



**INSTYTUT BADAWCZY
LEŚNICTWA**

**ZAKŁAD ZARZĄDZANIA
ZASOBAMI LEŚNYMI**

**STAN ZDROWOTNY
LASÓW W POLSCE
W 2018 ROKU
NA PODSTAWIE BADAŃ
MONITORINGOWYCH**

Sękocin Stary, czerwiec 2019

INSTYTUT BADAWCZY LEŚNICTWA

ZAKŁAD ZARZĄDZANIA ZASOBAMI LEŚNYMI

Symbole : UKD 630* - 4
PKT 60.29.00
LKO 122;416.16

STAN ZDROWOTNY LASÓW W POLSCE W 2018 ROKU NA PODSTAWIE BADAŃ MONITORINGOWYCH

Program monitoring lasu jest finansowany przez Ministerstwo Środowiska, Dyрекję Generalną Lasów Państwowych, Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej oraz Główny Inspektorat Ochrony Środowiska

**Raport opracowany w ramach II etapu Umowy nr 6/2018/F z dnia 27.04.2018 r.
pt. „Monitoring i ocena stanu zdrowotnego lasów w latach 2018 - 2020”**



Sfinansowano ze środków
Narodowego Funduszu
Ochrony Środowiska
i Gospodarki Wodnej

Autor tematu: Jerzy Wawrzoniak

Zespół autorski: Andrzej Boczoń, Paulina Drózdź, Robert Hildebrand, Leszek Kluziński, Anna Kowalska, Paweł Lech, Jadwiga Małachowska, Krzysztof Sztabkowski, Jerzy Wawrzoniak, Grzegorz Zajączkowski

Kierownik Zakładu Realizującego:

Dyrektor Instytutu:

Sękocin Stary, czerwiec 2019

Korekta tekstu : Joanna Szewczykiewicz, Magda Stasiak

SPIS TREŚCI

Wstęp – <i>Jerzy Wawrzoniak</i>	7
Część I Program monitoringu lasów i metodyka przeprowadzonych badań	9
1. Program monitoringu lasów w 2018 roku – <i>Jerzy Wawrzoniak</i>	9
2. Metodyka pomiarów i obserwacji wykonanych w 2018 r. – <i>Jerzy Wawrzoniak, Grzegorz Zajączkowski</i>	12
2.1. Zakres i realizacja podstawowych prac terenowych na stałych powierzchniach obserwacyjnych I rzędu	13
2.2. Monitoring chemizmu igliwia bądź liści oraz gleb na stałych powierzchniach obserwacyjnych II rzędu	22
2.3. Monitoring parametrów meteorologicznych i chemizmu środowiska leśnego na stałych powierzchniach obserwacyjnych monitoringu intensywnego	23
Część II Monitoring lasów na stałych powierzchniach obserwacyjnych I rzędu	27
3. Ocena poziomu zdrowotnego monitorowanych gatunków drzew w 2018 r. – <i>Jadwiga Małachowska</i>	29
3.1. Zróżnicowanie kondycji drzew ogółem w kraju	29
3.2. Zróżnicowanie kondycji drzew w zależności od formy własności lasu	30
3.3. Zróżnicowanie kondycji drzew w zależności od wieku	33
3.4. Rozkład powierzchniowy poziomu zdrowotności drzew	35
4. Porównanie poziomu zdrowotnego monitorowanych gatunków drzew w latach 2014–2018 – <i>Jadwiga Małachowska</i>	48
4.1. Zmienność kondycji drzew w pięcioleciu	48
4.2. Zmienność kondycji drzew w pięcioleciu w zależności od wieku	51
4.3. Rozkład powierzchniowy poziomu zdrowotności drzew w pięcioleciu	53
5. Ocena przyczyn i symptomów uszkodzeń drzew w 2018 r. – <i>Paweł Lech</i>	55
5.1. Charakterystyka zebranych danych	55
5.2. Występowanie uszkodzeń drzew wg gatunków, rdLP i krain przyrodniczo-leśnych	56
5.3. Charakterystyka uszkodzeń pod względem lokalizacji w obrębie drzewa, występujących symptomów i głównych kategorii czynników sprawczych	59
5.4. Podsumowanie	64
6. Śmiertelność drzew wybranych gatunków w okresie 2008–2018 – <i>Paweł Lech</i>	66
6.1. Wprowadzenie	66
6.2. Założenia i przyjęta metodyka określania śmiertelności drzew w lasach gospodarczych i poddanych zabiegom pielęgnacyjnym	67
6.3. Wyniki	69
6.4. Podsumowanie	71
7. Wpływ warunków pogodowych na zdrowotność drzewostanów w latach 2014–2018 – <i>Jadwiga Małachowska</i>	72
8. Warunki wodne panujące w glebach na terenie Polski - <i>Andrzej Boczoń, Robert Hildebrand</i>	77
8.1. Metodyka	77

8.2. Wyniki	79
9. Stałe powierzchnie obserwacyjne monitoringu lasów na obszarach Natura 2000 – <i>Robert Hildebrand</i>	81
Część III Monitoring lasów na stałych powierzchniach obserwacyjnych II rzędu	84
10. Stan odżywienia drzewostanów świerkowych, sosnowych, bukowych i dębowych w latach 1997–2017 na podstawie wyników monitoringu organów asymilacyjnych drzew – <i>Paulina Drózd</i>	84
11. Właściwości fizyko-chemiczne gleb leśnych i ich zmiany w latach 2007–2017 – <i>Krzysztof Sztabkowski</i>	93
Część IV Badania na stałych powierzchniach obserwacyjnych monitoringu intensywnego (SPO MI).....	98
12. Warunki pogodowe w 2018 roku – <i>Leszek Kluziński</i>	98
13. Wielkość depozytu wnoszonego z opadami atmosferycznymi na terenach leśnych – <i>Anna Kowalska</i>	101
13.1. Skład chemiczny opadów - przewodność i stężenia składników	103
13.2. Depozycja roczna.....	103
13.3. Depozyt pierwiastków śladowych	104
13.4. Właściwości kwasowo-zasadowe opadów na otwartej przestrzeni.....	105
14. Poziom stężenia NO ₂ i SO ₂ w powietrzu na terenach leśnych – <i>Anna Kowalska</i>	107
14.1. Dwutlenek siarki	108
14.2. Dwutlenek azotu	110
14.3. Depozycja gazowych związków siarki i azotu	112
14.4. Podsumowanie	113
15. Opady podkoronowe oraz roztwory glebowe na terenach leśnych – <i>Anna Kowalska</i>	115
15.1. Opady podkoronowe.....	115
15.2. Spływ po pniu	121
15.3. Roztwory glebowe	122
15.4. Opad ścióły	126
15.5. Podsumowanie	128
16. Zmiany stężeń zanieczyszczeń gazowych, depozycji oraz składu roztworów glebowych po roku 2010 – <i>Anna Kowalska</i>	133
Część V Informacje ogólne i podsumowanie.....	137
17. Stan zdrowotny lasów w Polsce na tle stanu lasów w Europie – <i>Jadwiga Małachowska</i>	137
18. Podsumowanie wyników – <i>Jerzy Wawrzoniak</i>	141
19. Literatura	151
20. Spis tabel.....	157
21. Spis rycin	162

W okresie ostatnich czterdziestu lat funkcjonowania monitoringu lasu zachodziły mniej lub bardziej znaczące zmiany w polskich lasach. W pierwszym okresie, kiedy poziom zanieczyszczeń powietrza w Polsce i w całej Europie był wysoki, powierzchniowe zróżnicowanie uszkodzeń drzewostanów było bardzo wyraźne. Drzewostany południowej Polski, a szczególnie południowo-zachodniej Polski były uszkodzone w znacznie wyższym stopniu niż drzewostany północnej Polski, które wykazywały minimalne uszkodzenia.

Wysoki poziom emisji zanieczyszczeń, pochodzących z przemysłu hutniczego i energetycznego, zlokalizowanego w południowej części Polski, miał wpływ na rozkład powierzchniowy uszkodzeń drzewostanów.

Po transformacji ustrojowej i recesji gospodarczej wiele zakładów zamknięto, a pozostałe pozyskały nowe technologie i nowocześniejsze urządzenia wychwytyjące emisje gazów i pyłów. Wraz ze zmniejszaniem się emisji zanieczyszczeń, zróżnicowanie uszkodzeń w południowej i północnej Polsce stopniowo zanikało. Charakterystyczna była, zaobserwowana w punktach pomiarowych zanieczyszczenia powietrza monitoringu lasów, zamiana dominującej wysokości stężenia dwutlenku siarki z tlenkami azotu, których stężenia przewyższyły poziom stężeń dwutlenku siarki. W następnych dekadach przestrzenny rozkład uszkodzeń drzewostanów determinowały czynniki pogodowe. Najwyższy poziom uszkodzeń drzewostanów zaczął występować już nie na południu, a w środkowych i środkowo-zachodnich częściach Polski. Niskie opady w sezonie wegetacyjnym, które występowały w nieregularnych okresach, były szczególnie dotkliwe na ubogich, piaszczystych terenach borów Puszczy Noteckiej, Borów Tucholskich oraz w całym regionie Wielkopolski, łódzkim i mazowieckim. W ostatnim dziesięcioleciu obszary, gdzie występowały silnie uszkodzone drzewostany, najczęściej pokrywały się z obszarami suszy w danym roku.

Znaczne zmiany odnotowano w poziomie uszkodzenia poszczególnych monitorowanych gatunków drzew w omawianym okresie. W latach dziewięćdziesiątych najwyższy poziom uszkodzenia wykazywały drzewostany iglaste, drzewostany liściaste charakteryzowały się wyraźnie niższym poziomem uszkodzenia. Szczególnie wysoki poziom uszkodzenia wykazywały drzewostany jodłowe. Wielu specjalistów mówiło o zamieraniu jodły i obawiało się zniknięcia tego gatunku z lasów Europy. Jednak w późniejszym okresie nastąpił spektakularny wzrost vitalności jodły. Po dwutysięcznym roku jodła poprawiała swoją zdrowotność, osiągając jeden z najniższych poziomów

uszkodzenia wśród badanych gatunków, porównywalny z bukiem. Świerk, który w latach dziewięćdziesiątych był drugim po jodle najbardziej uszkodzonym gatunkiem, w kolejnym dziesięcioleciu poprawił swoją kondycję, ale wśród gatunków iglastych wykazuje najwyższy poziom uszkodzenia. Cechą charakterystyczną drzewostanów świerkowych jest regionalne zróżnicowanie ich zdrowotności. Południowa Polska wykazuje wyższy poziom uszkodzenia drzewostanów świerkowych w porównaniu z północną Polską. Gatunki liściaste, które w latach dziewięćdziesiątych były w znacznie lepszej kondycji w porównaniu do iglastych, w późniejszym okresie zrównały się poziomem zdrowotności z gatunkami iglastymi, z wyjątkiem drzewostanów bukowych, które w całym okresie obserwacji wykazują najwyższą zdrowotność. Drzewostany dębowe wykazują obecnie niski poziom zdrowotności, porównywalny z drzewostanami świerkowymi. Drzewostany brzozy i olchowe, o wyraźnie lepszej kondycji niż dębowe, wykazują znaczne wahania w poziomie zdrowotności w zależności od warunków pogodowych w okresie wegetacyjnym.

W ostatnim dziesięcioleciu monitorowane gatunki wykazują powolny wzrost defoliacji o różnym nasileniu tego trendu. Wzrost średniej defoliacji najwyraźniej występuje u jodły, której poziom defoliacji pozostaje niski. Wyraźny trend wzrostu średniej defoliacji odnotowano u brzozy i świerka, nieco mniejszy u dębu, olszy i sosny, a najniższy u buka.

W ostatnim dziesięcioleciu wszystkie monitorowane gatunki wykazują trend wzrostu defoliacji o różnej intensywności. Największy trend wzrostu defoliacji wykazuje jodła i brzoza i kolejno świerk, dąb, olsza, sosna i buk. Tendencje wzrostu defoliacji u wszystkich monitorowanych gatunków prawdopodobnie są wynikiem procesu adaptacji drzewostanów do zmian klimatu. Szczególnie nieregularnie występujące susze silnie oddziałują na kształtowanie się zdrowotności drzewostanów.

CZĘŚĆ I PROGRAM MONITORINGU LASÓW I METODYKA PRZEPROWADZONYCH BADAŃ

1. PROGRAM MONITORINGU LASÓW W 2018 ROKU – *JERZY WAWRZONIAK*

Program monitoringu lasów ma na celu określenie zmienności powierzchniowej i czasowej poziomu uszkodzenia lasów oraz tendencji i dynamiki zmian zachodzących w ekosystemach leśnych Polski.

W 2018 roku kontynuowano realizację długookresowych celów monitoringu lasów, takich jak:

- Określenie przestrzennego rozkładu poziomu uszkodzenia drzewostanów,
- Porównanie poziomu uszkodzenia lasów pomiędzy różnymi kategoriami własności lasów,
- Analiza związków przyczynowo skutkowych pomiędzy zdrowotnością lasów a czynnikami środowiska,
- Identyfikacja głównych symptomów i przyczyn (biotycznych i abiotycznych) uszkodzeń drzew,
- Określenie trendu zmian uszkodzenia drzewostanów w czasie,
- Tworzenie krótkoterminowych prognoz stanu zdrowotnego lasu.

