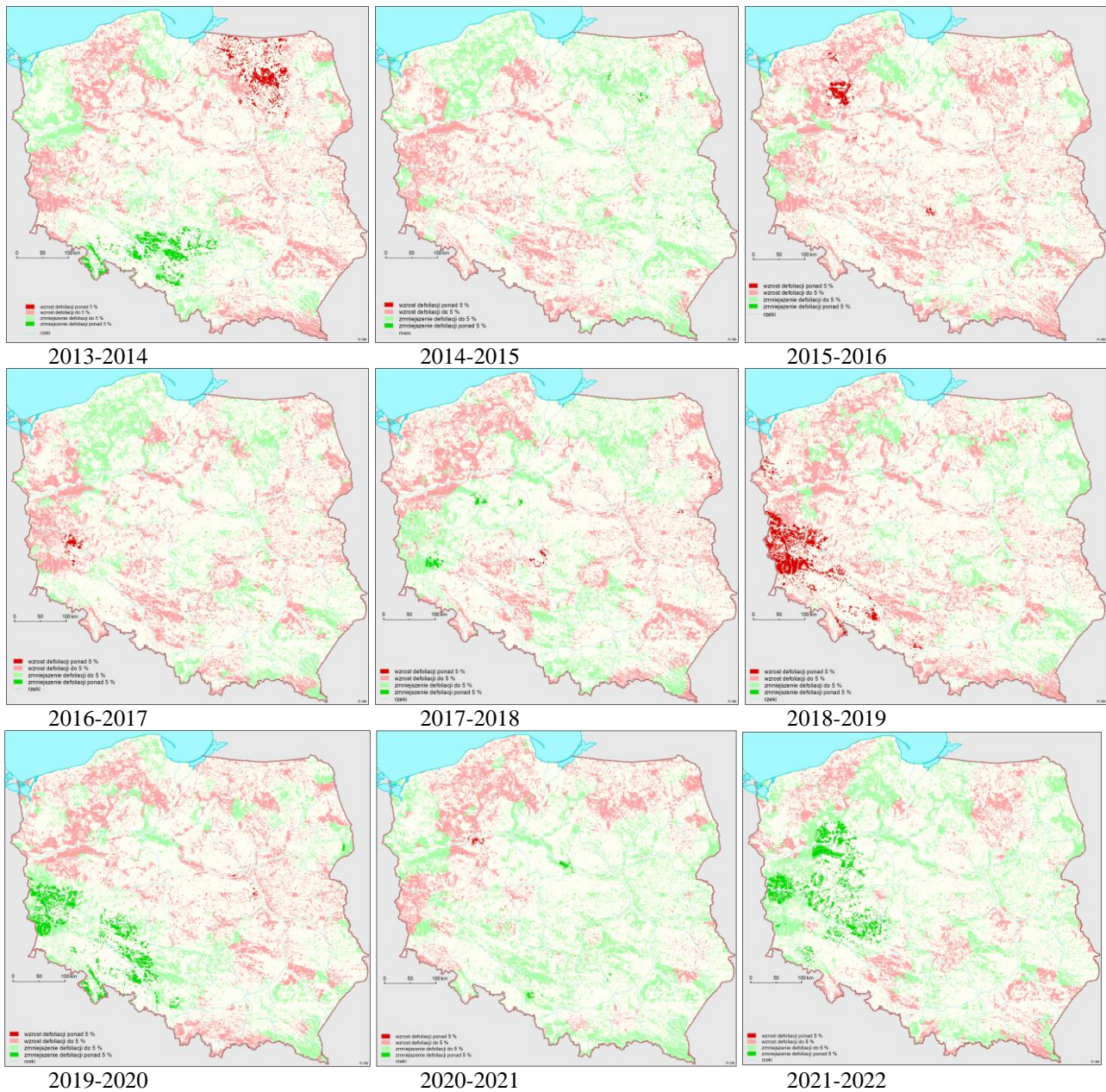
Rycina 4.3. Udział [%] buka, olszy i jodły w klasach defoliacji oraz średnia defoliacja [%] w latach 2013–2022. Wiek powyżej 20 lat. Wszystkie formy własności.



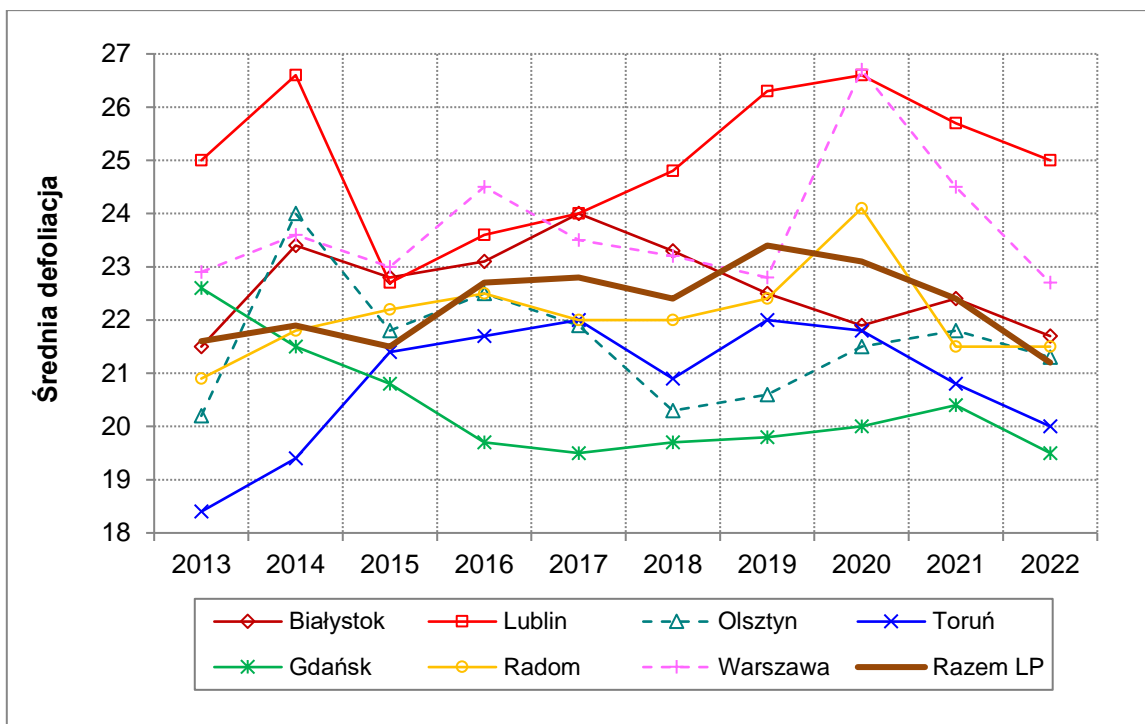
Rycina 4.4. Udział [%] ‘innych liściastych’, ‘innych iglastych’ i sosny w klasach defoliacji oraz śr. defoliacja [%] w latach 2013–2022. Wiek powyżej 20 lat. Wszystkie formy własności.



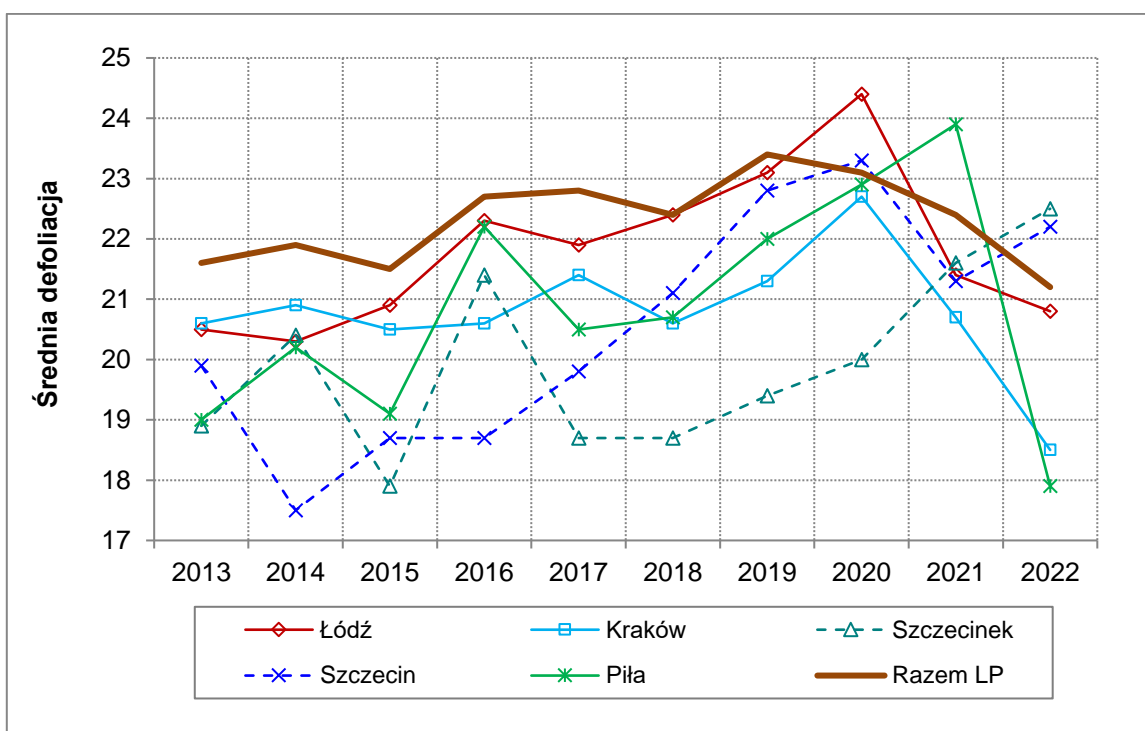
Rycina 4.5. Udział [%] świerka, brzozy i dębu w klasach defoliacji oraz średnia defoliacja [%] w latach 2013–2022. Wiek powyżej 20 lat. Wszystkie formy własności.



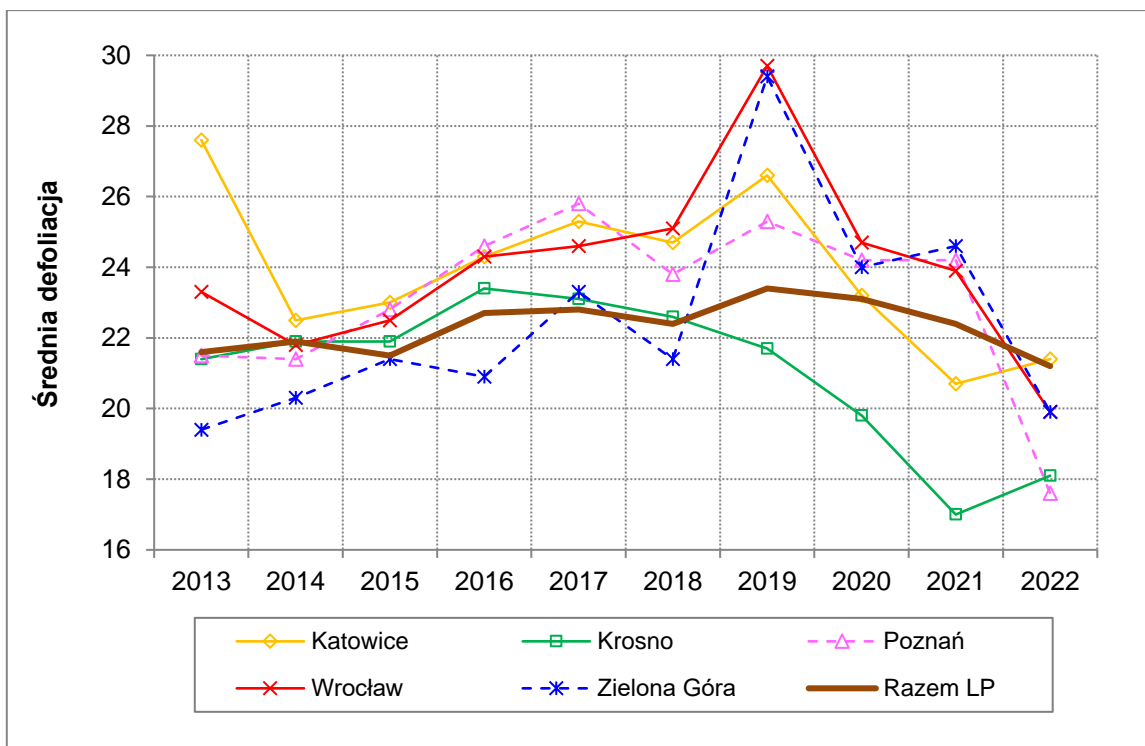
Rycina 4.6. Różnica w poziomie stanu zdrowotnego lasów pomiędzy kolejnymi latami dziesięciolecia 2013-2022 na podstawie zmiany defoliacji na stałych powierzchniach obserwacyjnych



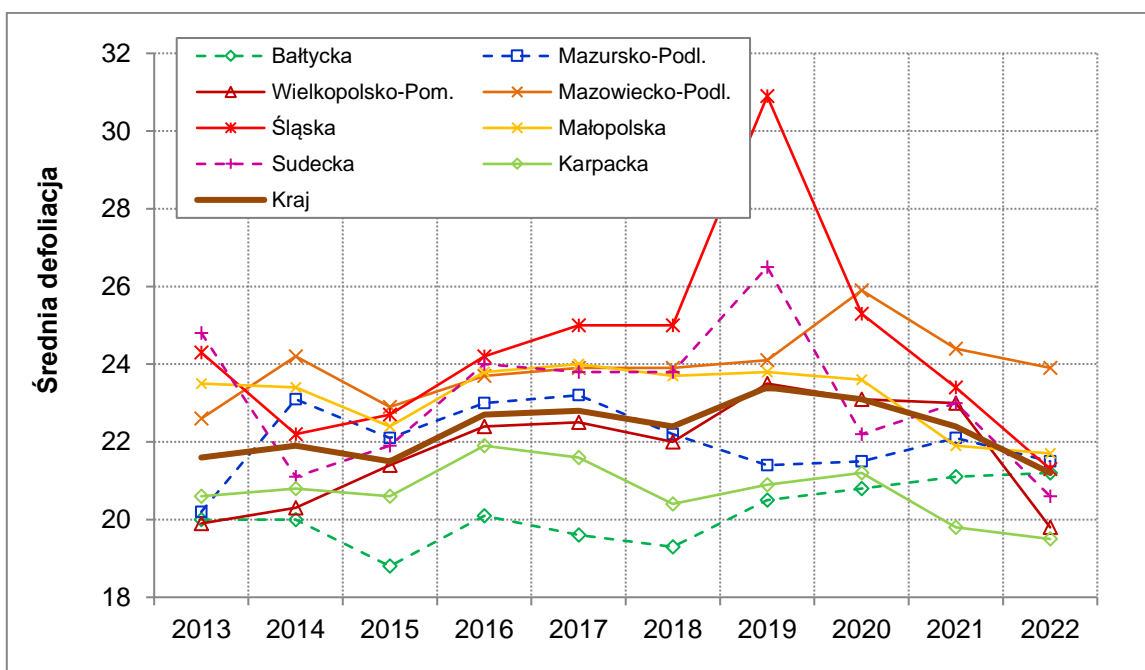
Ryc. 4.7. Średnia defoliacja (gatunki razem) w latach 2013-2022. RDLP, w których różnica między minimum i maksimum średniej defoliacji w dziesięcioleciu zawiera się w przedziale 2,5 – 4,0 punkty procentowe. Wiek drzew powyżej 20 lat. Lasy w zarządzie Lasów Państwowych.



Ryc. 4.8. Średnia defoliacja (gatunki razem) w latach 2013-2022. RDLP, w których różnica między minimum i maksimum średniej defoliacji w dziesięcioleciu zawiera się w przedziale 4,1 – 6,0 punktów procentowych. Wiek drzew powyżej 20 lat. Lasy w zarządzie Lasów Państwowych.



Ryc. 4.9. Średnia defoliacja (gatunki razem) w latach 2013-2022. RDLP, w których różnica między minimum i maksimum średniej defoliacji w dziesięcioleciu zawiera się w przedziale 6,4 – 10,0 punktów procentowych. Wiek drzew powyżej 20 lat. Lasy w zarządzie Lasów Państwowych.



Rycina 4.10. Średnia defoliacja drzew monitorowanych gatunków łącznie w krainach przyrodniczo-leśnych w latach 2013-2022. Wiek powyżej 20 lat. Wszystkie formy własności.

5. OCENA USZKODZEŃ DRZEW NA STAŁYCH POWIERZCHNIACH OBSERWACYJNYCH I RZĘDU MONITORINGU LASU W 2022 ROKU – PAWEŁ LECH

5.1. Charakterystyka zebranych danych

W 2022 roku ocenę symptomów uszkodzeń i przyczyn ich powstawania wykonano na 2071 SPO I rzędu, łącznie na 41 420 drzewach 41 gatunków. Najliczniej reprezentowany był rodzaj sosna, a w nim sosna zwyczajna (22 085 drzewa i 53,32% wszystkich drzew), następnie brzoza, głównie brzoza brodawkowata (4 199 drzew i 10,14%), dąb – przede wszystkim rodzime gatunki dębów (3 545 drzew i 8,56%), olsza – głównie olsza czarna (2942 drzewa i 7,10%), buk (1763 drzewa i 4,26%), świerk pospolity (1 750 drzew i 4,23%) oraz jodła (1130 drzew i 2,73% wszystkich drzew). Łącznie było 25 602 drzewa 8 gatunków iglastych (w tym 62 drzewa 4 gatunków obcych), co stanowiło 61,81% wszystkich ocenianych drzew oraz 15 818 (38,19%) drzew 33 gatunków liściastych. Liczba drzew 8 gatunków (So, Św, Jd, Dbsz, Dbb, Bk, Brzb i Olcz) przekraczała jeden tysiąc, a kolejnych 3 (Tpo, Md i Gb) zawierała się w przedziale 500–1000 drzew. W przypadku 21 gatunków (4 iglastych i 17 liściastych) liczba drzew nie przekraczała 100, przy czym dla 8 gatunków była mniejsza niż 10 drzew.

Łącznie na SPO I rzędu stwierdzono 49 998 uszkodzeń, które występowały na 31 828 drzewach, co stanowiło 76,84% ocenianych drzew. W porównaniu do roku 2021 nastąpił spadek udziału drzew uszkodzonych o blisko 0,69 punktu procentowego. Uszkodzeń o nasileniu przekraczającym 40% było 3483 (w roku 2021 uszkodzeń o podobnym nasileniu było 3397, a w roku 2020 – 3611), co stanowiło 6,97% wszystkich odnotowanych uszkodzeń drzew, i oznaczało wzrost względem roku poprzedniego o 0,17 punktu procentowego. Na 17 062 drzewach stwierdzono występowanie jednego uszkodzenia, na 11 352 – dwóch uszkodzeń, a na 3 404 drzewach – trzech. Nieuszkodzonych było łącznie 9 592 drzewa, co stanowiło 23,16% drzew ocenianych. W roku 2021 na SPO I rzędu udział drzew nieuszkodzonych wynosił 22,47%, w roku 2020 – 21,72%. W ciągu kilku ostatnich lat rejestruje się zatem wzrost udziału drzew nieuszkodzonych. Spośród głównych lasotwórczych gatunków iglastych najwięcej drzew bez uszkodzeń cechowało sosnę zwyczajną (31,23%) i jodłę (29,29%), a znacznie mniej świerka (19,77%). Spośród gatunków liściastych największym udziałem drzew bez uszkodzeń cechował się buk (15,03%), następnie brzoza brodawkowata (13,74%), olsza czarna (9,96%), i najmniejszym – rodzime dęby (5,28%). Oznacza to, że w 2022 roku, w porównaniu do roku poprzedniego, zmiany udziału drzew nieuszkodzonych były niewielkie.

5.2. Występowanie uszkodzeń drzew wg gatunków, rdLP i krain przyrodniczo-leśnych

Przeciętna liczba uszkodzeń przypadających na jedno drzewo wyróżnionych gatunków i grup gatunków w 2022 roku zawierała się w przedziale od 0,89 (dla domieszkowych gatunków iglastych) do 1,72 (dla dębu) (tab. 5.1). Średnia wartość tego parametru dla drzew wszystkich gatunków wynosiła 1,21 i

była taka sama jak w roku 2021 i nieznacznie mniejsza niż w roku 2020. Na drzewach wszystkich głównych lasotwórczych gatunków liściastych na jedno drzewo przypadało powyżej jednego uszkodzenia. W przypadku gatunków iglastych taka sytuacja miała miejsce dla świerka, jodły i sosny, natomiast dla domieszkowych gatunków iglastych wartość tego parametru była mniejsza od jedności. W porównaniu do roku 2021 nastąpił spadek częstości występowania uszkodzeń u czterech wyróżnionych gatunków i grup gatunków drzew, a u dwóch (jodły i olszy czarnej) – wzrost oraz u trzech dwóch (świerka, domieszkowych gatunków iglastych i domieszkowych gatunków liściastych) – nie zmienił się. Przeprowadzona analiza trendów zmian nasilenia występowania uszkodzeń na drzewach w okresie 2013–2022 (test Mann-Kendall'a) wykazała wzrost nasilenia częstości występowania uszkodzeń u większości wyróżnionych gatunków drzew, jedynie w przypadku jodły test wskazał na tzw. brak trendu (tab. 5.1).

Dla sosny, świerka i brzozy wraz z wiekiem następował wzrost średniej liczby uszkodzeń występujących na jednym drzewie. W przypadku olszy i domieszkowych gatunków liściastych liczba uszkodzeń występująca na jednym drzewie była podobna we wszystkich wyróżnionych klasach wieku. W przypadku jodły, buka i dębów drzewa najmłodsze (21–40 lat) i najstarsze (powyżej 80 lat) cechowały się wyższym nasileniem występowania uszkodzeń niż drzewa z przedziału wieku 41–80 lat (tab. 5.1).

Zróznicowanie pomiędzy krainami przyrodniczo-leśnymi pod względem średniej liczby uszkodzeń przypadającej na jedno drzewo w roku 2022 zawierało się w przedziale od 0,89 (Kraina Mazursko-Podlaska) do 1,50 (Kraina Bałtycka) (tab. 5.2). Największe różnice pomiędzy krainami przyrodniczo-leśnymi pod względem liczby uszkodzeń na jednym drzewie stwierdzono dla świerka oraz dla buka. Wyróżnione główne gatunki drzew najwyższe wartości wskaźnika średniej liczby uszkodzeń występujących na jednym drzewie osiągały dla różnych krain przyrodniczo-leśnych: sosna – w Krainie Bałtyckiej (1,16 uszkodzenia/drzewo), świerk – w Krainie Karpackiej (1,58), dąb – w Krainie Bałtyckiej (2,06), buk – w Krainie Bałtyckiej (1,73), brzoza – w Krainie Karpackiej (1,78) i olsza – w Krainie Bałtyckiej (2,03 uszkodzenia/drzewo). Dla wielu krain przyrodniczo-leśnych liczebności drzew niektórych gatunków były niewielkie (poniżej 50).

W porównaniu do roku 2021 odnotowano wzrost średniej liczby uszkodzeń przypadających na jedno drzewo w 4 krainach przyrodniczo-leśnych, spadek we trzech, zaś w jednej krainie nie uległ on zmianie. Wykonana za pomocą testu Mann-Kendall'a analiza trendów dla dziesięciolecia 2013–2022 wykazała wzrost nasilenia występowania uszkodzeń w 7 krainach oraz brak trendu w jednej – Krainie Mazursko-Podlaskiej (tab. 5.2).

Średnia liczba uszkodzeń przypadająca na jedno drzewo w rdLP zawierała się w przedziale od 0,95 (RDPL w Białymstoku) do 1,67 (RDLP w Szczecinie). Mniejsza niż przeciętna dla całej Polski liczba uszkodzeń na 1 drzewie (1,21 uszkodzenia/drzewo) wystąpiła w 9 rdLP (w Białymstoku, Katowicach, Lublinie, Olsztynie, Pile, Poznaniu, Toruniu, Zielonej Górze i Gdańsku), w Łodzi i we Wrocławiu była taka sama, a w pozostałych rdLP oraz w parkach narodowych była wyższa. W 8 rdLP oraz w parkach

narodowych w roku 2022 w porównaniu do roku 2021 odnotowano spadek średniej liczby uszkodzeń występujących na 1 drzewie. Wzrost wystąpił w 7 RDLP (w Katowicach, Krośnie, Lublinie, Łodzi, Szczecinie, Szczecinku i Radomiu), a w RDLP w Toruniu i Gdańsku nie uległ zmianie (tab. 5.2).

Największą średnią liczbą uszkodzeń na jednym drzewie w 2022 roku cechowały się sosny w RDLP w Szczecinie i Krakowie oraz w parkach narodowych (odpowiednio 1,40, 1,38 i 1,41 uszkodzenia/drzewo). Spośród gatunków iglastych najwyższymi wartościami wskaźnika cechowały się świerki w rdLP w Szczecinie, Katowicach, Szczecinku i Krakowie (odpowiednio 1,86, 1,65, 1,65 i 1,56 uszkodzenia/drzewo), a w przypadku gatunków liściastych – dęby – w 4 RDLP (w Szczecinku, Szczecinie, Zielonej Górze, i Toruniu) oraz w parkach narodowych przekraczała wartość 2 uszkodzeń/drzewo, w kolejnych 7 zawierała się w przedziale 1,5-2,0 i w 6 RDLP (w Białymstoku, Katowicach, Olsztynie, Wrocławiu, Gdańsku i Radomiu) była niższa niż 1,5 uszkodzenia/drzewo (tab. 5.2). Wykonana analiza trendów wykazała, że w 13 rdLP (Katowice, Kraków, Lublin, Olsztyn, Piła, Poznań, Szczecin, Szczecinek, Toruń, Wrocław, Zielona Góra, Radom i Warszawa) oraz w parkach narodowych następował wzrost średniej liczby uszkodzeń na jednym drzewie w okresie 2013–2022, w RDLP w Gdańsku był on prawdopodobny, ale statystycznie nieistotny, natomiast w pozostałych 3 RDLP (w Białymstoku, Krośnie i Łodzi) nie stwierdzono trendu zmian nasilenia występowania uszkodzeń drzew (tab. 5.2).

Na charakter występujących zagrożeń wskazuje zestawienie najczęściej stwierdzanych symptomów i lokalizacji uszkodzeń zarejestrowanych dla danego drzewa oraz związanych z nimi czynników sprawczych w układzie poszczególnych gatunków drzew (tab. 5.3). Odsetek drzew, dla których pomimo wykonanej oceny nie udało się określić czynnika sprawczego, wynosił w 2022 roku 32,0% i był o 1,9 punktu procentowego mniejszy niż w roku 2021. Dla świerka, jodły domieszkowych gatunków iglastych oraz buka największym udziałem cechowały się uszkodzenia, dla których nie można było wskazać jednoznacznej przyczyny, tj. „badane niezidentyfikowane”. W przypadku sosny dominującą kategorią czynników sprawczych była „konkurencja i inne czynniki”, natomiast dla dębu, brzozy, olszy i domieszkowych gatunków liściastych najczęściej wskazywanym czynnikiem sprawczym rejestrowanych uszkodzeń były „owady”. Odpowiadały one za od 53,1% uszkodzeń olszy do 28,5% uszkodzeń domieszkowych gatunków liściastych. Najczęściej identyfikowanymi symptomami uszkodzeń w przypadku wszystkich gatunków razem, świerka, dębu, brzozy, olszy oraz domieszkowych gatunków liściastych był „ubytek igieł/liści” (25,2% wszystkich stwierdzonych uszkodzeń). W przypadku sosny, jodły i domieszkowych gatunków iglastych oraz buka dominowały „deformacje” – odpowiednio 28,4%, 35,0%, 22,2% i 27,5%. Częścią drzewa, którego najczęściej dotyczyły uszkodzenia na drzewach iglastych oraz na buku i domieszkowych gatunkach liściastych była strzała, a na pozostałych gatunkach liściastych – liście (tab. 5.3).

5.3. Charakterystyka uszkodzeń pod względem lokalizacji w obrębie drzewa, występujących symptomów i głównych kategorii czynników sprawczych

Lokalizacja uszkodzeń w obrębie drzewa

Uwzględniając podział na części morfologiczne drzew (strzała razem z szyją korzeniową, gałęzie wraz z pędami i pączkami oraz igły bądź liście), najczęściej wskazywanym miejscem położenia symptomów zarejestrowanych w roku 2022 była strzała (48,38% wszystkich wskazanych lokalizacji uszkodzeń), w tym przede wszystkim pień pomiędzy szyją korzeniową i koroną (25,85%), oraz liście bądź igły – 32,93% (tab. 5.4). Udział gałęzi, pędów i pączków jako miejsc występowania uszkodzeń był znacząco mniejszy – odpowiednio 18,68% lokalizacji uszkodzeń.

Wśród wszystkich wyróżnionych gatunków iglastych oraz u buka i domieszkowych gatunków liściastych najczęściej występującą lokalizacją uszkodzeń była strzała, zaś wśród gatunków liściastych (poza bukiem i liściastymi gatunkami domieszkowymi) – liście (tab. 5.4). W przypadku sosny poza strzałą uszkodzenia występowały znacząco mniej licznie na gałęziach, pędach i pączkach (21,53%) oraz na igłach (17,51% uszkodzeń sosny). Podobnie, u jodły i iglastych gatunków domieszkowych uszkodzenia częściej występowały na gałęziach, pędach i pączkach niż na igłach. U świerka większym udziałem cechowały się igły (25,87%), a gałęzie nieco mniejszym (18,76%). Strzała była drugim pod względem udziału miejscem występowania uszkodzeń u wszystkich z wyjątkiem buka wyróżnionych gatunków liściastych. U buka i domieszkowych gatunków liściastych, drugim po strzale, najwyższym udziałem lokalizacji uszkodzeń były liście (odpowiednio 35,39% oraz 40,28% uszkodzeń tych gatunków), najniższym zaś – gałęzie pędy i pączki (odpowiednio 14,77% i 14,02%) (tab. 5.4).

Symptomy uszkodzeń

Wśród symptomów uszkodzenia największym udziałem w roku 2022 wyróżniał się ubytek igieł/liści (25,2% wszystkich symptomów uszkodzeń), który dominował u świerka i wszystkich, z wyjątkiem buka, gatunków liściastych (tab. 5.5). Znaczący był również udział deformacji (21,5% wszystkich uszkodzeń), które przeważały u sosny, jodły, domieszkowych gatunków iglastych i buka (odpowiednio 28,4%, 35,0%, 22,2% i 27,5% wszystkich symptomów dla danego gatunku). W przypadku pozostałych wyróżnionych gatunków liściastych udział deformacji zawierał się w przedziale 8,8% (dęby) – 20,4% (domieszkowe gatunki liściaste). Wśród wyróżnionych symptomów uszkodzenia mniejszymi udziałami cechowały się rany (9,6%), których udział był wysoki w przypadku świerka, jodły i buka (odpowiednio 18,6%, 16,1% i 15,7%), następnie drzewa pochylone (9,3%), martwe, obumierające gałęzie (8,3%) oraz zrzucone gałęzie i przebarwienia liści/igieł, pędy i pączki (odpowiednio 5,6% i 5,3% wszystkich symptomów uszkodzeń). W przypadku świerka dużym udziałem cechowały się ponadto wycieki żywicy (18,5% symptomów uszkodzenia drzew tego gatunku). Udział pozostałych symptomów był wyraźnie niższy i zawierał się w przedziale od 3,5% (zgnilizna oraz wycieki żywicy i wycieki na

drzewach liściastych) do 0,2% (nienaturalne rozmiary liści/igieł). Pojedynczo (łącznie 12 przypadków) wystąpiły natomiast takie symptomy jak drzewa przewrócone (tab. 5.5).

Czynniki sprawcze

Spośród wyróżnionych kategorii czynników sprawczych uszkodzeń drzew najwyższy udział, poza kategorią badane, niezidentyfikowane (32,0% wszystkich przypadków), miały w 2022 roku konkurencja i inne czynniki oraz owady (odpowiednio: 26,4% i 18,6%) (tab. 5.6). Znacznie rzadziej wskazywano na czynniki abiotyczne (8,8%), grzyby (6,8%) oraz bezpośrednio oddziaływanie człowieka (5,8%) (tab. 5.6).

Konkurencja i inne czynniki odpowiadały za 37,4% wszystkich uszkodzeń sosny, 18,9% uszkodzeń świerka, 23,4% uszkodzeń jodły oraz 26,2% uszkodzeń domieszkowych gatunków iglastych. W przypadku drzew gatunków liściastych, poza bukiem, najczęściej wskazywanym czynnikiem sprawczym uszkodzeń były owady. Odpowiadały one za 53,1% uszkodzeń olszy czarnej, 33,7% uszkodzeń brzozy brodawkowatej, 33,5% uszkodzeń dębów oraz 28,5% domieszkowych gatunków liściastych. U buków najczęściej wskazywanym czynnikiem sprawczym uszkodzeń były czynniki abiotyczne (18,0% uszkodzeń tego gatunku drzewa). W przypadku dębów i jodły znaczny udział, jako przyczyna uszkodzeń drzew, miały także grzyby (odpowiednio 16,7% i 16,0%). Czynniki abiotyczne, poza bukiem, stanowiły znaczącą przyczynę uszkodzeń występujących na brzozach, domieszkowych gatunkach liściastych i iglastych (odpowiednio 12,1%, 10,8% i 10,6% uszkodzeń danego gatunku/grupy gatunków), natomiast bezpośrednio działanie człowieka – domieszkowych gatunków iglastych (9,5%), sosny i buka (8,4%), świerka (7,8%) i jodły (9,84%). Pozostałe kategorie czynników sprawczych nie miały znaczącego udziału w powstawaniu uszkodzeń poszczególnych gatunków drzew. Na podkreślenie zasługuje fakt całkowitego braku uszkodzeń spowodowanych przez bezpośrednio oddziaływanie zanieczyszczeń powietrza oraz bardzo mała liczba uszkodzeń, których przyczyną były pożary (tab. 5.6).

Udział uszkodzeń, dla których nie zidentyfikowano czynnika sprawczego w 2022 roku w przypadku gatunków iglastych, zawierał się w przedziale 35,7–47,2%, zaś w odniesieniu do gatunków liściastych – od 17,7% do 32,1% (tab. 5.6). Największym udziałem niezidentyfikowanych czynników sprawczych cechował się świerk i domieszkowe gatunki iglaste, najmniejszym zaś – olsza. Dla 3 gatunków w roku 2022, w porównaniu do roku poprzedniego, zwiększył się udział uszkodzeń dla których nie określono czynnika sprawczego. W przypadku jodły wzrost ten wyniósł 7,8 punktów procentowych – był to największy wzrost spośród wszystkich gatunków. Analiza trendów w okresie 2010–2022 wykazała poprawę identyfikowalności przyczyn uszkodzeń dla 3 gatunków drzew (sosny, dębu i brzozy) oraz wszystkich drzew łącznie i brak statystycznie istotnego trendu dla 6 gatunków/grup gatunków drzew – świerka, jodły, domieszkowych gatunków iglastych, buka, olszy i domieszkowych gatunków liściastych (tab. 5.6).

Owady oraz konkurencja i inne czynniki

W 2022 roku na SPO I rzędu stwierdzono 9 324 przypadków uszkodzeń spowodowanych przez owady, co stanowiło przyczynę 18,6% wszystkich uszkodzeń (tab. 5.6). Najliczniejszymi wśród owadów sprawcami szkód, podobnie jak w latach poprzednich, były owady liściożerne (foliofagi) – stanowiły one 80,18% wszystkich przypadków uszkodzeń tej kategorii sprawców. Udział powyżej 5% cechował ponadto owady uszkadzające pień, gałęzie i pędy oraz owady ssące (tab. 5.7). Udział wyróżnianych grup owadów powodujących uszkodzenia w roku 2022 był podobny do tego z lat poprzednich.

Spośród wszystkich uszkodzeń spowodowanych w roku 2022 przez owady na drzewach iglastych występowało łącznie 12,14%, w tym na sośnie 9,34%, świerku – 2,04%, jodle – 0,40% oraz na domieszkowych gatunkach iglastych – 0,36% (tab. 5.7). Uwzględniając liczbę drzew poszczególnych gatunków, największym udziałem uszkodzeń spowodowanych przez owady cechował się świerk, następnie iglaste gatunki domieszkowe, sosna, a najmniejszym – jodła. W przypadku sosny dominującymi grupami owadów powodujących uszkodzenia drzew były kambiofagi (uszkadzające pień, gałęzie, pędy) i foliofagi, w przypadku świerka – kambiofagi, a w przypadku jodły – owady ssące. Na gatunkach liściastych występowało łącznie 87,86% uszkodzeń spowodowanych przez owady. U wszystkich wyróżnionych gatunków liściastych dominującą grupą owadów powodującą uszkodzenia były foliofagi. Udział innych grup owadów był wielokrotnie mniejszy (tab. 5.7).

Konkurencja i inne czynniki były najczęściej wskazywaną grupą czynników sprawczych uszkodzeń drzew na SPO I rzędu w 2022 roku – stwierdzono 13 225 uszkodzeń tej kategorii, co stanowiło 26,4% wszystkich uszkodzeń (tab. 5.6). Udział uszkodzeń spowodowanych przez tę grupę czynników na drzewach iglastych wynosił 69,13%, a na liściastych – 30,87% (tab. 5.7), co w przybliżeniu odpowiada proporcji liczby drzew obydwu kategorii. Konkurencja charakteryzowała się największym udziałem (82,37%) wśród wyróżnionych podkategorii tej grupy sprawców i dominowała w przypadku wszystkich wyróżnionych gatunków i grup gatunków drzew. Udziałem powyżej 1% cechowały się również takie podkategorie, jak: epifity, pasożyty (8,76%) i inne znane, ale niepodane (1,73%). Względnie wysoki był również udział uszkodzeń, dla których wskazano ogólną nazwę kategorii, bez dalszej specyfikacji (6,34%, tab. 5.7).

Występowanie uszkodzeń spowodowanych przez jemiolę

W ostatnich latach obserwuje się nasilenie występowania jemioli na terenach leśnych. Dlatego też, podobnie jak miało to miejsce w latach poprzednich, przeanalizowano najważniejsze aspekty tego zjawiska, wykorzystując do tego celu wyniki obserwacji monitoringowych i oceny występowania uszkodzeń drzew na SPO I rzędu z lat 2008–2022.

Udział epifitów/pasożytów wśród wyróżnianych czynników sprawczych uszkodzeń w roku 2022 był relatywnie niewielki. Łącznie stwierdzono 1 155 uszkodzeń spowodowanych przez tę grupę czynników, co stanowiło jedynie 2,31% wszystkich zarejestrowanych. Również relatywnie niewielka była przeciętna

liczba uszkodzeń tej kategorii przypadająca na jedno drzewo. Dlatego w zestawieniu (tab. 5.8) i na rycinie (ryc. 5.1) posługiwano się wartościami zmodyfikowanymi, pomnożonymi przez 100. Oznacza to, że jeżeli wartość tego wskaźnika równa się 1, to statystycznie jedno uszkodzenie spowodowane przez epifity/parazyty przypadało na 100 ocenianych drzew.

Występowanie uszkodzeń spowodowanych przez jemiolę w roku 2022, podobnie jak w kilku poprzednich latach, dotyczyło 11 następujących gatunków drzew: sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.), jodły (*Abies alba* Mill.), brzozy brodawkowatej (*Betula pendula* Roth), brzozy omszonej (*Betula pubescens* Ehrh.), klonu zwyczajnego (*Acer platanoides* L.), klonu jaworu (*Acer pseudoplatanus* L.), wierzby białej (*Salix alba* L.), robinii akacjowej (*Robinia pseudoacacia* L.), topoli białej (*Populus alba* L.), topoli osiki (*Populus tremula* L.), wierzby (*Salix* oraz lipy drobnolistnej (*Tilia cordata* Mill.). W 2022 roku jemiola występowała najczęściej na 2 gatunkach drzew: jodle (8,05 uszkodzeń/100 drzew) oraz sośnie zwyczajnej (4,23 uszkodzeń/100 drzew). Rzadziej była rejestrowana na brzozach (1,50 uszkodzeń/100 drzew) oraz domieszkowych gatunkach liściastych (1,99 uszkodzeń/100 drzew). We wszystkich wymienionych powyżej gatunkach i grupach gatunków drzew w 2022 roku odnotowano wzrost nasilenia uszkodzeń spowodowanych przez jemiolę w porównaniu do roku 2021. Gatunkami wolnymi od uszkodzeń spowodowanych przez jemiolę był świerk, domieszkowe gatunki iglaste, buk, rodzime dęby, olsza czarna (tab. 5.8).

W okresie 2008–2022 występowanie jemioli wykazywało wyraźną tendencję wzrostową. Była ona statystycznie istotna dla wszystkich gatunków i grup gatunków drzew, na których ten pasożyt występował w roku 2022 (tab. 5.8). W roku 2022 odnotowano wzrost liczby uszkodzeń spowodowanych przez jemiolę o 56 względem roku 2021, co stanowiło 5,1%. Wzrost ten był znacznie mniejszy niż w latach poprzednich (ryc. 5.1), tym nie mniej stwierdzić należy, że jemiola jest w dalszym ciągu przyczyną uszkodzeń o największej dynamice wzrostu spośród wszystkich wyróżnionych. Zaznaczyć tu również należy, że wykonywanie oceny stanu zdrowotnego drzew w okresie największego rozwoju aparatu asymilacyjnego drzew i podszytu utrudnia prawidłowe wykonanie oceny występowania patogenu i prowadzi do uzyskiwanych wskaźników zaniżonych względem rzeczywistych.

5.4. Podsumowanie

Przeprowadzona w Polsce w 2022 roku w ramach monitoringu lasów ocena uszkodzeń drzew wykazała, że 76,84% spośród nich było uszkodzonych. W porównaniu do roku poprzedniego nastąpił niewielki spadek udziału uszkodzonych drzew i zwiększenie udziału drzew nieuszkodzonych, co odnosiło się do większości wyróżnionych gatunków i grup gatunków drzew. Spadek ten był jednak na tyle niewielki, że nie stwierdzono mniejszego nasilenia występowania uszkodzeń na pojedynczym drzewie, które w roku 2022 było takie samo jak w roku 2021 (1,21 uszkodzeń na jednym drzewie). Pomimo spadku w 2022 r. dla większości głównych gatunków lasotwórczych drzew potwierdzono statystycznie wzrost nasilenia występowania uszkodzeń w dziesięcioleciu 2013–2022.

Najczęściej uszkodzonymi częściami drzew wszystkich gatunków iglastych oraz buka była strzała, zaś gatunków liściastych (z wyłączeniem buka) – liście. Udział pierwszej wymienionej lokalizacji, wśród wszystkich uszkodzeń zarejestrowanych w trakcie prac terenowych, wynosił 48,38%, a drugiej – obejmującej również igły w odniesieniu do gatunków iglastych – 32,93%. Udział uszkodzeń gałęzi, pędów i pączków wynosił 18,68% wszystkich uszkodzeń odnotowanych w 2022 roku.

Największy udział wśród wyróżnionych symptomów uszkodzeń stanowił ubytek igieł/liści (25,2%), który to symptom dominował u wszystkich, poza bukiem, wyróżnionych liściastych gatunków drzew oraz u świerka. U sosny, jodły, domieszkowych gatunków iglastych i buka przeważały deformacje. Zwraca również uwagę niewielki odsetek (poniżej 1%) takich symptomów uszkodzenia, jak: oznaki występowania owadów, nekrozy, nienaturalne rozmiary liści/igieł, wycieki na drzewach liściastych oraz drzewa przewrócone.

Wśród zidentyfikowanych czynników sprawczych największym udziałem charakteryzowały się konkurencja i inne czynniki (26,4%) oraz owady (18,6%). Wśród owadów największy udział stanowiły foliofagi (80,18% uszkodzeń powodowanych przez owady), które dominowały wśród uszkodzeń wywołanych przez tę kategorię sprawców u wszystkich gatunków liściastych. W przypadku gatunków iglastych, sosny, świerka i domieszkowych gatunków iglastych przeważały owady uszkadzające pień, gałęzie i pędy (kambiofagi), zaś u jodły – owady ssące. W kategorii czynników sprawczych konkurencja i inne czynniki zdecydowanie dominowała podkategoria konkurencja, jako przyczyna występowania uszkodzeń (82,27% uszkodzeń kategorii). Wykonane analizy wykazały również trend wzrostu w okresie 2008–2022 występowania uszkodzeń spowodowanych przez jemiolę, co odnosiło się do jodły, sosny, brzozy i domieszkowych gatunków liściastych. Najbardziej narażone na uszkodzenia ze strony tej grupy sprawców były drzewa najstarsze i największe. Występowanie jemioli w 2021 roku stwierdzono łącznie na 11 gatunkach drzew: sośnie, jodle, brzozie brodawkowatej, brzozie omszonej, klonie zwyczajnym, jesionie wyniosłym, robinii akacjowej, topoli białej, topoli osice, topoli czarnej i lipie drobnolistnej.

Udział nieokreślonych czynników sprawczych (kod 999) w roku 2022 zmniejszył się w porównaniu do roku poprzedniego o 1,9 punktu procentowego i wynosił 32,0%. Spośród gatunków iglastych najwyższy wzrost odnotowano dla jodły – o około 7,8 pp., zaś w przypadku wszystkich gatunków liściastych w 2022 r. stwierdzono mniejszą wartość tego wskaźnika od 0,1 pp. (dla dębu) do 7,1 pp. (dla buka). Dla 3 gatunków drzew (sosny, dębu i brzozy) w okresie 2010-2022 stwierdzono poprawę oznaczania przyczyn uszkodzeń. W przypadku pozostałych gatunków nie stwierdzono ani trendu wzrostowego, ani malejącego.

Tabela 5.1. Wskaźnik występowania uszkodzeń na drzewach poszczególnych gatunków w klasach wieku w roku 2022 oraz trend zmian wskaźnika tego wskaźnika w okresie 2013 – 2022 określony za pomocą testu Mann-Kendall'a

Gatunki	Liczba uszkodzeń na 1 drzewie w przedziale wieku (lata)				Średnia liczba uszkodzeń na drzewie w okresie 2013-2022											Trend 2013-2022
	21-40	41-60	61-80	>80	2022	2021	2020	2019	2018	2017	2016	2015	2014	2013		
Sosna	0,80	0,96	0,96	1,15	1,00	1,01	1,01	0,97	0,89	0,77	0,74	0,71	0,67	0,62	W	
Świerk	1,13	1,21	1,30	1,32	1,26	1,26	1,29	1,22	1,13	1,03	1,04	0,99	1,01	0,95	W	
Jodła	1,07	0,98	0,90	1,19	1,08	0,97	1,00	1,09	1,01	0,94	1,00	0,97	0,95	0,98	NT	
Inne igl.	0,64	0,81	1,13	0,95	0,89	0,89	0,91	0,82	0,80	0,69	0,66	0,62	0,56	0,57	W	
Dęby	1,75	1,50	1,64	1,81	1,72	1,77	1,89	1,99	1,69	1,60	1,37	1,30	1,47	1,31	W	
Buk	1,71	1,15	1,30	1,47	1,41	1,31	1,44	1,32	1,29	1,13	1,20	1,01	1,04	0,92	W	
Brzoza br.	1,19	1,39	1,49	1,64	1,39	1,40	1,46	1,56	1,41	1,31	1,24	1,15	1,13	0,94	W	
Olsza cz.	1,51	1,50	1,50	1,60	1,53	1,54	1,49	1,45	1,54	1,47	1,33	1,26	1,17	1,00	W	
Inne liśc.	1,48	1,49	1,41	1,47	1,46	1,46	1,56	1,52	1,53	1,43	1,45	1,32	1,22	1,07	W	
Razem	1,15	1,15	1,16	1,32	1,21	1,21	1,23	1,21	1,13	1,01	0,97	0,91	0,87	0,78	W	

W – wzrost; NT – brak trendu

Tabela 5.2. Liczba uszkodzeń przypadająca w 2022 roku na 1 drzewo danego gatunku w krainach przyrodniczo-leśnych i RDLP oraz trend zmian tego wskaźnika w okresie 2013 – 2022 określony za pomocą testu Mann-Kendall'a

Kraina przyrodniczo-leśna RDLP	Gatunki iglaste				Gatunki liściaste					Średnia dla KP-L i RDLP w latach									Trend 2013-2022	
	Sosna	Świerk	Jodla	Inne igl.	Dąb	Buk	Brzoza br.	Olsza cz.	Inne liśc.	2022	2021	2020	2019	2018	2017	2016	2015	2014		2013
Bałtycka	1,16	1,41	1,00	1,12	1,98	1,77	1,65	2,03	1,83	1,50	1,43	1,39	1,29	1,30	1,09	0,89	0,80	0,86	0,71	W
Mazursko-Podlaska	0,69	0,72		0,28	1,42	1,07	1,12	1,10	1,09	0,89	0,95	0,95	1,03	1,05	0,96	0,95	0,96	0,72	0,68	NT
Wielkopolsko-Pomorska	0,97	1,52		0,95	1,87	1,08	1,29	1,72	1,44	1,11	1,15	1,16	1,15	1,03	0,85	0,75	0,67	0,69	0,61	W
Mazowiecko-Podlaska	1,11	0,92		0,90	1,58	0,0	1,25	1,43	1,37	1,21	1,21	1,22	1,13	1,10	1,02	0,99	0,97	0,89	0,72	W
Śląska	0,86	1,12		0,70	1,67	0,86	1,53	1,43	1,47	1,17	1,16	1,23	1,28	1,09	1,08	1,01	0,91	0,96	0,78	W
Małopolska	1,06	1,30	1,02	0,84	1,67	0,93	1,40	1,53	1,42	1,21	1,17	1,22	1,15	1,09	1,09	1,07	1,02	1,01	0,92	W
Sudecka	0,81	1,35	1,71	0,78	1,40	0,53	1,28	1,45	1,14	1,24	1,45	1,47	1,56	1,23	1,17	1,23	1,19	1,22	0,92	W
Karpacka	1,06	1,58	1,09	0,91	1,74	1,49	1,78	1,91	1,64	1,39	1,35	1,48	1,49	1,36	1,15	1,33	1,17	1,14	1,15	W
Białystok	0,84	0,75		0,67	1,41		1,13	1,09	1,04	0,95	1,03	1,07	1,15	1,18	1,16	1,14	1,12	0,93	0,88	NT
Katowice	0,94	1,65	0,74	0,76	1,45	1,14	1,31	1,56	1,20	1,13	1,11	1,18	1,08	0,97	0,95	0,96	0,94	0,98	0,80	W
Kraków	1,38	1,56	0,95	1,48	1,71	1,44	1,81	1,71	1,56	1,41	1,44	1,51	1,32	1,26	0,99	1,05	0,89	0,83	0,85	W
Krosno	0,93	1,25	1,37	0,84	1,77	1,47	1,84	1,78	1,73	1,38	1,27	1,44	1,79	1,55	1,44	1,70	1,48	1,52	1,48	NT
Lublin	0,99	1,26	1,05	0,74	1,66	0,58	1,26	1,36	1,31	1,18	1,11	1,10	1,09	1,04	1,01	0,81	0,77	0,83	0,68	W
Łódź	1,15	1,00	1,00	0,66	1,89	1,17	1,41	1,69	1,05	1,21	1,15	1,19	1,11	1,09	1,05	1,16	1,13	1,11	1,06	NT
Olsztyn	0,80	0,81		0,26	1,39	1,29	1,14	1,34	1,36	1,01	1,06	1,04	0,98	0,97	0,82	0,87	0,89	0,69	0,53	W
Piła	0,91	1,55		0,40	1,54	0,96	1,23	1,64	1,39	0,99	1,01	1,18	1,11	0,96	0,70	0,60	0,49	0,50	0,44	W
Poznań	0,86	1,06		0,58	1,74	0,64	1,27	1,62	1,26	1,09	1,17	1,30	1,22	1,15	0,99	0,84	0,62	0,70	0,87	W
Szczecin	1,40	1,86		1,30	2,48	1,70	1,99	2,39	1,94	1,67	1,63	1,56	1,41	1,51	1,09	0,74	0,74	0,72	0,64	W
Szczecinek	1,04	1,65	1,00	1,35	2,54	1,83	1,82	2,18	1,92	1,48	1,33	1,25	1,18	1,15	0,97	0,65	0,62	0,62	0,50	W
Toruń	0,88	2,00		0,43	2,01	0,86	1,19	2,06	1,48	1,05	1,05	1,04	1,08	0,80	0,78	0,72	0,66	0,66	0,45	W
Wrocław	0,84	1,32	1,71	0,79	1,48	0,68	1,57	1,31	1,41	1,21	1,32	1,42	1,50	1,23	1,19	1,14	1,03	1,05	0,86	W
Zielona Góra	0,96	1,22		2,00	2,36	0,40	1,84	1,56	1,63	1,18	1,25	1,07	1,16	0,99	0,91	0,86	0,88	0,91	0,69	W
Gdańsk	0,99	1,39		0,86	1,35	1,62	1,36	1,48	1,53	1,14	1,14	1,05	1,16	1,06	0,90	1,05	0,91	1,08	0,83	PW
Radom	1,12	1,27	1,09	0,67	1,41	0,88	1,28	1,44	1,66	1,22	1,19	1,25	1,08	1,05	1,06	1,08	1,00	0,93	0,81	W
Warszawa	1,19			1,63	1,56		1,37	1,44	1,50	1,29	1,31	1,31	1,15	1,08	1,01	1,01	1,04	0,97	0,76	W
Parki Narodowe	1,41	1,49	1,47	1,06	2,50	1,45	1,47	1,10	1,56	1,43	1,48	1,55	1,46	1,45	1,25	1,21	1,19	1,11	1,01	W

W – wzrost; PW – prawdopodobny wzrost; NT – brak trendu

Kolorem żółtym oznaczono krainy p-l i rdLP, w których liczba drzew danego gatunku <50

Tabela 5.3. Najczęściej występujące lokalizacje, symptomy i czynniki sprawcze uszkodzeń występujących na drzewach poszczególnych gatunków w 2022 roku

Gatunki	Liczba uszkodzeń	Najczęściej występująca lokalizacja			Najczęściej występujący symptom			Najczęściej występujący czynnik sprawczy			
		Miejsce	Liczba	Udział	Symptom	Liczba	Udział	Czynnik	Liczba	Udział 2022	Udział 2021
Sosna	22150	Strzała	13502	61,0%	Deformacje	6292	28,4%	Konkurencja i inne czynniki	8289	37,4%	38,4%
Świerk	2207	Strzała	1222	55,4%	Ubytek igieł	451	20,4%	Badane niezidentyfikowane	1041	47,2%	47,2%
Jodła	1225	Strzała	558	45,5%	Deformacje	429	35,0%	Badane niezidentyfikowane	524	42,8%	35,0%
Inne iglaste	568	Strzała	365	64,3%	Deformacje	126	22,2%	Badane niezidentyfikowane	244	43,0%	47,1%
Dęby	6115	Liście	3448	56,4%	Ubytek liści	2177	35,6%	Owady	2051	33,5%	35,6%
Buk	2484	Strzała	1238	49,8%	Deformacje	682	27,5%	Badane niezidentyfikowane	797	32,1%	39,2%
Brzoza br.	5822	Liście	2796	48,0%	Ubytek liści	2037	35,0%	Owady	1961	33,7%	39,9%
Olsza cz.	4506	Liście	2656	58,9%	Ubytek liści	2535	56,3%	Owady	2391	53,1%	55,8%
Inne liściaste	4921	Strzała	2249	45,7%	Ubytek liści	1611	32,7%	Owady	1404	28,5%	32,6%
Łącznie	49998	Strzała	24191	48,4%	Ubytek igieł/liści	12583	25,2%	Badane niezidentyfikowane	16002	32,0%	33,9%

Tabela 5.4. Udział procentowy wskazanych lokalizacji występowania uszkodzeń na drzewach wyróżnionych gatunków i grup gatunków w 2022 roku

Lokalizacja uszkodzeń na drzewie	Gatunki drzew									
	Sosna	Świerk	Jodła	Inne igł.	Dęby	Buk	Brzoza br.	Olsza cz.	Inne liśc.	Wszystkie drzewa
Liście, górna cz. korony	0,24	1,90	0,90	0,70	1,75	16,02	4,64	1,38	4,78	2,36
Liście, dolna cz. korony	6,19	4,94	6,20	1,41	5,31	2,46	2,34	4,73	2,28	4,82
Liście, poł. niejednolite	3,71	6,20	2,20	3,52	11,04	12,60	11,13	12,52	6,75	7,07
Liście, cała korona	7,36	13,00	6,20	5,99	38,28	4,31	29,92	40,32	26,48	18,68
Liście bądź igły	17,51	25,87	15,51	11,62	56,39	35,39	48,02	58,94	40,28	32,93
Gałęzie, pędy, pączki	21,53	18,76	38,94	24,12	22,58	14,77	12,85	7,92	14,02	18,68
Strzała w obrębie korony	14,44	6,30	8,00	5,81	2,26	4,75	2,63	2,55	3,33	8,31
Pień pomiędzy szyją korzeniową i koroną	31,44	41,10	31,35	31,51	11,48	28,38	20,89	15,45	23,78	25,85
Korzenie i szyja korzeniowa <25 cm	2,91	5,94	5,55	7,57	2,14	8,29	3,42	6,81	4,53	3,91
Cała strzała	12,16	2,04	0,65	19,37	5,15	8,41	12,20	8,32	14,06	10,32
Razem strzała	60,96	55,37	45,55	64,26	21,03	49,84	39,13	33,13	45,70	48,38
Udział gatunku w uszkodzeniach ogółem	44,30	4,41	2,45	1,14	12,23	4,97	11,64	9,01	9,84	100

Udziały poszczególnych lokalizacji dla wyróżnionych gatunków drzew liczone względem uszkodzeń występujących na danym gatunku drzewa,

Tabela 5.5. Liczba wyróżnionych typów symptomów uszkodzenia i ich udział w łącznej liczbie uszkodzeń drzew poszczególnych gatunków w 2022 roku

Kod	Symptomy uszkodzenia	Jedn.	Sosna	Świerk	Jodła	Inne igl.	Dęby	Buk	Brzoza br	Olsza cz.	Inne liśc.	Razem uszkodzeń
1	Ubytek liści/igieł	szt.	3106	451	104	57	2177	505	2037	2535	1611	12583
		%	14,0	20,4	8,5	10,0	35,6	20,3	35,0	56,3	32,7	25,2
2-5	Przebarwienia liści/igieł	szt.	667	95	79	8	905	88	619	8	190	2659
		%	3,0	4,3	6,4	1,4	14,8	3,5	10,6	0,2	3,9	5,3
6-7	Nienaturalne rozmiary liści/igieł	szt.	9	18	5	1	4	3	33	10	7	90
		%	0,0	0,8	0,4	0,2	0,1	0,1	0,6	0,2	0,1	0,2
8	Deformacje	szt.	6292	273	429	126	539	682	867	547	1004	10759
		%	28,4	12,4	35,0	22,2	8,8	27,5	14,9	12,1	20,4	21,5
9	Inne symptomy	szt.	815	17	60	7	23	17	45	36	67	1087
		%	3,7	0,8	4,9	1,2	0,4	0,7	0,8	0,8	1,4	2,2
10	Oznaki wyst. owadów	szt.	106	22	32	9	24	24	27	6	18	268
		%	0,5	1,0	2,6	1,6	0,4	1,0	0,5	0,1	0,4	0,5
11	Oznaki wyst. grzybów	szt.	100	3	12	3	311	16	14	6	38	503
		%	0,5	0,1	1,0	0,5	5,1	0,6	0,2	0,1	0,8	1,0
12	Inne oznaki	szt.	241	26	27	0	58	103	58	91	82	686
		%	1,1	1,2	2,2	0,0	0,9	4,1	1,0	2,0	1,7	1,4
13	Złamane gałęzie	szt.	880	74	43	17	64	53	123	20	65	1339
		%	4,0	3,4	3,5	3,0	1,0	2,1	2,1	0,4	1,3	2,7
14	Martwe/obumierające gałęzie	szt.	1977	134	85	50	874	144	263	183	425	4135
		%	8,9	6,1	6,9	8,8	14,3	5,8	4,5	4,1	8,6	8,3
15	Zrzucone gałęzie, pędy, pączki	szt.	1285	163	77	64	416	154	329	156	146	2790
		%	5,8	7,4	6,3	11,3	6,8	6,2	5,7	3,5	3,0	5,6
16	Nekrozy	szt.	66	5	5	1	18	17	11	6	21	150
		%	0,3	0,2	0,4	0,2	0,3	0,7	0,2	0,1	0,4	0,3
17	Rany	szt.	2623	410	197	69	295	389	295	160	376	4814
		%	11,8	18,6	16,1	12,1	4,8	15,7	5,1	3,6	7,6	9,6
18	Wycieki żywicy	szt.	1121	409	37	59						1626
		%	5,1	18,5	3,0	10,4						3,3
19	Wycieki na drzewach liściastych	szt.	0	0	0	0	31	3	41	8	12	95
		%					0,5	0,1	0,7	0,2	0,2	0,2
20	Zgnilizna	szt.	428	85	27	12	141	176	209	327	355	1760
		%	1,9	3,9	2,2	2,1	2,3	7,1	3,6	7,3	7,2	3,5
21	Pochylone	szt.	2431	21	6	84	234	110	849	406	501	4642
		%	11,0	1,0	0,5	14,8	3,8	4,4	14,6	9,0	10,2	9,3
22	Przewrócone	szt.	3	1	0	1	1	0	2	1	3	12
		%	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0
Łączna liczba symptomów		szt.	22150	2207	1225	568	6115	2484	5822	4506	4921	49998

Tabela 5.6. Liczba wyróżnionych kategorii czynników sprawczych uszkodzeń i ich udział w łącznej liczbie uszkodzeń drzew poszczególnych gatunków w 2022 roku oraz trendy zmian identyfikowania czynników sprawczych w okresie 2010-2022

Kod	Czynniki sprawcze	Jedn.	Sosna	Świerk	Jodla	Inne igl.	Dąb	Buk	Brzoza br.	Olsza cz.	Inne liśc.	Razem	
100	Kręgowce	szt.	272	206	35	2	74	27	19	33	37	705	
		%	1,23	9,33	2,86	0,35	1,21	1,09	0,33	0,73	0,75	1,41	
200	Owady	szt.	871	190	37	34	2051	385	1961	2391	1404	9324	
		%	3,93	8,61	3,02	5,99	33,54	15,50	33,68	53,06	28,53	18,65	
300	Grzyby	szt.	1056	59	196	25	1023	218	190	238	405	3410	
		%	4,77	2,67	16,00	4,40	16,73	8,78	3,26	5,28	8,23	6,82	
400	Czynniki abiotyczne	szt.	1890	120	52	60	251	448	705	343	533	4402	
		%	8,53	5,44	4,24	10,56	4,10	18,04	12,11	7,61	10,83	8,80	
500	Bezpośrednie działanie człowieka	szt.	1854	173	94	54	129	210	164	59	173	2910	
		%	8,37	7,84	7,67	9,51	2,11	8,45	2,82	1,31	3,52	5,82	
600	Pożary	szt.	19	0	0	0	0	0	1	0	0	20	
		%	0,09						0,02			0,04	
700	Zanieczyszczenia powietrza	szt.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
		%											
800	Konkurencja i inne czynniki	szt.	8289	418	287	149	820	399	1244	646	973	13225	
		%	37,42	18,94	23,43	26,23	13,41	16,06	21,37	14,34	19,77	26,45	
999	Badane niezidentyfikowane	2022	szt.	7899	1041	524	244	1767	797	1538	796	1396	16002
			%	35,66	47,17	42,78	42,96	28,90	32,09	26,42	17,67	28,37	32,01
		2021	%	38,4	47,2	35,0	47,1	28,8	39,2	27,7	18,5	30,2	33,9
		2020		39,4	44,2	38,6	48,1	28,9	34,4	25,4	17,6	31,1	33,9
		2019		39,9	39,2	35,6	47,3	26,5	30,9	22,0	16,4	29,8	32,5
		2018		36,2	31,9	32,5	40,8	24,8	19,1	21,7	14,3	25,1	28,7
		2017		37,3	31,2	31,4	43,1	22,7	20,2	21,1	14,9	23,7	28,6
		2016		38,6	32,1	32,8	41,2	27,4	22,2	25,6	17,5	25,6	31,1
		2015		39,1	32,7	30,2	41,8	28,2	23,4	26,8	18,3	27,1	32,0
		2014		41,7	36,8	31,4	45,9	28,8	28,4	29,0	23,1	27,9	34,5
		2013		42,7	36,9	30,2	44,0	35,1	23,5	32,3	19,9	26,6	35,7
		2012		42,3	43,1	39,6	46,5	33,4	29,1	37,6	16,8	28,6	36,8
		2011		46,7	54,4	45,9	60,4	30,9	27,7	29,4	14,0	30,8	38,4
		2010		46,9	57,2	34,4	44,7	37,3	36,8	43,4	13,3	33,4	40,4
Trend wg testu Mann-Kendall'a				SP	N	N	N	SP	N	SP	N	N	SP

SP – spadek

PS – prawdopodobny spadek

N – brak trendu

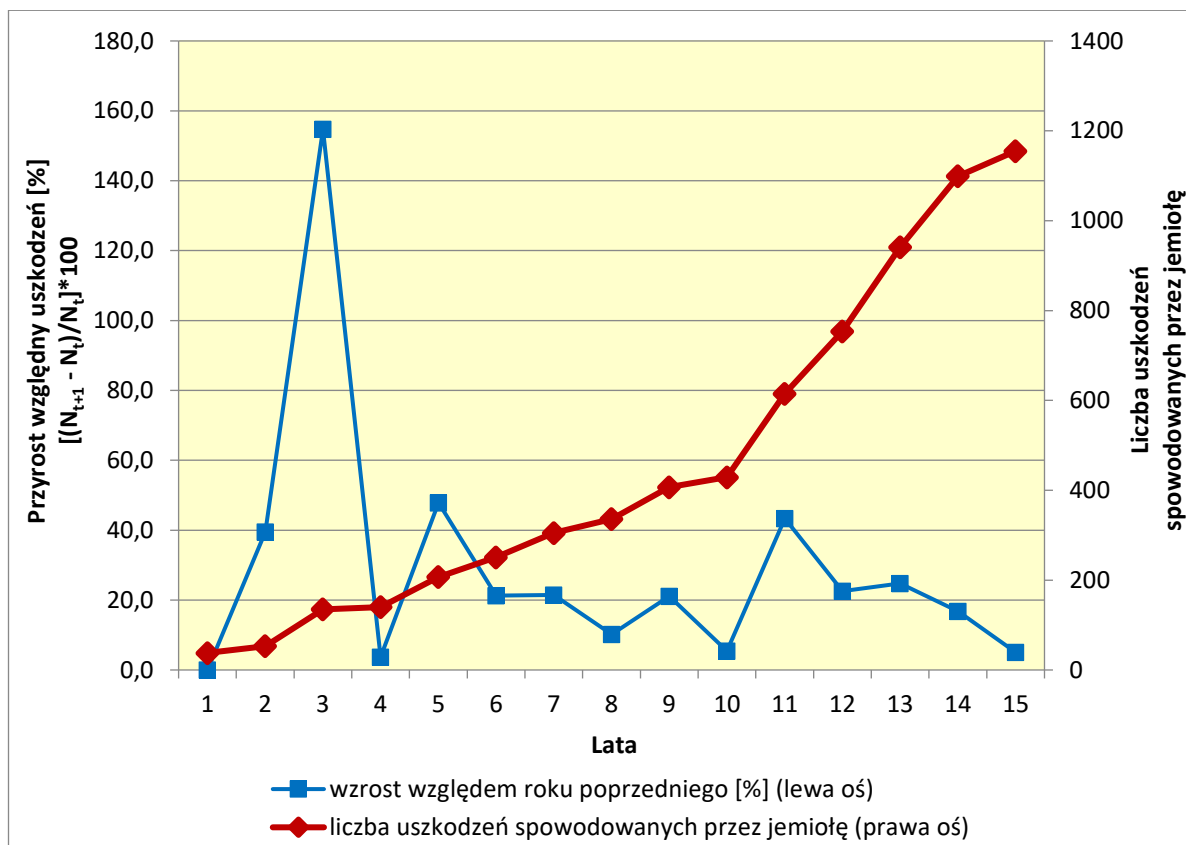
Tabela 5.7. Udział procentowy uszkodzeń drzew spowodowanych przez wyróżnione grupy owadów oraz kategorie innych czynników i konkurencji na drzewach poszczególnych gatunków na SPO I rzędu w 2022 roku

Grupy owadów Kategorie konkurencji i innych czynników		Gatunki drzew									Razem
		Sosna	Świerk	Jodła	Inne iglaste	Dąb	Buk	Brzoza	Olsza	Inne liśc.	
OWADY	Liściożerne	2,94	0,05	0,00	0,09	19,98	3,22	15,19	24,41	14,31	80,18
	Uszkodzające pień, gałęzie, pędy	5,98	1,48	0,04	0,20	0,69	0,06	0,35	0,06	0,28	9,16
	Ssące	0,00	0,36	0,34	0,00	0,21	0,13	5,16	0,02	0,16	6,39
	Minujące	0,00	0,00	0,00	0,00	0,84	0,58	0,25	1,02	0,24	2,92
	Bez specyfikacji	0,20	0,11	0,01	0,05	0,23	0,01	0,09	0,13	0,05	0,88
	Uszkodzające pączki	0,19	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,20
	Galasówki	0,00	0,01	0,00	0,00	0,04	0,13	0,00	0,00	0,01	0,19
	Owady inne	0,02	0,01	0,00	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,08
	Razem dla gatunku drzewa	9,34	2,04	0,40	0,36	22,00	4,13	21,03	25,64	15,06	100,00
	Razem iglaste/liściaste	12,14				87,86					
KONKURENCJA I INNE CZYNNIKI	Konkurencja	50,53	2,84	1,35	1,07	5,38	2,66	7,83	4,46	6,26	82,37
	Epifity/parazyty	7,06	0,00	0,69	0,00	0,03	0,00	0,48	0,00	0,51	8,76
	Bez specyfikacji	3,62	0,25	0,05	0,04	0,69	0,19	0,95	0,26	0,30	6,34
	Inne znane ale nie podane	0,97	0,05	0,09	0,01	0,08	0,15	0,10	0,09	0,20	1,73
	Mutacje	0,48	0,02	0,00	0,01	0,02	0,02	0,03	0,07	0,05	0,70
	Wirusy	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,01	0,05	0,08
	Nicienie	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,02
	Bakterie	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Razem dla gatunku drzewa	62,68	3,16	2,17	1,13	6,20	3,02	9,41	4,88	7,36	100,00
	Razem iglaste/liściaste	69,13				30,87					

Tabela 5.8. Uszkodzenia drzew wyróżnionych gatunków i grup gatunków spowodowane przez epifity/parazyty (jemiołę) na SPO I rzędu w latach 2008-2022 wyrażone bezwzględną liczbą uszkodzeń (szt.) oraz wskaźnikiem liczby uszkodzeń przypadających na 1 drzewo [wg formuły: (liczba uszk./liczba drzew)*100] oraz trend określony za pomocą testu Mann-Kendall'a

Rok	Jedn.	Sosna	Świerk	Jodla	Inne igl.	Dęby	Buk	Brzozy	Olsza cz.	Inne liśc.	Razem
2008	szt.	29						5		4	38
	(szt./l.drz)*100	0,13						0,13		0,22	0,07
2009	szt.	38		4				7		4	53
	(szt./l.drz)*100	0,17		0,42				0,18		0,18	0,14
2010	szt.	110		8				15		2	135
	(szt./l.drz)*100	0,49		0,83				0,38		0,08	0,35
2011	szt.	111		10				13		6	140
	(szt./l.drz)*100	0,50		1,05				0,33		0,24	0,36
2012	szt.	182		11				8		6	207
	(szt./l.drz)*100	0,82		1,12				0,20		0,24	0,53
2013	szt.	213		11				5	3	19	251
	(szt./l.drz)*100	0,96		1,11				0,12	0,12	0,74	0,64
2014	szt.	250		13				15	2	25	305
	(szt./l.drz)*100	1,11		1,31				0,35	0,08	0,94	0,76
2015	szt.	283		16				23	1	13	336
	(szt./l.drz)*100	1,25		1,60				0,54	0,04	0,48	0,84
2016	szt.	337		20				27	1	22	407
	(szt./l.drz)*100	1,51		1,97				0,64	0,04	0,82	1,02
2017	szt.	363		21				29		16	429
	(szt./l.drz)*100	1,63		2,02				0,67		0,58	1,07
2018	szt.	521		36				42		16	615
	(szt./l.drz)*100	2,35		3,46				0,97		0,56	1,52
2019	szt.	655		41				33		25	754
	(szt./l.drz)*100	2,96		3,89				0,75		0,80	1,85
2020	szt.	801		56				51		33	941
	(szt./l.drz)*100	3,61		5,10				1,19		1,04	2,29
2021	szt.	914		76				52		57	1099
	(szt./l.drz)*100	4,13		6,80				1,22		1,69	2,67
2022	szt.	934		91				63		67	1155
	(szt./l.drz)*100	4,23		8,05				1,50		1,99	2,80
Trend		W		W				W		W	W

W – wzrost



Rycina 5.1. Wzrost liczby uszkodzeń spowodowanych przez jemiotę wyrażony w liczbach bezwzględnych oraz przyrost tych uszkodzeń względem roku poprzedniego [%] w latach 2008-2022

6. WARUNKI WODNE GLEB NA TERENACH LEŚNYCH POLSKI W 2022 R. I ICH WPŁYW NA STAN ZDROWOTNY LASÓW – ANDRZEJ BOCZOŃ, ROBERT HILDEBRAND

W ostatnich latach obserwujemy występowanie susz glebowych na terenach leśnych obejmujące duże obszary Polski. Zmiany klimatu i ich wpływ na drzewostany powodują konieczność wyznaczania zasięgu, częstotliwości i nasilenia susz zarówno w skali globalnej jak i w krajowej. Takie działania mogą stanowić podstawę do opracowania strategii łagodzenia skutków suszy (Wang i inni, 2014). W południowej Europie długość i intensywność letnich susz podwoiły się w ciągu ostatnich dziesięcioleci powodując, że susze należą do głównych wyzwań, przed którymi stanie leśnictwo w najbliższej perspektywie średnioterminowej (Albert i inni, 2015). W ostatnich latach intensywne susze wystąpiły na terenie Europy w latach 2015 i 2018. Wskaźnik anomalii wilgotności gleby (Soil Moisture Anomaly - SMA), określający warunki suszy rolniczej opracowany przez Europejskie Obserwatorium Suszy JRC (EDO) pokazuje, że susze rozpoczynające się w lipcu 2015 i 2018 roku dotknęły Niemcy, Grecję, zachodnią Polskę i Skandynawię (Masante i Vogt 2018; Masante i inni, 2018). W 2018 roku Europa Środkowa doświadczyła jednej z najbardziej dotkliwych i długotrwałych letnich susz i fal upałów, jakie kiedykolwiek odnotowano. Przed 2018 r. za suszę tysiąclecia uznawano warunki panujące w 2003 r. Susza ta była sklasyfikowana jako najcięższe wydarzenie w Europie w ciągu ostatnich 500 lat (Schuldt i inni, 2020). Badania potwierdzają obecnie, że susza w 2018 roku była klimatycznie bardziej ekstremalna i miała większy wpływ na ekosystemy leśne niż susza w 2003 roku (Schuldt i inni, 2020). Susze w latach 2018-2019 spowodowały zniszczenie lub obumarcie drzewostanów iglastych i liściastych na dużych obszarach Europy (Braun et al. 2020, Schuldt i inni, 2020). Uważa się nawet, że susze w latach 2018-2020 w Europie Środkowej, były prawdopodobnie najgorsze od 2000 lat (Büntgen i inni, 2021).

Metodyka

Wyznaczanie suszy glebowej w skali kraju oparto na określeniu dostępności wody glebowej dla roślin w referencyjnym ekosystemie leśnym, za który uznano najliczniej reprezentowany w lasach Polski średniowiekowy bór sosnowy rosnący na słabych glebach piaszczystych – rdzawych biellicowych.

Obliczenia przeprowadzono na podstawie pomiarów na stacjach meteorologicznych Instytutu Badawczego Leśnictwa zlokalizowanych w nadleśnictwach: Bircza, Hajnówka, Łąck, Suwałki, Szklarska Poręba, i PGL Lasy Państwowe w nadleśnictwach: Bydgoszcz, Cewice, Cybinka, Dobieszyn, Gościno, Kalisz, Kobiór, Koło, Krotoszyn, Kup, Łagów, Ostrów Mazowiecka, Pisz, Susz, Włodawa, Wronki. Okresowy brak danych uzupełniano z najbliższego punktu pomiarowego tworzącego leśną sieć stacji meteorologicznych.

Moment wystąpienia suszy glebowej wyznaczono, jako całkowite wyczerpanie wody dostępnej dla roślin ($2,0 < pF < 3,7$). Aktualny zapas wody glebowej (SWS) obliczono w ujęciu dobowym, na podstawie

bilansu odpływu wody w procesie ewapotranspiracji i przychodu wody z opadami atmosferycznymi. Ewapotranspiracja ekosystemu została obliczona wzorem Penmana-Monteitha.

Opad docierający do gleby w drzewostanie został zmniejszony o intercepcje drzewostanów, która została obliczana stosując model Liu (1997, 2001). Pojemność wodną koron określono metodą użytą w modelu Kondo (2001) (S_{max} wg Komatsu et al., 2008).

Liczbę dni z deficytem wody glebowej przedstawiono w ujęciu lat kalendarzowych (LDR) i dla miesięcy, w których następuje największy przyrost drzew tj. w miesiącach kwiecień-lipiec - LDL.

Zgodnie z zasadami retencjonowania wody w glebie obliczenia przeprowadzono przy warunkach brzegowych:

1. SWS przy $pF=2,0$ – górna granica ilości wody, jaka może zostać zatrzymana w glebie,
2. SWS przy $pF=4,2$ – dolna granica ilości wody dostępnej.

Powyższa metoda została użyta także do wyznaczenia niedoboru wody glebowej na koniec półrocza zimowego tj, w dniu 31 marca. Jako niedobór określono ilość wody glebowej brakującej do osiągnięcia połowej pojemności wodnej ($pF=2,0$).

Określono klimatyczny bilans wodny KBW, który jest różnicą przychodu wody z opadami i rozchodem wody w procesie ewapotranspiracji (BP-EVT). Wskaźnik został obliczony na podstawie ewapotranspiracji dobowej wzorem Penmana-Monteitha. Obliczono ten wskaźnik dla półrocza letniego KBWL i dla całego roku KBWR

Wyznaczenie izolinii zasięgu suszy wykonano w programie SURFER 13, z wykorzystaniem warstwy granic Polski udostępnianej przez Centralny Ośrodek Dokumentacji Geodezyjnej i Kartograficznej (<http://www.codgik.gov.pl/index.php/darmowe-dane.html>).

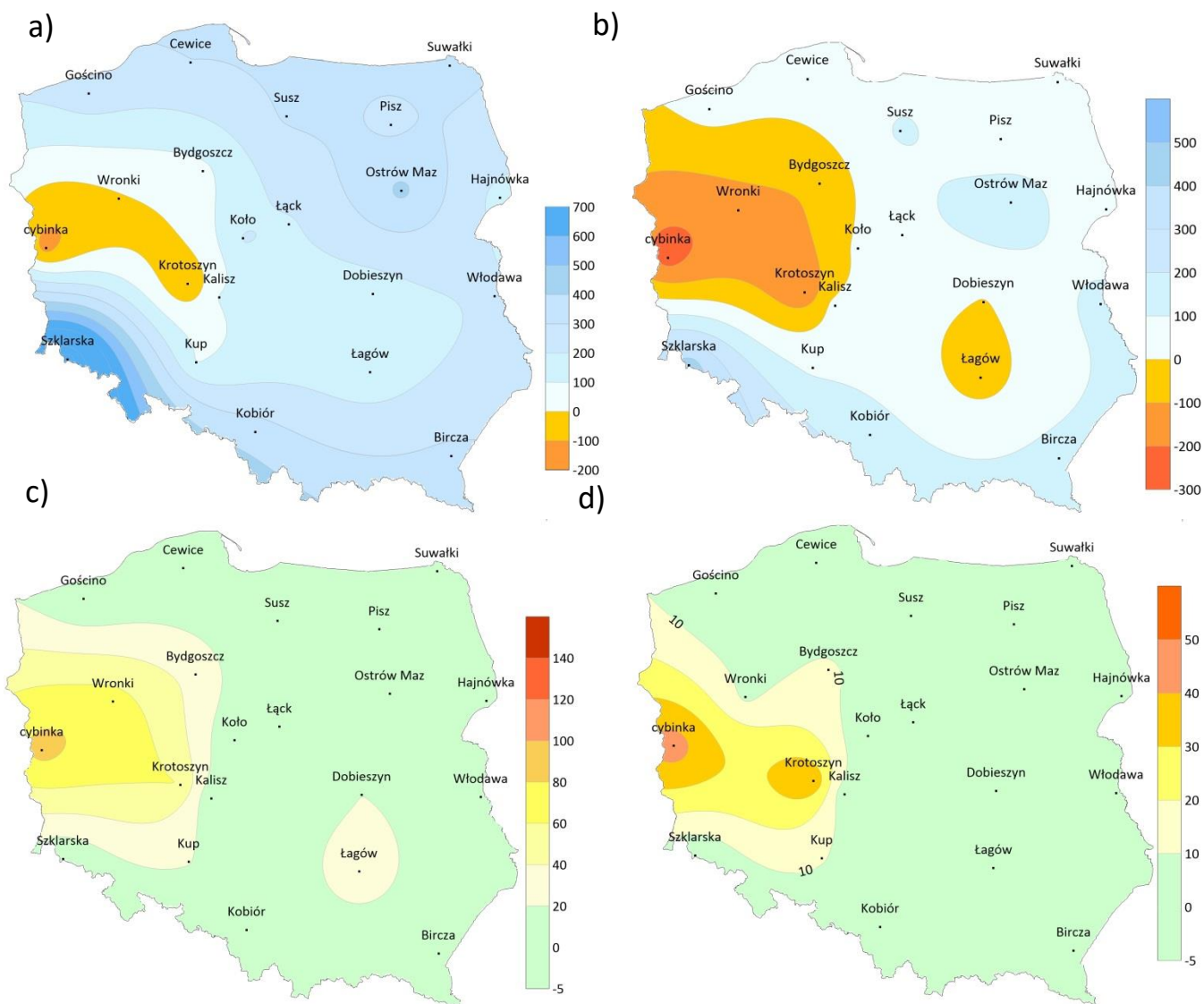
Wpływ suszy na stan drzewostanów określono posługując się różnicą defoliacji poszczególnych drzew między latami 2022 i 2021 na powierzchniach monitoringu lasu, w poszczególnych strefach wystąpienia suszy i zróżnicowania klimatycznego bilansu wodnego.

Wyniki badań - zagrożenie lasów suszą w 2022 r.

Po bardzo dobrym pod względem warunków wilgotnościowych 2021 roku, w roku 2022 doszło ponownie do wystąpienia susz na znacznych terenach kraju. Wszystkie zastosowane wskaźniki identyfikacji susz wskazują na problem deficytu wilgoci w zachodnich rejonach kraju, głównie w województwach lubuskim i wielkopolskim oraz w południowej części województwa zachodniopomorskiego (ryc. 6.1). Najgorsze warunki wilgotnościowe miały miejsce przy granicy państwa na długości od Świecka do Gubina. Klimatyczny bilans wodny całego roku (KBWR) pokazuje na wystąpienie deficytu wody przekraczającego 100 mm (ryc. 6.1a). Natomiast rozpatrując klimatyczny bilans wodny półrocza letniego (KBWL) niedobór wilgoci przekraczał 250 mm (ryc. 6.1b). Podobny efekt

pokazują wskaźniki liczby dni z niedoborem wody w glebie zarówno w ujęciu rocznym (LDR) jak i w okresie największego wzrostu drzew (LDL) (ryc. 6.1c i 6.1d). LDR wskazuje, że ograniczenie dostępność wody glebowej dla roślinności mogło występować w ponad 80 dniach, natomiast w okresie najważniejszym dla wzrostu drzewostanów (kwiecień-lipiec) liczba dni suszy glebowej przekraczało 40 dni. Warunki wilgotnościowe w 2022 roku pod względem rozkładu geograficznego były zbliżone do panujących w 2020 roku wówczas także deficyt wilgoci objął głównie zachodnie rejony kraju,

W warunkach klimatu umiarkowanego można wyróżnić dwa wyraźne okresy zasilania i odpływu wody z gleby. W półroczu chłodnym mamy do czynienia z dopływem i retencjonowanie wody w glebie, która jest wykorzystywana przez roślinność w półroczu ciepłym, w którym odpływ wody przeważa nad przychodem, co stwarza powstawanie okresowych niedoborów wody glebowej. Ocieplenie się klimatu powoduje coraz częściej zaburzenie tej równowagi. Ciepłe zimy, brak pokrywy śnieżnej sprawiają, że już w okresie przedwiośnia coraz częściej mamy do czynienia z występowaniem niedoborów wilgoci w glebie. To zwiększa ryzyko wystąpienia suszy długotrwałej w kolejnych miesiącach. Poza tymi czynnikami w 2022 roku bardzo ważną rolę w kształtowaniu warunków wilgotnościowych wywarły bardzo niskie opady marca. We wszystkich rozpatrywanych stacjach meteorologicznych opady tego miesiąca nie przekroczyły 30 mm, a na ponad połowie terenu kraju opady nie przekroczyły 10 mm (ryc. 6.2).

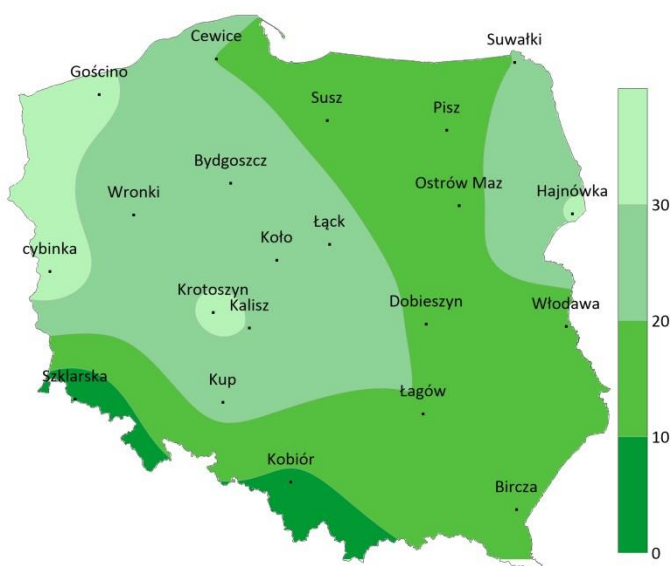


Rycina.6.1. Warunki klimatyczno-wodne w 2022 r.: a) roczny klimatyczny bilans wodny, b) klimatyczny bilans wodny półrocza letniego, c) liczba dni ograniczonej dostępności wody dla roślinności w roku, d) liczba dni ograniczonej dostępności wody dla roślin w miesiącach kwiecień – lipiec

Pomimo, że warunki meteorologiczne panujące w marcu warunkują niewielki rozchód wody na parowanie terenowe, to niskie opady tego miesiąca doprowadziły do zmniejszenia zasobów wody dostępnej dla roślin. Na koniec marca zmniejszenie zasobów wody glebowej osiągnęło wielkość w zakresie do 38 mm (ponad 20%) i objęło szeroki obszar zachodniej i częściowo północno-wschodniej Polski (ryc. 6.3). Opady w kolejnych miesiącach poprawiły warunki wilgotnościowe północnowschodniej Polski (ryc. 6.4.) jednak na zachodzie nadal były niewystarczające od pokrycia rozchodu wody, co było główną przyczyną wystąpienia niedoboru wody na tych terenach.

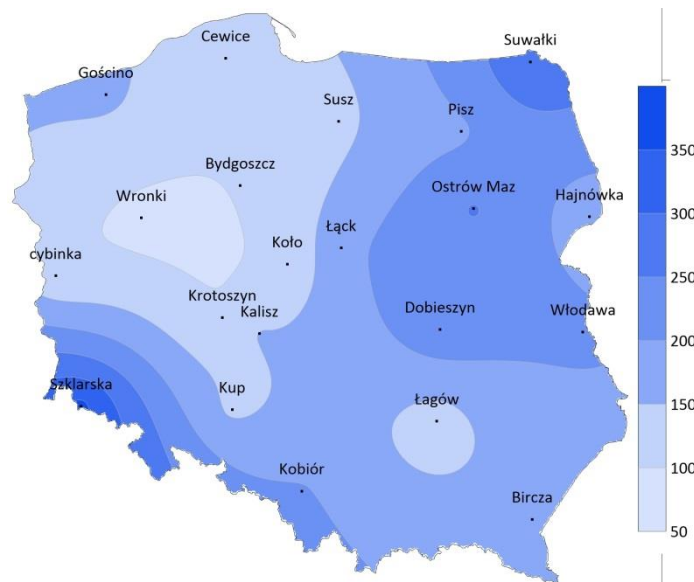


Rycina.6.2. Suma opadów atmosferycznych w marcu 2022 r.

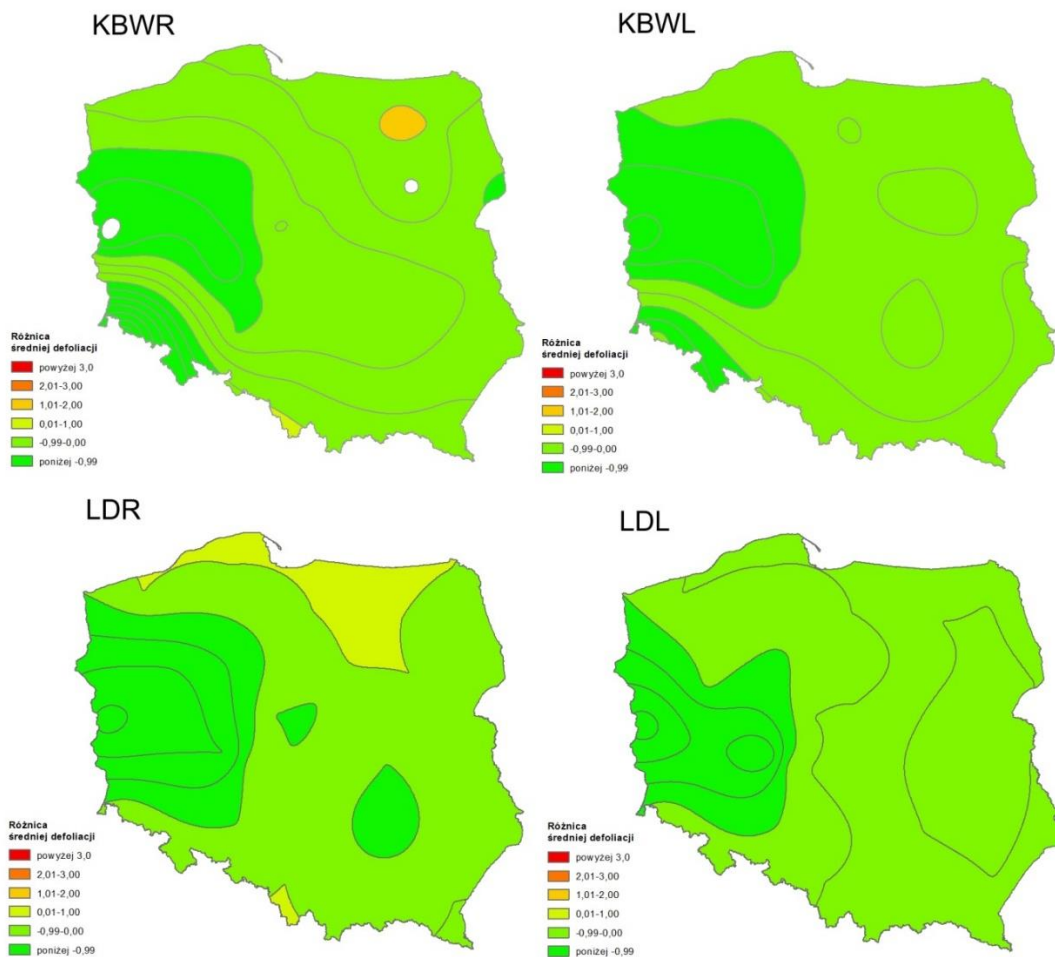


Rycina.6.3. Deficyt wody glebowej do wartości połowej pojemności wodnej 31 marca 2022 r.

Zmiany ulistnienia drzew występujące między latami 2022 i 2021 determinowane były dobrymi warunkami wilgotnościowymi panującymi na terenie kraju w 2021 r. Sytuacja ta doprowadziła do zmniejszenia defoliacji drzew w 2022 r. we wszystkich strefach zróżnicowania warunków wilgotnościowych. Także w tych, w których wskaźniki susz wskazały na zagrożenie niedoborem wody dostępnej w glebie (ryc. 6.5.). Jedynie na niewielkim obszarze odnotowano zwiększenie defoliacji co może być powodowane uwarunkowaniami lokalnymi. Podobnie, jak w latach poprzednich, efekt susz powinien zostać odnotowany w kolejnym roku po wystąpieniu zjawiska suszy, czyli zwiększona defoliacja drzew w zachodnich rejonach kraju powinna się ujawnić w 2023 r.



Rycina.6.4. Suma opadów atmosferycznych od 1 marca do 30 czerwca 2022 r.



Rycina.6.5. Zmiany defoliacji drzewostanów w 2022 r. w strefach zagrożenia wystąpienia suszy:

a) roczny klimatyczny bilans wodny KBWR, b) klimatyczny bilans wodny półrocza letniego KBWL, c) liczba dni zagrożenia suszą glebową w roku LDR, d) liczba dni zagrożenia suszą w miesiącach największego wzrostu drzew LDL

Literatura

- Albert M., Hansen J., Nagel J., Schmidt M., Spellmann H., 2015: Assessing risks and uncertainties in forest dynamics under different management scenarios and climate change *Forest Ecosystems* 2:14, 2015. DOI 10.1186/s40663-015-0036-5
- Braun S, de Witte LC, Hopf SE (2020) Auswirkungen des Trockensommers 2018 auf Flächen der Interkantonalen Walddauerbeobachtung. *Schweiz Z Forstwes* 171:270–280
- Büntgen, U., Urban, O., Krusic, P.J. *et al.* Recent European drought extremes beyond Common Era background variability. *Nat. Geosci.* 14, 190–196 (2021). <https://doi.org/10.1038/s41561-021-00698-0>
- Liu, S., 1997. A new model for the prediction of rainfall interception in forest canopies. *Ecological Modelling* 99, 151–159.
- Liu, S., 2001. Evaluation of the Liu model for predicting rainfall interception in forests world-wide. *Hydrological Processes*, 15, 2341-2360. Kondo (2001) (Smax wg Komatsu et al., 2008).
- Komatsu, H., Shinohara, Y., Kume, T., Otsuki, K., 2008. Relationship between annual rainfall and interception ratio for forests across Japan. *Journal of Hydrology* 256, 1189-1197.
- Kondo, J., Nakazono, M., Watanabe, T., 1992. Hydrological climate in Japan (2): forest rainfall interception. *J. Jpn. Soc. Hydrol. Water Resour.* 5 (2), 29–36 (in Japanese with English summary).
- Masante D, Vogt J (2018) Drought in Central-Northern Europe – August 2018. https://edo.jrc.ec.europa.eu/documents/news/EDODroughtNews201807_Central_North_Europe.pdf. Accessed 20 Feb 2020
- Masante D, Vogt J, Cammalleri C, Spinoni J, Barbosa P (2018) Drought in Central-Northern Europe – September 2018 EDO Analytical Report Copernicus EMS – European Drought Observatory (EDO). https://edo.jrc.ec.europa.eu/documents/news//EDODroughtNews201809_Central_North_Europe.pdf. Accessed 20 Feb 2020
- Schuldt B, Buras A, Arend M, Vitasse Y, Beierkuhnlein C, Damm A, Gharun M, Grams TEE, Hauck M, Hajek P, Hartmann H, Hilbrunner E, Hoch G, Holloway-Phillips M, Körner H, Larysch E, Lübke T, Nelson DB, Rammig A, Rigling A, Rose L, Ruehr NK, Schumann K, Weiser F, Werner Ch, Wohlgemuth T, Zang ChS, Kahmen A (2020) A first assessment of the impact of the extreme 2018 summer drought on Central European forests, *Basic and Applied Ecology* DOI: <https://doi.org/10.1016/j.baae.2020.04.003>
- Wang Q., Wu J., Lei T., He B., Wu Z, Liu M, Mo X., Geng G., Li X., Zhou H., Liu D., 2014. Temporal-spatial characteristics of severe drought events and their impact on agriculture on a global scale. *Quaternary International* 349, 10-21.

7. STAŁE POWIERZCHNIE OBSERWACYJNE MONITORINGU LASÓW NA OBSZARACH NATURA 2000 – ROBERT HILDEBRAND

Sieć Natura 2000 obejmuje Unię Europejską i składa się z obszarów wyznaczonych w poszczególnych krajach wspólnoty, na podstawie dwóch dyrektyw Komisji Europejskiej:

Dyrektywy Ptasiej 79/409/EEC z 2.04.1979 o ochronie dziko żyjących ptaków (*Directive on the conservation of wild birds*), wersja skodyfikowana 2009/147/EC z 30.11.2009: (<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/HTML/?uri=CELEX:32009L0147&from=EN>).

Dyrektywy Siedliskowej (Habitatowej) 92/43/EEC z 21.05.1992 w sprawie ochrony siedlisk naturalnych oraz dzikiej fauny i flory (*Directive on the conservation of natural habitats and of wild fauna and flora*), wersja skonsolidowana 2013/17/EU z 13.05.2013: (<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/HTML/?uri=CELEX:32013L0017&from=EN>).

Sieć Natura 2000 została utworzona dla zapewnienia przetrwania najcenniejszych i najbardziej zagrożonych europejskich gatunków i siedlisk. Jest to jeden z podstawowych elementów systemu ochrony przyrody i bioróżnorodności w Unii Europejskiej. Tworzy ona system uzupełniający i wzbogacający wcześniejsze, funkcjonujące w państwach europejskich systemy obszarów ochrony przyrody w postaci ustawowo przyjętych form ochrony, takich jak: parki narodowe, rezerваты przyrody, parki krajobrazowe, obszary chronionego krajobrazu, pomniki przyrody itp.

Na obszarach zakwalifikowanych do sieci Natura 2000 wyróżnia się:

- SPECIAL PROTECTION AREAS (SPAs) – Birds Directive – obszary specjalnej ochrony ptaków (OSO),
- SITES OF COMMUNITY IMPORTANCE (SCIs) – Habitats Directive – specjalne obszary ochrony siedlisk (SOO).

Na gruncie prawa krajowego podstawą funkcjonowania Sieci Natura 2000 w Polsce jest ustawa o ochronie przyrody z dnia 16 kwietnia 2004 r. oraz towarzyszący jej szereg rozporządzeń (z 13.04.2010, z 12.01.2011, z 17.02.2010 i z 30.03.2010) ustanawiających obszary specjalnej ochrony ptaków Natura 2000.

Według bazy <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps> (którą prowadzi Europejska Agencja Środowiska Komisji Europejskiej) zaktualizowanej na koniec listopada 2022 roku liczba obszarów sieci Natura 2000 w Polsce nie zwiększyła się od poprzedniego roku i wynosi 1002. Na koniec 2022 roku łączna powierzchnia zajmowana przez obszary Natura 2000 wynosiła 68 471,4 km², co jest równe obecnie 19,5% powierzchni kraju.

W ostatnich latach proces zmian obszarów Natura 2000 przerodził się w proces modyfikacji przebiegu granic istniejących już obszarów Natura 2000. Wykonywane i planowane zmiany dotyczą tak powiększenia, jak i pomniejszenia niektórych obszarów specjalnej ochrony siedlisk oraz obszarów

specjalnej ochrony ptaków. W 2022 roku Generalna Dyrekcja Ochrony Środowiska opracowała propozycje zmian w 8 obszarach Natura 2000. Powstaną 3 nowe specjalne obszary ochrony siedlisk (SOO), zwiększy się powierzchnia 4 specjalnych obszarów ochrony siedlisk (SOO), a jedna powierzchnia zostanie zmniejszona (około 81 ha).

W roku 2022 na obszarach Sieci Natura 2000 znalazło się 676 czynnych (na których wykonywane były obserwacje i pomiary) powierzchni obserwacyjnych monitoringu leśnego. Stanowi to około 30,7% wszystkich aktywnych SPO.

Lądowe obszary specjalnej ochrony ptaków (OSO) zajmują 48 443 km². Znalazło się na nich 6 czynnych SPO Monitoringu Intensywnego, 31 czynnych SPO II rzędu oraz 485 czynnych powierzchni I rzędu (ryc. 7.1).

868 lądowych specjalnych obszarów ochrony siedlisk (SOO) zajmuje 34 306 km². Znalazło się na nich 8 czynnych SPO Monitoringu Intensywnego, 24 czynne powierzchnie II rzędu i 373 czynnych SPO I rzędu (ryc. 7.1).

Należy zwrócić uwagę, że ogólna liczba powierzchni nie jest sumą SPO znajdujących się w poszczególnych typach ochrony, możliwa jest sytuacja, w której jedna powierzchnia monitoringowa znajduje się na dwóch zachodzących na siebie obszarach Natura 2000.

Na 145 obszarach specjalnej ochrony ptaków (OSO) lasy zajmują około 2,469 miliona hektarów (na 86 OSO znajdują się powierzchnie monitoringowe I rzędu) i przeważająca większość z nich uszkodzona jest w stopniu umiarkowanym. Większość powierzchni leśnej (92%) znajduje się w 1 – lekkiej klasie defoliacji (defoliacja 15–25%), pozostała część (8%) lasów znajduje się w 2 – średniej klasie defoliacji (defoliacja 26–60%). W roku 2022 nastąpiło zmniejszenie (z 12% do 8%) powierzchni leśnej, na której defoliacja drzew przyjmowała wartości z klasy 2. Większość tych zmian związana jest z zmniejszeniem się poziomu defoliacji w środkowej i zachodniej Polsce (ryc. 7.2). Nie stwierdzono obecności kompleksów leśnych bez defoliacji, jak również z dużą defoliacją.

Na 865 specjalnych obszarach ochrony siedlisk (SOO) kompleksy leśne zajmują około 1,916 miliona hektarów (na 171 SOO znajdują się monitoringowe SPO I rzędu). Większość powierzchni leśnej (92%) znajduje się w 1 – lekkiej klasie defoliacji (defoliacja 10–25%), pozostała część lasów znajduje się w 2 – średniej klasie defoliacji (defoliacja 26–60%). W porównaniu do ubiegłego roku nastąpiło zmniejszenie powierzchni leśnej z defoliacją na poziomie średnim z 10% do 8% (ryc. 7.2). Podobnie jak na OSO nie występują kompleksy leśne bez defoliacji, jak również z dużą defoliacją.

Struktura i rozmieszczenie zmian uszkodzeń lasów na obszarach Natura 2000 przedstawione są na rycinie 7.3.

Tabela 7.1 prezentuje średnią defoliację drzew na 171 specjalnych obszarach ochrony siedlisk (SOO) obszarów Natura 2000, na których obecne znajduje się 373 stałych powierzchni obserwacyjnych I rzędu monitoringu lasów.

Uśrednione wartości defoliacji w lasach znajdujących się odpowiednio na obszarach ochrony siedlisk (SOO) i obszarach ochrony ptaków (OSO) wynoszą około 21-22% i mieszczą się w klasie 1 (lekkiej defoliacji) – tabela 7.2.

W perspektywie najbliższych lat struktura obszarów Sieci Natura 2000 będzie się zmieniać w niewielkim stopniu, natomiast będą modyfikacje wielkości i zasięgu istniejących obszarów Natura 2000. Należy zwrócić uwagę, że w niewielkim stopniu zmienia się również liczba stałych powierzchni obserwacyjnych monitoringu lasów i wynika ona z naturalnych zmian rozwojowych lasów. Gdzie stałe powierzchnie obserwacyjne (SPO) przechodzą ze statusu powierzchni czynnych do oczekujących, gdy drzewa w lesie zostają wycięte i odwrotnie, gdy młode drzewostany dorastają.

LITERATURA

Directive on the conservation of natural habitats and of wild fauna and flora. Dyrektywa Siedliskowa z 1 lipca 2013, wersja skonsolidowana dyrektywy 92/43/EEC z 21 maja 1992.

Directive on the conservation of wild birds. Dyrektywa o ochronie dzikiego ptactwa 2009/147/EC z 30 listopada 2009, wersja skonsolidowana dyrektywy EWG 79/409/EWG z 2 kwietnia 1979.

Natura 2000. Biuletyn o przyrodzie i różnorodności biologicznej. Dyrekcja Generalna ds. Środowiska Komisji Europejskiej. Numer 49. Grudzień 2020, ISSN 2443-776X.

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

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

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

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

Uchwała nr 5 Rady Ministrów z dnia 5 stycznia 2021 r. w sprawie wyrażenia zgody na przekazanie Komisji Europejskiej dokumentu „Lista zmian w sieci obszarów Natura 2000” Monitor Polski Warszawa, dnia 15 stycznia 2021 r. poz. 45

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

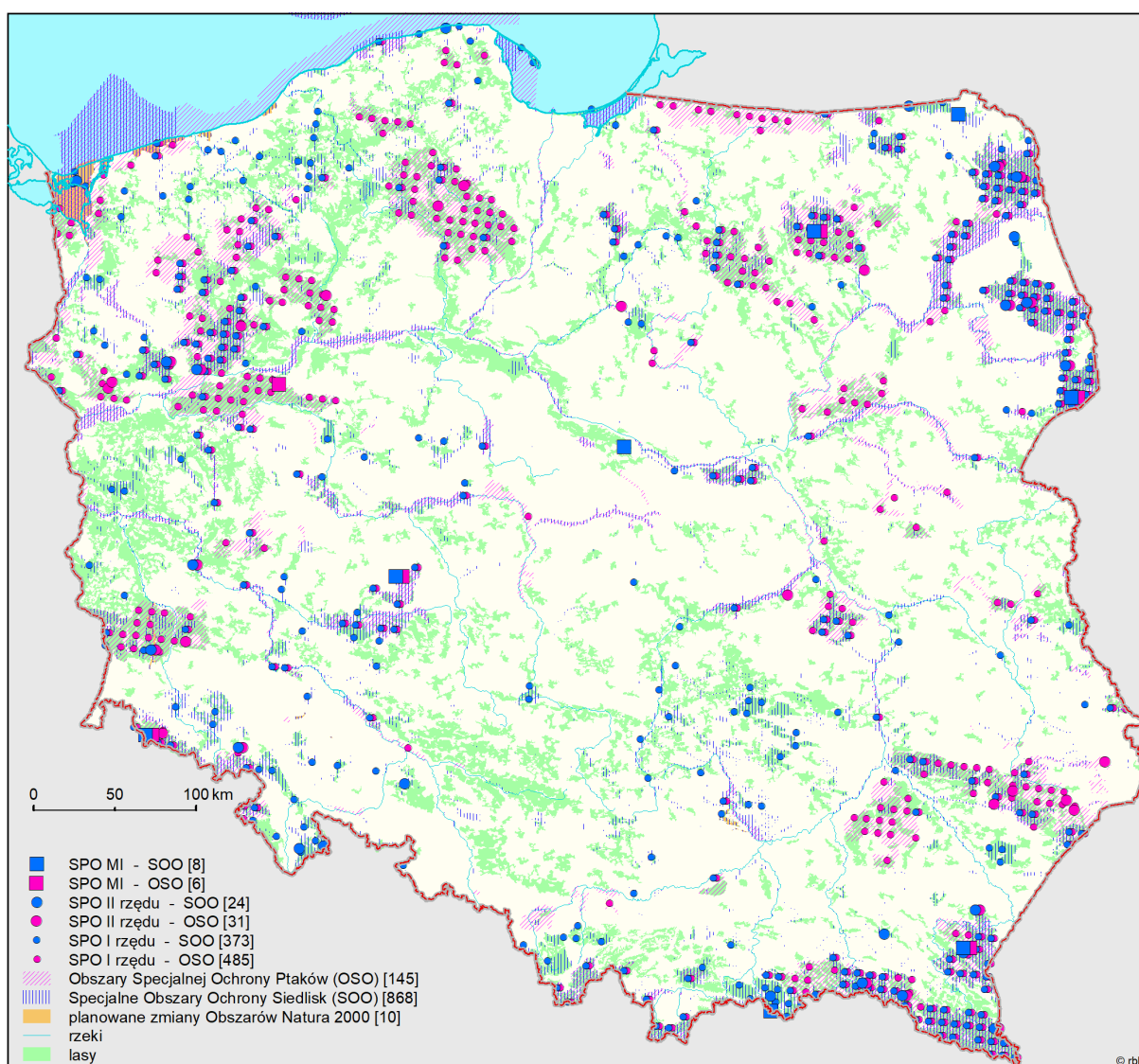
Tabela 7.1. Średnia defoliacja na stałych powierzchniach obserwacyjnych (SPO) I rzędu znajdujących się na specjalnych obszarach ochrony siedlisk (SOO) Natura 2000 w 2021 roku.

Kod obszaru	Nazwa obszaru	Liczba drzew	Średnia defoliacja	Kod obszaru	Nazwa obszaru	Liczba drzew	Średnia defoliacja
				PLH080002	Rynna Jezior Obrzańskich	60	20,08
				PLH080004	Torowisko Chłopy	20	29,75
				PLH080014	Nowosolska Dolina Odry	20	22,75
				PLH080036	Jeziora Gościmskie	20	27,25
				PLH080037	Lasy Dobrosułowskie	40	16,38
PLC020001	Karkonosze	40	27,13	PLH080044	Wilki nad Nysą	20	17,25
PLC020002	Łęgi Odrzańskie	60	21,75	PLH080060	Uroczyska Borów Zasięckich	20	17,25
PLC120001	Tatry	60	34,42	PLH080070	Las Żarski	20	19,50
PLC120003	Torowiska Orawsko-Nowotarskie	20	19,75	PLH080071	Ostoja Barłinea	100	28,20
PLC140001	Puszcza Kampinowska	80	27,50	PLH100007	Załęczański Łuk Warty	40	20,38
PLC180001	Bieszczady	360	16,96	PLH100008	Dolina Środkowej Pilicy	20	20,25
PLC200004	Puszcza Białowieska	220	19,50	PLH100016	Buczyna Gałkowska	20	10,00
PLH020003	Dolina Łachy	20	14,75	PLH100024	Lasy Smardzewickie	20	30,75
PLH020004	Góry Stołowe	40	26,00	PLH120001	Ostoja Babiogórska	20	31,75
PLH020015	Wrzosowisko Przemkowskie	20	28,50	PLH120004	Dolina Prądnika	20	17,50
PLH020016	Góry Białskie i Grupa Śnieżnika	40	23,38	PLH120008	Koło Grobli	20	8,25
PLH020017	Grądy w Dolinie Odry	20	19,50	PLH120018	Ostoja Gorczańska	40	16,88
PLH020037	Góry i Pogórze Kaczawskie	40	21,88	PLH120019	Ostoja Popradzka	180	17,39
PLH020038	Góry Kamienne	20	20,75	PLH120036	Łabowa	40	18,38
PLH020041	Ostoja nad Baryczą	140	13,54	PLH120052	Ostoje Nietoperzy Beskidu Wyspowego	20	20,00
PLH020047	Torowiska Gór Izerskich	20	30,25	PLH120077	Rudniańskie Modraszki - Kajasówka	20	22,75
PLH020054	Ostoja nad Bobrem	20	21,00	PLH120094	Ostoje Nietoperzy Powiatu Gorlickiego	20	16,00
PLH020060	Góry Orlickie	20	22,00	PLH140010	Olszyny Rumockie	20	35,25
PLH020062	Góry Bardzkie	20	25,50	PLH140011	Ostoja Nadbużańska	40	27,50
PLH020071	Ostoja Nietoperzy Gór Sowich	40	18,13	PLH140016	Dolina Dolnej Pilicy	20	40,75
PLH020072	Uroczyska Borów Dolnośląskich	20	21,50	PLH140029	Kampinowska Dolina Wisły	20	30,00
PLH020074	Wzgórza Strzeleckie	20	17,75	PLH140030	Łękawica	20	21,75
PLH020082	Wzgórza Niemczańskie	20	25,25	PLH140035	Puszcza Kozienicka	80	24,56
PLH020083	Dolina Bystrzycy Łomnickiej	20	23,25	PLH140046	Bory bagienne i torowiska Karaska	20	15,00
PLH020084	Dolina Dolnej Baryczy	40	15,00	PLH140049	Myszynieckie Bory Sasankowe	20	25,50
PLH020086	Pieńska Dolina Nysy Łużyckiej	20	17,75	PLH160007	Góry Opawskie	20	25,50
PLH020091	Dolina Oleśnicy i Potoku Boguszyckiego	20	19,75	PLH160014	Opolska Dolina Nysy Kłodzkiej	20	25,00
PLH020096	Góry Złote	20	16,50	PLH180001	Ostoja Magurska	80	21,19
PLH020103	Łęgi nad Bystrycą	20	34,50	PLH180012	Ostoja Przemyska	80	15,44
PLH040007	Jezioro Gopło	20	20,50	PLH180013	Ostoja Góry Słonne	140	19,36
PLH040017	Sandr Wdy	20	19,75	PLH180014	Ostoja Jaślika	120	14,42
PLH040023	Doliny Brdy i Stażki w Borach Tucholskich	20	20,50	PLH180015	Łysa Góra	20	25,50
PLH060005	Dolina Środkowego Wieprza	20	23,50	PLH180017	Horyniec	40	17,63
PLH060013	Ostoja Poleska	20	21,00	PLH180018	Trzciana	20	27,25
PLH060015	Płaskowyż Nałęczowski	20	21,50	PLH180020	Dolina Dolnego Sanu	20	17,50
PLH060017	Roztocze Środkowe	20	23,00	PLH180054	Lasy Sieniawskie	60	19,67
PLH060031	Uroczyska Lasów Janowskich	40	32,38	PLH180055	Enklawy Puszczy Sandomierskiej	20	25,00
PLH060034	Uroczyska Puszczy Solskiej	80	27,88	PLH200004	Ostoja Wigierska	20	26,75
PLH060043	Lasy Sobiborskie	20	27,75	PLH200005	Ostoja Augustowska	300	21,60
PLH060045	Przełom Wisły w Małopolsce	20	37,25	PLH200006	Ostoja Knyszyńska	420	20,26
PLH060051	Dolny Wieprz	20	27,75	PLH200007	Pojezierze Sejneńskie	40	19,50
PLH060074	Putnowice	20	32,25	PLH200008	Dolina Biebrzy	180	25,36
PLH060093	Uroczyska Roztocza Wschodniego	20	22,50	PLH200010	Ostoja w Dolinie Górnej Narwi	20	23,00
PLH060099	Uroczyska Lasów Strzeleckich	20	27,50	PLH200019	Jelonka	20	21,00
PLH080001	Dolina Leniwej Obry	20	22,00				

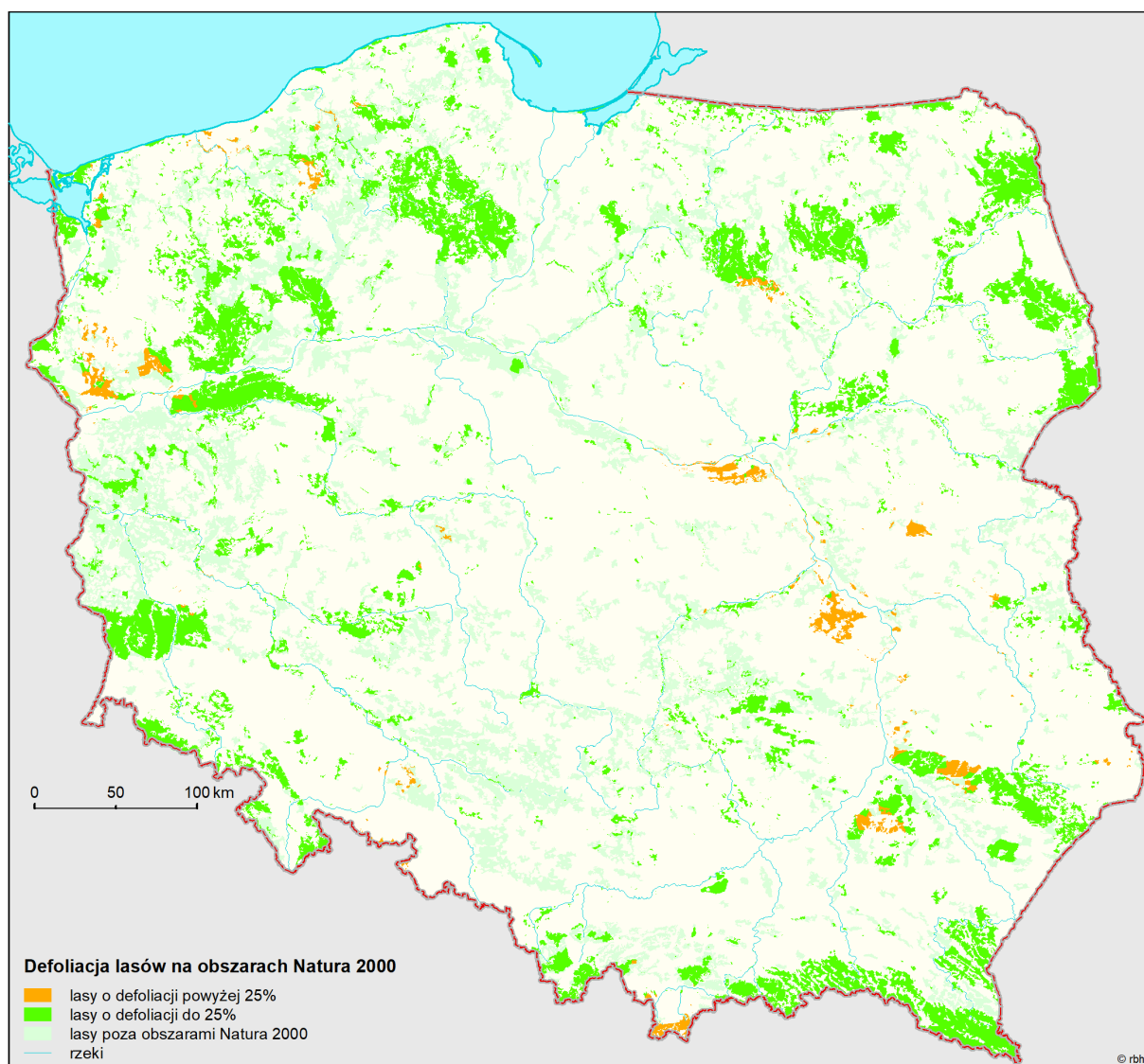
Kod obszaru	Nazwa obszaru	Liczba drzew	Średnia defoliacja	Kod obszaru	Nazwa obszaru	Liczba drzew	Średnia defoliacja
PLH200021	Ostoja w Dolinie Górnego Nurca	20	18,50	PLH300041	Ostoja Przemęcka	20	15,00
PLH200022	Dolina Górnej Rospudy	20	23,00	PLH300045	Ostoja Pilska	20	17,75
PLH220014	Kurze Grzędy	20	21,75	PLH300046	Dolina Bukówki	20	17,50
PLH220018	Mierzeja Sarbska	20	18,25	PLH320001	Bobolickie Jeziora Lobeliowe	40	28,75
PLH220020	Pełcznica	20	16,75	PLH320003	Dolina Grabowej	20	28,50
PLH220021	Piaśnickie Łąki	20	23,75	PLH320006	Dolina Płoni i Jezioro Miedwie	20	14,75
PLH220023	Ostoja Słowińska	20	25,25	PLH320007	Dorzecze Parsęty	60	27,08
PLH220026	Sandr Brdy	20	19,00	PLH320008	Janiewickie Bagno	20	24,50
PLH220029	Trzy Młyny	20	18,25	PLH320013	Ostoja Goleniowska	20	22,75
PLH220032	Zatoka Pucka i Półwysp Helski	40	21,38	PLH320014	Pojezierze Myśluborskie	20	20,25
PLH220034	Jeziora Wdzydzkie	40	21,25	PLH320017	Trzebiatowsko-Kołobrzeski Pas Nadmorski	40	16,75
PLH220038	Dolina Wieprzy i Studnicy	20	35,00	PLH320019	Wolin i Uznam	60	27,58
PLH220041	Miasteczkie Jeziora Lobeliowe	20	27,50	PLH320020	Wzgórza Bukowe	40	19,00
PLH240001	Cieszyńskie Źródła Tufowe	20	24,75	PLH320022	Dolina Radwi, Chocieli i Chotli	60	25,58
PLH240005	Beskid Śląski	40	28,88	PLH320023	Jezioro Lubie i Dolina Drawy	60	21,58
PLH240006	Beskid Żywiecki	60	23,50	PLH320037	Dolna Odra	20	24,50
PLH240023	Beskid Mały	60	22,75	PLH320038	Gogolice-Kosa	20	48,75
PLH260002	Łysogóry	20	12,75	PLH320039	Jeziora Czaplneckie	60	23,08
PLH260003	Ostoja Nidziańska	20	28,25	PLH320040	Jezioro Bobięcińskie	20	22,00
PLH260004	Ostoja Przedborska	20	26,00	PLH320044	Lasy Bierzwnickie	40	14,63
PLH260010	Lasy Suchedniowskie	80	23,63	PLH320045	Mirosławiec	20	16,25
PLH260011	Lasy Skarżyskie	20	14,50	PLH320046	Uroczyska Puszczy Drawskiej	240	18,21
PLH260015	Dolina Czarnej	20	24,00	PLH320047	Warnie Bagno	20	30,75
PLH260018	Dolina Górnej Pilicy	40	27,63	PLH320049	Dorzecze Regi	60	22,25
PLH260024	Krzemionki	20	21,25	PLH320052	Ostoja Golczewska	20	28,75
PLH260027	Ostoja Gaj	20	19,75	PLH320060	Dziczy Las	20	26,25
PLH260028	Ostoja Jeleniowska	20	14,75	PLH320067	Pojezierze Ińskie	60	16,75
PLH260029	Ostoja Kozubowska	20	16,25				
PLH260034	Ostoja Szaniecko-Solecka	40	20,25				
PLH260040	Lasy Cisowsko-Orłowińskie	20	9,25				
PLH280001	Dolina Drwęcy	80	24,31				
PLH280005	Puszcza Romincka	20	25,75				
PLH280006	Rzeka Pasłęka	20	21,25				
PLH280007	Zalew Wiślany i Mierzeja Wiślana	20	21,25				
PLH280012	Ostoja Lidzbarska	40	17,38				
PLH280016	Ostoja Borecka	100	21,05				
PLH280029	Doliny Erozyjne Wysoczyzny Elbląskiej	20	13,50				
PLH280033	Warmińskie Buczyny	20	13,25				
PLH280044	Ostoja nad Oświnem	20	16,25				
PLH280048	Ostoja Piska	140	21,64				
PLH280052	Ostoja Napiwodzko-Ramucka	100	21,75				
PLH280053	Ostoja Iławska	60	17,33				
PLH300001	Biedrusko	20	13,00				
PLH300002	Uroczyska Płyty Krotoszyńskiej	80	26,00				
PLH300009	Ostoja Nadwarciańska	20	16,25				
PLH300010	Ostoja Wielkopolska	40	14,38				
PLH300011	Puszcza Bieniszewska	20	16,75				
PLH300026	Pojezierze Gnieźnieńskie	40	16,88				
PLH300032	Ostoja Międzychodzko-Sierakowska	40	17,75				
PLH300038	Dolina Cybiny	20	15,50				

Tabela 7.2. Średnia defoliacja na obszarach Natura 2000 z powierzchniami monitoringu leśnego w 2021 roku

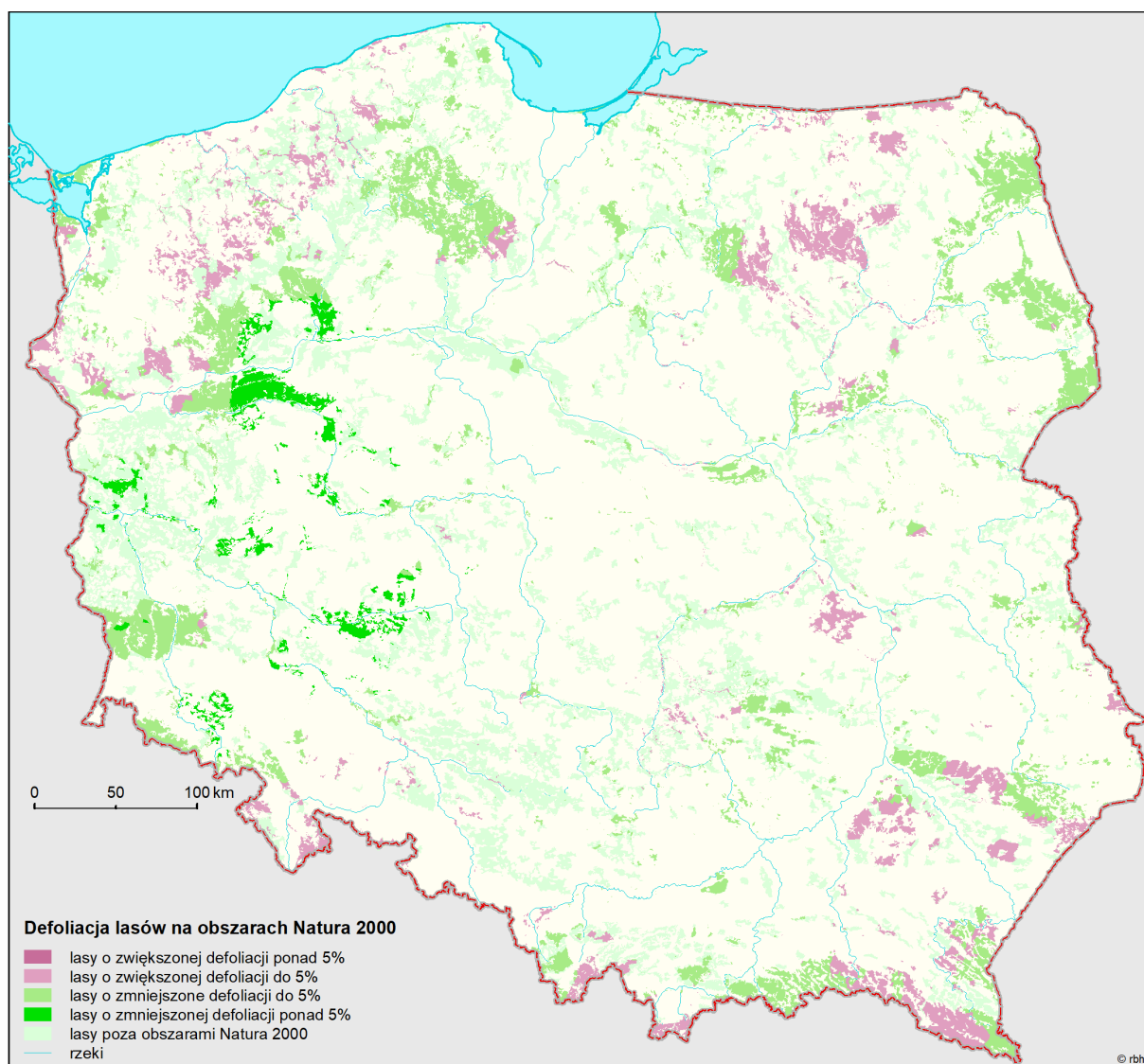
Rodzaj obszaru	Liczba obszarów Natura 2000	Liczba SPO I	Średnia defoliacja w 2021 roku	Średnia defoliacja w 2021 roku	Zmiana średniej defoliacji
Obszary ochrony ptaków (OSO)	85	485	21,3	21,9	-0,6
Obszary ochrony siedlisk (SOO)	171	373	21,3	21,7	-0,4



Rycina 7.1. Rozmieszczenie SPO I i II rzędu oraz powierzchni Monitoringu Intensywnego na obszarach Natura 2000 (stan na koniec 2022 r.)



Rycina 7.2. Poziom defoliacji lasów na obszarach Natura 2000 na podstawie oceny defoliacji na stałych powierzchniach obserwacyjnych (stan na 2022 rok)



Rycina 7.3. Różnica w poziomie defoliacji lasów na obszarach Natura 2000 pomiędzy latami 2022 i 2021 na podstawie zmiany defoliacji na stałych powierzchniach obserwacyjnych

CZEŚĆ III MONITORING LASÓW NA STAŁYCH POWIERZCHNIACH OBSERWACYJNYCH II RZĘDU

8. STAN ZDROWOTNY DRZEWOSTANÓW NA SPO II RZĘDU W 2022 R. – JADWIGA MAŁACHOWSKA

W 2022 roku wśród 148 SPO II rzędu były 133 powierzchnie czynne, na których prowadzono ocenę stanu koron drzew oraz 15 powierzchni oczekujących, na których stary drzewostan został usunięty, a wiek młodego drzewostanu nie przekraczał 20 lat. Cztery powierzchnie przeszły z czynnych do oczekujących w 2015 r., po trzy powierzchnie zmieniło swój charakter w latach 2008 i 2018, po jednej powierzchni – w latach 2009, 2014, 2016, 2019 i 2020. Wśród powierzchni czynnych było 97 powierzchni sosnowych, 11 powierzchni świerkowych, 14 powierzchni dębowych i 11 powierzchni bukowych. Wśród powierzchni oczekujących były trzy powierzchnie sosnowe, jedenaście powierzchni świerkowych oraz jedna powierzchnia dębowa.

Czynne powierzchnie sosnowe są reprezentowane w siedmiu krainach przyrodniczo-leśnych, we wszystkich regionalnych dyrekcjach Lasów Państwowych oraz we wszystkich województwach. Czynne powierzchnie świerkowe występują w trzech krainach, w czterech regionalnych dyrekcjach LP i w czterech województwach. Czynne powierzchnie bukowe występują w sześciu krainach, w dziewięciu regionalnych dyrekcjach LP oraz w dziesięciu województwach. Czynne powierzchnie dębowe są reprezentowane we wszystkich krainach, w dwunastu regionalnych dyrekcjach LP oraz w jedenastu województwach (tab. 8.1 – 8.3).

Na czynnych SPO II rzędu przeprowadza się corocznie ocenę stanu zdrowotnego drzewostanów, według tej samej metodyki co na SPO I rzędu. Wyniki tej oceny wraz z wynikami rozszerzonego zakresu obserwacji i pomiarów prowadzonych na tych powierzchniach w cyklach kilkuletnich stanowią pulę informacji, które mogą być wykorzystywane do zaawansowanych analiz.

Zróżnicowanie kondycji zdrowotnej drzew monitorowanych gatunków w kraju

Ogółem na SPO II rzędu średnia defoliacja drzew w roku 2022 wynosiła 22,1%. Udział drzew zdrowych (klasa 0, do 10% defoliacji) równał się 11,9%, udział drzew w klasie ostrzegawczej (klasa 1, drzewa o defoliacji od 11% do 25%) – 71,8%, a udział drzew o osłabionej kondycji (klasy 2-4, powyżej 25% defoliacji) – 16,3% (tab. 8.4). Kondycja zdrowotna drzew gatunków łącznie uległa niewielkiej poprawie w porównaniu z rokiem 2021.

Udział drzew zdrowych wzrósł o 3,9 punkty procentowe, udział drzew w klasach defoliacji 2-4 zmniejszył się o 2,7 p.p., średnia defoliacja była niższa o 1,0 punkt procentowy.

Gatunkiem charakteryzującym się najlepszą kondycją zdrowotną w 2022 roku był buk, u którego udział drzew zdrowych wynosił 36,6%, udział drzew w klasach defoliacji 2-4 – 7,6%, a średnia defoliacja – 16,5%. Najgorszą kondycją cechował się dąb, u którego udział drzew zdrowych wynosił jedynie 2,5%, udział drzew osłabionych – 31,3%, a średnia defoliacja – 26,7%. Pozostałe dwa gatunki sosna i świerk zajmowały w tej klasyfikacji miejsca pośrednie. Udział drzew zdrowych wynosił odpowiednio: 11,0% i 6,0%, udział drzew uszkodzonych: 15,4% i 13,9%, a średnia defoliacja: 22,0% i 22,6% (tab. 8.4).

Kolejność gatunków występujących na SPO II rzędu od najzdrowszych do najmniej zdrowych była następująca: buk << sosna < świerk << dąb.

Rozkład powierzchniowy kondycji zdrowotnej drzew monitorowanych gatunków

Analiza rozkładu powierzchniowego kondycji zdrowotnej drzew na SPO II rzędu jest trudna ze względu na nierównomierne rozmieszczenie powierzchni badawczych w poszczególnych jednostkach terytorialnych oraz niewielką liczbę powierzchni reprezentujących te jednostki (tab. 8.1 – 8.3).

Bardziej szczegółowo przeprowadzono analizę kondycji zdrowotnej drzew w krainach przyrodniczo-leśnych: porównano udziały drzew w klasach defoliacji oraz ich średnią defoliację. Analizę kondycji drzew w regionalnych dyrekcjach Lasów Państwowych oraz w województwach, ze względu na gorszą reprezentatywność, przeprowadzono jedynie na podstawie średnich defoliacji.

Wartości określane jako najmniejsze, największe lub średnie (najwyższe, najniższe, średnie) odnoszą się do zakresu wartości w obrębie omawianej jednostki terytorialnej lub w obrębie omawianego gatunku lub grupy gatunków.

Kondycja zdrowotna drzew w układzie krain przyrodniczo-leśnych

Udziały drzew w klasach defoliacji oraz średnią defoliację monitorowanych gatunków na SPO II rzędu w układzie krain przyrodniczo-leśnych zamieszczono w tabeli 8.4 oraz na rycinach 8.1 – 8.5.

Drzewa **monitorowanych gatunków łącznie** okazały się najzdrowsze na powierzchniach Krainy Karpackiej, niewiele gorszą kondycją charakteryzowały się drzewa w lasach Krainy Bałtyckiej (odpowiednio: 17,7% i 18,3% drzew zdrowych, 13,4% i 11,9% drzew w klasach defoliacji 2-4, 19,4% i 20,0% średniej defoliacji). Dobrą kondycję drzew

zarejestrowano w Krainie Sudeckiej (11,3% drzew zdrowych, 11,3% drzew w klasach defoliacji 2-4 oraz 21,4% średniej defoliacji). Słabszą kondycję odnotowano w krainach: Śląskiej, Mazursko-Podlaskiej, Wielkopolsko-Pomorskiej i Małopolskiej (od 10,9% do 7,5% drzew zdrowych, od 13,6% do 19,8% drzew w klasach defoliacji 2-4 oraz od 22,5% do 23,0% średniej defoliacji). Najśłabszą kondycją w zestawieniu charakteryzowały się drzewa na powierzchniach Krainy Mazowiecko-Podlaskiej (najniższy udział drzew zdrowych – 2,3%, 18,0% drzew w klasach defoliacji 2-4 oraz najwyższa średnia defoliacja – 24,2%) (ryc. 8.1).

Powierzchnie z drzewostanem sosnowym występują w siedmiu krainach przyrodniczo-leśnych, brak takich powierzchni w Krainie Sudeckiej (ryc. 8.2). Sosna charakteryzowała się najlepszą kondycją zdrowotną w krainach: Karpackiej i Bałtyckiej. Zauważono tam wysoki udział drzew zdrowych (odpowiednio: 14,3% i 15,6%), niski udział drzew w klasach defoliacji 2-4 (13,3% i 10,9%) oraz najniższą średnią defoliację (20,0%). Dobrą kondycję drzew tego gatunku zarejestrowano w krainach Wielkopolsko-Pomorskiej i Śląskiej (odpowiednio: 15,8% i 10,2% drzew zdrowych, 15,3% i 13,1% drzew w klasach defoliacji 2-4 oraz 21,3% i 21,4% średniej defoliacji). Kondycję na średnim poziomie zanotowano w krainach Mazursko-Podlaskiej i Małopolskiej (odpowiednio: 10,4% do 8,9% drzew zdrowych, 14,4% i 18,0% drzew w klasach defoliacji 2-4 oraz 22,3% i 22,9% średniej defoliacji). Najśłabszą w tym zestawieniu kondycją zdrowotną cechowały się drzewa w Krainie Mazowiecko-Podlaskiej (1,9% drzew zdrowych, 19,3% drzew w klasach defoliacji 2-4 oraz 24,7% średniej defoliacji) (ryc. 8.2). W 2022 r. w porównaniu z 2021 r. w czterech krainach przyrodniczo-leśnych nastąpiła poprawa kondycji sosny, największa w Krainie Wielkopolsko-Pomorskiej. Odnotowano tam o 8,5 p.p. więcej drzew zdrowych, o 7,8% mniej drzew osłabionych oraz o 2,3 p.p. niższą średnią defoliację. Niewielkie pogorszenie kondycji sosny nastąpiło w Krainie Karpackiej.

Powierzchnie z drzewostanem świerkowym występują tylko w trzech krainach przyrodniczo-leśnych: Mazursko-Podlaskiej, Sudeckiej i Karpackiej (ryc. 8.3). W Krainie Mazursko-Podlaskiej nie zaobserwowano zdrowych świerków, ale jednocześnie zanotowano najniższy udział drzew osłabionych (2,4%) oraz najniższą w zestawieniu średnią defoliację (21,3%). W Krainie Karpackiej udziały drzew zdrowych (10,9%) oraz drzew w klasach 2-4 (23,6%) były wyższe niż w pozostałych dwóch krainach, średnia defoliacja wynosiła 22,5%. W Krainie Sudeckiej z kolei udziały drzew zdrowych oraz drzew osłabionych przyjmowały wartości pośrednie (odpowiednio: 5,8% i 13,3%), a średnia defoliacja była najwyższa (23,1%).

W 2022 r. w porównaniu z 2021 r. odnotowano poprawę kondycji świerka w Krainie Sudeckiej, natomiast niewielkie pogorszenie – w Krainie Mazursko-Podlaskiej.

Powierzchnie z drzewostanem bukowym występują w sześciu krainach (brak takich powierzchni w Krainach Mazursko-Podlaskiej i Mazowiecko-Podlaskiej), ich reprezentacja jest jednak niewielka. W Krainach Karpackiej i Bałtyckiej występują po trzy takie powierzchnie, w Krainie Śląskiej – dwie, w pozostałych trzech krainach – po jednej powierzchni, w związku z czym wiarygodność porównań jest wysoce niepewna (ryc. 8.4). Najzdrowsze buki występowały w Krainie Małopolskiej, gdzie zarejestrowano najwyższy wśród krain udział drzew zdrowych (75,0%), brak drzew w klasach defoliacji 2-4 oraz najniższą średnią defoliację (11,0%). Z kolei buki o najwyższej defoliacji koron występowały w Krainie Wielkopolsko-Pomorskiej, gdzie nie odnotowano drzew zdrowych, udział drzew w klasach defoliacji 2-4 był najwyższy w zestawieniu i wynosił 60,0% średnia defoliacja była również najwyższa (32,0%). Porównywane parametry w pozostałych krainach przyjmowały wartości pośrednie.

Powierzchnie z drzewostanem dębowym występują we wszystkich krainach przyrodniczo-leśnych, jednak podobnie jak to ma miejsce w przypadku powierzchni bukowych – ich reprezentacja jest bardzo mała: w sześciu krainach występują po dwie powierzchnie tego gatunku, w dwóch krainach – po jednej powierzchni (wiarygodność porównań jest wysoce niepewna) (tab. 8.1). Dąb charakteryzował się najgorszą kondycją zdrowotną w skali kraju, również w poszczególnych krainach jego kondycja była osłabiona (ryc. 8.5). Dobrą kondycją w porównaniu z innymi krainami charakteryzowały się dęby na powierzchniach w Krainie Sudeckiej (10% drzew zdrowych, 10,0% drzew w klasach defoliacji 2-4, 18,5% średniej defoliacji). Niewiele gorszą kondycją charakteryzują się dęby w krainach: Mazowiecko-Podlaskiej i Karpackiej (odpowiednio: 4,9% i 0,0% drzew zdrowych, 9,8% i 20,0% drzew w klasach defoliacji 2-4 oraz 21,0% i 21,8% średniej defoliacji). Kondycję na średnim poziomie zanotowano w krainach: Bałtyckiej i Mazursko-Podlaskiej (brak drzew zdrowych, 27,5% i 22,2% drzew w klasach defoliacji 2-4 oraz 25,6% średniej defoliacji). Silnie osłabione dęby występowały w krainach: Małopolskiej i Wielkopolsko-Pomorskiej (odpowiednio: 4,3% i 2,5% drzew zdrowych, 40,4% i 45,0% drzew w klasach defoliacji 2-4 oraz 28,7% i 31,8% średniej defoliacji). najbardziej osłabione – w Krainie Śląskiej (brak drzew zdrowych, 57,5% drzew w klasach defoliacji 2-4 oraz 34,1% średniej defoliacji).

Kondycja zdrowotna drzew w układzie regionalnych dyrekcji LP

Średnią defoliację monitorowanych gatunków na SPO II rzędu w układzie regionalnych dyrekcji Lasów Państwowych zamieszczono w tabeli 8.5.

W 2022 roku wartości średniej defoliacji drzew **monitorowanych gatunków łącznie** zawierały się w przedziale od 17,1% w RDLP w Pile do 27,3% w RDLP w Zielonej Górze. Niskie wartości tego parametru (od 18,5% do 20,4%) zanotowano w rdLP: w Krośnie, Katowicach, Gdańsku i Poznaniu. Średnimi wartościami średniej defoliacji (od 21,5% do 21,7% charakteryzowały się drzewa na powierzchniach w rdLP w Lublinie, Olsztynie i Toruniu. Podwyższone wartości średniej defoliacji (od 22,7% do 23,3%) zarejestrowano na powierzchniach w rdLP w Szczecinku, Białymstoku, Szczecinie i Wrocławiu. Wysokimi wartościami średniej defoliacji charakteryzowały się drzewa na powierzchniach w rdLP w Łodzi, Warszawie, Krakowie i Radomiu.

Powierzchnie z drzewostanem sosnowym występują we wszystkich regionalnych dyrekcjach LP. Wartości średniej defoliacji sosny zawierały się w przedziale od 17,1% w RDLP w Pile do 33,4% w RDLP w Krakowie. Niskie wartości tego parametru (od 18,2% do 19,4%) zanotowano w rdLP: w Poznaniu, Krośnie, Łodzi i Katowicach; średnie (od 20,9% do 21,8%) w rdLP w Szczecinku, Gdańsku, Toruniu i Wrocławiu. Podwyższone wartości średniej defoliacji (od 22,3% do 23,0%) zarejestrowano na powierzchniach w rdLP w Zielonej Górze, Lublinie, Szczecinie, Białymstoku i Olsztynie, wysokie wartości (od 25,3% do 26,4%) – w rdLP w Warszawie i Radomiu.

Powierzchnie z drzewostanem świerkowym występują jedynie w czterech regionalnych dyrekcjach LP: w Białymstoku, Krakowie, Krośnie i Wrocławiu. Wartości średniej defoliacji świerka zawierały się w przedziale od 18,7% w RDLP w Krośnie do 33,4% w RDLP w Krakowie.

Powierzchnie z drzewostanem bukowym występują nielicznie (po jednej lub dwie powierzchnie) w dziewięciu regionalnych dyrekcjach LP (tab. 8.2). Ze względu na małą reprezentatywność wiarygodność porównań jest wysoce niepewna. Najzdrowsze buki występowały na powierzchniach w rdLP w Lublinie i Olsztynie, gdzie średnia defoliacja wynosiła 11,0% i 11,2%. Niskie wartości średniej defoliacji (od 13,5% do 16,3%) zanotowano w rdLP: w Gdańsku, Wrocławiu, Krakowie, Krośnie i Katowicach. Podwyższoną wartość tego parametru (22,5%) zarejestrowano w RDLP w Szczecinie, najwyższą (32,0%) – w RDLP w Szczecinku.

Powierzchnie z drzewostanem dębowym występują w dwunastu regionalnych dyrekcjach LP, jednak podobnie jak to ma miejsce w przypadku powierzchni bukowych – ich reprezentacja jest bardzo mała (tab. 8.2) i wiarygodność porównań jest wysoce niepewna. Dąb charakteryzował się najgorszą kondycją zdrowotną w skali kraju, również w większości

regionalnych dyrekcji LP jego kondycja była osłabiona. Najniższą średnią defoliacją (20,5% i 20,7%) charakteryzowały się dęby na powierzchniach w rdLP w Gdańsku i Lublinie. Niską wartość tego parametru (21,5% i 21,8%) zanotowano w rdLP w Krakowie i Krośnie; średnią (od 24,8% do 25,8%) – w rdLP w Katowicach, Olsztynie i Białymstoku; wysoką (od 30,3% do 31,3%) – w rdLP w Łodzi, Szczecinie, Wrocławiu i Poznaniu. Najwyższą w tym zestawieniu średnią defoliacją (32,3%) charakteryzowały się dęby na powierzchni w RDLP w Zielonej Górze.

Kondycja zdrowotna drzew w układzie województw

Średnią defoliację monitorowanych gatunków na SPO II rzędu w układzie województw zamieszczono w tabeli 8.6.

Najlepszą kondycją zdrowotną charakteryzowały się drzewa monitorowanych gatunków łącznie na powierzchniach województwa śląskiego (śr. def. = 18,0%). Dobrą kondycję drzew zanotowano w województwach: podkarpackim, pomorskim i wielkopolskim (od 18,8% do 20,0% średniej defoliacji). Kondycję drzew na średnim poziomie obserwowano na powierzchniach województw: warmińsko-mazurskiego, podlaskiego, lubelskiego, kujawsko-pomorskiego, opolskiego i zachodniopomorskiego, (od 20,9% do 22,4% średniej defoliacji). Osłabioną kondycją zdrowotną charakteryzowały się drzewa na powierzchniach województw: świętokrzyskiego, dolnośląskiego, małopolskiego i lubuskiego (od 23,0% do 24,5% średniej defoliacji). Najsłabszą kondycją drzew zarejestrowano na powierzchniach województw: łódzkiego i mazowieckiego (27,3% średniej defoliacji).

Powierzchnie z drzewostanem sosnowym występują we wszystkich województwach. Wartości średniej defoliacji sosny zawierały się w przedziale od 16,4% w łódzkim do 28,7% w mazowieckim. Niskie wartości tego parametru (od 18,4% do 19,2%) zanotowano w województwach: wielkopolskim, śląskim i podkarpackim; średnie (od 20,4% do 21,1%) – w pomorskim, zachodniopomorskim i podlaskim. Podwyższone wartości średniej defoliacji (od 21,8% do 23,1%) zarejestrowano na powierzchniach w dolnośląskim, warmińsko-mazurskim, kujawsko-pomorskim, opolskim, lubuskim, lubelskim i świętokrzyskim, wysokie wartości (od 26,2% do 28,7%) – w małopolskim i mazowieckim.

Powierzchnie z drzewostanem świerkowym występują jedynie w czterech województwach: podkarpackim, podlaskim, dolnośląskim i małopolskim. Wartości średniej defoliacji świerka zawierały się w przedziale od 20,3% w podkarpackim do 23,7% w małopolskim.

Powierzchnie z drzewostanem bukowym występują nielicznie (po jednej lub dwie powierzchnie) w dziesięciu województwach (tab. 8.3). Ze względu na małą reprezentatywność wiarygodność porównań jest wysoce niepewna. Najzdrowsze buki występowały na powierzchniach województwach: w lubelskim i warmińsko-mazurskim, gdzie średnia defoliacja wynosiła 11,0% i 11,2%. Niskie wartości średniej defoliacji (od 13,5% do 14,0%) zanotowano w pomorskim, dolnośląskim i małopolskim, średnie wartości (od 15,0% do 17,8%) – w śląskim, podkarpackim i opolskim. Podwyższoną wartość tego parametru (22,5%) zarejestrowano w lubuskim, najwyższą (32,0%) – w zachodniopomorskim.

Powierzchnie z drzewostanem dębowym występują w jedenastu województwach, jednak podobnie jak to ma miejsce w przypadku powierzchni bukowych – ich reprezentacja jest bardzo mała (tab. 8.2 i 8.3) i wiarygodność porównań jest wysoce niepewna. Dąb charakteryzował się najgorszą kondycją zdrowotną w skali kraju, również w większości województw jego kondycja była osłabiona. Najniższą średnią defoliacją (20,5%) charakteryzowały się dęby na powierzchni w pomorskim. Niską wartość tego parametru (od 21,0% do 21,8%) zanotowano w mazowieckim, małopolskim i podkarpackim; średnią (od 24,8% do 25,8%) – w opolskim, warmińsko-mazurskim i podlaskim; wysoką (od 31,0% do 31,5%) – w dolnośląskim, wielkopolskim i lubuskim. Najwyższą w tym zestawieniu średnią defoliacją (40,6%) charakteryzowały się dęby na powierzchni w łódzkim.

Tabela 8.1. Liczba SPO II rzędu poddanych obserwacjom w 2022 r., zestawienie wg gatunku panującego w drzewostanie, w układzie krain przyrodniczo-leśnych

Gatunek panujący w drzewostanie	Bałtycka	Mazursko-Podlaska	Wielkopolsko-Pomorska	Mazowiecko-Podlaska	Śląska	Małopolska	Sudecka	Karpacka	Kraj
Sosna	16	10	20	13	9	24	0	5	97
Świerk	0	2	0	0	0	0	6	3	11
Buk	3	0	1	0	2	1	1	3	11
Dąb	2	2	2	2	2	2	1	1	14
Gatunki razem	21	14	23	15	13	27	8	12	133

Tabela 8.2. Liczba SPO II rzędu poddanych obserwacjom w 2022 r., zestawienie wg gatunku panującego w drzewostanie, w układzie regionalnych dyrekcji Lasów Państwowych

Gatunek panujący w d-stanie	Białystok	Katowice	Kraków	Krosno	Lublin	Łódź	Olszyn	Piła	Poznań	Szczecin	Szczecinek	Toruń	Wrocław	Zielona Góra	Gdańsk	Radom	Warszawa	Kraj
Sosna	11	12	3	5	12	2	6	3	5	8	5	6	3	1	5	7	3	97
Świerk	2	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	11
Buk	0	2	1	2	1	0	1	0	0	1	1	0	1	0	1	0	0	11
Dąb	1	1	1	1	1	2	1	0	1	1	0	0	2	1	1	0	0	14
Razem	14	15	7	9	14	4	8	3	6	10	6	6	12	2	7	7	3	133

Tabela 8.3. Liczba SPO II rzędu poddanych obserwacjom w 2022 r., zestawienie wg gatunku panującego w drzewostanie, w układzie województw

Gatunek panujący w d-stanie	Dolnośląskie	Kujawsko-pomorskie	Lubelskie	Lubuskie	Łódzkie	Małopolskie	Mazowieckie	Opolskie	Podkarpackie	Podlaskie	Pomorskie	Śląskie	Świętokrzyskie	Warmińsko-mazurskie	Wielkopolskie	Zachodniopomorskie	Kraj
Sosna	3	4	11	6	1	5	9	4	6	9	8	6	5	7	7	6	97
Świerk	6	0	0	0	0	2	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	11
Buk	1	0	1	1	0	1	0	1	2	0	1	1	0	1	0	1	11
Dąb	2	0	0	2	1	1	2	1	1	1	1	0	0	1	1	0	14
Razem	12	4	12	9	2	9	11	6	10	12	10	7	5	9	8	7	133

Tabela 8.4. Udział drzew [%] w klasach defoliacji oraz średnia defoliacja [%] monitorowanych gatunków na SPO II rzędu *) w układzie krain przyrodniczo-leśnych w 2022 r.

Gatunek panujący w drzewostanie	Kl.def., śr.def.	Bałtyck a	Mazurs ko- Podlask	Wielkop olsko- Pomors	Mazowi ecko- Podlask	Śląska	Małopol ska	Sudecka	Karpack a	Kraj
Sosna	0	15,6	10,4	15,8	1,9	10,2	8,9	-	14,3	11,0
	1	73,4	75,2	69,0	78,8	76,7	73,2	-	72,4	73,6
	2-4	10,9	14,4	15,3	19,3	13,1	18,0	-	13,3	15,4
	śr.def.	20,0	22,3	21,3	24,7	21,4	22,9	-	20,0	22,0
Świerk	0	-	0,0	-	-	-	-	5,8	10,9	6,0
	1	-	97,6	-	-	-	-	80,8	65,5	80,1
	2-4	-	2,4	-	-	-	-	13,3	23,6	13,9
	śr.def.	-	21,3	-	-	-	-	23,1	22,5	22,6
Buk	0	45,0	-	0,0	-	22,7	75,0	45,0	35,6	36,6
	1	48,3	-	40,0	-	77,3	25,0	55,0	62,7	55,8
	2-4	6,7	-	60,0	-	0,0	0,0	0,0	1,7	7,6
	śr.def.	15,7	-	32,0	-	16,3	11,0	14,0	14,9	16,5
Dąb	0	0,0	0,0	2,5	4,9	0,0	4,3	10,0	0,0	2,5
	1	72,5	77,8	52,5	85,4	42,5	55,3	80,0	80,0	66,2
	2-4	27,5	22,2	45,0	9,8	57,5	40,4	10,0	20,0	31,3
	śr.def.	25,6	25,6	31,8	21,0	34,1	28,7	18,5	21,8	26,7
Gatunki razem	0	18,3	7,5	13,9	2,3	10,8	10,9	11,3	17,7	11,9
	1	69,8	78,9	66,3	79,7	71,5	69,8	77,5	69,0	71,8
	2-4	11,9	13,6	19,8	18,0	17,7	19,3	11,3	13,4	16,3
	śr.def.	20,0	22,6	22,6	24,2	22,5	23,0	21,4	19,4	22,1

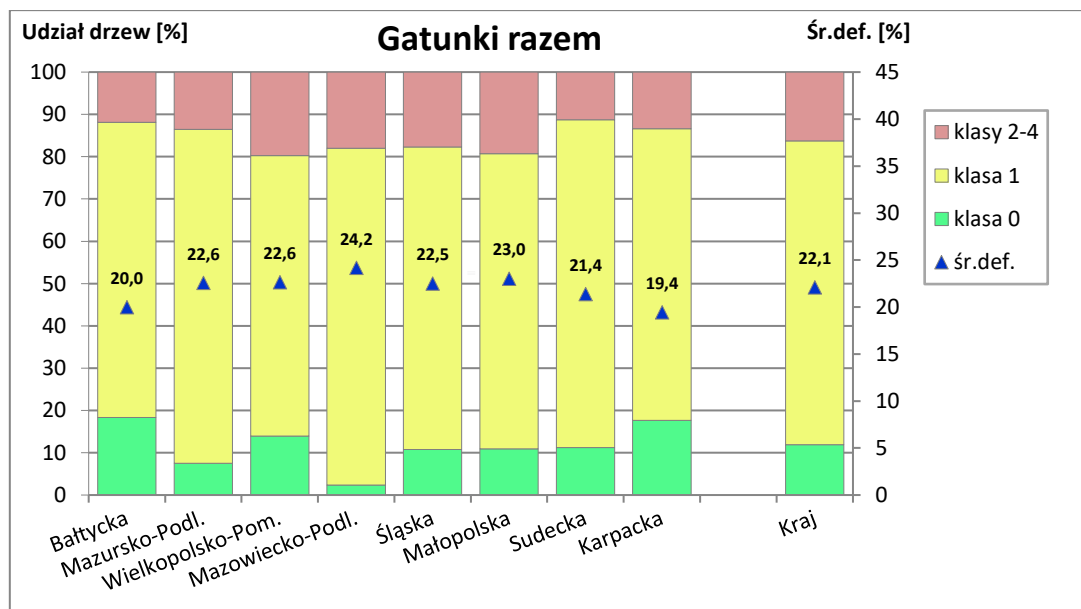
Tabela 8.5. Średnia defoliacja [%] monitorowanych gatunków drzew na SPO II rzędu *) w układzie regionalnych dyrekcji Lasów Państwowych w 2022 r.

Gatunek panujący w drzewostanie	Białystok	Katowice	Kraków	Krosno	Lublin	Łódź	Olszyn	Piła	Poznań	Szczecin	Szczecinek	Toruń	Wrocław	Zielona Góra	Gdańsk	Radom	Warszawa	Kraj
Sosna	22,9	19,4	33,4	18,7	22,5	18,8	23,0	17,1	18,2	22,5	20,9	21,7	21,8	22,3	21,1	26,4	25,3	22,0
Świerk	21,4	-	23,7	20,3	-	-	-	-	-	-	-	-	23,1	-	-	-	-	22,6
Buk	-	16,3	14,0	15,4	11,0	-	11,2	-	-	22,5	32,0	-	14,0	-	13,5	-	-	16,5
Dąb	25,8	24,8	21,5	21,8	20,7	30,3	25,3	-	31,3	30,8	-	-	31,0	32,3	20,5	-	-	26,7
Razem	22,9	19,3	26,0	18,5	21,5	24,4	21,7	17,1	20,4	23,3	22,7	21,7	23,3	27,3	19,9	26,2	25,3	22,1

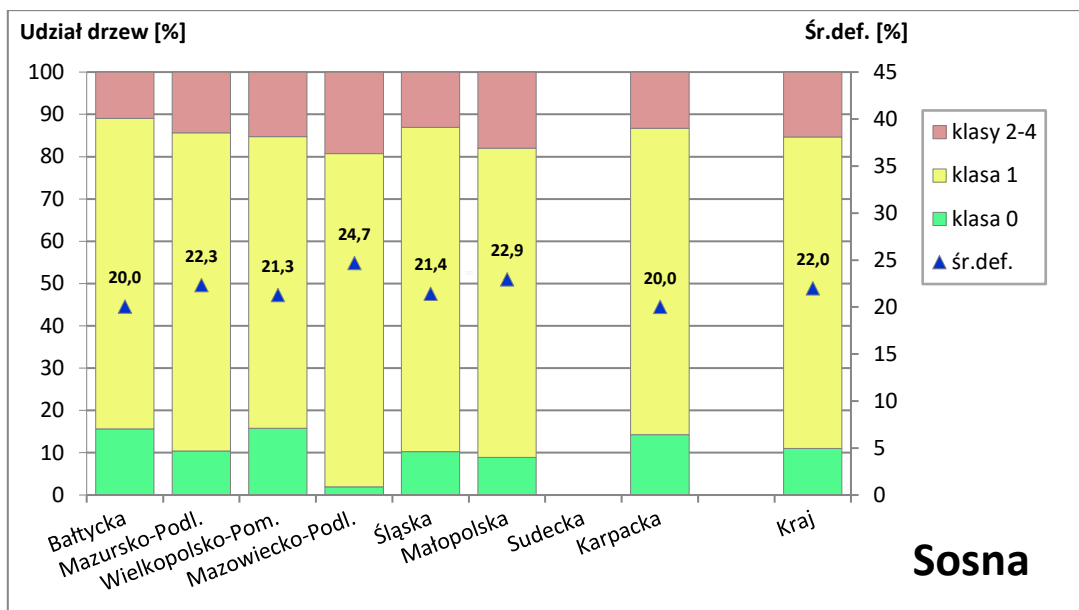
Tabela 8.6. Średnia defoliacja [%] monitorowanych gatunków drzew na SPO II rzędu *) w układzie województw w 2022 r.

Gatunek panujący w drzewostanie	Dołnośląskie	Kujawsko-pomorskie	Lubelskie	Lubuskie	Łódzkie	Małopolskie	Mazowieckie	Opolskie	Podkarpackie	Podlaskie	Pomorskie	Śląskie	Świętokrzyskie	Warmińsko-mazurskie	Wielkopolskie	Zachodnio-pomorskie	Kraj
Sosna	21,8	21,9	22,6	22,5	16,4	26,2	28,7	22,2	19,2	21,1	20,4	18,7	23,1	21,9	18,4	20,8	22,0
Świerk	23,1	-	-	-	-	23,7	-	-	20,3	21,4	-	-	-	-	-	-	22,6
Buk	14,0	-	11,0	22,5	-	14,0	-	17,8	15,4	-	13,5	15,0	-	11,2	-	32,0	16,5
Dąb	31,0	-	-	31,5	40,6	21,5	21,0	24,8	21,8	25,8	20,5	-	-	25,3	31,3	-	26,7
Razem	23,3	21,9	21,6	24,5	27,3	23,7	27,3	21,9	18,8	21,5	19,8	18,0	23,0	20,9	20,0	22,4	22,1

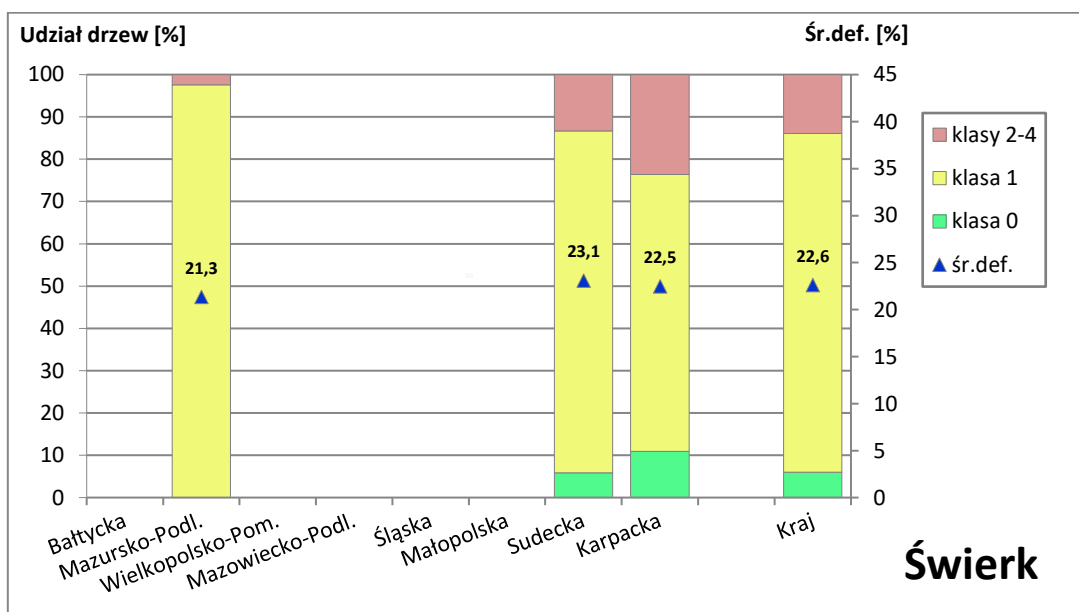
*) tab. 8.4–8.6 – czcionka w kolorze niebieskim - wyniki uzyskane z jednej powierzchni



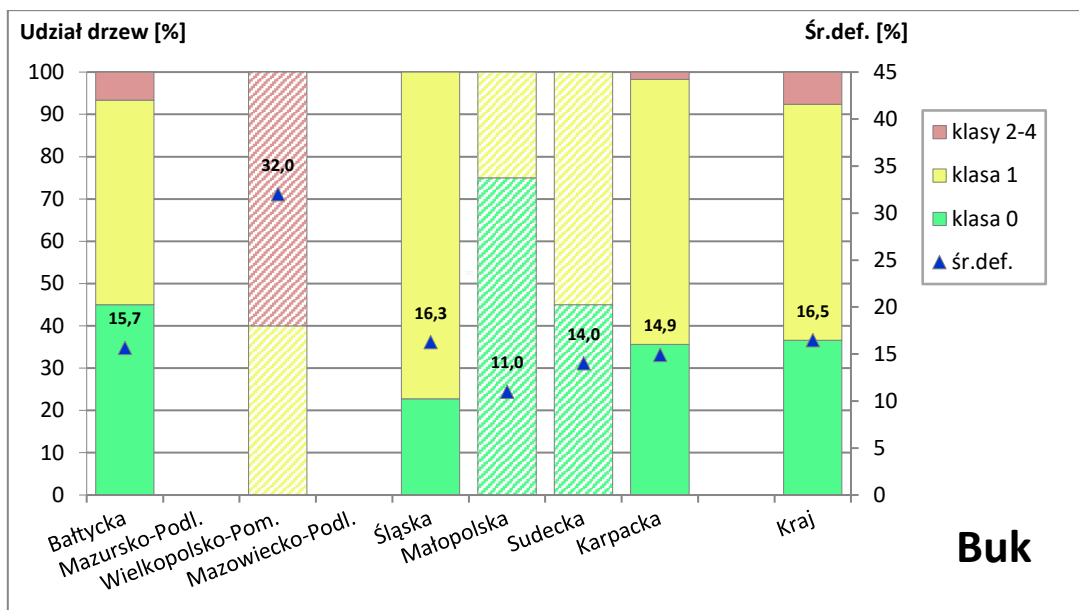
Rycina 8.1. Udział drzew monitorowanych gatunków łącznie w klasach defoliacji oraz średnia defoliacja w układzie krain przyrodniczo-leśnych – SPO II rzędu, 2022 r.