W ramach programu monitoringu lasów przeprowadza się obserwacje stanu uszkodzenia drzewostanów oraz symptomów i przyczyn uszkodzeń na wszystkich dostępnych stałych powierzchniach obserwacyjnych I rzędu (sieć powierzchni 8 x 8 km). Rozszerzony zakres badań i pomiarów wykonuje się na stałych powierzchniach obserwacyjnych II rzędu (badania chemizmu igliwia i liści oraz badania glebowe) oraz na stałych powierzchniach monitoringu intensywnego (pomiarów meteorologicznych, wielkość oraz skład chemiczny opadów na otwartej przestrzeni i pod koronami drzew, depozycja gazowych związków siarki i azotu w powietrzu, skład chemiczny roztworów glebowych).

W 2018 roku wykonano następujące prace, pomiary i obserwacje:

1. Monitoring uszkodzeń drzewostanów na SPO I rzędu – przeprowadzony na 2023 SPO I rzędu w drzewostanach w wieku powyżej 20 lat, założonych w sieci 8 x 8 km. Zarejestrowano gatunek, wiek, pierśnicę, status oraz stanowisko biosocjalne 20 drzew

próbnym. 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 uszkodzeń drzewostanów na SPO II rzędu – przeprowadzony na 135 czynnych powierzchniach. Zakres obserwacji był zgodny z programem pomiarów, realizowanym na SPO I rzędu.

3. Monitoring symptomów i przyczyn uszkodzeń drzew – przeprowadzono zarówno na 2023 SPO I rzędu, jak i na 135 SPO II rzędu, określając następujące parametry na 20 drzewach próbnym: miejsce uszkodzenia na drzewie, lokalizację uszkodzenia w obrębie korony, symptomy uszkodzenia, specyfikację symptomów, kategorię i klasę czynnika sprawczego, rozmiar uszkodzenia.

4. Monitoring chemizmu igliwia i liści – przeprowadzono analizy chemiczne próbek igliwia sosny i świerka oraz liści dębu i buka oznaczając zawartości: N (metodą Kiejdahla) oraz P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn, Zn, Al, Cd, Pb (metodą ICP-OES). Próbki igliwia i liści były pobrane w 2017 r. ze 135 czynnych SPO II rzędu.

5. Monitoring gleb – obejmował analizę chemiczną zawartości: P, K, Ca, Mg, S, Zn, Cu, Mn, Fe, Na, Pb i Al w próbkach glebowych pochodzących z 5 poziomów gleby mineralnej (0–5cm, 5–10cm, 10–20cm, 20–40cm, 40–80cm) i poziomu organicznego. Próbki glebowe były pobrane w 2017 r. ze 148 SPO II rzędu (w tym 135 powierzchni czynnych i 13 powierzchni oczekujących).

6. Monitoring depozytu zanieczyszczeń – przeprowadzono na 12 SPO MI. Określono pH oraz skład chemiczny opadów atmosferycznych: zawartość Ca, K, Mg, Na, NH_4 , Cl, NO_3 , SO_4 , Al, Mn, Fe oraz metali ciężkich (Cd, Pb, Cu, Zn).

7. Monitoring jakości powietrza atmosferycznego – przeprowadzono na 12 SPO MI. Obejmował on pomiar koncentracji SO_2 , NO_2 metodą pasywną.

8. Monitoring opadów podkoronowych i roztworów glebowych – obejmował pomiary na 12 SPO MI. Wykonano pobór próbek i analizy chemiczne z 15 chwytników podkoronowych i 20 tensometrów do pobierania roztworów glebowych na dwóch głębokościach (po 10 na każdej głębokości) oraz 2 chwytników na otwartej przestrzeni w cyklu miesięcznym. Na dwóch SPO MI w drzewostanach bukowych pobrano próbki i wykonano analizy chemiczne spływu po pniu. Analizy obejmowały: pH, Ca, Mg, K, Na, NH_4 , Fe, Mn, Al, NO_3 , SO_4 , Cl, Cd, Cu, Pb, Zn.

9. Monitoring parametrów meteorologicznych – obejmował pomiary w pobliżu 12 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], promieniowania [W/m^2] (całkowitego i UVB), prędkości wiatru [m/s], kierunku wiatru [°] oraz opadu atmosferycznego [mm]. Pomiary były wykonywane przez automatyczne stacje meteorologiczne w cyklu ciągłym.

2. METODYKA POMIARÓW I OBSERWACJI WYKONANYCH W 2018 R. – *JERZY WAWRZONIAK, GRZEGORZ ZAJĄCZKOWSKI*

Program i metodyka monitoringu lasów w Polsce, w swoich podstawowych założeniach, oparte są na metodyce rekomendowanej przez ICP Forests (Międzynarodowy Program Koordynacyjny „Ocena i monitoring wpływu zanieczyszczeń powietrza na lasy”) (Manual... 2010).

Monitoring lasów funkcjonuje w sieci stałych powierzchni obserwacyjnych (SPO). Wyróżniamy: stałe powierzchnie obserwacyjne I rzędu, rozmieszczone w regularnej sieci 8 x 8 km, stałe powierzchnie obserwacyjne II rzędu, reprezentujące drzewostany głównych gatunków lasotwórczych (sosnowe, świerkowe, dębowe i bukowe) w 59 dzielnicach przyrodniczo-leśnych oraz stałe powierzchnie obserwacyjne z rozszerzonym programem badawczym (monitoring intensywny), wybrane spośród SPO II rzędu (SPO MI).

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

W 1994 roku założono 122 stałe powierzchnie obserwacyjne II rzędu w drzewostanach iglastych (100 powierzchni sosnowych i 22 powierzchnie świerkowe), w 1996 roku założono 26 takich powierzchni w drzewostanach liściastych (15 powierzchni dębowych i 11 powierzchni bukowych). Zostały one zlokalizowane w drzewostanach w wieku 50–90 lat, po 2 w każdej dzielnicy przyrodniczo-leśnej Polski, będącej w tym czasie podstawową jednostką regionalizacji¹. W niektórych dzielnicach, ze względu na ich

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.

rozległy obszar, założono 3 powierzchnie. Na powierzchniach tych, poza corocznymi obserwacjami stanu zdrowotnego drzew oraz symptomów i przyczyn uszkodzeń, prowadzone są następujące badania okresowe: glebowe, chemizmu igliwia lub liści, roślinności runa, dendrometryczne. W latach 2008-2017 na 13 SPO II rzędu usunięto drzewostan i od tej pory nie przeprowadza się na tych powierzchniach pomiarów i obserwacji odnoszących się do drzewostanu.

2.1. Zakres i realizacja podstawowych prac terenowych na stałych powierzchniach obserwacyjnych I rzędu

Na powierzchniach obserwacyjnych przeprowadzano ocenę stanu zdrowotnego drzew próbnych wybranych z drzewostanu panującego w oparciu o szereg cech morfologicznych korony. Szczególną uwagę przywiązywano do szacunków defoliacji i odbarwienia aparatu asymilacyjnego, które przeprowadzano w 5-procentowym odstopniowaniu. Na 5% powierzchni kontrolna grupa obserwatorów wykonała powtórnie pełny zakres pomiarów i obserwacji określony dla SPO I rzędu. Zebrane wyniki służą do porównania zgodności szacunków defoliacji i innych parametrów drzew wykonanych przez taksatorów oraz przez grupę kontrolną.

Niniejsze sprawozdanie prezentuje wyniki obserwacji defoliacji i odbarwień aparatu asymilacyjnego przeprowadzonych w okresie od 1 lipca do 15 sierpnia 2018 roku na 2023 SPO I rzędu w drzewostanach w wieku powyżej 20 lat, 135 SPO II rzędu w tym 12 SPO monitoringu intensywnego. Cztery czynne SPO I rzędu były niedostępne z uwagi na okresowe zalanie terenu lub ćwiczenia wojskowe.

Wyniki szacowania defoliacji i odbarwień pogrupowano łącznie i wg gatunków w 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... 1994).

Ponadto wyróżniono klasy uszkodzeń drzewostanów, przyjmując, że klasa uszkodzenia stanowi kombinację klasy defoliacji i klasy odbarwienia wg schematu:

Klasa defoliacji	Klasa odbarwienia				
	0	1	2	3	4
	Klasa uszkodzenia				
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 bez uszkodzeń
- 1 – klasa ostrzegawcza
- 2 – klasa lekkich i średnich uszkodzeń
- 3 – klasa dużych uszkodzeń
- 4 – drzewa martwe

Obserwacje drzew próbnych obejmują poniższe cechy morfologiczne koron drzew:

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

W roku założenia powierzchni wszystkie drzewa muszą być zaliczone do I–III klasy Krafra. W kolejnych latach niektóre z drzew mogą zmienić swoje stanowisko biosocjalne.

- Defoliacja – podano z dokładnością do 5%,
- Odbarwienie – podano 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.
- Widoczność 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 – lukowatość,
 - 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.

- Pędy wtórne, urodzaj nasion, kwitnienie określa się, podając:

0 – nie występuje,

1 – występuje,

2 – występuje obficie.

Istotnym elementem oceny drzew próbnych jest opis symptomów uszkodzeń, ich lokalizacja, rozmiar i możliwie dokładne wskazanie przyczyn. Ocenę symptomów uszkodzeń oparto na systemie kodów – zestawienia poniżej. Istnieje możliwość wpisania 3 rodzajów uszkodzeń odnoszących się do jednego drzewa (kolejność wg znaczenia danego uszkodzenia dla zdrowotności drzewa).

Lista określająca lokalizację uszkodzenia:

<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	Górna część korony	1
	Starsze igły	12	Dolna część korony	2
	Igły wszystkich roczników	13	Niejednolita	3
	Liście (w tym gatunki zimozielone)	14	Cała korona	4
Gałęzie, pędy, pączki	Pędy tegoroczne	21	Górna część korony	1
	Gałęzie o grubości < 2 cm	22	Dolna część korony	2
	Gałęzie o grubości 2–10 cm	23	Niejednolita	3
	Gałęzie o grubości > 10 cm	24	Cała korona	4
	Pędy o zróżnicowanej grubości	25		
	Pęd wierzchołkowy	26		
	Pączki	27		
Pień, szyja korzeniowa	Strzała w obrębie korony	31		0
	Pień pomiędzy szyją korzeniową a koroną	32		
	Korzenie i szyja korzeniowa (<25cm)	33		
	Cała strzała	34		
Martwe drzewo		04		0
Brak uszkodzeń		00		0
Brak oceny		09		0

Lista określająca symptomy uszkodzenia:

Uszkodzona część	Symptomy	Kod (2 znaki)	Specyfikacja symptomów	Kod (2 znaki)
Liście lub igliwie	Liście częściowo lub całkowicie zjedzone/brakujące	01	Dziurawe, częściowo zjedzone, brakujące	31
			Nadgryzienie brzegowe (liście, igły)	32
			Całkowicie zjedzone, brakujące	33
			Szkieletyzacja	34
			Minowane	35
			Przedwczesne opadanie	36
	Przebarwienie liści jasnozielone do żółtego	02	Ogólne	37
	Przebarwienie liści czerwone do brązowego (włączając nekrozy)	03	Plamy	38
			Przebarwienia brzegowe	39
			Przebarwienia taśmowe	40
	Zbrązowienie liści Inne kolory	04 05	Przejaśnienia	41
			Przebarwienia wierzchołkowe	42
			Częściowe	43
	Mikrofilmia (nienaturalnie drobne liście)	06	Wzdłuż naczyń	44
				00
	Inne nienaturalne rozmiary liści	07		00
	Deformacje	08	Pofalowane	45
			Zawijanie	46
			Zwijanie	47
			Skręcenie	48
			Zginanie	49
			Galasówki	50
			Wiednięcie	51
			Inne deformacje	52
	Inne symptomy	09		00
	Oznaki występowania owadów	10	Czarny nalot na liściach	53
			Gniazda	54
			Imago, larwy, poczwarki, nimfy, grupy jaj	55
	Oznaki występowania grzybów	11	Biały nalot na liściach	56
			Owocniki na liściach	57
	Inne oznaki	12		00
Gałęzie, pędy, pączki	Zjedzone, utracone	01		00
	Złamane	13		00
	Martwe/obumierające	14		00
	Zrzucone	15		00
	Nekrozy	16		
	Rany (obdarcie kory, szczeliny)	17	Obdarcie kory	58
			Szczeliny, pęknięcia	59
			Inne rany	60
	Wycieki żywicy (iglaste)	18		00
	Wycieki (liściaste)	19		00
	Zgnilizna	20		00
	Deformacja	08	Wiednięcie	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
Strzała, pień	Inne oznaki	12		00
	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

Lista określająca kategorię czynnika sprawczego:

<i>Kategoria czynników sprawczych</i>	<i>Kod</i>
Zwierzyna	100
Owady	200
Grzyby	300
Czynniki abiotyczne	400
Bezpośrednie działanie człowieka	500
Pożary	600
Zanieczyszczenia powietrza	700
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>
ZWIERZYNA	100	Jeleniowate	110	
		Dziki	120	
		Gryzonie	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	
		Wędnięcie	303	
		Rozkład i zgnilizna korzeni	304	
		Plamistość liści	305	
		Antraknozy	306	
		Mączniaki	307	
		Wędnięcie 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
				Płytką, 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>
INNE	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

Lista kodów określających 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

Prace terenowe na powierzchniach przeprowadzili przeszkoleni taksatorzy z Instytutu Badawczego Leśnictwa. Do lokalizacji powierzchni, identyfikacji drzew oraz rejestracji danych obserwacyjnych i pomiarowych wykorzystano nowoczesne tablety SAMSUNG S2 TAB, pracujące w systemie Android. Na ich wyposażeniu znalazły się m.in. programy służące do nawigacji, tj. AutoMapa XL oraz mLas Inżynier Pro z dodatkowymi punktowymi warstwami pokazującymi lokalizację powierzchni, a także aplikacja „Monitoring” przeznaczona do identyfikacji drzew na powierzchniach 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.