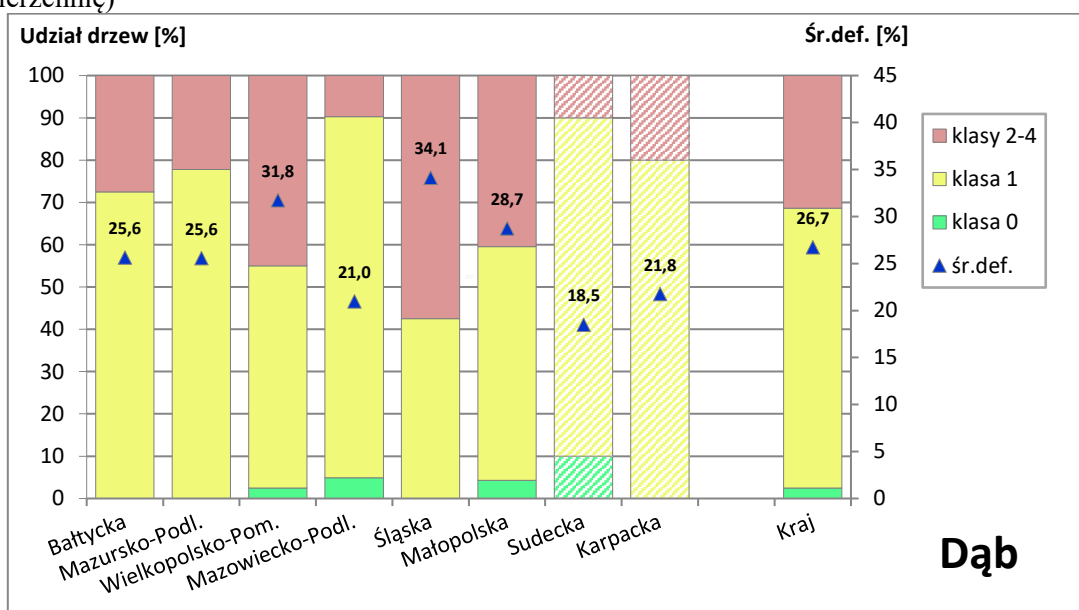
Rycina 8.2. Udział sosny w klasach defoliacji oraz średnia defoliacja w układzie krain przyrodniczo-leśnych – SPO II rzędu, 2022 r.



Rycina 8.3. Udział świerka w klasach defoliacji oraz średnia defoliacja w układzie krain przyrodniczo-leśnych – SPO II rzędu, 2022 r.



Rycina 8.4. Udział buka w klasach defoliacji oraz średnia defoliacja w układzie krain przyrodniczo-leśnych – SPO II rzędu, 2022 r. (jaśniejszym kolorem zaznaczono krainy reprezentowane przez jedną powierzchnię)



Rycina 8.5. Udział dębu w klasach defoliacji oraz średnia defoliacja w układzie krain przyrodniczo-leśnych – SPO II rzędu, 2022 r. (jaśniejszym kolorem zaznaczono krainy reprezentowane przez jedną powierzchnię)

9. STAN ODŻYWIENIA MINERALNEGO DRZEW SOSNY, ŚWIERKA, DĘBU I BUKA W ROKU 2021 ORAZ ZACHODZĄCYCH W NIM ZMIAN W OKRESIE 1997-2021 - ANNA KOWALSKA

Zawartość składników pokarmowych w organach asymilacyjnych oraz stosunki pomiędzy poszczególnymi składnikami dostarczają informacji o stanie odżywienia drzew [Burg, 1990]. W latach siedemdziesiątych i osiemdziesiątych XX wieku obserwowano zakłócenia mineralnego odżywiania drzew, a zjawisko to nazwano nowym typem uszkodzenia lasu – „new type of forest decline” [Cape i in., 1990; Liu i Huttel, 1991]. W wielu krajach Europy stwierdzono, iż organy asymilacyjne zamierających drzew wykazują niską zawartość magnezu przy jednoczesnej wysokiej koncentracji azotu różnego pochodzenia [Hanschel i in., 1988; Huttel i Wisniewski, 1987; Zech i Popp, 1983].

Niekorzystne warunki chemiczne w strefie korzeniowej gleby mogą być przyczyną zaburzeń w pobieraniu składników pokarmowych, co w konsekwencji może doprowadzić do zachwiania ich równowagi w roślinie [Wójcik, 1999]. Depozycja atmosferyczna związków zakwaszających, np. siarki w latach osiemdziesiątych XX wieku prowadziła do zakwaszania, którego skutkiem było uwalnianie toksycznego dla korzeni glinu. Wysoka zawartość glinu przyczyniała się do ograniczania pobierania magnezu i wapnia przez drzewa, a w konsekwencji do zakłócenia ich bilansu pokarmowego. Ponadto długotrwałe oddziaływanie dwutlenku siarki oraz tlenków azotu powodowało zmianę relacji pomiędzy zawartością makroelementów w glebie, ich dostępnością dla drzew, a składem chemicznym igliwia bądź liści. Dwutlenek siarki, tlenek azotu oraz dwutlenek azotu są pobierane bezpośrednio przez aparaty asymilacyjne drzew podczas gdy azot amonowy i azotanowy docierający do gleby głównie w postaci mokrego depozytu, jest pobierany przez system korzeniowy. Wpływ związków siarki i azotu na ekosystemy leśne wyrażał się głównie w oddziaływaniach powodujących zakwaszenie, jak również - w przypadku azotu - eutrofizację środowiska glebowego. Skutki tych oddziaływań są obserwowane w ekosystemach leśnych po dzień dzisiejszy.

Material i metody

Od 1997 roku do prowadzonego przez Instytut Badawczy Leśnictwa programu monitoringu lasu włączono segment monitoringu organów asymilacyjnych drzew. Objęto nim 148 stałych powierzchni obserwacyjnych (SPO) II rzędu, które założono w 100 drzewostanach sosnowych, 22 drzewostanach świerkowych, 15 drzewostanach dębowych i 11 drzewostanach bukowych. Powierzchnie te zostały rozmieszczone na terenie całego kraju w taki sposób aby

reprezentowały wszystkie dzielnice przyrodniczo-leśne zakładając, że jednostki te reprezentują obszar jednorodny pod względem powierzchniowych utworów geologicznych, typów krajobrazu, a także pod względem naturalnej i potencjalnej szaty roślinnej.

Badania składu chemicznego organów asymilacyjnych drzew leśnych wykonywane są zgodnie z metodyką opracowaną przez International Co-operative Programme on Assessment and Monitoring of Air Pollution Effects on Forests (Rautio i in., 2020) i prowadzone są w czteroletnich interwałach czasowych. Na każdej SPO II rzędu wytypowano po pięć drzew, z których późnym latem i jesienią 1997, 2001, 2005, 2009, 2013, 2017 i 2021 roku pobierano oddzielnie próbki liści (drzewostany bukowe i dębowe) lub próbki igieł (drzewostany sosnowe i świerkowe). Przed przystąpieniem do badań próbki organów asymilacyjnych zostały wysuszone i zmielone. Zawartość azotu oznaczono w nich metodą analizy elementarnej (metoda wysokotemperaturowego spalania z detekcją TCD). Pozostałe składniki pokarmowe oznaczono techniką atomowej spektrometrii emisyjnej ze wzbudzeniem w plazmie indukcyjnie sprzężonej (ICP-OES) po poddaniu próbek mineralizacji w mieszaninie stężonych kwasów azotowego i nadchlorowego, zmieszanych w stosunku objętościowym 4:1.

Analizy chemiczne organów asymilacyjnych zostały wykonane w Laboratorium Chemii Środowiska Przyrodniczego IBL, które posiada certyfikat akredytacji nr AB 740 wydany przez Polskie Centrum Akredytacji. Zakres akredytacji obejmuje badania chemiczne gleb, materiału roślinnego oraz wody, a także badania właściwości fizycznych gleb i wody. Metody badań próbek materiału roślinnego stosowane w laboratorium są zgodne z wymaganiami norm, procedur i instrukcji badawczych oraz normą PN-EN ISO/EIC 17025 „Ogólne wymagania dotyczące laboratoriów badawczych i wzorcujących”. Ponadto jakość badań jest zapewniona m.in. przez stosowanie certyfikowanych materiałów odniesienia. Materiały certyfikowane stosowane w badaniach posiadają certyfikaty z podaną przez producenta niepewnością, aktualne daty ważności oraz odniesienie do NIST (National Institute of Standards and Technology), a wyniki ich analiz są nanoszone na karty kontrolne. Laboratorium potwierdza swoje kompetencje w zakresie analiz materiały asymilacyjnego drzew uczestnicząc w porównaniach międzylaboratoryjnych organizowanych w ramach projektu ICP-Forests (International Co-operative Programme on Assessment and Monitoring of Air Pollution Effects on Forests), powołanego do realizacji Konwencji w sprawie transgranicznego zanieczyszczenia powietrza na dalekie odległości, sporządzonej w Genewie 13 listopada 1979 r. (Dz. U. z 1985 r. Nr 60, poz. 311) i wynikających z niej protokołów. Wyniki porównań w roku 2022 potwierdziły najwyższe kompetencje laboratorium (ryc. 9.1).

O stanie odżywienia drzew można wnioskować na podstawie zawartości składników pokarmowych w organach asymilacyjnych. W tym celu w wielu krajach dla poszczególnych gatunków drzew leśnych opracowano graniczne zawartości tych składników, przy których poziom odżywienia drzew jest niedostateczny, optymalny lub nadmierny. Przy ocenie stanu odżywienia drzew niezmiernie ważne są również wzajemne proporcje między zawartością poszczególnych składników pokarmowych w organach asymilacyjnych. Odchylenia od tych proporcji świadczą o nieprawidłowościach w odżywianiu roślin i prowadzą do ograniczenia ich wzrostu i rozwoju [Hanschel i in., 1988, Huttel i Wisniewski, 1987].

Klasyfikacje, na podstawie których przeprowadzone zostało wnioskowanie na temat stanu odżywienia drzewostanów przedstawiono w tabelach 9.1-9.6.

Wyniki

Drzewostany świerkowe

W ramach prowadzonego programu monitoringu organów asymilacyjnych drzew w 1997 roku założone zostały 22 powierzchnie obserwacyjne w drzewostanach świerkowych. Wobec zamierania drzewostanów świerkowych – szczególnie tych zlokalizowanych w Karpackiej krainie przyrodniczo-leśnej - w kolejnych cyklach badań analizę składu pierwiastkowego igieł świerkowych przeprowadzono w 2013 w próbkach pobranych z osiemnastu powierzchni, a w kolejnych cyklach pomiarowym, tj. w roku 2017 z dwunastu i w 2021 roku z jedenastu powierzchni obserwacyjnych. W tabeli 9.7 przedstawiono średnią, medianę, odchylenie standardowe, wartość największą i najmniejszą zawartości składników pokarmowych w igłach świerka w latach 1997-2021, uwzględniając tylko te SPO, na których przeprowadzono badania we wszystkich siedmiu cyklach prac.

Od 1997 roku nastąpił stopniowy wzrost zawartości azotu w igłach świerka, jednakże w żadnym drzewostanie nie odnotowano przekroczenia wartości określonej jako nadmierna, czyli 22 g/kg suchej masy (ryc. 9.2). Większość wyników plasowała się na poziomie kilkunastu g/kg co odpowiadało odżywieniu w stopniu wystarczającym. W 1997 roku blisko 60% drzewostanów świerkowych cierpiało na niedobór azotu. Były to drzewostany w Nadleśnictwach: Suwałki (obręb Puńsk, kraina Mazursko-Podlaska), Wisła, Węgierska Górka, Piwniczna, Stuposiany (kraina Karpacka), Bystrzyca Kłodzka, Międzyzlesie, Łądek Zdrój, Szklarska Poręba (kraina Sudecka) oraz Resko i Choczewo (kraina Bałtycka). Obecnie jeden z tych drzewostanów z Nadleśnictw Suwałki jest w stopniu niewystarczającym zaopatrzony w azot, zaś pięć drzewostanów z Nadleśnictw Wisła, Węgierska Górka, Stuposiany, Choczewo i Resko zamarły na przestrzeni ostatnich dwóch cykli badań. Jedynie jeden z badanych

drzewostanów w Nadleśnictwie Szklarska Poręba był w 2021 roku zaopatrzone w azot w stopniu optymalnym.

W pierwszym cyklu badań 59% drzewostanów charakteryzowało się niedoborem fosforu, w kolejnych latach (2001-2021) nie stwierdzono niedoboru tego pierwiastka (ryc. 9.3), a jego zawartość w igłach świadczyła o wystarczającym bądź optymalnym zaopatrzeniu drzew w ten makroskładnik. Problem z zaopatrzeniem drzew w fosfor nie występował w 2021 roku na badanych powierzchniach.

Drzewostany świerkowe w całym cyklu pomiarowym były relatywnie dobrze zaopatrzone w potas. W 2001 roku niedobór tego pierwiastka odnotowano jedynie w dwóch Nadleśnictwach: Suwałki i Łądek Zdrój, zaś w 2017 roku w jednym drzewostanie z Nadleśnictwa Łądek Zdrój (ryc. 9.4). W 2021 roku jego stężenie w igłach wskazywało na przeważnie optymalne zaopatrzenie drzew w K, a w czterech przypadkach (Nadleśnictwo Stuposiany, Szklarska Poręba, Bystrzyca Kłodzka i Piwniczna) nawet na nadmierne.

Stan odżywienia świerków wapniem jest wystarczający lub optymalny od 1997 roku (ryc. 9.5). Najwięcej wapnia zawierają igły drzewostanów z Nadleśnictw: Suwałki, Piwniczna i Stuposiany.

Zawartość magnezu w całym okresie badań plasowała się w dolnych klasach zasobności - niedobór i zawartość wystarczająca, a jedynie na trzech powierzchniach Mg występował w igłach w stężeniu optymalnym (ryc. 9.6). Niedobory magnezu stwierdzano od 1997 do 2009 roku w kilku drzewostanach. W dwóch cyklach w latach 2013 i 2017 nie zaobserwowano drzewostanów w klasie niedoboru co było spowodowane wymarciem znacznej ilości drzewostanów z krainy Karpackiej. W 2021 roku niedobór magnezu na granicy stężenia wystarczającego odnotowano w jednym drzewostanie z krainy Sudeckiej (Nadleśnictwo Międzylesie).

Przy ocenie stanu odżywienia drzew należy uwzględnić także wzajemne proporcje pomiędzy zawartością poszczególnych składników pokarmowych w organach asymilacyjnych. Zdecydowana większość drzewostanów świerkowych charakteryzowała się optymalnym stosunkiem azotu do wapnia oraz azotu do potasu (ryc. 9.7, 9.8). Poza rokiem 2001, gdy w dziewięciu nadleśnictwach odnotowano zbyt szeroki stosunek azotu do potasu, co było spowodowane małą zawartością potasu w organach asymilacyjnych tych drzewostanów, w pozostałych latach zachwianie stosunku N:K odnotowywano na jednej lub dwóch powierzchniach, a w 2021 roku stosunki N:K były optymalne we wszystkich objętych badaniami drzewostanach. Stosunek azotu do fosforu jest obecnie zbyt szeroki w dwóch

drzewostanach RDLP Wrocław (ryc. 9.9). Stosunek azotu do magnezu jest przeważnie optymalny z wyjątkiem 3 drzewostanów RDLP Wrocław, w których jest zbyt szeroki (ryc. 9.10). Znacznie gorzej przedstawia się stosunek potasu do magnezu oraz wapnia do magnezu (ryc. 9.11-9.12). W każdym z tych przypadków obserwowano zachwianie stosunków tych makroelementów względem siebie, spowodowany głównie zbyt dużą ilością potasu do magnezu oraz zbyt wysoką lub zbyt niską zawartością wapnia do magnezu. W całym okresie badań stosunek potasu do magnezu był za duży w 33-73% drzewostanów. Podobnie przedstawiał się stosunek wapnia do magnezu, którego wartości były bardzo zróżnicowane na przestrzeni ponad dwudziestu lat badań. Szczególnie niekorzystnymi relacjami azotu do magnezu, potasu do magnezu oraz wapnia do magnezu charakteryzowały się drzewostany krainy Karpackiej (Nadleśnictwa: Bielsko, Węgierska Górka, Limanowa i Myślenice) oraz Sudeckiej (Nadleśnictwa Zdroje i Szklarska Poręba). Zakłócenia te przyczyniły się do pogorszenia kondycji drzew i były jednym z powodów zamierania drzewostanów świerkowych w tej części Polski.

Drzewostany sosnowe

Do roku 2013 badaniom poddano próbki igliwia sosnowego pobranego ze 100 stałych powierzchni obserwacyjnych II rzędu, natomiast w 2021 roku próbki zostały pobrane z 97 powierzchni. Średnia, mediana, odchylenie standardowe, wartość najmniejsza i największa zawartości składników pokarmowych w igłach świerka w latach 1997-2021 zostały zestawione w tabeli 9.8.

Od początku cyklu badań aż do roku 2017 obserwowano stały wzrost zawartości azotu w organach asymilacyjnych sosny. W 1997 roku na niedobór azotu cierpiało około 10 drzewostanów sosnowych, a w 2017 był to jeden drzewostan w nadleśnictwie Dojlidy. W 2021 roku jedynie siedem drzewostanów wykazywało nadmiar azotu (6 w roku 1997, 31-46 w latach 2001-2017), a osiem drzewostanów cierpiało na niedobór azotu. Były to drzewostany zlokalizowane w Nadleśnictwach Piła, Szczecinek, Szczecin, Toruń i Radom. Zdecydowane większość drzewostanów plasuje się w klasie optimum od dolnego do górnego, czyli zawiera ponad 13 g/kg suchej masy azotu (ryc. 9.13). Drzewostany sosnowe są dobrze zaopatrzone w fosfor. W 2001 roku 50% drzewostanów zawierała nadmierną ilość fosforu, ale w kolejnych latach zawartość fosforu spadała. Obecnie większość drzewostanów charakteryzuje się zawartością tego pierwiastka na poziomie optymalnym, a jedynie w siedmiu drzewostanach występuje nadmiar P (ryc. 9.14).

W latach 2001-2021 odnotowano niedobór wapnia w kilku drzewostanach, poza tym stan odżywienia wapniem określono jako optymalny, z zaledwie kilkoma przypadkami nadmiaru Ca na przestrzeni lat badań. W 2021 roku niedoborem Ca charakteryzowały się drzewostany z terenów nadleśnictw: Rokita, Lubniewice (RDLP Szczecin), Kaliska (RDLP Gdańsk) oraz Trzebielino (RDLP Szczecinek) (ryc. 9.15). Nadmiaru wapnia w igliwiu nie stwierdzono.

Stan zaopatrzenia drzewostanów sosnowych w potas uległ poprawie na przestrzeni ponad dwudziestu lat prowadzenia badań. Niedobory potasu stwierdzano w początkowym okresie badań, w latach 1997 i 2001. W następnych cyklach pomiarowych coraz więcej drzewostanów plasowało się w klasie optimum średniego pod względem zawartości potasu w igłach (ryc. 9.16).

Drzewostany sosnowe charakteryzują się nagminnym niedoborem magnezu, obecnie 27% drzewostanów zawiera niewystarczającą ilość tego pierwiastka, a 73% drzewostanów mieści się w klasie optimum dolnego (ryc. 9.17).

Od 1997 roku następuje spadek zawartości siarki w organach asymilacyjnych sosny spowodowane ograniczeniem emisji związków siarki, których źródłem w ekosystemach leśnych jest atmosfera. W ostatnim cyklu pomiarowym niedobór siarki wykazywało 65% drzewostanów, a pozostałe mieściły się w klasie optimum dolnego (ryc. 9.18).

Drzewostany sosnowe, które rosną z reguły na glebach bielicoziemnych, charakteryzują się niedoborem potasu i magnezu oraz optymalnym zaopatrzeniem w azot i fosfor, co może powodować zakłócenia proporcji między makroelementami. Jednakże zarówno w pierwszym roku badań jak i ostatnim nie obserwuje się zachwiania równowagi między azotem i potasem oraz azotem i magnezem. Jedynie stosunek między azotem i wapniem oraz potasem i wapniem w kilku drzewostanach jest zbyt wąski (ryc. 9.19-9.20). W igliwiu drzewostanów sosnowych w 2021 roku nie stwierdzono zakłóceń równowagi między makroelementami. Zagadnienie równowagi między makroelementami w drzewostanach sosnowych w aspekcie weryfikacji liczb granicznych wymaga dalszych badań.

Drzewostany bukowe

Stan odżywienia drzewostanów bukowych określono na podstawie analizy makroelementów w organach asymilacyjnych próbek pobranych z 11 SPO II rzędu. W tabeli 9.9 przedstawiono średnią, medianę, odchylenie standardowe, wartość największą i najmniejszą zawartości składników pokarmowych w liściach buka w latach 1997-2021.

Zawartość azotu w drzewostanach bukowych wynosiła ponad 20 g/kg we wszystkich cyklach pomiarowych, z wyjątkiem roku 2021, gdy na powierzchni w Nadleśnictwie Gdańsk zawartość N wyniosła średnio 17,9 g/kg s.m. igieł (ryc. 9.21). Obecnie najlepiej zaopatrzone w azot są drzewostany w nadleśnictwach: Bogdaniec, Tomaszów oraz Wałbrzych. Stężenie azotu w liściach tych drzew przekracza 25-26 g/kg co odpowiada zawartości optymalnej według klasyfikacji austriackiej (ryc. 9.23). Spośród pozostałych makroelementów, liście buka zawierają najwięcej potasu i wapnia (średnio 10,1 g/kg potasu; 9,1 g/kg wapnia) oraz fosfor, magnez i siarkę w znacznie niższych stężeniach poniżej 2-3 g/kg (ryc. 9.22). W 2021 roku najwięcej potasu zawierały drzewostany bukowe z terenów nadleśnictw Bogdaniec, Tomaszów, Dobrocin, Bircza oraz Opole. Według klasyfikacji austriackiej (Burg, 1985 i 1990; Bergman, 1993) poziom zaopatrzenia tych drzewostanów w potas był wystarczający. Drzewostany z pozostałych sześciu nadleśnictw charakteryzowały się niedoborem tego pierwiastka, z czego w trzech nadleśnictwach oznaczono zawartość potasu w liściach bukowych na poziomie niższym niż 9 g/kg. Od 1997 roku większość badanych drzewostanów bukowych cierpiała na niedobór potasu, z tendencją do zwiększania udziału powierzchni zaopatrzonych w potas w stopniu wystarczającym, szczególnie w ostatnim cyklu badań (ryc. 9.24). Znacznie lepiej przedstawia się stan odżywienia drzewostanów wapniem. Wszystkie drzewostany są zaopatrzone w wapń w stopniu wystarczającym. W 2021 roku najwięcej wapnia oznaczono w próbkach liści buka pobranych z nadleśnictwa Lesko (ponad 10 g/kg). Zaopatrzenie drzewostanów bukowych w fosfor uległo poprawie od 1997 roku. W 1997 roku na niedobór fosforu cierpiało 75% drzewostanów, podczas gdy w 2021 roku przeważająca większość drzewostanów charakteryzuje się wystarczającą zawartością tego pierwiastka (ryc. 9.25), a niedobór występuje jedynie w Nadleśnictwach Wałbrzych, Rudziniec i Bircza.

W ciągu ponad dwudziestu lat nastąpiła poprawa zaopatrzenia drzewostanów bukowych w magnez, jednakże nadal pięć z jedenastu drzewostanów cierpi na niedobór tego składnika pokarmowego (ryc. 9.26).

Przy ocenie stanu odżywienia drzew bardzo uwzględniono wzajemne proporcje między zawartością poszczególnych makroelementów w organach asymilacyjnych. W pierwszym cyklu badań, czyli w roku 1997 zbyt szerokim stosunkiem azotu do fosforu oraz azotu do magnezu charakteryzowało się trzy z jedenastu drzewostanów (ryc.9.27) W tym samym okresie odnotowano jeszcze zbyt szerokie stosunki pomiędzy azotem i potasem, azotem i magnezem, potasem i magnezem oraz wapniem i magnezem w pojedynczych drzewostanach, a także zbyt wąski stosunek między potasem i wapniem w jednym nadleśnictwie. W 2021 stan odżywienia

drzewostanów uległ poprawie. Co za tym idzie poprawieniu uległy również proporcje między składnikami pokarmowymi (ryc. 9.28), przy czym na pojedynczych powierzchniach uległy zawężeniu stosunki między azotem i fosforem, azotem i potasem oraz azotem i wapniem w porównaniu z początkowym okresem badań. Badane drzewostany bukowe charakteryzują się optymalnym stosunkiem azotu do magnezu, potasu do wapnia, potasu do magnezu i wapnia do magnezu.

Drzewostany dębowe

W ramach prowadzonego programu monitoringu organów asymilacyjnych drzew w 1997 roku założono 15 powierzchni obserwacyjnych w drzewostanach dębowych. W 2021 roku analizę składu pierwiastkowego igieł świerkowych przeprowadzono w próbkach pobranych z 14 powierzchni. Średnia, mediana, odchylenie standardowe, wartość najmniejsza i największa zawartości składników pokarmowych w liściach dębu w latach 1997-2021 zostały zestawione w tabeli 9.10 dla tych SPO, które były objęte badaniami we wszystkich cyklach.

Podobnie jak w drzewostanach bukowych, w drzewostanach dębowych azot jest głównym makroelementem i występuje w największych stężeniach. W ciągu ponad dwudziestoletniego okresu badań wszystkie drzewostany dębowe charakteryzowały się wystarczającą i optymalną zawartością tego pierwiastka (ryc. 9.29). W 2009 roku stan odżywienia azotem był najlepszy, jedenaście drzewostanów mieściło się w optymalnej klasie odżywienia. Obecnie najmniej azotu zawierają dęby z nadleśnictw: Smolarz i Strzebielino w krainie Bałtyckiej, Łąck w krainie Mazowiecko-Podlaskiej, Strzebielino Kańczuga w krainie Karpackiej, Radomsko w krainie Małopolskiej i Węgliniec w krainie Śląskiej. Należy jednak podkreślić, że nawet najbardziej ubogie w azot drzewostany zawierają wystarczającą ilość tego składnika pokarmowego (ryc. 9.29, 9.31). Stan odżywienia drzewostanów dębowych fosforem uległ poprawie, od 2009 roku wszystkie dęby zawierają wystarczającą ilość tego pierwiastka, mimo że nie mieszczą się w klasie optymalnego zaopatrzenia w fosfor (ryc. 9.30, 9.32). Podobnie jest w przypadku potasu, wapnia i magnezu, z tym, że w przypadku potasu w ostatnich cyklach rośnie udział dąbrów zaopatrzonych w ten składnik w stopniu optymalnym (ryc. 9.30, 9.33-9.35).

Dobry stan odżywienia drzewostanów dębowych makroelementami powoduje, że wzajemne proporcje między zawartością poszczególnych pierwiastków w organach asymilacyjnych są również optymalne (ryc. 9.36-9.37). W 2021 roku tylko w jednym nadleśnictwie (Prudnik) stosunek azotu do potasu był nieco za wąski. W 1997 roku drzewostany w nadleśnictwach Strzebielino w krainie Bałtyckiej oraz Olsztyn w krainie Mazursko-

Podlaskiej cierpiały na okresowy niedobór magnezu, stąd też stosunek azotu, potasu i wapnia do magnezu był w tych drzewostanach za szeroki. W następnych latach badań wzajemne relacje między azotem i magnezem oraz potasem i wapniem a magnezem uległy zawężeniu i nie budziły zastrzeżeń. Opisanemu wzrostowi zawartości azotu w liściach towarzyszył wzrost zawartości magnezu w związku z czym stosunek pomiędzy tymi pierwiastkami w latach 2009-2021 nie uległ znaczącym zmianom.

LITERATURA

- Bergmann, W. 1993: Ernährungsstörungen bei Kulturpflanzen. Gustav Fischer Verlag Stuttgart. 614S.
- Biino, U. Tazzi, C. 1998: Analisi nutrizionale delle foglie. In: A. Ballarin Denti, S. M. Cocucci, F. Sartori (Eds), Monitoraggio delle foreste sotto stress ambientale. Fondazione Lombardia per l'Ambiente: 173-179
- Burg, J. van den 1985: Foliar analysis for determination of tree nutrient status - A compilation of literature data. Rijksinstituut voor onderzoek in de bos - en landschapsbouw "De Dorschkamp" Wageningen Rapport nr. 414, 615.
- Burg, J. Van den 1990: Foliar analysis for determination of tree nutrient status - a compilation of literature data. 2. Literature 1985-1989. „De Dorschkamp”, Institute for Forestry and Urban Ecology. Wageningen, The Netherlands. Rapport nr. 591. 220.
- Cape, J.N., Freer-Smith, P.H., Paterson, I.S., Parkinson J.A., Wolfenden, J. 1990: The nutritional status of *Picea abies* (L.) Karst. Across Europe, and implications for „forest decline”. *Trees: Structure and Function* 4, 211-224.
- Hanschel, R., Kaupenjohann, M., Horn, R., Zech, W. 1988: Acid rain studies in the Fichtelgebirge (NE-Bavaria, [w:] Mathy, P. (red.) *Air pollution and ecosystems*. Riedel, Dordrecht, 881-886.
- Hüttl, R. 1985: „Neuartige” Waldschäden und Nährelementversorgung. Freiburg im Breisgau, Institut für Bodenkunde und Waldernährungslehre: 195.
- Huttl, R.F., Wisniewski, J. 1987: Fertilization as a tool to mitigate forest decline associated with nutrient deficiencies. *Water, Air and Soil Pollution* 32, 265-276.
- Liu, J.C., Huttl, R.F. 1991: Relations between damage symptoms and nutritional status of Norway spruce stands (*Picea abies* Karst) in southwestern Germany. *Fertilizer Research* 27, 9-22.
- Minutes of the 3rd Forest Foliar Expert Panel Meeting. Vienna, 7-8 November 1995.
- Rautio P, Fürst A, Stefan K, Raitio H, Bartels U, 2020: Part XII: Sampling and Analysis of Needles and Leaves. Version 2020-3. In: 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*. Thünen Institute of Forest Ecosystems, Eberswalde, Germany, 16 p. + Annex [<http://www.icp-forests.org/Manual.htm>].

Wójcik, J. 1999: Stan odżywienia drzewostanów sosnowych na podstawie badań monitoringowych. Instytut Badawczy Leśnictwa. Materiały I konferencji leśnej „Stan i perspektywy badań z zakresu hodowli lasu”. Sękocin, 18-19 maja 1999. 94-100.

Zech, W., Popp, E. 1983: Magnesiummangel einer der Grunde für das Fichten- und Tannensterben in NO-Bayern. Forstw. Cbl. 102, 50-55.

Tabela 9.1. Kryteria poziomu zaopatrzenia świerka (*Picea abies*) w składniki pokarmowe na podstawie ich zawartości w igłach bieżącego rocznika – klasyfikacja austriacka [Burg, 1985 i 1990; Bergman, 1993].

Pierwiastek	Jednostka	Niedobór	Zawartość wystarczająca	Zawartość optymalna	Nadmiar
Azot	g/kg	≤ 13,0	13,1-15,0	> 15,0	> 22,0
Fosfor	g/kg	≤ 1,1	1,2-1,3	> 1,3	>3,0
Potas	g/kg	≤ 3,3	3,4-4,2	>4,2	> 8,5
Wapń	g/kg	≤ 1,0	1,1-3,6	> 3,6	> 9,0
Magnez	g/kg	≤ 0,7	0,8-1,1	> 1,1	> 2,0

Tabela 9.2. Proporcje między makroelementami w igłach świerka bieżącego rocznika [Hüttl, 1985].

Proporcja	N:P	N:K	N:Ca	N:Mg	K:Ca	K:Mg	Ca:Mg
Wartość optymalna	7-10	1-3	2-7	8-14	0,8 - 2,4	2,2 - 6,4	2,5 - 5,0

Tabela 9.3. Graniczne zawartości makroelementów w igłach sosny, obowiązujące w Dolnej Saksonii [Minutes of the 3rd Forest Foliar Expert Panel Meeting, 1995].

Klasa	N	P	K	Ca	Mg	S	
	[g/kg]						
Krytyczna	< 11	< 1.0	< 3.5	< 1.5	< 0.7	-	
Niedobór	< 13	< 1.2	< 4.0	< 2.0	< 0.9	< 1.2	
Optimum	dolne	13 - 14	1.2 - 1.4	4.0 - 5.5	2.0 - 3.0	0.9 - 1.5	1.5 - 1.7
	średnie	14 - 15	1.4 - 1.8	5.5 - 7.5	3.0 - 4.0	1.5 - 2.0	1.7 - 2.0
	górne	15 - 17	1.8 - 2.0	7.5 - 10.0	4.0 - 5.0	2.0 - 3.0	2.0 - 2.3
Nadmiar	> 17	> 2.0*	> 10.0*	> 5.0	> 3.0*	> 2.3	

* najwyższa stwierdzona zawartość - nadmiar nieznany

Tabela 9.4. Proporcje między makroelementami w igłach sosny bieżącego rocznika oraz w liściach buka i dębu [Biino i Tazzi, 1998].

Gatunek	Klasa	N:P	N:K	N:Ca	N:Mg	K:Ca	K:Mg	Ca:Mg
Sosna	Dolna	6,0	1,2	3,0	8,0	0,9	2,3	1,0
	Górna	17,0	4,9	11,3	28,3	6,7	16,7	6,7
Buk	Dolna	10,6	1,8	2,3	12,0	0,6	3,3	3,7
	Górna	25,0	5,0	6,3	25,0	2,5	10,0	8,0
Dąb	Dolna	8,3	1,5	1,9	6,0	0,6	2,0	1,2
	Górna	25,0	5,0	8,3	25,0	3,3	10,0	8,0

Tabela 9.5. Kryteria poziomu zaopatrzenia buka (*Fagus sylvatica*) w składniki pokarmowe na podstawie ich zawartości w liściach – klasyfikacja austriacka [Burg, 1985 i 1990; Bergman, 1993].

Pierwiastek	Jednostka	Niedobór	Zawartość wystarczająca	Zawartość optymalna
Azot	g/kg	< 19,0	19,0-25,0	> 25,0
Fosfor	g/kg	< 1,5	1,5-3,0	> 3,0
Potas	g/kg	< 10,0	10,0-15,0	> 15,0
Wapń	g/kg	< 3,0	3,0-15,0	> 15,0
Magnez	g/kg	< 1,5	1,5-3,0	> 3,0

Tabela 9.6. Kryteria poziomu zaopatrzenia dębu (*Quercus* sp.) w składniki pokarmowe na podstawie ich zawartości w liściach – klasyfikacja austriacka [Burg, 1985 i 1990; Bergman, 1993].

Pierwiastek	Jednostka	Niedobór	Zawartość wystarczająca	Zawartość optymalna
Azot	g/kg	< 15,0	15,0-25,0	> 2,50
Fosfor	g/kg	< 1,0	1,0-3,0	> 3,0
Potas	g/kg	< 5,0	5,0-13,0	> 13,0
Wapń	g/kg	< 4,0	4,0-15,0	> 15,0
Magnez	g/kg	< 1,0	1,0-2,5	> 2,5

Tabela 9.7. Średnia zawartość składników pokarmowych w igłach świerka w latach 1997-2021.

RDLP	Wartość	Składnik (g/kg)					
		N	P	K	Ca	Mg	S
Białystok	Liczebność (n)	14	14	14	14	14	15
	Średnia	13,25	1,59	5,74	5,70	1,00	1,58
	Mediana	13,11	1,50	5,30	5,37	1,02	5,86
	Min	11,45	1,24	3,93	4,16	0,73	3,36
	Max	15,10	1,97	8,34	8,75	1,29	0,97
	SD	1,12	0,26	1,60	1,40	0,16	1,09
Wrocław	Liczebność (n)	42	42	42	42	42	42
	Średnia	14,65	1,58	5,86	3,36	0,97	1,09
	Mediana	14,59	1,49	5,92	3,03	0,98	1,10
	Min	11,93	1,02	2,61	1,67	0,63	0,76
	Max	17,92	2,68	9,11	8,02	1,24	1,50
	SD	1,21	0,37	1,48	1,37	0,15	0,15
Kraków	Liczebność (n)	14	14	14	14	14	14
	Średnia	13,47	1,56	7,87	5,00	0,97	1,07
	Mediana	13,00	1,54	7,62	5,05	0,90	1,04
	Min	12,13	1,22	5,50	2,70	0,69	0,86
	Max	15,28	2,07	9,34	8,27	1,48	1,51
	SD	1,10	0,26	1,01	1,67	0,24	0,19
Krosno	Liczebność (n)	7	7	7	7	7	7
	Średnia	13,10	1,29	7,79	4,38	0,88	0,95
	Mediana	12,88	1,29	8,07	3,77	0,84	0,94
	Min	11,78	0,99	5,53	2,83	0,72	0,82
	Max	14,47	1,66	9,99	6,93	1,05	1,05
	SD	0,88	0,20	1,71	1,64	0,12	0,08

Tabela 9.8. Średnia zawartość składników pokarmowych w igłach sosny w latach 1997-2021. Dane obejmują te SPO, dla których przeprowadzono badania we wszystkich cyklach.

RDLP	Wartość	Składnik (g/kg)					
		N	P	K	Ca	Mg	S
Białystok	Liczebność (n)	77	77	77	77	77	77
	Średnia	15,82	1,76	5,34	3,26	0,97	1,20
	Mediana	15,82	1,74	5,64	3,21	0,96	1,21
	Min	12,24	1,32	3,31	1,83	0,75	0,81
	Max	20,60	2,43	6,79	4,69	1,34	1,47
	SD	1,60	0,26	0,92	0,69	0,12	0,13
Katowice	Liczebność (n)	77	77	77	77	77	77
	Średnia	16,67	1,78	5,95	4,14	0,88	1,42
	Mediana	16,49	1,66	5,91	4,00	0,88	1,41
	Min	13,19	1,29	4,22	2,07	0,56	1,09
	Max	21,04	2,83	7,92	7,56	1,34	1,89
	SD	1,72	0,35	0,81	1,04	0,13	0,18
Kraków	Liczebność (n)	21	21	21	21	21	21
	Średnia	17,34	1,66	6,05	3,53	0,79	1,39
	Mediana	17,46	1,61	6,01	3,47	0,80	1,34
	Min	14,60	1,29	4,84	2,33	0,61	1,19
	Max	19,47	2,40	7,73	5,30	1,04	2,01
	SD	1,30	0,29	0,67	0,87	0,13	0,18
Krosno	Liczebność (n)	35	35	35	35	35	35
	Średnia	17,03	1,66	5,50	3,70	0,98	1,26
	Mediana	17,08	1,60	5,62	3,67	0,95	1,26
	Min	13,67	1,23	2,97	2,10	0,78	0,94
	Max	19,73	2,36	7,28	5,26	1,29	1,53
	SD	1,73	0,27	0,89	0,80	0,12	0,11
Lublin	Liczebność (n)	84	84	84	84	84	84
	Średnia	16,34	1,71	5,62	3,53	0,91	1,24
	Mediana	15,99	1,64	5,71	3,34	0,89	1,23
	Min	12,34	1,18	3,57	1,98	0,61	0,98
	Max	22,70	2,37	7,88	7,24	1,39	1,72
	SD	1,96	0,26	1,03	0,98	0,16	0,13
Łódź	Liczebność (n)	14	14	14	14	14	14
	Średnia	16,67	1,67	5,12	4,34	0,91	1,30
	Mediana	15,88	1,64	5,13	4,08	0,89	1,33
	Min	13,76	1,37	3,71	3,45	0,70	1,08
	Max	21,06	2,19	6,66	5,37	1,25	1,59
	SD	2,30	0,22	0,92	0,73	0,14	0,15
Olsztyn	Liczebność (n)	Olsztyn	7	7	7	7	7
	Średnia	13,10	1,29	7,79	4,38	0,88	0,95
	Mediana	12,88	1,29	8,07	3,77	0,84	0,94
	Min	11,78	0,99	5,53	2,83	0,72	0,82
	Max	14,47	1,66	9,99	6,93	1,05	1,05
	SD	0,88	0,20	1,71	1,64	0,12	0,08
Piła	Liczebność (n)	21	21	21	21	21	21
	Średnia	14,95	1,58	5,65	2,88	0,92	1,15
	Mediana	14,91	1,59	5,37	2,84	0,88	1,12
	Min	12,44	1,16	4,15	1,88	0,70	0,90
	Max	18,01	2,03	7,15	4,16	1,54	1,55
	SD	1,57	0,23	0,86	0,65	0,20	0,16
Poznań	Liczebność (n)	35	35	35	35	35	35
	Średnia	16,64	1,68	5,46	3,84	0,95	1,25
	Mediana	16,39	1,70	5,47	3,60	0,94	1,24
	Min	13,14	1,08	3,23	2,65	0,68	1,02
	Max	20,03	2,20	7,23	6,04	1,55	1,64

	SD	1,87	0,25	1,00	0,89	0,17	0,14
Szczecin	Liczebność (n)	56	56	56	56	56	56
	Średnia	15,81	1,62	5,59	3,31	0,91	1,21
	Mediana	16,06	1,63	5,54	3,15	0,92	1,21
	Min	12,73	1,04	3,77	1,75	0,67	0,96
	Max	19,01	2,19	7,77	6,17	1,27	1,53
	SD	1,58	0,22	0,89	0,94	0,12	0,12
Szczecinek	Liczebność (n)	35	35	35	35	35	35
	Średnia	15,05	1,58	5,47	2,77	0,93	1,11
	Mediana	14,87	1,58	5,27	2,58	0,93	1,10
	Min	12,03	1,17	4,17	1,83	0,77	0,89
	Max	18,81	1,87	7,21	4,23	1,14	1,40
	SD	1,67	0,15	0,84	0,65	0,10	0,13
Toruń	Liczebność (n)	42	42	42	42	42	42
	Średnia	16,37	1,68	5,62	3,46	0,99	1,23
	Mediana	16,28	1,68	5,68	3,38	0,97	1,24
	Min	13,24	1,33	4,11	1,21	0,76	0,97
	Max	21,28	2,40	7,47	5,06	1,33	1,56
	SD	1,43	0,21	0,79	0,91	0,13	0,13
Wrocław	Liczebność (n)	21	21	21	21	21	21
	Średnia	15,61	1,51	5,48	3,60	0,98	1,16
	Mediana	15,93	1,53	5,35	3,56	0,96	1,14
	Min	12,24	1,19	4,45	2,04	0,77	0,98
	Max	19,57	1,75	6,79	5,34	1,41	1,39
	SD	1,91	0,15	0,61	0,71	0,17	0,12
Zielona Góra	Liczebność (n)	7	7	7	7	7	7
	Średnia	14,98	1,61	5,64	3,02	0,96	1,11
	Mediana	14,21	1,59	5,68	3,00	1,00	1,14
	Min	12,49	1,29	3,39	2,20	0,73	0,75
	Max	17,27	1,97	7,30	3,92	1,16	1,29
	SD	1,93	0,26	1,20	0,66	0,15	0,18
Gdańsk	Liczebność (n)	35	35	35	35	35	35
	Średnia	17,26	1,76	5,94	3,53	0,98	1,33
	Mediana	16,67	1,78	5,96	3,59	0,94	1,26
	Min	13,40	1,37	3,75	1,90	0,70	1,00
	Max	21,40	2,03	7,69	6,34	1,30	2,09
	SD	1,89	0,15	0,78	1,14	0,12	0,24
Radom	Liczebność (n)	49	49	49	49	49	49
	Średnia	15,90	1,64	5,50	3,62	0,93	1,25
	Mediana	16,14	1,60	5,52	3,45	0,92	1,24
	Min	12,71	1,18	3,75	2,40	0,66	0,98
	Max	19,71	2,39	7,83	5,63	1,37	1,48
	SD	1,65	0,24	0,88	0,71	0,15	0,10
Warszawa	Liczebność (n)	21	21	21	21	21	21
	Średnia	15,52	1,64	5,13	3,15	0,97	1,22
	Mediana	15,72	1,70	5,15	2,71	0,94	1,21
	Min	12,08	1,08	4,07	2,11	0,79	0,95
	Max	19,54	2,16	6,66	5,07	1,30	1,63
	SD	1,71	0,30	0,64	0,91	0,13	0,15

Tabela 9.9. Średnia zawartość składników pokarmowych w liściach buka w latach 1997-2021.

RDLP	Wartość	Składnik (g/kg)					
		N	P	K	Ca	Mg	S
Szczecin	Liczebność (n)	7	7	7	7	7	7
	Średnia	26,30	1,70	10,19	8,19	1,56	1,84
	Mediana	27,06	1,76	11,29	8,03	1,58	1,79
	Min	20,29	0,92	6,83	6,76	1,08	1,51
	Max	29,72	2,03	12,21	9,72	1,95	2,03
	SD	3,43	0,37	2,05	1,16	0,31	0,19
Szczecinek	Liczebność (n)	7	7	7	7	7	7
	Średnia	24,83	1,57	7,52	8,18	1,54	1,71
	Mediana	25,11	1,64	8,34	8,08	1,62	1,69
	Min	20,56	1,06	4,15	6,69	1,07	1,48
	Max	28,27	1,72	8,99	10,20	1,71	2,01
	SD	3,06	0,23	1,77	1,12	0,22	0,16
Gdańsk	Liczebność (n)	7	7	7	7	7	7
	Średnia	22,90	1,85	8,15	6,91	1,42	1,60
	Mediana	23,63	1,95	7,87	6,99	1,46	1,61
	Min	17,90	1,00	7,20	5,83	0,97	1,32
	Max	24,76	2,16	9,49	7,92	1,84	1,85
	SD	2,36	0,40	0,87	0,72	0,32	0,17
Olsztyn	Liczebność (n)	7	7	7	7	7	7
	Średnia	23,13	2,06	10,41	8,47	1,48	1,63
	Mediana	23,07	1,90	10,55	8,37	1,42	1,59
	Min	21,52	1,65	8,16	7,31	1,27	1,48
	Max	25,96	2,62	13,64	9,56	1,72	1,87
	SD	1,46	0,41	1,69	0,85	0,20	0,15
Lublin	Liczebność (n)	7	7	7	7	7	7
	Średnia	24,70	1,67	9,81	9,46	1,30	1,82
	Mediana	24,55	1,68	9,61	9,27	1,40	1,82
	Min	20,50	1,13	8,38	6,64	0,69	1,50
	Max	28,98	2,20	12,06	13,05	1,95	2,15
	SD	2,72	0,41	1,60	2,16	0,45	0,22
Katowice	Liczebność (n)	14	14	14	14	14	14
	Średnia	24,71	1,45	9,60	7,47	1,36	1,84
	Mediana	24,92	1,44	9,17	6,83	1,34	1,79
	Min	21,90	1,01	7,33	4,90	0,98	1,47
	Max	28,25	2,06	12,65	12,85	1,81	2,32
	SD	2,01	0,31	1,61	2,26	0,26	0,28
Wrocław	Liczebność (n)	7	7	7	7	7	7
	Średnia	26,06	1,37	8,20	5,81	1,51	1,87
	Mediana	26,21	1,32	8,23	5,92	1,46	1,83
	Min	21,82	0,95	7,08	4,92	1,17	1,55
	Max	28,63	1,66	9,39	6,90	2,30	2,19
	SD	2,24	0,28	0,77	0,73	0,38	0,22
Kraków	Liczebność (n)	7	7	7	7	7	7
	Średnia	25,92	1,83	9,09	7,27	1,29	1,91
	Mediana	26,01	1,76	8,81	7,24	1,23	1,94
	Min	22,48	1,54	7,61	6,21	1,13	1,49
	Max	28,97	2,20	11,83	8,40	1,66	2,20
	SD	2,14	0,26	1,41	0,68	0,18	0,21
Krosno	Liczebność (n)	14	14	14	14	14	14
	Średnia	22,88	1,50	9,20	9,14	1,50	1,62
	Mediana	22,89	1,34	9,19	9,10	1,50	1,62
	Min	20,05	0,78	7,21	5,88	0,86	1,40
	Max	26,62	2,22	10,81	11,67	2,05	2,08
	SD	2,03	0,49	0,95	1,50	0,43	0,18

Tabela 9.10. Średnia zawartość składników pokarmowych w liściach dębu w latach 1997-2021.

RDLP	Wartość	Składnik (g/kg)					
		N	P	K	Ca	Mg	S
Szczecin	Liczebność (n)	7	7	7	7	7	7
	Średnia	22,20	2,31	7,99	6,60	1,68	1,60
	Mediana	22,18	2,36	7,66	6,18	1,72	1,64
	Min	19,68	1,52	5,55	5,72	1,08	1,39
	Max	23,96	2,93	10,33	8,19	2,09	1,88
	SD	1,37	0,46	1,56	0,97	0,30	0,16
Gdańsk	Liczebność (n)	7	7	7	7	7	7
	Średnia	23,15	2,25	8,79	6,99	1,41	1,65
	Mediana	22,94	2,27	8,28	7,29	1,34	1,62
	Min	20,86	1,90	8,00	5,84	0,95	1,38
	Max	25,53	2,57	9,88	8,05	1,77	1,90
	SD	1,49	0,20	0,84	0,77	0,26	0,20
Białystok	Liczebność (n)	7	7	7	7	7	7
	Średnia	25,69	2,20	9,58	7,04	1,68	1,87
	Mediana	25,86	2,01	9,16	7,42	1,69	1,87
	Min	22,04	1,97	7,31	5,24	1,36	1,56
	Max	28,56	2,79	13,39	8,27	2,10	2,22
	SD	2,02	0,31	1,88	1,07	0,26	0,26
Olsztyn	Liczebność (n)	7	7	7	7	7	7
	Średnia	24,80	2,10	8,93	6,69	1,53	1,66
	Mediana	24,66	2,27	8,62	6,35	1,60	1,67
	Min	23,02	1,25	6,57	5,42	0,91	1,55
	Max	27,41	2,86	12,59	8,04	1,91	1,80
	SD	1,52	0,54	2,16	0,95	0,31	0,09
Poznań	Liczebność (n)	7	7	7	7	7	7
	Średnia	25,43	1,83	9,39	6,87	2,06	1,89
	Mediana	25,80	1,82	9,53	6,78	2,14	1,85
	Min	23,00	1,46	6,95	5,31	1,78	1,73
	Max	27,43	2,10	11,93	8,54	2,35	2,22
	SD	1,79	0,21	1,50	0,97	0,21	0,17
Łódź	Liczebność (n)	7	7	7	7	7	7
	Średnia	23,57	2,13	8,53	7,88	1,93	1,71
	Mediana	23,81	2,21	8,81	7,65	1,96	1,69
	Min	20,96	1,58	6,79	7,07	1,43	1,50
	Max	25,94	2,52	9,87	9,04	2,26	1,88
	SD	1,93	0,29	1,09	0,71	0,29	0,14
Lublin	Liczebność (n)	7	7	7	7	7	7
	Średnia	26,16	2,24	10,47	8,08	1,88	1,86
	Mediana	25,36	2,26	10,30	7,82	2,03	1,78
	Min	24,06	1,76	9,11	7,46	1,32	1,56
	Max	30,20	2,54	12,23	9,05	2,09	2,38
	SD	2,05	0,30	1,17	0,61	0,28	0,28
Zielona Góra	Liczebność (n)	7	7	7	7	7	7
	Średnia	26,63	2,40	11,37	7,45	1,64	2,01
	Mediana	26,52	2,36	12,19	7,12	1,64	1,92
	Min	22,76	2,04	9,17	6,28	1,09	1,69
	Max	28,94	2,73	12,62	10,33	2,15	2,66
	SD	2,08	0,23	1,48	1,40	0,32	0,32

Katowice	Liczebność (n)	7	7	7	7	7	7
	Średnia	24,28	1,85	10,43	6,13	1,73	1,71
	Mediana	24,32	1,94	9,74	5,23	1,80	1,76
	Min	21,88	1,37	8,14	5,18	1,31	1,40
	Max	26,52	2,35	16,15	7,84	1,98	2,02
Wrocław	SD	1,61	0,39	2,80	1,21	0,24	0,20
	Liczebność (n)	14	14	14	14	14	14
	Średnia	26,87	1,64	9,24	6,57	1,40	1,93
	Mediana	27,34	1,27	9,37	6,63	1,44	1,94
	Min	21,62	0,82	6,72	5,42	0,74	1,54
Kraków	Max	29,50	2,75	12,29	7,63	1,92	2,23
	SD	2,34	0,66	1,48	0,65	0,36	0,20
	Liczebność (n)	7	7	7	7	7	7
	Średnia	28,00	2,30	11,56	6,28	1,94	1,98
	Mediana	28,68	2,48	11,45	6,33	1,87	1,99
Krosno	Min	26,10	1,29	9,94	5,22	1,62	1,73
	Max	29,86	2,77	14,14	8,48	2,66	2,17
	SD	1,65	0,49	1,42	1,15	0,34	0,15
	Liczebność (n)	7	7	7	7	7	7
	Średnia	25,68	1,97	12,49	7,62	1,77	1,89
	Mediana	25,04	2,12	12,69	7,52	1,78	1,87
	Min	24,63	1,09	10,16	7,21	1,37	1,72
	Max	27,77	2,36	15,36	8,26	2,06	2,14
	SD	1,23	0,43	1,78	0,34	0,24	0,15

10.01.2023, 09:05 European Needle/Leaf Interlaboratory Comparison - 25 Test

WG-QA/QC
Ringtest.info
FFCC-Horne
Contact

25. European Needle/Leaf Interlaboratory Comparison Test 2022/2023 (last test)

Preliminary Qualification Report for ICP-Forests Laboratories (based on the printed extended evaluation) - Laboratory: F25

[MAIN MENU](#)

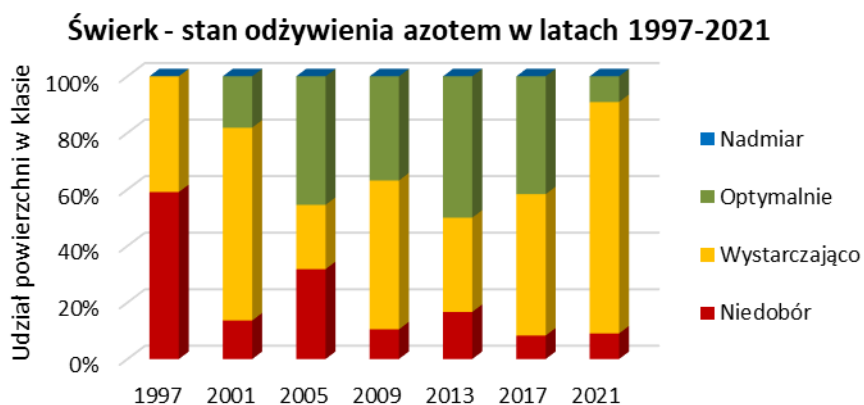
Forest Research Institute
Lab. of Natural Environment Chemistry
Anna Kowalska
3, Bracl Lesnej
PL-05-090-Sekocin Stary
Poland

Element	Pretreatment method	Determination method	Ringtest result %	Requalification result %
N	PZ98	DA01	passed (100%)	-
S	PB06	DB08	passed (100%)	-
P	PB06	DB08	passed (100%)	-
Ca	PB06	DB08	passed (100%)	-
Mg	PB06	DB08	passed (100%)	-
K	PB06	DB08	passed (100%)	-
C	PZ98	DA01	passed (100%)	-
Zn	PB06	DB08	passed (100%)	-
Mn	PB06	DB08	passed (100%)	-
Fe	PB06	DB08	passed (100%)	-
Cu	PB06	DB08	passed (100%)	-
Pb	PB99	DB08	passed (100%)	-
Cd	PZ99	DB08	passed (100%)	-
Ni	PB06	DB08	passed (100%)	-

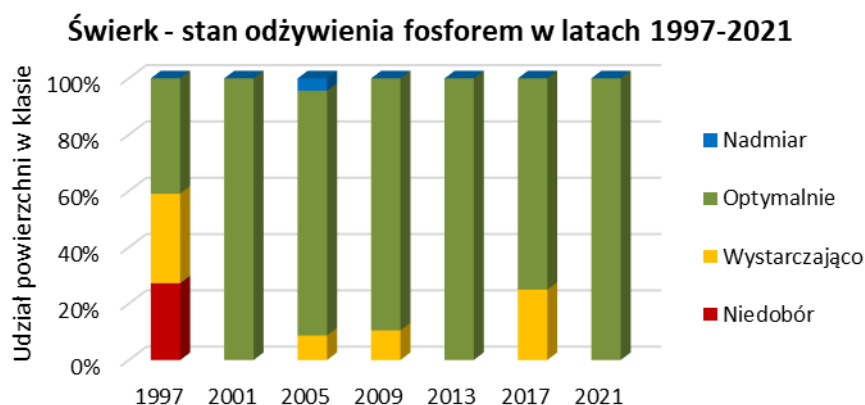
The laboratory passed for the elements (this means the combination of element with the pretreatment/determination method) highlighted in green and failed for elements highlighted in red. In case you want to see your method instead of the code number, please move the mouse pointer over the cell with the code number.

https://bfiw.ac.at/ws/ring_nadelqa_report2 1/2

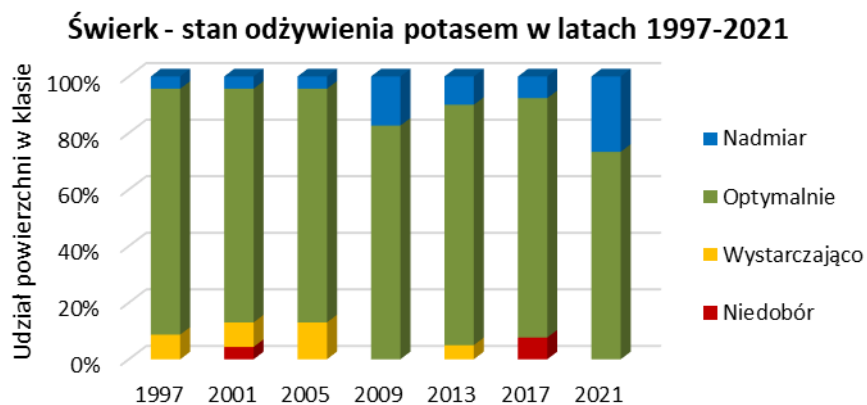
Rycina 9.1. Certyfikat potwierdzający kwalifikowalność wyników laboratorium IBL w europejskich badaniach liści i igieł drzew.



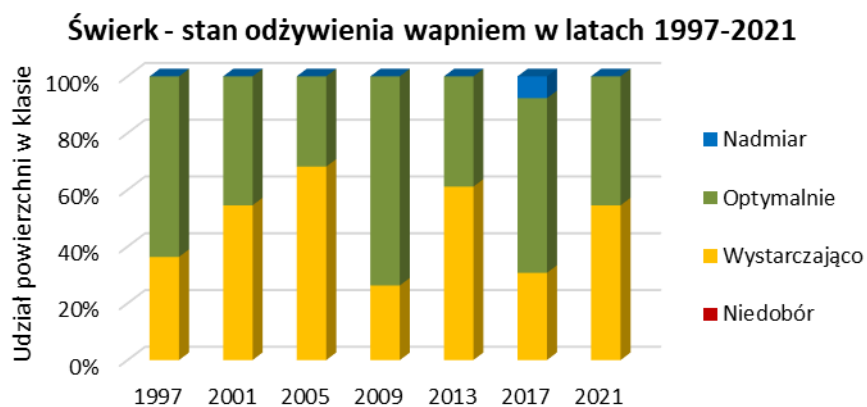
Rycina 9.2. Stan odżywienia drzewostanów świerkowych azotem w latach 1997-2021.



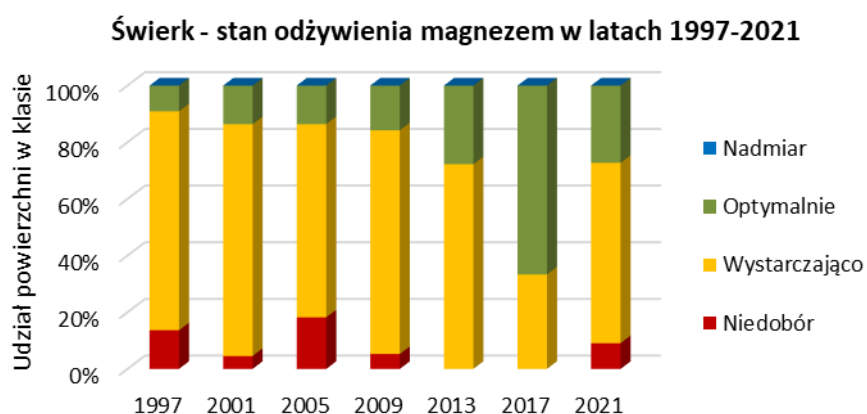
Rycina 9.3. Stan odżywienia drzewostanów świerkowych fosforem w latach 1997-2021.



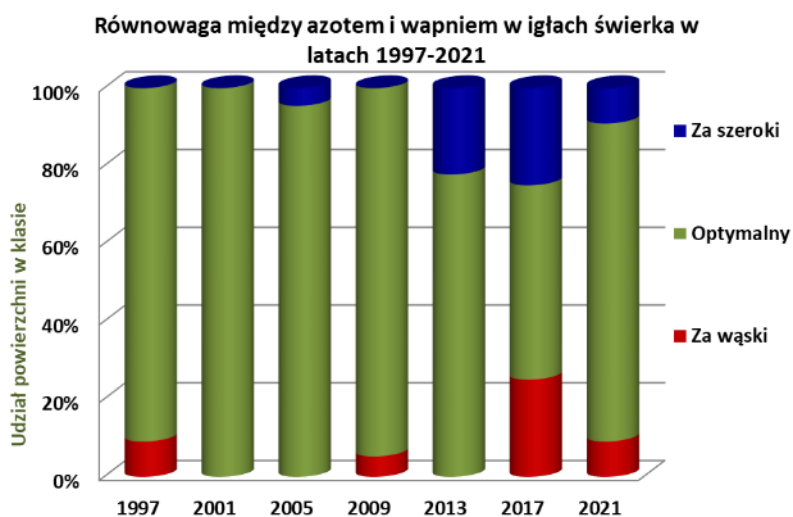
Rycina 9.4. Stan odżywienia drzewostanów świerkowych potasem w latach 1997-2021.



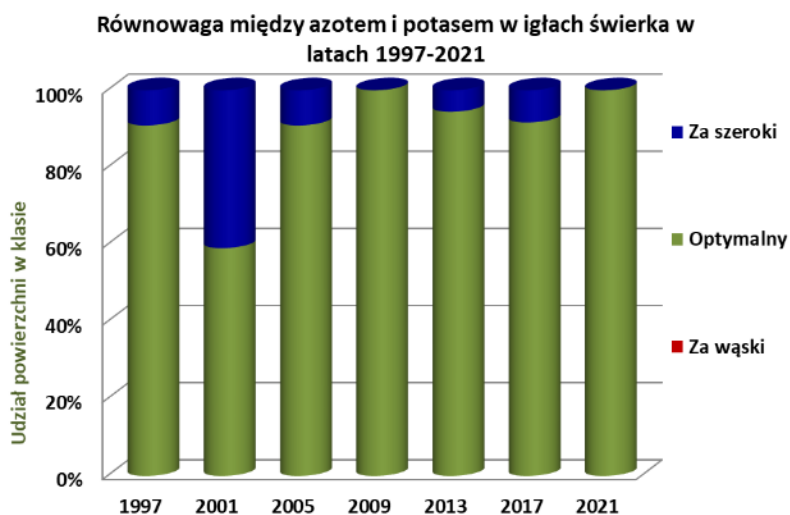
Rycina 9.5. Stan odżywienia drzewostanów świerkowych wapniem w latach 1997-2021.



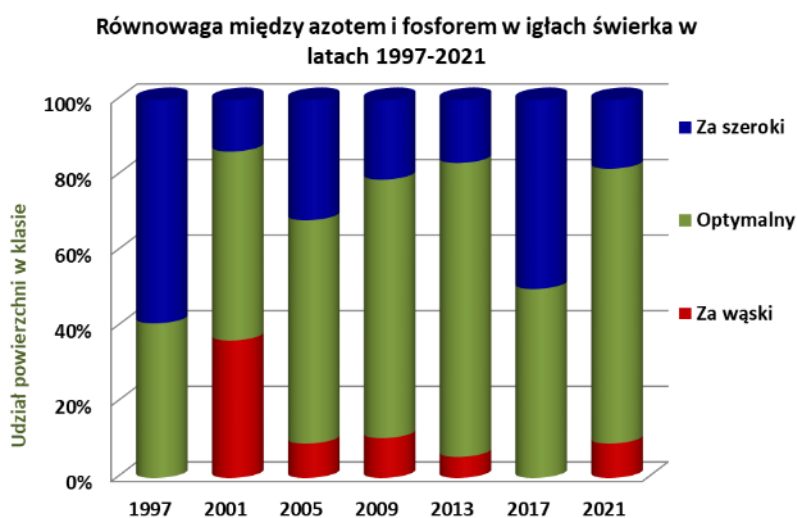
Rycina 9.6. Stan odżywienia drzewostanów świerkowych magnezem w latach 1997-2021.



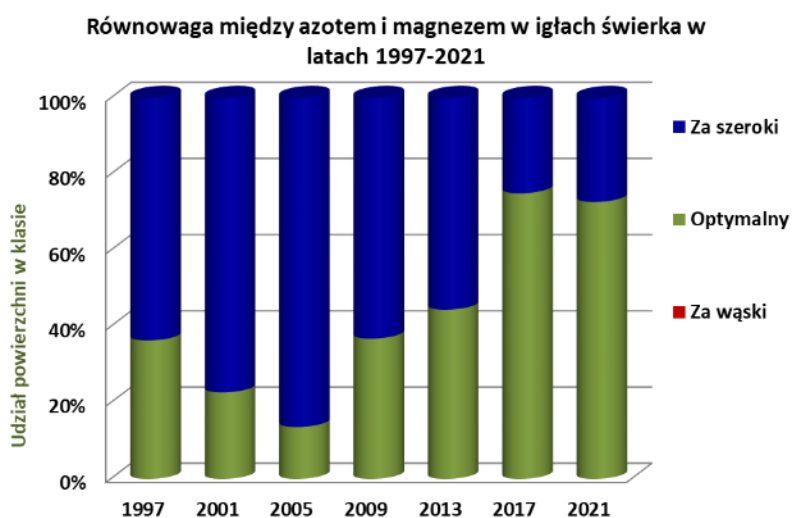
Rycina 9.7. Równowaga między azotem i wapniem w igłach świerka w latach 1997-2021.



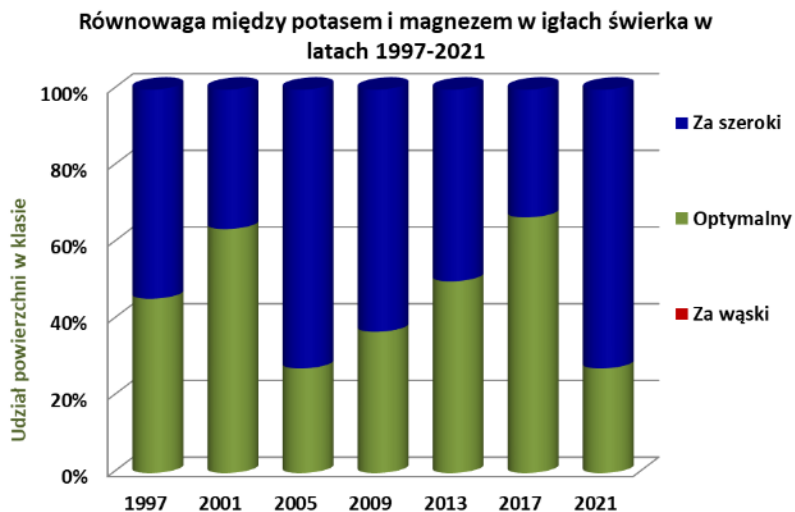
Rycina 9.8. Równowaga między azotem i potasem w igłach świerka w latach 1997-2021.



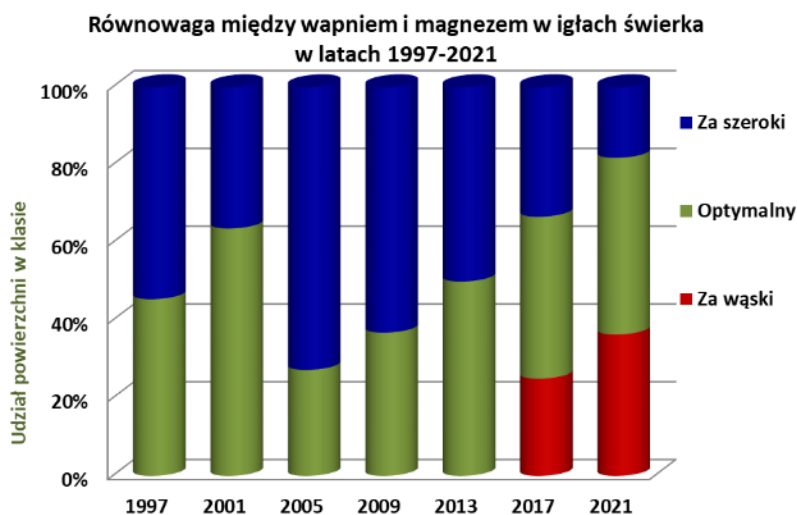
Rycina 9.9. Równowaga między azotem i fosforem w igłach świerka w latach 1997-2021.



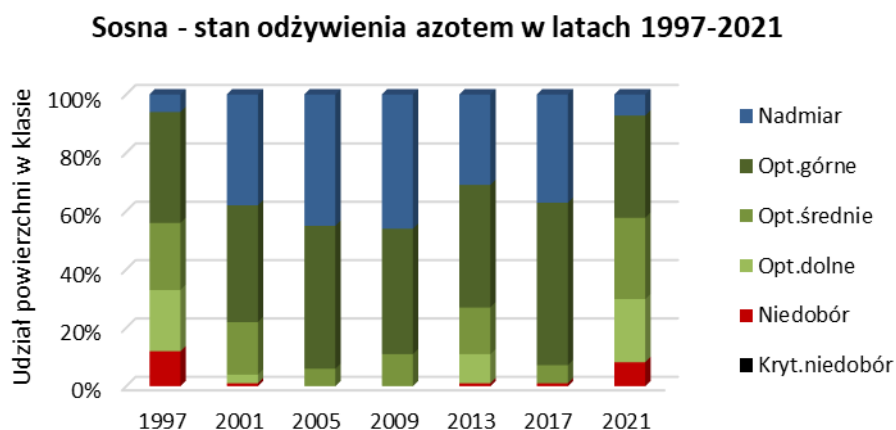
Rycina 9.10. Równowaga między azotem i magnezem w igłach świerka w latach 1997-2021.



Rycina 9.11. Równowaga między potasem i magnezem w igłach świerka w latach 1997-2021.

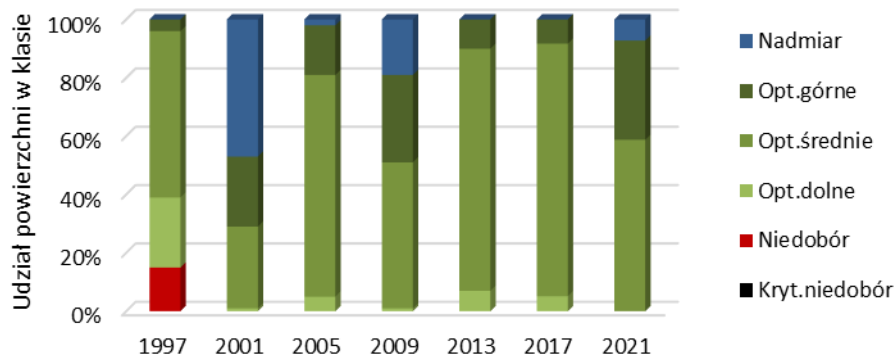


Rycina 9.12. Równowaga między wapniem i magnezem w igłach świerka w latach 1997-2021.



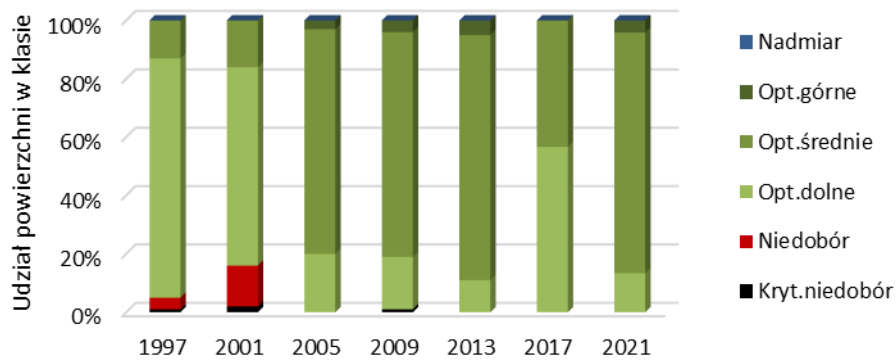
Rycina 9.13. Stan odżywienia drzewostanów sosnowych azotem w latach 1997-2021.

Sosna - stan odżywienia fosforem w latach 1997-2021



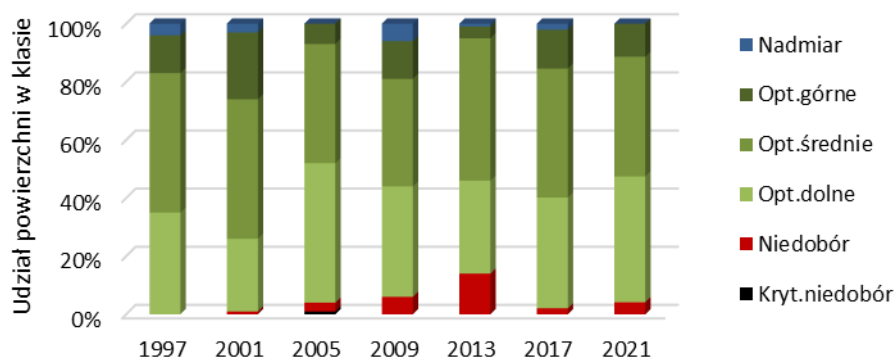
Rycina 9.14. Stan odżywienia drzewostanów sosnowych fosforem w latach 1997-2021.

Sosna - stan odżywienia potasem w latach 1997-2021



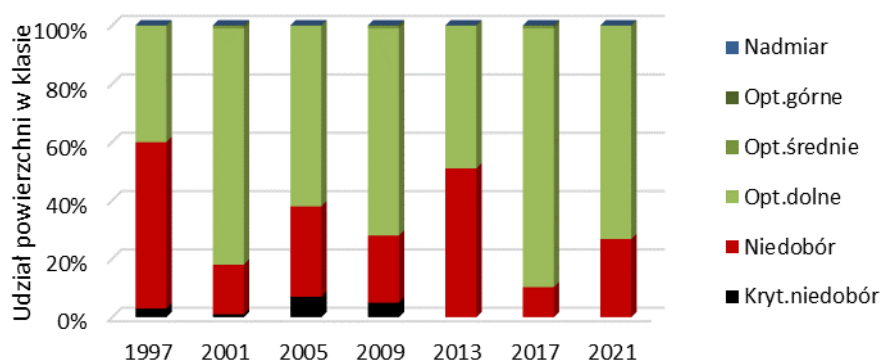
Rycina 9.15. Stan odżywienia drzewostanów sosnowych potasem w latach 1997-2021.

Sosna - stan odżywienia wapniem w latach 1997-2021



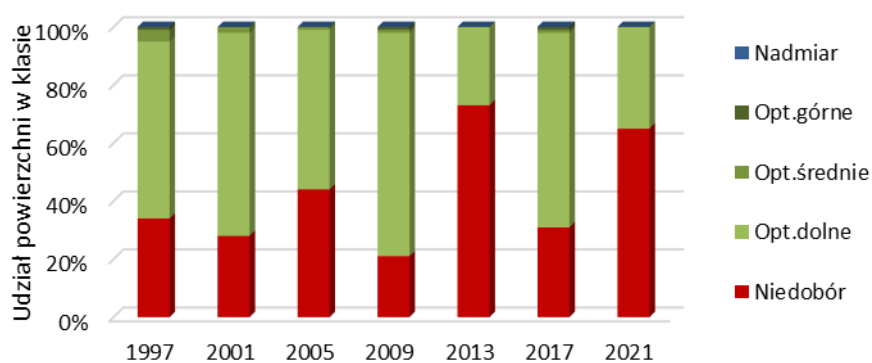
Rycina 9.16. Stan odżywienia drzewostanów sosnowych wapniem w latach 1997-2021.

Sosna - stan odżywienia magnezem w latach 1997-2021



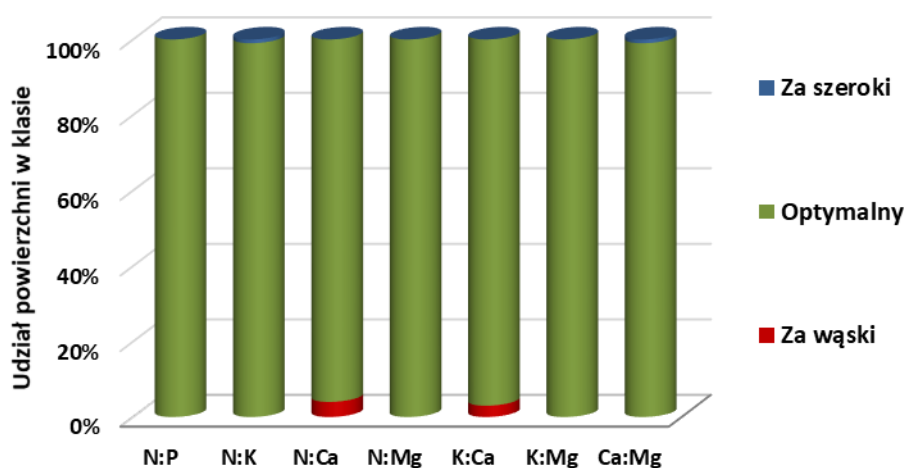
Rycina 9.17. Stan odżywienia drzewostanów sosnowych magnezem w latach 1997-2021.

Sosna - stan odżywienia siarką w latach 1997-2021

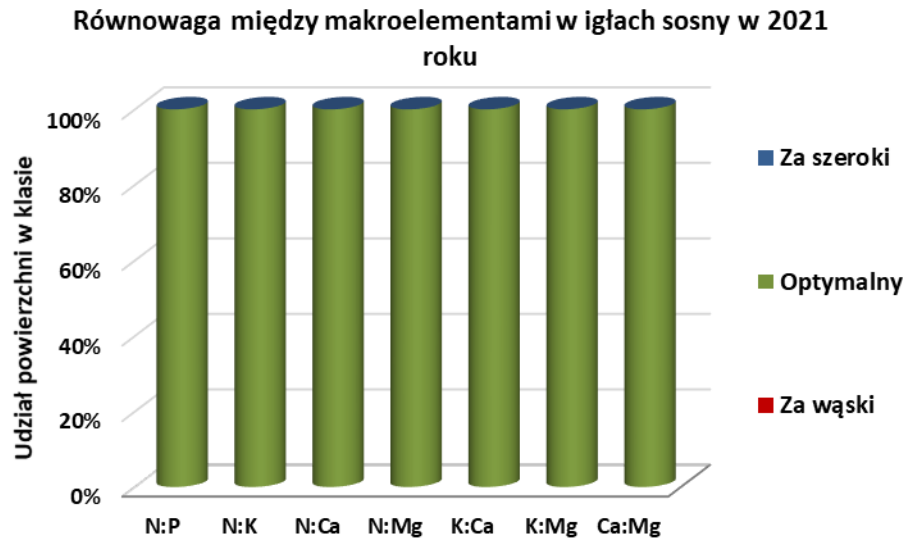


Rycina 9.18. Stan odżywienia drzewostanów sosnowych siarką w latach 1997-2021.

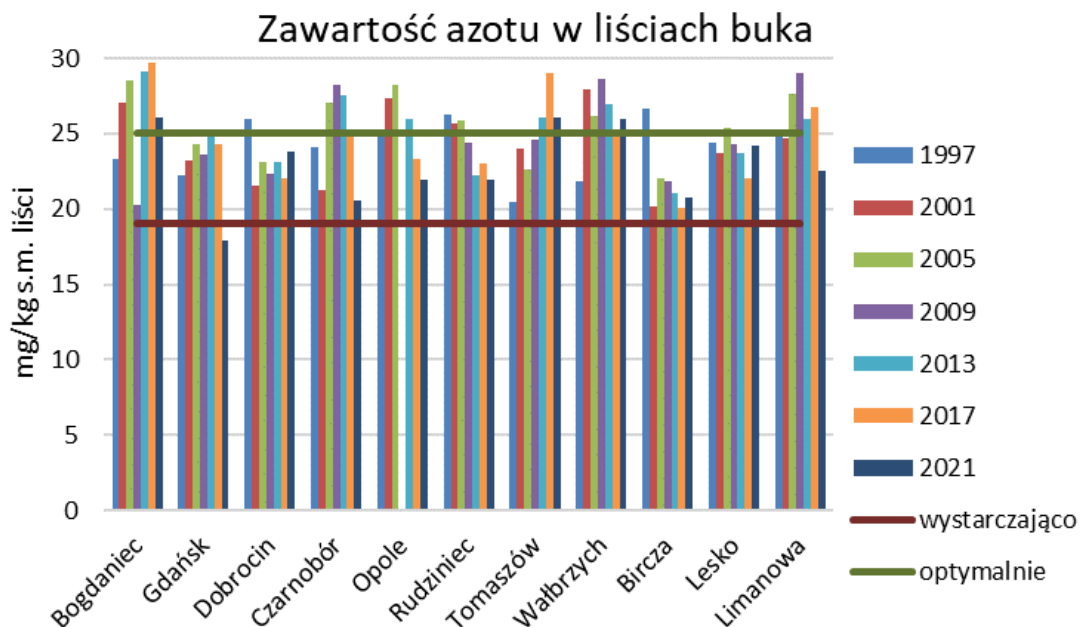
Równowaga między makroelementami w igłach sosny w 1997 roku



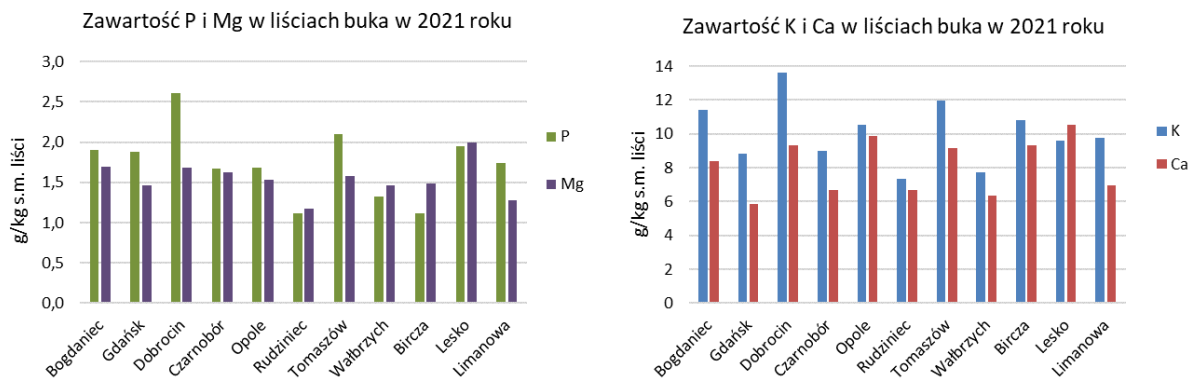
Rycina 9.19. Równowaga między makroelementami w igłach sosny w 1997 roku.



Rycina 9.20. Równowaga między makroelementami w igłach sosny w 2021 roku.

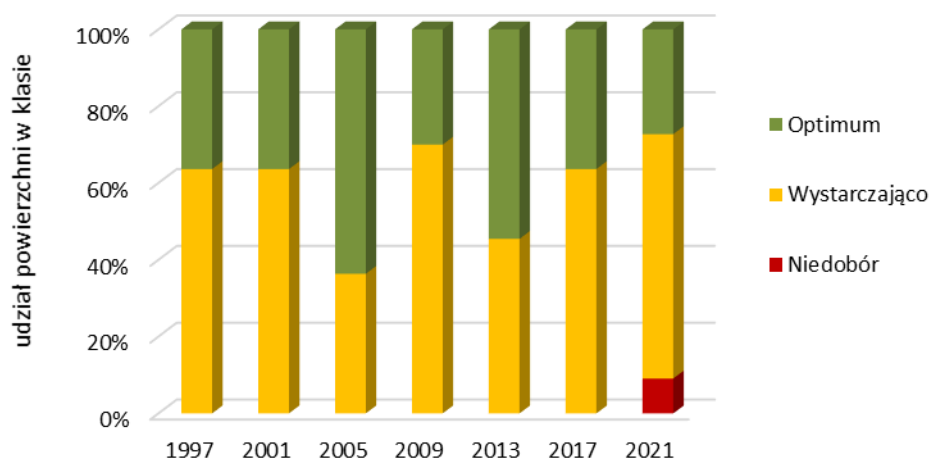


Rycina 9.21. Zawartość azotu w liściach buka w latach 1997-2021 z podziałem na Nadleśnictwa.



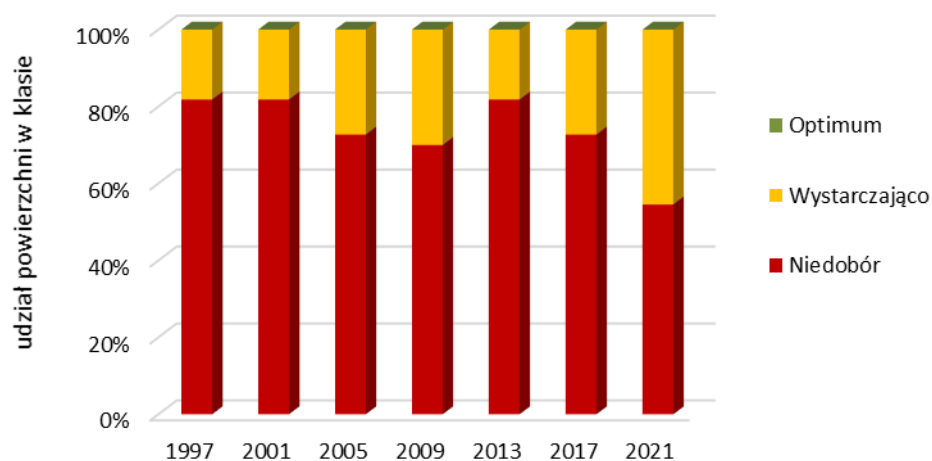
Rycina 9.22. Zawartość makroelementów: fosforu i magnezu (po lewej) oraz potasu i wapnia (po prawej) w liściach buka w 2021 roku.

Buk - stan odżywienia azotem



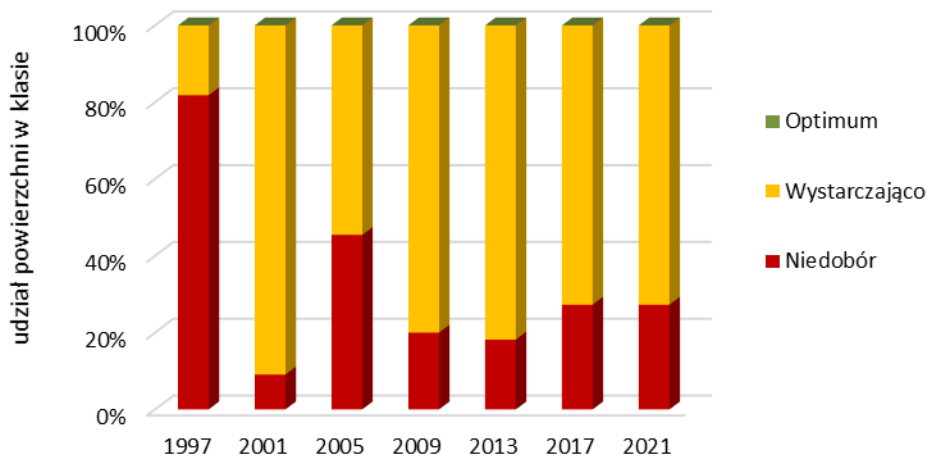
Rycina 9.23. Stan odżywienia drzewostanów bukowych azotem w latach 1997-2021.

Buk - stan odżywienia potasem



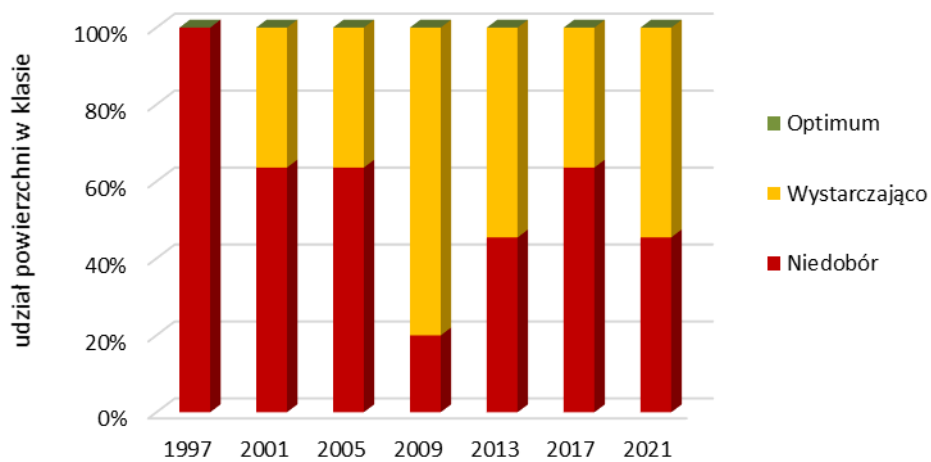
Rycina 9.24. Stan odżywienia drzewostanów bukowych potasem w latach 1997-2021.

Buk - stan odżywienia fosforem

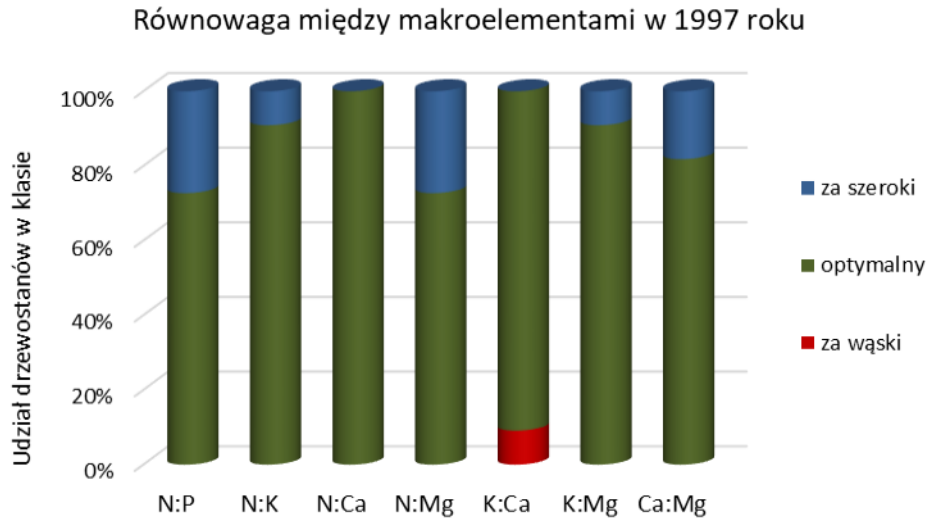


Rycina 9.25. Stan odżywienia drzewostanów bukowych fosforem w latach 1997-2021.

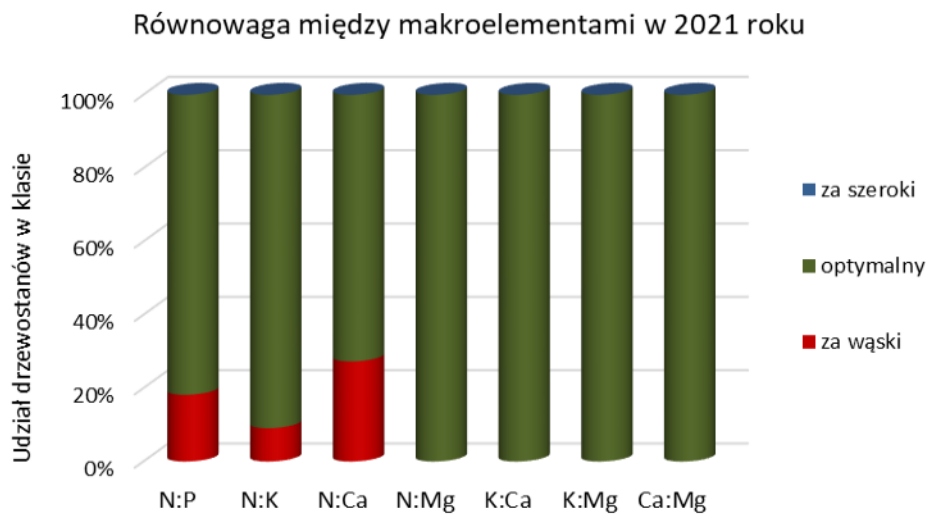
Buk - stan odżywienia magnezem



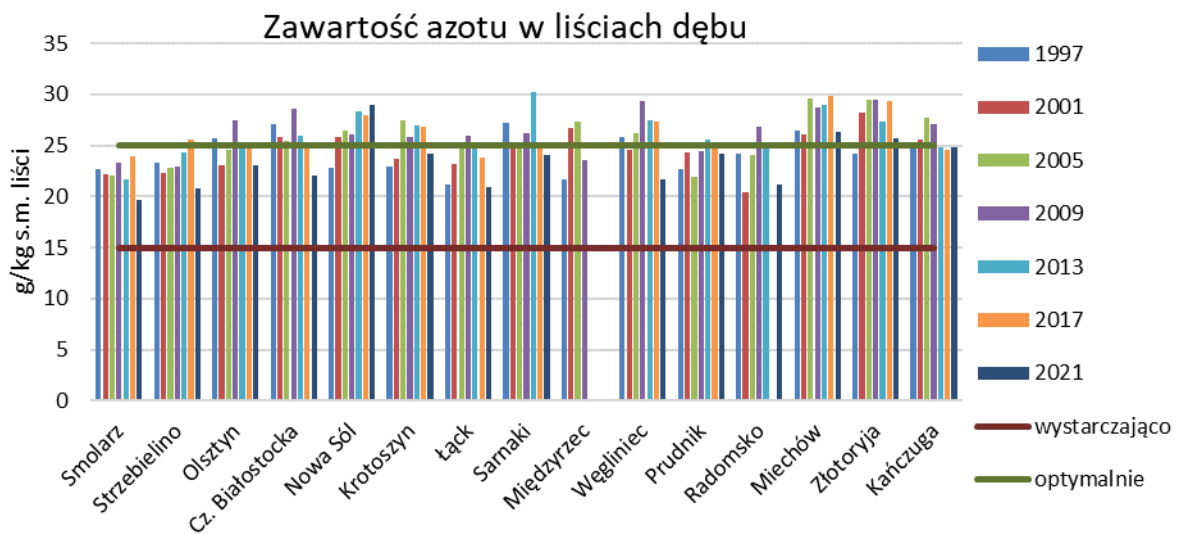
Rycina 9.26. Stan odżywienia drzewostanów bukowych magnezem w latach 1997-2021.



Rycina 9.27. Równowaga między makroelementami w liściach buka w 1997 roku.

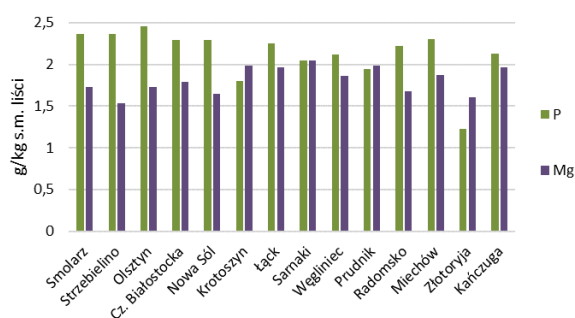


Rycina 9.28. Równowaga między makroelementami w liściach buka w 2021 roku.

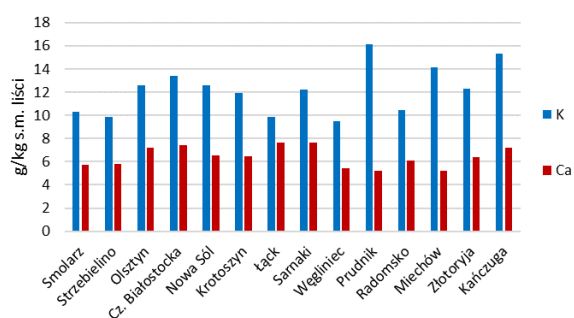


Rycina 9.29. Zawartość azotu w liściach dębu w latach 1997-2021.

Zawartość P i Mg w liściach dębu w 2021 roku

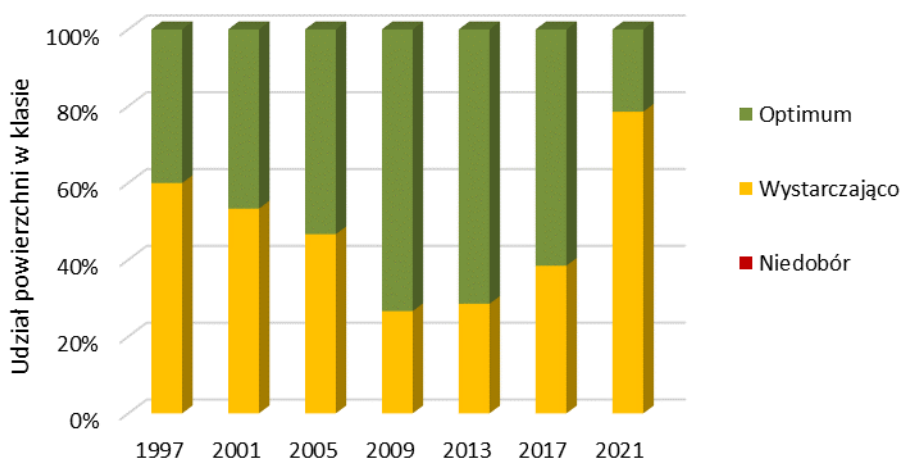


Zawartość K i Ca w liściach dębu w 2021 roku



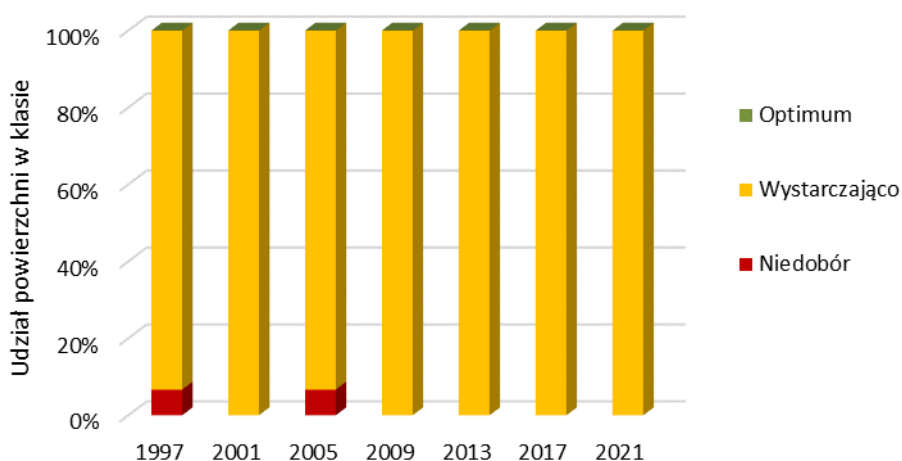
Rycina 9.30. Zawartość makroelementów: fosforu i magnezu (po lewej) oraz potasu i wapnia (po prawej) w liściach dębu w 2021 roku.

Dąb - stan odżywienia azotem



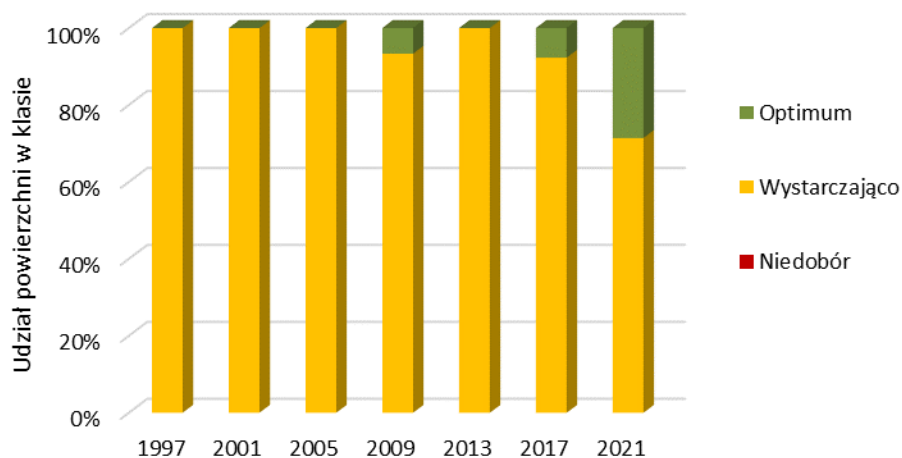
Rycina 9.31. Stan odżywienia drzewostanów dębowych azotem w latach 1997-2021.

Dąb - stan odżywienia fosforem



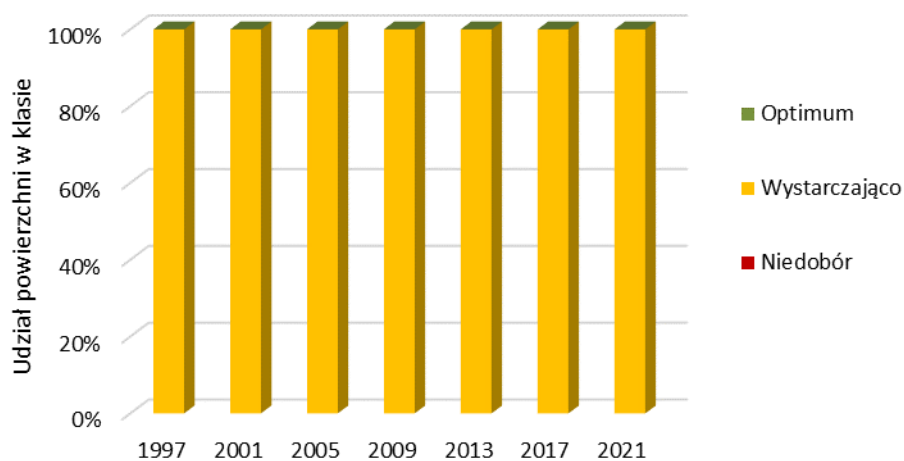
Rycina 9.32. Stan odżywienia drzewostanów dębowych fosforem w latach 1997-2021.

Dąb - stan odżywienia potasem



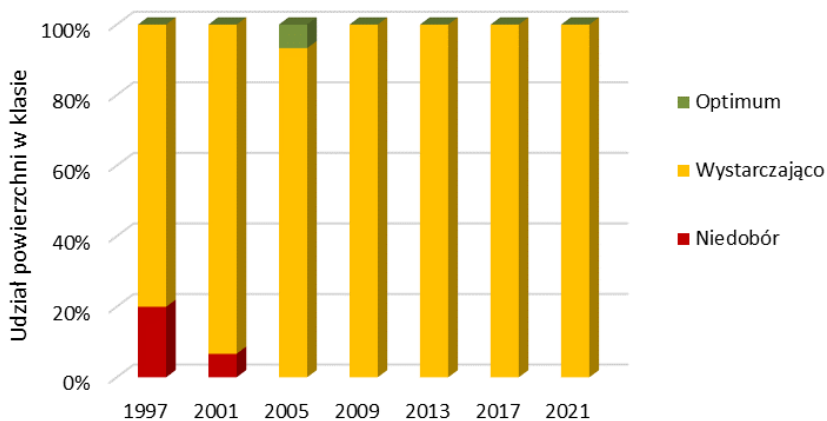
Rycina 9.33. Stan odżywienia drzewostanów dębowych potasem w latach 1997-2021.

Dąb - stan odżywienia wapniem



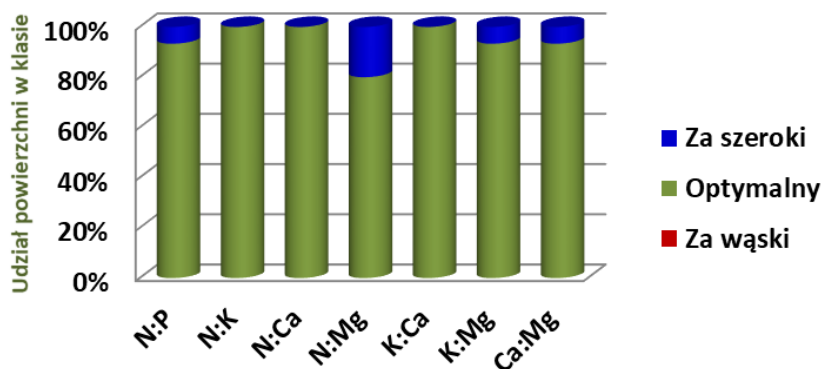
Rycina 9.34. Stan odżywienia drzewostanów dębowych wapniem w latach 1997-2021.

Dąb - stan odżywienia magnezem



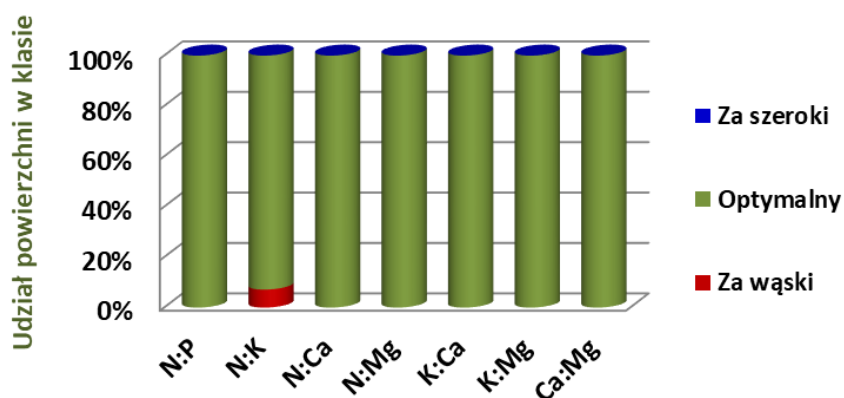
Rycina 9.35. Stan odżywienia drzewostanów dębowych magnezem w latach 1997-2021.

Równowaga między makroelementami w liściach dębu w 1997 roku



Rycina 9.36. Równowaga między makroelementami w liściach dębu w 1997 roku.

Równowaga między makroelementami w liściach dębu w 2021 roku



Rycina 9.37. Równowaga między makroelementami w liściach dębu w 2021 roku.

10. WARUNKI POGODOWE W 2022 ROKU NA WYBRANYCH POWIERZCHNIACH SPO MI – LESZEK KLUZIŃSKI.

Dane meteorologiczne pozyskiwane z automatycznych stacji pomiarowych usytuowanych w pobliżu stałych powierzchni obserwacyjnych monitoringu intensywnego służą ocenie aktualnego stanu pogody oraz mogą być wykorzystywane do modelowania procesów i relacji zachodzących w ekosystemach leśnych. Śledzenie długookresowych ciągów parametrów meteorologicznych pozwala wskazać kierunki zmian klimatu, które mają decydujący wpływ na stan zdrowotny ekosystemów leśnych.

W raporcie zawarto wyniki pomiarów następujących parametrów meteorologicznych rejestrowanych na 12 automatycznych stacjach należących do sieci Monitoringu Intensywnego:

- - średnie wartości dobowe temperatury i wilgotności względnej powietrza na wysokości 2 m nad ziemią, i promieniowania całkowitego; maksymalnych wartości temperatury powietrza i prędkości wiatru; minimalnych wartości temperatury powietrza; sumy opadów (ryc. 10.1, 10.2, 10.3).
- - średnie wartości miesięczne temperatury i wilgotności powietrza na wysokości 2 m nad ziemią; promieniowania całkowitego; sumy opadów (tab. 10.1).
- - średni dobowy kierunek i prędkość wiatru; prędkość wiatru maksymalną; procentowy udział wiatrów uśrednionych do 10 minutowych okresów z uwzględnieniem jego prędkości z 4 kierunków głównych i 12 pośrednich. (ryc. 10.4, tab. 10.2).

Rok 2022 odbiegał pod względem termicznym od średniej okresu referencyjnego 1991-2020. Według klasyfikacji termicznej (Miętus i in. 2002) został on sklasyfikowany jako *ciepły* lub *bardzo ciepły* na większości obszaru kraju. Ponadto w Polsce w roku 2022 obserwowano znaczną zmienność termiczną. Na przestrzeni roku występowały naprzemiennie okresy znacznie cieplejsze, jak i zdecydowanie chłodniejsze w porównaniu do wartości normatywnych. Szczególnie ciepłym miesiącem był luty, a znaczące dodatnie odchylenia od normy wieloletniej odnotowano również w styczniu, czerwcu, sierpniu i październiku. Chłodniejszy od okresu referencyjnego był kwiecień i wrzesień. Rozkład średnich miesięcznych temperatur w roku 2022 potwierdza zachodzące od kilku lat w Polsce zmiany termiczne, charakteryzujące się ciepłą zimą, chłodnym początkiem wiosny oraz gorącym latem i wczesną jesienią (Rocznik Meteorologiczny IMGW 2022). Rok 2022 pod względem opadowym, zgodnie z klasyfikacją Z. Kaczorowskiej (1962), został oznaczony jako suchy. Średnia roczna suma opadów w Polsce stanowiła 86% normy wieloletniej z lat 1991-2020.

Rozkład przestrzenny sumy opadów był bardzo zróżnicowany. W roku 2022 najniższe sumy opadów rocznych odnotowano w okolicach Gdańska, Kętrzyna, Poznania i Słubic zaś najwyższe wartości opadów rocznych wystąpiły w Tatrach, a poza obszarem górskim w Bielsku Białej i Opolu. Duże zróżnicowanie opadów miało miejsce także w ciągu roku. Stosując cytowaną klasyfikację Kaczorowskiej najbardziej ubogimi w opady miesiącami był bardzo suchy maj, październik i listopad, a marzec skrajnie suchy. Najobfitszymi w opady miesiącami był wilgotny kwiecień, bardzo wilgotny grudzień i skrajnie wilgotny luty. Znaczący udział w sumie opadów miały gwałtowne ulewy t.zw. deszcze nawalne występujące lokalnie na obszarze całego kraju (Rocznik Meteorologiczny IMGW 2022).

Temperatura powietrza – średnia roczna temperatura ze wszystkich 12 stacji Monitoringu Intensywnego mierzona na wysokości +2m wyniosła w 2022 r. 8,5°C i była o 0,8°C wyższa niż w roku 2021. Najchłodniejszym miesiącem roku był grudzień z temperaturą średnią -0,5°C, o 2,3°C wyższą niż najchłodniejszego miesiąca (lutego) w roku 2021. Najniższą średnią temperaturę miesięczną ze wszystkich stacji (-2,8°C) obliczono dla stycznia w Piwnicznej. Najcieplejszym miesiącem roku był sierpień z temperaturą średnią 19,6°C, o 0,7°C niższą niż w najcieplejszym miesiącu (lipcu) w roku 2021. Najwyższą średnią temperaturę miesięczną dla stacji (21,2°C) obliczono w sierpniu dla stacji w Krotoszynie. Była ona o 0,4°C niższa niż najwyższa miesięczna temperatura ze stacji w Białowieży w lipcu roku 2021 (tab. 10.1). Najwyższą średnią temperaturę okresu wegetacyjnego (od kwietnia do września) wykazała stacja w Krotoszynie (16,1°C). Była ona o 0,8 °C wyższa od najwyższej średniej analogicznego okresu w roku 2021. Najniższa średnia temperatura okresu wegetacyjnego charakteryzowała stację w Szklarskiej Porębie (10,5°C), była ona o 0,6°C wyższa, niż w roku ubiegłym na tej samej stacji. Najwyższe temperatury powietrza w ciągu doby na stacjach meteorologicznych IBL wystąpiły: na 5 stacjach na przełomie czerwca i lipca, na 3 stacjach 21 lipca, na 2 stacjach 5 sierpnia i na 2 stacjach 25 sierpnia (ryc. 10.1). Wartość maksymalną temperatury 37,8°C zarejestrowano 21 lipca w Kruczu, była ona o 2,5°C wyższa od najwyższej temperatury roku 2021 zmierzonej na tej samej stacji (tab. 10.3). Najbardziej zróżnicowanym pod względem miesięcznych temperatur był kwiecień i sierpień, w których to miesiącach różnica średnich temperatur powietrza pomiędzy stacjami wyniosła 6,1°C. Natomiast najbardziej wyrównanym temperaturowo był październik, w którym różnica między najwyższą i najniższą średnią temperaturą miesięczną ze stacji wyniosła 3,5°C. (tab. 10.1).

Suma opadów zmierzonych na stacjach Monitoringu Intensywnego z miesięcznego okresu pomiarowego zawierała się w przedziale wartości od 0,0 mm w marcu na stacji w

Kruczu do 223,8 mm w lutym na stacji w Szklarskiej Porębie (tab. 10.1). Średnia miesięczna suma opadu ze stacji wyniosła 54,0 mm i była o 9,1 mm niższa niż w roku 2021. W sezonie wegetacyjnym średnia miesięczna suma opadu ze stacji wyniosła 64,6 mm, zaś w pozostałym okresie 43,4 mm miesięcznie. Stosunek tych dwóch średnich jest mniej korzystny dla sezonu wegetacyjnego w roku 2022 w porównaniu do roku 2021. Średnia miesięczna opadów ze wszystkich stacji była najwyższa w lipcu i wyniosła 87,0 mm. Najniższa średnia miesięczna opadów ze wszystkich stacji wystąpiła w marcu i wyniosła 12,6 mm. (tab. 10.1). Miesięczne sumy opadów poniżej 10 mm odnotowano na ośmiu stacjach w marcu, w Białowieży w sierpniu oraz w Łącku w listopadzie. W porównaniu do roku 2021 w roku 2022 tak niski opad wystąpił na większej liczbie stacji. Krytycznym miesiącem pod względem opadów był marzec (tab. 10.3).

Roczne sumy opadów ze stacji wynosiły od 421,5 mm w Kruczu do 1171,5 mm na stacji w Szklarskiej Porębie. Oprócz stacji w Gdańsku, gdzie odnotowano większą sumę opadów niż w roku 2021 na pozostałych stacjach roczna suma opadów była niższa niż w roku 2021 i stanowiła od 62% (w Chojnowie) do 97 % (w Białowieży) sumy opadów roku poprzedniego. Suma opadów w sezonie wegetacyjnym wyniosła od 236,5 mm w Kruczu do 592,3 mm na stacji w Szklarskiej Porębie. Podobnie jak w okresie całego roku, poza SPO MI w Gdańsku, wszystkie pozostałe powierzchnie monitoringu intensywnego wykazały niższą sumę opadów w porównaniu do roku 2021. Na okres letni (od kwietnia do września) przypadło przeciętnie 60,6% rocznej sumy opadów. Stosunek sumy opadów, które wystąpiły w okresie letnim do sumy opadów całego roku wahał się od 50,6% w Szklarskiej Porębie do 69,1% w Białowieży.

Liczba co najmniej 14 dniowych okresów, w których suma opadów nie przekraczała 5 mm w sezonie wegetacyjnym roku 2022 oscylowała od czterech okresów w Birczy i trzech w Kruczu do dwóch okresów na siedmiu stacjach i jednego na trzech stacjach. Sumaryczna liczba dni w okresach posuchy była największa w Kruczu (68 dni), niewiele niższa w Birczy (67 dni) i w Białowieży (66 dni), a najmniejsza w Strzałowie (16 dni) (tab. 10.3). Ponad dwutygodniowe okresy bez opadów wystąpiły w sezonie wegetacyjnym w Białowieży (33 dni w sierpniu), w Birczy (14 dni w czerwcu), w Krotoszynie (24 dni na przełomie kwietnia i maja), w Strzałowie (16 dni na przełomie czerwca i lipca) i w Zawadzkim (15 dni na przełomie maja i czerwca) (tab. 10.3).

Najwyższa dobową sumą opadu 64,0 mm zarejestrowana została 31 lipca 2022 roku na stacji w Łącku (ryc. 10.1).

Średnia wilgotność względna powietrza ze wszystkich stacji Monitoringu Intensywnego, z całego okresu pomiarowego wynosiła 81,7%. W sezonie wegetacyjnym było to 76,3%, zaś poza sezonem wegetacyjnym 87,1%. Najniższa wilgotność powietrza wystąpiła w marcu (65,3%), a najwyższa w grudniu (94,8%). Średnia roczna dla stacji zawierała się w przedziale wartości od 74,8% w Krotoszynie do 87,4% w Szklarskiej Porębie. Najniższa miesięczna wartość wilgotności powietrza odnotowana została w maju na stacji w Krotoszynie (58,4%), a najwyższa we wrześniu w Szklarskiej Porębie (92,8) (tab. 10.1, ryc. 10.2).

Średnie promieniowanie całkowite z całego okresu pomiarowego zawierało się w przedziale wartości od 28,9 W/m² w Chojnowie do 114,8 W/m² w Krotoszynie. W 2022 roku miesiącem o najsilniejszym średnim promieniowaniu był czerwiec, w którym przeciętne promieniowanie dla stacji wyniosło 207,4 W/m², zaś najslabsze promieniowanie wystąpiło w grudniu (5,5 W/m²). Średnia dla sezonu wegetacyjnego ze wszystkich stacji wyniosła 152,8 W/m², a dla pozostałej części roku 35,6 W/m². Najsilniejsze średnie miesięczne promieniowanie o wielkości 251,5 W/m² zmierzono w czerwcu w Strzałowie, zaś najniższe w grudniu w Chojnowie 0,9 W/m² (tab. 10.1, ryc. 10.2).

Prędkość i kierunek wiatru. Ogółem na każdej stacji meteorologicznej w ciągu całego roku 2022 zarejestrowano 52 560 uśrednionych 10 minutowych pomiarów prędkości i kierunku wiatru (tab. 10.2). Pogodę z wiatrem notowano najrzadziej na stacji w Chojnowie – 50,1% wszystkich pomiarów, a najczęściej na stacji w Birczy 97,1%.

Na podstawie średnich prędkości wiatru i ilości zarejestrowanych wystąpień wiatru wiejącego z jednego z 16 kierunków sporządzono wykresy róży wiatrów (ryc. 10.4). Przeważające kierunki, z których wiały silne wiatry typowe dla poszczególnych stacji zamieszczono w tabeli 10.2. Wiatry z kierunków zachodnich dominowały w Chojnowie, Krotoszynie i Zawadzkim. Wiatry południowe przeważały w Białowieży, Birczy i w Szklarskiej Porębie. Wiatry wiejące głównie z kierunków wschodnich rejestrowano w Łącku i w Strzałowie, a w pozostałych stacjach dominowały wiatry z południowego-zachodu i z północnego-wschodu (tab. 10.2, ryc. 10.4).

Najwyższą średnią dobową maksymalną prędkość wiatru (16,7 m/s) zarejestrowano 30 stycznia 2022 roku na stacji w Krotoszynie, natomiast najwyższą 10-minutową średnią maksymalną 40,6 m/s osiągnął wiatr 9 grudnia o godz. 19.30 na stacji w Kruczu.

Porównanie warunków termicznych i opadowych między latami 2015, 2018 - 2022.

Porównując warunki termiczne i opadowe od roku 2015, który był najcieplejszym rokiem od początku pomiarów na stacjach meteorologicznych Monitoringu Intensywnego z

rokiem 2021, który był z kolei najchłodniejszy w badanym okresie, z danymi roku 2022 wyraźnie widać, że średnia roczna temperatura roku 2022 układała się prawie na wszystkich stacjach pomiędzy wartościami z lat 2015 i 2021. Jedynie na dwóch stacjach, w Chojnowie i w Kruczu, średnie temperatury roczne były wyższe niż w roku 2015 (ryc. 10.5). Najwyższe wartości średnich temperatur okresu wegetacyjnego dla stacji w latach 2015, 2018-2022 wystąpiły w roku 2018, zaś temperatury roku 2022 były istotnie niższe i zbliżone do temperatur roku 2020 (ryc. 10.6). Temperatury maksymalne roku 2022 w są znacznie poniżej temperatur roku 2015 z wyjątkiem stacji w Szklarskiej Porębie i Chojnowie, lecz w porównaniu z latami 2018-2021 temperatury maksymalne roku 2022 są na większości stacji wyższe. (ryc. 10.7).

Rok 2022 pod względem opadów przedstawia się korzystniej w porównaniu z sumą opadów na większości stacji w latach 2015 i 2020, lecz jest uboższy w opady w porównaniu z latami 2018 i 2021. Na większości stacji wyższą sumą opadów charakteryzował się sezon wegetacyjny roku 2021, zaś oprócz stacji w Białowieży i Gdańsku opad sezonu wegetacyjnego na pozostałych stacjach w roku 2022 był niższy, a sumy dla poszczególnych stacji cechowały się znaczną zmiennością w porównaniu do pozostałych lat badanego okresu. Zarówno sumy opadów, jak i średnie temperatury powietrza na powierzchniach monitoringu intensywnego w roku 2022 wskazują na przeciętne warunki pogodowe na tle analizowanego pięciolecia (ryc. 10.5, 10.8).

Tabela 10.1. Średnie wartości miesięczne temperatury powietrza, wilgotności i promieniowania oraz miesięczne sumy opadów na SPO MI 2022 r.

Stacja	Miesiąc											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
	Temp. +2 m [°C]											
Białowieża-Czerlonka	-0,6	1,5	1,4	5,4	12,2	18,9	18,3	19,9	10,1	9,4	2,4	-1,6
Piwniczna-Andrzejówka	-2,8	0,6	1,5	4,8	13,0	17,8	17,4	18,4	10,7	9,2	2,5	-1,6
Bircza-Łodzinka	-1,3	1,8	2,3	5,8	14,0	18,9	19,1	19,6	11,8	11,3	3,6	0,2
Chojnów-Dobiesz	0,6	2,7	2,4	6,7	13,4	18,8	18,5	20,3	11,3	10,1	3,7	0,0
Gdańsk-Wyspowo	1,0	2,9	2,7	5,8	11,5	17,0	17,6	20,0	11,2	10,9	4,7	-0,1
Krotoszyn-Roszki	1,4	3,6	4,1	7,6	14,9	20,1	19,8	21,2	12,7	11,6	4,0	1,2
Krucz-Kruczlas	1,5	3,8	2,9	7,1	13,5	18,4	18,8	20,6	12,2	10,6	4,2	0,7
Łąck-Podgórze	0,8	2,9	2,7	7,0	13,4	18,5	18,5	20,3	11,4	10,4	3,9	0,3
Strzałowo-Krutyń	-0,2	1,5	1,8	6,0	11,6	17,5	18,0	20,3	10,4	9,4	2,8	-1,4
Suwałki-Hańcza	-0,5	1,1	1,5	5,5	10,9	17,5	17,7	19,9	10,3	9,8	2,8	-1,6
Sz. Poręba-Jakuszyce	-2,4	-0,9	-1,1	1,6	9,5	14,5	14,1	15,1	8,2	8,1	1,2	-2,6
Zawadzkie	0,7	3,4	2,8	6,2	14,7	19,2	19,3	19,7	12,2	11,3	4,1	0,8
Średnia	-0,1	2,1	2,1	5,8	12,7	18,1	18,1	19,6	11,0	10,2	3,3	-0,5

Tabela 10.1 cd

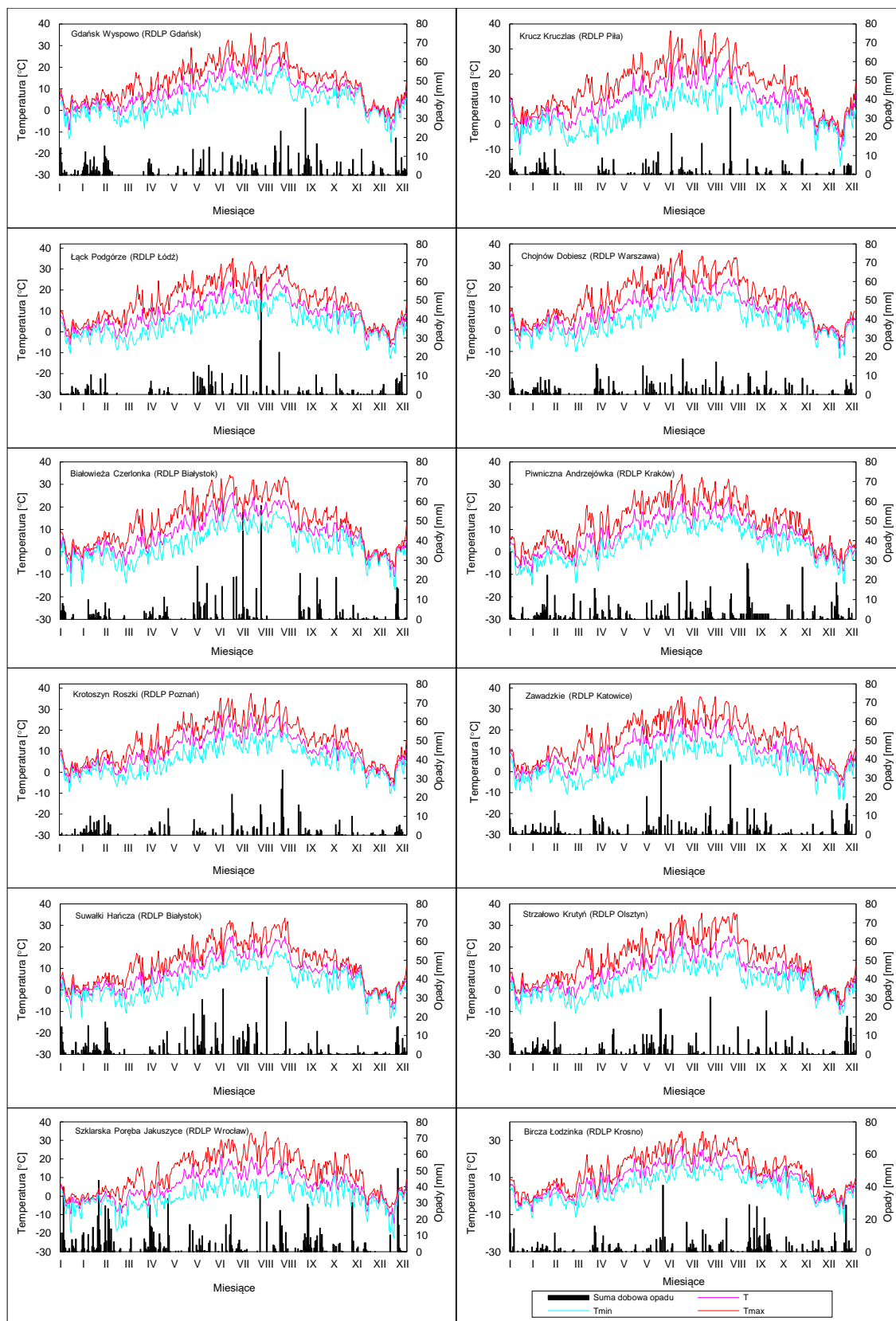
Stacja	Miesiąc											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
	Suma opadów [mm]											
Białowieża-Czerlonka	45,9	44,0	6,8	50,8	55,3	68,6	197,7	2,2	89,6	50,8	16,4	43,3
Piwniczna-Andrzejówka	61,3	86,1	51,0	58,5	30,7	42,6	90,5	41,8	125,4	20,5	47,3	69,1
Bircza-Łodzinka	46,4	36,9	24,9	54,3	15,1	82,5	79,2	47,3	162,7	43,8	31,1	75,5
Chojnów-Dobiesz	54,1	51,9	3,7	73,6	45,6	39,4	57,0	49,1	52,5	32,5	16,9	34,1
Gdańsk-Wyspowo	70,7	97,2	2,3	32,5	48,4	59,4	69,0	89,2	107,9	34,7	45,0	57,9
Krotoszyn-Roszki	23,5	72,0	1,5	45,3	21,5	12,7	75,8	94,4	44,3	21,8	15,6	31,1
Krucz-Kruczlas	42,4	67,2	0,0	34,6	23,6	58,5	44,3	52,2	23,3	24,2	16,8	34,4
Łąck-Podgórze	31,4	37,0	0,8	26,1	42,2	68,8	123,4	35,9	24,6	24,6	9,2	54,7
Strzałowo-Krutyń	66,9	71,8	5,4	48,5	61,7	100,7	62,4	29,3	40,5	40,3	16,3	79,5
Suwałki-Hańcza	73,2	78,1	3,9	41,7	105,3	101,7	123,9	64,6	27,8	13,6	12,8	59,0
Sz. Poręba-Jakuszyce	132,4	223,8	28,6	159,6	61,2	79,0	57,6	102,0	133,0	56,6	55,6	82,1
Zawadzkie	40,7	48,8	21,8	44,5	39,2	87,8	63,3	76,0	73,1	16,5	10,9	76,9
Średnia	57,4	76,2	12,6	55,8	45,8	66,8	87,0	57,0	75,4	31,7	24,5	58,1
	Wilgotność pow. +2 m [%]											
Białowieża-Czerlonka	85,6	81,9	61,6	76,6	63,9	68,8	75,0	73,7	82,5	88,1	92,1	91,0
Piwniczna-Andrzejówka	94,7	80,9	61,7	75,9	66,7	67,0	73,2	77,2	87,7	86,5	95,0	94,6
Bircza-Łodzinka	86,0	76,7	60,9	76,5	62,2	69,4	71,0	77,5	85,2	80,3	91,7	89,6
Chojnów-Dobiesz	91,0	84,7	63,8	74,4	65,9	74,9	77,7	81,9	85,5	92,4	94,9	95,8
Gdańsk-Wyspowo	94,4	89,4	70,5	74,0	73,9	74,9	79,8	81,1	90,2	93,3	97,2	98,7
Krotoszyn-Roszki	92,2	82,1	58,7	66,7	58,4	59,5	61,1	70,6	79,1	88,7	90,5	89,4
Krucz-Kruczlas	94,4	86,7	68,3	69,9	67,1	70,6	69,1	75,8	81,5	91,4	93,1	96,3
Łąck-Podgórze	95,6	90,2	68,7	74,4	73,6	81,8	81,8	85,9	86,9	93,3	95,1	97,4
Strzałowo-Krutyń	94,7	91,1	65,6	72,3	73,0	80,6	82,6	79,5	92,2	97,4	95,1	97,0
Suwałki-Hańcza	95,1	92,6	72,1	74,1	75,3	82,3	83,1	80,3	85,7	92,0	97,4	97,7
Sz. Poręba-Jakuszyce	98,2	90,3	70,9	86,9	79,1	79,0	79,3	85,4	92,8	92,2	96,5	97,6
Zawadzkie	89,9	80,2	61,2	76,0	63,0	71,6	71,8	79,7	87,2	86,3	92,7	92,6
Średnia	92,7	85,6	65,3	74,8	68,5	73,4	75,5	79,1	86,4	90,1	94,3	94,8
	Promieniowanie [W/m ²]											
Białowieża-Czerlonka	11,5	39,1	120,0	111,2	202,7	241,1	203,0	185,2	99,6	54,8	10,0	2,8
Piwniczna-Andrzejówka	7,3	47,9	116,3	115,1	202,6	225,2	194,9	168,6	93,7	83,2	23,6	5,4
Bircza-Łodzinka	19,9	42,6	92,8	88,8	173,5	199,9	176,3	133,9	68,1	61,0	19,0	9,9
Chojnów-Dobiesz	5,1	7,9	23,6	42,1	60,2	65,0	44,8	58,7	27,8	8,7	2,6	0,9
Gdańsk-Wyspowo	17,9	25,5	87,2	126,2	151,3	179,5	160,0	139,8	77,5	40,3	10,3	3,4
Krotoszyn-Roszki	12,3	32,2	104,5	147,5	223,9	250,1	223,9	186,6	115,4	55,6	16,5	8,8
Krucz-Kruczlas	16,2	43,9	109,1	119,3	156,8	176,3	168,6	144,1	91,6	56,2	19,2	8,1
Łąck-Podgórze	12,7	45,9	79,3	83,1	210,9	245,1	211,8	195,2	128,6	65,8	18,8	7,6
Strzałowo-Krutyń	4,5	10,4	56,0	114,0	168,7	251,5	207,7	129,0	78,6	39,6	12,9	4,6
Suwałki-Hańcza	18,4	48,7	113,9	136,7	191,9	231,9	211,9	187,9	101,0	52,4	27,8	2,5
Sz. Poręba-Jakuszyce	2,1	18,9	95,8	97,0	168,8	195,8	192,5	151,9	74,1	48,8	19,5	4,7
Zawadzkie	13,4	40,4	124,1	129,8	199,1	227,3	197,8	158,9	104,3	64,9	21,1	7,0
Średnia	11,8	33,6	93,6	109,2	175,9	207,4	182,8	153,3	88,3	52,6	16,8	5,5

Tabela 10.2. Procentowy udział pomiarów z wiatrem – stacje meteorologiczne na SPO MI –2022 r.

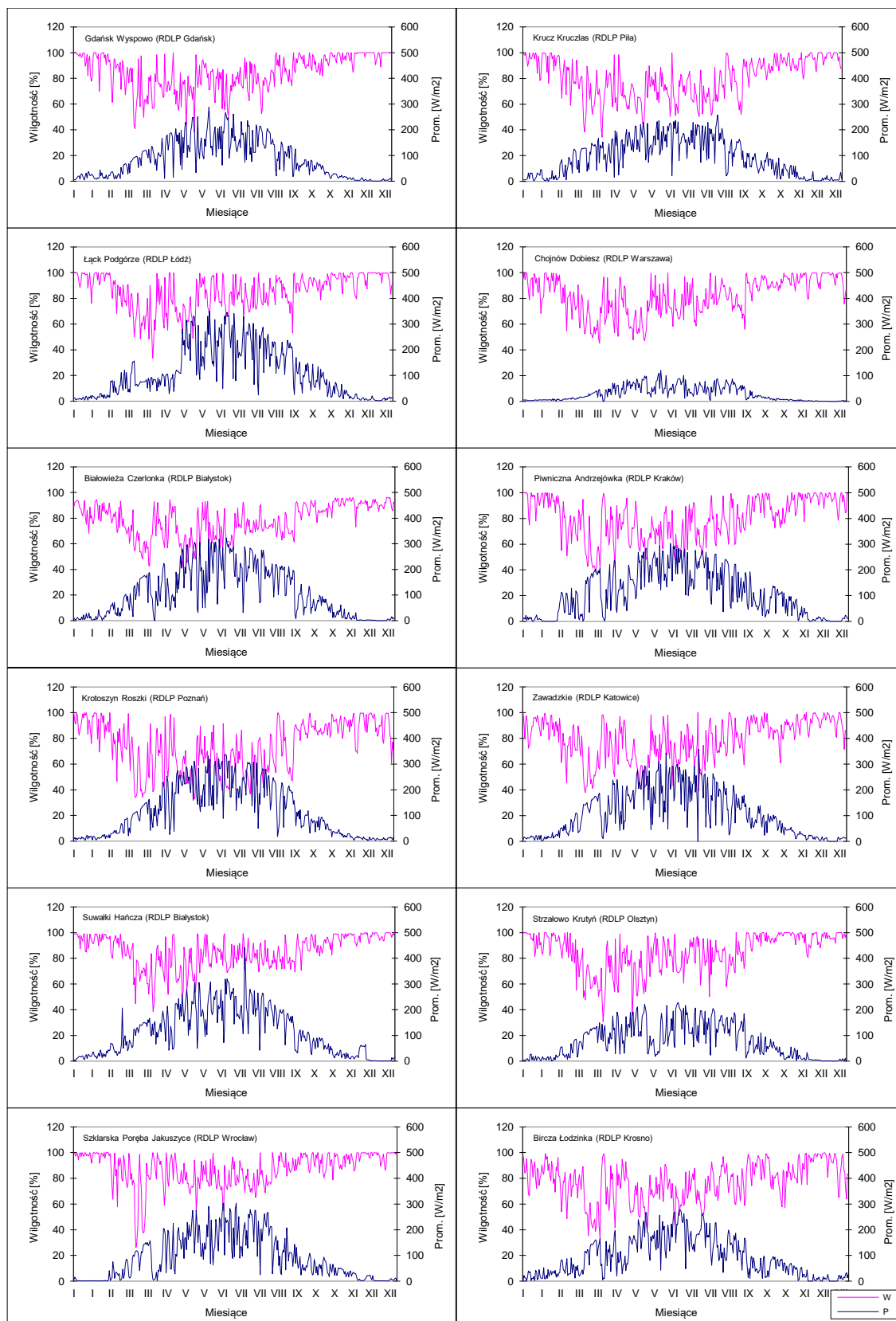
Stacja	Okres pomiarów	Liczba pomiarów		Dominujące kierunki wiatrów	
		ogółem	z wiatrem		%
Białowieża - Czerlonka	1.01-31.12.2022	52560	26901	51,1	NNE (6,2) S-SSW (5,6)
Piwniczna - Andrzejówka			35710	67,9	NE (23,6) SW (20,8)
Bircza-Łodzinka			51053	97,1	NW-NNW (28,6) SSW (18,5)
Chojnów-Dobiesz			26320	50,1	WNW(23,7) W-WNW (23,9)
Gdańsk-Wyspowo			42503	80,7	NW (12,6)
Krotoszyn-Roszki			33905	64,5	W-WSW (43,7) WSW (38,9)
Krucz-Kruczlas			39720	75,6	SW (9,2) SW-WSW (9,1)
Łąck-Podgórze			30138	57,3	ESE-SE (18,2)
Strzałowo-Krutyń			39286	74,7	ESE (14,4) WNW (11,8)
Suwałki-Hańcza			45442	86,5	NW (28,6)
Szklarska Poręba-Jakuszyce			37620	71,6	SW-SSW (26,5)
Zawadzkie			29531	56,2	W-WNW (14,7) W-WSW (13,2)

Tabela 10.3. Temperatury maksymalne oraz co najmniej 14 dniowe okresy bez opadów, bądź z minimalnymi opadami w sezonie wegetacyjnym na SPO MI w 2022 r.

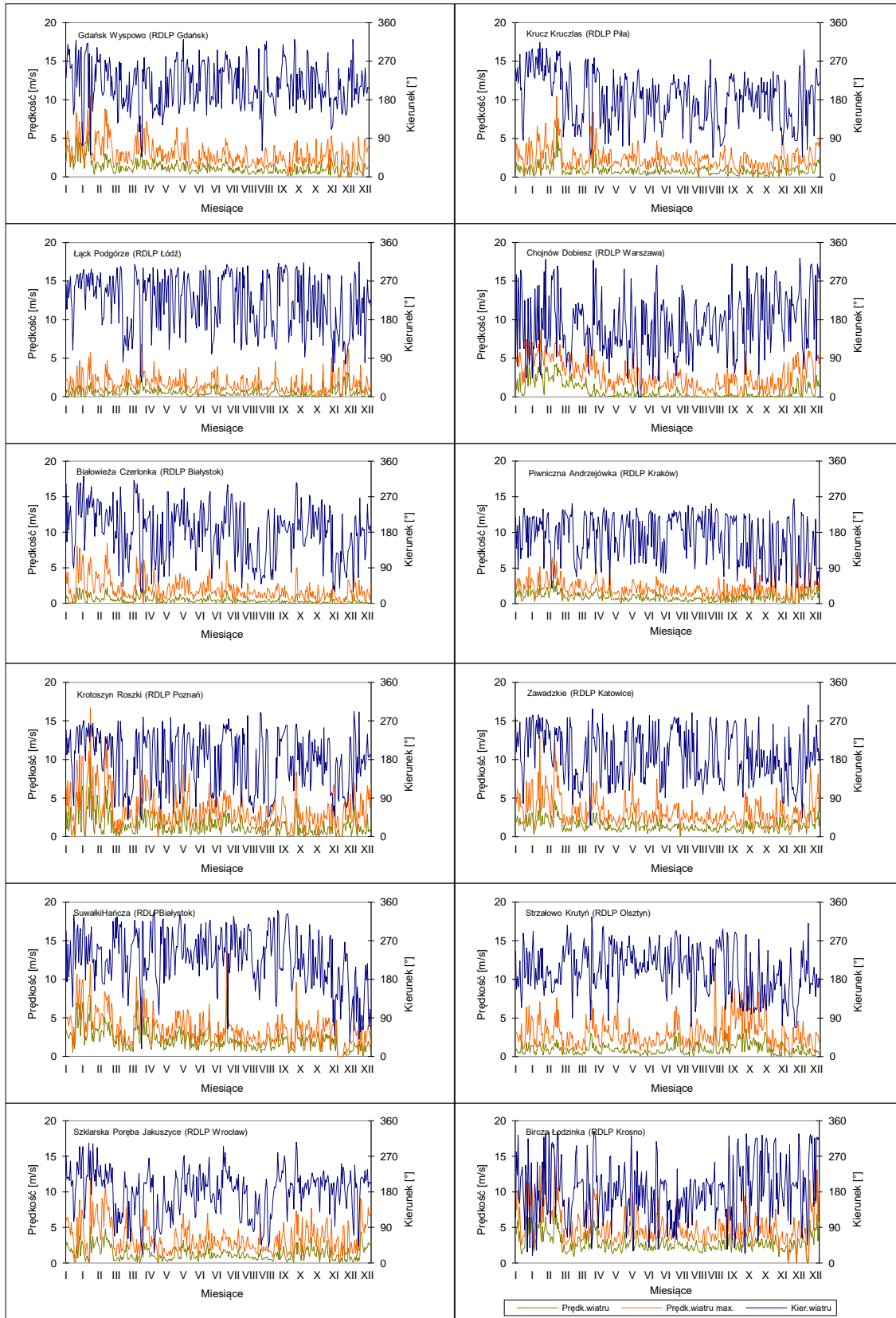
SPO MI	Data wystąpienia Tmax	Tmax [°C]	OKRESY MIN. 14 DNI Z OPADAMI < 5mm		
			Okres	Liczba dni posuchy	Opad [mm]
BIAŁOWIEŻA	2022-06-28	34,1	24.04-20.05	27	2,3
			01.08-08-09	39	2,2
			27.04-12.05	16	3,5
BIRCZA	2022-06-30	34,9	14-28.05	15	5,0
			21.06-05.07	15	5,0
			18.08-17.09	21	2,4
CHOJNÓW	2022-07-01	37,1	26.04-20.05	25	5,0
			15-28.08	14	2,9
GDAŃSK	2022-07-21	35,7	16.04-04.05	19	1,9
KROTOSZYN	2022-07-21	37,5	27.04-21.05	25	2,1
			25.08-08.09	15	3,5
			21.04-20.05	30	4,6
KRUCZ	2022-07-21	37,8	23.07-13.08	22	3,5
			23.08-07.09	16	0,4
			25.04-20.05	26	2,0
ŁĄCK	2022-07-01	35,1	20.08-07.09	19	4,1
PIWNICZNA	2022-07-01	34,5	05-24.05	20	4,2
STRZAŁOWO	2022-08-25	35,9	22.06-07.07	16	0,0
SUWAŁKI	2022-08-25	33,5	07-25.08	19	3,1
			27.08-11.09	16	4,6
SZKLARSKA POR.	2022-08-05	34,7	26.04-16.05	21	4,1
			10-29.07	20	4,6
ZAWADZKIE	2022-08-05	35,9	16-24.05	19	3,2
			02-18.08	17	4,9



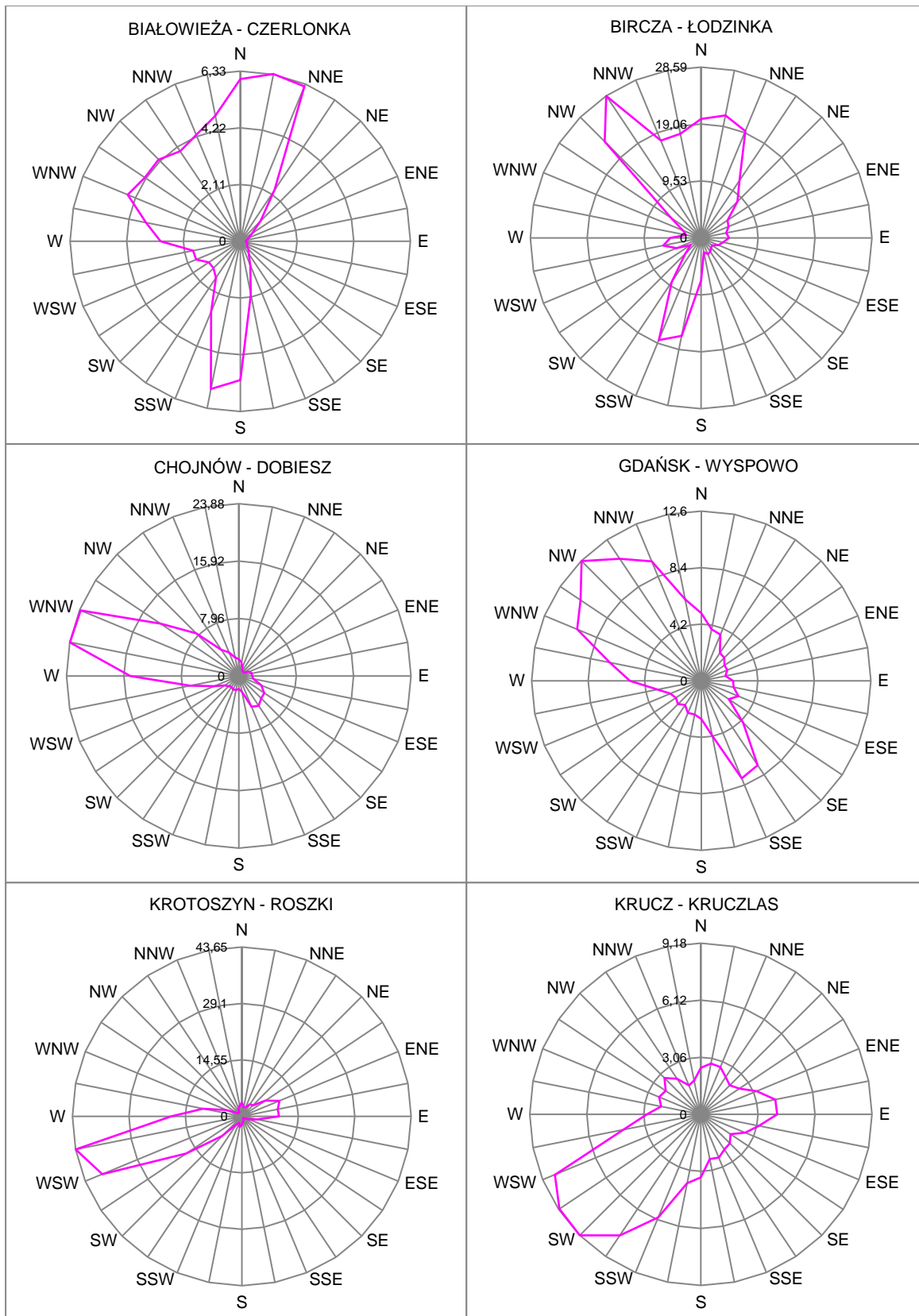
Rycina 10.1. Średnie dobowe i ekstremalne temperatury powietrza (na wys. 2 m nad ziemią) oraz dobowe sumy opadów atmosferycznych mierzone na stacjach meteorologicznych monitoringu lasu w 2022 r.



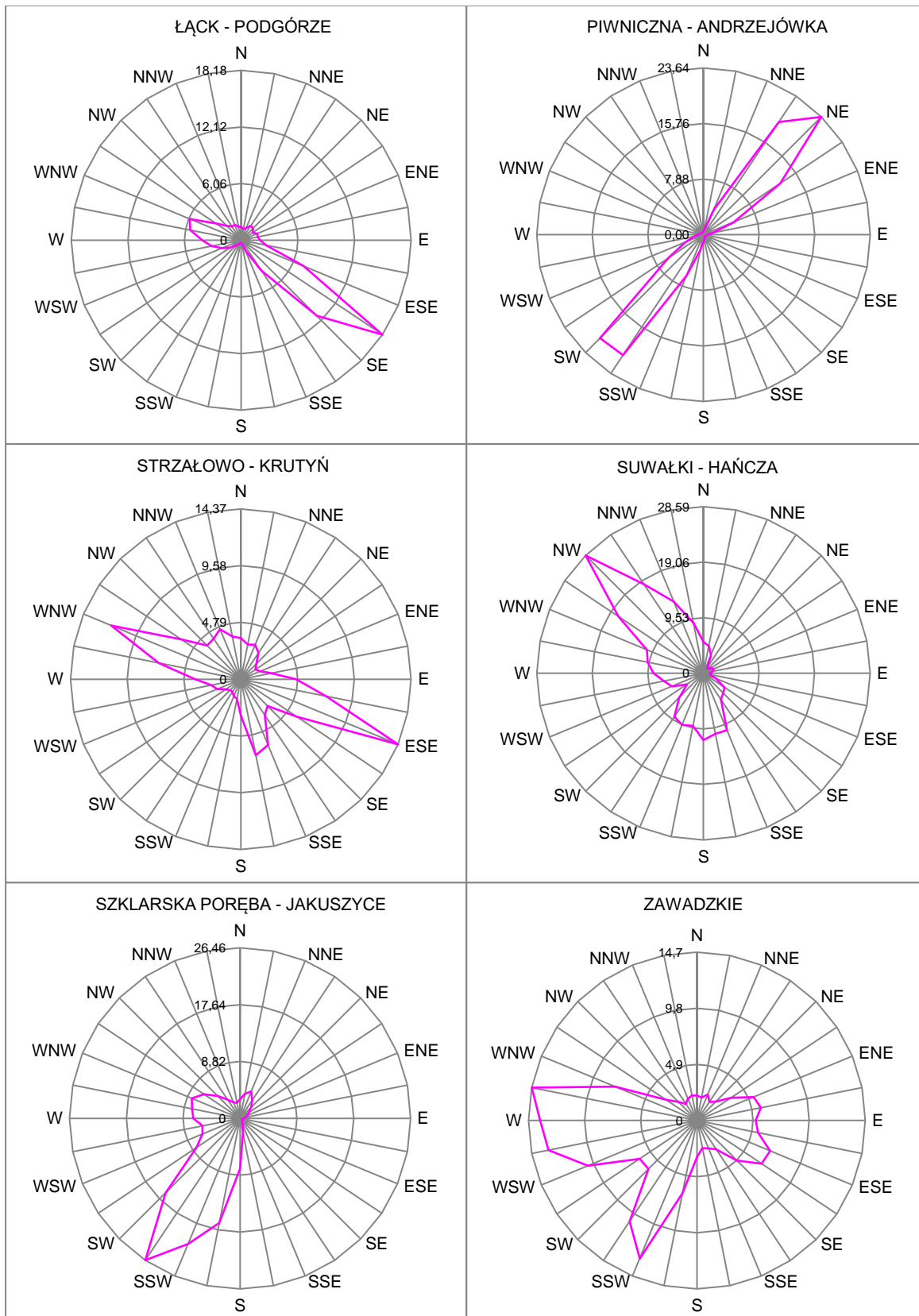
Rycina 10.2. Wilgotność względna powietrza na wysokości 2 m nad ziemią oraz całkowite promieniowanie padające, mierzone na SPO MI w 2022 r.



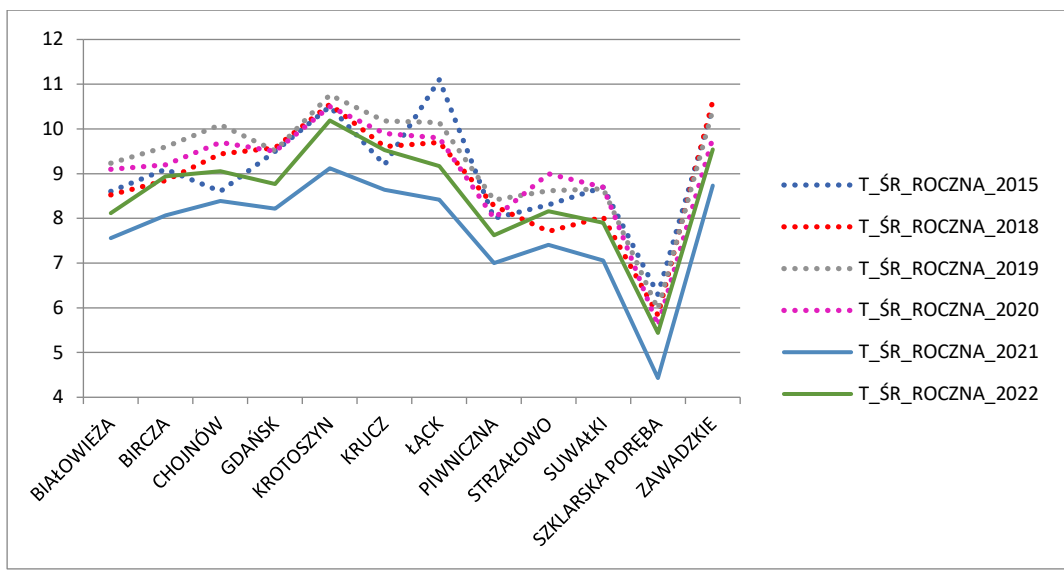
Rycina 10.3. Prędkość wiatru średnia dobowa i maksymalna oraz kierunek wiatru mierzone na SPO MI w 2022 r.



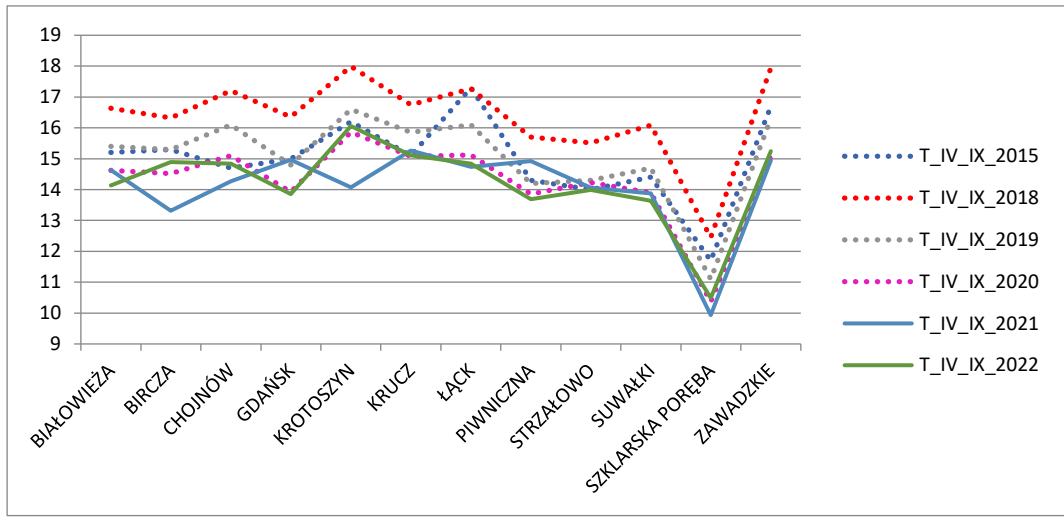
Rycina 10.4. Róża wiatrów mierzonych na SPO MI w roku 2022.



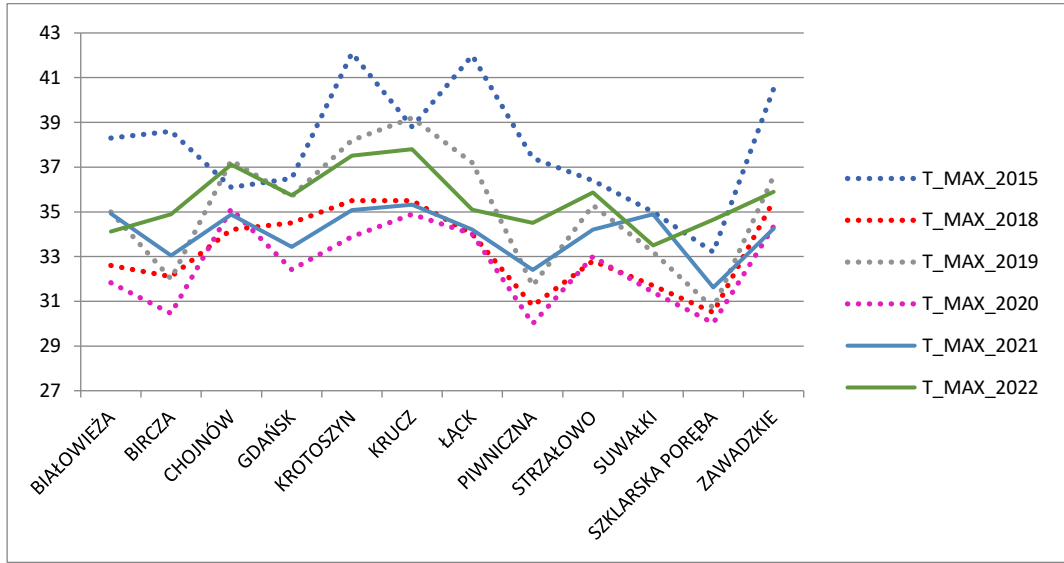
Ryc. 10.4 cd.