Pracami terenowymi oraz wstępnym opracowaniem wyników dotyczących oceny symptomów i przyczyn uszkodzeń drzew próbnych na stałych powierzchniach obserwacyjnych kierowali: dr inż. Grzegorz Zajączkowski oraz dr inż. Paweł Lech z Zakładu Zarządzania Zasobami Leśnymi IBL.

W ramach kontroli poprawności wyników oceny poziomu defoliacji na 5% SPO I rzędu grupa kontrolna przeprowadziła powtórny ocenę defoliacji. Odnotowane różnice

dotyczyły zarówno zawyżania, jak i zaniżania poziomu defoliacji w porównaniu do oceny grupy kontrolnej. Stwierdzony przeciętny poziom tych różnic nie przekraczał jednak 1–2% i nie wpłynął istotnie na wyniki odnoszące się do poziomu kraju.

2.2. Monitoring chemizmu igliwia bądź liści oraz gleb na stałych powierzchniach obserwacyjnych II rzędu

W 2017 roku wykonano **pobór próbek igliwia sosny i świerka oraz liści dębu i buka** ze stojących drzew próbnych na 135 SPO II rzędu. Poboru próbek w drzewostanach liściastych dokonano w lipcu, a w drzewostanach iglastych późną jesienią (październik, listopad). Drzewa, z których pobiera się próbki igliwia lub liści, wybrano i dodatkowo zanumerowano w 1997 roku, pierwszym roku pomiarowym. Wybrano wówczas po 5 drzew próbnych, pochodzących z drzewostanu panującego i charakteryzujących się defoliacją zbliżoną do średniej defoliacji na powierzchni.

Próbki o wadze minimalnej 50 g pobrano z czterech stron koron drzewa, z gałęzi znajdujących się w górnej (5–7 okółek) i zewnętrznej jej części. W drzewostanach iglastych z każdego drzewa pobrano próbki reprezentujące igliwie bieżącego rocznika i ubiegłoroczne.

Analizy chemiczne próbek aparatu asymilacyjnego wykonano w Laboratorium Chemii Środowiska Przyrodniczego w 2018 r. Po wysuszeniu w temperaturze 60°C, próbki liści i igliwia zmielono, a następnie około 5 g próbki wysuszono w 105°C przez 2h, wykonano mineralizację „na mokro” w mieszaninie stężonych kwasów HNO₃ i HClO₄ w stosunku objętościowym 4:1. Oznaczenia P, K, Ca, Mg, Na i S oraz Fe, Mn, Zn, Ni, Al, Pb, Cd i Cu przeprowadzono metodą spektroskopii emisyjnej na spektrometrze emisyjnym ICP – OES. Azot oznaczono metodą wysokotemperaturowego spalania z detekcją TCD na aparacie Vario Max. Określono masę 1000 igieł.

Jesienią 2017 roku na 148 stałych powierzchniach obserwacyjnych II rzędu zostały przeprowadzone po raz piąty **badania glebowe**. Obejmowały one pobranie próbek zbiorczych z 9 punktów leżących na przekątnych powierzchni z określonych głębokości. Z warstwy organicznej pobrano próby z poziomów Ol, Of, Oh oraz z głębokości 0–5, 5–10, 10–20, 20–40 i 40–80 cm. Próbki z tej samej głębokości pochodzące z 9 punktów łączono, otrzymując co najmniej 6 próbek zbiorczych z każdej powierzchni. W niniejszym opracowaniu zaprezentowano wyniki wykonanych w 2018 r. analiz chemicznych uzyskanych w 2017 r. próbek i porównanie z wynikami sprzed 10 lat.

W próbkach zbiorczych – po wstępnej obróbce próbek (suszenie w temperaturze 40°C, rozdrobnienie próbek z poziomów mineralnych na młynku agatowym, a elektropróchnicy na młynku o częściach roboczych ze stali wanadowo-molibdenowej oraz przesianiu przez sito nylonowe) – mierzono następujące właściwości fizykochemiczne:

- Odczyn w zawiesinie CaCl_2 – metodą potencjometryczną,
- Zawartość węgla organicznego – na analizatorze Vario Max Cube metodą wysokotemperaturowego spalania z detekcją TCD,
- Całkowitą zawartość azotu – na analizatorze Vario Max Cube metodą wysokotemperaturowego spalania z detekcją TCD,
- Węglany metodą Scheiblera,
- Zawartość P, K, Ca, Mg, Na, S, Ni, Cr, Fe, Al, Mn, Cd, Cu, Pb, Zn – na spektrometrze emisyjnym ICP – OES, po mineralizacji próbki „na mokro” w wodzie królewskiej,
- Kwasowość wymienną i H^+ – poprzez miareczkowanie kolorymetryczne wyciągu BaCl_2 o stężeniu 0,1 mol dm^{-3} za pomocą NaOH,
- Zawartość kationów wymiennych Ca, K, Na i Mg oraz Al, Fe i Mn – w wyciągu BaCl_2 o stężeniu 0,1 mol dm^{-3} na spektrometrze emisyjnym ICP – OES,
- Pojemność sorpcyjną – jako sumę kwasowości wymiennej oraz wymiennych form Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ i Na^+ ,
- Stopień wysycenia kompleksu sorpcyjnego zasadami wg równania:

$$V = \frac{S}{T} * 100 [\%]$$

gdzie:

S – suma wymiennych form Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ i Na^+ ,

T – pojemność sorpcyjna gleby.

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

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 [dm^3/m^3], promieniowania [W/m^2] (całkowitego i

UVB), prędkości wiatru [m/s], kierunku wiatru [°] oraz opadu atmosferycznego [mm]. Pomiary były wykonywane przez automatyczne stacje meteorologiczne w cyklu ciągłym.

W 2018 roku na 12 SPO MI kontynuowano pomiary depozytu całkowitego, jakości powietrza (SO₂, NO₂ metodą pasywną), opadów podkoronowych, a w drzewostanach bukowych spływu po pniu oraz roztworów glebowych.

Na każdej z 12 SPO MI rzędu zlokalizowano punkty pomiarowe, na których wykonuje się pomiary depozytu jonów zawartych w opadzie atmosferycznym oraz zanieczyszczeń gazowych. 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 6 km. Wyposażenie punktów składa się z oprzyrządowania do gromadzenia prób opadów atmosferycznych i adsorpcji gazów z powietrza. Oprzyrządowanie punktu pomiarowego znajduje się na wysokości ok. 3 m nad powierzchnią gruntu.

Opad atmosferyczny w okresie zimowym zbierany jest do otwartych pojemników plastikowych o pojemności 10 litrów i średnicy 25 cm. W okresie letnim eksponowane są kolektory plastikowe 3-litrowe, wyposażone w lejek i sitko o średnicy 15 cm. Kolektory są umieszczone w obudowie styropianowej stanowiącej ochronę przed wysoką temperaturą i światłem. Ze względu na zróżnicowane warunki klimatyczne okres eksponowania oprzyrządowania letniego w poszczególnych krainach przyrodniczo-leśnych jest różny. W krainach zachodniej i centralnej Polski obejmuje miesiące kwiecień–listopad, a w krainach północno-wschodniej i południowej Polski miesiące: maj–październik. Zarówno w okresie zimowym, jak i letnim kolektory wymieniane są co miesiąc.

Okres ekspozycji próbników służących do oznaczania stężeń zanieczyszczeń gazowych wynosi 30 ± 2 dni. Próbniki wymieniane są w ostatnim lub w pierwszym dniu każdego miesiąca, następnie po zabezpieczeniu możliwie najszybciej dostarczane do laboratorium analitycznego. Próbniki wymieniane są przez osoby przeszkolone.

Laboratorium Chemii Środowiska Przyrodniczego IBL przygotowuje próbniki do ekspozycji oraz wykonuje analizy chemiczne próbników zdjętych po ekspozycji.

W programie monitoringu depozytu zanieczyszczeń na stałych powierzchniach obserwacyjnych monitoringu intensywnego (SPO MI) znajdują się następujące pomiary:

Chemizm opadów atmosferycznych:

- koncentracje kationów: Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺, Na⁺, Al³⁺, Fe²⁺, Mn²⁺, NH⁴⁺ [mg·l⁻¹] – metoda spektrofotometrii atomowej,

- koncentracje anionów: NO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^- , PO_4^{3-} [$\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$] – metoda chromatografii jonowej,
- pH opadów atmosferycznych – pehametr cyfrowy,
- koncentracje metali ciężkich Pb, Cu, Zn, Cd – ICP – metoda absorpcji atomowej w kuwecie grafitowej.

Zanieczyszczenia gazowe:

- koncentracja NO_2 [$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$] – metoda pasywna, oznaczenia metodą chromatografii jonowej,
- koncentracja SO_2 [$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$] – metoda pasywna, oznaczenia metodą chromatografii jonowej.

Badania opadów podkoronowych i roztworów glebowych prowadzono na ogrodzonej części 12 SPO MI (o wymiarach ok. 30 m x 50 m). Zainstalowano tam pojemniki do zbierania opadów podkoronowych, założono kołnierze do zbierania wód spływających po pniach drzew (na 2 powierzchniach z drzewostanem bukowym) oraz zainstalowano lizymetry ciśnieniowe do pobierania wód glebowych.

Pojemniki do zbierania opadów podkoronowych ustawiono na jednej z przekątnych ogrodzonej części powierzchni, w 25 punktach rozmieszczonych równomiernie, na wysokości 1 m nad terenem. Pojedynczy pojemnik składa się z 5-litrowej polietylenowej butelki oraz z lejka. W okresach, gdy w opadach przeważają opady śniegu, pojemniki te wymieniane są na 6 plastikowych 20-litrowych wiader, wyłożonych torbami foliowymi. Opady podkoronowe zbiera się w okresach miesięcznych, tzn. od pierwszego do ostatniego dnia miesiąca.

Na drugiej przekątnej powierzchni badawczej (prostopadłej do przekątnej z pojemnikami na opady podkoronowe), w równych odstępach, w 10 miejscach zainstalowano po 2 lizymetry – po jednym na głębokości 25 i 50 cm. Razem założono więc 20 lizymetrów: po 10 szt. na głębokości 25 i 50 cm. Zastosowano lizymetry teflonowe (firmy PRENART), połączone z 1-litrowymi szklanymi butlami za pomocą rurek polietylenowych. Butle gromadzące wody z lizymetrów zamknięto w koszach z tworzywa, zakopanych równo z powierzchnią gleby (10 koszy po 2 butle). W butlach, raz w miesiącu (przed upływem połowy i pod koniec każdego miesiąca), co najmniej na pięć dób wykonuje się podciśnienie o wartości ok. 700 mbar (ok. 0,7 atm).

Po przewiezieniu z lasu do laboratorium pojemników z opadami podkoronowymi oraz butli z wodami glebowymi na wstępie określa się ilość wody, jej przewodność

elektrolityczną oraz odczyn, a następnie przekazuje się próby do szczegółowych analiz chemicznych. W próbkach każdej z wód wykonuje się następujące oznaczenia:

- metodą chromatografii jonowej: chlorki Cl^- , azotany NO_3 , ortofosforany PO_4^{3-} oraz siarczany SO_4^{2-} , jony amonowe NH_4^+ ,
- metodą ICP: Ca, Mg, Na, K, Fe, Al, Mn, Zn, Cu, Cd i Pb.

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.

Mapy prezentowane w sprawozdaniu wykonał mgr Robert Hildebrand z Zakładu Zarządzania Zasobami Leśnymi. Prezentacja kartograficzna rozkładu poziomu defoliacji jest wykonywana metodą krigingu.

CZĘŚĆ II MONITORING LASÓW NA STAŁYCH POWIERZCHNIACH OBSERWACYJNYCH I RZĘDU

Struktura SPO I rzędu w układzie gatunków, form własności i podziałów przyrodniczych oraz administracyjnych

W 2018 roku przeprowadzono obserwacje na 2023 SPO I rzędu, oceniając łącznie 40 460 drzew próbnych (ryc. 1–2). Większość powierzchni znajduje się w lasach będących w zarządzie Lasów Państwowych (1398 pow.) oraz w lasach będących własnością osób fizycznych (523 pow.). Powierzchnie założone w lasach parków narodowych² (34 pow.), gminnych (26 pow.) i innych Skarbu Państwa (24 pow.) reprezentowane są mniej licznie. W pozostałych kategoriach własności znajduje się po kilka powierzchni (tab. 1).