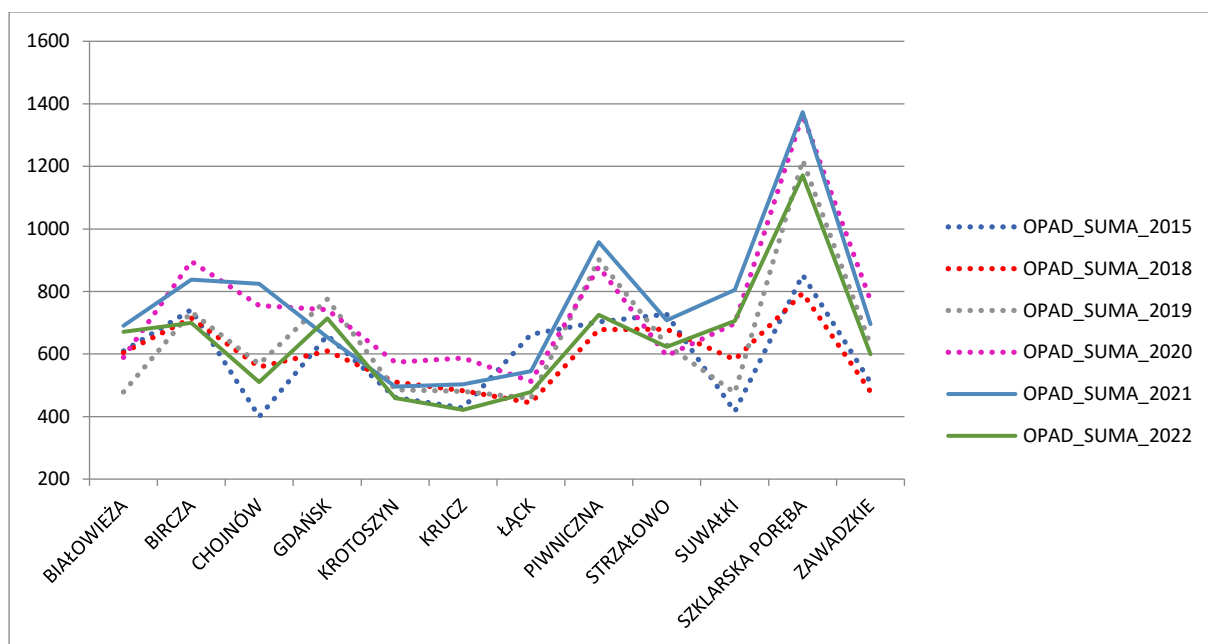
Rycina 10.5. Temperatury średnie roczne na SPO MI w latach 2015, 2018-2022



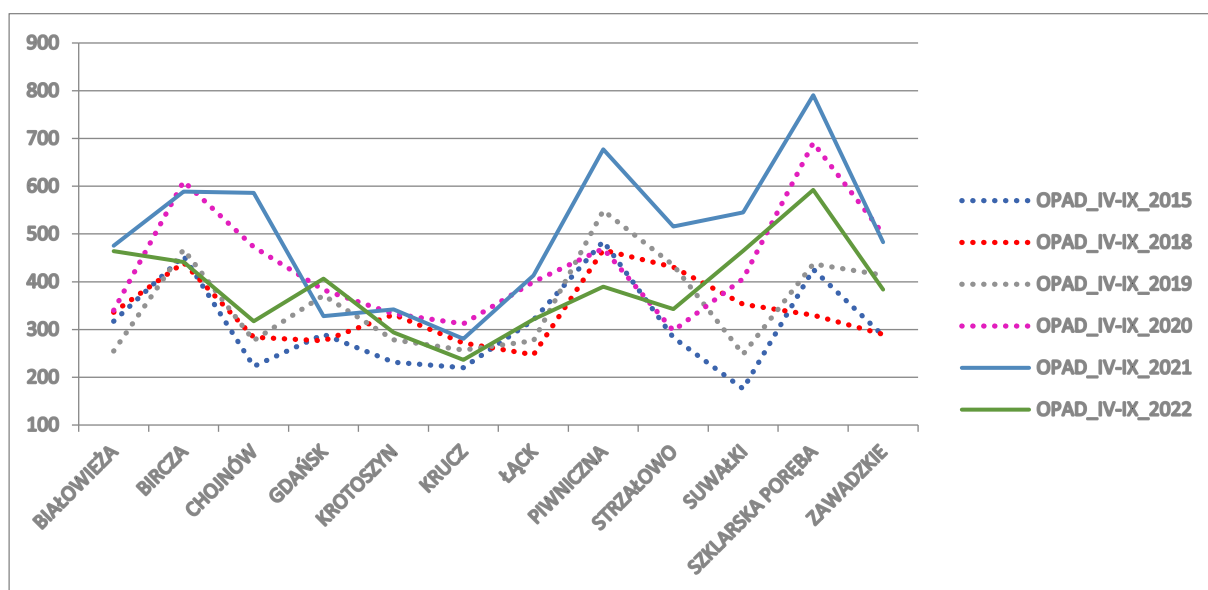
Rycina 10.6. Temperatury średnie okresu wegetacyjnego na SPO MI w latach 2015, 2018-2022



Rycina 10.7. Temperatury maksymalne na SPO MI w latach 2015, 2018-2022



Rycina 10.8. Sumy opadów rocznych na SPO MI w latach 2015, 2018-2022



Rycina 10.9. Sumy opadów okresu wegetacyjnego na SPO MI w latach 2015, 2018-2022

11. STEŻENIE NO₂ I SO₂ W POWIETRZU NA TERENACH LEŚNYCH – ANNA KOWALSKA

Zakwaszanie i eutrofizacja - dwa zjawiska niekorzystne dla ekosystemów - są skutkiem szkodliwego działania zanieczyszczeń powietrza na lasy. Według zaktualizowanych prognoz Centrum Zintegrowanych Szacunków Modelowych (CIAM) powstałych przy współpracy z Centrum Koordynacji Skutków Ładunków i Poziomów Krytycznych (CCE) w ramach Konwencji w sprawie Transgranicznego Zanieczyszczenia Powietrza na Dalekie Odległości – LRTAP (Posh i in., 2018), do 2030 roku zagrożenie ekosystemów leśnych zakwaszaniem powinno zmaleć przy pełnym wdrożeniu przepisów Dyrektywy w sprawie redukcji krajowych emisji niektórych rodzajów zanieczyszczeń atmosferycznych (tzw. Dyrektywy NEC). Przekroczenie ładunków krytycznych kwasowości będzie w tym okresie obejmować około 10% powierzchni ekosystemów lądowych Polski, głównie lasów. Eutrofizacja stanowić będzie nadal poważne zagrożenie, a przekroczenie ładunków krytycznych będzie dotyczyć połowy powierzchni ekosystemów kraju. Również na obszarach podlegających ochronie (np. Natura 2000) zagrożenie eutrofizacją dotknie 45% ich powierzchni, a zagrożenie zakwaszeniem – 8% (Posh i in. 2018).

Głównymi składnikami gazowymi powietrza odpowiedzialnymi za wymienione procesy są dwutlenek siarki i związki azotu. Są one emitowane do atmosfery z różnych źródeł. Do niedawna – gdy emisje antropogeniczne były nasilone - uważało się, że emisje naturalne (wybuchy wulkaniczne, rozkład biomasy, pożary, wyładowania atmosferyczne) dostarczały zaledwie ułamka ilości SO₂ i tlenków azotu (NO_x) w porównaniu z aktywnością człowieka (Colville 2004). Doniesienia z ostatniego okresu bazujące na inwentaryzacji źródeł i emisji metodami satelitarnymi wskazują, że np. w 2014 roku emisje gazów wulkanicznych wraz z erupcjami wulkanicznymi miały około 32% udziału (wobec 25% udziału dekadę wcześniej, w 2005 roku) w globalnej emisji dwutlenku siarki (Fioletov i in. 2016), wskutek tego, że wielkość emisji np. z elektrowni i kopalń znacząco zmalała. Pomimo redukcji emisji tlenków azotu w minionych latach, źródła antropogeniczne NO_x nadal w ogromnym stopniu dominują nad naturalnymi (Lin 2012, US. EPA 2018). Emisje troposferyczne NO_x szacowane metodą obserwacji satelitarnych w silnie zaludnionych obszarach miejskich maleją w ostatniej dekadzie przeważnie w Europie Zachodniej, pozostając na stałym poziomie w Europie Centralnej i Wschodniej (Fortems-Cheiney i in. 2021).

Według danych statystycznych w 2020 roku wyemitowano w Polsce do atmosfery 432 tys. ton dwutlenku siarki oraz 594 tys. ton tlenków azotu (wyrażone jako NO₂) (Mały Rocznik

Statystyczny Polski 2022 GUS 2022). Na przestrzeni 30 lat (1990-2020) emisje dwutlenku siarki zmniejszyły się o 84% a tlenków azotu o 47% (Krajowy bilans emisji... 2022). Głównymi źródłami tlenków azotu są obecnie transport (35% emisji), przemysł energetyczny (21% emisji) oraz inne sektory (m.in. emisja z gospodarstw domowych) (19%). Podstawowym i niemal wyłącznym źródłem emisji SO₂ jest spalanie paliw stałych, głównie węgla w źródłach stacjonarnych (Krajowy bilans emisji... 2022).

W zakres badań jakości powietrza na Stałych Powierzchniach Obserwacyjnych Monitoringu Intensywnego wchodzi oznaczenia stężeń głównych zanieczyszczeń gazowych: dwutlenku siarki i dwutlenku azotu metodą pasywną z użyciem próbników dyfuzyjnych typu Amaya, z trietanolaminą jako substancją aktywną (Krochmal i Kalina 1997a, 1997b). Próbniki ekspozowane są w cyklach miesięcznych na otwartych przestrzeniach przyleśnych. Roczne i sezonowe stężenia obliczane są jako średnie ważone długością okresów ekspozycji próbników. Średnie miesięczne stanowią średnią arytmetyczną z pomiarów trzech próbników ekspozowanych w tym samym okresie w jednej lokalizacji, po odrzuceniu wyników odstających i wątpliwych. Okres zimowy obejmował miesiące od października do marca, natomiast okres obejmujący pozostałe miesiące roku zdefiniowano jako sezon letni. W celu kontroli czystości stosowanych odczynników oraz wpływów środowiskowych w trakcie przechowywania i transportu próbników do badań analizowano w każdym miesiącu tzw. ślepe próby, tj. próbki nie ekspozowane. Wszystkie ślepe próby dostarczały wyników poniżej granic oznaczalności metody. Można zatem przyjąć, że warunki środowiskowe występujące w trakcie przygotowania próbników do badań, pobierania próbek oraz transportu i przechowywania przed badaniami nie zakłócały znacząco wyników badań.

Ze względu na charakter danych i potwierdzony testem Shapiro-Wilka brak zgodności z rozkładem normalnym dla stężeń zanieczyszczeń gazowych, w analizie statystycznej stosowano testy nieparametryczne dla potwierdzenia testowanych hipotez:

- ANOVA rang Kruskala-Wallisa, następnie wielokrotne porównanie średnich rang dla wartości miesięcznych w celu oceny różnic między powierzchniami pod względem stężeń poszczególnych gazów, tj. porównania powierzchni pod względem stężeń NO₂ i SO₂,

- test Manna-Whitneya do oceny różnic w stężeniu gazów między półroczem letnim i zimowym na poszczególnych powierzchniach.

Obliczenia statystyczne wykonano w pakiecie oprogramowania STATISTICA wersja 10 (StatSoft Inc. 2011).

11.1. Dwutlenek siarki

Średnie wartości stężeń dwutlenku siarki przedstawiono na rycinie 11.1. Podobnie jak w latach poprzednich, w grupie nadleśnictw zlokalizowanych w Polsce północno-wschodniej (Strzałowo, Białowieża, Suwałki i Gdańsk) występowały niskie średnie roczne stężenia dwutlenku siarki (poniżej $0,8 \mu\text{g m}^{-3}$). W Chojnowie, Kruczu, Piwnicznej, Szklarskiej Porębie i Krotoszynie średnio w ciągu roku stężenie SO_2 wynosiło od 1,0 do $1,4 \mu\text{g m}^{-3}$. Wyższe stężenie średnio rocznie notowano w nadleśnictwach Łąck, Bircza i Zawadzkie odpowiednio $1,5 \mu\text{g m}^{-3}$, $1,5 \mu\text{g m}^{-3}$ i $2,0 \mu\text{g m}^{-3}$. Stężenia na tych powierzchniach były istotnie wyższe niż na powierzchniach, gdzie notowano najniższe poziomy SO_2 , tj. w Suwałkach, Strzałowie i Białowieży ($p \leq 0,05$, test Kruskala-Wallisa z wielokrotnym porównaniem średnich rang, Tab. 11.2).

Średnie roczne stężenia SO_2 porównano z danymi dla roku 2021. Najbardziej znaczącą zmianę zanotowano w Gdańsku i Łącku, gdzie stężenie w 2022 roku spadło odpowiednio o 37% i 14% w porównaniu do wartości z roku poprzedniego po wzrostach obserwowanych w roku 2021 oraz w Białowieży i Suwałkach, gdzie zmalało odpowiednio o 18% i 12%. Na pozostałych powierzchniach stężenia SO_2 stanowiły od 91 do 108% wartości notowanych w roku 2021. Spadki stężeń zanotowano na dziewięciu z dwunastu SPO MI, wzrosty na dwóch SPO MI, a w Zawadzkiem poziom stężenia SO_2 nie uległ znaczącej zmianie.

Niskie stężenia SO_2 w nadleśnictwach Polski północno-wschodniej wynikają m.in. z warunków demograficznych i stopnia uprzemysłowienia regionów. Województwa podlaskie i warmińsko-mazurskie mają najniższą w kraju gęstość zaludnienia oraz niską emisję gazowych zanieczyszczeń powietrza, w tym emisję dwutlenku siarki z zakładów szczególnie uciążliwych dla jakości powietrza (Rocznik Statystyczny Województw 2022), co znajduje odzwierciedlenie w jakości powietrza w lasach.

Miesięczne stężenia SO_2 na SPO MI mieściły się w przedziale $0,1\text{--}5,4 \mu\text{g m}^{-3}$. Rozkład stężeń w kolejnych miesiącach roku (ryc. 11.2) wykazuje niewielkie różnice między miesiącami okresu zimowego (szczególnie październik, listopad, styczeń) a letniego (od kwietnia do września), wynikające z różnic temperatury i użycia paliw grzewczych emitujących związki siarki w chłodnej porze roku. W okresie zimowym podwyższone stężenia SO_2 występowały przeważnie w marcu i grudniu (mediana odpowiednio $1,8 \mu\text{g m}^{-3}$ i $1,5 \mu\text{g m}^{-3}$), przy średnich stężeniach miesięcznych w całym okresie od października do marca między $0,3 \mu\text{g m}^{-3}$ a $3,5 \mu\text{g m}^{-3}$ i medianie dla okresu zimowego wynoszącej $1,1 \mu\text{g m}^{-3}$.

W miesiącach letnich od kwietnia do września wartości miesięczne minimalne wynosiły $0,4 \mu\text{g m}^{-3}$, maksymalne $2,4 \mu\text{g m}^{-3}$, a mediana dla okresu $0,9 \mu\text{g m}^{-3}$.

Wzorem lat poprzednich, z wyjątkiem roku 2019, zaobserwowano zależność między stężeniami SO_2 a średnią temperaturą powietrza.

Rozkład miesięcznych stężeń SO_2 na powierzchniach SPO MI przedstawiono na rycinie 11.3.

Według średnich za okres zimowy stężenia układały się w porządku malejącym dla nadleśnictw:

Zawadzkie > Bircza, > Krotoszyn > Łąck > Piwniczna > Szklarska Poręba, Chojnów > Krucz > Gdańsk, Suwałki, Białowieża > Strzałowo.

Średnie sezonu letniego układały się w porządku malejącym:

Zawadzkie > Łąck > Bircza, Krotoszyn, Szklarska Poręba, Krucz > Piwniczna, Chojnów > Gdańsk, Strzałowo > Suwałki, Białowieża.

Mediany stężeń miesięcznych okresów w sezonach letnich i zimowych nie różniły się dla SPO MI (tab.11.1).

Obwieszczenie Ministra Klimatu i Środowiska z dnia 12 kwietnia 2021 r. (Dz. U. z dn. 5 maja 2021 r., poz. 845) ustala poziom dopuszczalny SO_2 ze względu na ochronę roślin dla roku kalendarzowego i pory zimowej (okres od 1 października do 31 marca) na poziomie $20 \mu\text{g m}^{-3}$. Średnie roczne stężenia SO_2 na SPO MI zawierały się w granicach $0,63 - 1,96 \mu\text{g m}^{-3}$, co stanowiło od 3 do 10% wartości dopuszczalnej. W porze zimowej zakres stężeń wynosił od $0,60 \mu\text{g m}^{-3}$ do $2,27 \mu\text{g m}^{-3}$, tj. od 3 do 11% wartości dopuszczalnej, nie stwierdzono zatem stężeń stwarzających bezpośrednie zagrożenie dla ochrony roślin.

11.2. Dwutlenek azotu

Średnie wartości stężeń dwutlenku azotu na SPO MI przedstawiono na rycinie 11.4. Po okresie spadków stężeń w roku 2019 i 2020, nastąpił widoczny wzrost (o 8 - 24%) Na trzech powierzchniach (Białowieża, Szklarska Poręba i Piwniczna,) nastąpił wzrost stężeń o 4% - 15% w stosunku do roku 2021, na pozostałych pięciu był niewielki spadek stężeń (od 3 do 14%), natomiast w Gdańsku, Strzałowie, Krotoszynie i Birczy nie nastąpiły istotne zmiany. W 2022 roku średnie roczne stężenia NO_2 stanowiły od 86 do 115% wartości z roku 2021.

Powierzchnie SPO MI istotnie różniły się pod względem stężeń NO_2 . Szereg istotnych różnic wystąpił pomiędzy stężeniami NO_2 w grupie powierzchni o wysokim zanieczyszczeniu tlenkami azotu: Chojnowie, Łącku i Krotoszynie (rejony Polski centralnej i zachodniej), a

stężeniami na powierzchniach zlokalizowanych w rejonach północno-wschodnich (Strzałowo, Białowieża, Gdańsk, Suwałki) i w górach (Piwniczna, Bircza, Szklarska Poręba), gdzie zanieczyszczenia były niższe (tab. 11.2). Podobnie jak w poprzednich latach badań, w nadleśnictwach Polski północnej i północno-wschodniej: Białowieża ($3,2 \mu\text{g m}^{-3} \text{rok}^{-1}$), Strzałowo ($3,3 \mu\text{g m}^{-3} \text{rok}^{-1}$), Suwałki ($3,7 \mu\text{g m}^{-3} \text{rok}^{-1}$) i Gdańsk ($3,9 \mu\text{g m}^{-3} \text{rok}^{-1}$), a także w rejonach podgórskich i górskich: Piwniczna i Bircza (odpowiednio $3,7$ i $3,9 \mu\text{g m}^{-3} \text{rok}^{-1}$) oraz Szklarska Poręba ($3,8 \mu\text{g m}^{-3} \text{rok}^{-1}$) występowały średnio roczne niższe stężenia NO_2 niż w Chojnowie, Łącku i Krotoszynie (od $7,1$ do $10,4 \mu\text{g m}^{-3} \text{rok}^{-1}$).

Podobnie jak w poprzednich latach najwyższe średnie roczne stężenia NO_2 występowały w rejonach Polski centralnej: w Chojnowie ($10,4 \mu\text{g m}^{-3}$) i Łącku ($7,6 \mu\text{g m}^{-3}$) oraz Polski zachodniej w Krotoszynie ($7,1 \mu\text{g m}^{-3}$) i południowej w Zawadzkiem ($6,7 \mu\text{g m}^{-3}$). Punkt pomiarowy w Chojnowie jest zlokalizowany w pobliżu drogi wojewódzkiej nr 873 i drogi krajowej nr 79, w odległości około 20 km w kierunku południowym od aglomeracji warszawskiej, stąd poziom stężeń NO_2 może wynikać z dużego natężenia ruchu drogowego. Powierzchnia w Łącku usytuowana jest w odległości około 4–5 km w kierunku południowo-zachodnim od Płocka, dużego ośrodka przemysłu rafineryjnego. Drugim potencjalnym źródłem zanieczyszczeń powietrza jest ruch samochodowy na drodze krajowej nr 60, przebiegającej w odległości około 800 m w kierunku południowym od powierzchni. Kolejna powierzchnia o wysokim poziomie stężeń NO_2 położona jest w Nadleśnictwie Zawadzkie na Górnym Śląsku, w rejonie o największej w skali kraju gęstości zaludnienia oraz wysokiej urbanizacji i uprzemysłowieniu. Choć do wielkości emisji tlenków azotu (NO_x) przyczyniają się głównie procesy spalania paliw, znaczącym źródłem NO_x w powietrzu może być również emisja z gleb (Fowler i in. 2015). W Wielkopolsce, gdzie całkowite zużycie mineralnych nawozów azotowych oraz zużycie nawozów mineralnych należy do najwyższych w Polsce oraz przy intensywnej produkcji zwierzęcej (Rocznik Statystyczny Rolnictwa GUS 2022), wysokie stężenia NO_2 na terenach Nadleśnictwa Krotoszyn można tłumaczyć emisją z gleb, wtórnymi procesami utleniania w powietrzu amoniaku pochodzenia rolniczego oraz natężeniem procesów spalania w sektorze rolniczym oprócz lokalnych źródeł przemysłowych.

Średnie miesięczne stężenia dwutlenku azotu wahały się w granicach od $1,2$ do $13,1 \mu\text{g m}^{-3}$ i wykazywały sezonowość. Na większości powierzchni obserwowano istotną ($p \leq 0,05$) ujemną zależność stężenia NO_2 i temperatury: ze spadkiem temperatury wzrastało średnie miesięczne stężenie NO_2 .

Najwyższe miesięczne stężenie NO₂ zanotowano w grudniu w Chojnowie (13,1 μg m⁻³ m-c⁻¹) i nieco niższe w Zawadzkim, Łącku i Krotoszynie (11,8 – 12,5 μg m⁻³ m-c⁻¹) (ryc. 11.5, 11.6).

Stężenia niższe niż 3 μg m⁻³ m-c⁻¹ występowały przeważnie między kwietniem a sierpniem w Strzałowie i Białowieży w Polsce północno-wschodniej oraz w rejonach górskich w Piwnicznej, Birczy i Szklarskiej Porębie. Istotne różnice między medianami miesięcznych stężeń dla okresów letnich i zimowych wystąpiły na niemal wszystkich powierzchniach, z wyjątkiem Krotoszyna i Chojnowa (tab. 11.1).

Średnie stężenia NO₂ w sezonie letnim (kwiecień – wrzesień) układały się w porządku malejącym dla nadleśnictw:

Chojnów > Krotoszyn > Łąck > Zawadzkie > Krucz > Gdańsk > Suwałki > Bircza > Szklarska Poręba > Piwniczna > Białowieża, Strzałowo.

Stężenia średnie dla okresu zimowego (styczeń-marzec i październik-grudzień) były od 1,2 do 2,3 razy wyższe niż dla okresu letniego. Układały się w porządku malejącym:

Chojnów > Łąck > Zawadzkie > Krotoszyn > Krucz > Gdańsk > Szklarska Poręba > Bircza > Piwniczna > Suwałki, Strzałowo > Białowieża.

Średnie wartości stężeń NO₂ wynosiły w roku 2022 od 3,2 do 10,4 μg · m⁻³ rok⁻¹, tj. odpowiednio od 11 do 35% wartości dopuszczalnej poziomu tlenków azotu. Wartość dopuszczalna została określona dla tlenków azotu Obwieszczeniem Ministra Klimatu i Środowiska z dnia 12 kwietnia 2021 r. (Dz. U. z dn. 5 maja 2021 r., poz. 845) dla roku kalendarzowego ze względu na ochronę roślin na poziomie 30 μg m⁻³.

11.3. Depozycja gazowych związków siarki i azotu

Na podstawie średnich stężeń rocznych i sezonowych oszacowano ładunek N i S, jaki był deponowany na SPO MI w 2022 roku (ryc. 11.7). Obliczenia wykonano przyjmując za Thimonier i in. (2005), że prędkość osadzania SO₂ dla powierzchni leśnych wynosi 8 mm s⁻¹, zaś za Rihm (1996), że prędkość osadzania NO₂ dla drzewostanów liściastych wynosi 3 mm s⁻¹ i 4 mm s⁻¹ dla drzewostanów iglastych.

Gazowa depozycja siarki wyniosła w nadleśnictwach Polski północno-wschodniej: Strzałowie, Białowieży, Suwałkach i Gdańsku od 0,8 do 1,0 kg S · ha⁻¹ rok⁻¹. W Polsce centralnej w Chojnowie oraz w Wielkopolsce w Kruczu wynosiła 1,3 - 1,4 kg S ha⁻¹ rok⁻¹, w Sudetach w Szklarskiej Porębie, i w Beskidzie w Piwnicznej wynosiła 1,4 - 1,6 kg S ha⁻¹ rok⁻¹,

oraz w Wielkopolsce w Krotoszynie $1,7 \text{ kg S ha}^{-1} \text{ rok}^{-1}$, w Łącku $1,8 \text{ kg S ha}^{-1} \text{ rok}^{-1}$, w Birczy $1,9 \text{ kg S ha}^{-1} \text{ rok}^{-1}$, a w Zawadzkiem $2,5 \text{ kg S ha}^{-1} \text{ rok}^{-1}$.

Najmniejszą depozycję azotu – około $1,1\text{-}1,2 \text{ kg ha}^{-1} \text{ rok}^{-1}$ – odnotowano w Birczy, w rejonie podkarpackim oraz w Białowieży w Polsce północno-wschodniej. Niskie ilości – od $1,3$ do $1,5 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ rok}^{-1}$ – zostały odnotowane w nadleśnictwach położonych w Polsce północnej i północno-wschodniej: Strzałowie, Suwałkach i Gdańsku oraz w Karpatach w Piwnicznej i Sudetach w Szklarskiej Porębie. Pośrednie ilości – od $2,0$ do $2,2 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ rok}^{-1}$ – otrzymały powierzchnie w Kruczu, Krotoszynie i Łącku. W Zawadzkiem depozycja N wyniosła $2,6 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ rok}^{-1}$, a najwyższa była w Chojnowie: $4,0 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ rok}^{-1}$.

Od 54 do 70% depozycji N oraz od 48 do 62% depozycji S przypadało na okres zimowy.

11.4. Podsumowanie

Wśród powierzchni monitoringu intensywnego można wyodrębnić trzy grupy różniące się sumarycznym obciążeniem zanieczyszczeniami gazowymi. Łączna depozycja siarki i azotu z atmosfery jest niska w nadleśnictwach Polski północnej i północno-wschodniej, tj. w Białowieży, Gdańsku, Strzałowie i Suwałkach ($2,1\text{-}2,3 \text{ kg N+S ha}^{-1} \text{ rok}^{-1}$). Według danych GUS, emisja w ilościach bezwzględnych dwutlenku siarki i tlenków azotu z zakładów szczególnie uciążliwych w województwach podlaskim i warmińsko-mazurskim należy do najniższych w skali kraju (Rocznik Statystyczny Województw GUS 2022). Antropopresja wywoływana głównie przez źródła rolnicze i rozproszone lokalne nie jest tak dużym obciążeniem dla ekosystemów leśnych jak w innych rejonach kraju. W województwie pomorskim, gdzie położona jest SPO MI Gdańsk, emisje gazowych zanieczyszczeń powietrza również należą do niższych w kraju. Pomimo względnej bliskości aglomeracji trójmiejskiej (ok. 10 km od SPO) wpływ urbanizacji na stan powietrza na powierzchni w Nadleśnictwie Gdańsk jest umiarkowany. Wyniki prac modelowych prowadzonych w ramach CLRTAP (Slootweg i in. 2014,) wskazują, że narażenie północnych rejonów Polski na przekroczenia ładunków krytycznych kwasowości i eutrofizacji jest niewielkie.

Powierzchnie zlokalizowane w górach i na pogórzu: Szklarska Poręba, Piwniczna i Bircza wyróżniają się dość niskimi wartościami sumarycznej depozycji N-NO₂ i S-SO₂ ($2,8\text{-}3,0 \text{ kg N+S ha}^{-1} \text{ rok}^{-1}$). W województwie podkarpackim, na terenie którego położona jest SPO MI Bircza, ogólna emisja SO₂ i NO_x z zakładów szczególnie uciążliwych jest co najmniej kilkukrotnie niższa niż w województwach mazowieckim, wielkopolskim i opolskim, gdzie zlokalizowane są SPO MI z grupy o wyższym poziomie zanieczyszczeń (Rocznik statystyczny województw 2022). Stosunkowo wysokiej – na tle innych SPO MI – depozycji SO₂ w Birczy

towarzyszyła szczególnie niska depozycja NO₂. Wysoka lesistość (powyżej 60%), małe zaludnienie i niski współczynnik urbanizacji na Podkarpaciu są prawdopodobnymi przyczynami ogólnie niskiego sumarycznego poziomu zanieczyszczeń gazowych, co było obserwowane na powierzchni w Birczy również w latach poprzednich.

W Wielkopolsce: w Kruczu i Krotoszynie obciążenie sumarycznym ładunkiem zanieczyszczeń gazowych było pośrednie i wyniosło odpowiednio 3,3 i 3,7 kg N+S ha⁻¹.

Depozycja gazowa pozostała na zbliżonym poziomie jak w roku 2021 na większości SPO MI, z wyjątkiem Gdańska i Suwałk, gdzie zmalała odpowiednio o 19% i 13% i Birczy, gdzie wzrosła o 5%.

W Łącku depozycja wyniosła 4,0 kg N+S ha⁻¹.

Od lat najbardziej obciążone zanieczyszczeniami atmosferycznymi są SPO MI w Chojnowie i Zawadzkiem. W roku 2022 depozycja wynosiła tam 5,0 - 5,3 kg N+S ha⁻¹. W Chojnowie za wysoki depozyt gazowy (N-NO₂ + S-SO₂) odpowiadają głównie zanieczyszczenia azotowe, osiągające najwyższy poziom spośród badanych SPO MI. Przyczyną wysokich stężeń zanieczyszczeń gazowych jest prawdopodobnie komunikacja samochodowa i sąsiedztwo Warszawy, która plasuje się w czołówce miast o dużym zagrożeniu środowiska emisjami. Powierzchnia w Zawadzkiem zlokalizowana jest na granicy województw opolskiego i śląskiego, w najgęściej zaludnionej części kraju, o wysokim wskaźniku urbanizacji i uprzemysłowieniu. Poziomy emisji według danych GUS należą na Śląsku do najwyższych w Polsce, ponadto są w skali kraju w niewielkim stopniu zatrzymane w urządzeniach do redukcji zanieczyszczeń, tj. 29,5% zatrzymanych zanieczyszczeń gazowych w 2021 roku w zestawieniu ze średnią dla Polski 73,5% (Rocznik statystyczny województw 2022).

Do rejonów Polski centralnej, na których depozycja gazowych zanieczyszczeń była pośrednia i wysoka, należą nadleśnictwa: Chojnów, Zawadzkie, Łąck, Krotoszyn i Krucz. Pokrywają się z obszarami, na których istnieje ryzyko przekroczeń ładunków krytycznych eutrofizacji i zakwaszenia. Przekroczenia ładunków oszacowane dla roku 2020 wskazują, że w tych rejonach kraju zagrożenie dla ekosystemów ze strony zanieczyszczeń powietrza siarką i azotem utrzymuje się nawet po wdrożeniu ustaleń zrewidowanego Protokołu z Göteborga (Slootweg i in. 2014, Geupel i in. 2022). Według scenariuszy dla roku 2030 przekroczenia ładunków krytycznych kwasowości nadal będą dotyczyć niektórych zachodnio-centralnych rejonów Polski (1-3% obszarów ekosystemów), natomiast zagrożenie eutrofizacją na dużym obszarze kraju nie zniknie nawet do 2050 roku, obejmując w zależności od scenariusza od 10% do 49% obszarów ekosystemów (Geupel i in. 2022).

LITERATURA:

- Colvile, R. N. (2004). Emisje, dyspersje i transformacje atmosferyczne. [W:] Zanieczyszczenie powietrza a życie roślin. Red.: Bell J.N.B, Treshow M., Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa, pp 29-50.
- Fioletov, V.E., McLinden, C.A., Krotkov, N., Li, C., Joiner, J., Theys, N, Carn, S., & Moran, M.D. (2016). A global catalogue of large SO₂ sources and emissions derived from the Ozone Monitoring Instrument. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 16, 11497–11519, doi:10.5194/acp-16-11497-2016.
- Fortems-Cheiney, A., Broquet, G., Pison, I., Saunois, M., Potier, E., Berchet, A., et al. (2021). Analysis of the anthropogenic and biogenic NO_x emissions over 2008–2017: Assessment of the trends in the 30 most populated urban areas in Europe. *Geophysical Research Letters*, 48, e2020GL092206. <https://doi.org/10.1029/2020GL092206>
- Fowler, D., Steadman, C. E., Stevenson, D., Coyle, M., Rees, R. M., Skiba, U. M., Sutton, M. A., Cape, J. N., Dore, A. J., Vieno, M., Simpson, D., Zaehle, S., Stocker, B. D., Rinaldi, M., Facchini, M. C., Flechard, C. R., Nemitz, E., Twigg, M., Erisman, J. W., Butterbach-Bahl, K., and J. N. Galloway (2015). Effects of global change during the 21st century on the nitrogen cycle. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 15, 13849–13893, doi:10.5194/acp-15-13849-2015.
- Geupel, M., Loran, C., Scheuschner, T., Wohlgemuth, L. (2022) CCE Status Report 2022. Coordination Centre for Effects (CCE), German Environment Agency, Dessau, Germany.
- Krajowy bilans emisji SO₂, NO_x, CO, NH₃, NMLZO, pyłów, metali ciężkich i TZO za lata 1990-2020. Raport syntetyczny (2022), Ministerstwo Klimatu. Instytut Ochrony Środowiska – Państwowy Instytut Badawczy, Krajowy Ośrodek Bilansowania i Zarządzania Emisjami, Warszawa. [dostęp: 21 maja 2023 r.] https://www.kobize.pl/uploads/materialy/materialy_do_pobrania/krajowa_inwentaryzacja_emisji/Bilans_emisji_za_2020.pdf
- Krochmal, D. & Kalina A. (1997a). Technical note. A method of nitrogen dioxide and sulphur dioxide determination in ambient air by use of passive samplers and ion chromatography. *Atmospheric Environment* 31(20): 3473–3479
- Krochmal, D. & Kalina, A. (1997b). Measurements of nitrogen dioxide and sulphur dioxide concentrations in urban and rural areas of Poland using a passive sampling method. *Environmental Pollution* 96(3): 401-7.
- Lin., J.-T. (2012) Satellite constraint for emissions of nitrogen oxides from anthropogenic, lightning and soil sources over East China on a high-resolution grid. *Atmospheric Chemistry and Physics* 12, 2881–2898, doi:10.5194/acp-12-2881-2012
- Mały Rocznik Statystyczny Polski 2022, Główny Urząd Statystyczny, Warszawa 2022 [dostęp: 31 maja 2023] https://stat.gov.pl/download/gfx/portalinformacyjny/pl/defaultaktualnosci/5515/1/24/1/maly_rocznik_statystyczny_polski_2022_12.07.2022.pdf
- Obwieszczenie Ministra Klimatu i Środowiska z dnia 12 kwietnia 2021 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu rozporządzenia Ministra Środowiska w sprawie poziomów niektórych substancji w powietrzu (Dziennik Ustaw z dn. 5 maja 2021 r., poz. 845).
- Posch, M., Sander, R., Schöpp, W. & Amann, M. The 2017 critical loads data: Differences to earlier estimates and implications for current and future ecosystems protections. CIAM Report 1/2018. [dostęp: 31 maja 2023]

https://previous.iiasa.ac.at/web/home/research/researchPrograms/air/policy/CIAM-2018_report.pdf

Rihm, B. (1996). Critical Loads of Nitrogen and their Exceedances. Eutrophying Atmospheric Deposition. Report on mapping critical loads of nutrient nitrogen for Switzerland, produced within the work programme under the Convention on Long- Range Transboundary Air Pollution of the United Nations Economic Commission for Europe (UN/ECE). Federal Office of Environment, Forests and Landscape (FOEFL), Berne, pp. 74.

Rocznik Statystyczny Rolnictwa 2022, Główny Urząd Statystyczny, Zakład Wydawnictw Statystycznych, Warszawa 2022 [dostęp: 31 maja 2023]
https://stat.gov.pl/download/gfx/portalinformacyjny/pl/defaultaktualnosci/5515/6/16/1/rocznik_statystyczny_rolnictwa_2022.pdf

Rocznik Statystyczny Województw 2022, Główny Urząd Statystyczny, Zakład Wydawnictw Statystycznych, Warszawa 2022 [dostęp: 31 maja 2023]
https://stat.gov.pl/download/gfx/portalinformacyjny/pl/defaultaktualnosci/5515/4/17/1/rocznik_statystyczny_wojewodztw_2022.pdf

Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 24 sierpnia 2012 r. w sprawie poziomów niektórych substancji w powietrzu. Dziennik Ustaw z dn. 18 września 2012, poz. 1031.

Slootweg, J., Posch, M., Hettelingh, J.-P., & Mathijssen, L. (Eds.) (2014). Modelling and Mapping impacts of atmospheric deposition on plant species diversity in Europe: CCE Status Report 2014, Coordination Centre for Effects, www.wge-cce.org

StatSoft, Inc. (2011). STATISTICA (data analysis software system), version 10.
www.statsoft.com.

Thimonier, A., Schmitt, M., Waldner, P., & Rihm, B. (2005). Atmospheric Deposition on Swiss Long-Term Forest Ecosystem Research (LWF) Plots. Environmental Monitoring and Assessment, 104(1-3), 81–118.

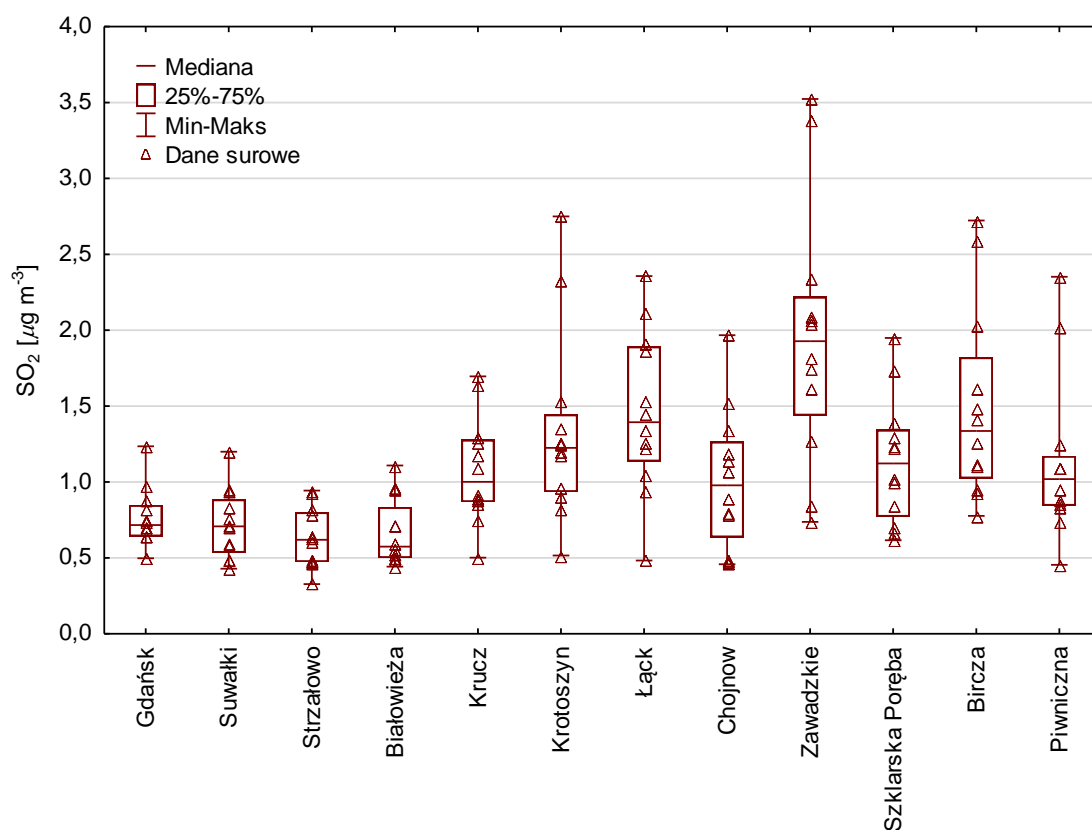
U.S. EPA. (2018). Data from the 2014 National Emissions Inventory, Version 2. Accessed 2018. <https://www.epa.gov/air-emissions-inventories/2014-national-emissions-inventory-nei-data>.

Tabela 11.1. Wyniki testu Manna Whitneya dla średniego stężenia SO₂ i NO₂ w miesiącach okresu letniego (N=6) i zimowego (N=6). Kursywą i pogrubioną czcionką zaznaczono istotne różnice (p≤0,05) między medianą okresu letniego i zimowego

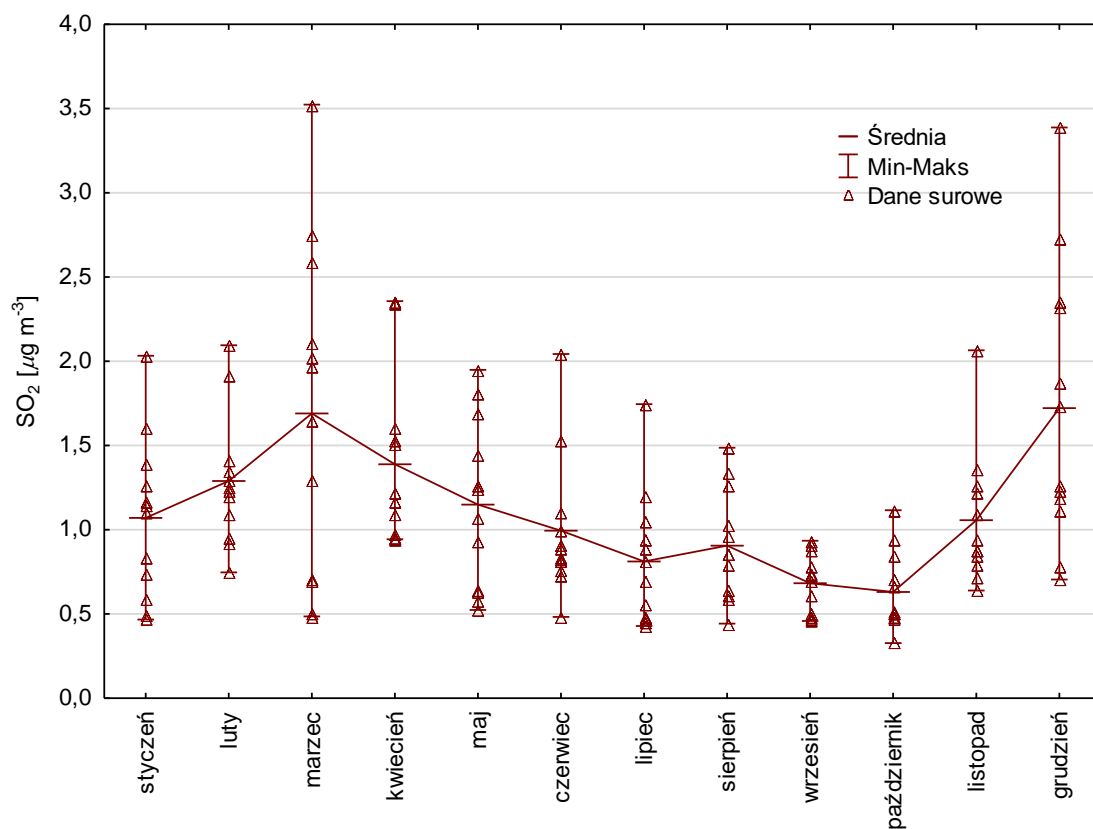
Nadleśnictwo	SO ₂		NO ₂	
	wartość statystyki U	p dla prób o małej liczebności	wartość statystyki U	p dla prób o małej liczebności
Gdańsk	17	0,9372	3	<i>0,0152</i>
Suwałki	11	0,3095	4	<i>0,0260</i>
Strzałowo	15	0,6991	2	<i>0,0087</i>
Białowieża	6	0,0649	0	<i>0,0022</i>
Krucz	17	0,9372	5	<i>0,0411</i>
Krotoszyn	12	0,3939	9	0,1797
Łąck	17	0,9372	0	<i>0,0022</i>
Chojnow	12	0,3939	8	0,1320
Zawadzkie	11	0,3095	0	<i>0,0022</i>
Szklarska Poręba	13	0,4848	2	<i>0,0087</i>
Bircza	6	0,0649	0	<i>0,0022</i>
Piwniczna	6	0,0649	0	<i>0,0022</i>

Tabela 11.2. Istotność różnic ($p \leq 0,05$) stężeń gazowych zanieczyszczeń powietrza między powierzchniami SPO MI. Wyniki testu ANOVA Kruskala-Wallis

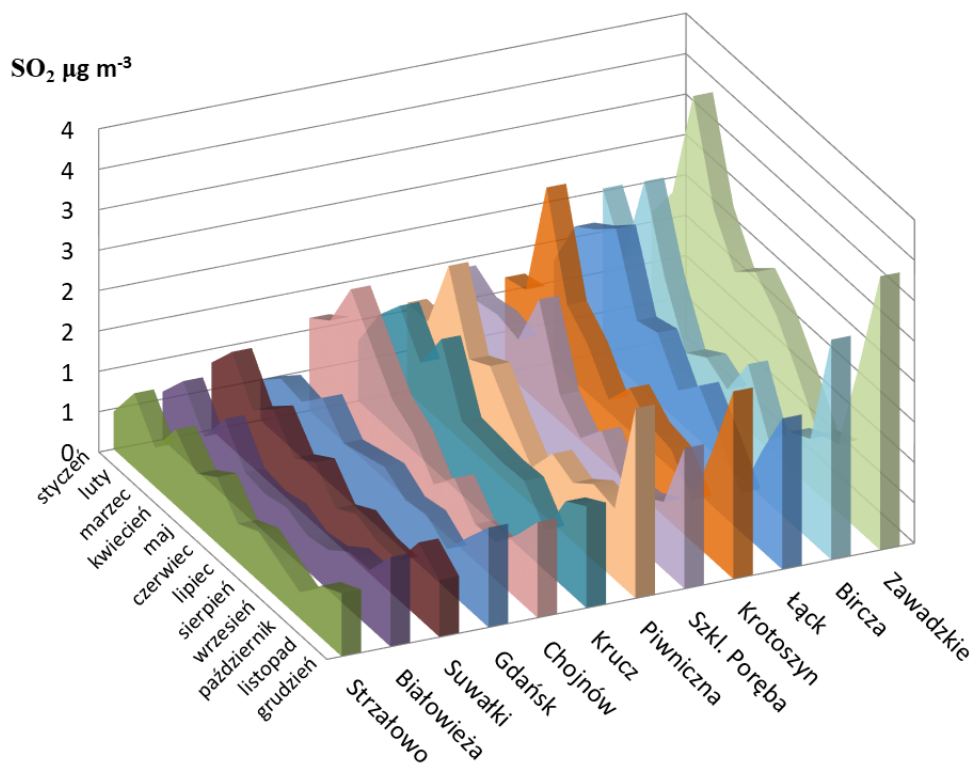
Test	NO ₂		SO ₂			
Kruskala-Wallis:	H (11, N=144) = 70,13 p =,0000	p dla porównań dwustronnych	H (11, N=144) = 62,71 p =,0000	p dla porównań dwustronnych		
	Chojnow	Gdańsk	0,0256	Krotoszyn	Strzałowo	0,0160
	Chojnow	Suwałki	0,0002	Łąck	Suwałki	0,0205
	Chojnow	Strzałowo	0,0000	Łąck	Strzałowo	0,0015
	Chojnow	Białowieża	0,0000	Łąck	Białowieża	0,0070
	Chojnow	Szklarska	0,0001			
		Poręba		Zawadzkie	Gdańsk	0,0019
	Chojnow	Bircza	0,0003	Zawadzkie	Suwałki	0,0006
	Chojnow	Piwniczna	0,0001	Zawadzkie	Strzałowo	0,0000
	Łąck	Strzałowo	0,0072	Zawadzkie	Białowieża	0,0002
	Łąck	Białowieża	0,0034	Bircza	Suwałki	0,0217
	Łąck	Szklarska	0,0276			
		Poręba		Bircza	Strzałowo	0,0016
	Łąck	Piwniczna	0,0326	Bircza	Białowieża	0,0075
	Krotoszyn	Strzałowo	0,0271			
	Krotoszyn	Białowieża	0,0135			



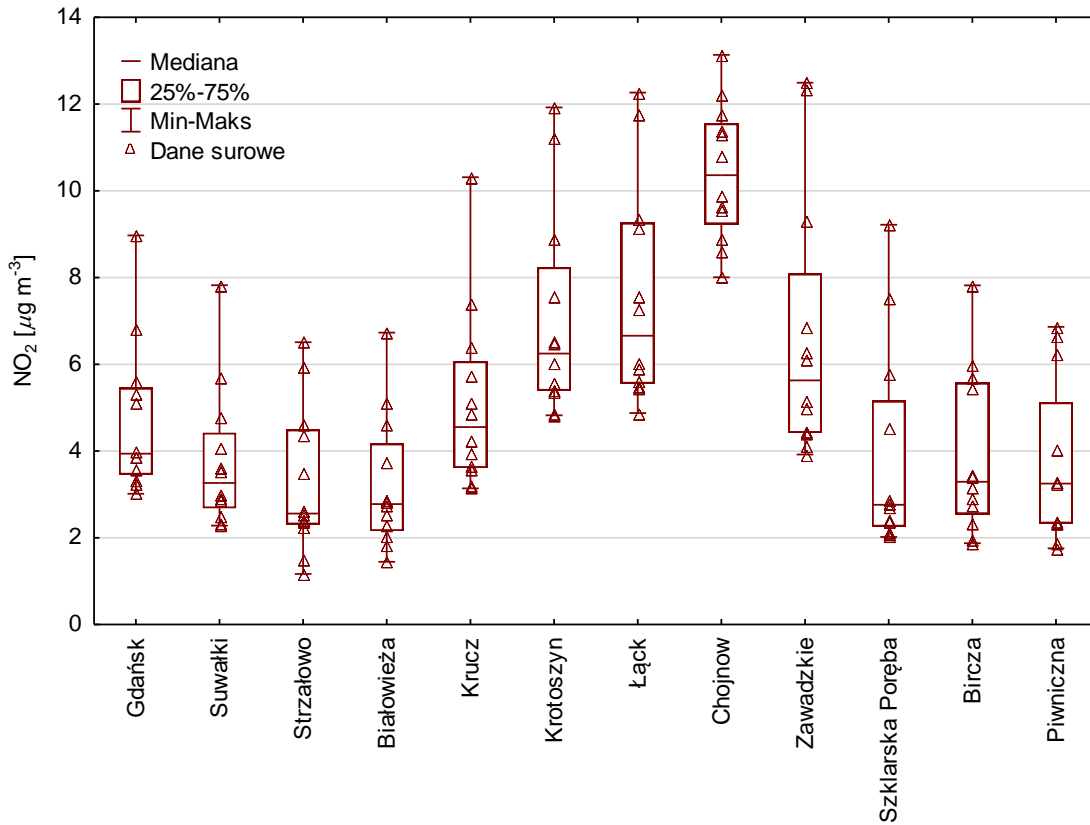
Rycina 11.1. Stężenie dwutlenku siarki w powietrzu: średnie, minima i maksima z poszczególnych miesięcy 2022 r. na SPO MI.



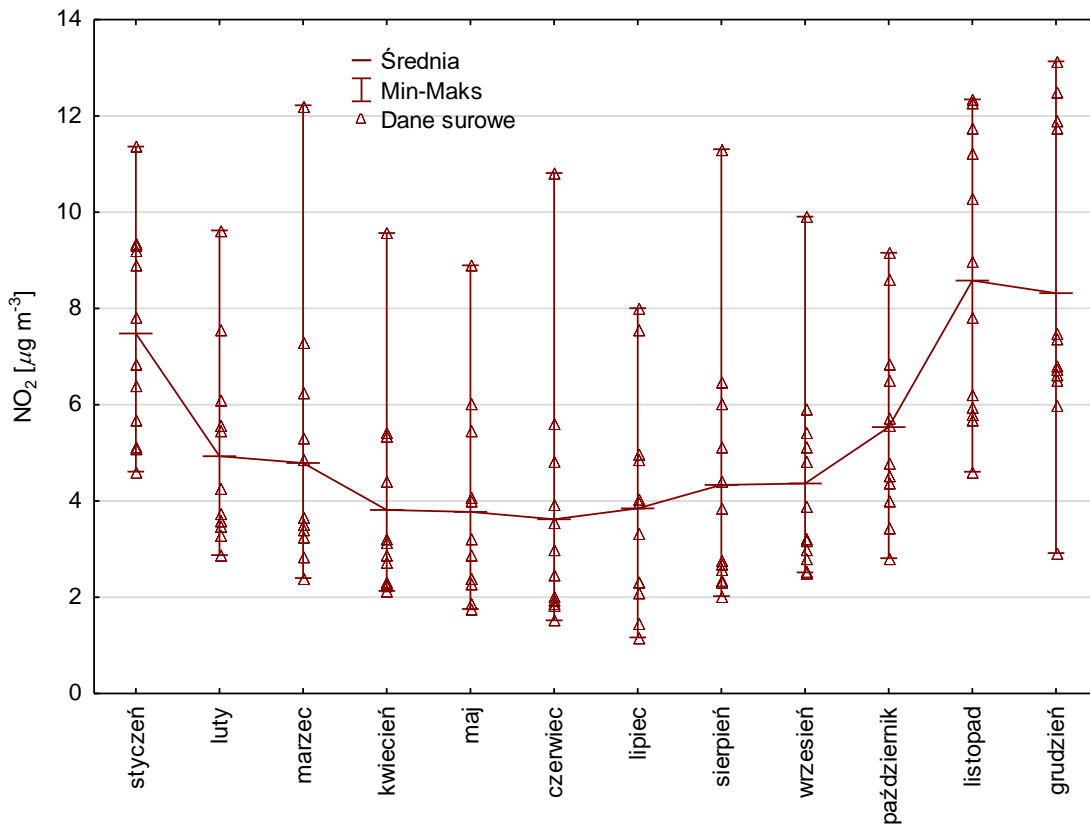
Rycina 11.2. Mediana oraz rozstęp stężenia SO₂ na SPO MI dla poszczególnych miesięcy 2022 r.



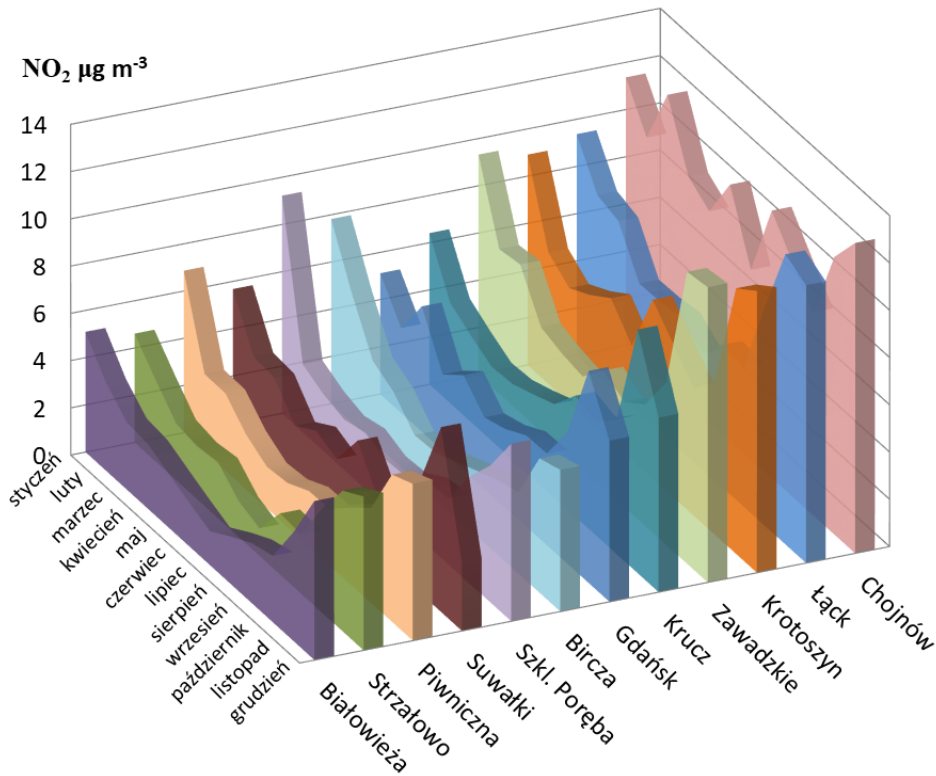
Rycina 11.3. Roczny przebieg stężenia SO₂ w powietrzu na powierzchniach SPO MI w 2022 r.



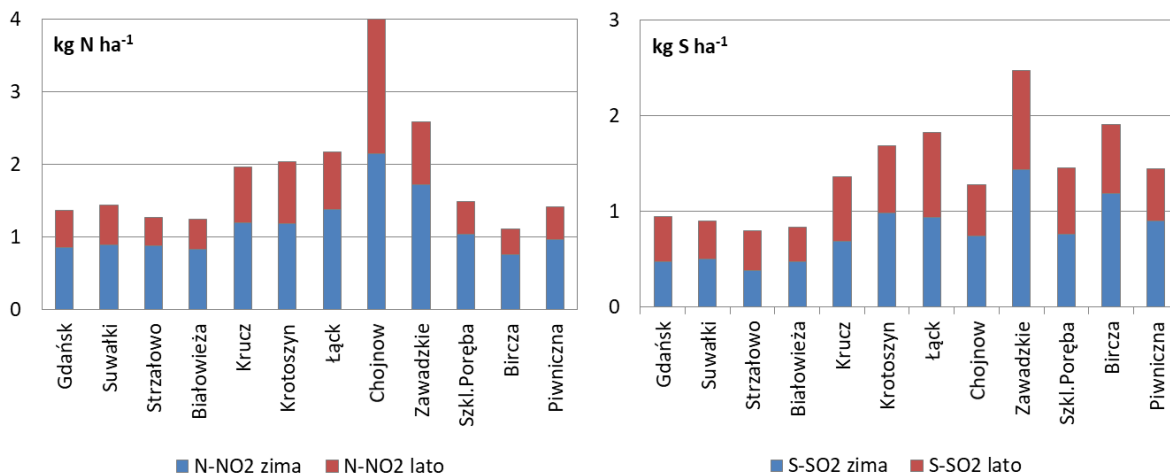
Rycina 11.4. Stężenie dwutlenku azotu w powietrzu: średnie, minima i maksima z poszczególnych miesięcy 2022 r. na SPO MI.



Rycina 11.5. Mediana oraz rozstęp stężenia NO_2 na SPO MI w poszczególnych miesiącach 2022 r.



Rycina 11.6. Roczny przebieg stężenia NO₂ w powietrzu na powierzchniach SPO MI w 2022 r.



Rycina 11.7. Szacunkowy roczny depozyt azotu w formie NO₂ i siarki w formie SO₂ na powierzchniach monitoringu intensywnego w 2022 r.

12. WIELKOŚĆ DEPOZYTU WNOŚZONEGO Z OPADAMI ATMOSFERYCZNYMI W 2022 R. NA TERENACH LEŚNYCH – ANNA KOWALSKA

Badania składu chemicznego opadów na terenach leśnych Polski prowadzone są w ramach monitoringu intensywnego w dwunastu punktach pomiarowych, zlokalizowanych w siedmiu z ośmiu krain przyrodniczo-leśnych: Bałtyckiej (Nadleśnictwo Gdańsk), Mazursko-Podlaskiej (Nadleśnictwo: Suwałki, Strzałowo, Białowieża), Wielkopolsko-Pomorskiej (Nadleśnictwo Krucz i Krotoszyn), Mazowiecko-Podlaskiej (Nadleśnictwo Łąck i Chojnów), Śląskiej (Nadleśnictwo Zawadzkie), Sudeckiej (Nadleśnictwo Szklarska Poręba) oraz Karpackiej (Nadleśnictwo Piwniczna i Bircza). Punkty pomiarowe umiejscowione są w pobliżu stałych leśnych powierzchni obserwacyjnych (SPO MI) poza zasięgiem koron drzew. Metodyka pomiarów została opracowana w roku 2009. Próbniki opadów umocowane są na wysokości około 2 m nad poziomem gruntu, na terenie wolnym od zadrzewień i innych pionowych przeszkód, z reguły w sąsiedztwie stacji meteorologicznych. Opady pobierane są do trzech niezależnych próbników, co minimalizuje ryzyko utraty próbek z powodu np. przypadkowego zanieczyszczenia lub strącenia próbniaka. Próbniki zbudowane są z butli z tworzywa sztucznego o pojemności 5 dm³ z lejkami o powierzchni chwytniej 201 cm². Na dnie lejków umieszczone są plastikowe siateczki o średnicy oczek 1 mm², chroniące przed zanieczyszczeniem prób szczątkami roślinnymi i owadami. Żyłki zamocowane na metalowych nierdzewnych prętach, umocowane wokół lejków, stanowią osłony przeciw ptakom. Butle gromadzące opad na czas ekspozycji umieszczone są w perforowanych osłonach – rurach z PVC, chroniących próbki przed zmianami biologiczno-chemicznymi wywołanymi nasłonecznieniem i nadmiernym nagrzewaniem. Podejmowane środki zaradcze mają za zadanie uchronić próbki wód opadowych przed niepożądanymi przemianami składu chemicznego, które mogłyby zafałszować wyniki pomiarów depozytu. Zimą, gdy spada ryzyko zanieczyszczeń powodowanych przez ptaki, owady i wysokie temperatury, a spodziewana jest przewaga opadów w formie śniegu, próbniki zastępowane są wiadrami z polipropylenu o pojemności około 10 dm³ i powierzchni chwytniej 531 cm². Po miesięcznym okresie ekspozycji mierzona jest objętość próbek. Pobrane podpróbki umieszczone w termostatowanych pojemnikach zaopatrzonych we wkłady chłodzące są transportowane do badań do laboratorium Instytutu Badawczego Leśnictwa. Próbki z trzech próbników analizowane są indywidualnie.

Wielkość opadów na otwartej przestrzeni oszacowano na podstawie objętości pobieranych próbek. Depozyt obliczono jako iloczyn stężeń poszczególnych składników i sumy

opadu i wyrażono w kg ha^{-1} oraz $\text{mol}_c \text{ ha}^{-1}$ w jednostce czasu (miesiąc, sezon, rok). Wyrażenie stężeń i depozycji w ujęciu molowym pozwala na analizę relacji kwasowo-zasadowych w opadach, docierających do koron drzew. Stężenia miesięczne wyznaczono z trzech równoległych próbek jako średnie arytmetyczne ważone objętością opadu. Średnie pH otrzymano na podstawie stężeń H^+ , obliczonych z przekształcenia wzoru:

$$pH = -\log_{10}[\text{H}^+]$$

W celu oceny różnic między poszczególnymi powierzchniami pod względem wielkości opadów, ich odczynu, pojemności zobojętniania kwasów ANC oraz depozytów głównych składników (Ca, Mg, Na, K, Cl^- , NO_3^- , SO_4^{2-} , NH_4^+ , Al, Fe, Mn, azotu całkowitego N_{tot} , rozpuszczonego węgla organicznego RWO) zastosowano testy nieparametryczne (ANOVA rang Kruskala-Wallis). Rozkłady danych, jak wskazały wyniki testu Shapiro-Wilka, odbiegały od normalnego. Obliczenia statystyczne wykonano w pakiecie oprogramowania STATISTICA wersja 10 (StatSoft Inc. 2011).

12.1. Skład chemiczny opadów

Na skład chemiczny opadów wpływa szereg czynników, na które składają się m.in. bliskość źródeł zanieczyszczeń oraz ich rozprzestrzenianie, warunki meteorologiczne (wiek i kierunek mas powietrza, temperatura, wiatr) oraz warunki topograficzne.

Cechą charakteryzującą chemizmu opadów jest przewodność elektrolityczna właściwa (EC), będąca pośrednio miarą ogólnej zawartości zdysocjowanych soli. Przewodność opadów osiągała średnio rocznie od 8,7 do 19,0 $\mu\text{S cm}^{-1}$. Miesięczne wahania wynosiły od 5,0 $\mu\text{S cm}^{-1}$ do 75,8 $\mu\text{S cm}^{-1}$, najniższą wartość odnotowano w Białowieży w lipcu (opad 133 mm) a maksymalną w marcu w Strzałowie (opad 0,7 mm). Wzorem lata poprzednich obserwowano tendencję do występowania wyższych wartości przewodności w okresach większych sum opadów.

Mediany, rozstęp ćwiartkowy oraz minima i maksima średnich wartości miesięcznych przewodności i stężeń podstawowych składników w opadach w mg dm^{-3} zilustrowano na rycinie 12.1.

12.2. Depozycja roczna

Roczny depozyt jonów: azotu całkowitego, jonów wodorowych, chlorków, siarki w formie siarczanu (VI), wapnia, sodu, potasu, magnezu, żelaza, glinu, manganu i metali ciężkich mieścił się w granicach od 15,9 do 34,8 kg ha^{-1} (tab. 12.1). Depozycja w Kruczu była wyższa niż w roku 2021 o 32%, do czego przyczynił się napływ jonów sodu i chlorkowych (VII)

prawdopodobnie pochodzenia morskiego oraz wapnia i magnezu. Depozycja w Strzałowie i Gdańsku była wyższa w stosunku do poprzedniego roku o 14-15%, natomiast w Białowieży oraz na powierzchniach obszarów górskich: w Birczy, Szklarskiej Porębie i Piwnicznej zanotowano spadek o 26-22%, a w Łącku i Suwałkach odpowiednio o 15% i 10%. Na pozostałych powierzchniach (Chojnów, Krotoszyn i Zawadzkie) depozycja zmieniła się od 1% do 6% w stosunku do roku 2021.

Niską ilość jonów zdeponowały opady w nadleśnictwach Białowieża, Piwniczna i Bircza (15,9 – 16,3 kg ha⁻¹ rok⁻¹). Suma rocznej depozycji na pozostałych SPO MI z wyjątkiem Chojnowa, Szklarskiej Poręby i Gdańska wynosiła od 19,5 kg ha⁻¹ rok⁻¹ do 23,9 kg ha⁻¹ rok⁻¹. W Gdańsku, Szklarskiej Porębie i Chojnowie depozyt był wysoki i wynosił odpowiednio 34,8, 26,9 oraz 26,6 kg ha⁻¹ rok⁻¹. Na tak wysoką depozycję – wynikającą głównie z dużej sumy rocznej opadów i z cyrkulacji mas powietrza – w Gdańsku i Szklarskiej Porębie składały się przede wszystkim jony Cl⁻ i Na pochodzenia przeważnie morskiego. Sumaryczna depozycja jonów chlorkowych i sodu była w Szklarskiej Porębie i Gdańsku wyższa niż na pozostałych SPO MI.

Suma depozycji w okresie zimowym stanowiła od 34 do 53% depozycji rocznej (ryc. 12.2), jednak na większości powierzchni depozycja latem była wyższa niż w okresie zimowym. Po części przewaga depozytu okresu letniego wynikała z wyższej sumy opadów. Na miesiące letnie przypadało bowiem od 54% (w Szklarskiej Porębie 43%) do 68% sumy rocznej opadu.

Pomiędzy SPO MI wystąpiły istotne różnice szczególnie w depozycji Cl⁻ (tab. 12.2), a wyniki testów statystycznych potwierdzają zaobserwowane różnice między Gdańskiem a kilkoma innymi SPO MI pod względem depozycji z aerozoli morskich. Ponadto zaznaczyły się różnice pod względem depozycji ANC między Zawadzkiem i Krotoszynem a innymi powierzchniami (Chojnów, Bircza, Suwałki), na których opady charakteryzowały się większą pojemnością zobojętniania kwasów, tj. przewagą jonów mocnych zasad nad mocnymi kwasami niż na Śląsku (Zawadzkie).

12.3. Depozyt pierwiastków śladowych

Sumaryczny depozyt pierwiastków śladowych, tj. żelaza, manganu, glinu oraz metali ciężkich: cynku, miedzi, kadmu i ołowiu w kg ha⁻¹, wynosił od 0,8 do 1,6% depozytu rocznego wszystkich składników. Na metale ciężkie, wśród których ilościowo dominował cynk, przypadło od 0,5 do 1,0% depozytu rocznego, tj. od 0,10 do 0,17 kg ha⁻¹ rok⁻¹. Największe ilości metali ciężkich zanotowano na SPO MI w Szklarskiej Porębie, Chojnowie, Zawadzkiem i Białowieży (0,17 kg ha⁻¹ rok⁻¹). 0,13 - 0,16 kg ha⁻¹ rok⁻¹ zostało zdeponowane na

powierzchniach w Gdańsku, Suwałkach, Birczy, Piwnicznej i Łącku, 0,12 kg ha⁻¹ rok⁻¹ w Kruczu i Krotoszynie, a 0,10 kg ha⁻¹ rok⁻¹ w Strzałowie. Niski udział metali ciężkich (do 0,5%) w depozycie występował w Gdańsku, Kruczu, Strzałowie i Krotoszynie, osiągał 0,6 – 0,7% w Suwałkach, Szklarskiej Porębie, Chojnowie, Łącku oraz 0,8-1,0% w Zawadzkiem, Piwnicznej, Birczy i Białowieży.

Wyniki depozycji metali ciężkich obarczone są stosunkowo dużą niepewnością, wynikającą po pierwsze z problemów analitycznych oznaczeń na poziomie stężeń śladowych, po drugie – i zapewne najważniejsze – ze stosowanej metodyki pobierania próbek. Wpływ sposobu pobierania próbki (szklane vs. plastikowe pojemniki) i przygotowania jej do badań (zakwaszenie lub nie zakwaszanie przed pobraniem podpróbki do analiz) ma kluczowe znaczenie dla uzyskiwanych wyników, zwłaszcza kadmu, ołowiu i cynku (Degórska i in. 2011). W przypadku SPO MI można z dużym prawdopodobieństwem stwierdzić, że oszacowana depozycja metali śladowych jest zaniżona.

12.4. Właściwości kwasowo-zasadowe wód opadowych

Właściwości charakteryzujące status kwasowo-zasadowy wód opadowych są mierzone i wyrażane w różnorodny sposób. Podstawową najpowszechniej oznaczaną cechą wód jest odczyn wyrażony w jednostkach pH.

W opadach na SPO MI średnie pH mieściło się w granicach od 5,1 do 5,9 (mediany od 5,2 do 6,5) (ryc. 12.3). Minimalną wartość osiągnęło w listopadzie w Birczy a maksymalną w maju w Chojnowie.

Udział miesięcznych opadów o pH niższym od 5,0 wyniósł 9% i z ponad dziesięcioletnich pomiarów wynika, że udział ten sukcesywnie spada. Co charakterystyczne i raczej niezmiennie od lat, opady o pH niższym od 5,0 przeważają w miesiącach zimowych (ryc. 12.4). Średnio w okresie zimowym na większości powierzchni pH opadów było niższe niż w okresie letnim (ryc. 12.5), z wyjątkiem Gdańska i Krotoszyna. W Suwałkach i Zawadzkiem różnica odczynu opadów zimą i latem była niewielka.

Najwyższa kwasowość opadów mierzona średnią roczną wartością pH wystąpiła na Śląsku w Zawadzkiem (pH 5,2), w nadleśnictwach rejonów górskich, tj. Piwnicznej, Birczy (pH 5,3) i Szklarskiej Porębie (pH 5,4) i (ryc. 12.5). Również stosunkowo niskie średnie pH opadów odnotowano w Gdańsku, Strzałowie i Kruczu (pH 5,5). W Łącku i Krotoszynie pH opadów wynosiło średnio 5,6, w Białowieży 5,7, w Chojnowie 5,8. Najniższa kwasowość opadów występowała w Suwałkach (pH 5,9).

Pojemność zobojętniania kwasów (ANC, [$\mu\text{eq dm}^{-3}$]) jest miarą zdolności roztworów do zobojętniania mocnych kwasów. Jest wyliczana z równania:

$$\text{ANC} = \sum \text{kationy mocnych zasad} - \sum \text{aniony mocnych kwasów}$$

gdzie:

$$\sum \text{kationy mocnych zasad} = [\text{Ca}^{2+}] + [\text{Mg}^{2+}] + [\text{Na}^+] + [\text{K}^+],$$

$$\sum \text{aniony mocnych kwasów} = [\text{SO}_4^{2-}] + [\text{NO}_3^-] + [\text{Cl}^-].$$

Dokładność wyznaczenia ANC jest zatem w znacznym stopniu zależna od dokładności oznaczenia stężeń jonów mocnych kwasów i mocnych zasad w próbkach opadów. W porównaniu do pH pojemność zobojętniania kwasów (ANC) nie jest zależna od wymiany CO_2 z powietrzem, od reakcji z jonami glinu czy obecności jonów organicznych (Neal i in. 1999), co czyni ten wskaźnik szczególnie użytecznym w ocenie zakwaszenia środowiska (Neal i in. 1999, Chapman i in. 2008).

Ujemne wartości ANC są wskaźnikiem nadmiarowej ilości jonów mocnych kwasów w opadach, zaś dodatnie – nadmiarowej ilości mocnych zasad. Na SPO MI 56% miesięcznych opadów przyjmowało ujemne wartości ANC (ryc. 12.6), z czego nieco więcej przypadało na okres zimowy (37% próbek pobranych w ciągu roku) niż letni (19% próbek pobranych w ciągu roku).

ANC półrocza zimowego było z reguły niższe niż w półroczu letnim na powierzchniach obserwacyjnych, z wyjątkiem Suwałk (ryc. 12.7). Średnio rocznie ANC osiągnęło wartość dodatnią w Chojnowie, Suwałkach, Gdańsku, Strzałowie, Białowieży i Birczy. Na pozostałych powierzchniach średnio rocznie ANC było ujemne, a niskie wartości wystąpiły w Zawadzkiem, Krotoszynie i Szklarskiej Porębie (odpowiednio $-26,7$, $-20,2$ i $-9,8 \mu\text{eq dm}^{-3} \text{rok}^{-1}$).

Udział jonów o charakterze zakwaszającym (SO_4^{2-} , NO_3^- , Cl^- i NH_4^+) w depozycie wyrażonym sumą ładunku molarnego (H^+ , Cl^- , SO_4^{2-} , NO_3^- , NH_4^+ , Ca, Na, K, Mg, Fe, Al, Mn, Zn, Cu, Cd i Pb) wynosił od 54% do 68%. Spośród SPO MI powierzchnia w Krotoszynie miała najwyższy udział jonów o charakterze zakwaszającym (68%). W Zawadzkiem, Szklarskiej Porębie, Łącku, Piwnicznej i Kruczu udział ten przekraczał 61%, a zjawisku temu towarzyszył niski udział jonów o charakterze zasadowym (poniżej 38%). Niższy udział depozycji jonów o charakterze zakwaszającym występował w Birczy, Białowieży, Chojnowie i Suwałkach (54% – 58%), przy jednocześnie wysokim udziale jonów o charakterze zasadowym (45% - 42%).

Na każdej powierzchni w depozycie rocznym w roku 2022, podobnie jak w roku poprzednim, dominowały jony kwasotwórcze (ryc. 12.8), a ich przewaga nad jonami zasad była ponad dwukrotna w Krotoszynie, Zawadzkiem i Szklarskiej Porębie.

LITERATURA:

Chapman, P. J., Clark, J. M., Reynolds, B & Adamson, J. K., (2008). The influence of organic acids in relation to acid deposition in controlling the acidity of soil and stream waters on a seasonal basis. *Environmental Pollution*, 152, 110-120.

Degórska, A., Białoskórska, U., & Typiak-Nowak, D., (2011). Metodyczne aspekty pobierania próbek opadów do oznaczania zawartości metali ciężkich. *Monitoring Środowiska Przyrodniczego*, 12, 21–29.

Neal, C., Reynolds, B. & Robson, A. J., (1999). Acid neutralising capacity measurements within natural waters: towards a standardised approach. *The Science of the Total Environment*, 243/244, 233-241.

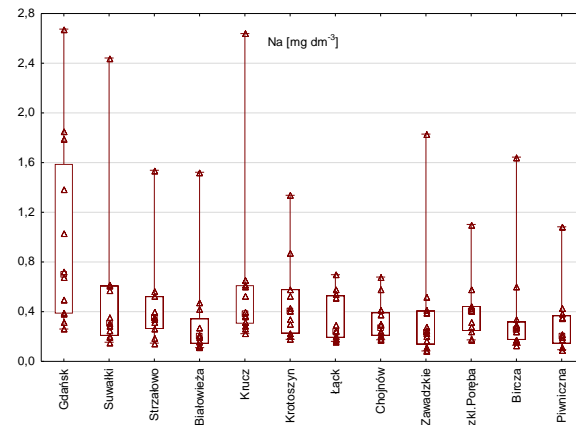
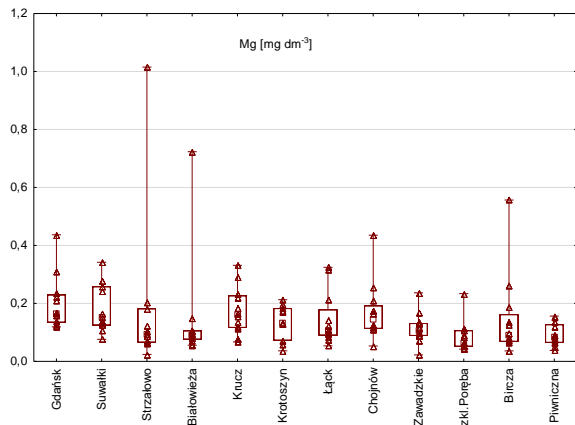
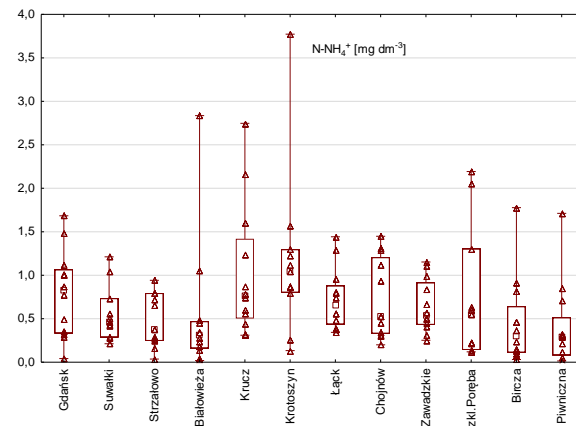
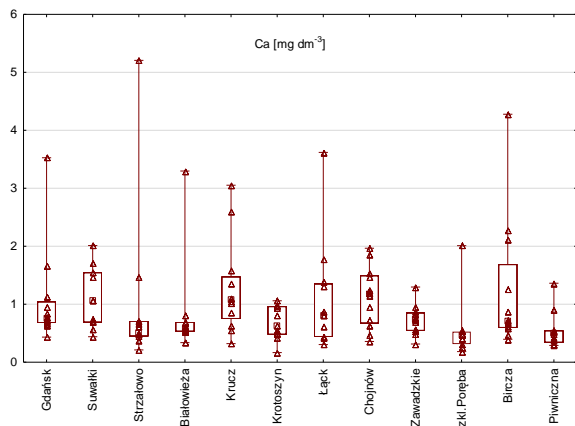
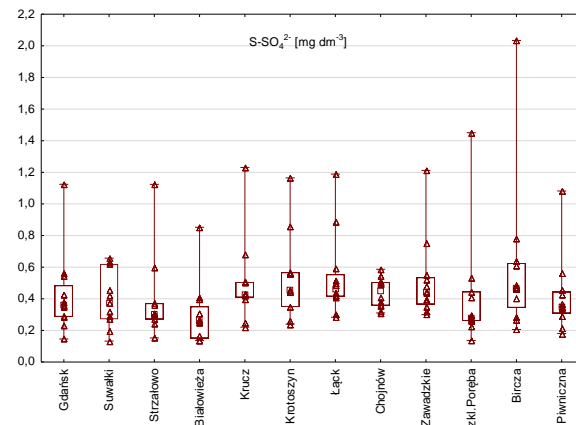
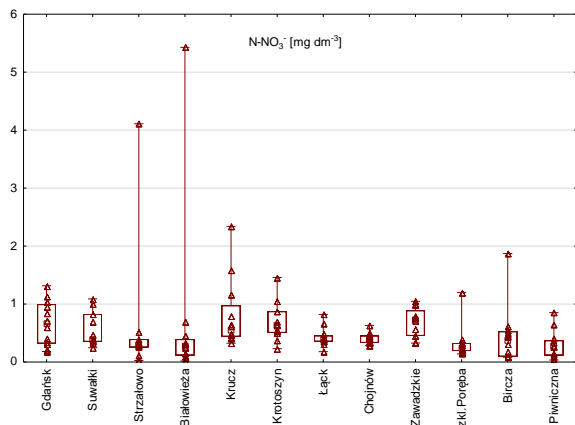
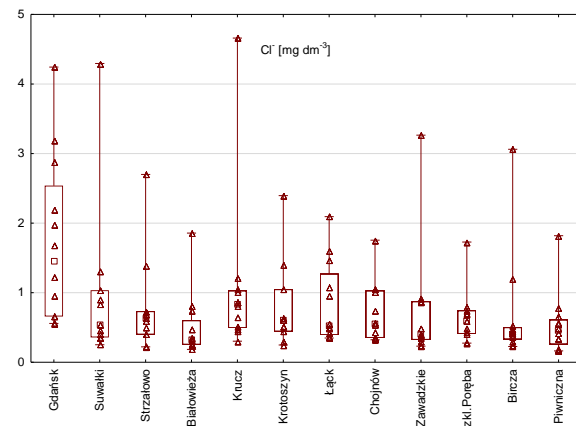
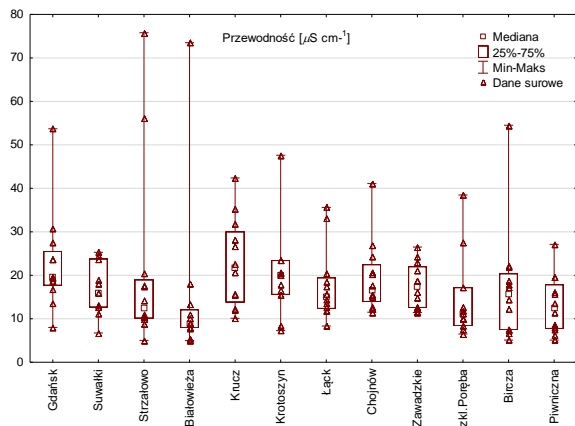
StatSoft, Inc. (2011). STATISTICA (data analysis software system), version 10. www.statsoft.com.