Liczba powierzchni w lasach wszystkich form własności zawiera się w przedziale: 1) w układzie krain przyrodniczo-leśnych od 41 w Krainie Sudeckiej do 485 w Krainie Wielkopolsko-Pomorskiej, 2) w układzie rdLP od 66 w RDLP w Pile do 178 w RDLP w Białymstoku, 3) w układzie województw od 42 w województwie opolskim do 208 w województwie mazowieckim (tab. 1–3).

Liczba powierzchni w lasach będących w zarządzie Lasów Państwowych waha się: 1) od 33 w Krainie Sudeckiej do 416 w Krainie Wielkopolsko-Pomorskiej, 2) od 31 w RDLP w Warszawie do 127 w RDLP w Szczecinie, 3) od 34 w województwie opolskim do 160 w województwie zachodniopomorskim (tab. 1–3).

Lasy będące własnością osób fizycznych reprezentowane są we wszystkich krainach przyrodniczo-leśnych (od 2 powierzchni w Krainie Sudeckiej do 163 w Krainie Mazowiecko-Podlaskiej), w szesnastu rdLP (od 3 powierzchni w RDLP w Pile do 74 w RDLP w Lublinie, brak powierzchni tej kategorii własności w RDLP w Zielonej Górze) oraz w 15 województwach (od 2 powierzchni w woj. zachodniopomorskim do 122 w woj. mazowieckim, brak powierzchni tej kategorii własności w woj. lubuskim) (tab. 1–3).

W lasach parków narodowych powierzchnie monitoringowe zlokalizowane są w siedmiu krainach przyrodniczo-leśnych (od jednej powierzchni w Krainie Sudeckiej do

² Na potrzeby opracowań Monitoringu Lasów utworzono grupę powierzchni zlokalizowanych w lasach parków narodowych, na którą składają się powierzchnie ‘w zarządzie parków narodowych’ (17 pow.) oraz powierzchnie położone w granicach parków narodowych mające inną formę własności (16 pow.): 12 pow. – ‘inne Skarbu Państwa’, 2 pow. – ‘wspólnot gruntowych’ i 2 pow. – ‘osób fizycznych’.

dwunastu w Krainie Karpackiej, brak powierzchni tej kategorii w Krainie Śląskiej) oraz w 10 województwach (od jednej powierzchni w woj. dolnośląskim, lubuskim i świętokrzyskim do ośmiu w woj. podlaskim, brak powierzchni tej kategorii w województwach: kujawsko-pomorskim, łódzkim, opolskim, pomorskim, śląskim i warmińsko-mazurskim) (tab. 2–3).

Liczby powierzchni w lasach wszystkich form własności oraz w lasach będących w zarządzie Lasów Państwowych, według gatunku panującego w drzewostanie wynoszą odpowiednio: dla powierzchni z dominacją sosny – 1217 i 879, świerka – 81 i 56, jodły – 47 i 31, innych iglastych – 21 i 15, buka – 77 i 61, dębu – 140 i 109, brzozy – 193 i 117, olszy – 141 i 77 oraz innych liściastych – 106 i 53 (tab. 4).

Wśród powierzchni w zarządzie Lasów Państwowych powierzchnie iglaste z dominacją sosny występują we wszystkich rdLP, z dominacją świerka – w dziesięciu rdLP, jodły – tylko w pięciu rdLP, ‘innych iglastych’ – w siedmiu rdLP. Powierzchnie liściaste z dominacją buka występują w dwunastu rdLP, dębu – w szesnastu rdLP, brzozy – we wszystkich rdLP, olszy – w szesnastu rdLP oraz ‘innych liściastych’ – w czternastu rdLP (tab. 5).

Liczebności powierzchni wg gatunków drzew dominujących w drzewostanie w układzie krain przyrodniczo-leśnych oraz w układzie województw przedstawiono w tabelach 6 i 7. Powierzchnie sosnowe są reprezentowane we wszystkich krainach i we wszystkich województwach. Powierzchnie świerkowe występują we wszystkich krainach i w jedenastu województwach. Powierzchnie jodłowe występują w dwóch krainach i w pięciu województwach. Powierzchnie, na których dominują gatunki z kategorii ‘inne iglaste’, występują w pięciu krainach i w jedenastu województwach. Powierzchnie bukowe występują w sześciu krainach oraz w dwunastu województwach. Powierzchnie dębowe, brzozowe, olszowe i z gatunkiem panującym z kategorii ‘inne liściaste’ znajdują się we wszystkich krainach. Powierzchnie dębowe, brzozowe i olszowe występują również we wszystkich województwach, a powierzchnie z gatunkiem panującym z kategorii ‘inne liściaste’ – w czternastu województwach.

Liczebności powierzchni wg gatunków drzew dominujących w drzewostanie w układzie parków narodowych prezentuje tabela 8. Wśród powierzchni iglastych: sosnowe znajdują się w ośmiu parkach, świerkowe – w czterech parkach, jodłowe – w trzech parkach, z gatunkiem panującym z kategorii ‘inne iglaste’ – tylko w jednym parku. Wśród powierzchni liściastych: bukowe występują w trzech parkach, brzozowe –

w dwóch parkach, olszowe – w czterech parkach oraz z gatunkiem panującym z kategorii ‘inne liściaste’ – tylko w jednym parku, brak powierzchni dębowych.

3. OCENA POZIOMU ZDROWOTNEGO MONITOROWANYCH GATUNKÓW DRZEW W 2018 R. – *JADWIGA MAŁACHOWSKA*

Parametrami oceny kondycji drzew są następujące charakterystyki: procentowy udział drzew zdrowych (klasa 0, defoliacja 0–10%), procentowy udział drzew uszkodzonych (klasy 2 do 4, defoliacja > 25% i drzewa martwe) oraz średnia defoliacja. Klasa ostrzegawcza (klasa 1, drzewa lekko uszkodzone, 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, mniejsze, średnie, większe, duże, największe (lub najniższe, niskie, niższe, średnie, wyższe, wysokie, najwyższe) odnoszą się do zakresu wartości w obrębie omawianego gatunku lub grupy gatunków.

W podrozdziale 2.1. przedstawiono schemat tworzenia klas uszkodzeń, które są kombinacją klas defoliacji oraz klas odbarwienia. Udziały drzew w utworzonych w ten sposób klasach uszkodzeń nie wykazują większych różnic w porównaniu z klasami defoliacji, gdyż stosunkowo rzadko notuje się odbarwienia koron (tab. 9, 10 i 11). W związku z tym, podstawą przedstawionej poniżej analizy kondycji drzew są klasy defoliacji oraz średnia defoliacja, odbarwienia koron pominięto.

3.1. Zróznicowanie kondycji drzew ogółem w kraju

Średnia defoliacja wszystkich gatunków razem wynosiła 22,4%, iglastych razem – 22,4%, liściastych razem – również 22,4% (tab. 16). Udział drzew zdrowych (do 10% defoliacji) gatunków razem wynosił 11,3%, udział drzew uszkodzonych (powyżej 25% defoliacji) – 18,6%. Gatunki liściaste charakteryzowały się wyższym udziałem drzew zdrowych (14,8%) oraz wyższym udziałem drzew uszkodzonych (21,1%) niż gatunki iglaste (odpowiednio: 9,3% i 17,2%). Udział drzew w klasie ostrzegawczej (drzewa lekko uszkodzone, od 11% do 25% defoliacji) wynosił: gatunków razem – 70,0%, gatunków iglastych – 73,5%, a gatunków liściastych – 64,1% (tab. 9).

Na podstawie średniej defoliacji za gatunek o najwyższej zdrowotności uznano buk (śr. def. = 16,9%). Średnią wartość tego parametru zanotowano u olszy (19,7%) i jodły (20,3%), podwyższoną – dla kategorii ‘inne iglaste’ (21,3%), ‘inne liściaste’ (21,6%) oraz u sosny (22,3%). Wysoką średnią defoliacją charakteryzowały się brzoza (24,0%) i świerk (24,3%), najwyższą – dąb (26,0%) – tab. 16.

Podobną kolejność monitorowanych gatunków drzew uzyskano, porównując udział drzew uszkodzonych (powyżej 25% defoliacji). Najniższym udziałem drzew uszkodzonych charakteryzował się buk (6,9%), niskim – olsza (11,4%). Średni udział drzew uszkodzonych zanotowano w przypadku jodły (15,7%), kategorii ‘inne iglaste’ (16,5%) i sosny (16,9%); podwyższony – dla kategorii ‘inne liściaste’ (19,1%), wysoki – u świerka (22,6%) i brzozy (23,1%), najwyższy – u dębu (36,3%) – tab. 9 i ryc. 3.

Nieco inną kolejność pod względem zdrowotności monitorowanych gatunków uzyskano, porównując udział drzew zdrowych (do 10% defoliacji). Najwyższy udział drzew w tej klasie odnotowano u buka (28,2%), wysoki – u jodły (24,2%), w kategorii ‘inne liściaste’ (22,7%) i u olszy (21,1%), średni – w kategorii ‘inne iglaste’ (14,1%) i u świerka (11,4%), niski – u sosny (8,3%) i brzozy (8,0%), a najniższy – u dębu (4,4%) – tab. 9 i ryc. 3.

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

3.2. Zróżnicowanie kondycji drzew w zależności od formy własności lasu

Porównanie poziomu zdrowotności 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. 12-16.

Dla gatunków razem największe uszkodzenia drzew występowały w lasach parków narodowych. Zarejestrowano tam najmniej (7,5%) drzew zdrowych, najwięcej drzew uszkodzonych (26,8%), najwyższa była też średnia defoliacja (25,0%) w porównaniu do stanu lasów pozostałych form własności. Najmniej uszkodzone były drzewa w Lasach Państwowych. Było tam 11,6% drzew zdrowych, najmniej drzew uszkodzonych (17,7%), średnia defoliacja była również najniższa (22,0%).

Przeciętnie wyższy poziom defoliacji drzew w lasach parków narodowych, w porównaniu z lasami innych form 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 drzew (gatunki razem) wg form własności w układzie krain przyrodniczo-leśnych

Udziały drzew zaliczonych do poszczególnych klas defoliacji dla gatunków razem w układzie krain przyrodniczo-leśnych i form własności zamieszczono w tabeli 17 i na rycinie 20. Wartości określane jako najmniejsze, największe lub średnie (uszkodzenie najwyższe, najniższe, średnie) odnoszą się do zakresu wartości w obrębie omawianej krainy.

W **Krainie Bałtyckiej** najbardziej uszkodzone były drzewa w lasach parków narodowych (w Drawieńskim PN i Wolińskim PN): udział drzew zdrowych (5,0%) był najniższy, a udział drzew uszkodzonych – 47,5% i średnia defoliacja – 28,3%. Uszkodzenie drzew w lasach pozostałych form własności było znacznie mniejsze, niewiele się od siebie różniące (od 10,9% do 15% drzew zdrowych, od 6,7% do 13,6% drzew uszkodzonych, od 19,1% do 20,9% średniej defoliacji).

W **Krainie Mazursko-Podlaskiej** kategorię ‘inne własności razem’ pominięto w analizie ze względu na zbyt małą liczbę ocenionych drzew. Drzewa w lasach parków narodowych (w Białowieckim PN, Wigierskim PN i Biebrzańskim PN) charakteryzowały się znacznie gorszą kondycją niż drzewa w lasach dwu pozostałych form własności (las państwowe oraz lasy będące własnością osób fizycznych), które z kolei nie wykazywały znaczących różnic między sobą. Udziały drzew zdrowych wynosiły odpowiednio: 4,4%, 8,5% i 9,9%, udziały drzew uszkodzonych: 27,5%, 12,6% i 12,8%, a średnia defoliacja: 27,3%, 22,2% i 21,3%.

W **Krainie Wielkopolsko-Pomorskiej** najbardziej uszkodzone były drzewa w lasach będących własnością osób fizycznych (9,1% drzew zdrowych, 20,8% drzew uszkodzonych, średnia defoliacja wynosiła 23,1%). Różnice w uszkodzeniu drzew w lasach trzech pozostałych form własności były niewielkie (od 10,0% do 14,6% drzew zdrowych, od 17,3% do 18,3% drzew uszkodzonych, od 21,8% do 22,5% średniej defoliacji).

W **Krainie Mazowiecko-Podlaskiej** drzewa w lasach państwowych oraz w lasach będących własnością osób fizycznych charakteryzowały się lepszą kondycją, niewiele się od siebie różniącą, w porównaniu dwiema pozostałymi formami własności. Udziały drzew

zdrowych wynosiły odpowiednio: 6,1% i 5,7%, udziały drzew uszkodzonych: 20,7% i 21,2%, średnia defoliacja: 23,4% i 24,0%. W lasach parków narodowych (Kampinoskim PN i Poleskim PN) oraz w lasach kategorii 'inne własności razem' kondycja drzew była znacznie gorsza, w pierwszej kategorii własności nieco lepsza niż w drugiej (odpowiednio: 1,0% i 8,0% drzew zdrowych, 36,0% i 40,0% drzew uszkodzonych, 27,4% i 29,9% średniej defoliacji).

W **Krainie Śląskiej** najzdrowsze okazały się drzewa w lasach państwowych (11,0% drzew zdrowych, 28,6% drzew uszkodzonych, śr. def. = 24,7%). Gorszą kondycją drzew charakteryzowały się lasy kategorii 'inne własności razem', najgorszą – lasy będące własnością osób fizycznych (odpowiednio: 14,4% i 6,6% drzew zdrowych, 34,4% i 34,5% drzew uszkodzonych oraz średnia defoliacja równa 26,9% i 28,4%). Powierzchnie w lasach parków narodowych w tej krainie nie występują.

W **Krainie Małopolskiej** uszkodzenie drzew było najniższe w lasach parków narodowych (w Ojcowskim PN, Roztoczańskim PN, Świętokrzyskim PN): 16,7% drzew zdrowych, 18,3% drzew uszkodzonych oraz średnia defoliacja równa 21,3%. W lasach pozostałych form własności kondycja drzew utrzymywała się na zbliżonym poziomie. Udział drzew zdrowych zawierał się w przedziale od 11,1% do 12,5%, udział drzew uszkodzonych – w przedziale od 24,1% do 24,5%, a średnia defoliacja – od 23,6% do 23,9%.

W **Krainie Sudeckiej** najzdrowsze okazały się drzewa w lasach kategorii 'inne własności razem' (13,5% drzew zdrowych, 7,7% drzew uszkodzonych, śr. def. = 19,2%). Gorszą kondycją drzew charakteryzowały się lasy będące własnością osób fizycznych, najgorszą – lasy państwowe (odpowiednio: 27,5% i 12,5% drzew zdrowych, 27,5% i 29,6% drzew uszkodzonych oraz 21,4% i 24,7% średniej defoliacji). Kategorię własności 'parki narodowe' (Park Narodowy Gór Stołowych) pominięto w analizie ze względu na zbyt małą liczbę ocenionych drzew.

W **Krainie Karpackiej** najzdrowsze okazały się drzewa w lasach kategorii 'inne własności razem' (17,9% drzew zdrowych, 7,1% drzew uszkodzonych, śr. def. = 18,4%). Najbardziej uszkodzone były drzewa w lasach parków narodowych (Babiogórskim PN, Bieszczadzkim PN, Gorczańskim PN, Magurskim PN, Tatrzańskim PN): udział drzew zdrowych (10,4%) był najniższy, a udział drzew uszkodzonych (24,6%) i średnia defoliacja (23,7%) były najwyższe w porównaniu z lasami pozostałych kategorii własności w tej krainie. Uszkodzenie drzew w lasach państwowych oraz w lasach prywatnych nie wykazywało znaczących różnic między sobą. Udziały drzew zdrowych wynosiły

odpowiednio: 20,2% i 17,7%, udziały drzew uszkodzonych: 14,0% i 13,2%, a średnia defoliacja: 20,1% i 20,5%.

Podsumowano powyższe zestawienie krain przyrodniczo-leśnych pod względem tego, w których kategoriach własności uszkodzenie drzew w lasach było większe, a w których mniejsze.

W Krainie Śląskiej najmniej uszkodzone były drzewa w lasach państwowych, w Krainie Małopolskiej – w lasach parków narodowych, w krainach Sudeckiej i Karpackiej – w lasach kategorii ‘inne własności razem’. W czterech pozostałych krainach co najmniej dwie różne kategorie własności charakteryzowały się niskimi, niewiele różniącymi się od siebie, uszkodzeniami drzew. Z kolei najbardziej uszkodzone były drzewa: w trzech krainach (Bałtyckiej, Mazursko-Podlaskiej i Karpackiej) – w lasach parków narodowych, w dwu krainach (Wielkopolsko-Pomorskiej i Śląskiej) – w lasach będących własnością osób fizycznych, w Krainie Mazowiecko-Podlaskiej – w lasach kategorii ‘inne własności razem’, a w Krainie Sudeckiej – w lasach państwowych. W Krainie Małopolskiej trzy różne kategorie własności charakteryzowały się wysokimi, niewiele różniącymi się od siebie, uszkodzeniami drzew.

3.3. Zróżnicowanie kondycji drzew w zależności od wieku

Analizowane parametry oceny poziomu zdrowotności monitorowanych gatunków pogrupowane zostały w trzy kategorie wieku: powyżej 20 lat, 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).

Ogółem dla wszystkich drzew objętych obserwacjami udział drzew zdrowych (do 10% defoliacji) wynosił 11,3%, udział drzew uszkodzonych (powyżej 25% defoliacji) – 18,6%, a średnia defoliacja – 22,4%. Wśród drzew młodszych zanotowano 12,0% drzew zdrowych, 17,3% drzew uszkodzonych, średnia defoliacja wynosiła 22,0%. Wśród drzew starszych udział drzew zdrowych był niższy i wynosił 10,9%, udział drzew uszkodzonych był wyższy i wynosił 19,6%, średnia defoliacja również była wyższa – 22,6% (tab. 16).

Taki układ udziału drzew zdrowych i uszkodzonych oraz średniej defoliacji w grupach wiekowych wskazuje na niewielkie obniżanie się kondycji drzew w zestawieniu ‘gatunki razem’ wraz ze wzrostem wieku drzew. Powyższa zależność nie została stwierdzona w odniesieniu do gatunków ‘iglastych razem’, natomiast jest silniejsza

w przypadku gatunków 'liściastych razem'. Udział drzew zdrowych, drzew uszkodzonych oraz średnia defoliacja wynosił odpowiednio, dla gatunków 'iglastych razem': 8,4%, 17,7%, 22,7% u drzew młodszych i 9,9%, 16,9%, 22,2% u drzew starszych oraz dla gatunków 'liściastych razem': 17,4%, 16,7%, 21,1% u drzew młodszych i 12,8%, 24,6%, 23,4% u drzew starszych. Obserwowana w 2018 r. zależność kondycji drzew 'gatunki razem' i 'liściaste razem' od wieku była również opisywana w latach 2006–2010 i 2012–2017. W 2011 r. nie odnotowano takiej zależności.

Wśród gatunków iglastych znaczny spadek kondycji związany z wiekiem zaobserwowano dla gatunków 'inne iglaste', a dużo słabszy u jodły i świerka. Nie stwierdzono różnic w poziomie defoliacji pomiędzy drzewami młodszymi i starszymi u sosny – tab. 9, 16, ryc. 4, 5.

W kategorii 'inne iglaste' wśród drzew młodszych udział drzew zdrowych wynosił 18,0%, udział drzew uszkodzonych – 11,1%, a średnia defoliacja – 20,0%. Wśród drzew starszych udział drzew zdrowych był znacznie niższy (9,1%), udział drzew uszkodzonych – dużo wyższy (23,6%), średnia defoliacja – również wyższa (23,1%).

Wśród młodszych świerków udział drzew zdrowych wynosił 11,8%, udział drzew uszkodzonych – 21,3%, a średnia defoliacja była równa 23,5%. Wśród starszych świerków było nieco mniej drzew zdrowych (11,0%), więcej drzew uszkodzonych (23,6%), średnia defoliacja była wyższa (25,0%).

Młodsze jodły charakteryzowały się wyższym udziałem drzew zdrowych (30,0%), niższym udziałem drzew uszkodzonych (12,9%), nieco niższą średnią defoliacją (19,6%) w porównaniu ze starszymi jodłami (odpowiednio: 23,0%, 16,2% i 20,4%).

Sosna nie wykazywała różnic w poziomie zdrowotności pomiędzy drzewami młodszymi i starszymi. Drzew zdrowych było odpowiednio 7,3% i 8,9%, drzew uszkodzonych 17,7% i 16,3%, a średnia defoliacja wyniosła 22,7% i 22,3%.

Wśród gatunków liściastych największy spadek kondycji związany z wiekiem zaobserwowano u dębu, duży – u brzozy, średni – u olszy i buka, niewielki – u gatunków z kategorii 'inne liściaste' – tab. 9, 16, ryc. 4, 5.

Młodsze dęby charakteryzowały się dużo wyższym udziałem drzew zdrowych (9,9%), dużo niższym udziałem drzew uszkodzonych (22,5%) oraz dużo niższą średnią defoliacją (22,2%) w porównaniu ze starszymi dębami (odpowiednio: 1,5%, 43,6% i 28,1%).

Wśród młodszych brzoź było 9,9% drzew zdrowych, 18,2% drzew uszkodzonych, średnia defoliacja wynosiła 22,4%. U starszych brzoź zanotowano mniej (5,6%) drzew zdrowych, dużo więcej (29,3%) drzew uszkodzonych oraz znacznie wyższą średnią defoliację (26,0%).

Młodsze olsze wykazywały 27,2% drzew zdrowych, 10,5% drzew uszkodzonych i 19,0% średniej defoliacji. U drzew starszych tej grupy gatunków zanotowano dużo niższy udział drzew zdrowych (16,7%), natomiast udział drzew uszkodzonych oraz średnia defoliacja były nieco wyższe, wynosiły odpowiednio: 12,0% i 20,2%.

Wśród młodszych buków zarejestrowano 33,0% drzew zdrowych i 5,8% drzew uszkodzonych, średnia defoliacja wynosiła 16,0%. Wśród starszych drzew tego gatunku zaobserwowano znacznie niższy udział drzew zdrowych (26,5%), niewiele wyższy udział drzew uszkodzonych (7,3%) oraz wyższą średnią defoliację (17,2%).

Wśród młodszych drzew kategorii 'inne liściaste' udział drzew zdrowych wynosił 23,4%, udział drzew uszkodzonych – 18,1%, a średnia defoliacja – 21,3%. Wśród drzew starszych wystąpiły różnice świadczące o spadku kondycji związanej z wiekiem, ale nie były one duże. Udział drzew zdrowych wynosił 22,1%, udział drzew uszkodzonych – 20,0%, a średnia defoliacja – 22,0%.

Podsumowując: spadek kondycji drzew związany z wiekiem (wyrażony wzrostem defoliacji) zaobserwowano: bardzo wysoki wśród dębów, wysoki – wśród brzoź i gatunków z grupy 'inne iglaste', średni – wśród świerków, buków i olsz, niewielki – wśród jodeł i gatunków z grupy 'inne liściaste'. Nie zanotowano tej zależności u sosny.

3.4. Rozkład powierzchniowy poziomu zdrowotności drzew

Kondycja zdrowotna drzew w układzie regionalnych dyrekcji Lasów Państwowych

Najwyższym udziałem drzew zdrowych (gatunki razem) odznaczała się RDLP w Krakowie (22,9%). Wysoki ich udział (od 16,4% do 19,7%) odnotowano w rdLP w Łodzi, Radomiu, Szczecinie i Zielonej Górze. Średni udział drzew w tej klasie (od 10,7% do 14,5%) występował w rdLP w Szczecinku, Toruniu, we Wrocławiu, w Krośnie i Olsztynie. Niskim udziałem drzew zdrowych (od 7,0% do 8,3%) charakteryzowały się lasy w rdLP w Lublinie, Gdańsku, Pile i Poznaniu. Bardzo niski udział drzew w tej klasie (od 4,3% do 5,6%) odnotowano w rdLP w Białymstoku, Katowicach i Warszawie – tab. 24, ryc. 22.

Najniższy udział drzew uszkodzonych (7,0%) zarejestrowano w rdLP w Szczecinku i Gdańsku, niski (od 9,7% do 14,1%) – w rdLP w Olsztynie, Toruniu, Pile i Białymstoku. Średni udział drzew w tej klasie (od 17,2% do 20,5%) odnotowano w rdLP w Szczecinie, Krakowie, Krośnie, Warszawie, Radomiu i Łodzi. Wysoki udział drzew uszkodzonych (od 22,6% do 28,7%) zaobserwowano w rdLP w Zielonej Górze, Poznaniu, Katowicach i Lublinie, najwyższy – w RDLP we Wrocławiu (31,1%).

Najniższą średnią defoliację odnotowano w lasach RDLP w Szczecinku (18,7%), niską (19,7%) – w RDLP w Gdańsku. Średnia wartość tego parametru (od 20,3% do 21,4%) wystąpiła w lasach w rdLP w Olsztynie, Krakowie, Pile, Toruniu, Szczecinie i Zielonej Górze. Wysoką wartością średniej defoliacji (od 22,0% do 23,8%) charakteryzowały się lasy w rdLP w Radomiu, Łodzi, Krośnie, Warszawie, Białymstoku i Poznaniu, bardzo wysoką (od 24,7% do 25,1%) – lasy w rdLP w Katowicach, Lublinie i we Wrocławiu – tab. 24.

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

Dobrą kondycją zdrowotną charakteryzowały się drzewa w lasach w rdLP w Szczecinku, Krakowie, Olsztynie i Gdańsku (odpowiednio: 10,7%, 22,9%, 14,5% i 7,5% drzew zdrowych, 7,0%, 17,6%, 9,7% i 7,0% drzew uszkodzonych, 18,7%, 20,6%, 20,3% i 19,7% średniej defoliacji).