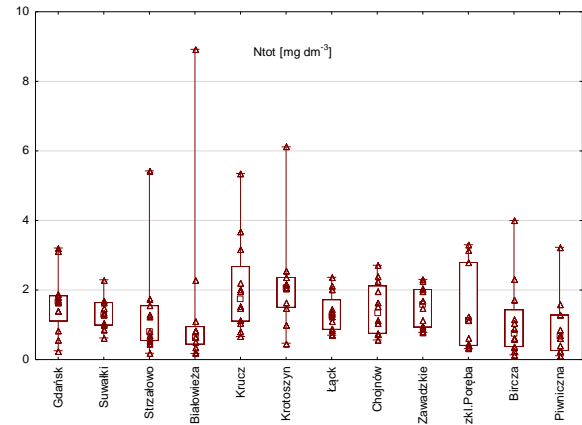
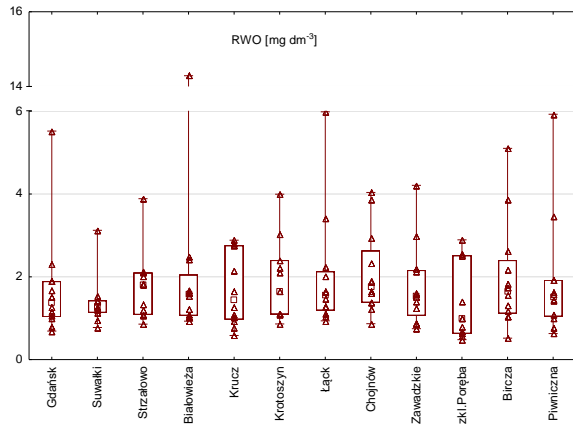
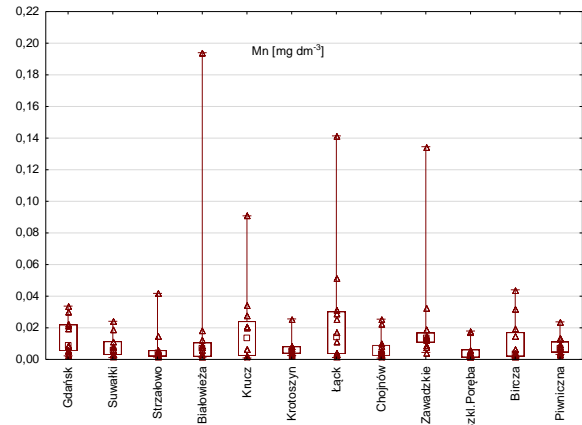
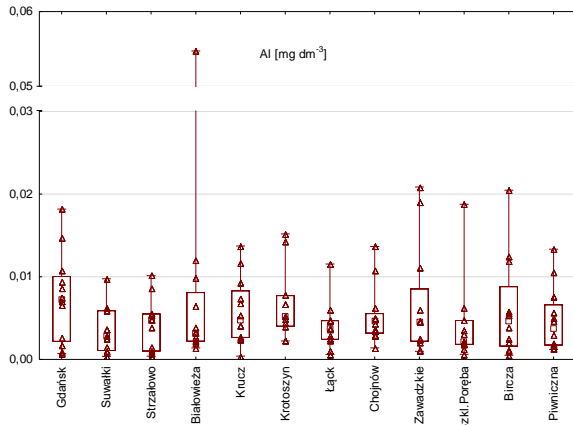
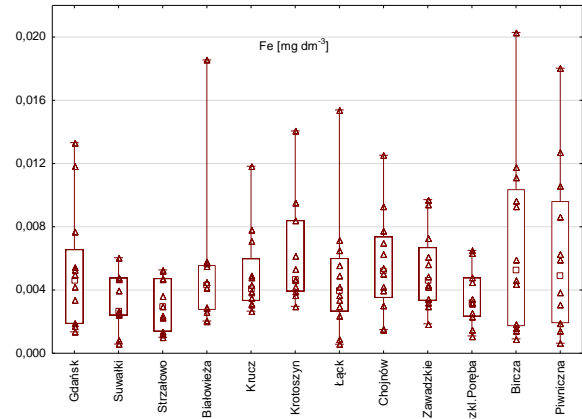
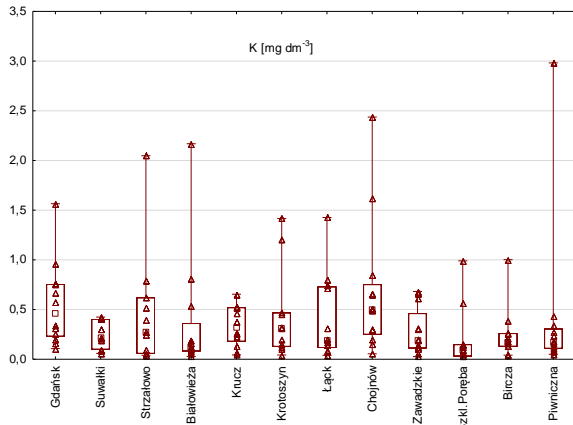
Tabela 12.1. Depozyt roczny [kg ha^{-1}] (bez RWO) wniesiony z opadami na SPO MI w 2022 r. RWO - rozpuszczony węgiel organiczny, N_{tot} – azot całkowity

	Gdańsk	Suwałki	Strzałowo	Białowieża	Krucz	Krotoszyn	Łąck	Chojnów	Zawadzkie	Szkl.Poręba	Bircza	Piwniczna
Opad [mm]	658	652	496	693	432	507	551	585	599	877	581	588
H ⁺	0,021	0,008	0,016	0,013	0,012	0,011	0,012	0,008	0,041	0,039	0,029	0,029
Cl ⁻	9,07	4,6	3,72	2,57	4,92	3,4	3,39	3,64	3,43	5,39	2,37	2,57
N-NO ₃ ⁻	3,65	2,61	2,22	1,78	2,7	2,95	1,92	2,24	3,66	2,52	1,43	1,49
S-SO ₄ ²⁻	2,12	1,92	1,64	1,55	1,79	2,21	2,43	2,41	2,58	2,94	2,24	2,17
N-NH ₄ ⁺	4,01	3,36	2,3	1,95	3,32	4,12	3,55	4,49	3,13	4,68	1,53	2,23
Ca	5,36	5,17	3,78	3,81	4,27	3,22	4,26	5,86	4,02	3,96	4,58	2,98
Mg	1,1	0,92	0,69	0,6	0,69	0,6	0,61	0,87	0,58	0,61	0,49	0,47
Na	5,17	2,79	2,17	1,51	2,83	2,12	1,56	1,84	1,8	3,31	1,43	1,45
K	3,04	1,23	1,91	1,26	1,35	1,54	1,44	3,46	1,25	1,25	0,86	1,49
Fe	0,026	0,016	0,014	0,025	0,02	0,027	0,02	0,029	0,028	0,031	0,027	0,028
Al	0,038	0,014	0,018	0,027	0,024	0,028	0,016	0,033	0,032	0,028	0,021	0,024
Mn	0,072	0,034	0,024	0,041	0,066	0,028	0,076	0,034	0,084	0,03	0,035	0,046
Cd	0,0003	0,0005	0,0004	0,0004	0,0003	0,0003	0,0002	0,0003	0,0008	0,0006	0,0004	0,0004
Cu	0,033	0,027	0,02	0,032	0,017	0,022	0,037	0,041	0,028	0,02	0,027	0,026
Pb	0,005	0,005	0,003	0,005	0,003	0,003	0,003	0,003	0,006	0,007	0,004	0,003
Zn	0,125	0,117	0,078	0,131	0,097	0,093	0,093	0,126	0,131	0,144	0,111	0,109
RWO	8,5	7,3	7,6	10,1	6	8,2	8	10,6	8,6	9,6	7,8	8,6
N_{tot}	8,6	7	5,5	4,7	6,9	8,6	6,3	8,3	7,9	9,1	3,9	4,5
Depozyt całkowity	34,8	23,9	19,5	16,3	23	21,9	20,3	26,6	22	26,9	16,1	15,9

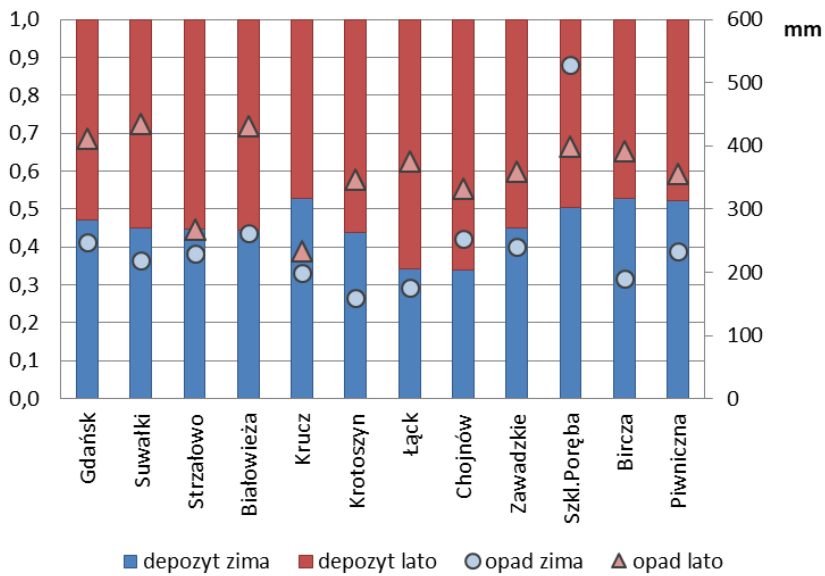
Tabela 12.2. Wyniki testów istotności różnic między SPO MI pod względem wielkości opadu na otwartej przestrzeni i depozycji głównych składników. Czcionką pogrubioną zaznaczono wartości prawdopodobieństwa testowego p mniejsze od poziomu istotności $\alpha=0,05$
 *- wymieniono pary powierzchni o różnicach istotnych przy $\alpha=0,05$

	Test Kruskala- Wallisa H(11, N= 144)	Porównania wielokrotne (dwustronne)*		
	p	Nadleśnictwo		p
opad	0,5852	-	-	-
H ⁺	0,0379	Zawadzkie	Chojnów	0,0271
Cl ⁻	0,0119	Gdańsk	Białowieża	0,0327
		Gdańsk	Bircza	0,0271
		Gdańsk	Piwniczna	0,0423
N-NO ₃ ⁻	0,0022	-	-	-
S-SO ₄ ²⁻	0,1997	-	-	-
N-NH ₄ ⁺	0,0038	Krotoszyn	Bircza	0,0214
Ca	0,177	-	-	-
Mg	0,0165	Gdańsk	Piwniczna	0,0497
Na	0,0148	-	-	-
K	0,0992	-	-	-
Fe	0,2207	-	-	-
Al	0,3590	-	-	-
Mn	0,0103	Zawadzkie	Strzałowo	0,0141
RWO	0,3186	-	-	-
N _{tot}	0,0062	Krotoszyn	Bircza	0,0458
Zasadowość	0,1373	Zawadzkie	Chojnów	0,0351
ANC	0,0001	Chojnów	Krotoszyn	0,0233
		Chojnów	Zawadzkie	0,0023
		Bircza	Zawadzkie	0,0352
		Suwałki	Zawadzkie	0,0082

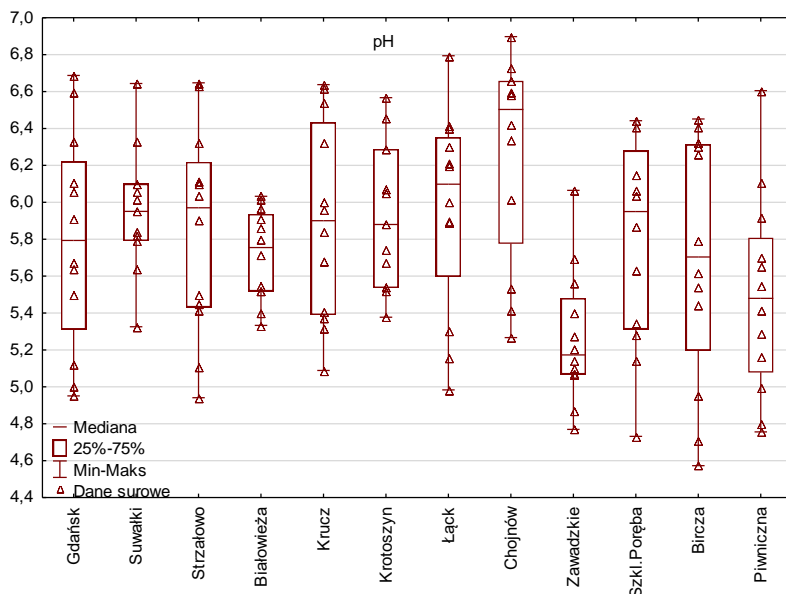




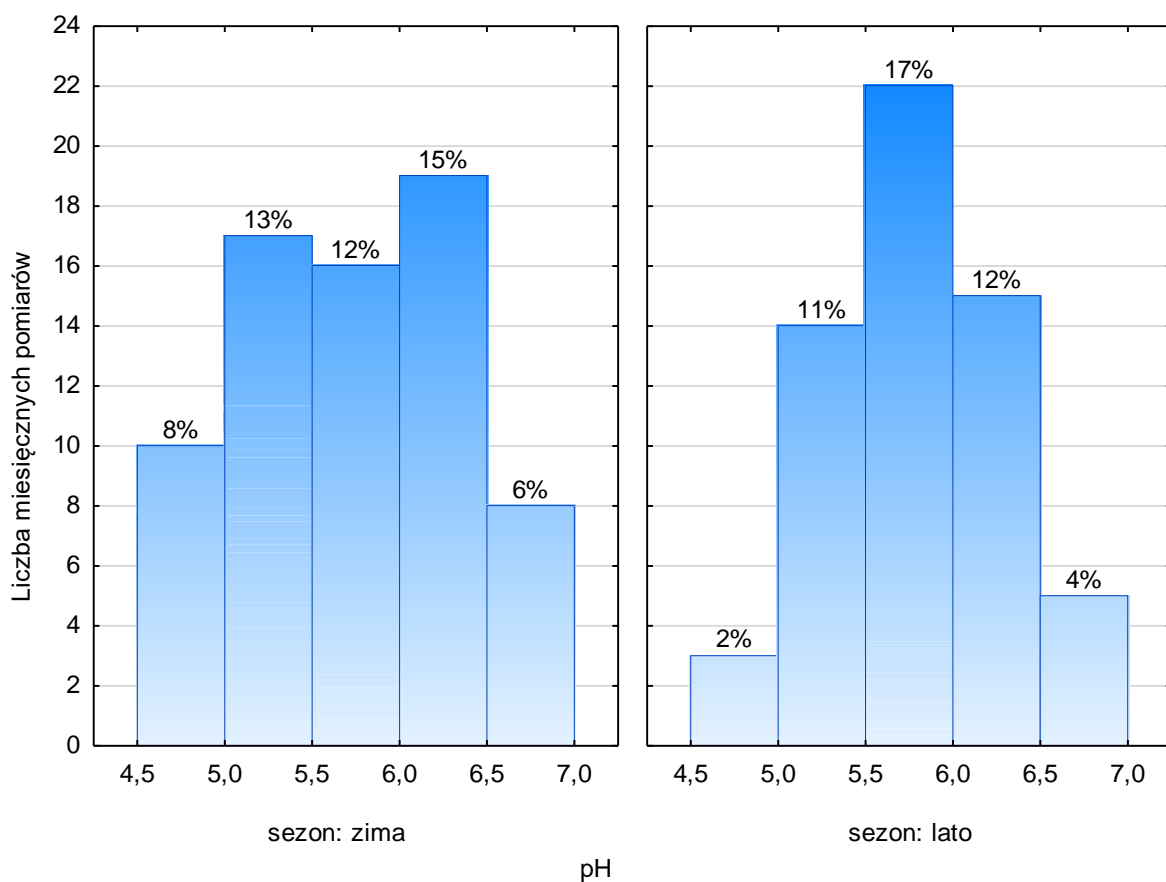
Rycina 12.1. Przewodność [$\mu\text{S cm}^{-1}$] i stężenie składników: Cl^- , S-SO_4^{2-} , N-NO_3^- , N-NH_4^+ , Ca, Mg, Na, K, Fe, Al, Mn, rozpuszczonego węgla organicznego RWO i azotu całkowitego Ntot [mg dm^{-3}] w opadach na otwartej przestrzeni na SPO MI w 2022 r.



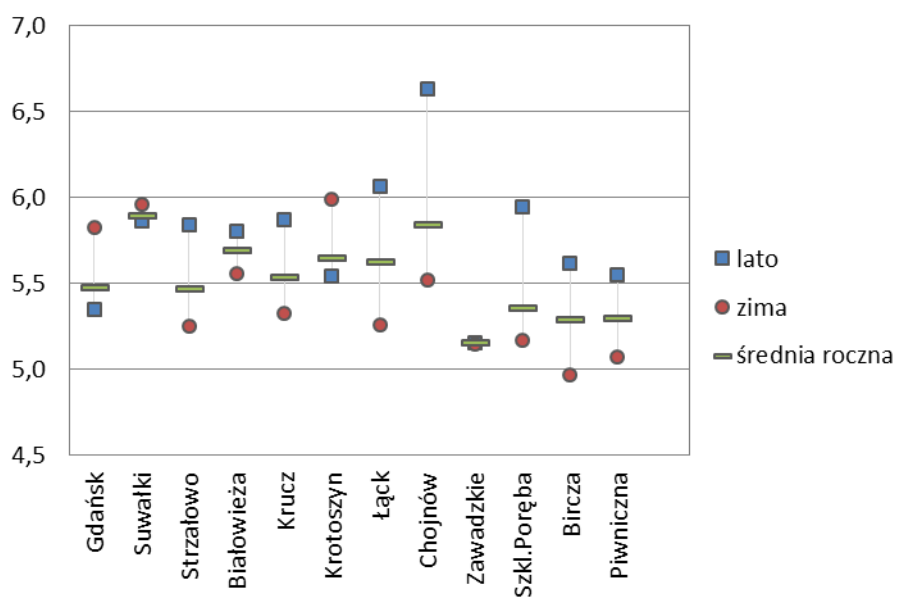
Rycina 12.2. Suma opadu bezpośredniego [mm] (prawa oś) oraz udział deponatu w sezonie letnim (V-X) i zimowym (I-IV, XI-XII) na SPO MI w 2022 r.



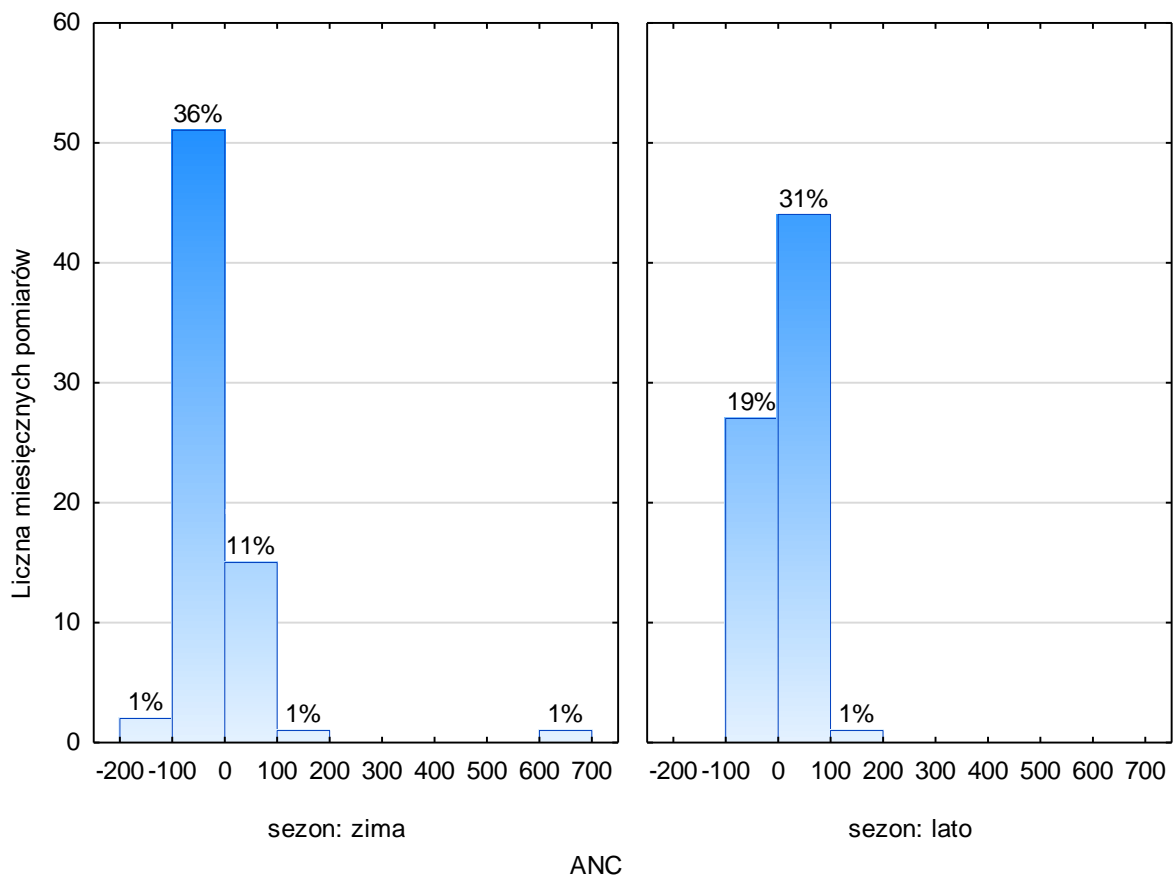
Rycina 12. 3. pH opadów na otwartej przestrzeni na SPO MI w 2022 r.



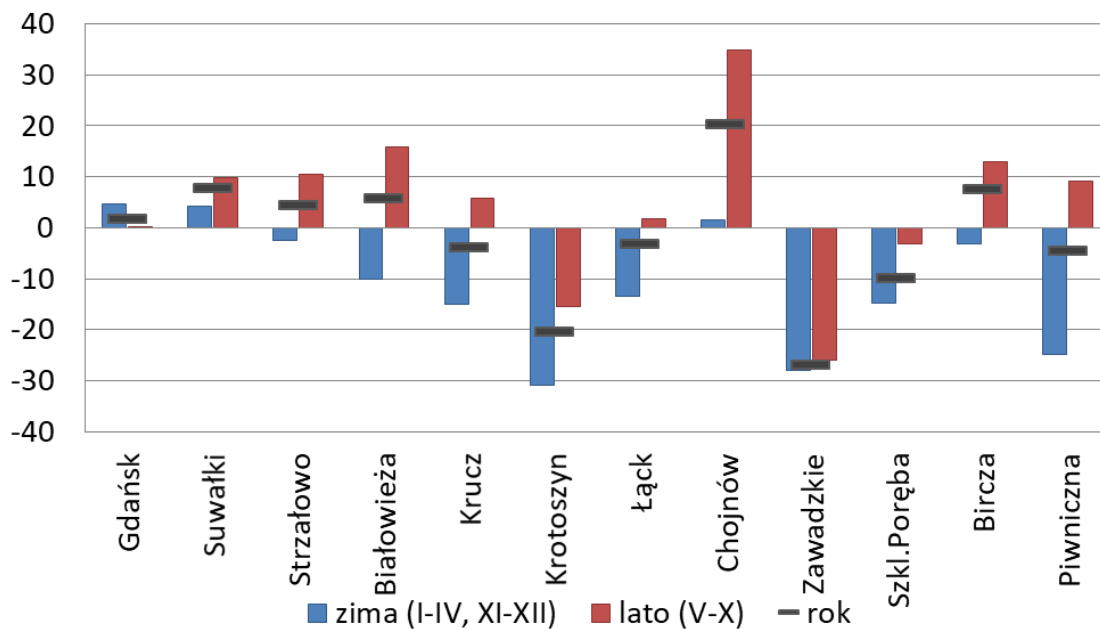
Rycina 12.4. Histogram pH opadów na otwartej przestrzeni na SPO MI w sezonie letnim (maj-październik) i zimowym (styczeń-kwiecień, listopad-grudzień) w 2022 r.



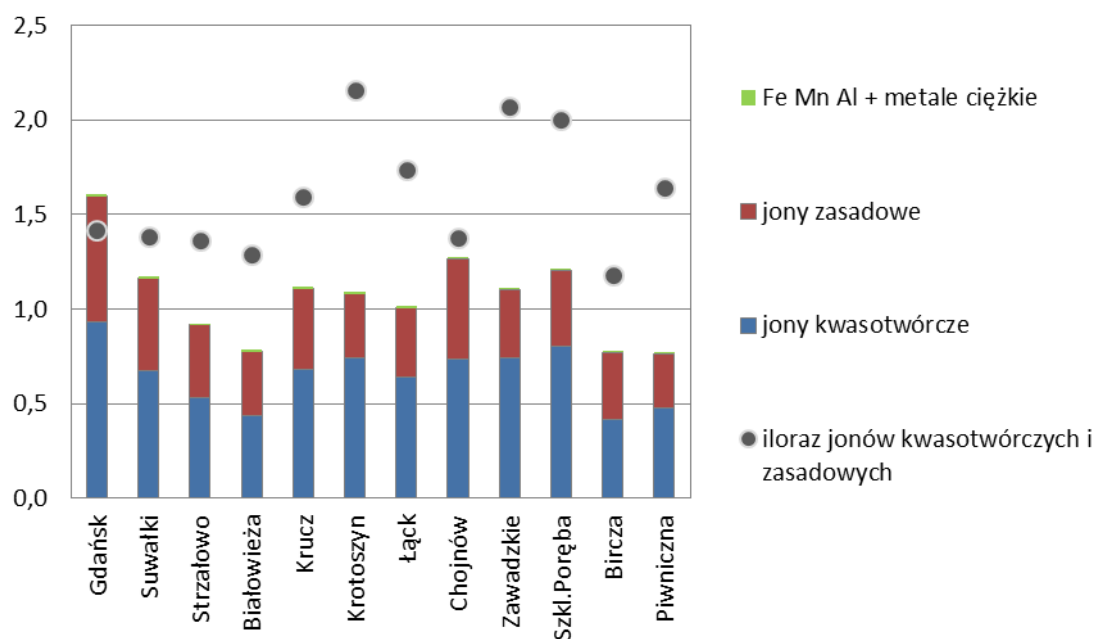
Rycina 12.5. Średnie pH roczne, sezonu letniego (V-X) i zimowego (I-IV i XI-XII) na SPO MI w 2022 r. w opadach na otwartej przestrzeni



Rycina 12.6. Histogram ANC [$\mu\text{eq dm}^{-3}$] w opadach na otwartej przestrzeni w sezonie letnim (maj-październik) i zimowym (styczeń-kwiecień, listopad-grudzień) w 2022 r.



Rycina 12.7. Pojemność zobojętniania kwasów (ANC) [$\mu\text{eq dm}^{-3}$] w opadach na otwartej przestrzeni na SPO MI średnio od stycznia do grudnia, średnio w okresie zimowym (miesiące I-IV i XI-XII) i letnim (V-X) w 2022 r.



Rycina 12.8. Ładunek jonów [kmol_c ha⁻¹] oraz stosunek depozytu jonów kwasotwórczych do zasadowych w opadach na otwartej przestrzeni na SPO MI w 2022 r.

13. OPADY PODKORONOWE W 2022 R. NA TERENACH LEŚNYCH – ANNA KOWALSKA

Substancje transportowane przez opady atmosferyczne są dostarczane do dna lasu w formie opadów podkoronowych. Dodatkowo trafia do gleby pewna pula pierwiastków, których źródłem są procesy interakcji opadów z koronami drzew. Opady są wzbogacane poprzez wymywanie części składników z tkanek roślinnych i zmywanie z powierzchni aparatu asymilacyjnego suchej depozycji. Równocześnie pierwiastki są pobierane z opadów przez tkanki roślinne bądź sorbowane na powierzchniach roślin, zwłaszcza na korze pni i gałęzi (ryc. 12.1). Opady podkoronowe różnią się od opadów atmosferycznych zarówno pod względem ilości, jak i składu chemicznego. Ich badanie dostarcza istotnych informacji o obiegu pierwiastków w środowisku leśnym.

W 2022 roku kontynuowano badania ilości opadu, stężeń składników oraz ich depozycji na dwunastu stałych powierzchniach obserwacyjnych monitoringu intensywnego (SPO MI). Pięć powierzchni zlokalizowano w drzewostanach z sosną jako gatunkiem panującym (nadleśnictwa: Strzałowo, Białowieża, Krucz, Chojnów i Zawadzkie), trzy w drzewostanach świerkowych (nadleśnictwa: Suwałki, Szklarska Poręba i Piwniczna), dwie w dębowych (nadleśnictwa Łąck i Krotoszyn) oraz dwie w bukowych (nadleśnictwa Gdańsk i Bircza).

Próbki opadu pobierano z miesięczną częstotliwością do 25 próbników rozmieszczonych w sposób systematyczny na każdej z powierzchni SPO MI. Próbniki zbudowane są z polietylenowych butli o pojemności 5 dm³ z lejkami o powierzchni chwytniej 201 cm². Liczba próbników jest uzasadniona wysoką zmiennością przestrzenną składników dostarczanych z opadami (Kowalska i in. 2016). Siateczki z tworzywa sztucznego o drobnych oczkach, umieszczone w dnie lejków, chronią zawartość butli przed zanieczyszczeniami organicznymi. Butle umocowane są w osłonie rur PCV, które mają za zadanie podtrzymywać próbniki oraz chronić próbki wody przed światłem słonecznym, wywołującym niepożądane zmiany składu chemicznego. W okresie zimowym, przy spodziewanej przewadze opadów śniegu, próbniki zastępowane są sześcioma wiadrami z tworzywa sztucznego o pojemności około 24 dm³ i powierzchni chwytniej 784 cm². Próbki wody po pobraniu są transportowane do laboratorium Instytutu Badawczego Leśnictwa w termostatowanych pojemnikach zaopatrzonych we wkłady chłodzące. Próbki opadu w okresie letnim były łączone do badań do pięciu prób zbiorczych, zaś próbki zimowe analizowano indywidualnie.

Wielkość opadów podkoronowych została określona na podstawie objętości zebranych prób i powierzchni chwytnej próbników. W sytuacjach uniemożliwiających określenie objętości próbek, np. podczas ekstremalnych opadów przy przelaniu próbników, objętości próby szacowano według jednej z możliwych procedur:

- przyjęcie za objętość próby maksymalnej pojemności kolektora,
 - określenie objętości przez porównanie z wielkością opadów na otwartej przestrzeni,
- lub
- określenie objętości przez porównanie z danymi meteorologicznymi ze stacji automatycznych.

Stężenia miesięczne wyznaczono jako średnie ważone objętością opadu z pięciu (latem) bądź sześciu (zimą) próbek pobieranych równolegle. Średnie pH obliczono ze stężenia H^+ , otrzymanego z przekształcenia wzoru:

$$pH = -\log_{10}[H^+]$$

Iloczyn stężeń poszczególnych składników i sumy opadu posłużył do obliczenia depozycji wyrażonej w $kg\ ha^{-1}$ oraz $mol_c\ ha^{-1}$ w jednostce czasu (miesiąc, sezon, rok). Wyrażenie stężeń i depozycji w formie ładunków molowych umożliwia analizę stosunków kwasowo-zasadowych w opadach. Okres zimowy umownie odnosi się do miesięcy od stycznia do kwietnia oraz od listopada do grudnia, zaś okres letni trwa od maja do października.

W celu oceny różnic między poszczególnymi powierzchniami pod względem wielkości opadów oraz depozytów głównych składników (H^+ , Ca, Mg, Na, K, Cl^- , NO_3^- , SO_4^{2-} , NH_4^+ , Al, Fe, Mn, RWO, Ntot) zastosowano testy nieparametryczne (ANOVA rang Kruskala-Wallisa) ze względu na brak zgodności rozkładów danych z rozkładem normalnym (test Shapiro-Wilka). Obliczenia statystyczne wykonano w pakiecie oprogramowania STATISTICA wersja 10 (StatSoft Inc. 2011).

13.1. Skład chemiczny opadów podkoronowych

Średnia przewodność elektrolityczna właściwa będąca pośrednio miarą ogólnej zawartości jonów w wodach w 2022 roku przyjmowała miesięcznie wartości od 11,9 do 291 $\mu S\ cm^{-1}$ (ryc. 13.2). W opadach podkoronowych w niemal wszystkich przypadkach wartości przewodności były wyższe niż w opadach docierających do koron (por: rozdz. „Wielkość depozytu wnoszonego z opadami atmosferycznymi na terenach leśnych”). Wartości przewodności były zależne od ilości opadów w badanym okresie. Dla okresów z sumą opadów mieszczącą się w dolnym kwartylu (poniżej 20,0 mm $m^{-c^{-1}}$) mediana przewodności wynosiła

70,6 $\mu\text{S cm}^{-1}$, podczas gdy w okresach z sumą opadów w zakresie górnego kwartyłu (powyżej 47,8 mm m-c⁻¹) przewodność była o wiele niższa (mediana równa 27,3 $\mu\text{S cm}^{-1}$). W okresach niskich opadów zanieczyszczenia dostarczane z wodą opadową i splukiwane oraz wymywane z liści były obecne w próbkach w dużych stężeniach, zaś wysokim opadom towarzyszył tzw. efekt rozcieńczenia.

Zakresy stężeń miesięcznych [$\text{mg dm}^{-3} \text{ m-c}^{-1}$], mediany i zakres kwartyłowy dla podstawowych składników opadów podkoronowych przedstawiono na rycinie 13.2.

13.2. Depozyt podkoronowy

Roczny depozyt podkoronowy wyliczono jako sumę depozycji azotu całkowitego (N_{tot}), jonów wodorowych, chlorków, siarczanów (VI), jonów wapnia, sodu, potasu, magnezu, żelaza, glinu, manganu i metali ciężkich.

Do gleby wpłynął ładunek substancji od 1,7 do 4,2 razy większy niż z opadem na otwartej przestrzeni (por. rozdz. „Wielkość depozytu wnoszonego z opadami atmosferycznymi na terenach leśnych”). Stosunkowo niskie wzbogacenie pod okapem miało miejsce w drzewostanach sosnowych w Kruczu i Chojnowie oraz buczynie w Gdańsku (1,7-krotnie), w świerczynie w Szklarskiej Porębie i sosnowym w Strzałowie (2,1- krotnie), dąbrowie w Łącku, buczynie w Birczy, drzewostanie sosnowym w Zawadzkiem (od 2,3 do 2,5-krotnie). Opady podkoronowe były bardziej wzbogacone w stosunku do opadów bezpośrednich (od 3,0 do 3,7-krotnie) w drzewostanach: świerkowym w Piwnicznej i Suwałkach i sosnowym w Białowieży oraz aż 4,2-krotnie w dąbrowie w Krotoszynie. Depozyt podkoronowy mieścił się w zakresie od 38,9 do 90,8 $\text{kg ha}^{-1} \text{ rok}^{-1}$ (tab. 13.1).

Depozyt podkoronowy był wysoki w dąbrowie w Krotoszynie i świerczynie w Suwałkach – odpowiednio 90,8 $\text{kg ha}^{-1} \text{ rok}^{-1}$ i 76,0 $\text{kg ha}^{-1} \text{ rok}^{-1}$. Przekraczał 50 $\text{kg ha}^{-1} \text{ rok}^{-1}$ w buczynie w Gdańsku, sosnowym w Białowieży i Zawadzkiem oraz świerczynie w Szklarskiej Porębie. Depozycja wyniosła poniżej 41 $\text{kg ha}^{-1} \text{ rok}^{-1}$ w drzewostanie sosnowym w Strzałowie i buczynie w Birczy, a najniższa była w drzewostanie sosnowym w Kruczu (38,9 $\text{kg ha}^{-1} \text{ rok}^{-1}$). W pozostałych drzewostanach osiągała wartości z zakresu 46 - 49 $\text{kg ha}^{-1} \text{ rok}^{-1}$.

W opadach podkoronowych występowało więcej istotnych różnic pomiędzy SPO MI, niż w opadach na otwartej przestrzeni (tab.13.2). Różnice dotyczyły nieco innych składników niż w opadach na otwartej przestrzeni, uwidaczniając wpływ koron na skład depozycji. Powierzchnie, gdzie opady podkoronowe charakteryzowały się największą kwasowością (Szklarska Poręba, Zawadzkie), różniły się istotnie od powierzchni Polski północno-

wschodniej (Białowieża, Suwałki i Strzałowo) pod względem depozycji co najmniej jednego ze składników, które wskazują na zakwaszenie opadów: ANC lub $S-SO_4^{2-}$. Wyniki wskazują na ogólnie mniejsze obciążenie związkami o charakterze zakwaszającym w lasach Polski północno-wschodniej i centralnej w porównaniu z lasami Śląska i Sudetów.

Wpływy depozycji morskiej zauważane w opadach na otwartej przestrzeni w rejonach nadmorskich (Gdańsk) oraz w Sudetach (Szklarska Poręba) zaznaczają się także pod okapem drzewostanów w istotnie wyższej depozycji Cl^- i Na niż na obszarach Podkarpacia (Bircza). Znaczny wzrost depozycji soli pochodzenia morskiego odnotowano również pod okapem w Suwałkach w stosunku do roku 2021.

W opadach w drzewostanach bukowych w Gdańsku, a szczególnie w Birczy występowały istotnie mniejsze depozyty rozpuszczonego węgla organicznego (RWO) niż w drzewostanach sosnowych w Białowieży, Krotoszynie i Zawadzkiem i świerkowym w Szklarskiej Porębie. Różnice w depozycji podkoronowej RWO między drzewostanem liściastym i iglastym są opisane przez Le Mellec i in. (2010), którzy odnotowali mniejsze stężenia i depozyty RWO w opadach w drzewostanie bukowym niż w świerkowym.

Nie odnotowano istotnych różnic w depozycji podkoronowej związków eutrofizujących: $N-NO_3^-$, $N-NH_4^+$ i N_{tot} poza drzewostanem sosnowym w Zawadzkiem i dąbrowie w Łącku, które różniły się pod względem wielkości depozycji $N-NO_3^-$.

13.3. Depozyt pierwiastków śladowych w opadach podkoronowych

Depozyt pierwiastków śladowych i metali ciężkich: żelaza, manganu, glinu, cynku, miedzi, kadmu i ołowiu wynosił od 0,44 do 1,51 $kg\ ha^{-1}\ rok^{-1}$, co odpowiadało od 0,9 do 2,5% całkowitej rocznej depozycji podokapowej. Najwyższy udział omawianych metali w depozycie ogólnym stwierdzono w Łącku, przy czym w depozycie metali ponad połowę udziału miał Mn. Mangan jest pierwiastkiem łatwo ulegającym wymywaniu z koron drzew i jego stężenia w opadach podkoronowych mogą wielokrotnie przewyższać stężenia w opadach atmosferycznych (Kowalska i Janek 2009). Wysoki udział Mn w depozycie podkoronowym tłumaczy częściowo duży udział tego składnika w depozycie na otwartej przestrzeni w Łącku, w porównaniu do innych powierzchni (por. rozdz. „Wielkość depozytu wnoszonego z opadami atmosferycznymi na terenach leśnych”, tab. 12.1).

Udział samych metali ciężkich (Zn, Cu, Pb, i Cd) stanowił w sumie rocznego depozytu od 0,2 do 0,4%. Na poszczególnych powierzchniach depozyt metali ciężkich wyniósł od 0,11 do 0,22 $kg\ ha^{-1}\ rok^{-1}$, z czego od 64 do 82% stanowił Zn.

13.4. Właściwości kwasowo-zasadowe opadów podkoronowych

Obniżone pH, tj. niższe niż 5,0 występowało na przestrzeni roku w 15% miesięcznych próbek opadów. Opady o pH poniżej 5,0 występowały dwukrotnie częściej w okresie zimowym niż letnim (ryc. 13.3), a szczególnie w styczniu (na czterech SPO MI), lutym (na trzech SPO MI) i grudniu (na czterech SPO MI).

Powierzchnie zlokalizowane w Polsce północno-wschodniej (Suwałki, Białowieża, Strzałowo) oraz centralnej (Łąck) charakteryzowały się wyższym średnim rocznym pH (5,5–6,2) niż w pozostałych rejonach Polski, a średnio w roku najbardziej kwaśne opady docierały do gleby w drzewostanie zlokalizowanym na Śląsku (Zawadzkie, pH 4,9). Średnie roczne pH w rejonach górskich i podgórskich: w Szklarskiej Porębie i Piwnicznej było również stosunkowo niskie (5,2–5,3) (ryc. 13.4), podobnie jak w Kruczu (pH 5,3), Birczy, Chojnowie i Krotoszynie (pH 5,4).

Odczyn opadów nie różnił się więcej niż o 0,2 jednostki pH w stosunku do roku poprzedniego. Średnio rocznie odczyn był bardziej kwaśny niż w roku 2021 w Strzałowie i Kruczu (o 0,2 jednostki pH), natomiast opady były mniej kwaśne niż średnio w roku poprzednim w Suwałkach, Krotoszynie i Gdańsku (o 0,2 jednostki pH). Na pozostałych powierzchniach pH opadów przyjmowało wartości zbliżone do tych, które wystąpiły w roku 2021.

Pojemność zobojętniania kwasów (ANC), obliczona jako różnica stężeń kationów mocnych zasad (Ca, Mg, Na, K) i anionów mocnych kwasów (SO_4^{2-} , NO_3^- , Cl^-) w $\mu\text{eq dm}^{-3}$, jest wskaźnikiem pozwalającym ocenić, czy w wodach występuje nadmiar wolnych mocnych kwasów ($\text{ANC} < 0$), czy zasad ($\text{ANC} > 0$). Inaczej mówiąc, ANC charakteryzuje zdolność wody do zobojętniania kwasów (por. rozdz. "Wielkość depozytu wnoszonego z opadami atmosferycznymi na terenach leśnych").

W porównaniu z wodami opadowymi, udział opadów podkoronowych z ujemnymi wartościami ANC występował rzadziej, bo w około 1/5 przypadków. Ujemne wartości ANC związane z przewagą jonów wolnych kwasów występowały przeważnie w okresie zimowym (ryc. 13.5), co można przypisać zmniejszonej aktywności biologicznej drzew i mniejszej wymianie jonowej niż w okresie wegetacyjnym, ale także wzmożonym emisjom zanieczyszczeń w sezonie grzewczym. Na wszystkich powierzchniach obserwacyjnych ANC półrocza zimowego było niższe niż w półroczu letnim (ryc. 13.6).

Średnio rocznie dodatnią wartość ANC (przewagę wolnych zasad) w opadach podkoronowych odnotowano we wszystkich badanych drzewostanach z wyjątkiem sosnowego

na obszarze Śląska w Zawadzkim, gdzie występowała przewaga wolnych kwasów, a ANC osiągnęło wartość $-7,5 \mu\text{eq dm}^{-3} \text{rok}^{-1}$. Wysoką przewagę wolnych zasad odnotowano w opadach w Białowieży, Krotoszynie, Suwałkach i Łącku (odpowiednio 213, 206, 153 i $105 \mu\text{eq dm}^{-3} \text{rok}^{-1}$), natomiast w pozostałych drzewostanach ANC przyjmowało wartość od 21,9 do $99 \mu\text{eq dm}^{-3} \text{rok}^{-1}$.

Wpływ okapu w różnych gatunkowo drzewostanach wyrażał się w podniesieniu wartości ANC średnio w roku w opadach podkoronowych w stosunku do opadów docierających do koron (ryc. 13.7). W skali miesięcznej notowano również przypadki obniżenia ANC opadów w koronach; dotyczyły one niemal wszystkich powierzchni i występowały najczęściej w okresie zimowym.

Jony o zakwaszającym oddziaływaniu na środowisko (SO_4^{2-} , NO_3^- , NH_4^+ , Cl^-) stanowiły od 32 do 57% rocznego molowego depozytu (sumy azotu mineralnego, chlorków, siarczanów (VI), kationów zasadowych, żelaza, glinu, manganu i metali ciężkich oraz wodoru wyrażonej w molc ha^{-1}). W opadach w drzewostanie Nadleśnictwa Zawadzkie stwierdzono najwyższy udział jonów o charakterze zakwaszającym (57%), podobnie jak w poprzednich latach. Udział ten przekraczał połowę całkowitej depozycji podokapowej również w Kruczu (56%) i Szklarskiej Porębie (52%), a sięgał niemal połowy depozycji w Łącku (drzewostan dębowy) i Chojnowie (drzewostan sosnowy) oraz Gdańsku i Birczy (drzewostany bukowe). Najniższy był w Białowieży i Suwałkach (32 - 38%), tam też depozyt molowy jonów o charakterze zasadowym (Ca^{2+} , K^+ , Mg^{2+} i Na^+) znacznie przewyższał depozyt jonów zakwaszających (ryc. 13.8).

Przepływ jonów z opadami atmosferycznymi i podkoronowym zilustrowano na rycinie 13.9, na przykładzie czterech głównych gatunków drzew.

13.5. Spływ po pniu

Depozycja składników z opadami w drzewostanach byłaby znacząco niedoszacowana, gdyby pominięto jedną ze ścieżek dopływu wód opadowych do gleb leśnych, czyli wody spływające po pniach drzew. W monitoringu lasów ta frakcja wód opadowych jest badana jedynie w drzewostanach bukowych, gdyż budowa buka: architektura koron, typ i ułożenie liści oraz struktura kory w większym stopniu sprzyjają odprowadzaniu opadu po pniach, niż u innych gatunków. Spływ po pniu stanowi wobec tego w buczynach istotną formę transportu wody, substancji pokarmowych oraz zanieczyszczeń zawartych w opadach, modyfikując warunki glebowe w strefach wokół pni (Chang i Matzner 2000). Wokół korzeni buków tworzą się korytarze, sprzyjające preferencyjnemu odpływowi wody wraz z rozpuszczonymi

substancjami, oddziałujące w istotnym stopniu na wielkość przepływów hydrologicznych i odpływ substancji ze strefy korzeniowej (Johnson i Lehmann 2006, Schwärzel i in. 2012).

Pobór próbek spływu po pniu prowadzono w nadleśnictwach Gdańsk i Bircza w okresie bezmroźnym. Po przerwie zimowej 2021/2022 wznowiono badania w kwietniu i kontynuowano pobór próbek do listopada. Próbki pobierano w tych samych terminach, co opady podkoronowe. Opad spływający po pniach był indywidualnie odprowadzany z sześciu drzew na każdej powierzchni, reprezentujących sześć równolicznych klas pierśnic. Wydzielenie klas pierśnic posłużyło wstępnie do pogrupowania wszystkich żywych drzew na SPO MI i wyboru drzew o cechach reprezentatywnych dla danej powierzchni.

Wielkość spływu po pniach mierzono w dwojaki sposób. Na mniejszych drzewach, o pierśnicach poniżej 20 cm, ilość spływającego opadu wyznaczano na podstawie objętości wody zgromadzonej w połączonych szeregowo lub pojedynczych pojemnikach o pojemności nominalnej 90 dm³. Na pozostałych drzewach objętość spływu po pniu mierzono automatycznie z elektroniczną rejestracją wyników. Na podstawie objętości spływającej wody oraz pierśnicowego pola przekroju próbkowanych drzew i pierśnicowego pola przekroju drzewostanu na badanej powierzchni, z uwzględnieniem pola powierzchni SPO MI, wnioskowano o wielkości odprowadzonego po pniach opadu w mm.

Szacuje się, że ilość spływu po pniu przekroczyła w okresie badań 20 mm w Nadleśnictwie Gdańsk i 28 mm w Nadleśnictwie Bircza. Pomimo niskich temperatur i przewagi opadów śniegu pewna ilość wody w okresie gdy nie prowadzono pomiarów, tj. zimą, również mogła być odprowadzona po pniach. Roczna suma spływu po pniu prawdopodobnie przekraczała więc ilość oszacowaną dla badanych miesięcy. W miesięcznych okresach badań spływ po pniach stanowił od 1 do 6% opadu bezpośredniego (na otwartej przestrzeni) w Gdańsku oraz od 2 do 8% w Birczy, co odpowiada wartościom przytaczanym w literaturze (Chang i Matzner 2000, Johnson i Lehmann 2006).

W składzie chemicznym spływu po pniu zauważalny był wpływ aerozoli morskich w Gdańsku: średnie stężenia jonów chlorkowych i sodu były większe niż w Birczy (ryc. 13.10).

Na obu powierzchniach w większości miesięcznych pomiarów pojemność zobojętniania kwasów (ANC) była większa niż w opadach podkoronowych i na otwartej przestrzeni.

Depozyt składników wniesiony ze spływem po pniu przedstawiono w tabeli 13.1. Wyniósł on w okresie badań 3,1 kg ha⁻¹ w obu drzewostanach. Stanowiło to 5% depozytu podkoronowego w Gdańsku i 8% w Birczy. Woda opadowa wzbogaca się w związki organiczne w większym stopniu spływając po pniach niż przepływając przez warstwę koron (Van Stan i

Stubbins 2018). Mimo że suma opadu odprowadzonego po pniach stanowiła średnio zaledwie 5–6% opadu podkoronowego, depozyt rozpuszczonego węgla organicznego w spływie po pniu wynosił około 18–20% depozycji podokapowej RWO.

LITERATURA:

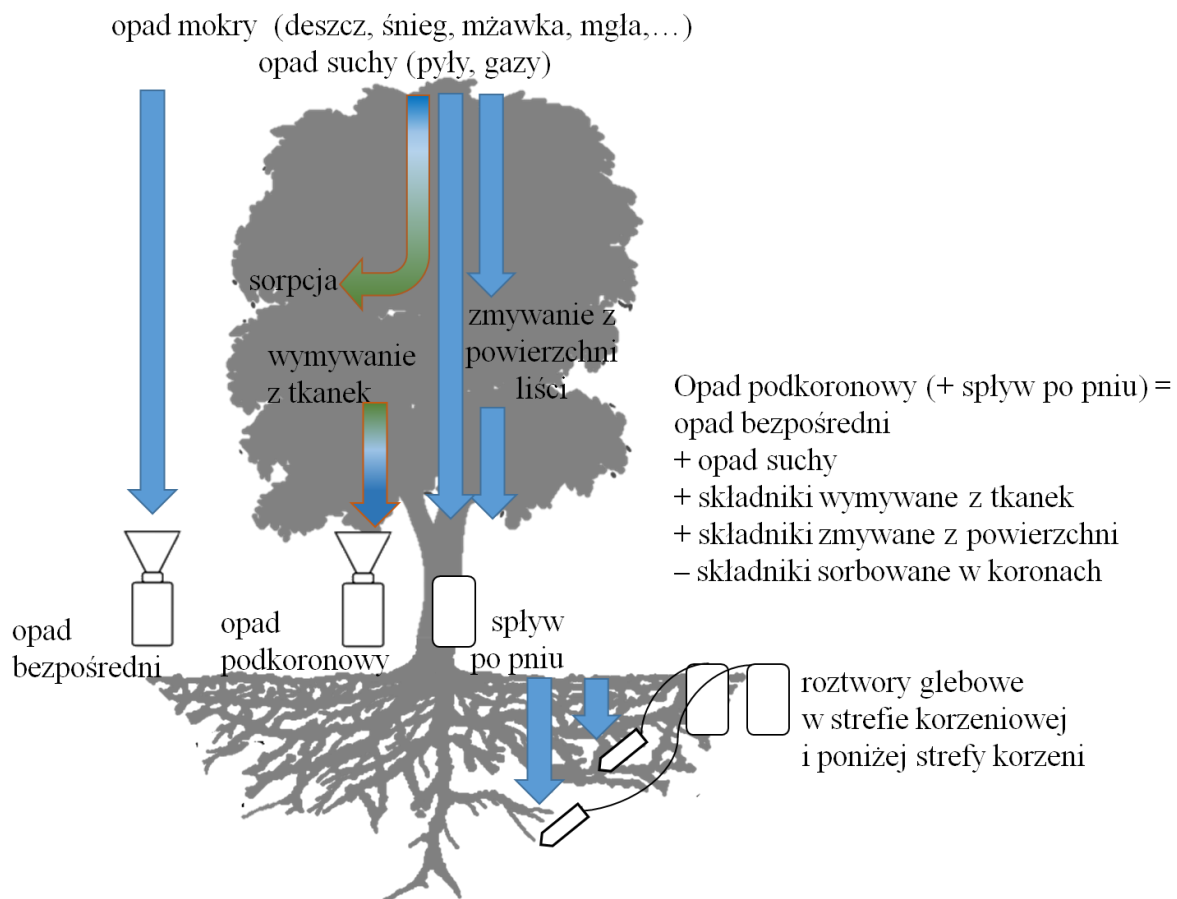
- Chang S.-C. & Matzner E., (2000). The effect of beech stemflow on spatial patterns of soil solution chemistry and seepage fluxes in a mixed beech/oak stand. *Hydrological Processes*, 14, 135-144.
- Johnson, M. S., & Lehmann, J. (2006). Double-funneling of trees: Stemflow and root-induced preferential flow. *Écoscience*, 13(3), 324–333.
- Kowalska A. & Janek M. (2009). Precipitation chemistry in a forested study area of the Chojnów Forest District in the years 2004-2007. *Journal of Water and Land Development*, 13a, 283-297.
- Kowalska A., Boczoń A., Hildebrand R., Polkowska Ż., (2016). Spatial variability of throughfall in a stand of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) with deciduous admixture as influenced by canopy cover and stem distance. *Journal of Hydrology*, 538, 231-242.
- Le Mellec A., Meesenburg H., Michalzik B., (2010). The importance of canopy-derived dissolved and particulate organic matter (DOM and POM) – comparing throughfall solution from broadleaved and coniferous forests. *Ann. For. Sci.*, 67: 411
- Schwärzel, K., Ebermann, S., & Schalling, N. (2012). Evidence of double-funneling effect of beech trees by visualization of flow pathways using dye tracer. *Journal of Hydrology*, 470-471, 184–192.
- StatSoft, Inc. (2011). STATISTICA (data analysis software system), version 10. www.statsoft.com.
- Van Stan, J.T., Stubbins, A. (2018) Tree-DOM: Dissolved organic matter in throughfall and stemflow. *Limnology and Oceanography Letters*, 3: 199-214.

Tabela 13.1. Depozyt [kg ha⁻¹] wniesiony z opadami w drzewostanach na SPO MI w 2022 r. (bez RWO).
RWO – rozpuszczony węgiel organiczny, N_{tot} – azot całkowity, PK – depozyt podkoronowy, PP – depozyt wniesiony ze spływem po pniu

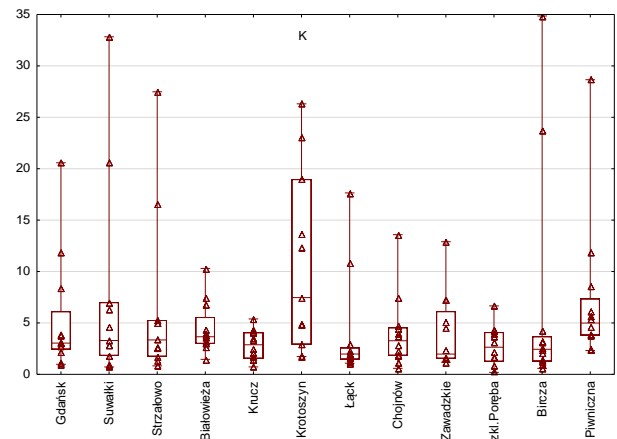
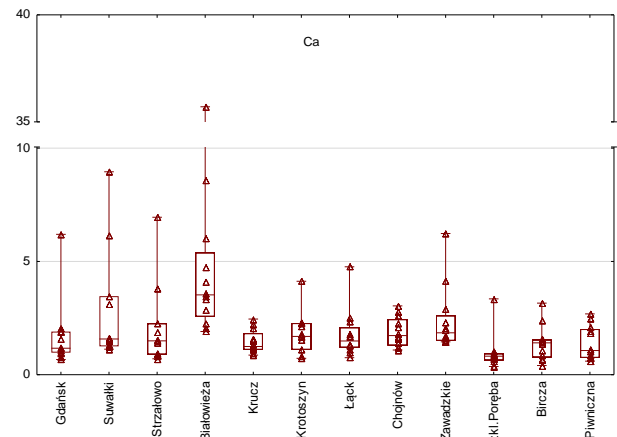
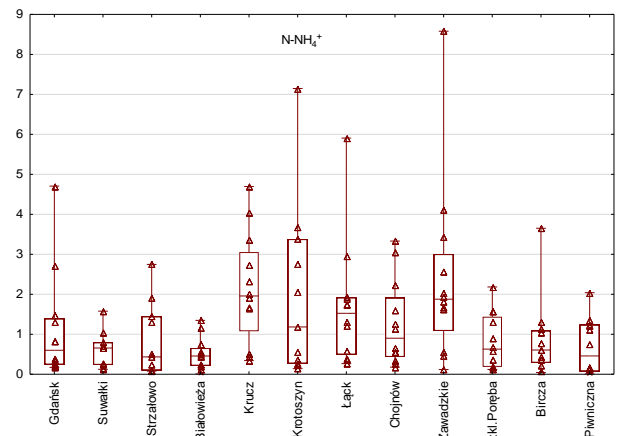
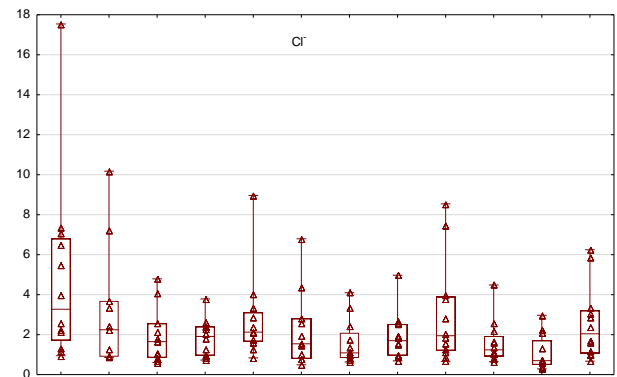
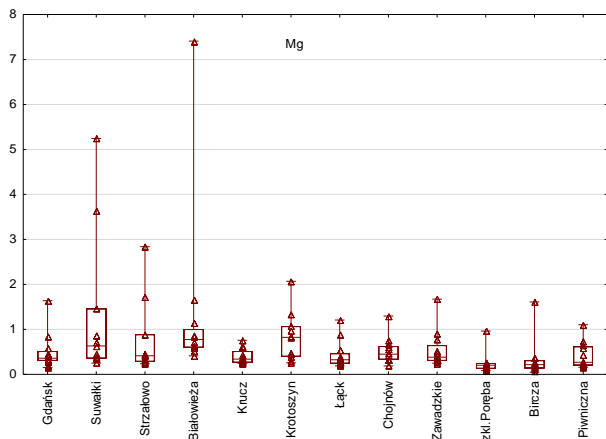
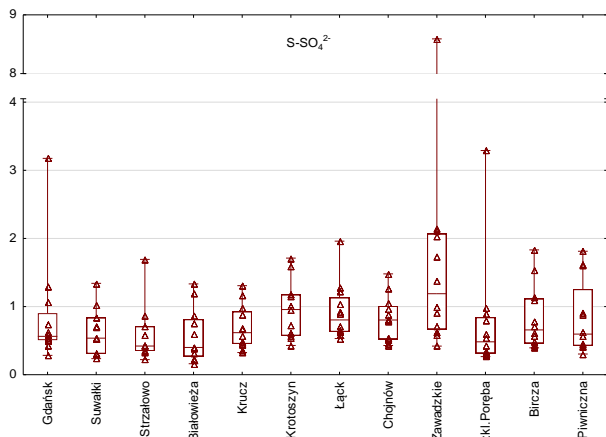
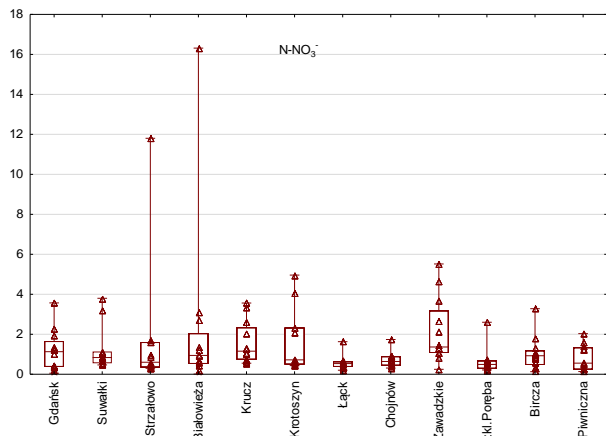
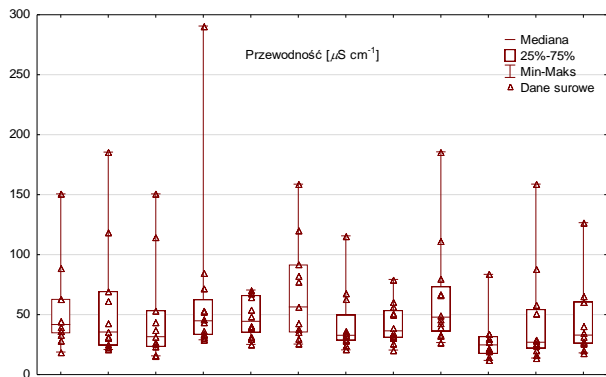
	Buk				Dąb		Sosna					Świerk		
	Gdańsk		Bircza		Krotoszyn	Łąck	Strzałowo	Białowieża	Krucz	Chojnów	Zawadzkie	Suwałki	Szklarska Poręba	Piwiczna
	PK	PP	PK	PP	PK									
Opad [mm]	444	20	502	28	485	435	352	459	304	424	445	615	893	390
H	0,015	0,000	0,021	0,000	0,017	0,007	0,011	0,011	0,014	0,016	0,057	0,004	0,049	0,020
Cl-	14,39	0,47	3,56	0,27	7,74	5,22	5,46	6,59	8,03	6,43	8,52	12,77	10,50	7,84
N-NO ₃ ⁻	3,96	0,02	4,25	0,12	7,13	2,00	4,47	4,72	3,53	2,74	6,71	5,24	3,77	3,30
S-SO ₄ ²⁻	2,55	0,09	2,98	0,24	3,60	3,39	1,65	1,93	1,81	3,08	5,10	2,98	4,45	2,69
N-NH ₄ ⁺	2,94	0,11	2,49	0,25	7,48	7,10	2,29	2,11	5,06	5,14	6,45	3,18	4,99	2,41
Ca	5,65	0,15	5,28	0,26	7,60	6,41	5,45	14,97	4,14	7,00	8,03	10,98	6,09	4,76
Mg	1,61	0,03	0,97	0,04	3,32	1,67	1,83	3,07	1,14	1,87	1,72	4,52	1,42	1,33
Na	6,95	0,29	1,62	0,10	2,92	2,27	2,71	2,96	4,17	2,54	3,41	6,06	4,61	2,08
K	19,30	1,64	17,04	1,59	45,81	15,71	15,00	19,19	8,32	14,44	12,26	26,49	16,28	21,29
Fe	0,052	0,007	0,048	0,010	0,202	0,106	0,054	0,090	0,074	0,081	0,100	0,076	0,143	0,091
Al	0,057	0,006	0,053	0,009	0,163	0,104	0,081	0,206	0,161	0,167	0,236	0,075	0,154	0,117
Mn	0,661	0,019	0,201	0,017	0,944	0,807	0,208	0,678	0,388	0,443	0,525	0,340	0,149	0,469
Cd	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,000	0,001	0,000
Cu	0,024	0,001	0,025	0,002	0,047	0,056	0,021	0,047	0,026	0,044	0,029	0,032	0,039	0,030
Pb	0,003	0,000	0,004	0,001	0,007	0,005	0,003	0,004	0,002	0,005	0,009	0,005	0,008	0,005
Zn	0,111	0,005	0,110	0,004	0,146	0,110	0,083	0,152	0,098	0,137	0,181	0,155	0,161	0,124
RWO	22,92	4,09	20,96	4,13	85,81	39,74	36,28	105,4	51,83	64,60	68,28	47,81	66,87	62,37
N _{tot}	8,81	0,35	8,19	0,58	18,31	11,32	8,41	9,86	10,54	10,10	15,22	11,51	11,69	7,74
Depozyt w drzewostanie	60,2	3,1	40,1	3,1	90,8	47,2	41,0	59,8	38,9	46,4	55,4	76,0	55,7	48,6

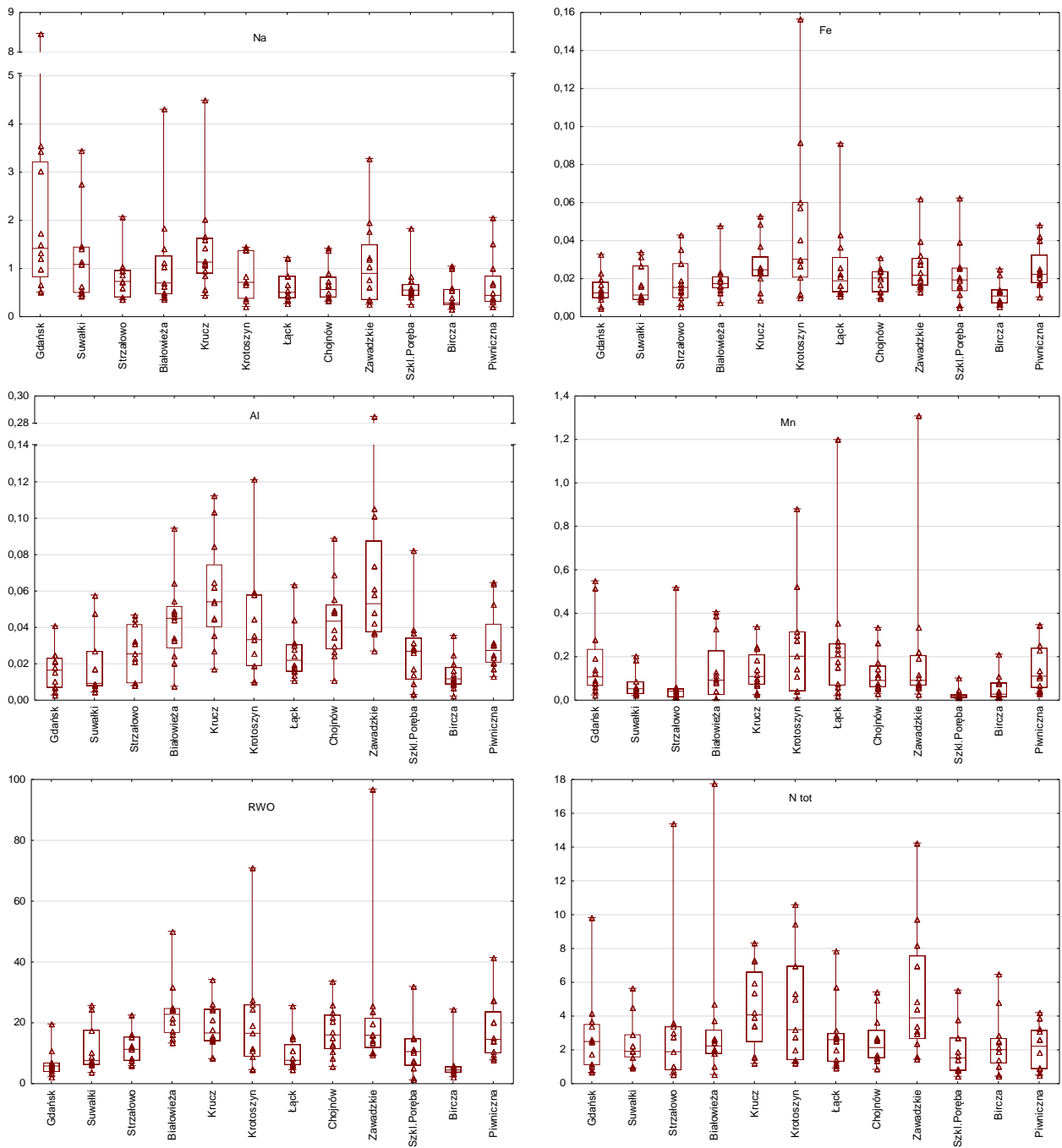
Tabela 13.2. Wyniki testów istotności różnic między SPO MI pod względem wielkości opadu podkoronowego i depozycji głównych składników. Czcionką pogrubioną zaznaczono wartości prawdopodobieństwa testowego p mniejsze od poziomu istotności $\alpha=0,05$. *wymieniono pary powierzchni o różnicach istotnych przy $\alpha=0,05$

	Test Kruskala- Wallisa H(11, N= 144)	Porównania wielokrotne (dwustronne)*		
		p	Nadleśnictwa	p
opad	0,0079	Szkl.Poręba	Krucz	0,0197
		Szkl.Poręba	Krotoszyn	0,0113
H ⁺	0,0002	Szkl.Poręba	Suwałki	0,0073
		Szkl.Poręba	Białowieża	0,0281
		Zawadzkie	Suwałki	0,0252
Cl ⁻	0,0001	Gdańsk	Bircza	0,0179
		Suwałki	Bircza	0,0420
N-NO ₃ ⁻	0,0383	-	-	-
S-SO ₄ ²⁻	0,0001	Szkl.Poręba	Strzałowo	0,0163
		Szkl.Poręba	Krucz	0,0067
		Zawadzkie	Strzałowo	0,0154
		Zawadzkie	Krucz	0,0063
N-NH ₄ ⁺	0,1108	-	-	-
Ca	0,0003	Białowieża	Gdańsk	0,0357
		Białowieża	Strzałowo	0,0197
		Białowieża	Krucz	0,0001
		Białowieża	Krotoszyn	0,0297
		Białowieża	Łąck	0,0247
		Suwałki	Krucz	0,0194
Mg	0,0011	Białowieża	Krucz	0,0035
		Białowieża	Bircza	0,0169
		Suwałki	Krucz	0,0079
		Suwałki	Bircza	0,0357
Na	0,0000	Gdańsk	Krotoszyn	0,0086
		Gdańsk	Bircza	0,0014
		Szkl.Poręba	Krotoszyn	0,0111
		Szkl.Poręba	Bircza	0,0019
K	0,0936	-	-	-
Fe	0,0966	-	-	-
Al	0,0015	Zawadzkie	Gdańsk	0,0067
Mn	0,0115	-	-	-
RWO	0,0002	Białowieża	Gdańsk	0,0053
		Białowieża	Bircza	0,0247
		Szkl.Poręba	Gdańsk	0,0095
		Szkl.Poręba	Bircza	0,0420
N _{tot}	0,6261	-	-	-
ANC	0,0002	Suwałki	Zawadzkie	0,0027
		Białowieża	Gdańsk	0,0320
		Białowieża	Zawadzkie	0,0003

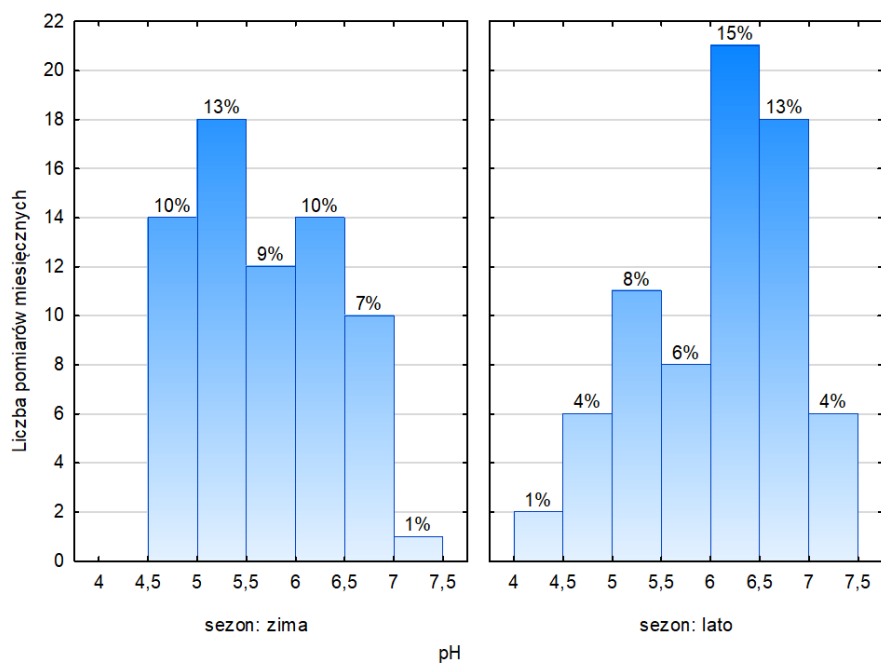


Rycina 13.1. Schemat koncepcyjny badań depozytu i przepływu składników w środowisku leśnym na SPO MI

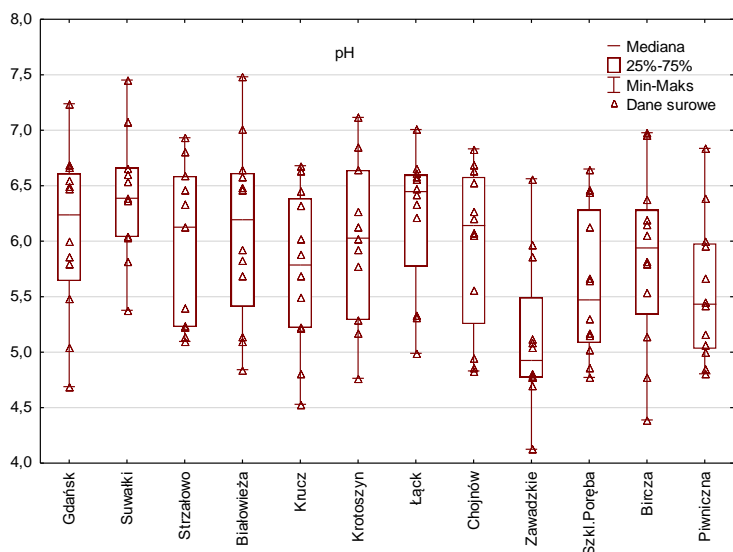




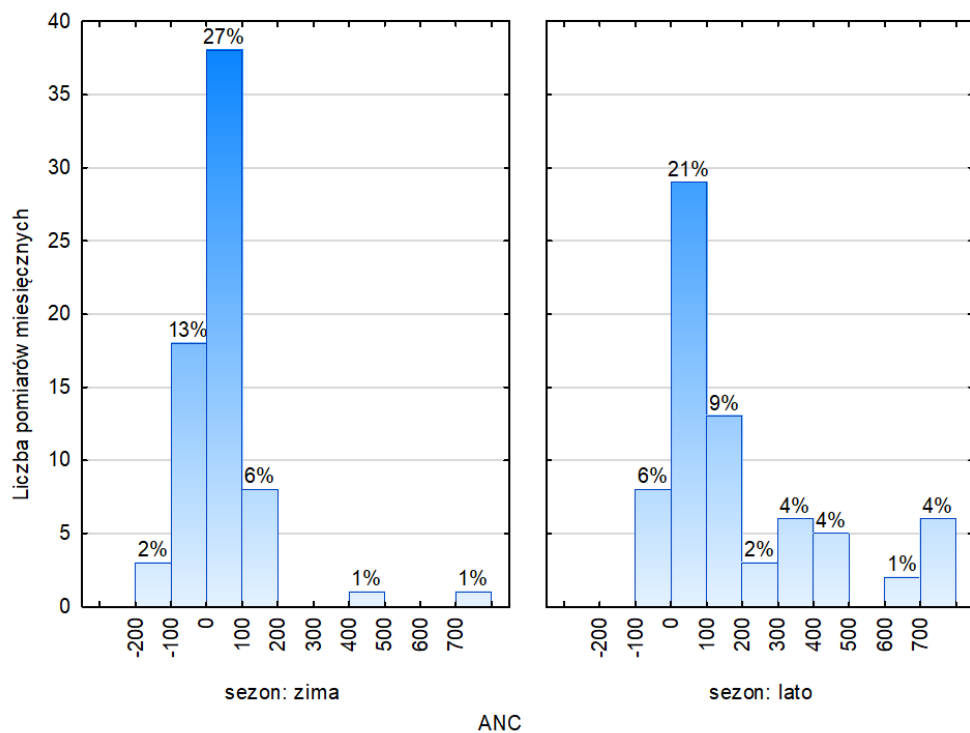
Rycina 13.2. Przewodność [$\mu\text{S cm}^{-1}$] i stężenie głównych składników [mg dm^{-3}] w opadach podkoronowych na SPO MI w 2022 r. RWO – rozpuszczony węgiel organiczny, Ntot – azot całkowity



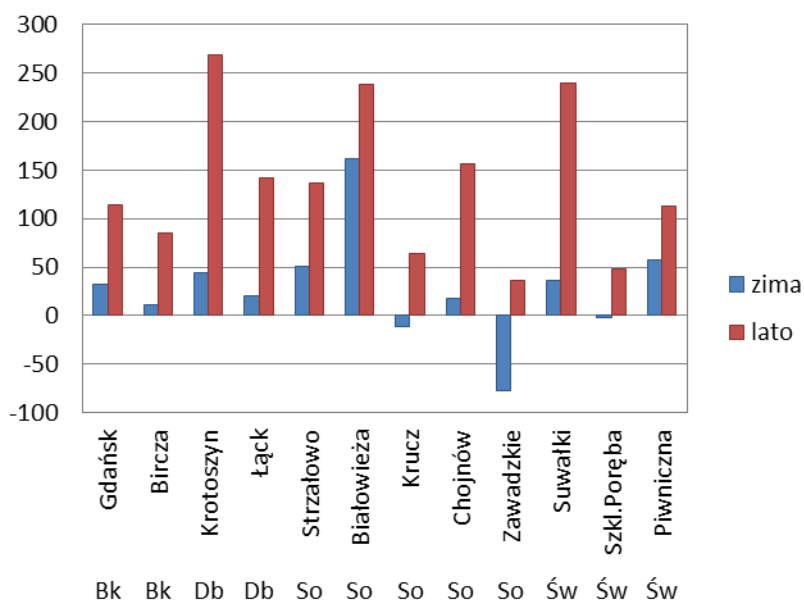
Rycina 13.3. Histogram pH opadów podkoronowych na SPO MI w okresie letnim oraz zimowym 2022 r.



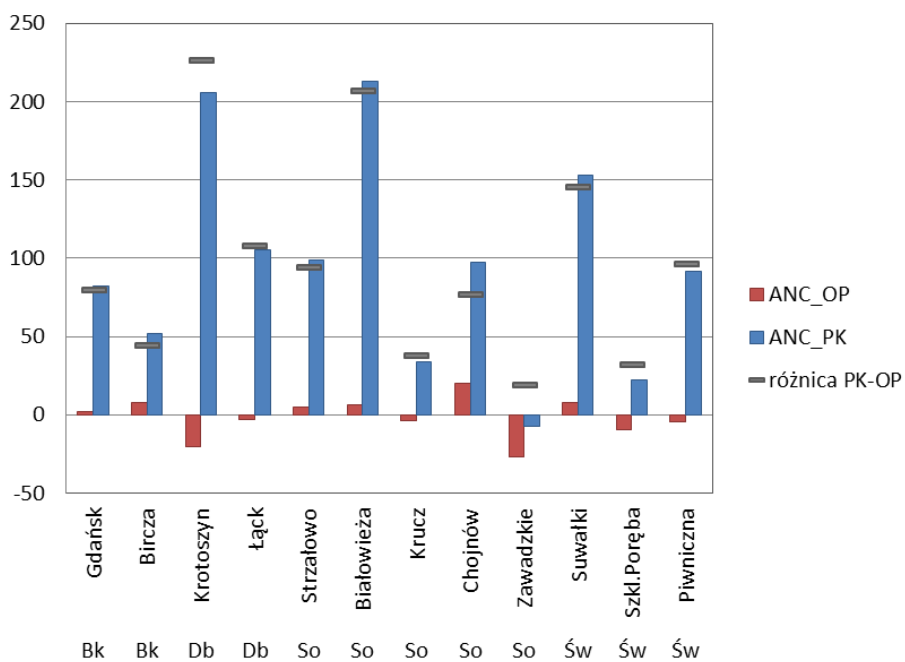
Rycina 13.4. pH opadów podkoronowych na SPO MI w 2022 r.



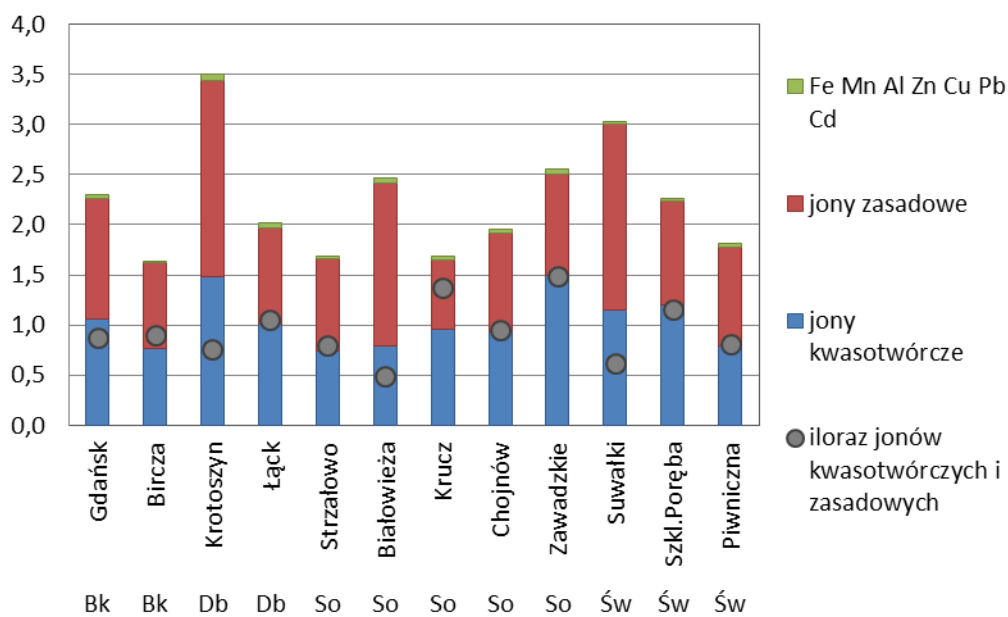
Rycina 13.5. Histogram pojemności zobojętniania kwasów ANC [$\mu\text{eq dm}^{-3}$] w opadach podkoronowych na SPO MI w sezonie zimowym oraz letnim 2022 r.



Rycina 13.6. Pojemność zobojętniania kwasów (ANC) [$\mu\text{eq} \cdot \text{dm}^{-3}$] w opadach podkoronowych na SPO MI w 2022 r. Średnie dla okresu zimowego (miesiące I-IV, XI i XII) i letniego (V-X).

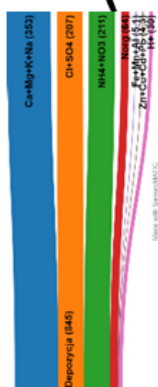


Rycina 13.7. Średnia roczna pojemność zobojętniania kwasów (ANC [$\mu\text{eq dm}^{-3}$]) w opadach na otwartej przestrzeni (OP) i podkoronowych (PK) na SPO MI w 2022 r.

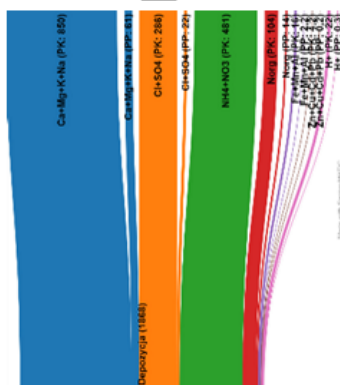


Rycina 13.8. Ładunek jonów [$\text{kmol}_c \text{ha}^{-1}$] oraz stosunek depozytu jonów kwasotwórczych do zasadowych w opadach podkoronowych na SPO MI w 2022 r.

Bircza (buk)

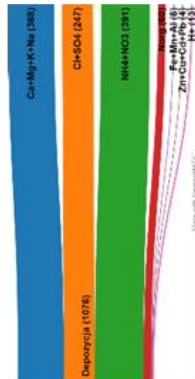


Opady atmosferyczne (OP)

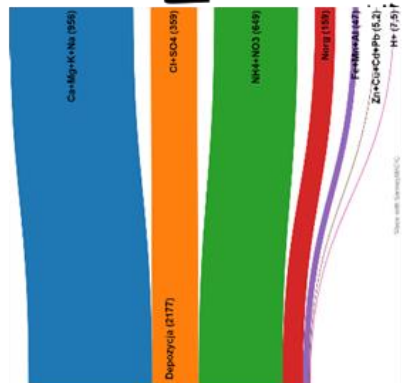


Opady podkoronowe (PK) + spływ po pniu (PP)

Łąck (dąb)

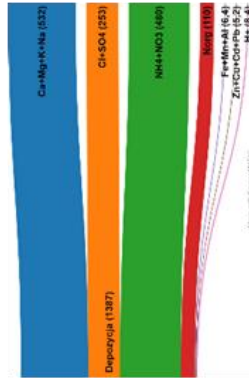


Opady atmosferyczne (OP)

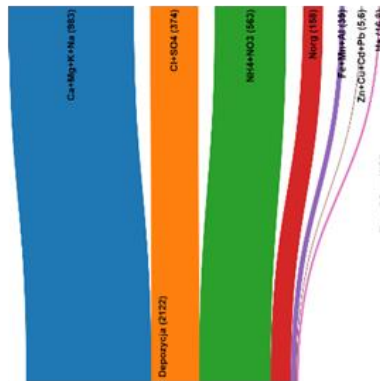


Opady podkoronowe (PK)

Chojnów (sosna)



Opady atmosferyczne (OP)

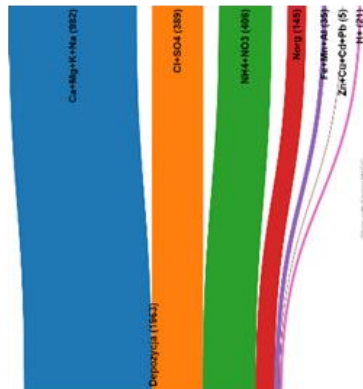


Opady podkronowe (PK)

Piwniczna(świerk)

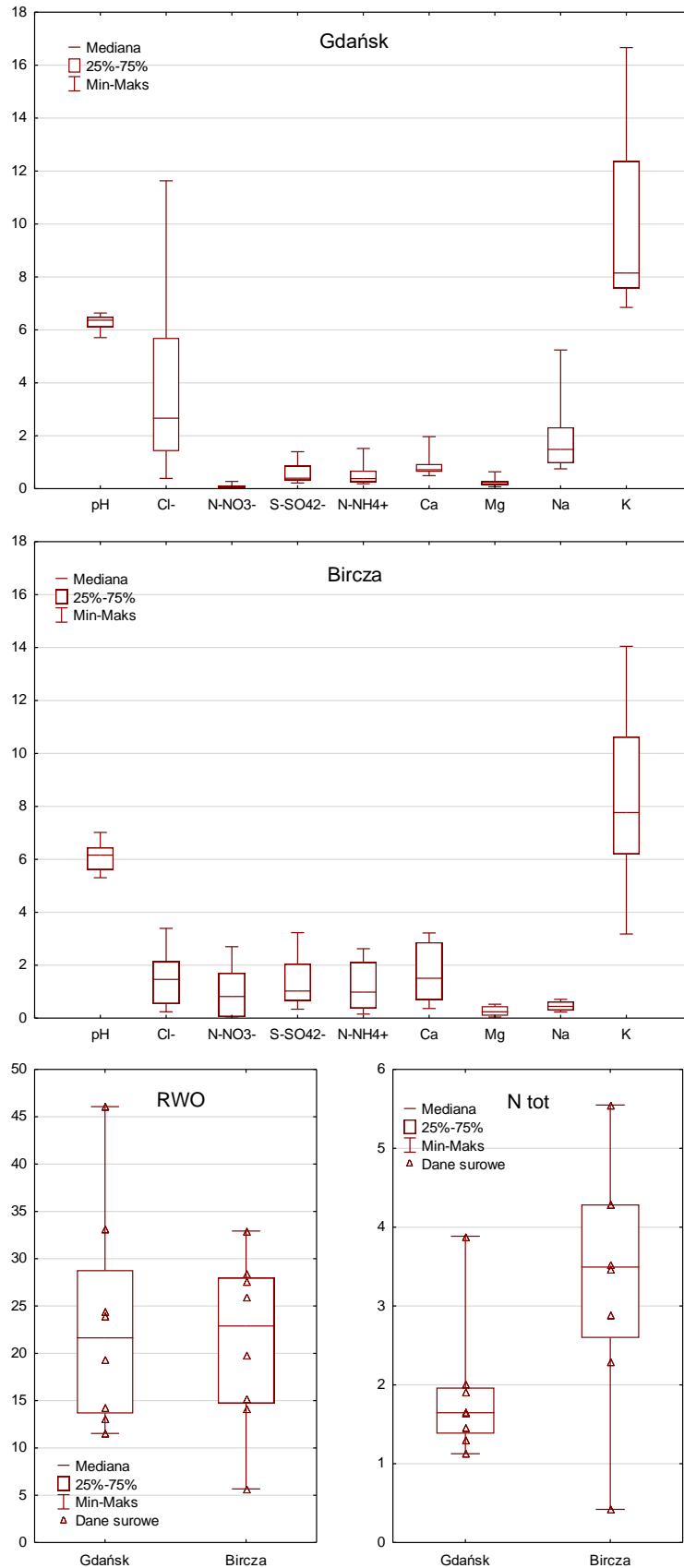


Opady atmosferyczne (OP)



Opady podkoronowe (PK)

Rycina 13.9. Przepływ jonów z opadami atmosferycznymi i podkoronowym (i po pniu w drzewostanie bukowym) w $\text{mol}_c \text{ ha}^{-1}$ w 2022 r. na wybranych SPO MI: w drzewostanie bukowym w Nadleśnictwie Birza, dębowym w Nadleśnictwie Łąck, sosnowym w Nadleśnictwie Chojnow i świerkowym w Nadleśnictwie Piwniczna



Rycina 13.10. Stężenie głównych składników w mg dm^{-3} oraz pH w wodach spływających po pniach drzew w 2022 r. Poziomą linią zaznaczono medianę, wąsami – zakres wartości miesięcznych oraz ramką – zakres kwartylowy.

14. CHEMIZM ROZTWORÓW GLEBOWYCH W 2022 R. – ANNA KOWALSKA

Roztwory glebowe stanowią drogę transportu składników odżywczych i substancji toksycznych między fazą stałą gleby a korzeniami roślin. Skład chemiczny roztworów glebowych jest więc źródłem informacji istotnych dla oceny wpływu zanieczyszczeń powietrza oraz innych czynników stresowych na ekosystemy leśne (Nieminen 2011).

W 2022 roku na powierzchniach monitoringu intensywnego pobierano roztwory glebowe z miesięczną częstotliwością, stosując kwarcowo-teflonowe podciśnieniowe lizymetry PRENART. Podciśnienie zakładano 5–7 dni przed poborem próbek. Próbkę pobierano poza okresami, gdy gleba była zamrznięta i pokryta warstwą śniegu, co uniemożliwiałoby obsługę aparatury zainstalowanej w glebie. Na każdej powierzchni funkcjonowało po 10 lizymetrów na dwóch głębokościach gleby: 25 cm i 50 cm od powierzchni. Jedynie w Szklarskiej Porębie lizymetry zainstalowano na głębokości 20 i 40 cm z uwagi na małą miąższość gleby i kamieniste podłoże. Takie umiejscowienie próbników umożliwia monitorowanie stężeń składników odżywczych w strefie obecności głównej masy korzeniowej roślin oraz poniżej tej strefy, skąd przy sprzyjających warunkach wodnych rozpuszczone substancje są transportowane w głąb profilu. Objętość pobieranych próbek mierzono wolumetrycznie. Próbkę roztworów glebowych były łączone w stosunku objętościowym przed analizami tak, by otrzymać po dwie próbki z obu głębokości na każdej badanej powierzchni, o ile pozwalała na to pobrana objętość. Z próbkami roztworów glebowych postępowano dalej jak z próbkami wód opadowych; zakres badań chemicznych dla roztworów glebowych był taki jak dla próbek opadów podkoronowych i opadu bezpośredniego.

Pobieranie próbek po okresie zimowym 2021/2022 wznowiono od marca w Białowieży i Birczy, od kwietnia w Suwałkach, Krotoszynie i Piwnicznej a od maja w Szklarskiej Porębie. W Gdańsku, Strzałowie, Kruczu, Łącku, Chojnowie i Zawadzkiem wskutek łagodnych warunków pogodowych próbki pobierane były bez przerwy zimowej 2021/2022. W rejonach górskich (Szklarska Poręba i Piwniczna) i w Krotoszynie próbki pobierano w zależności od warunków pogodowych do końca października, w Birczy i Białowieży do końca listopada, a na pozostałych SPO MI próbki pobrano również w grudniu. Na przestrzeni roku występowały miesiące, gdy wskutek niskich opadów na niektórych SPO MI woda glebowa nie była dostępna i nie było możliwe pobieranie wystarczających ilości próbek do badań. Taka sytuacja miała miejsce w Suwałkach między sierpniem a listopadem, w czerwcu i lipcu w Krotoszynie, od

czerwca do sierpnia w Birczy, od września do listopada w Strzałowie i sporadycznie w innych miesiącach na pozostałych SPO MI.

Na większości obszaru badań w niektórych miesiącach od wczesnej wiosny aż do końca roku z powodu małej objętości łączono próbki do analiz, uzyskując po jednej próbce z każdej głębokości lub w ogóle nie było możliwe wykonanie pełnego zestawu analiz chemicznych.

Średnie pH na SPO MI w 2022 roku w badanych roztworach glebowych wynosiło od 4,1 do 7,5 na głębokości 25 cm oraz od 4,4 do 6,6 na głębokości 50 cm (ryc. 14.1). Zmiany większe niż $\pm 0,2$ jednostki pH w porównaniu z rokiem poprzednim wystąpiły w nielicznych przypadkach i mogły być spowodowane niewystarczającą dostępnością wody glebowej. Gdy próbki pobierane są w drzewostanie z jednego lub dwóch punktów – co zdarzało się w suchszych okresach roku – zamiast z wszystkich zainstalowanych lizymetrów, rośnie ryzyko, że próbka połączona nie jest w pełni reprezentatywna dla panujących warunków. Taka sytuacja mogła mieć miejsce w Birczy i Krotoszynie. Na tych powierzchniach stwierdzono szczególnie duże wahania pH (odpowiednio -0,8 i 0,7 jednostki) na głębokości 50 cm w porównaniu do średniej z roku 2021. Również na głębokości 25 cm w Birczy pH było o 0,3 jednostki niższe niż w roku poprzednim.

Kwaśne roztwory występowały w drzewostanach sosnowych w Zawadzkiem, Kruczu i Chojnowie (pH od 4,1 do 4,6) i podobnie w Białowieży (pH 4,6). W świerczynach w Szklarskiej Porębie i Piwnicznej, w drzewostanie dębowym w Łącku, bukowym w Gdańsku pH roztworów glebowych na obu głębokościach mieściło się w zakresie 4,5–4,8. W Strzałowie (sosna), Birczy (buk) i w Suwałkach (świerk) pH osiągało średnie wartości w zakresie 6,2 – 7,5. W dąbrowie w Krotoszynie w płytszym poziomie pH było niskie i wynosiło tylko 4,3. Z reguły w górnej części profilu glebowego występowało nieznaczne zakwaszenie roztworów w stosunku do głębszych poziomów, szczególnie widoczne w dąbrowie w Krotoszynie, buczynie w Birczy i borze w Strzałowie, gdzie różnica między pH na głębokości 25 i 50 cm wynosiła odpowiednio 0,9, 0,5 i 0,5 jednostki pH.

W składzie roztworów glebowych znaczący udział miały kationy o charakterze zasadowym: Ca, Mg i K, które stanowiły co najmniej 50% sumy jonów na obu głębokościach w Birczy, Strzałowie oraz Suwałkach (ryc. 14.2). Udział kationów o charakterze zasadowym w sumie jonów był niski (22–25%) na powierzchni świerkowej w Szklarskiej Porębie i w drzewostanach sosnowych w Chojnowie i Zawadzkiem. W drzewostanie sosnowym w Białowieży i Kruczu, w dąbrowie w Łącku, w buczynie w Gdańsku i świerczynie w Piwnicznej był nieco wyższy i wynosił od 28 do 39%.

Stosunek molowy jonów o charakterze zasadowym (Ca, Mg i K) do glinu stosowany jest jako wskaźnik stopnia zagrożenia gleby przez czynniki zakwaszające. Przyjmuje się, że przy wartościach $(Ca+Mg+K)/Al \geq 1$ korzenie drzew są chronione przed skutkami zakwaszania gleb. Wskaźnik ten był również stosowany jako podstawa wyznaczania ładunku krytycznego kwasowej depozycji dla gleb leśnych (np. Semenov i in. 2001, Akselsson i in. 2004).

Stosunek molowy jonów zasadowych (Ca, Mg i K) do glinu (BC/Al, ryc. 14.1) przyjął znacznie niższe od jedności wartości, mieszczące się w zakresie od 0,3 do 0,6 w roztworach glebowych na obu głębokościach w nadleśnictwach: Szklarska Poręba (świerk), Chojnów (sosna), Zawadzkie (sosna) i Krucz (sosna). W Gdańsku (buk) mieścił się w granicach 0,5–0,8. W Łącku (dąb) i Piwnicznej (świerk) wynosił odpowiednio 0,5 i 0,7 na głębokości 25 cm i wzrastał do 1,0–1,1 w głębszym poziomie gleby. Na pozostałych powierzchniach: Strzałowo, Białowieża (sosna), Bircza (buk), Krotoszyn (dąb), Suwałki (świerk) przekraczał – niekiedy znacznie – przyjętą wartość krytyczną, wskazując na brak zagrożenia korzeni ze strony toksycznych form glinu.

Obecność azotanów w roztworach glebowych z reguły stanowi wskaźnik tzw. wysycenia ekosystemu azotem, czyli sytuacji, gdy podaż azotu przekracza zapotrzebowanie roślin i mikroorganizmów (np. Aber i in. 1989, Gundersen i Rasmussen 1995, Kristensen i in. 2004). Zakładając, że woda zawarta w glebie na głębokości 50 cm znajduje się poza główną strefą wzrostu korzeni drzew i w sprzyjających warunkach hydrometeorologicznych opuszcza tę strefę wraz z rozpuszczonymi substancjami, przyjmuje się, że obecność mineralnych form azotu w roztworach glebowych na 50 cm głębokości może wskazywać na nadmierną dostawę azotu i ryzyko wymywania azotu z tych gleb.

W okresie badań jony NO_3^- występowały w roztworach glebowych poniżej głównej strefy korzeniowej roślin na głębokości 50 cm w Białowieży w stężeniu od 1,8 do 10,3 mg N dm⁻³ od marca do września (ryc. 14.3). W Suwałkach odnotowano stężenia od 0,7 do 3,1 mg N dm⁻³ przez cały okres pobierania próbek poza lipcem.

Na SPO w Białowieży w ostatnich latach wystąpiły wiatrowały i inne uszkodzenia od wiatru, co może wskazywać na gorszą kondycję drzew, punktowe odsłonięcie gleby sprzyjające przyspieszonej mineralizacji i uwalnianiu azotanów do roztworów glebowych. Drugą potencjalną przyczyną osłabienia drzew jest obecność opieńki.

W Suwałkach obecność azotanów w roku 2022 można wiązać z uszkodzeniem drzewostanu i powolnym rozpadem, związanym z obecnością kornika i chorobami grzybowymi, w wyniku czego część powierzchni badawczej została pozbawiona drzew.

Zaburzenie wywołane cięciami pielęgnacyjnymi w Zawadzkim, które doprowadziło do zmian w strukturze drzewostanu i spowodowało w 2020 roku podwyższenie stężeń jonów azotanów (V), nie przyniosło podobnych skutków dla składu roztworów glebowych w 2021 i 2022 roku. Przejściowe przyspieszenie mineralizacji ściółki wskutek przeredzenia okapu miało efekt na tyle krótkotrwały, że w kolejnych latach stężenia jony NO_3^- w roztworach glebowych pozostawały na niskim poziomie.

W Krotoszynie w drzewostanie przeprowadzono w 2017 roku cięcia sanitarne, czego następstwem było wzmożone uwalnianie N-NO_3^- do roztworów glebowych w ubiegłych latach wskutek zwiększonej mineralizacji materii organicznej. Dodatkowo drzewostan wykazywał oznaki uszkodzeń spowodowanych różnymi czynnikami, a zamierające drzewa powiększały powierzchnię gleby nieosłoniętą okapem, przez co mogło przyspieszać tempo mineralizacji w glebie. Wydaje się, że podobnie jak w Zawadzkim, efekt dawnych cięć sanitarnych przemijał w roku 2022 a azotany (V) pojawiały się w roztworach glebowych sporadycznie i na niższym poziomie niż w latach poprzednich.

Zjawiska prowadzące do uszkodzeń drzewostanów znajdują odzwierciedlenie w chemizmie roztworów glebowych, w których pojawiają się podwyższone poziomy azotanów (V). Przyspieszone tempo mineralizacji materii organicznej i wzmożona nityfikacja towarzyszące degradacji siedliska, przy jednocześnie wysokim ładunku azotu dopływającego z opadami, skutkują uwolnieniem azotanów do roztworu glebowego i wymywaniem poza profil gleby (Rasmussen 1998).

Obecność jonów amonowych w roztworach glebowych w Suwałkach, Piwnicznej (świerk) i Krotoszynie (dąb) (ryc. 14.4) może świadczyć zarówno o nadmiernym dopływie azotu z depozycją atmosferyczną, jak i o wysokim tempie mineralizacji materii organicznej, będącym następstwem np. odsłonięcia gleby wskutek obumarcia drzew, wiatrowałów lub przeprowadzonych cięć sanitarnych.

LITERATURA:

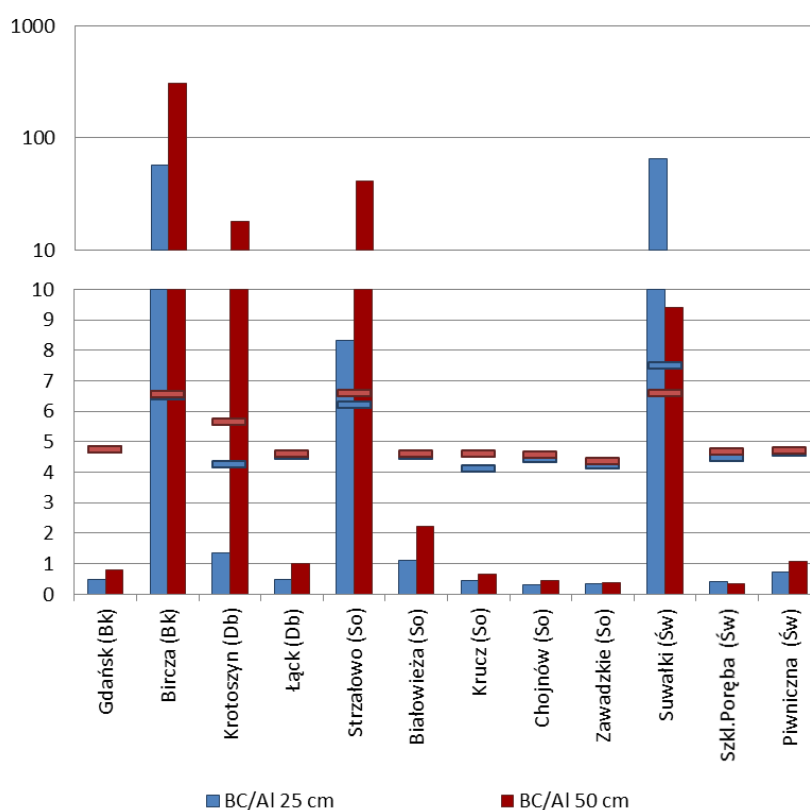
- Aber J.D., Nadelhoffer K.J., Steudler P., Melillo J.M., (1989). Nitrogen saturation in northern forest ecosystems. *BioScience* 39: 378–386.
- Akselsson C., Ardö J., Sverdrup H. (2004). Critical loads of acidity for forest soils and relationship to forest decline in the northern Czech Republic. *Environmental Monitoring and Assessment* 98: 363–379.
- Gundersen, P., & Rasmussen, L. (1995). Nitrogen mobility in a nitrogen limited forest at Klosterhede, Denmark, examined by NH_4NO_3 addition. *Forest Ecology and Management*, 71, 75–88.

Kristensen H. L., Gundersen P., Callesen I., Reinds G. J., (2004). Throughfall nitrogen deposition has different impacts on soil solution nitrate concentration in European coniferous and deciduous forests. *Ecosystems*, 7: 180–192

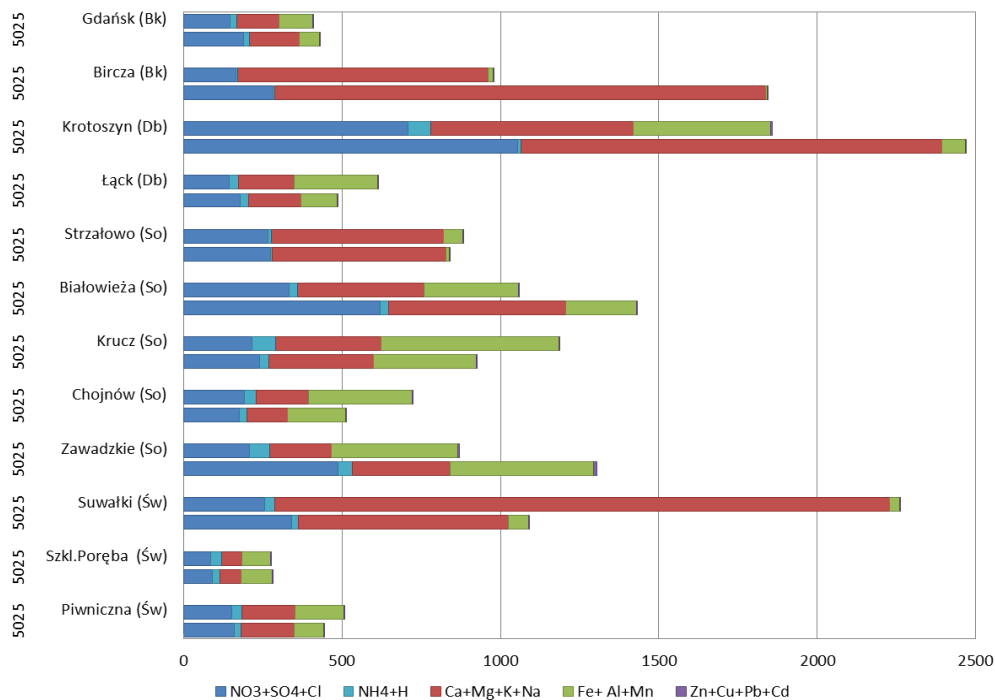
Nieminen, T., (2011). Soil Solution Collection and Analysis. Manual Part XI, 30 pp. In: Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests. UNECE, ICP Forests, Hamburg. ISBN: 978-3-926301-03-1.

Rasmussen, L. (1998). Effects of afforestation and deforestation on the deposition, cycling and leaching of elements. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 67, 153–159.

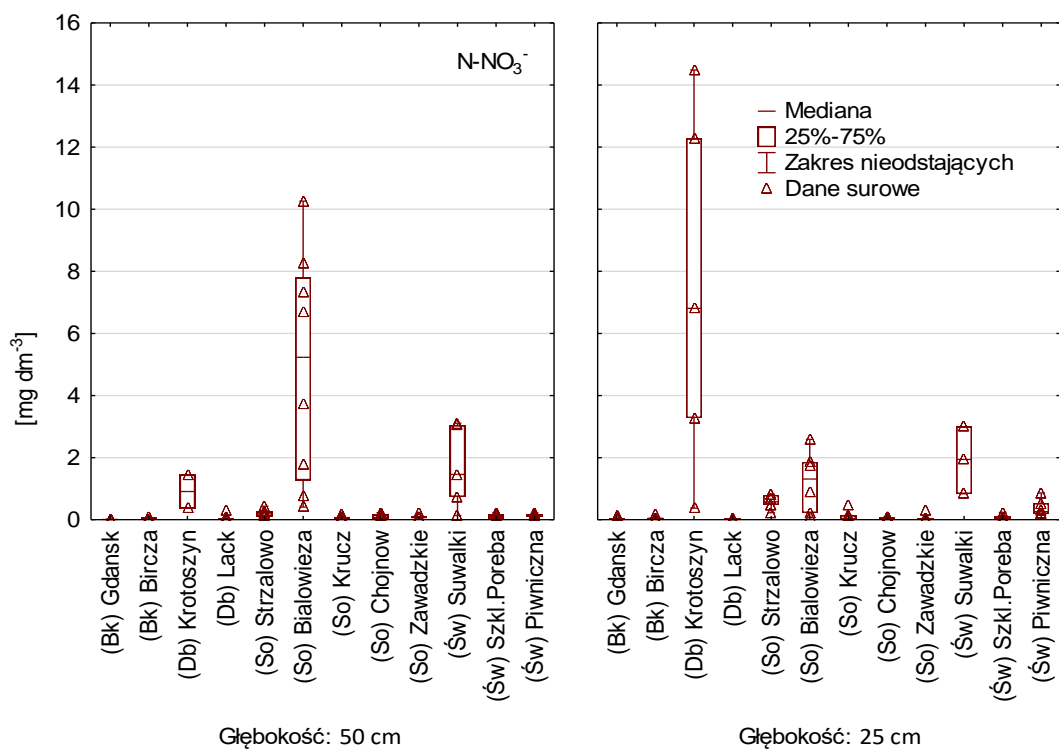
Semenov M., Bashkin V., Sverdrup H. (2001). Critical loads of acidity for forest ecosystems of North Asia. *Water, Air, and Soil Pollution*, 130: 1193-1198.



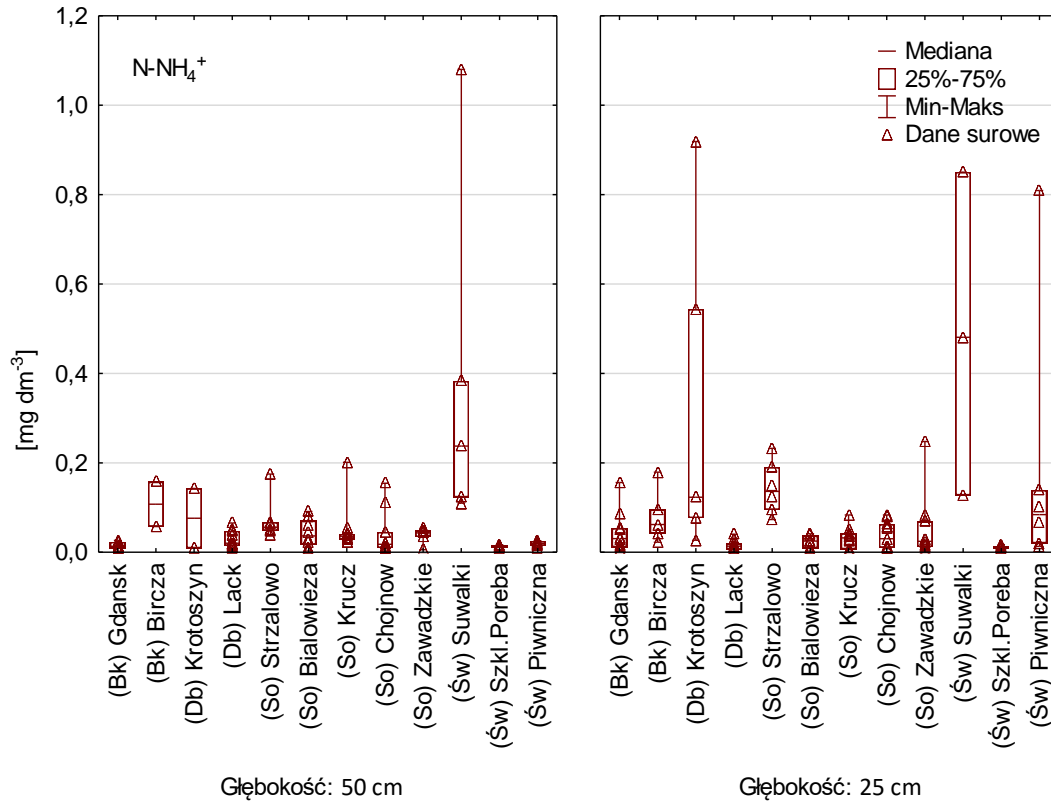
Rycina 14.1. Stosunek molowy kationów zasadowych do glinu (BC/Al) w roztworach glebowych na SPO MI w 2022 r. Poziomymi kreskami zaznaczono średnią roczną wartość pH na głębokości 25 cm (kolor niebieski) i 50 cm (kolor czerwony)



Rycina 14.2. Suma stężeń jonów [$\mu\text{molc dm}^{-3}$] w roztworach glebowych na głębokości 25 i 50 cm (oznaczenie z lewej strony pionowej osi wykresu) na SPO MI w 2022 r.



Rycina 14.3. Stężenia azotanów (V) w roztworach glebowych na głębokości 25 cm i 50 cm na SPO MI w 2022 r.



Rycina 14.4. Stężenia jonów amonowych [mg N dm^{-3}] w roztworach glebowych na głębokościach 25 cm i 50 cm na SPO MI w 2022 r.

CZEŚĆ IV BADANIA NA STAŁYCH POWIERZCHNIACH OBSERWACYJNYCH MONITORINGU INTENSYWNEGO (SPO MI)

15. ZMIANY STĘŻEŃ ZANIECZYSZCZEŃ GAZOWYCH, DEPOZYCJI ORAZ SKŁADU ROZTWORÓW GLEBOWYCH PO 2010 R. – ANNA KOWALSKA

Stężenia NO₂ i SO₂ w powietrzu poddano analizie występowania trendów w latach 2011–2022 dla SPO Gdańsk, Suwałki, Strzałowo, Białowieża, Krucz, Krotoszyn, Łąck, Chojnow, Zawadzkie, Szklarska Poręba i Bircza, a od roku 2013 również dla SPO Piwniczna. Ponadto przeprowadzono analizę trendów dla wielkości opadów na otwartej przestrzeni i pod okapem, pH, zasadowości oraz depozycji SO₄²⁻, NO₃⁻, NH₄⁺ i Ca w latach 2010–2022. Analizy wykonano również dla objętości oraz stężeń wybranych składników w roztworach glebowych. Wykonano testy na zgodność z rozkładem normalnym oraz na występowanie sezonowości metodami opisanymi przez Waldnera i in. (2014). Analizę trendów w opadach przeprowadzono nieparametrycznym testem sezonowym Manna-Kendalla (SMK), zaś w roztworach glebowych testem Manna-Kendalla (MK). Obliczenia wykonano w projekcie R wersja 4.3.1 (R Core Team 2023) z użyciem pakietów Kendall (McLeod 2022) oraz rkt (Marchetto 2021).

Na każdej z badanych SPO MI w ostatnich latach zanotowano istotny spadek stężenia dwutlenku siarki (tab. 15.1). Największe spadki wystąpiły w rejonach górskich: w Birczy i Szklarskiej Porębie. W rejonach o ogólnie niższym poziomie zanieczyszczeń gazowych (Polska północno-wschodnia): w Suwałkach, Strzałowie i Białowieży spadek stężenia SO₂ nie był tak wyraźnie zaznaczony, choć testy wskazują na jego istotność.

Stężenia dwutlenku azotu w powietrzu w badanym okresie również wykazywały trendy spadkowe na wszystkich badanych powierzchniach SPO MI (tab. 15.1). Najbardziej zaznaczony spadek stężeń NO₂ miał miejsce w Suwałkach, Strzałowie i Białowieży (Polska północno-wschodnia) oraz Birczy (Polska południowa – rejon podkarpacki), gdzie od lat stężenia dwutlenku azotu w powietrzu utrzymują się na niskim poziomie w porównaniu z pozostałymi SPO MI.

Na SPO MI największy spadek stężenia NO₂ wystąpił w Chojnowie, gdzie obserwowane są najwyższe stężenia NO₂ spośród powierzchni monitoringu lasów. Poza tym duży spadek zaobserwowano również w Łącku i Zawadzkim.

Stężenia gazowych zanieczyszczeń powietrza w latach 2011–2022 przedstawiono na rycinach 15.1–15.6, czerwona linia ilustruje tendencje zmian stężeń.

W latach 2010–2022 (tab. 15.2) nie występowały istotne trendy wysokości opadów na powierzchniach SPO MI, z wyjątkiem Krotoszyna i Szklarskiej Poręby, gdzie zaobserwowano spadek ilości opadów. Na otwartej przestrzeni lub w drzewostanach na większości SPO MI pH opadów wykazywało istotny ($p \leq 0,05$) trend rosnący, co można uznać za zjawisko pozytywne. Wyjątkiem były powierzchnie świerkowe w Piwnicznej (w drzewostanie) i Suwałkach (na otwartej przestrzeni) oraz sosnowe w Zawadzkiem (w drzewostanie i na przyległym terenie otwartym) i Białowieży (na otwartej przestrzeni), gdzie nie zaobserwowano trendu.

Wzrostowi pH opadów towarzyszyło zmniejszanie się depozycji siarki w formie siarczanów (VI): depozycja $S-SO_4^{2-}$ na wszystkich SPO MI na otwartej przestrzeni oraz pod okapem wykazywała tendencję malejącą.

Zmniejszającemu się zakwaszeniu opadów i spadkowi depozycji związków siarki towarzyszył trend wzrostu zasadowości opadów w drzewostanie świerkowym w Szklarskiej Porębie. W nielicznych przypadkach na powierzchniach iglastych (Strzałowo, Białowieża, Piwniczna) opady bądź na otwartej przestrzeni bądź pod okapem wykazywały malejącą zasadowość na przestrzeni lat badań.

Depozycja mineralnych związków azotu w znacznie mniejszym stopniu niż $S-SO_4^{2-}$ podlegała trendom i trudno jest wskazać jednolity kierunek zmian na terenie Polski. Trendy wzrostu depozycji $N-NO_3^-$ w drzewostanach wykryto pod okapem w Białowieży i Piwnicznej, zaś trendy spadkowe w obu typach opadów w Łącku i Szklarskiej Porębie oraz w opadach docierających do koron drzew w Birczy, Krotoszynie, Strzałowie, Kruczu, Chojnowie i Piwnicznej. Depozycja formy zredukowanej azotu ($N-NH_4^+$) istotnie malała na licznych SPO MI, szczególnie w buczynach Gdańska i Birczy oraz drzewostanach iglastych Suwałk, Szklarskiej Poręby i Zawadzkiego. Azot jest składnikiem podlegającym wymianie w warstwie koron, zatem zmiany depozycji na otwartej przestrzeni mogą nie korespondować ze zmianami depozycji podokapowej, co jest szczególnie zauważalne w Piwnicznej, gdzie malejącej depozycji docierającej do koron drzew towarzyszy rosnąca depozycja podokapowa $N-NO_3^-$. Część azotu jest konsumowana w kontakcie z listowiem i trafia do ekosystemu drogą pośrednią, wbudowywana w biomasę zanim dotrze z opadem do gleby. Ostatecznie wielkość depozycji z atmosfery do gleby ustala się w wyniku bilansu procesów sorpcji, wymywania oraz wychwytywania związków wnoszonych z opadem, pyłami i gazami do koron drzew.

Warunki w glebie w badanym okresie pozostawały na większości SPO przeważnie stabilne; wszelkie trendy wielkości depozycji na przestrzeni ostatnich lat w niewielkim stopniu znajdowały odzwierciedlenie w zmianach składu chemicznego roztworów glebowych (tab. 15.3). W roztworach glebowych kwasowość zmniejszała się na obu głębokościach tylko w Szklarskiej Porębie i Piwnicznej (świerk), co można powiązać z istotnie malejącymi trendami depozycji związków siarki ($S-SO_4^{2-}$) w Piwnicznej oraz siarki ($S-SO_4^{2-}$) i azotu ($N-NO_3^-$) oraz rosnącą zasadowością opadów w Szklarskiej Porębie. Wskaźnik pH wykazywał trend rosnący również na głębokości 25 cm w Gdańsku (buk), Chojnowie (sosna) i Suwałkach (świerk) i na głębokości 50 cm w Białowieży (sosna) i Kruczu (sosna). Zmiany te na przestrzeni lat nie były znaczne, poza roztworami glebowymi w Suwałkach i Kruczu.

Dzięki temu, że badania w Chojnowie (sosna) rozpoczęto wcześniej niż na pozostałych SPO MI, długość serii danych obejmującej lata 2004–2022 pozwoliła na wykrycie niewielkiego rosnącego trendu pH na głębokości 25 cm, zapewne związanego z malejącym stężeniem jonów siarczanowych (VI) i azotu całkowitego. Towarzyszy temu zjawisku spadek stężeń glinu i wapnia. Sygnały te mogą wskazywać, że warunki glebowe w Chojnowie ulegają niewielkiej poprawie, zauważalnej początkowo w górnej części profilu gleby.

Malejąca depozycja siarki z opadami ($S-SO_4^{2-}$) niekiedy wiąże się z istotnymi trendami spadkowymi w stężeniu jonów siarczanowych w roztworach glebowych. Oprócz drzewostanu w Chojnowie (sosna), stężenia SO_4^{2-} w roztworach glebowych malały także w Szklarskiej Porębie (świerk) i jednym z dwóch badanych poziomów gleby w Piwnicznej i Suwałkach (świerk), Białowieży (sosna) oraz Gdańsku (buk). Na sześciu pozostałych SPO nie zaobserwowano istotnych trendów dla kluczowych wskaźników świadczących o jakości gleby.

W Zawadzkiem (sosna) na Śląsku, gdzie notowano w opadach malejącą depozycję związków siarki, w roztworach glebowych nie są obserwowane żadne trendy, które mogłyby świadczyć o poprawie sytuacji środowiska glebowego. Wręcz przeciwnie, stężenia glinu wykazują trend rosnący ($p \leq 0,05$) na głębokości 50 cm, natomiast stężenia wapnia – trend malejący na obu głębokościach gleby. Malejący udział kationów w stosunku do glinu wskazuje na pogarszanie się i tak niekorzystnych warunków wzrostu i rozwoju korzeni drzew. Podobnie trend rosnący stężeń glinu wystąpił w dąbrowie w Krotoszynie na głębokości 25 cm, gdzie występuje silne odgórne postępujące zakwaszenie profilu glebowego, a badania roztworów glebowych nie wskazują na poprawę warunków w płytszej warstwie gleby.

PODSUMOWANIE

U podstaw stworzenia sieci dwunastu powierzchni obserwacyjnych monitoringu intensywnego leżało założenie, że powierzchnie te stanowią reprezentatywną bazę do badań stanu i zagrożeń drzewostanów różnych regionów Polski. Różnice pomiędzy powierzchniami dotyczą warunków fizjogeograficznych, zasobności siedlisk i poziomu antropopresji, także pomiędzy drzewostanami zbliżonymi pod względem składu gatunkowego. Różnorodność warunków znalazła odbicie w mierzonych parametrach jakości powietrza, opadów bezpośrednich, opadów podkoronowych i roztworów glebowych. Prowadzone pomiary mają przede wszystkim umożliwić wyciągnięcie wniosków co do stopnia antropogenicznego zagrożenia ekosystemów zakwaszeniem i eutrofizacją. Podstawowe zagrożenie niosą związki siarki (dwutlenek siarki w powietrzu atmosferycznym i siarczany (VI) w opadach) o działaniu zakwaszającym oraz związki azotu (dwutlenek azotu i inne gazowe formy azotu w powietrzu, jony amonowe, azotany (V) oraz organiczne związki azotu w opadach), działające zarówno zakwaszająco, jak i eutrofizująco.

O występowaniu RYZYKA EUTROFIZACJI świadczą zaobserwowane przekroczenia ładunku krytycznego azotu. W ramach prac Centrum Koordynacji dla Wpływów (CCE) przy ICP M&M (International Cooperative Program on Modelling & Mapping) Konwencji LRTAP określono doświadczalne ładunki krytyczne azotu, odnoszące się do maksymalnej wielkości depozycji atmosferycznej azotu, która nie powoduje zmian w strukturze i funkcjonowaniu ekosystemu. Opracowanie dla lasów przedstawiono w skrócie w tabeli 15.4 i 15.5, gdzie na podstawie przeglądu danych naukowych z ostatniej dekady zestawiono przewidywane skutki przekroczeń ładunków krytycznych dla poszczególnych elementów środowiska leśnego i lasów wg. Bobbink i in. 2022.

Na terenach Polski dla głównych typów lasu (według klasyfikacji EUNIS G1 – lasy liściaste, G3 – lasy iglaste, G4 – lasy mieszane) określono wielkość doświadczalnych ładunków krytycznych azotu na poziomie minimalnym 10 kg N ha^{-1} , maksymalnym 21 kg N ha^{-1} , ze średnią $12,5 \text{ kg N ha}^{-1}$ i medianą $12,3 \text{ kg N ha}^{-1}$ (Pecka i Mill 2011). Rozkład przestrzenny ładunków na obszarze Polski wykazuje powiązanie z dostępnością wody glebowej, wynikającą między innymi z sumy opadów. Pas o kierunku równoleżnikowym na obszarze Polski centralnej charakteryzuje się najniższymi ładunkami krytycznymi (około $7\text{--}13 \text{ kg N ha}^{-1}$), zaś na obszarach północnych i południowych wielkość ładunków krytycznych jest wyższa, przekraczająca 14 kg N ha^{-1} (ibid.).

Dopływ azotu (N_{tot}) do gleb pod okapem w 2022 roku był niższy niż 10 kg N ha^{-1} w Piwnicznej ($7,7 \text{ kg N ha}^{-1}$), Strzałowie ($8,4 \text{ kg N ha}^{-1}$), Birczy ($8,8 \text{ kg N ha}^{-1}$), Gdańsku ($9,2 \text{ kg N ha}^{-1}$) i Białowieży ($9,9 \text{ kg N ha}^{-1}$). W pozostałych drzewostanach przyjmował wartości od około $10\text{--}12 \text{ kg N ha}^{-1}$ (Chojnów, Krucz, Łąck, Suwałki i Szklarska Poręba), po $15\text{--}18 \text{ kg N ha}^{-1}$ (Zawadzkie, Krotoszyn). W puli azotu całkowitego (N_{tot}) od 69 do 86% stanowiły formy mineralne ($N\text{-NH}_4^+$ i $N\text{-NO}_3^-$). Wielkość całkowitej depozycji azotu do ekosystemu jest trudna do określenia. Gazowe formy azotu są pobierane przez rośliny z powietrza, podobnie część azotu z opadów jest sorbowana w warstwie koron i za pośrednictwem roślin trafia do ekosystemu. Te wielkości nie są możliwe do określenia bezpośrednio na drodze pomiarów, natomiast można je szacować z użyciem modeli bilansu koronowego. Wyniki badań modelowych wskazują, że w 2022 roku w Krotoszynie całkowita depozycja mineralnych związków azotu mogła przekroczyć nawet 36 kg N ha^{-1} , w Suwałkach 20 kg N ha^{-1} , w Birczy, Zawadzkim i Białowieży wyniosła więcej niż 15 kg N ha^{-1} , a jedynie w Kruczu i Chojnowie spadła poniżej 10 kg N ha^{-1} . Wnioskowanie na podstawie wielkości depozycji pod okapem powoduje niedoszacowanie całkowitej ilości azotu, wnoszonego do ekosystemów leśnych (Hansen i Nielsen 1998, Neirynek i in. 2007). Zakładając zatem, że całkowita depozycja azotu może być większa, niż wskazują na to wyniki depozycji podkoronowej, na większości badanych powierzchni monitoringu intensywnego jest prawdopodobna nadmierna podaż azotu. Całkowita depozycja azotu na każdej badanej powierzchni przekracza w drzewostanach ładunek krytyczny ustalony empirycznie na poziomie $3\text{--}5 \text{ kg N}$ rocznie. Wskutek przekroczenia ładunku można spodziewać się niekorzystnych skutków dla życia i funkcjonowania porostów nadrzewnych oraz stymulacji wzrostu glonów wolnożyjących (tab.15.4).

Drzewostany sosnowe

W dwóch drzewostanach sosnowych: w Strzałowie i do pewnego stopnia w Białowieży większa żyzność gleb niż na pozostałych powierzchniach sosnowych wskazuje na panujące tam lepsze warunki siedliskowe. Korzystniejsze właściwości gleb znajdowały wyraz w składzie roztworów glebowych: odczyn roztworów był obojętny w Strzałowie, zaś w Białowieży nieco mniej kwaśny niż w Kruczu, Chojnowie i Zawadzkim, szczególnie w płytszej warstwie profilu glebowego. Roztwory glebowe w Kruczu, Zawadzkim i Chojnowie – w przeciwieństwie do Strzałowa i Białowieży – charakteryzował ponadto niekorzystny stosunek sumy zasad do glinu, sugerujący podwyższony poziom stresu siedliskowego, potencjalnie zagrażający rozwojowi korzeni roślin. Opady dopływające do koron drzew niosły niewielkie ryzyko dalszego

zakwaszenia, na co wskazuje przewaga jonów mocnych kwasów nad jonami mocnych zasad średnio w roku na wszystkich powierzchniach sosnowych, z wyjątkiem Chojnowa, gdzie ANC przyjmowało dodatnie wartości. Najniższe pH i najniższe wartości ANC występowały w opadach w Zawadzkiem, w porównaniu do wszystkich SPO, nie tylko na tle powierzchni sosnowych. Podkoronowa depozycja siarki w postaci jonów siarczanowych (VI) w Białowieży, Strzałowie oraz Kruczu ($1,6-1,9 \text{ kg S ha}^{-1}$) była niska w porównaniu z innymi SPO MI z tej grupy powierzchni, natomiast w drzewostanie w Chojnowie depozyt S-SO_4^{2-} wyniósł $3,1 \text{ kg S ha}^{-1}$, a w Zawadzkiem aż $5,1 \text{ kg S ha}^{-1}$. W Białowieży i Strzałowie oprócz tego, że opady wносиły małe ilości siarki, poziomy gazowych zanieczyszczeń powietrza (NO_2 i SO_2) również należały do najniższych w Polsce. Pozostałe powierzchnie sosnowe: w Kruczu oraz szczególnie w Zawadzkiem i Chojnowie były obciążone wysokimi depozytami gazowych zanieczyszczeń powietrza (N-NO_2 i S-SO_2) w stosunku do nizinnych SPO MI (por. rozdział „Poziom stężeń NO_2 i SO_2 w powietrzu na terenach leśnych na SPO MI”). Stały dopływ zanieczyszczeń o działaniu zakwaszającym wskazywałby na ryzyko postępującego zakwaszenia wymienionych siedlisk sosnowych, usytuowanych na glebach lekkich i ubogich w jony o charakterze zasadowym. Mimo to ładunki krytyczne zakwaszenia wyznaczone dla tego typu drzewostanów w podobnym położeniu geograficznym nie są przekraczane, poza drzewostanem w Zawadzkiem. Obserwacje trendów chemizmu roztworów glebowych nie dostarczyły dotychczas dowodów na wyraźną poprawę stanu środowiska glebowego na powierzchniach sosnowych, choć rosnące pH i malejące stężenia glinu zapowiadają początek korzystnych zmian w Chojnowie. W Zawadzkiem nadal utrzymuje się niekorzystny trend wzrostu stężenia glinu i malejącego stosunku jonów o charakterze zasadowym do glinu.

W roztworach glebowych pojawiały się okresowo jony NO_3^- (Białowieża) lub NH_4^+ (Strzałowo). W Strzałowie i Białowieży podwyższone stężenia mineralnych form azotu w roztworach glebowych mogą wskazywać na chemiczną odpowiedź ekosystemu na widoczne uszkodzenia drzewostanu przez choroby grzybowe i wiatry. Przekroczenia ładunków krytycznych azotu występują corocznie na wszystkich powierzchniach sosnowych, zatem należy przypuszczać, że w sprzyjających warunkach hydrometeorologicznych azot jest wymywany z gleb wskutek nadmiernej depozycji, a siedliska podlegają eutrofizacji.

Drzewostany świerkowe

Charakterystyczne dla drzewostanów iglastych, a zwłaszcza świerkowych, jest zjawisko znacznego wzbogacenia opadu w rozpuszczone substancje po przejściu przez warstwę koron. Korony drzew iglastych dzięki rozwiniętej powierzchni aparatu asymilacyjnego znacznie

skuteczniej, niż w przypadku drzew liściastych, „wyczesują” zanieczyszczenia z powietrza (Gundersen i in. 2009), wskutek czego do gleby trafiają ilości substancji dużo większe, niż wynikałoby z depozycji mierzonej na otwartym (bezdrzewnym) terenie (por. ryc. 13.9). Dodatkowo w górach rośnie udział depozycji poziomej z mgły, szronu i chmur (Błaś i in. 2010), która zwiększa depozyt zanieczyszczeń.

Depozyt, który górski drzewostan świerkowy w Szklarskiej Porębie otrzymywał z opadami atmosferycznymi i depozyt docierający do gleby pod okapem, był wyższy niż w Piwnicznej, co w znacznej mierze wynikało z różnicy w sumie opadów. Pod względem gazowych zanieczyszczeń powietrza obie powierzchnie charakteryzowały się porównywalnymi warunkami. Dopływające opady wnosili w Szklarskiej Porębie ładunek siarki w formie siarczanowej (VI) w wysokości $2,9 \text{ kg S ha}^{-1}$ i nieco niższy w Piwnicznej ($2,2 \text{ kg S ha}^{-1}$). Całkowita depozycja siarki w formie siarczanów do gleby w drzewostanie była w Szklarskiej Porębie o około 65% wyższa niż w Piwnicznej (odpowiednio $4,4 \text{ kg S ha}^{-1}$ i $2,7 \text{ kg S ha}^{-1}$). Wody opadowe na obu powierzchniach miały kwaśny odczyn (pH 5,3) i występowała nieznaczna przewaga mocnych kwasów nad mocnymi zasadami (ANC w opadach bezpośrednich w Szklarskiej Porębie wynosiło $-9,8 \mu\text{eq dm}^{-3} \text{ rok}^{-1}$, w Piwnicznej $-4,3 \mu\text{eq dm}^{-3} \text{ rok}^{-1}$). Pod okapem w Piwnicznej jony o charakterze zasadowym znacząco przeważały nad depozycją kwasową (ANC w opadach podkoronowych w Piwnicznej wyniosło $91,7 \mu\text{eq dm}^{-3} \text{ rok}^{-1}$). W Szklarskiej Porębie natomiast wskaźnik ANC był niższy ($21,9 \mu\text{eq dm}^{-3} \text{ rok}^{-1}$), ale również wskazywał na przewagę depozycji zasadowej nad kwasową.

W Szklarskiej Porębie gleba charakteryzuje się kwaśnym odczynem i niskim wysyceniem zasadami (Wawrzoniak 2010). Odczyn roztworów glebowych również jest kwaśny, a niski stosunek jonów o charakterze zasadowym do glinu w roztworach glebowych stanowi potwierdzenie niekorzystnych warunków glebowych. W badaniach monitoringu lasów oznaczona zostaje całkowita zawartość glinu, a nie jego form toksycznych (nieorganicznych, wielowartościowych) dla roślin. Zakładając jednakże, że udział form organicznych (nietoksycznych) pozostaje w związku ze stężeniami rozpuszczonego węgla organicznego (Oulehle i Hruška 2005), można przypuszczać że w glebie w Szklarskiej Porębie dominują formy toksyczne. W roztworach glebowych obecne są bowiem niskie stężenia węgla organicznego, który mógłby wiązać Al w nietoksycznej formie w kompleksach organicznych. Brakuje więc w glebie mechanizmów chroniących korzenie roślin przed szkodliwym działaniem toksycznego glinu.

W Piwnicznej odczyn roztworów glebowych był zbliżony do obserwowanego w Szklarskiej Porębie, mimo to udział zasad w roztworach glebowych był niemal dwukrotnie wyższy. Stosunek jonów o charakterze zasadowym do glinu wskazuje na korzystniejsze - choć nadal nie optymalne - warunki glebowe dla korzeni drzew niż w Szklarskiej Porębie.

Na północno-wschodnim krańcu Polski, w świerczynie w Suwałkach, panują odmienne warunki glebowo-siedliskowe niż w świerczynach górskich. Odczyn roztworów glebowych był obojętny (pH 6,6–7,5), udział jonów zasadowych wynosił 50% - 81% i nie występowało zagrożenie dla korzeni drzew ze strony ruchomego glinu. Depozycja siarki w formie gazowej była niewielka w porównaniu do pozostałych SPO MI. Niska była również depozycja siarki w postaci siarczanów (VI) w opadach bezpośrednich ($1,9 \text{ kg S ha}^{-1}$) i do gleby pod okapem ($3,0 \text{ kg S ha}^{-1}$) w porównaniu do dwóch górskich drzewostanów świerkowych. Drzewostan mimo to wykazuje cechy powolnego rozpadu na skutek oddziaływania czynników biologicznych. W ostatnich latach wykonywane były intensywne cięcia sanitarne, co jest możliwą przyczyną podwyższonych stężeń azotanów (V) i jonów amonowych w roztworach glebowych. Nie wyklucza się również jako czynnika sprawczego nadmiernej, przewyższającej ładunek krytyczny depozycji azotu, przynajmniej w niektórych latach badań.

Drzewostany bukowe

Żyzne buczyny: nadmorska w Nadleśnictwie Gdańsk i karpacka w Nadleśnictwie Bircza różniły się pod względem wielkości i charakteru depozytu: w Birczy depozycja S-SO_4^{2-} w opadach dopływających do lasu była niemal równa w Gdańsku, pomimo że całkowita suma depozycji w Gdańsku była ponad dwukrotnie wyższa niż w Birczy. Również depozycja siarki w formie gazowej była w Birczy wyższa niemal dwukrotnie wyższa niż w Gdańsku.

Pod względem żyzności gleb Bircza charakteryzuje się znacznie korzystniejszymi warunkami niż Gdańsk: pH osiągało stosunkowo wysokie wartości, a w roztworach glebowych dominowały kationy o charakterze zasadowym. W Gdańsku w roztworach glebowych kationy o charakterze zasadowym miały o wiele niższy udział niż Birczy. W glebie w tych warunkach istnieje ryzyko uszkodzenia korzeni przez jony glinu. Glin w zakresie pH, jaki występuje w Gdańsku w glebie (pH 3,5–4,2 w fazie mineralnej do głębokości 65 cm, Wawrzoniak 2010) i w roztworach glebowych (pH 4,7–4,8) występuje w przewodzie w toksycznej formie wolnego jonu Al^{3+} (Bi i in. 2001), stanowiąc czynnik potencjalnie szkodliwy dla rozwoju roślin. Ładunki krytyczne kwasowości były w niektórych latach badań przekraczane w buczynie nadmorskiej w Gdańsku, lecz dotychczas nie stwierdzono podobnego zjawiska w Birczy. Stanowi to potwierdzenie występowania znaczących różnic w możliwościach buforowania kwasowej

depozycji w środowisku buczyn zlokalizowanych w Polsce północnej oraz w rejonach podgórskich Karpat w warunkach, gdy opady atmosferyczne charakteryzują się zbliżonymi właściwościami kwasowo-zasadowymi (wyrażonych wskaźnikiem ANC) w obu drzewostanach.

Możliwe jest przekraczanie ładunków krytycznych azotu pokarmowego w Birczy na przestrzeni lat badań, natomiast zjawisko to nie wystąpiło dotychczas w Gdańsku, mimo że wielkość depozycji całkowitej azotu w wielu latach badań była zbliżona do wartości uznawanej za krytyczną.

Drzewostany dębowe

W Łącku i Krotoszynie opady atmosferyczne charakteryzowały się odczynem w zakresie normalnym (średnie pH 5,6), przy przewadze mocnych kwasów nad zasadami (ANC<0). Depozycja wnoszona z opadami na otwartej przestrzeni na obu powierzchniach była zbliżona co do składu chemicznego i ilości. Pod okapem niemal dwukrotnie większe ilości składników, szczególnie pochodzących z wymywania z tkanek roślin (RWO, K), docierały do gleby w Krotoszynie. Grądy w nadleśnictwach Krotoszyn i Łąck charakteryzują się odmiennymi warunkami glebowymi. Pomimo odgórnego zakwaszenia w profilu glebowym siedlisko w Krotoszynie ma większy potencjał neutralizacji ładunku kwasowego ze względu na znaczny udział zasad w kompleksie sorpcyjnym (Wawrzoniak 2010) i w składzie roztworów glebowych. Mimo że stężenie glinu w roztworach glebowych na głębokości 25 cm jest w Łącku znacznie niższe niż w Krotoszynie, bardziej prawdopodobne jest tam ryzyko zaburzeń rozwoju korzeni drzew spowodowane obecnością glinu ruchomego. Wskazuje na to niższy od jedności i nadal zmniejszający się stosunek jonów zasadowych do glinu w roztworach glebowych w silnie ukorzenionym poziomie gleby w Łącku. W Krotoszynie w roztworach glebowych występują wysokie stężenia azotu w formach mineralnych, prawdopodobnie w następstwie zwiększonego tempa mineralizacji, postępującego w wyniku uszkodzenia drzewostanu i zamierania drzew na skutek czynników o różnym pochodzeniu (warunki wodne, wiatry, choroby grzybowe). Dużym zagrożeniem dla prawidłowego rozwoju drzewostanów są niekorzystne właściwości wodno-powietrzne gleb na obu stanowiskach, choć wynikają z różnych przyczyn. Lekka, wytworzona z piasków wodnolodowcowych, gleba w Łącku charakteryzuje się niską retencyjnością wodną, co przy falistym ukształtowaniu terenu i spływie powierzchniowym sprzyja występowaniu niedoborów wody. W Krotoszyńskiej dąbrowie, położonej na ciężkiej glebie wytworzonej z gliny zwałowej, występują natomiast zarówno okresowe zalewy, jak i niedobory wody.

LIITERATURA

- Bi, S.P., An, S.Q., Tang, W., Yang, M., Qian, H.F., & Wang, J. (2001). Modelling the distribution of aluminum speciation in acid soil solution equilibria with the mineral phase alunite. *Environmental Geology*, 41: 25-36.
- Błaś, M., Polkowska, Ż., & Cichała-Kamrowska, K. (2010). Water and chemical input via hydrometeors in central European mountains with Szrenica Mt. as an example. 5th International Conference on Fog, Fog Collection and Dew (p. pp.4). Munster, Germany.
- Bobbink, R., Loran, Ch., Tomassen, H.[Eds] (2022). Review and revision of empirical critical loads of nitrogen for Europe. Pp. 358. German Environment Agency, Germany.
- Gundersen, P., Sevel, L., Christiansen, J. R., Vesterdal, L., Hansen, K., & Bastrup-Birk, A. (2009). Do indicators of nitrogen retention and leaching differ between coniferous and broadleaved forests in Denmark? *Forest Ecology and Management*, 258(7), 1137–1146. doi:10.1016/j.foreco.2009.06.007
- Hansen, B., & Nielsen, K. E. (1998). Comparison of acidic deposition to semi-natural ecosystems in Denmark—coastal heath, inland heath and oak wood. *Atmospheric Environment*, 32(6), 1075–1086.
- Marchetto, A. (2021). rkt: Mann-Kendall Test, Seasonal and Regional Kendall Tests. R package version 1.6. <https://CRAN.R-project.org/package=rkt>
- McLeod A (2022). _Kendall: Kendall Rank Correlation and Mann-Kendall Trend Test_. R package version 2.2.1, <https://CRAN.R-project.org/package=Kendall>.
- Neiryneck, J., Kowalski, A. S., Carrara, A., Genouw, G., Berghmans, P., & Ceulemans, R. (2007). Fluxes of oxidised and reduced nitrogen above a mixed coniferous forest exposed to various nitrogen emission sources. *Environmental Pollution*, 149, 31–43.
- Oulehle, F. & Hruška, J. (2005). Tree species (*Picea abies* and *Fagus sylvatica*) effects on soil water acidification and aluminium chemistry at sites subjected to long-term acidification in the Ore Mts., Czech Republic. *Journal of Inorganic Biochemistry*, 99, 1822–1829.
- Pecka, T. & Mill, W. (2011). Doświadczalne ładunki krytyczne azotu dla ekosystemów łądowych – adaptacja metody CCE do warunków środowiskowych Polski. *Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych*, 47, 121-132.
- R Core Team (2023). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- Waldner, P., A. Marchetto, A. Thimonier, M. Schmitt, M. Rogora, O. Granke, V. Mues, K. Hansen, G. Pihl-Karlsson, D. Žlindra, N. Clarke, A. Verstraeten, A. Lazdins, C. Schimming, C. Iacoban, A.-J. Lindroos, E. Vanguelova, S. Benham, H. Meesenburg, M. Nicolas, A. Kowalska, V. Apuhtin, U. Napa, Z. Lachmanová, F. Kristoefel, A. Bleeker, M. Ingerslev, L. Vesterdal, J. Molina, U. Fischer, W. Seidling, M. Jonard, P. O'Dea, J. Johnson, R. Fischer, M. Lorenz., (2014). Detection of temporal trends in atmospheric deposition of inorganic nitrogen and sulphate to forests in Europe. *Atmos. Environ.*, 95, 363-374, 10.1016/j.atmosenv.2014.06.054
- Wawrzoniak J. [red.]. (2010). Stan uszkodzenia lasów w Polsce w 2009 roku na podstawie badań monitoringowych. Instytut Badawczy Leśnictwa, Zakład Zarządzania Zasobami Leśnymi, Sękocin Stary. ISBN: 978-83-87647-93-3

Tabela 15.1. Podstawowe statystyki sezonowego testu Manna Kendalla (SMK): SKT slope – estymator Sena, τ – współczynnik korelacji rangowej, p – prawdopodobieństwo testowe dla zanieczyszczeń gazowych na powierzchniach monitoringu intensywnego w latach 2011–2022. Pogrubioną czcionką zaznaczono wykryte trendy ($p \leq 0,05$). Ujemne wartości τ wskazują na trend malejący

	Gdańsk	Suwałki	Strzałowo	Białowieża	Krucz	Krotoszyn	Łąck	Chojnów	Zawadzkie	Szklarska Poręba	Bircza	Piwniczna
SO ₂												
SMK τ	-0,3687	-0,2702	-0,2828	-0,2071	-0,2803	-0,2790	-0,2563	-0,3586	-0,1919	-0,4621	-0,4129	-0,2156
SMK p	0,0000	0,0000	0,0000	0,0012	0,0000	0,0000	0,0001	0,0000	0,0028	0,0000	0,0000	0,0050
SKT slope	-0,0883	-0,0527	-0,0396	-0,0343	-0,0850	-0,0674	-0,0921	-0,0711	-0,0741	-0,1215	-0,1445	-0,0601
NO ₂												
SMK τ	-0,3068	-0,1604	-0,4179	-0,3952	-0,2904	-0,2096	-0,3535	-0,3990	-0,4470	-0,4747	-0,3687	-0,4044
SMK p	0,0000	0,0126	0,0000	0,0000	0,0000	0,0011	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
SKT slope	-0,1536	-0,1031	-0,1350	-0,1100	-0,1833	-0,1464	-0,3738	-0,4842	-0,2652	-0,2028	-0,1186	-0,1711

Tabela 15.2. Podstawowe statystyki sezonowego testu Manna Kendalla (SMK): τ – tau, współczynnik korelacji rangowej, p – prawdopodobieństwo testowe dla depozycji składników oraz stężeń zasadowości w opadach na otwartej przestrzeni (OP) i w drzewostanie (PK) na powierzchniach monitoringu intensywnego w latach 2010–2022. Pogrubioną czcionką zaznaczono wykryte trendy ($p \leq 0,05$). Ujemne wartości τ wskazują na trend malejący, dodatnie, oznaczone czerwoną czcionką – na trend rosnący

Drzewostan	Nadleśnictwo	opad	pH	N-NO ₃ ⁻	N-NH ₄ ⁺	S-SO ₄ ²⁻	Ca	Zasadowość	
OP									
buk	Gdańsk	SMK τ	-0,0673	0,2222	-0,0769	-0,1752	-0,3643	-0,1100	0,0983
		SMK p	0,2748	0,0003	0,2111	0,0041	0,0000	0,0724	0,0981
		SKT slope	-0,7400	0,0400	-0,1944	-0,7562	-0,9925	-0,3548	0,0831
	Bircza	SMK τ	-0,0470	0,1229	-0,0652	-0,2244	-0,3387	-0,1026	-0,0983
		SMK p	0,4489	0,0445	0,2906	0,0002	0,0000	0,0943	0,1045
		SKT slope	-0,3356	0,0200	-0,1925	-0,9345	-0,9150	-0,3305	-0,5250
PK									
dąb	Krotoszyn	SMK τ	-0,0652	0,2158	-0,3504	-0,3846	-0,3953	-0,0876	0,0075
		SMK p	0,2906	0,0004	0,0000	0,0000	0,0000	0,1537	0,9080
		SKT slope	-0,5675	0,0394	-1,1964	-1,9406	-1,2954	-0,2488	0,0000
	Łąck	SMK τ	0,0000	0,2350	-0,0780	-0,1816	-0,2382	-0,0085	0,0801
		SMK p	1,0000	0,0001	0,2047	0,0029	0,0001	0,9019	0,1774
		SKT slope	0,0047	0,0559	-0,3866	-0,3840	-0,8496	-0,0588	0,0000
OP									
sosna	Strzałowo	SMK τ	-0,1303	0,3675	-0,1784	-0,0994	-0,3632	-0,0748	0,1175
		SMK p	0,0330	0,0000	0,0035	0,1051	0,0000	0,2243	0,0529
		SKT slope	-1,0175	0,0729	-0,5800	-0,5375	-0,9215	-0,1433	0,4519
	Łąck	SMK τ	-0,1528	0,2083	-0,0374	-0,2073	-0,3600	-0,0865	-0,0502
		SMK p	0,0124	0,0006	0,5492	0,0007	0,0000	0,1588	0,4173
		SKT slope	-0,8550	0,0388	-0,1140	-0,9538	-1,6413	-0,3894	-0,5581
PK									
sosna	Strzałowo	SMK τ	0,0353	0,3376	-0,2265	-0,0844	-0,2906	-0,1229	0,0534
		SMK p	0,5730	0,0000	0,0002	0,1695	0,0000	0,0446	0,3599
		SKT slope	0,3010	0,0450	-0,3822	-0,2835	-0,6550	-0,2350	0,0000
	Piwniczna	SMK τ	-0,0189	0,2487	-0,1768	0,0051	-0,2298	-0,0177	0,0429
		SMK p	0,7816	0,0001	0,0059	0,9526	0,0003	0,7969	0,5004
		SKT slope	-0,2213	0,0317	-0,3643	0,0075	-0,8536	-0,0896	0,0000
OP									
sosna	Strzałowo	SMK τ	-0,0620	0,1506	-0,1902	-0,2650	-0,4071	-0,0748	-0,0107
		SMK p	0,3154	0,0136	0,0018	0,0000	0,0000	0,2243	0,8675
		SKT slope	-0,6309	0,0239	-0,4715	-0,8062	-0,8388	-0,1692	0,0000
PK									
		SMK τ	-0,0812	0,1859	0,0470	-0,1068	-0,3964	-0,0363	-0,1400

	SMK p	0,1865	0,0023	0,4489	0,0811	0,0000	0,5611	0,0210
	SKT slope	-0,5005	0,0339	0,1431	-0,2434	-0,7710	-0,0840	-1,2656
					OP			
	SMK τ	-0,0353	-0,0673	0,0897	-0,0160	-0,3226	-0,2981	-0,1838
	SMK p	0,5729	0,2746	0,1438	0,8052	0,0000	0,0000	0,0022
Białowieża	SKT slope	-0,3974	-0,0200	0,2391	-0,0375	-0,6625	-1,2569	-1,1614
					PK			
	SMK τ	-0,0588	0,2874	0,2361	-0,0780	-0,3462	0,2521	0,0192
	SMK p	0,3415	0,0000	0,0001	0,2047	0,0000	0,0000	0,7618
	SKT slope	-0,4829	0,0427	0,7605	-0,2080	-1,0023	1,8226	0,0000
					OP			
	SMK τ	-0,0513	0,2019	-0,2671	-0,3333	-0,4434	-0,0983	-0,0662
	SMK p	0,4078	0,0009	0,0000	0,0000	0,0000	0,1090	0,2511
Krucz	SKT slope	-0,5936	0,0383	-0,9634	-2,0071	-1,2154	-0,3108	0,0000
					PK			
	SMK τ	-0,0726	0,3237	-0,0641	0,0021	-0,3301	-0,1004	0,1090
	SMK p	0,2379	0,0000	0,2988	0,9859	0,0000	0,1014	0,0702
	SKT slope	-0,5318	0,0619	-0,2150	0,0240	-0,8904	-0,2563	0,1532
					OP			
	SMK τ	-0,0107	0,3194	-0,1741	-0,0855	-0,3130	0,0673	0,1165
	SMK p	0,8741	0,0000	0,0043	0,1641	0,0000	0,2746	0,0513
Chojnów	SKT slope	-0,1183	0,0500	-0,3718	-0,3229	-0,8668	0,1617	0,1230
					PK			
	SMK τ	-0,0128	0,4263	-0,0459	0,0203	-0,3355	-0,0246	0,0513
	SMK p	0,8464	0,0000	0,4594	0,7512	0,0000	0,6984	0,3586
	SKT slope	-0,0888	0,0625	-0,1596	0,0989	-1,4769	-0,0850	0,0000
					OP			
	SMK τ	-0,0694	0,0994	0,0598	-0,1581	-0,4124	-0,2222	-0,0278
	SMK p	0,2596	0,1047	0,3327	0,0096	0,0000	0,0003	0,6278
Zawadzkie	SKT slope	-0,6855	0,0133	0,1950	-0,6411	-1,1844	-0,4550	0,0000
					PK			
	SMK τ	-0,0128	0,0897	0,1068	-0,1506	-0,3098	-0,0513	0,0128
	SMK p	0,8464	0,1432	0,0812	0,0137	0,0000	0,4078	0,8420
	SKT slope	-0,1093	0,0148	0,5750	-1,6490	-2,0275	-0,3733	0,0000
					OP			
	SMK τ	-0,0150	0,0598	-0,0427	-0,1603	-0,2607	-0,0940	-0,0791
	SMK p	0,8189	0,3323	0,4920	0,0087	0,0000	0,1255	0,1967
Suwałki	SKT slope	-0,1360	0,0136	-0,1073	-0,8000	-0,7203	-0,2822	-0,5930
					PK			
	SMK τ	0,0075	0,2831	0,1079	-0,2233	-0,2906	0,0588	0,0983
	SMK p	0,9158	0,0000	0,0781	0,0002	0,0000	0,3415	0,1083
	SKT slope	0,0875	0,0575	0,4050	-1,4288	-1,1144	0,3924	0,8075
					OP			
	SMK τ	-0,1058	0,4690	-0,3750	-0,1624	-0,3953	-0,1197	0,3237
	SMK p	0,0839	0,0000	0,0000	0,0078	0,0000	0,0506	0,0000
świerk	SKT slope	-2,2196	0,0669	-1,6661	-0,8477	-1,7525	-0,3293	0,2438
					PK			
	SMK τ	-0,1400	0,4359	-0,2692	-0,1966	-0,5256	-0,2585	0,3547
	SMK p	0,0220	0,0000	0,0000	0,0013	0,0000	0,0000	0,0000
Szklarska Poręba	SKT slope	-3,0274	0,0635	-2,3788	-1,4883	-4,4536	-1,3438	0,0817
					OP			
	SMK τ	-0,0956	0,1689	-0,1978	-0,2244	-0,2911	-0,0244	0,0267
	SMK p	0,2193	0,0279	0,0101	0,0034	0,0001	0,7699	0,7325
Piwniczna	SKT slope	-1,3157	0,0255	-0,5065	-0,6023	-0,9742	-0,0443	0,0000
					PK			
	SMK τ	-0,0667	-0,0844	0,1578	-0,0756	-0,3244	-0,0533	-0,2178
	SMK p	0,3965	0,2790	0,0406	0,3347	0,0000	0,5010	0,0035
	SKT slope	-0,8738	-0,0138	0,9142	-0,1450	-1,9425	-0,2650	-1,0508

Tabela 15.3. Podstawowe statystyki testu Manna Kendalla (MK): b – współczynnik kierunkowy, τ – tau, współczynnik korelacji rangowej, p – prawdopodobieństwo testowe oraz przedziały ufności współczynnika kierunkowego b testu Manna Kendalla dla objętości [cm³] i stężeń składników [mg dm⁻³] w próbkach roztworów glebowych z głębokości 25 cm i 50 cm na powierzchniach monitoringu intensywnego w latach 2010–2022. Pogrubioną czcionką zaznaczono wykryte trendy ($p \leq 0,05$). Ujemne wartości τ wskazują na trend malejący, dodatnie, oznaczone czerwoną czcionką – na trend rosnący

Drzewostan	Nadleśnictwo	Głębokość		Objętość	pH	Ntot	Al	Ca	RWO	S-SO ₄ ²⁻	BC:Al
buk	Gdańsk	25 cm	SMK τ	-0,41	0,4359	-0,115	-0,333	-0,154	0,0769	-0,41	0,1282
			SMK p	0,0586	0,0412	0,6249	0,1272	0,5006	0,7603	0,0586	0,5815
			SKT slope	-937	0,007	-0,006	-0,015	-0,007	0,046	-0,050	0,004
		50 cm	SMK τ	0,1538	0,4103	-0,385	-0,59	-0,308	0,1282	-0,462	0,4487
			SMK p	0,5022	0,0576	0,0769	0,006	0,1569	0,583	0,0327	0,0377
			SKT slope	1153	0,014	-0,010	-0,027	-0,010	0,008	-0,053	0,025
	Bircza	25 cm	SMK τ	0,1282	0,1538	-0,462	-0,5	0,1538	-0,41	-0,256	0,2821
			SMK p	0,583	0,5022	0,0327	0,0202	0,5022	0,0586	0,2446	0,2001
			SKT slope	47,58	0,033	-0,041	-0,006	0,102	-0,173	-0,018	0,882
		50 cm	SMK τ	-0,051	0,0385	-0,346	0,359	-0,282	0,5	-0,256	-0,321
			SMK p	0,8548	0,9027	0,112	0,0982	0,2001	0,0202	0,2464	0,1424
			SKT slope	-15,4	0,006	-0,017	0,002	-0,988	0,160	-0,080	-56,593
dąb	Krotoszyn	25 cm	SMK τ	-0,539	-0,41	0,4744	0,5128	0,7179	0,3077	0	0,0769
			SMK p	0,0124	0,0564	0,0278	0,0173	0,0008	0,1606	1	0,7603
			SKT slope	-654	-0,015	0,864	0,259	0,412	0,748	-0,010	0,004
		50 cm	SMK τ	-0,487	-0,128	0,5128	0,1538	0,5897	-0,18	-0,18	0,3077
			SMK p	0,024	0,583	0,0173	0,5022	0,006	0,4277	0,4277	0,1606
			SKT slope	-453	-0,015	1,195	0,004	0,820	-0,172	-0,091	1,954
	Łąck	25 cm	SMK τ	-0,026	0,141	-0,18	0,0256	-0,397	0,2051	-0,372	-0,423
			SMK p	0,9514	0,5395	0,4277	0,9514	0,0667	0,3601	0,087	0,0493
			SKT slope	-23,4	0,002	-0,015	0,010	-0,019	0,389	-0,067	-0,020
		50 cm	SMK τ	-0,41	0,1026	-0,128	-0,051	-0,641	0,2564	-0,397	-0,667
			SMK p	0,0586	0,6682	0,583	0,8548	0,0028	0,2464	0,0667	0,0019
			SKT slope	-468	0,003	-0,010	-0,005	-0,088	0,152	-0,121	-0,080
sosna	Białowieża	25 cm	SMK τ	-0,692	0,3462	-0,282	0,0256	-0,154	0,1282	-0,18	-0,103
			SMK p	0,0012	0,1102	0,2001	0,9514	0,5022	0,583	0,4277	0,6693
			SKT slope	-315	0,022	-0,070	0,001	-0,150	0,259	-0,025	-0,124
		50 cm	SMK τ	-0,462	0,4615	-0,564	-0,115	-0,359	-0,205	-0,436	-0,128
			SMK p	0,0327	0,0327	0,0087	0,6249	0,0995	0,3601	0,0441	0,583
			SKT slope	-303	0,064	-0,093	-0,001	-0,714	-0,212	-0,090	-2,577
	Strzałowo	25 cm	SMK τ	-0,462	-0,282	-0,359	0,359	0,4744	0,5128	0,3205	0,0641
			SMK p	0,0327	0,1984	0,0995	0,0995	0,0278	0,0173	0,1424	0,8059
			SKT slope	-231	-0,008	-0,092	0,053	0,097	1,216	0,065	0,005
		50 cm	SMK τ	-0,128	-0,321	-0,051	0,2308	-0,321	0,2308	-0,077	-0,462
			SMK p	0,583	0,1359	0,8548	0,2997	0,1404	0,2997	0,7603	0,0327
			SKT slope	-180	-0,009	-0,044	0,030	-0,143	0,162	-0,012	-0,070
Krucz	25 cm	SMK τ	-0,462	-0,359	0,4359	0,359	0,5	0,5128	-0,333	0	
		SMK p	0,0327	0,0982	0,0441	0,0995	0,0202	0,0173	0,1258	1	
		SKT slope	-393	-0,013	0,027	0,113	0,051	2,398	-0,056	0,000	
	50 cm	SMK τ	-0,667	0,5641	0,4359	0,7051	0,0769	0,6154	-0,41	-0,308	
		SMK p	0,0019	0,0085	0,0441	0,001	0,7595	0,0041	0,0586	0,159	
		SKT slope	-394	0,009	0,031	0,103	0,005	1,733	-0,093	-0,023	
Chojnów	25 cm	SMK τ	0,2982	0,5029	-0,333	-0,485	-0,643	0,2515	-0,602	-0,316	
		SMK p	0,0802	0,0024	0,0492	0,0041	0,0001	0,1401	0,0003	0,0594	
		SKT slope	609	0,009	-0,014	-0,060	-0,068	0,206	-0,125	-0,005	
	50 cm	SMK τ	0,4503	0,7661	0,1462	-0,813	-0,649	0,0175	-0,754	-0,181	
		SMK p	0,0078	0	0,398	0	0,0001	0,9438	0	0,2927	
		SKT slope	1542	0,013	0,003	-0,106	-0,076	0,000	-0,191	-0,005	
Zawadzkie	25 cm	SMK τ	-0,256	0,3718	-0,077	-0,026	-0,872	-0,205	-0,385	-0,821	
		SMK p	0,2464	0,0854	0,7603	0,9514	0	0,3601	0,0769	0,0001	
		SKT slope	-159	0,009	-0,007	-0,002	-0,157	-0,306	-0,095	-0,025	
	50 cm	SMK τ	-0,205	0,0897	0,1026	0,5897	-0,564	0,1795	0,3077	-0,692	
		SMK p	0,3601	0,7124	0,6693	0,006	0,0087	0,4277	0,1606	0,0012	
		SKT slope	-79,3	0,001	0,026	0,113	-0,079	0,225	0,158	-0,030	
świerk	Suwałki	25 cm	SMK τ	-0,487	0,7692	0,1538	-0,615	0,3846	0	-0,436	0,6154
			SMK p	0,024	0,0003	0,5022	0,0041	0,0769	1	0,0441	0,0041
			SKT slope	-89,4	0,233	0,137	-0,102	1,040	0,059	-0,111	8,034
		50 cm	SMK τ	-0,41	0,1923	0,1282	0,2051	-0,436	0,2564	-0,256	-0,308
			SMK p	0,0586	0,3922	0,583	0,3601	0,0441	0,2464	0,2464	0,1606
			SKT slope	-170	0,030	0,068	0,007	-1,183	0,468	-0,080	-1,514

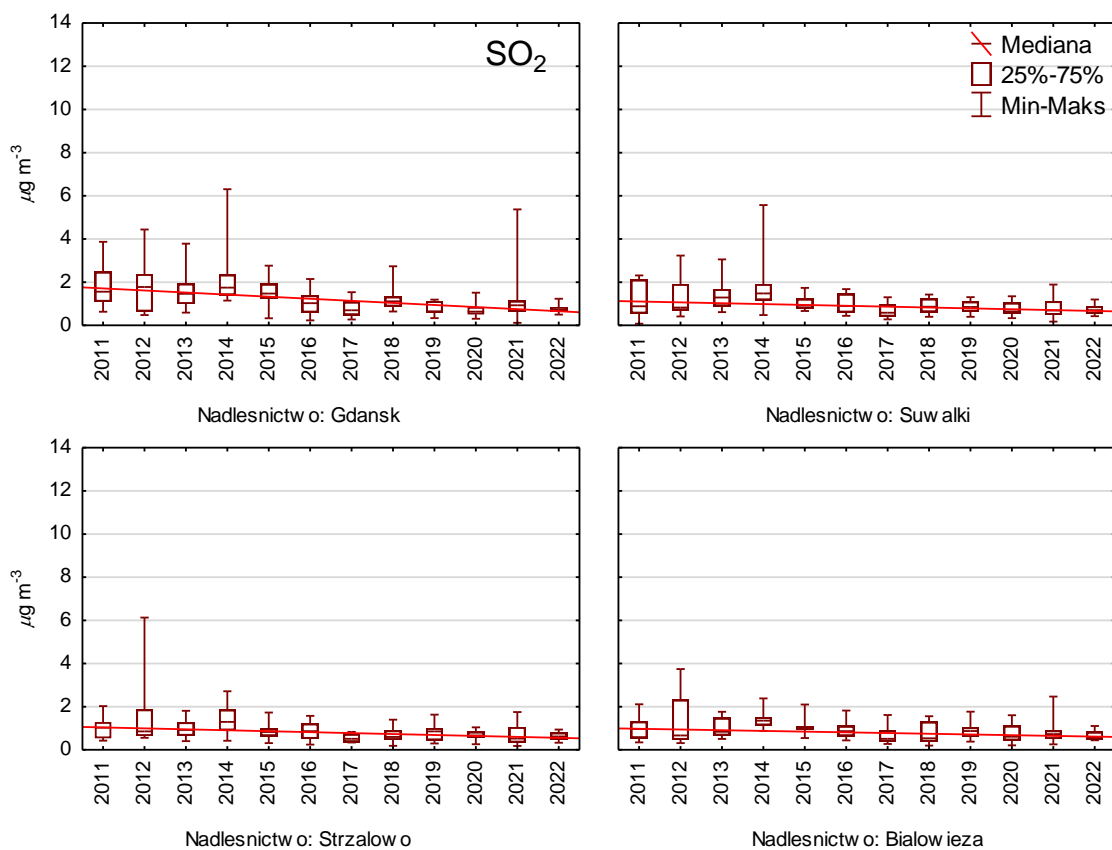
Szkłarska Poręba	25 cm	SMK τ	-0,462	0,859	-0,462	-0,756	0	-0,103	-0,782	0,1154
		SMK p	0,0327	0,0001	0,0327	0,0004	1	0,6693	0,0002	0,6236
		SKT slope	-1753	0,016	-0,013	-0,022	0,000	-0,027	-0,065	0,004
	50 cm	SMK τ	-0,513	0,6795	-0,128	-0,795	-0,013	0,0256	-0,821	0
		SMK p	0,0173	0,0013	0,583	0,0002	1	0,9514	0,0001	1
		SKT slope	-3803	0,010	-0,003	-0,030	0,000	0,004	-0,066	0,000
Piwniczna	25 cm	SMK τ	-0,5	0,8056	-0,556	-0,889	-0,611	-0,5	-0,75	-0,167
		SMK p	0,0763	0,0033	0,0476	0,0012	0,0286	0,0763	0,0064	0,6022
		SKT slope	-5352	0,030	-0,056	-0,081	-0,059	-0,432	-0,156	-0,004
	50 cm	SMK τ	-0,389	0,75	-0,778	-0,667	-0,611	-0,111	-0,444	0,5278
		SMK p	0,1753	0,0064	0,0049	0,0165	0,0286	0,7545	0,1179	0,0555
		SKT slope	-4029	0,023	-0,070	-0,077	-0,049	-0,059	-0,132	0,019

Tabela 15.4. Empiryczne ładunki krytyczne N i objawy towarzyszące ich przekroczeniu dla poszczególnych elementów ekosystemów leśnych, zrewidowane w 2022 roku (wg Bobbink i in. 2022)

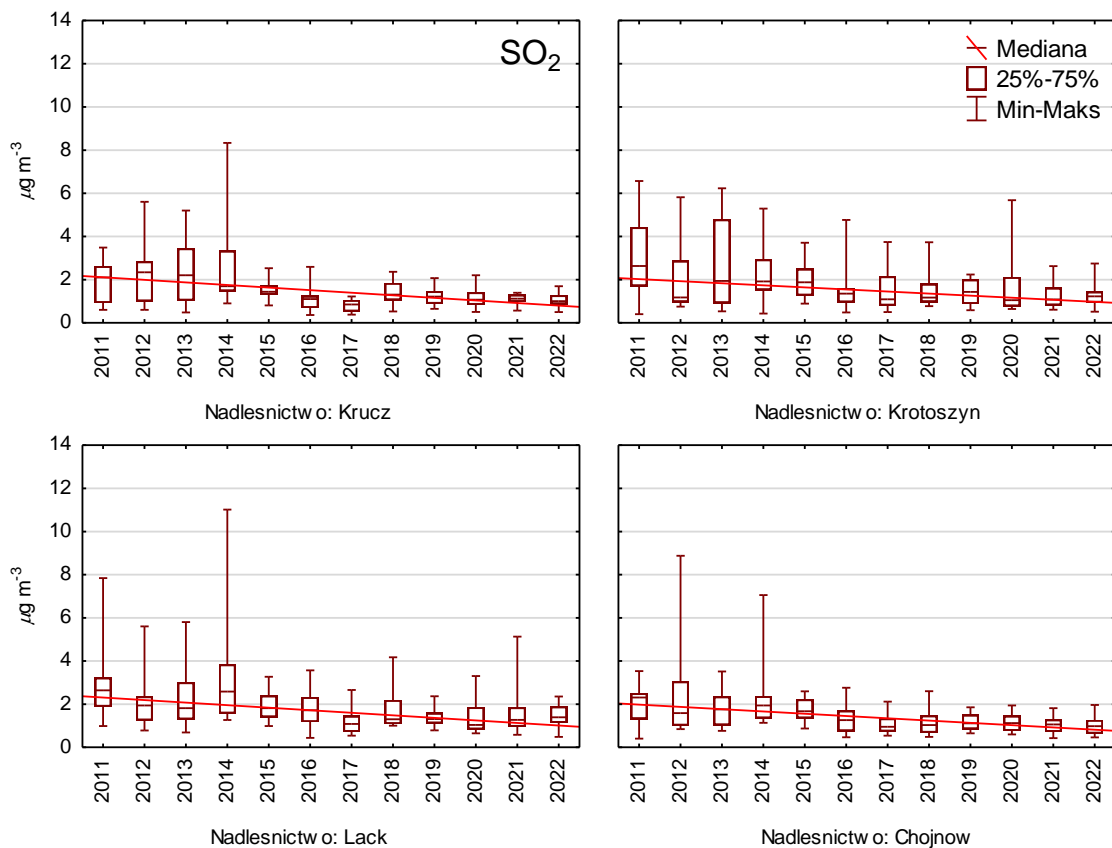
Elementy	kg N ha ⁻¹	Wskaźniki przekroczenia
Procesy glebowe		
liściaste	10-15	przyspieszenie mineralizacji i nityfikacji
i iglaste	10-15	zwiększenie wymywania NO ₃ ⁻
Drzewa		
lasz strefy umiarkowanej	10-15	zaburzenia równowagi składników odżywczych, wzrost zawartości N i spadek P, K, i Mg w aparacie asymilacyjnym, wzrost wrażliwości na szkodniki i choroby, zmiany w fungistatycznych związkach fenolowych
Mikoryza		
liściaste	13-16	spadek produkcji sporokarp, redukcja wzrostu podziemnego,
iglaste	10-13	zmiany i zubożenie składu gatunkowego grzybów mikoryzowych
Roślinność runa		
lasz strefy umiarkowanej	10-15	zmiany składu gatunkowego, wzrost liczby gatunków nitrofilnych, zmniejszenie liczby gatunków oligofilnych
Porosty i glony		
lasz strefy umiarkowanej i borealne	3-5	zamieranie porostów epifitycznych, ograniczanie wiązania azotu przez cyjanoporosty, rozwój glonów wolnożyjących

Tabela 15.5. Wpływ przekroczenia empirycznych ładunków krytycznych w lasach i terenach leśnych według ustaleń zrewidowanych w 2022 roku (wg Bobbink i in. 2022.)