Regionalne dyrekcje LP w Toruniu, Szczecinie, Zielonej Górze, Pile, Radomiu i Łodzi zaliczone zostały do grupy rdLP o średnim poziomie uszkodzenia drzew, średnia defoliacja w tych rdLP zawierała się w przedziale od 20,7% do 22,4%. W rdLP w Pile i Toruniu zarówno udziały drzew zdrowych (7,5% i 11,4%), jak i udziały drzew uszkodzonych (11,1% i 10,7%) były niskie. W RDLP w Szczecinie udział drzew zdrowych (16,9%) i udział drzew uszkodzonych (17,2%) utrzymywały się na wyrównanym średnim poziomie. W rdLP w Zielonej Górze, Radomiu i Łodzi zarówno udziały drzew zdrowych (19,7%, 16,6% i 16,4%), jak i udziały drzew uszkodzonych (22,6%, 20,1% i 20,5%) były dość wysokie.

Lasy w rdLP w Krośnie, Białymstoku, Warszawie i Poznaniu charakteryzowały się wysokim poziomem uszkodzenia drzew. Udział drzew zdrowych zawierał się w przedziale od 4,3% (RDLP w Białymstoku) do 13,4% (RDLP w Krośnie). Udział drzew

uszkodzonych zawierał się w przedziale od 14,1% (RDLP w Białymstoku) do 24,7% (RDLP w Poznaniu), a średnia defoliacja – w przedziale od 22,6% (RDLP w Krośnie) do 23,8% (RDLP w Poznaniu).

W lasach rdLP w Katowicach, Lublinie i Wrocławiu uszkodzenie drzew było bardzo duże. W RDLP we Wrocławiu udział drzew zdrowych był stosunkowo wysoki (12,4%), natomiast udział drzew uszkodzonych (31,1%) oraz średnia defoliacja (25,1%) – najwyższe w porównaniu z innymi rdLP. W rdLP w Katowicach i Lublinie udział drzew zdrowych był bardzo niski (4,8% i 7,0%), udział drzew uszkodzonych (26,7% i 28,7%) oraz średnia defoliacja (24,7% i 24,8%) – bardzo wysokie (tab. 24, ryc. 22).

Najlepszą kondycją zdrowotną **sosny** charakteryzowały się lasy RDLP w Szczecinku (11,0% drzew zdrowych, 5,2% drzew uszkodzonych, średnia defoliacja równa 18,2%). Dobrą kondycję tego gatunku obserwowano w rdLP w Gdańsku, Radomiu i Pile (udział drzew zdrowych zawierał się w przedziale od 4,9% do 21,6%, udział drzew uszkodzonych – od 4,9% do 15,0%, średnia defoliacja – od 19,5% do 20,2%). Średni poziom uszkodzenia sosny zanotowano w rdLP w Olsztynie, Łodzi, Toruniu, Szczecinie, Warszawie i Zielonej Górze (od 4,5% do 19,2% drzew zdrowych, od 9,6% do 22,4% drzew uszkodzonych, od 21,4% do 21,8% średniej defoliacji). Duże uszkodzenie sosny występowało w rdLP w Katowicach, Białymstoku, Poznaniu, Lublinie i we Wrocławiu (od 1,1% do 10,9% drzew zdrowych, od 12,2% do 25,0% drzew uszkodzonych, od 22,5% do 23,9% średniej defoliacji). Największe uszkodzenia odnotowano w RDLP w Krośnie i RDLP w Krakowie (2,2% i 2,7% drzew zdrowych, 23,2% i 26,7% drzew uszkodzonych, 25,3% i 25,4% średniej defoliacji) – tab. 18.

W ośmiu rdLP liczba **świerków** poddanych obserwacjom nie przekraczała 30 sztuk (wyniki wyłączono z analizy). W RDLP w Warszawie nie było żadnej powierzchni świerkowej (tab. 18). Spośród ośmiu porównywanych rdLP najlepszą kondycję świerka odnotowano w RDLP w Olsztynie (35,5% drzew zdrowych, 5,8% drzew uszkodzonych, śr. def. = 16,7%). Niewiele gorszą kondycję charakteryzowały się świerki w RDLP w Szczecinie (11,5% drzew zdrowych, 11,5% drzew uszkodzonych, śr. def. = 19,8%). Świerki o średniej kondycji występowały w lasach rdLP we Wrocławiu, w Krośnie, Szczecinku i Białymstoku (od 3,4% do 14,2% drzew zdrowych, od 12,3% do 23,3% drzew uszkodzonych oraz od 22,6% do 24,2% średniej defoliacji). Lasy w RDLP w Katowicach charakteryzowały się wysokim poziomem uszkodzenia świerka, a w lasach w RDLP w Gdańsku uszkodzenie drzew tego gatunku było największe, udziały drzew zdrowych

wynosiły odpowiednio: 3,3% i 2,6%, udziały drzew uszkodzonych – 36,1% i 44,7%, a średnia defoliacja – 28,0% i 33,4%.

Powierzchnie **jodłowe** oraz z domieszką jodły występują jedynie w ośmiu rdLP, w tym w trzech rdLP liczba drzew poddanych obserwacjom nie przekraczała 30 (wyniki wyłączono z analizy) (tab. 18). Najzdrowsze jodły występowały w lasach w RDLP w Katowicach, niewiele słabszą kondycją charakteryzowały się drzewa tego gatunku w RDLP w Krakowie (odpowiednio: 58,6% i 40,2% drzew zdrowych, 5,2% i 5,5% drzew uszkodzonych, średnia defoliacja wynosiła 13,9% i 15,8%). W RDLP w Krośnie i RDLP w Lublinie kondycja jodły była znacznie gorsza (odpowiednio: 8,3% i 2,3% drzew zdrowych, 19,0% i 27,3% drzew uszkodzonych, średnia defoliacja wynosiła 22,7% i 26,0%). Najbardziej uszkodzone jodły występowały w RDLP w Radomiu: udział drzew zdrowych wynosił 9,7%, udział drzew uszkodzonych – 39,8%, a średnia defoliacja – 30,7%.

W dziewięciu rdLP liczba drzew kategorii '**inne iglaste**' poddanych obserwacjom nie przekraczała 30 (wyniki wyłączono z analizy). Wśród ośmiu porównywanych rdLP kondycja drzew tej kategorii była najlepsza w lasach RDLP w Szczecinie (31,7% drzew zdrowych, 2,6% drzew uszkodzonych, śr. def. = 17,1%). Największe uszkodzenia zanotowano w RDLP we Wrocławiu (3,2% drzew zdrowych, 46,0% drzew uszkodzonych, śr. def. = 27,5%).

Powierzchnie **bukowe** oraz z domieszką buka występują w piętnastu rdLP, w tym w siedmiu rdLP liczba drzew poddanych obserwacjom nie przekraczała 30 (wyniki wyłączono z analizy) (tab. 18). Buki charakteryzowały się najwyższym poziomem zdrowotności wśród monitorowanych gatunków. Wśród ośmiu poddanych analizie rdLP najzdrowsze buki występowały w RDLP w Szczecinie (57,1% drzew zdrowych, 2,8% drzew uszkodzonych, śr. def. = 14,2%). Najbardziej uszkodzone buki występowały w RDLP we Wrocławiu: udział drzew zdrowych wynosił 26,2%, udział drzew uszkodzonych – 21,3%, a średnia defoliacja – 21,9%.

Dąb jest gatunkiem najbardziej uszkodzonym w skali kraju. Najzdrowsze dęby obserwowano w RDLP w Toruniu i RDLP w Olsztynie (10,9% i 9,5% drzew zdrowych, 15,0% i 13,4% drzew uszkodzonych, średnia defoliacja wynosiła 21,1% i 21,3%). Kondycją na średnim poziomie charakteryzowały się drzewa tej grupy gatunków w rdLP w Radomiu, Gdańsku, Szczecinie, Zielonej Górze, Białymstoku i Szczecinku (od 0% do 11,6% drzew zdrowych, od 15,2% do 38,5% drzew uszkodzonych, średnia defoliacja wynosiła od 22,6% do 24,7%). Duże uszkodzenia występowały w rdLP w Poznaniu,

Łodzi, Warszawie i Lublinie (od 0% do 5,6% drzew zdrowych, od 32,9% do 42,1% drzew uszkodzonych, średnia defoliacja wynosiła od 25,6% do 27,5%). Bardzo duże uszkodzenie dębów zaobserwowano w rdLP w Krakowie, Pile, Krośnie i we Wrocławiu (od 0% do 4,8% drzew zdrowych, od 47,6% do 63,6% drzew uszkodzonych i od 29,4% do 30,6% średniej defoliacji), największe – w RDLP w Katowicach (0,5% drzew zdrowych, 64,2% drzew uszkodzonych, śr. def. = 32,2%).

Brzoza charakteryzuje się wysokim poziomem uszkodzenia na tle innych gatunków drzew leśnych. W RDLP w Krakowie liczba brzoź poddanych obserwacjom nie przekraczała 30 sztuk (wyniki wyłączono z analizy) – tab. 18. Spośród szesnastu analizowanych rdLP najzdrowsze brzozy obserwowano w RDLP w Toruniu (19,1% drzew zdrowych, 5,7% drzew uszkodzonych, śr. def. = 18,4%). Niewiele gorszą kondycją charakteryzowały się brzozy w rdLP w Gdańsku, Szczecinku i Szczecinie (od 9,2% do 24,5% drzew zdrowych, od 9,1% do 19,4% drzew uszkodzonych, od 19,2% do 20,3% średniej defoliacji). Uszkodzenia na poziomie średnim wystąpiły w lasach w rdLP w Olsztynie, Lublinie, Zielonej Górze, Radomiu, Pile i Białymstoku (od 4,5% do 17,5% drzew zdrowych, od 13,9% do 29,9% drzew uszkodzonych, średnia defoliacja wynosiła od 21,7% do 24,9%). Wysoki poziom uszkodzenia brzoź występował w rdLP we Wrocławiu, w Łodzi, Poznaniu i Warszawie (od 0% do 14,5% drzew zdrowych, od 32,4% do 40,0% drzew uszkodzonych i średnia defoliacja – od 27,5% do 29,3%), największy – w RDLP w Katowicach i RDLP w Krośnie (2,7% i 4,3% drzew zdrowych, 50,7% i 42,6% drzew uszkodzonych oraz 30,5% i 31,1% średniej defoliacji).

W trzech rdLP liczba **olszy** poddanych obserwacjom nie przekraczała 30 (wyniki wyłączono z analizy) – tab. 18. Spośród czternastu analizowanych rdLP najlepszą kondycję zdrowotną olszy zanotowano w lasach RDLP w Toruniu (22,7% drzew zdrowych, 2,3% drzew uszkodzonych, 15,2% średniej defoliacji). Niewiele gorszą kondycją charakteryzowały się olsze w lasach w rdLP w Poznaniu, Olsztynie, Pile, Szczecinku, Szczecinie, Zielonej Górze i we Wrocławiu (od 3,6% do 38,3% drzew zdrowych, od 3,0% do 19,6% drzew uszkodzonych, od 16,9% do 19,8% średniej defoliacji). Olsze o uszkodzeniu średnim występowały w lasach w rdLP w Białymstoku i Radomiu (odpowiednio: (7,7% i 18,2% drzew zdrowych, 9,4% i 12,1% drzew uszkodzonych, 21,1% i 22,1% średniej defoliacji). Olsze o znacznym stopniu uszkodzenia występowały w rdLP w Lublinie, Warszawie i Krośnie (od 0% i 12,8% drzew zdrowych, od 25,5% do 33,3% drzew uszkodzonych, od 25,6% do 28,5% średniej defoliacji).

Najsilniej uszkodzone olsze występowały w RDLP w Katowicach (brak drzew zdrowych, 48,4% drzew uszkodzonych, śr. def. = 32,3%) – tab. 18.

W czterech rdLP liczba drzew kategorii **‘inne liściaste’** poddanych obserwacjom nie przekraczała 30 (wyniki wyłączono z analizy) – tab. 18. Wśród trzynastu porównywanych rdLP kondycja drzew tej grupy gatunków była najlepsza w lasach RDLP w Zielonej Górze (47,2% drzew zdrowych, 5,6% drzew uszkodzonych, śr. def. = 14,9%). Dobłą kondycję drzew tej grupy gatunków obserwowano w lasach w rdLP w Toruniu, Olsztynie, Szczecinku i Krośnie (od 9,3% do 44,2% drzew zdrowych, od 4,7% do 12,6% drzew uszkodzonych, od 17,0% do 19,5% średniej defoliacji). Średni poziom uszkodzenia zanotowano w lasach rdLP w Krakowie, Szczecinie i Białymstoku (od 10,3% do 35,3% drzew zdrowych, od 14,0% do 22,8% drzew uszkodzonych, od 20,5% do 21,5% średniej defoliacji). Duże uszkodzenia występowały w rdLP w Poznaniu, Radomiu, Lublinie i we Wrocławiu (od 0% do 29,0% drzew zdrowych, od 18,2% do 45,2% drzew uszkodzonych, od 25,2% do 28,9% średniej defoliacji). Najbardziej uszkodzone drzewa tej grupy gatunków występowały w RDLP w Katowicach: udział drzew zdrowych wynosił 1,2%, udział drzew uszkodzonych – 52,4%, a średnia defoliacja – 31,0%.

Kondycja zdrowotna drzew w układzie województw

Najwyższym udziałem drzew zdrowych (gatunki razem) charakteryzowały się województwa: łódzkie i świętokrzyskie (18,7%). Wysoki udział drzew z tej klasy odnotowano w województwach: małopolskim (18,5%) i zachodniopomorskim (16,5%). Niski udział drzew zdrowych (od 6,1% do 9,2%) występował w lasach województw: śląskiego, pomorskiego i wielkopolskiego; bardzo niski (4,0% i 4,4% drzew) – w lasach województw: podlaskiego i mazowieckiego. Najniższy udział drzew z tej klasy odnotowano w województwie opolskim (0,2%). W pozostałych sześciu województwach udział drzew zdrowych utrzymywał się na poziomie średnim i przyjmował wartości z przedziału od 10,1% do 16,1%.

Najniższy udział drzew uszkodzonych (6,5%) zarejestrowano w województwie pomorskim, niski (od 9,3% do 13,6%) – w warmińsko-mazurskim, zachodniopomorskim i kujawsko-pomorskim. Średni udział drzew w klasach 2–4 (od 15,3% do 21,8%) odnotowano w województwach: małopolskim, podlaskim, świętokrzyskim, wielkopolskim, śląskim, podkarpackim, łódzkim i lubuskim. Wysoki udział drzew w tych klasach (od 24,3% do 29,9%) zarejestrowano w województwach: mazowieckim, lubelskim i dolnośląskim, najwyższy (34,6%) – w województwie opolskim.

Najniższą średnią defoliację (19,4% i 19,5%) odnotowano w lasach województw pomorskiego i zachodniopomorskiego, niską (20,3% i 20,7%) – w warmińsko-mazurskim i małopolskim; średnią (od 21,7% do 23,1%) – w kujawsko-pomorskim, lubuskim, świętokrzyskim, łódzkim, wielkopolskim, śląskim i podkarpackim. Wysoka wartość tego parametru (od 23,8% do 24,7%) wystąpiła w podlaskim, lubelskim, mazowieckim i dolnośląskim, najwyższa (28,0%) – w województwie opolskim – tab. 30.

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

Dobrą kondycją charakteryzowały się drzewa (gatunki razem) w lasach województw: zachodniopomorskiego warmińsko-mazurskiego, małopolskiego i pomorskiego (od 6,7% do 18,5% drzew zdrowych, od 6,5% do 15,3% drzew uszkodzonych oraz od 19,4% do 20,7% średniej defoliacji).

Województwa: świętokrzyskie, kujawsko-pomorskie, łódzkie i lubuskie można zaliczyć do grupy województw o średnim poziomie uszkodzenia drzew. Udział drzew zdrowych zawierał się w przedziale od 11,3% do 18,7%, udział drzew uszkodzonych – od 13,6% do 21,8%, a średnia defoliacja – od 21,7% do 22,4%.

Lasy w województwach: podkarpackim wielkopolskim, śląskim, podlaskim, lubelskim, dolnośląskim i mazowieckim charakteryzowały się wysokim poziomem uszkodzenia drzew. Udział drzew zdrowych zawierał się w przedziale od 4,0% do 13,4%, udział drzew uszkodzonych – od 16,8% do 29,9%, średnia defoliacja – od 22,6% do 24,7%.

Najbardziej uszkodzone były drzewa w lasach województwa opolskiego (najniższy udział drzew zdrowych – 0,2%, najwyższy udział drzew uszkodzonych – 34,6% i najwyższa średnia defoliacja – 28,0%).

Najlepszą kondycją zdrowotną charakteryzowały się **sosny** w lasach województwa świętokrzyskiego (najwyższy w zestawieniu udział drzew zdrowych – 26,0%, 10,1% drzew uszkodzonych, najniższa średnia defoliacja – 10,1%). Bardzo dobrą kondycję drzew tego gatunku odnotowano w pomorskim i zachodniopomorskim (6,0% i 12,1% drzew zdrowych, 5,1% i 8,8% drzew uszkodzonych, 19,1% i 19,5% średniej defoliacji). Duża

defoliacja sosny występowała w województwach: małopolskim, opolskim, podlaskim, podkarpackim i mazowieckim (udział drzew zdrowych zawierał się w przedziale od 0,3% do 4,7%, drzew uszkodzonych – w przedziale od 16,3% do 25,0%, natomiast średnia defoliacja – w przedziale od 23,5% do 24,8%). Najgorszą kondycję tego gatunku zarejestrowano w lasach województwa lubelskiego, udział drzew zdrowych wynosił 4,5%, udział drzew uszkodzonych (31,6%) oraz średnia defoliacja (25,4%) były najwyższe w zestawieniu. W pozostałych ośmiu województwach zanotowano średni poziom uszkodzenia sosny (tab. 24).

W pięciu województwach liczba **świerków** poddanych obserwacjom nie przekraczała 30 (wyniki wyłączono z analizy) (tab. 4). Spośród jedenastu porównywanych województw najlepszą kondycją zdrowotną charakteryzowały się świerki w lubuskim (najwyższy w zestawieniu udział drzew zdrowych – 35,6%, niski udział drzew uszkodzonych – 8,9% oraz najniższa średnia defoliacja – 15,7%). Świerki o dobrej kondycji występowały w lasach województwa warmińsko-mazurskiego (28,7% drzew zdrowych, 4,1% drzew uszkodzonych, średnia defoliacja równa 16,8%). Średni poziom uszkodzenia świerków występował w lasach sześciu województw: dolnośląskiego, zachodniopomorskiego, wielkopolskiego, małopolskiego, podkarpackiego i pomorskiego (od 5,3% do 13,1% drzew zdrowych, od 10,8% do 27,0% drzew uszkodzonych oraz od 22,3% do 26,4% średniej defoliacji). Wysoki poziom uszkodzenia odnotowano w podlaskim i śląskim (3,0% i 8,9% drzew zdrowych, 29,4% i 34,2% drzew uszkodzonych oraz 29,4% i 29,7% średniej defoliacji). Najbardziej uszkodzone świerki występowały w lasach województwa świętokrzyskiego (brak drzew zdrowych, najwyższy w zestawieniu udział drzew uszkodzonych – 86,1% oraz najwyższa średnia defoliacja – 49,9%).

Powierzchnie **jodłowe** oraz z domieszką jodły występują jedynie w dziewięciu województwach, w tym w czterech województwach liczba drzew poddanych obserwacjom nie przekraczała 30 (wyniki wyłączono z analizy) (tab. 24). Spośród pięciu porównywanych województw najzdrowsze jodły występowały w śląskim (najwyższy w zestawieniu udział drzew zdrowych – 51,8%, najniższy udział drzew uszkodzonych – 6,0% oraz najniższa średnia defoliacja – 13,8%). Bardzo dobrą kondycją charakteryzowały się jodły w lasach województwa małopolskiego, słabszą – w lasach podkarpackiego (36,9% i 7,5% drzew zdrowych, 7,6% i 21,2% drzew uszkodzonych, średnia defoliacja równa 16,6% i 23,4%). Wysoki poziom uszkodzenia tego gatunku odnotowano w świętokrzyskim i mazowieckim (9,8% i 8,6% drzew zdrowych, 42,7% i 37,1% drzew uszkodzonych oraz średnia defoliacja równa 29,6% i 31,3%).

W dziewięciu województwach liczba drzew grupy gatunków '**inne iglaste**' poddanych obserwacjom nie przekraczała 30 (wyniki wyłączono z analizy) (tab. 24). Spośród siedmiu porównywanych województw najlepszą kondycję drzew z tej grupy gatunków zanotowano w zachodniopomorskim (26,0% drzew zdrowych, 8,2% drzew uszkodzonych, średnia defoliacja równa 17,3%), natomiast najgorszą – w dolnośląskim (16,0% drzew zdrowych, 37,0% drzew uszkodzonych, średnia defoliacja równa 24,3%).

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 najwyższym poziomem zdrowotności wśród monitorowanych gatunków. Spośród ośmiu porównywanych województw najmniej uszkodzone były buki w warmińsko-mazurskim, mało uszkodzone – w zachodniopomorskim i małopolskim (odpowiednio: 42,9%, 33,2% i 31,6% drzew zdrowych, 1,4%, 4,0% i 5,3% drzew uszkodzonych, średnia defoliacja równa 14,8%, 15,7% i 16,4%). Średni poziom uszkodzenia buków zanotowano w pomorskim, śląskim i podkarpackim (od 8,8% do 27,5% drzew zdrowych, od 0,9% do 10,5% drzew uszkodzonych oraz od 16,8% do 17,7% średniej defoliacji), podwyższony – w dolnośląskim i świętokrzyskim (26,6% i 14,3% drzew zdrowych, 20,3% i 18,4% drzew uszkodzonych, średnia defoliacja równa 21,4% i 21,9%).

Niskim poziomem uszkodzenia charakteryzowały się **dęby** w województwach kujawsko-pomorskim, świętokrzyskim i warmińsko-mazurskim (od 7,4% do 11,0% drzew zdrowych, od 10,0% do 16,8% drzew uszkodzonych oraz od 20,9% do 21,4% średniej defoliacji). Uszkodzeniem na średnim poziomie charakteryzowały się drzewa tej grupy gatunków w zachodniopomorskim, pomorskim, podlaskim, wielkopolskim, lubuskim i mazowieckim (od 1,0% do 9,0% drzew zdrowych, od 20,4% do 43,6% drzew uszkodzonych oraz od 23,8% do 26,7% średniej defoliacji). Wysokie uszkodzenia zarejestrowano w podkarpackim, lubelskim, małopolskim, śląskim, łódzkim i dolnośląskim (poniżej 4,5% drzew zdrowych, powyżej 36,5% drzew uszkodzonych, średnia defoliacja – powyżej 26,5%), najwyższe – w opolskim (brak drzew zdrowych, najwyższy w zestawieniu udział drzew uszkodzonych – 64,7% oraz najwyższa średnia defoliacja – 32,1%) (tab. 24).

Brzozy o niskim poziomie uszkodzenia występowały w lasach województw kujawsko-pomorskiego, zachodniopomorskiego, małopolskiego, lubelskiego i pomorskiego (od 6,8% do 18,4% drzew zdrowych, od 8,3% do 14,2% drzew uszkodzonych oraz od 19,7% do 21,4% średniej defoliacji). Uszkodzeniem na średnim

poziomie charakteryzowały się drzewa tej grupy gatunków w województwie lubuskim, świętokrzyskim, warmińsko-mazurskim, podlaskim, mazowieckim (od 2,9% do 15,6% drzew zdrowych, od 17,8% do 23,7% drzew uszkodzonych oraz od 21,4% do 24,7% średniej defoliacji). Wysokie uszkodzenia zarejestrowano w województwie wielkopolskim, dolnośląskim, śląskim, łódzkim i podkarpackim (od 0,4% do 14,5% drzew zdrowych, od 33,0% do 48,4% drzew uszkodzonych, od 26,4% do 31,0% średniej defoliacji), najwyższe – w województwie opolskim (brak drzew zdrowych, najwyższy w zestawieniu udział drzew uszkodzonych – 51,5% oraz najwyższa średnia defoliacja – 27,6%) (tab. 24).

Liczba **olszy** poddanych obserwacjom nie przekraczała 30 w dwóch województwach – łódzkim i śląskim (wyniki wyłączono z analizy) – tabela 18. Spośród czternastu analizowanych województw wysoką zdrowotnością charakteryzowały się olsze w lubuskim, wielkopolskim i kujawsko-pomorskim (od 28,9% do 47,1% drzew zdrowych, od 2,8% do 12,9% drzew uszkodzonych, od 15,3% do 16,1% średniej defoliacji). W niewiele gorszej kondycji były olsze w województwie dolnośląskim (28,3% drzew zdrowych, 12,7% drzew uszkodzonych, średnia defoliacja równa 17,9%). Średni poziom uszkodzenia olszy utrzymywał się w województwie pomorskim, warmińsko-mazurskim, dolnośląskim, zachodniopomorskim, podlaskim, mazowieckim, małopolskim i lubelskim (od 8,8% do 34,2% drzew zdrowych, od 3,6% do 17,1% drzew uszkodzonych, od 17,5% do 21,0% średniej defoliacji). Wysoki poziom uszkodzenia drzew tej grupy gatunków zanotowano w województwie opolskim i podkarpackim (do 3,1% drzew zdrowych, powyżej 32,0% drzew uszkodzonych, średnia defoliacja – powyżej 24,0%), najwyższy – w świętokrzyskim (10,7% drzew zdrowych, najwyższy w zestawieniu udział drzew uszkodzonych – 39,3% oraz najwyższa średnia defoliacja – 31,6%).