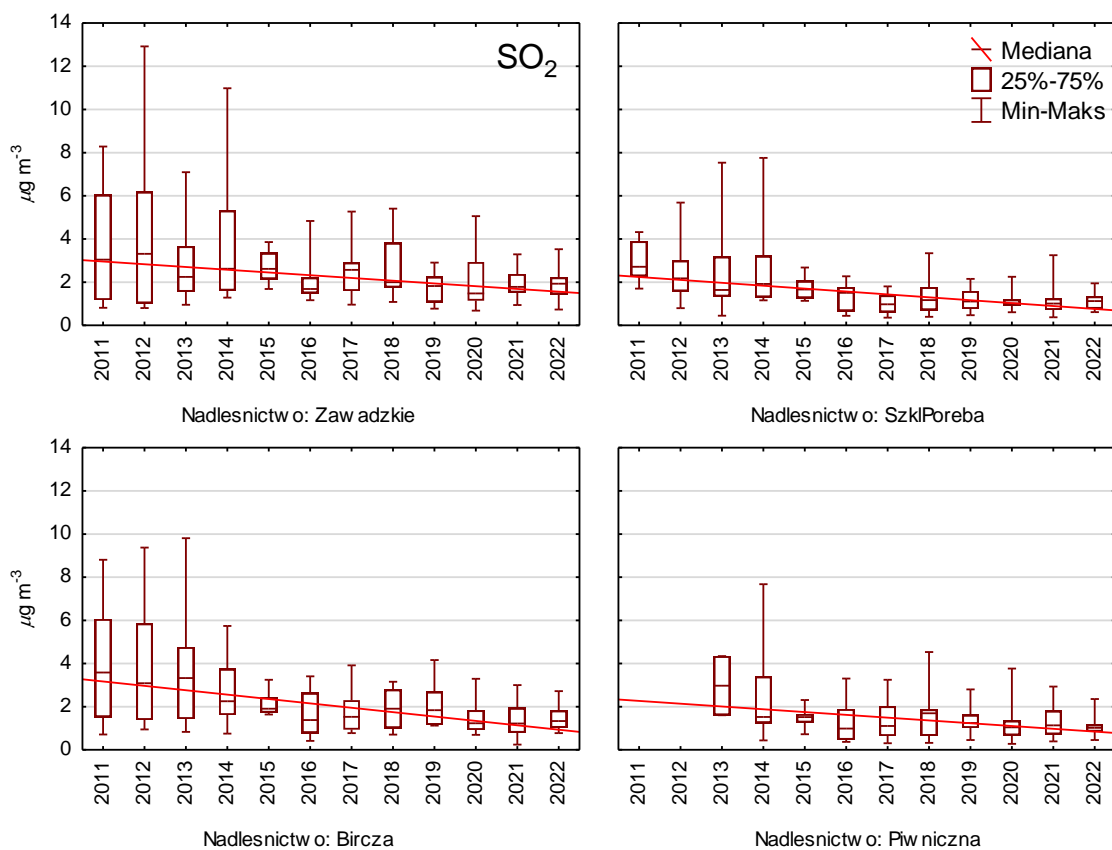
Elementy	kg N ha ⁻¹	Wskaźniki przekroczenia
Lasy liściaste	10-15	Zmiany procesów glebowych, niebilansowanie składników odżywczych, zmiany składu mikoryz i roślinności runa
Lasy bukowe na glebach kwaśnych i niekwaśnych	10-15	Zmiany roślinności runa i mikoryz, niebilansowanie składników odżywczych, zmiany fauny glebowej
Kwaśne dąbrowy	10-15	Zanikanie mikoryz, utrata porostów nadrzewnych i mszaków, zmiany roślinności runa
Lasy iglaste	3-15	Zmiany procesów glebowych, niebilansowanie składników odżywczych, zmiany składu mikoryz i roślinności runa, wzrost śmiertelności przy suszach
Bory sosnowe klimatu umiarkowanego kontynentalnego	10-15	Zmiany roślinności runa i mikoryz, niebilansowanie składników odżywczych, zwiększone emisje N ₂ O i NO



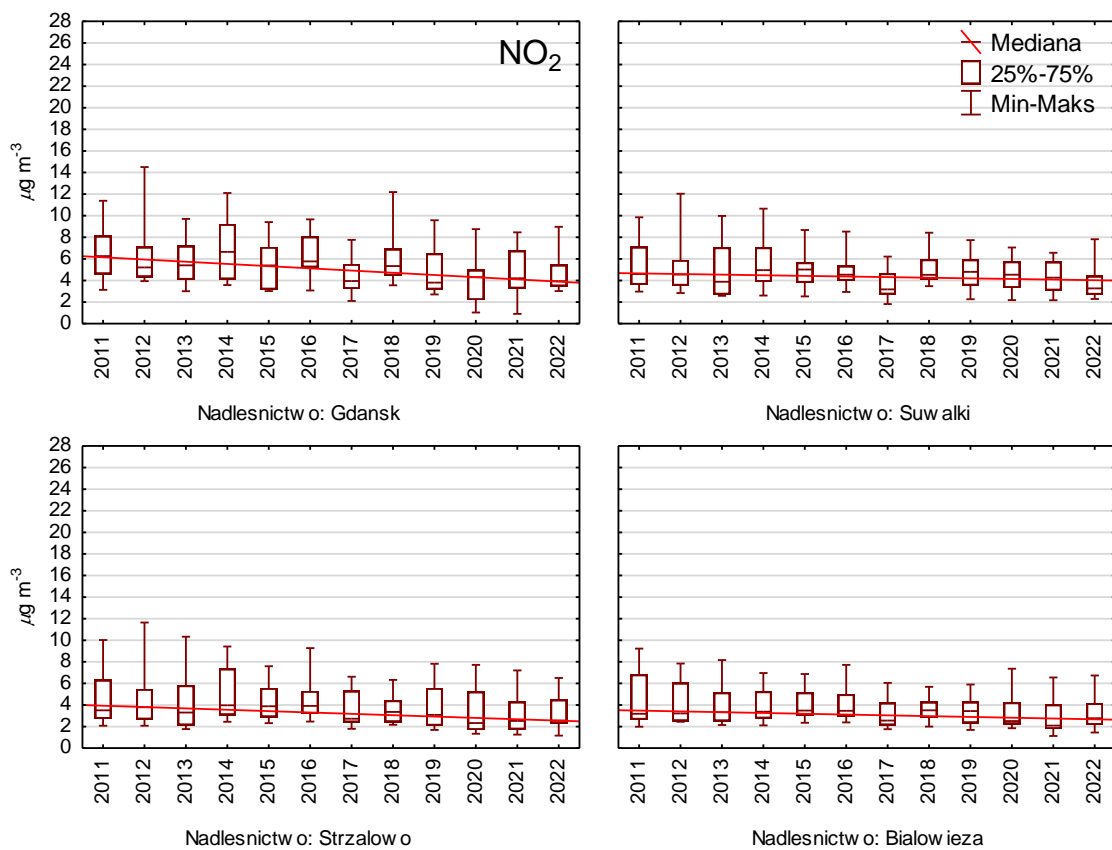
Rycina 15.1. Stężenia dwutlenku siarki w Polsce północnej i północno-wschodniej w latach 2011–2022



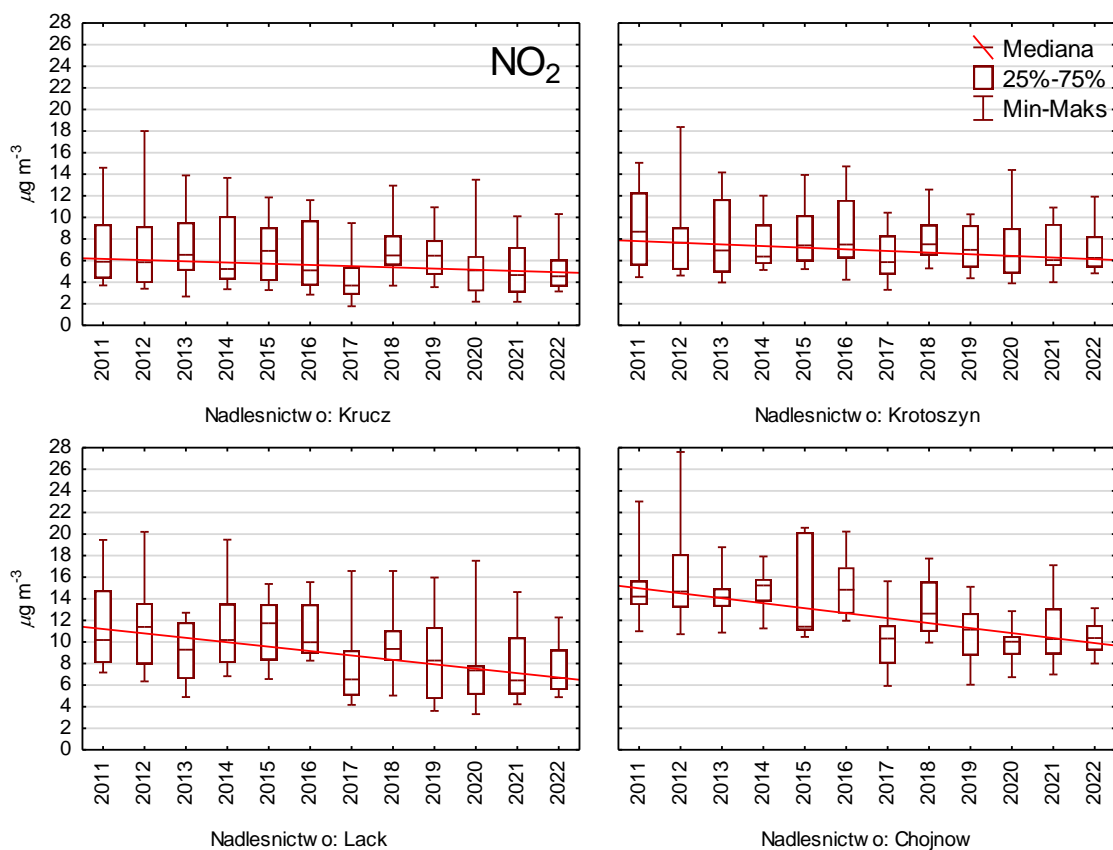
Rycina 15.2. Stężenia dwutlenku siarki w Polsce centralnej w latach 2011–2022



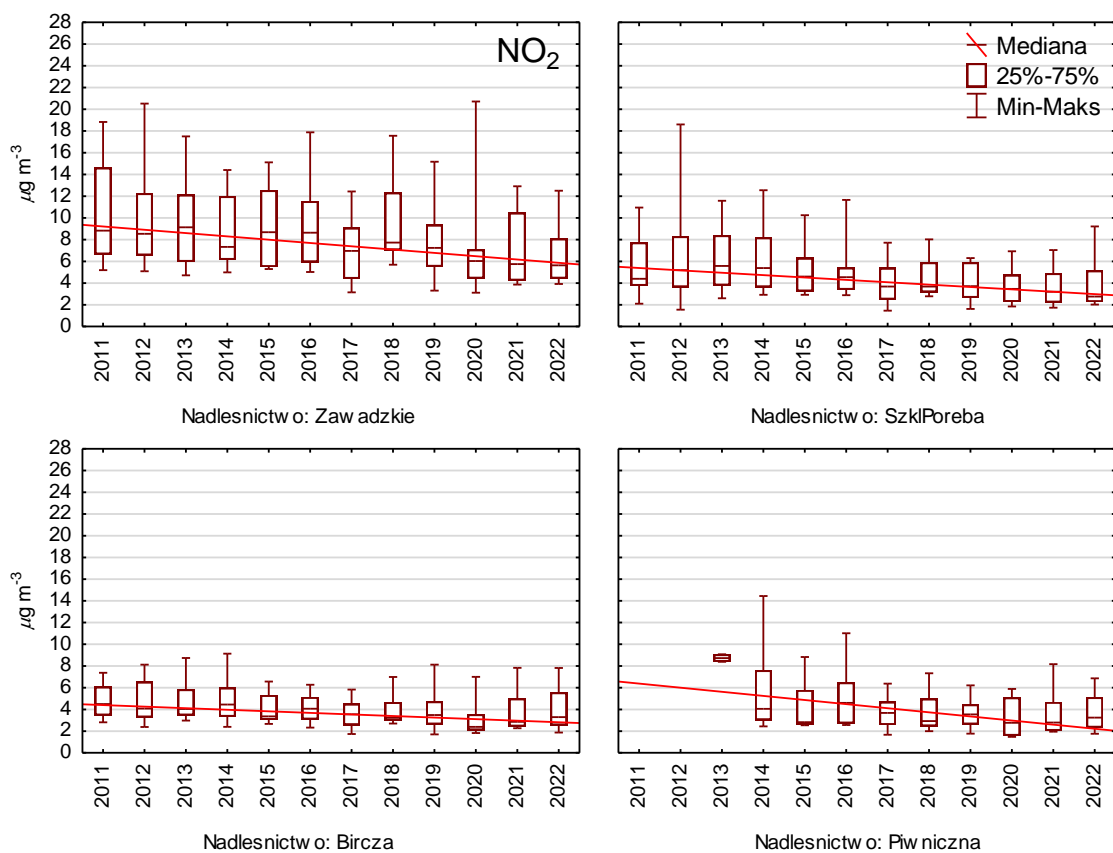
Rycina 15.3. Stężenia dwutlenku siarki w Polsce południowej w latach 2011–2022



Rycina 15.4. Stężenia dwutlenku azotu w Polsce północnej i północno-wschodniej w latach 2011–2022



Rycina 15.5. Stężenia dwutlenku azotu w Polsce centralnej w latach 2011–2022



Rycina 15.6. Stężenia dwutlenku azotu w Polsce południowej w latach 2011–2022

16. STAN ZDROWOTNY LASÓW W POLSCE NA TLE STANU LASÓW W EUROPIE – JADWIGA MAŁACHOWSKA

Najnowszy dostępny raport o stanie lasów w Europie (Forest Condition in Europe... 2022) zawiera dane za 2021 rok. Wyniki dotyczące krajowych badań stanu koron drzew w lasach na stałych powierzchniach obserwacyjnych I rzędu Centrum ICP Forests uzyskało z 30 krajów, w tym z Belgii wyniki oddzielnie z regionów Flandrii i Walonii. Wyniki z trzech krajów (Cypr, Norwegia i Szwecja) odnoszą się tylko do drzew gatunków iglastych (tab. 16.1, ryc. 16.1).

Należy podkreślić, że porównywanie wyników uzyskanych z poszczególnych krajów Europy może być obarczone błędem ze względu na znaczne zróżnicowanie warunków klimatycznych i przyrodniczych, różną lesistość oraz strukturę gatunkową drzewostanów. Ponadto, mimo wspólnych założeń metodycznych monitoringu, nie udało się uniknąć różnic w szczegółowych rozwiązaniach stosowanych w różnych krajach.

Przestrzenny rozkład średniej defoliacji drzew wszystkich gatunków na powierzchniach monitoringu lasów I rzędu ICP Forests (ryc. 16.3) wskazuje na dobrą kondycję lasów na terenie Europy wschodniej, Skandynawii, Bałkanów oraz Europy południowej (Turcja, Grecja, Hiszpania). Natomiast kraje Europy Środkowej, Słowacja, Czechy, środkowe i południowe Niemcy, Francja, Belgia (Walonia) cechowały się podwyższoną defoliacją drzew i obniżonym poziomem zdrowotności lasów.

Lepszą niż Polska lokatę w rankingu udziału drzew zdrowych (udziały wyższe) zajęło: dla gatunków razem oraz dla gatunków iglastych – 26 krajów, dla gatunków liściastych – 18 krajów. Wśród wszystkich drzew łącznie zarejestrowano: od 10,5% drzew zdrowych (w Belgii-Flandrii) do 84,4% drzew zdrowych (w Serbii), wśród gatunków iglastych: od 7,9% drzew zdrowych (w Belgii-Flandrii) do 86,4% (w Serbii), a wśród gatunków liściastych: od 17,1% drzew zdrowych (we Włoszech) do 84,1% (w Serbii). Gorszą pozycję w zestawieniu, z niższymi niż w naszym kraju udziałami drzew zdrowych, zajęły: dla gatunków razem oraz dla gatunków iglastych –: trzy te same kraje (Słowacja, Cypr i Belgia-Walonia), dla gatunków liściastych – osiem krajów (Belgia-Flandria, Słowenia, Słowacja, Łotwa, Francja, Luksemburg, Belgia-Walonia i Andora) (tab. 16.1, ryc. 16.1).

Lepszą niż Polska lokatę w rankingu udziału drzew w klasach defoliacji 2-4 (udziały niższe) zajęło: dla gatunków razem oraz dla gatunków liściastych – po osiem krajów, dla gatunków iglastych – dziesięć krajów. Wśród wszystkich drzew łącznie zarejestrowano: od

4,0% drzew w klasach defoliacji 2 – 4 (na Łotwie) do 16,7% drzew w tych klasach (w Grecji), wśród gatunków iglastych: od 5,0% drzew (na Łotwie) do 16,4% drzew w tych klasach (w Rumunii), a wśród gatunków liściastych: od 1,1% drzew (na Łotwie) do 15,9% drzew w tych klasach (na Litwie). Gorszą pozycję w zestawieniu, z wyższymi niż w naszym kraju udziałami drzew w klasach defoliacji 2 – 4, zajęło: dla gatunków razem – 21 krajów (od 17,5% drzew w Szwecji do 74,7% drzew w tych klasach w Belgii-Walonii), dla gatunków iglastych – 19 krajów (od 17,5% drzew w Szwecji do 78,5% drzew w tych klasach w Belgii-Walonii), dla gatunków liściastych – 18 krajów (od 20,0% drzew w Andorze do 71,4% drzew w tych klasach w Belgii-Walonii).

Dobłą kondycją zdrowotną (ponad 40% drzew zdrowych oraz do 20% drzew w klasach defoliacji 2-4) w zestawieniu dla gatunków razem charakteryzowały się drzewa w lasach siedmiu krajów (Serbii, Estonii, Rumunii, Danii, Norwegii, Grecji i Szwecji), w zestawieniu dla gatunków iglastych – drzewa w lasach ośmiu krajów (Estonii, Serbii, Danii, Irlandii, Mołdawii, Norwegii, Rumunii i Szwecji), w zestawieniu dla gatunków liściastych – drzewa w lasach pięciu krajów (Serbii, Estonii, Rumunii, Grecji i Danii) (tab. 16.1, ryc. 16.1).

Drzewa w złej kondycji zdrowotnej (do 25% drzew zdrowych oraz powyżej 30% drzew w klasach defoliacji 2 - 4) w zestawieniu dla gatunków razem występowały w lasach: dziesięciu krajów (Czarnogóry, Niemiec, Słowacji, Włoch, Słowenii, Węgier, Luksemburga, Czech, Francji i Belgii-Walonii), w zestawieniu dla gatunków iglastych – w lasach ośmiu krajów (Niemiec, Czarnogóry, Włoch, Francji, Słowenii, Słowacji, Czech i Belgii-Walonii), w zestawieniu dla gatunków liściastych – w lasach dziesięciu krajów (Czarnogóry, Czech, Niemiec, Słowenii, Włoch, Węgier, Irlandii, Luksemburga, Francji i Belgii-Walonii).

Wyniki obserwacji wykazały, że w kilku krajach kondycja zdrowotna drzew gatunków iglastych była lepsza w porównaniu z kondycją drzew gatunków liściastych, natomiast w kilku innych krajach drzewa gatunków liściastych były zdrowsze niż drzewa gatunków iglastych. Kraje, w których zdrowsze okazały się drzewa gatunków iglastych to: Irlandia, Luksemburg, Francja, Mołdawia, Dania i Andora. Zanotowano tam większe udziały drzew zdrowych (od 7,1 do 34,0 punktów procentowych różnicy) i mniejsze udziały drzew w klasach 2-4 (od 2,2 do 39,0 punktów procentowych różnicy) wśród gatunków iglastych, w porównaniu z gatunkami liściastymi.

Na Litwie, na Słowacji, w Czechach, Bułgarii, Chorwacji, Grecji i Szwajcarii kondycja zdrowotna drzew gatunków iglastych była gorsza niż gatunków liściastych. (ryc. 16.2). W tych krajach zanotowano mniejsze udziały drzew zdrowych (od 1,5 do 28,5 punktu procentowego

różnicy) i większe udziały drzew w klasach defoliacji 2-4 (od 3,0 do 28,6 punktu procentowego różnicy) wśród gatunków iglastych w porównaniu z gatunkami liściastymi.

W pięcioleciu 2017 – 2021 kondycja zdrowotna lasów, wyrażona udziałem drzew w klasach defoliacji 2-4, w wielu krajach nie ulegała dużym zmianom (tab. 16.2). Różnica między zanotowanym w kolejnych latach pięciolecia maksymalnym i minimalnym udziałem drzew w tych klasach nie przekracza 7 punktów procentowych. Dotyczy to zarówno krajów o stale dobrej kondycji zdrowotnej lasów, jak i tych, o stale złej kondycji. W zestawieniu dla gatunków razem tak stabilną kondycją charakteryzowały się drzewa w lasach na Łotwie, w Estonii, Serbii, Turcji i Rumunii (lasy zdrowe, średnio w pięcioleciu do 13,2% drzew w klasach defoliacji 2-4); ale również w lasach w Bułgarii, Słowenii, we Włoszech i w Czechach (lasy w złej kondycji zdrowotnej, średnio w pięcioleciu od 31,7 do 56,3% drzew w klasach defoliacji 2-4). W zestawieniu dla gatunków iglastych tak stabilną kondycją charakteryzowały się drzewa w lasach na Łotwie, w Estonii, w Serbii i Turcji (lasy zdrowe, średnio w pięcioleciu do 11,1% drzew w klasach defoliacji 2-4); ale również w lasach we Francji, w Słowenii i Czechach (lasy w złej kondycji zdrowotnej, średnio w pięcioleciu od 41,3 do 63,2% drzew w klasach defoliacji 2-4). W zestawieniu dla gatunków liściastych tak stabilną kondycją charakteryzowały się drzewa w lasach w Estonii, Serbii, Turcji, Rumunii i Grecji (lasy zdrowe, średnio w pięcioleciu do 14,1% drzew w klasach defoliacji 2-4); ale również w lasach w Czechach i we Włoszech (lasy w złej kondycji zdrowotnej, średnio w pięcioleciu od 35,3 do 41,5% drzew w klasach defoliacji 2-4).

W niektórych krajach, w ciągu pięciolecia, kondycja zdrowotna lasów ulegała znacznym wahaniom. Różnica między zanotowanym maksymalnym i minimalnym udziałem drzew w klasach defoliacji 2-4 przekraczała 15 punktów procentowych. W zestawieniu dla gatunków razem tak dużą zmiennością kondycji drzew charakteryzowały się lasy Andory, Danii i Luksemburga. W zestawieniu dla gatunków iglastych były to – Andora, Luksemburg, Włochy i Chorwacja, w zestawieniu dla gatunków liściastych – Andora, Dania, Niemcy i Luksemburg.

Tabela 16.1. Procentowy udział drzew w klasach defoliacji (gatunki iglaste, liściaste i razem) w krajach Europy w 2021 r. na podstawie krajowych inwentaryzacji *) według rosnących wartości w klasach 2-4

Kraj	Iglaste razem		
	Klasa 0	Klasa 1	Klasy 2-4
Łotwa	13,3	81,7	5,0
Estonia	47,0	45,0	8,0
Serbia	86,4	5,0	8,6
Dania	53,0	34,0	13,0
Irlandia	53,0	34,0	13,0
Turcja	32,7	53,2	14,1
Mołdawia	45,2	40,5	14,3
Norwegia **)	47,6	37,5	14,9
Belgia Flandria	7,9	75,9	16,2
Rumunia	52,0	31,6	16,4
Polska	6,8	76,6	16,6
Szwecja **)	47,9	34,6	17,5
Hiszpania	18,9	62,8	18,3
Andora	12,4	66,8	20,8
Grecja	42,4	35,6	22,0
Litwa	11,8	65,9	22,3
Szwajcaria	19,7	52,6	27,7
Cypr **)	4,4	65,7	29,9
Niemcy	20,2	46,7	33,1
Czarnogóra	22,6	44,1	33,3
Luksemburg	31,4	32,4	36,2
Włochy	24,8	32,0	43,2
Francja	23,3	33,3	43,4
Słowenia	21,9	34,0	44,1
Chorwacja	27,9	26,1	46,0
Bułgaria	28,8	24,4	46,8
Węgry	25,3	27,3	47,4
Słowacja	3,5	42,5	54,0
Czechy	11,9	23,9	64,2
Belgia Walonia	3,7	17,8	78,5

Kraj	Liściaste razem		
	Klasa 0	Klasa 1	Klasy 2-4
Łotwa	9,2	89,7	1,1
Serbia	84,1	10,1	5,8
Estonia	52,0	39,0	9,0
Rumunia	51,9	36,9	11,2
Grecja	70,9	16,1	13,0
Turcja	38,5	48,0	13,5
Dania	47,3	37,5	15,2
Litwa	18,9	65,2	15,9
Polska	14,3	67,8	17,9
Andora	0,0	80,0	20,0
Belgia Flandria	12,4	64,8	22,8
Bułgaria	32,6	44,2	23,2
Hiszpania	19,4	56,6	24,0
Szwajcaria	29,3	46,0	24,7
Słowacja	9,7	62,2	28,1
Mołdawia	38,1	32,8	29,1
Chorwacja	29,4	40,2	30,4
Czarnogóra	17,6	50,3	32,1
Czechy	22,6	41,8	35,6
Niemcy	22,8	40,2	37,0
Słowenia	12,4	46,3	41,3
Włochy	17,1	41,3	41,6
Węgry	22,6	29,9	47,5
Irlandia	19,0	29,0	52,0
Luksemburg	5,4	32,0	62,6
Francja	8,1	23,7	68,2
Belgia Walonia	3,1	25,5	71,4
Cypr **)	tylko	gatunki	iglaste
Norwegia **)	tylko	gatunki	iglaste
Szwecja **)	tylko	gatunki	iglaste

Kraj	Gatunki razem		
	Klasa 0	Klasa 1	Klasy 2-4
Łotwa	12,2	83,8	4,0
Serbia	84,4	9,5	6,1
Estonia	47,6	44,3	8,1
Rumunia	51,9	36,0	12,1
Dania	50,8	35,3	13,9
Turcja	35,1	51,0	13,9
Norwegia **)	47,6	37,5	14,9
Grecja	59,3	24,0	16,7
Polska	9,7	73,2	17,1
Szwecja **)	47,9	34,6	17,5
Litwa	14,5	65,6	19,9
Belgia Flandria	10,5	69,5	20,0
Andora	12,2	67,0	20,8
Hiszpania	19,1	59,7	21,2
Irlandia	44,1	32,7	23,2
Szwajcaria	22,4	50,7	26,9
Mołdawia	38,1	32,8	29,1
Cypr **)	4,4	65,7	29,9
Czarnogóra	18,8	48,8	32,4
Chorwacja	29,2	38,1	32,7
Bułgaria	30,9	35,6	33,5
Niemcy	21,3	43,9	34,8
Słowacja	7,4	54,9	37,7
Włochy	19,1	38,9	42,0
Słowenia	15,5	42,3	42,2
Węgry	22,8	29,7	47,5
Luksemburg	13,3	32,1	54,6
Czechy	14,4	28,4	57,2
Francja	13,5	27,0	59,5
Belgia Walonia	3,3	22,0	74,7

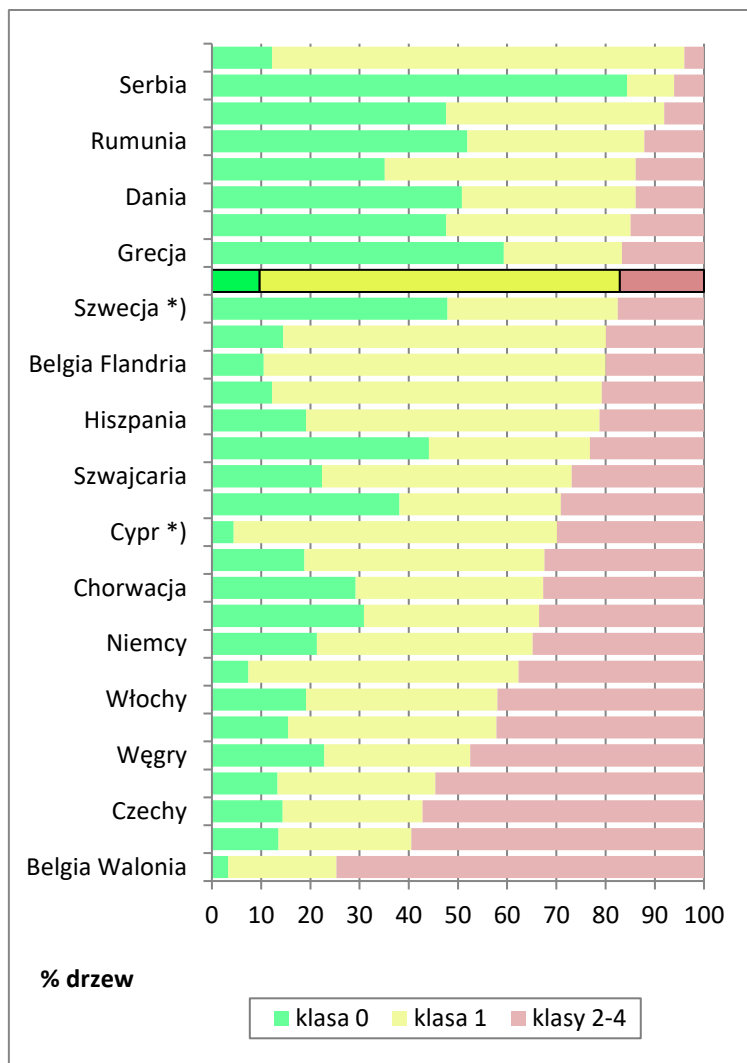
*) wg Michel A, Prescher A-K, Schwärzel K, editors (2021) Forest Condition in Europe. The 2021 Assessment. ICP Forests Technical Report under the UNECE Convention on Long-range Transboundary Air Pollution (Air Convention). Online supplementary material available at <http://icp-forests.net/page/icp-forests-technical-report>

***) kraje, w których oceniano defoliację tylko gatunków iglastych

Tabela 16.2. Zmiany w udziale drzew w klasach defoliacji 2-4 w latach 2017-2021 w krajach Europy na podstawie krajowych inwentaryzacji *)

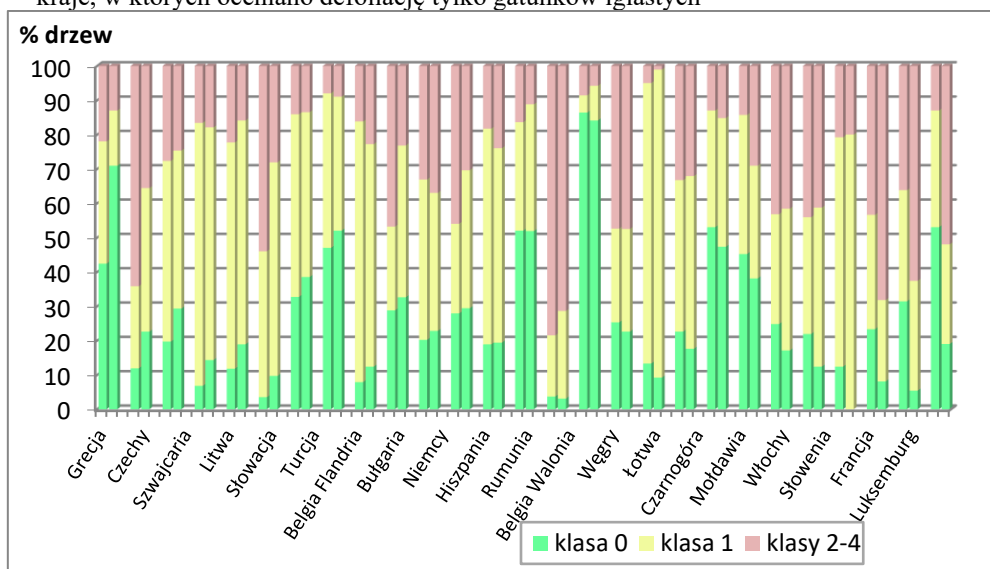
Kraj	Iglaste razem					Liściaste razem					Gatunki razem				
	2017	2018	2019	2020	2021	2017	2018	2019	2020	2021	2017	2018	2019	2020	2021
Andora	7,1	5,6	-	21,6	20,8	0,0	0,0	-	16,7	20,0	7,0	5,6	-	21,6	20,8
Belgia	26,8	27,7	33,5	33,9	28,9	26,2	27,7	30,2	33,7	32,0	26,6	27,7	31,7	33,9	30,7
Bułgaria	37,0	45,0	45,4	48,1	46,8	20,5	21,8	20,3	23,7	23,2	27,7	31,9	31,2	34,3	33,5
Chorwacja	35,0	47,0	53,6	48,7	46,0	24,0	27,8	26,4	26,0	30,4	25,6	30,8	30,3	29,4	32,7
Cypr **)	23,6	33,5	29,6	26,0	29,9	-	-	-	-	-	23,6	33,5	29,6	26,0	29,9
Czarnogóra	23,6	30,9	-	38,2	33,3	27,6	34,8	-	37,4	32,1	26,6	33,6	-	37,6	32,4
Czechy	60,3	63,0	64,3	64,2	64,2	31,6	35,6	37,5	36,3	35,6	53,6	56,4	57,4	56,7	57,2
Dania	11,8	15,2	22,0	21,9	13,0	14,4	30,0	46,0	26,1	15,2	12,9	21,4	32,3	24,0	13,9
Estonia	5,5	9,3	5,8	6,0	8,0	3,3	4,1	5,1	6,0	9,0	5,2	8,5	5,7	6,0	8,1
Francja	38,8	40,0	42,0	42,4	43,4	54,2	58,8	62,2	65,4	68,2	48,8	52,2	55,1	57,4	59,5
Grecja	32,1	26,2	28,7	29,1	22,0	14,6	14,4	15,5	12,9	13,0	20,2	18,4	20,7	20,0	16,7
Hiszpania	26,2	23,1	26,7	20,8	18,3	29,3	22,4	27,0	23,0	24,0	27,8	22,7	26,9	21,9	21,2
Irlandia	-	-	-	9,8	13,0	-	-	-	53,4	52,0	-	-	-	20,8	23,2
Litwa	23,5	21,1	21,7	21,0	22,3	17,8	14,2	15,2	15,4	15,9	21,1	18,5	19,2	18,9	19,9
Luksemburg	17,7	16,2	35,5	36,2	36,2	37,2	39,7	57,4	62,8	62,6	30,3	31,3	50,1	54,0	54,6
Łotwa	5,3	3,9	4,6	3,3	5,0	5,2	8,8	8,1	3,8	1,1	5,3	5,1	5,5	3,5	4,0
Mołdawia	19,6		19,2	17,0	14,3	28,7	N/A	28,0	39,0	29,1	28,7	-	28,0	38,9	29,1
Niemcy	19,5	22,8	31,2	33,5	33,1	27,5	37,1	43,6	43,2	37,0	22,7	28,7	36,4	37,5	34,8
Norwegia **)	19,0	15,5	16,5	17,2	14,9	-	-	-	-	-	19,0	15,5	16,5	17,2	14,9
Polska	18,4	17,2	19,6	17,5	16,6	23,3	21,1	23,9	22,6	17,9	20,2	18,6	21,2	19,4	17,1
Rumunia	10,7	10,3	13,7	17,4	16,4	15,3	15,8	11,2	12,1	11,2	14,5	14,8	11,6	12,9	12,1
Serbia	12,0	10,2	9,8	8,7	8,6	11,8	12,1	8,7	6,9	5,8	11,8	11,9	8,9	7,1	6,1
Słowacja	41,6	49,7	45,3	51,3	54,0	26,7	38,4	34,8	33,8	28,1	32,6	42,7	38,8	40,4	37,7
Słowenia	40,6	40,3	42,7	41,1	44,1	35,1	33,7	35,1	36,6	41,3	37,0	36,0	37,7	38,1	42,2
Szwajcaria	33,4	22,1	33,6	23,3	27,7	34,7	26,6	33,2	34,5	24,7	33,7	23,5	33,5	26,4	26,9
Szwecja **)	18,2	17,6	17,1	17,8	17,5	-	-	-	-	-	18,2	17,6	17,1	17,8	17,5
Turcja	8,2	10,2	11,4	11,7	14,1	9,8	11,0	13,1	12,2	13,5	8,8	10,5	12,1	11,9	13,9
Węgry	44,9	52,3	43,2	48,0	47,4	40,6	46,8	34,3	35,5	47,5	41,0	47,3	35,1	36,7	47,5
Włochy	21,8	28,1	28,8	26,9	43,2	45,0	43,4	38,1	39,6	41,6	39,0	39,0	36,0	36,2	42,0

*) wg Michel A, Prescher A-K, Schwärzel K, editors (2021) Forest Condition in Europe. The 2021 Assessment. ICP Forests Technical Report under the UNECE Convention on Long-range Transboundary Air Pollution (Air Convention). Online supplementary material available at <http://icp-forests.net/page/icp-forests-technical-report>

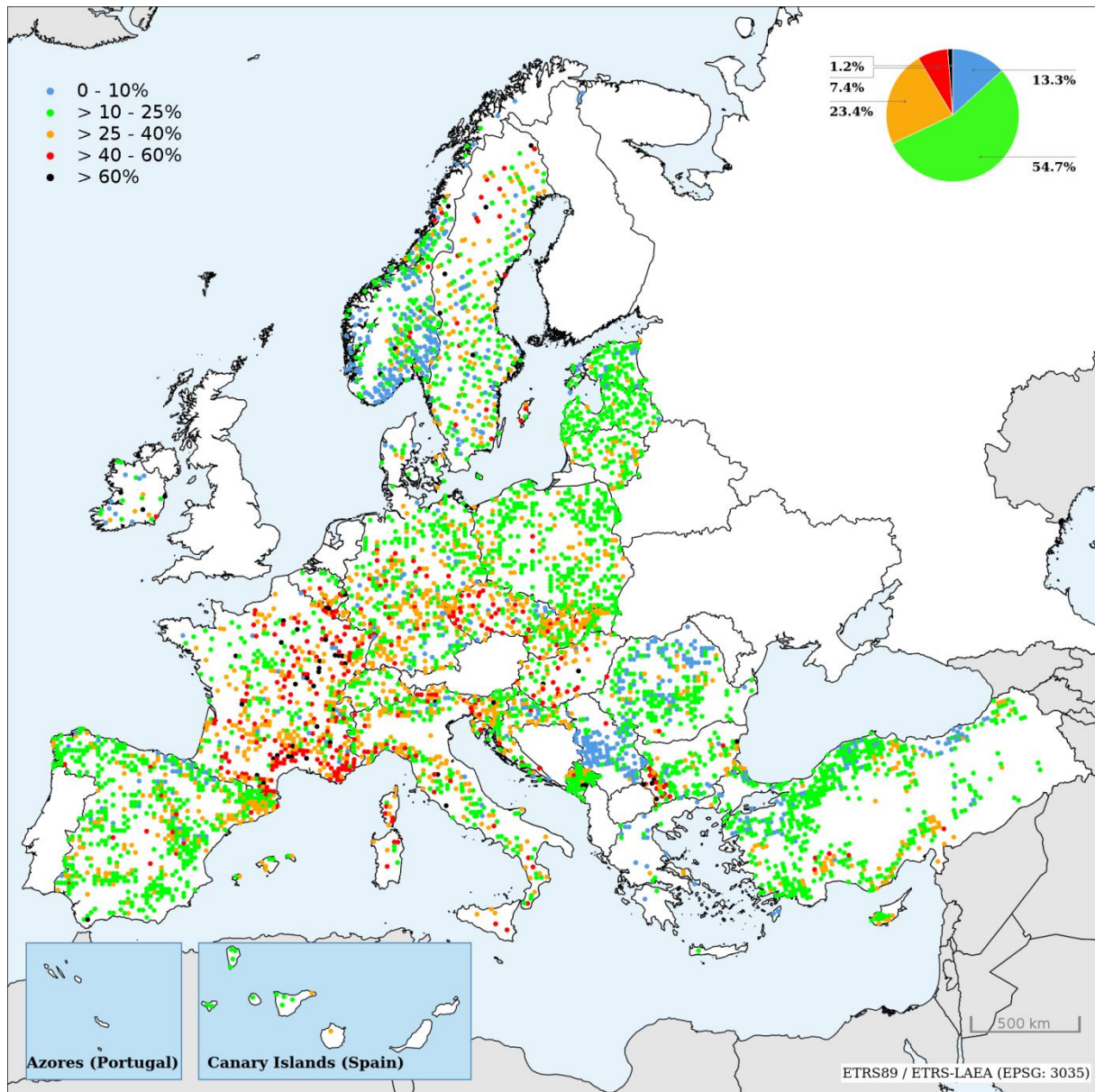


Rycina 16.1. Udział procentowy drzew (gatunki razem) w klasach defoliacji w krajach Europy w 2021r., kraje uszeregowane według wzrastającego udziału drzew w klasach defoliacji 2–4

*) kraje, w których oceniano defoliację tylko gatunków iglastych



Rycina 16.2. Udział procentowy drzew gatunków iglastych (słupki po lewej stronie) i gatunków liściastych (słupki po prawej stronie) w klasach defoliacji w kolejności największej różnicy udziału drzew zdrowych pomiędzy gatunkami iglastymi i liściastymi w krajach Europy w 2021 r.



Rycina 16.3. Rozkład przestrzenny średniej defoliacji drzew wszystkich gatunków na powierzchniach pierwszego rzędu (level 1) sieci ICP Forests (16 x 16 km) w Europie w 2021 r. wg Timmermann V., Potočić N., Ognjenović M., Kirchner T., 2022. Tree crown condition in 2021. W: Michel A., Kirchner T., Prescher A-K., Schwärzel K. (red.), 2022: Forest Condition in Europe: The 2022 Assessment. ICP Forests Technical Report under the UNECE Convention on Long-range Transboundary Air Pollution (Air Convention). Eberswalde: Thünen Institute. <https://doi.org/10.3220/ICPTR1656330928000>
<http://icp-forests.net/page/icp-forests-technical-report>

17. PODSUMOWANIE WYNIKÓW – PAWEŁ LECH

Wyniki obserwacji, pomiarów i analiz wykonanych w 2022 roku pozwalają na sformułowania następujących wniosków:

Liczebność Stałych Powierzchni obserwacyjnych

- Liczba stałych powierzchni obserwacyjnych I rzędu poddanych obserwacjom w 2022 roku wyniosła 2071, w tym w 1406 powierzchni w lasach będących w zarządzie Lasów Państwowych, 531 powierzchni w lasach będących własnością osób fizycznych, 38 powierzchni w granicach parków narodowych oraz 96 powierzchni w lasach pozostałych form własności.

Stan zdrowotny drzewostanów

- Średnia defoliacja wszystkich gatunków razem wynosiła 21,2%, iglastych razem – 21,3%, a liściastych razem – 21,2%. Były to wartości niższe niż w roku 2021, w przypadku drzew iglastych o 1,3 punktu procentowego. Udział drzew wszystkich gatunków o defoliacji do 10% wynosił 14,4%, a udział drzew o defoliacji powyżej 25% – 15,5%. Gatunki liściaste charakteryzowały się wyższym udziałem drzew zdrowych (18,4%) oraz wyższym udziałem drzew o podwyższonej defoliacji (17,6%) niż gatunki iglaste (odpowiednio: 12,0% i 14,2%).
- Na podstawie średniej defoliacji za gatunki o najwyższej zdrowotności uznano buk, jodłę i olszę (średnia defoliacja równa odpowiednio 17,3%, 18,2% i 19,2%). Wysoką średnią defoliacją charakteryzowały się natomiast dąb (24,2%) i świerk (25,0%) Podobne uszeregowanie gatunków drzew uzyskano porównując udziały drzew o defoliacji do 10%, jak i o defoliacji powyżej 25%.
- Kolejność gatunków od najbardziej do najmniej zdrowych (ustalona na podstawie analizy średniej defoliacji, udziału drzew o defoliacji do 10% i udziału drzew o defoliacji powyżej 25%) była następująca: buk << jodła, olsza < inne liściaste < inne iglaste < sosna < brzoza << świerk, dąb.
- W przypadku większości głównych lasotwórczych gatunków drzew i wszystkich drzew razem wraz z wiekiem rosła średnia defoliacja. Najsilniej było to widoczne u jodły, dębu i brzozy, słabiej u świerka i olszy, natomiast w odniesieniu do buka takiej zależności nie stwierdzono, a w przypadku sosny wraz z wiekiem defoliacja nieznacznie malała.
- Porównanie zdrowotności monitorowanych gatunków drzew łącznie w układzie czterech form własności: lasy w zarządzie Lasów Państwowych, lasy będące własnością osób fizycznych, lasy w parkach narodowych oraz lasy innych form własności razem wykazało: najlepszą kondycją charakteryzowały się drzewa na powierzchniach zlokalizowanych w lasach zarządzanych przez PGL Lasy Państwowe, najslabszą kondycją charakteryzowały się drzewa w lasach parków narodowych (średnia defoliacja wynosiła odpowiednio: 20,8%

i 24,1%). Wyższy poziom defoliacji drzew w lasach parków narodowych, w porównaniu z lasami innych form własności, wynika z mniejszej intensywności lub braku wykonywania zabiegów pielęgnacyjnych i cięć sanitarnych, podczas których usuwa się drzewa uszkodzone i o obniżonej zdrowotności.

- Udział drzew o defoliacji do 10% (gatunki razem) w układzie rdLP zawierał się w przedziale od 3,8% w RDLP w Lublinie do 35,9% w RDLP w Poznaniu. Udział drzew o defoliacji powyżej 25% zawierał się w przedziale od 6,0% w RDLP w Gdańsku do 25,6% w RDLP w Lublinie. Średnia defoliacja zawierała się w przedziale od 17,6% w RDLP w Poznaniu do 25,0% w RDLP w Lublinie.
- Regionalne dyrekcje LP pogrupowano według poziomu zdrowotności lasów, od najbardziej do najmniej zdrowych, ich kolejność jest następująca: Poznań << Piła, Krosno, Kraków << Gdańsk, Wrocław < Zielona Góra, Toruń < Łódź, Olsztyn, Białystok, Radom < Katowice, Szczecin < Warszawa, Szczecinek << Lublin.
- Udział drzew o defoliacji do 10% (gatunki razem) w układzie województw zawierał się w przedziale od 5,1% w województwie opolskim do 30,2% w województwie wielkopolskim. Udział drzew o defoliacji powyżej 25% zawierał się w przedziale od 9,7% w województwie warmińsko-mazurskim do 23,3% w województwie mazowieckim. Średnia defoliacja zawierała się w przedziale od 18,5% w województwie wielkopolskim do 24,2% w województwie mazowieckim.
- Uszeregowanie grup województw pod względem zdrowotności lasów w kolejności od najzdrowszych do najmniej zdrowych przedstawiało się jak następuje: wielkopolskie < podkarpackie << dolnośląskie < kujawsko-pomorskie, małopolskie, podlaskie, pomorskie, śląskie, warmińsko-mazurskie < świętokrzyskie, łódzkie < lubuskie < zachodniopomorskie, opolskie << lubelskie, mazowieckie.
- Udział drzew o defoliacji do 10% (gatunki razem) w układzie krain przyrodniczo-leśnych zawierał się w przedziale od 6,5% w Krainie Mazowiecko-Podlaskiej do 23,6% w Krainie Karpackiej. Udział drzew o defoliacji powyżej 25% zawierał się w przedziale od 10,7% w Krainie Mazursko-Podlaskiej do 21,4% w Krainie Mazowiecko-Podlaskiej. Średnia defoliacja zawierała się w przedziale od 19,5% w Krainie Karpackiej do 23,9% w Krainie Mazowiecko-Podlaskiej.
- Kolejność grup krain przyrodniczo-leśnych według poziomu zdrowotności lasów, od najbardziej do najmniej zdrowych przedstawiała się jak następuje: Karpacka < Wielkopolsko-Pomorska < Sudecka < Bałtycka, Śląska, Mazursko-Podlaska, Małopolska << Mazowiecko-Podlaska.
- Ogółem w skali kraju najlepszą kondycję drzew ‘gatunków razem’ obserwowano w 2022 roku, dobrą – w latach 2013–2015, średnią – w latach 2017, 2018 i 2021, a najgorszą – w latach 2019–2020. Udział drzew zdrowych zawierał się w przedziale od 8,0% w 2020 r. do 14,4% w 2022 r., udział drzew w klasach defoliacji 2-4 – od 15,5% w 2022 r. do 21,1% w 2019 r., a średnia defoliacja – od 21,2% w 2022 r. do 23,4% w 2019 r.

- Biorąc pod uwagę średnie wartości parametrów składających się na ocenę zdrowotności monitorowanych gatunków drzew w latach 2013-2022 kolejność gatunków od najbardziej do najmniej zdrowych przedstawiała się następująco: buk << olsza, jodła < ‘inne iglaste’, ‘inne liściaste’, sosna < świerk, brzoza << dąb.
- W latach 2013-2022 najbardziej stabilną kondycją zdrowotną charakteryzowała się sosna, największą zmiennością kondycji charakteryzowały się dąb.

Symptomy i przyczyny uszkodzeń drzewostanów

- W 2022 roku stwierdzono 49998 uszkodzenia drzew, które występowały na 76,84% wszystkich drzew ocenianych na SPO I rzędu.
- Najsilniej uszkodzonymi gatunkami liściastymi były dęby (1,72 uszkodzenia/drzewo), a z gatunków iglastych – świerk (1,26 uszkodzenia/drzewo).
- Najczęściej uszkodzaną częścią drzew iglastych oraz buka była strzała, zaś pozostałych gatunków liściastych – liście.
- Najczęściej występującym symptomem uszkodzenia drzew był „ubytek liści/igieł”.
- Wśród czynników sprawczych dominowały „konkurencja i inne czynniki” (głównie konkurencja) oraz owady (przede wszystkim owady liściożerne), uszkadzające w największym stopniu gatunki liściaste.
- Występowania uszkodzeń powodowanych przez jemiołę zwiększało się w ostatnich 14 latach. W 2022 roku porażonych było łącznie 11 gatunków drzew, najsilniej jodła i sosna. W 2022 roku, tak jak w latach poprzednich, jemioła cechowała się znaczną dynamiką, chociaż wyraźnie mniejszą niż w latach poprzednich – wzrost liczby uszkodzeń o 5,1% względem 2021 r., podczas gdy wcześniej ten wzrost oscylował wokół około 20% rok do roku.

Warunki klimatyczno-wodne panujące na terenach leśnych Polski w 2021 roku

- W roku 2022 r. zagrożenie suszą występowało na znacznym obszarze Polski. Dotyczyło to w największym stopniu zachodniej części kraju, głównie województwa lubuskiego, wielkopolskiego oraz południowej części województwa zachodniopomorskiego.
- Klimatyczny bilans wodny całego roku wskazuje na wystąpienie deficytu wody przekraczającego 100 mm, natomiast klimatyczny bilans wodny półrocza letniego na niedobór wilgoci przekraczający 250 mm.
- W porównaniu z rokiem 2021 warunki wodne w 2022 r. były mniej korzystniejsze dla wzrostu drzew, biorąc pod uwagę zarówno cały rok, jak i okres wegetacyjny. Wydaje się, że zmniejszenie się defoliacji drzew w roku 2022 względem lat wcześniejszych było efektem relatywnie wysokiej dostępności wody dla drzew w roku 2021.

Zdrowotność drzewostanów na obszarach Natura 2000

- Na koniec 2022 roku liczba obszarów sieci Natura 2000 w Polsce była taka sama jak w roku poprzednim i wynosiła 1002. Zajmowały one 68 471,4 km², co jest równe 19,5% powierzchni Polski.
- W roku 2021 na obszarach sieci Natura 2000 znajdowało się 676 czynnych powierzchni monitoringu leśnego (I i II rzędu, w tym monitoringu intensywnego), co stanowiło około 30,7% wszystkich aktywnych SPO.
- Średnie wartości defoliacji drzew rosnących w lasach na obszarach ochrony siedlisk (SOO) i obszarach ochrony ptaków (OSO) wynosiły w roku 2021 około 21-22% i mieściły się w klasie 1 (lekkiej defoliacji). Wartości te były zbliżone do tych z roku 2021.

Stan zdrowotny drzew na SPO II rzędu

- Ogółem na SPO II rzędu średnia defoliacja drzew wynosiła 22,1%, udział drzew zdr owych (klasa 0, do 10% defoliacji) – 11,9%, a udział drzew o osłabionej kondycji (klasy 2-4, powyżej 25% defoliacji) – 16,3%.
- Kolejność gatunków występujących na SPO II rzędu od najzdrowszych do najmniej zdrowych była następująca: buk << sosna < świerk << dąb.

Odżywienie mineralne drzew na SPO II rzędu

• Drzewostany sosnowe

- - Sosny są zazwyczaj dobrze zaopatrzone w azot różnego pochodzenia (7 drzewostanów cierpiało na nadmiar N, 8 na niedobór, a pozostałe mieściły się w klasie optimum w 2021 roku) przy równoczesnym nagminnym braku magnezu (27 % drzewostanów wykazuje niedobór magnezu, natomiast pozostałe 73 % znajduje się w dolnej klasie optimum) oraz siarki (65% drzewostanów cierpiało na niedobór siarki w 2021 roku).
- - Obecnie drzewostany sosnowe są dobrze zaopatrzone w potas, wapń i fosfor.
- - Na ogół obserwuje się równowagę między makroelementami w igłach sosny.

• Drzewostany świerkowe

- - Od 1997 roku nastąpił stopniowy wzrost zawartości azotu w igłach świerka, jednakże w żadnym drzewostanie nie odnotowano przekroczenia wartości określonej jako nadmierna, a większość wyników plasowała się w klasie wartości wystarczających. Jeden drzewostan w Nadl. Suwałki był w 2021 roku zaopatrzony w azot w stopniu niewystarczającym, a jeden w Nadl. Szklarska Poręba w stopniu optymalnym.
- - Problem z zaopatrzeniem drzew w fosfor nie występował w 2021 roku na badanych powierzchniach - Świerczyny są dobrze zaopatrzone w potas i wapń, ale wykazują niższą niż optymalna zasobność w magnez, z niedoborem Mg w Nadl. Międzylesie.
- - Zakłócenia w stanie odżywienia makroelementami powodują rozchwianie wzajemnych proporcji między nimi, i o ile obecnie występują poprawne stosunki N:K, to sporadycznie notowane są zachwiania stosunków N:Ca, N:P, N:Mg, a szczególnie K:Mg i Ca:Mg.

- - Problemy z odżywieniem drzewostanów dotyczyły przeważnie wybranych nadleśnictw krainy Karpackiej i Sudeckiej, przyczyniając się wraz z innymi czynnikami do zamierania świerczyn w tych rejonach.
- Drzewostany dębowe
 - - W pierwszym cyklu pomiarów (1997 rok) drzewostany dębowe wykazywały niewielkie niedobory magnezu i fosforu, obecnie są wystarczająco lub dobrze zaopatrzone w azot, fosfor, magnez, potas i wapń.
 - - Dobry stan odżywienia drzewostanów dębowych makroelementami powoduje, że wzajemne proporcje między zawartością poszczególnych pierwiastków w organach asymilacyjnych są również optymalne.
 - - Drzewostany dębowe charakteryzują się odpowiednim i zrównoważonym zaopatrzeniem w składniki pokarmowe.
- Drzewostany bukowe
 - - Buki są wystarczająco zaopatrzone w azot, choć jedynie w trzech badanych drzewostanach zawartość N jest optymalna w 2021 roku, a niedobór wystąpił w Nadl. Gdańsk.
 - - Zaopatrzenie w fosfor i wapń jest na ogół wystarczające.
 - - Znaczny niedobór potasu utrzymujący się na podobnym poziomie od 1997 roku stwierdzono w sześciu z jedenastu drzewostanów.
 - - Od 1997 roku nastąpiła poprawa zaopatrzenia buków w magnez, jednakże nadal pięć z jedenastu drzewostanów cierpi na niedobór Mg.
 - - Obecnie drzewostany bukowe charakteryzują się równowagą między składnikami pokarmowymi, jedynie w nielicznych drzewostanach zaobserwowano zbyt wąski stosunek azotu do wapnia, azotu do fosforu oraz azotu do potasu

Warunki meteorologiczne na SPO MI

- Rok 2022 był pod względem termicznym sklasyfikowany jako ciepły lub bardzo ciepły, znacznie cieplejszy od średniej okresu referencyjnego 1991–2020. Średnia roczna temperatura ze wszystkich SPO MI mierzona na wysokości +2 m wyniosła 8,5°C i była o 0,8°C wyższa niż w roku 2021.
- Średnia temperatura okresu wegetacyjnego wynosiła 14,2°C i była o 0,1°C wyższa niż w roku 2021. Najwyższą maksymalną wartość temperatury 37,8°C odnotowano 21 lipca w Kruczu.
- W roku 2022 średnia miesięczna suma opadów okresu wegetacyjnego ze wszystkich stacji wyniosła 64,6 mm i była o 1,5 mm wyższa niż w roku 2021.
- Najwyższa suma opadów w całym roku i w sezonie wegetacyjnym wystąpiła w Szklarskiej Porębie (1171,5 mm i 592,3 mm). Najmniej opadów w okresie roku i w sezonie wegetacyjny zarejestrowano na SPO MI w Kruczu (odpowiednio 421,5 mm i 236,5 mm).

- Łączna długość okresów posuchy w okresie wegetacyjnym 2022 roku z opadami <5mm w okresie 14 dni zawierała od 16 dni w Strzałowie do 68 dni w Kruczu i 67 dni w Birczy. Ponad dwutygodniowe okresy bez opadów wystąpiły w sezonie wegetacyjnym czterokrotnie w Birczy, trzykrotnie w Kruczu, dwukrotnie w kolejnych 7 lokalizacjach SPO MI oraz jednokrotnie na dwóch SPO MI.
- Najwyższą średnią dobową prędkość wiatru (16,7, m/s) zarejestrowano 30 stycznia na stacji w Krotoszynie, a najwyższą 10-minutową średnią maksymalną 40,6 m/s osiągnął wiatr 9 grudnia o godz. 19.30 na stacji w Kruczu.
- Na tle ostatnich lat, sumy opadów, jak i średnie temperatury powietrza na powierzchniach monitoringu intensywnego w roku 2022 wskazują na przeciętne warunki pogodowe roku 2022, jednakże znacząco mniej korzystne niż te z roku 2021.

Zanieczyszczenia powietrza na SPO MI

- Najbardziej obciążone zanieczyszczeniami atmosferycznymi są SPO MI w Chojnowie i Zawadzkiem. W roku 2022 depozycja wynosiła tam odpowiednio 5,0 – 5,3 kg N+S ha⁻¹
- Łączna depozycja siarki i azotu z atmosfery w 2022 roku była niska w nadleśnictwach Polski północnej i północno-wschodniej, tj. w Białowieży, Gdańsku, Strzałowie i Suwałkach (2,1–2,3 kg N+S ha⁻¹ rok⁻¹).
- Powierzchnie zlokalizowane w górach i na pogórzu: Szklarska Poręba, Piwniczna i Birza wyróżniały się nieco wyższymi, ale wciąż dość niskimi wartościami sumarycznej depozycji N-NO₂ i S-SO₂ (2,8 – 3,0 kg N+S ha⁻¹ rok⁻¹).
- W Wielkopolsce: w Kruczu i w Krotoszynie obciążenie sumarycznym ładunkiem zanieczyszczeń gazowych było pośrednie i wyniosło odpowiednio 3,3 i 3,7 kg N+S ha⁻¹ rok⁻¹. Wyższy poziom depozycji reprezentowała powierzchnia w Łącku na Mazowszu (4,0 kg N+S ha⁻¹ rok⁻¹).
- Depozycja gazowa pozostała na zbliżonym poziomie jak w roku 2021 na większości SPO MI, z wyjątkiem Gdańska i Suwałk, gdzie zmalała odpowiednio o 19% i 13% i Birczy, gdzie wzrosła o 5%.
- Prognozy wskazują, że w Polsce centralnej, w rejonach o wysokiej i średniej depozycji gazowych zanieczyszczeń powietrza, zagrożenie dla ekosystemów ze strony SO₂ i NO₂ będzie się utrzymywać, nawet po wdrożeniu ustaleń zrewidowanego Protokołu z Göteborga.

Depozyt jonów wnoszony z opadami atmosferycznymi na SPO MI

- Roczny depozyt jonów: azotu całkowitego, jonów wodorowych, chlorków, siarki w formie siarczanu (VI), wapnia, sodu, potasu, magnezu, żelaza, glinu, manganu i metali ciężkich mieścił się w granicach od 15,9 do 34,8 kg ha⁻¹. Depozycja w Kruczu była wyższa niż w roku 2021 o 32%. Depozycja w Strzałowie i Gdańsku była wyższa w stosunku do

poprzedniego roku o 14-15%, natomiast w Białowieży, Birczy, Szklarskiej Porębie i Piwnicznej zanotowano spadek o 26-22%, a w Łącku i Suwałkach odpowiednio o 15% i 10%. Na pozostałych powierzchniach (Chojnów, Krotoszyn i Zawadzkie) depozycja zmieniła się od 1% do 6% w stosunku do roku 2021.

- Sumaryczny depozyt pierwiastków śladowych, tj. żelaza, manganu, glinu oraz metali ciężkich: cynku, miedzi, kadmu i ołowiu w kg ha^{-1} , wynosił od 0,8 do 1,6% depozytu rocznego wszystkich składników. Na metale ciężkie, wśród których ilościowo dominował cynk, przypadło od 0,5 do 1,0%, tj. od 0,10 do 0,17 $\text{kg ha}^{-1} \text{rok}^{-1}$. Największe ilości metali ciężkich zanotowano na SPO MI w Szklarskiej Porębie, Chojnowie, Zawadzkiem i Białowieży (0,17 $\text{kg ha}^{-1} \text{rok}^{-1}$).
- W opadach na SPO MI średnie pH mieściło się w granicach od 5,1 do 5,9. Minimalną wartość osiągnęło w listopadzie w Birczy a maksymalną w maju w Chojnowie. Udział miesięcznych opadów o pH niższym od 5,0 – częstszych w okresie zimowym - wyniósł 9% i z ponad dziesięcioletnich pomiarów wynika, że udział ten sukcesywnie spada.
- Najwyższa kwasowość opadów mierzona średnią roczną wartością pH wystąpiła na Śląsku w Zawadzkiem (pH 5,2), w nadleśnictwach rejonów górskich, tj. w Piwnicznej, Birczy (pH 5,3), Szklarskiej Porębie (pH 5,4), a tylko nieco wyższa w Gdańsku, Strzałowie i Kruczu (pH 5,5).
- Na SPO MI w 2022 roku 56% przeanalizowanych próbek opadów otwartej przestrzeni – częściej w okresie zimowym - przyjmowało ujemne wartości ANC. Udział jonów o charakterze zakwaszającym (SO_4^{2-} , NO_3^- , Cl^- i NH_4^+) w depozycie wyrażonym sumą ładunku molarnego dominował na każdej z powierzchni i wynosił od 54% do 68%. Przewaga jonów zakwaszających nad jonami zasad była największa na SPO MI w Krotoszynie, Zawadzkiem i Szklarskiej Porębie.

Depozyt podkoronowy

- Roczny depozyt podkoronowy był od 1,7 do 4,2 większy niż z opadem na otwartej przestrzeni i mieścił się w zakresie od 38,9 do 90,8 $\text{kg ha}^{-1} \text{rok}^{-1}$.
- Depozyt pierwiastków śladowych i metali ciężkich: żelaza, manganu, glinu, cynku, miedzi, kadmu i ołowiu wynosił od 0,44 do 1,51 $\text{kg ha}^{-1} \text{rok}^{-1}$, co odpowiadało od 0,9 do 2,5% całkowitej rocznej depozycji podokapowej. Udział samych metali ciężkich (Zn, Cu, Pb, i Cd) stanowił w sumie rocznego depozytu od 0,2 do 0,4%. Na poszczególnych powierzchniach depozyt metali ciężkich wyniósł od 0,11 do 0,22 $\text{kg ha}^{-1} \text{rok}^{-1}$, z czego od 64 do 82% stanowił Zn.
- Udział próbek opadów podkoronowych z ujemnymi wartościami ANC w 2022 roku wynosił 21%. Ujemne wartości ANC związane z przewagą jonów wolnych kwasów występowały przeważnie w okresie zimowym.

- Przewagę jonów wolnych kwasów obserwowano w opadach w drzewostanie sosnowym na obszarze Śląska (Zawadzkie; ANC $-7,5 \mu\text{eq dm}^{-3} \text{rok}^{-1}$). Na pozostałych SPO MI odnotowano dodatnią wartość średniej rocznej ANC.
- Jony o zakwaszającym oddziaływaniu na środowisko (SO_4^{2-} , NO_3^- , NH_4^+ , Cl^-) stanowiły od 32 do 57% rocznego molowego depozytu. Najwyższy udział jonów zakwaszających odnotowano na SPO MI w Zawadzkim.
- Depozyt składników wniesiony ze spływem po pniu w buczynach wyniósł w okresie badań $3,1 \text{ kg ha}^{-1}$ w Gdańsku i w Birczy. Stanowiło to 5% depozytu podkoronowego w Gdańsku i 8% w Birczy.

Roztwory glebowe

- Średnie pH roztworów glebowych na SPO MI w 2021 roku wynosiło od 4,1 do 7,5 na głębokości 25 cm oraz od 4,4 do 6,6 na głębokości 50 cm.
- W składzie roztworów glebowych znaczący udział miały kationy o charakterze zasadowym: Ca, Mg i K, które stanowiły co najmniej 50% sumy jonów na obu głębokościach (25 i 50 cm) w Birczy, Strzałowie i Suwałkach, natomiast ich udział był dość niski w Szklarskiej Porębie, Chojnowie i Zawadzkim.
- Stosunek molowy jonów zasadowych (Ca, Mg i K) do glinu (BC/Al) w roztworach glebowych przyjął znacznie niższe od jedności wartości, mieszczące się w zakresie od 0,3 do 0,6 w roztworach glebowych na obu głębokościach w nadleśnictwach: Szklarska Poręba (świerk), Chojnów (sosna), Zawadzkie (sosna), Krucz (sosna). W Gdańsku (buk) mieścił się w granicach 0,5–0,8. W Łącku (dąb) i Piwnicznej (świerk) wynosił odpowiednio 0,5 i 0,7 na głębokości 25 cm i wzrastał do 1,0 – 1,1 w głębszym poziomie gleby. Na pozostałych powierzchniach: Strzałowo, Białowieża (sosna), Bircza (buk), Krotoszyn (dąb), Suwałki (świerk) przekraczał – niekiedy znacznie – przyjętą wartość krytyczną, wskazując na brak zagrożenia korzeni ze strony toksycznych form glinu.

Trendy zmian jakości powietrza i chemizmu opadów w latach 2010-2022

- Na każdej z badanych SPO MI w ostatnich latach zanotowano spadek stężenia dwutlenku siarki. Największe spadki wystąpiły w rejonach górskich: w Szklarskiej Porębie i Birczy.
- Stężenia dwutlenku azotu w powietrzu w latach 2011-2022 wykazywały trendy spadkowe na wszystkich badanych powierzchniach SPO MI. Największy spadek stężenia NO_2 wystąpił w Chojnowie, gdzie obserwowane są najwyższe stężenia NO_2 spośród powierzchni monitoringu lasów. Duże spadki zaobserwowano również w Łącku i Zawadzkim.
- Na otwartej przestrzeni lub pod okapem drzewostanów na większości SPO MI pH opadów wykazywało istotny ($p \leq 0,05$) trend rosnący, co można uznać za zjawisko pozytywne. Wyjątkiem były powierzchnie: świerkowa w Piwnicznej, gdzie nie zaobserwowano trendu pod okapem, podobnie jak w Suwałkach i Białowieży na otwartej przestrzeni i w Zawadzkim w obu typach opadów.

- Wzrostowi pH opadów towarzyszyło zmniejszanie się depozycji siarki w formie siarczanów: depozycja S-SO₄²⁻ na wszystkich SPO MI na otwartej przestrzeni oraz pod okapem wykazywała tendencję malejącą.
- Depozycja związków azotu w mniejszym stopniu niż S-SO₄²⁻ podlegała trendom i trudno jest wskazać jednakowy kierunek zmian na terenie Polski. W okresie 2010-2022 trendy wzrostu depozycji N-NO₃⁻ wykryto w drzewostanach w Białowieży i Piwnicznej, zaś trendy spadkowe w obu typach opadów w Łącku i Szklarskiej Porębie oraz w opadach docierających do koron drzew w Birczy, Krotoszynie, Strzałowie, Kruczu, Chojnowie i Piwnicznej. Depozycja formy zredukowanej azotu (N-NH₄⁺) istotnie malała na licznych SPO MI, szczególnie w buczynach Gdańska i Birczy oraz drzewostanach iglastych Suwałk, Szklarskiej Poręby i Zawadzkiego.
- Warunki w glebie w badanym okresie pozostawały na większości SPO przeważnie stabilne; wszelkie trendy wielkości depozycji na przestrzeni ostatnich lat w niewielkim stopniu znajdowały odzwierciedlenie w zmianach składu chemicznego roztworów glebowych. W Szklarskiej Porębie i Piwnicznej obserwowano wzrost pH roztworów glebowych. W Chojnowie występują pierwsze sygnały poprawy właściwości środowiska glebowego w wierzchniej części profilu: niewielki trend wzrostu pH i spadek stężenia glinu. W Zawadzkiem wzrastały stężenia glinu i spadały stężenia wapnia, co wskazuje na pogarszanie się wskaźników glebowych (BC:Al.). W Krotoszynie również rosły stężenia glinu w roztworach glebowych w przypowierzchniowej zakwaszonej warstwie gleby.

Porównanie międzynarodowe – stan w roku 2021

- W 2022 roku dobrą kondycją zdrowotną w zestawieniu dla gatunków razem charakteryzowały się drzewa w lasach Serbii, Estonii, Rumunii, Danii, Norwegii, Grecji i Szwecji, w zestawieniu dla gatunków iglastych – drzewa w lasach Estonii, Serbii, Danii, Irlandii, Mołdawii, Norwegii, Rumunii i Szwecji, w zestawieniu dla gatunków liściastych - drzewa w lasach Serbii, Estonii, Rumunii, Grecji i Danii.
- Zła kondycja drzew (do 25% drzew zdrowych i powyżej 30% drzew o defoliacji ponad 25%) w zestawieniu dla gatunków razem cechowała lasy Czarnogóry, Niemiec, Słowacji, Włoch, Słowenii, Węgier, Luksemburga, Czech, Francji i Belgii-Walonii, w zestawieniu dla gatunków iglastych - lasy Niemiec, Czarnogóry, Włoch, Francji, Słowenii, Słowacji, Czech i Belgii-Walonii, w zestawieniu dla gatunków liściastych – lasy Czarnogóry, Czech, Niemiec, Słowenii, Włoch, Węgier, Irlandii, Luksemburga, Francji i Belgii-Walonii.
- Polska znalazła się w grupie krajów (wraz z Litwą i Belgią – Flandrią), gdzie zarówno udział drzew o defoliacji do 10%, jak i udział drzew o defoliacji powyżej 25% nie był wysoki, natomiast większość drzew (ponad 60%) została zaliczona do klasy ostrzegawczej (defoliacja od 11% do 25%).