W dwóch województwach (łódzkim i śląskim) liczba drzew kategorii **‘inne liściaste’** poddanych obserwacjom nie przekraczała 30 (wyniki wyłączono z analizy) – tab. 18. Wśród czternastu porównywanych województw kondycja drzew tej grupy gatunków była najlepsza w lasach województwa zachodniopomorskiego (najwyższy w zestawieniu udział drzew zdrowych – 40,4%, najniższy udział drzew uszkodzonych – 4,8% oraz najniższa średnia defoliacja – 15,7%), dobra – w lasach województw: pomorskiego, podkarpackiego, warmińsko-mazurskiego i małopolskiego (od 18,9% do 37,2% drzew zdrowych, od 5,4% do 13,0% drzew uszkodzonych oraz od 17,7% do 19,5% średniej defoliacji). Wysoki poziom uszkodzenia występował w województwie dolnośląskim i świętokrzyskim (odpowiednio: 17,4% i 13,3% drzew zdrowych, 31,9% i 35,9% drzew uszkodzonych, 26,9% i 27,2% średniej defoliacji). Najbardziej uszkodzone drzewa tej

grupy gatunków zanotowano w województwie opolskim (najniższy w zestawieniu udział drzew zdrowych – 1,3%, najwyższy udział drzew uszkodzonych – 53,2% oraz najwyższa średnia defoliacja – 30,2%) (tab. 24).

Kondycja zdrowotna drzew w układzie krain przyrodniczo-leśnych

Najwyższym udziałem drzew zdrowych (18,5%) charakteryzowała się Kraina Karpacka, niższy udział drzew w tej klasie (od 12,5% do 14,6%) odnotowano w krainach: Bałtyckiej, Sudeckiej i Małopolskiej, niski (od 8,8% do 10,9%) – w krainach: Śląskiej, Wielkopolsko-Pomorskiej i Mazursko-Podlaskiej, najniższy (5,8%) – w Krainie Mazowiecko-Podlaskiej.

Najniższy udział drzew uszkodzonych (9,2%) występował w Krainie Bałtyckiej, niski – w Krainie Mazursko-Podlaskiej (13,2%) i Krainie Karpackiej (14,1%), średni – w krainach: Wielkopolsko-Pomorskiej (17,7%) i Mazowiecko-Podlaskiej (21,6%), wysoki – w krainach: Małopolskiej (24,4%) i Sudeckiej (26,2%), najwyższy – w Krainie Śląskiej (29,2%).

Najniższą średnią defoliację (19,3%) odnotowano w Krainie Bałtyckiej, niską (20,4%) – w Krainie Karpackiej, średnią – w krainach: Wielkopolsko-Pomorskiej (22,0%) i Mazursko-Podlaskiej (22,2%), wysoką (od 23,7% do 23,9%) w krainach: Małopolskiej, Sudeckiej i Mazowiecko-Podlaskiej, najwyższą (25,0%) – w Krainie Śląskiej – tab. 27.

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

Najzdrowsze okazały się drzewa w lasach Krainy Bałtyckiej: zanotowano wysoki w porównaniu z innymi krainami udział drzew zdrowych (14,6%), najniższy udział drzew uszkodzonych (9,2%) i najniższą średnią defoliację (19,3%).

Niewiele gorszą kondycją charakteryzowały się drzewa w Krainie Karpackiej: najwyższy wśród krain udział drzew zdrowych (18,5%), niski udział drzew uszkodzonych (14,1%) oraz niska średnia defoliacja (20,4%).

Krainy: Mazursko-Podlaska i Wielkopolsko-Pomorska zaliczone zostały do grupy krain o średnim poziomie uszkodzenia drzew. Zanotowano tu niski udział drzew zdrowych (8,8% i 10,3%) oraz niezbyt wysoki udział drzew uszkodzonych (13,2% i 17,7%), średnia defoliacja wynosiła 22,2% i 22,0%.

Lasy krain: Małopolskiej, Sudeckiej i Mazowiecko-Podlaskiej charakteryzowały się podwyższonym poziomem uszkodzenia drzew. W krainach Małopolskiej i Sudeckiej udziały drzew zdrowych (12,5% i 13,0%) i udziały drzew uszkodzonych były wyższe niż w Krainie Mazowiecko-Podlaskiej (5,8% drzew zdrowych i 21,6% drzew uszkodzonych). Średnia defoliacja drzew w tych krainach była podwyższona, wynosiła od 23,7% do 23,9%.

Najbardziej uszkodzone były drzewa w lasach Krainy Śląskiej: niski udział drzew zdrowych (10,9%), najwyższy w zestawieniu udział drzew uszkodzonych (29,2%) i najwyższa średnia defoliacja (25,0%).

Liczba **sosen** poddanych obserwacjom nie przekraczała 30 w Krainie Sudeckiej, wyniki z tej krainy wyłączono z analizy. Wśród siedmiu porównywanych krain najlepszą kondycją zdrowotną charakteryzowały się drzewa tego gatunku w lasach Krainy Bałtyckiej (wysoki wśród krain udział drzew zdrowych – 10,3%, najniższy udział drzew uszkodzonych – 7,2% i najniższa średnia defoliacja – 19,2%); najgorszą – w lasach Krainy Mazowiecko-Podlaskiej (niski udział drzew zdrowych – 3,5%, najwyższy udział drzew uszkodzonych – 22,7% oraz najwyższa średnia defoliacja – 24,4%).

Najlepszą kondycją zdrowotną charakteryzowały się świerki w lasach Krainy Śląskiej: najwyższy wśród krain udział drzew zdrowych (36,6%), niski udział drzew uszkodzonych (14,6%), najniższa średnia defoliacja (17,9%); najgorszą – lasy Krainy Małopolskiej: najmniejszy udział drzew zdrowych (3,2%), najwyższy udział drzew uszkodzonych (62,7%), najwyższa średnia defoliacja (37,5%) – (tab. 21).

Wystarczająca do porównania kondycji zdrowotnej liczba jodeł została oceniona jedynie w Krainach: Karpackiej i Małopolskiej. Zdrowsze jodły występowały w Krainie Karpackiej, bardziej uszkodzone – w Krainie Małopolskiej. Odpowiednio: udziały drzew zdrowych wynosiły 27,8% i 8,8%, udziały drzew uszkodzonych – 11,8% i 33,7%, średnia defoliacja – 18,6% i 27,6%).

Liczba drzew z kategorii '**inne iglaste**' poddanych obserwacjom nie przekraczała 30 w krainach Mazowiecko-Podlaskiej i Mazursko-Podlaskiej, wyniki z tych krain wyłączono z analizy. Wśród sześciu porównywanych krain uszkodzenie drzew tej grupy gatunków było najniższe w lasach Krainy Bałtyckiej, występował tu najwyższy udział drzew zdrowych (16,4%), najniższy udział drzew uszkodzonych (7,4%) oraz najniższa średnia defoliacja (18,9%). Najwyższe uszkodzenie drzew tej grupy gatunków zanotowano w Krainie Sudeckiej: najniższy udział drzew zdrowych (4,4%), najwyższy udział drzew uszkodzonych (40,0%) i najwyższa średnia defoliacja (26,1%).

Liczba **buków** poddanych obserwacjom nie przekraczała 30 w Krainie Mazowiecko-Podlaskiej i Krainie Mazursko-Podlaskiej i wyniki z tych krain wyłączono z analizy. Buk jako gatunek najzdrowszy w skali kraju również w układzie krain charakteryzował się dobrą kondycją zdrowotną. Wśród sześciu porównywanych krain najzdrowsze buki występowały w Krainie Bałtyckiej, gdzie występował wysoki udział drzew zdrowych (30,1%), najniższy udział drzew uszkodzonych (3,0%) oraz najniższa średnia defoliacja (15,7%). Największe uszkodzenia drzew tego gatunku zanotowano w lasach Krainy Śląskiej (najmniej drzew zdrowych – 16,5%, najwięcej drzew uszkodzonych – 21,5%, wysoka średnia defoliacja – 20,4%).

Dąb jest gatunkiem najbardziej uszkodzonym w skali kraju, również w poszczególnych krainach jego uszkodzenie jest wysokie. Stosunkowo dobrą kondycją charakteryzowały się dęby w lasach Krainy Bałtyckiej (7,6% drzew zdrowych, 22,4% drzew uszkodzonych, śr. def. = 22,9%). Najbardziej uszkodzone dęby występowały w Krainie Śląskiej (4,8% drzew zdrowych, najwyższy w zestawieniu udział drzew uszkodzonych – 56,8% oraz najwyższa średnia defoliacja – 29,4%) (tab. 21).

Brzozy charakteryzujące się dobrą kondycją zdrowotną występowały w Krainach: Karpackiej i Bałtyckiej (udział drzew zdrowych wynosił odpowiednio: 11,8% i 12,6%, udział drzew uszkodzonych – 10,2% i 10,5%, a średnia defoliacja – 19,1% i 19,7%). Najbardziej uszkodzone brzozy występowały w Krainie Śląskiej (7,8% drzew zdrowych, najwyższy w zestawieniu udział drzew uszkodzonych – 44,4% oraz najwyższa średnia defoliacja – 30,8%). (tab. 21).

Liczba **olszy** poddanych obserwacjom nie przekraczała 30 w Krainie Sudeckiej i wyniki z tej krainy wyłączono z analizy. Wśród siedmiu porównywanych krain najlepszą kondycją zdrowotną charakteryzowały się drzewa tej grupy gatunków w lasach Krainy Wielkopolsko-Pomorskiej, występował tu najwyższy udział drzew zdrowych (32,9%), najniższy udział drzew uszkodzonych (6,0%) oraz najniższa średnia defoliacja (16,2%). Najwyższe uszkodzenie drzew tej grupy gatunków występowało w Krainie Karpackiej, gdzie zanotowano najniższy udział drzew zdrowych (3,1%), najwyższy udział drzew uszkodzonych (34,1%) oraz najwyższą średnią defoliację (28,4%).

Najzdrowsze drzewa z grupy gatunków **‘inne liściaste’** występowały w Krainie Bałtyckiej, gdzie odnotowano najwyższy udział drzew zdrowych (35,9%), najniższy udział drzew uszkodzonych (6,0%) oraz najniższą średnią defoliację (17,2%). Najwyższe uszkodzenie drzew tej grupy gatunków występowało w lasach Krainy Śląskiej, gdzie

odnotowano najniższy udział drzew zdrowych (9,9%), najwyższy udział drzew uszkodzonych (41,8%) oraz najwyższą średnią defoliację (30,1%).

4. PORÓWNANIE POZIOMU ZDROWOTNEGO MONITOROWANYCH GATUNKÓW DRZEW W LATACH 2014–2018 – *JADWIGA MAŁACHOWSKA*

4.1. Zmienność kondycji drzew w pięcioleciu

Zróznicowanie kondycji drzew na stałych powierzchniach obserwacyjnych I rzędu ogółem w kraju w latach 2014–2018 przeanalizowano, porównując średnią defoliację oraz udział drzew w klasach defoliacji: klasie 0 (drzewa zdrowe, do 10% defoliacji) i klasach 2–4 (drzewa uszkodzone, powyżej 25% defoliacji i drzewa martwe).

W ciągu ostatniego pięciolecia 2014–2018 poziom zdrowotności lasów był zróżnicowany. W 2015 r. w porównaniu z 2014 r. nastąpiła niewielka poprawa kondycji lasów. W 2016 roku nastąpiło pogorszenie, wyrażające się spadkiem udziału drzew zdrowych (o 3,6 punktu procentowego) oraz wzrostem udziału drzew uszkodzonych (o 2,8 punktu procentowego). W latach 2017–2018 stan zdrowotny lasów ogółem w skali kraju nie zmienił się w sposób istotny (tab. 29, ryc. 14). Średnia defoliacja gatunków razem wynosiła w kolejnych latach: 21,9%, 21,5%, 22,7%, 22,8% i 22,4%; udział drzew zdrowych wynosił: 11,6%, 11,9%, 8,3%, 10,0% i 11,3%; udział drzew uszkodzonych: 18,9%, 16,7%, 19,5%, 20,2% i 18,6% (tab. 28 i 29, ryc. 12–15 i 25–28).

Z porównania zmienności kondycji zdrowotnej wśród gatunków iglastych łącznie i liściastych łącznie w pięcioleciu wynika, że w 2015 r. kondycja gatunków iglastych nie zmieniła się, natomiast kondycja gatunków liściastych poprawiła się, nastąpił spadek udziałów drzew uszkodzonych (o 3,5 punktu procentowego). W 2016 r. nastąpiło niewielkie pogorszenie kondycji gatunków iglastych oraz wyraźne pogorszenie kondycji gatunków liściastych (spadek udziału drzew zdrowych o 5 punktów procentowych oraz wzrost udziału drzew uszkodzonych o 5,6 punktu procentowego). W latach 2017 i 2018 następowała stopniowa niewielka poprawa kondycji gatunków liściastych – tab. 29, ryc. 14.

Zmienność kondycji zdrowotnej drzew w kolejnych latach pięciolecia była różna w zależności od gatunku

Buk w pięcioleciu 2014–2018 charakteryzował się najlepszą kondycją wśród monitorowanych gatunków. W 2014 r. udział drzew zdrowych wynosił 33,4%, udział

drzew uszkodzonych – 7,6%, a średnia defoliacja – 16,3%. W 2015 r. stan koron buków uległ niewielkiej poprawie, nastąpił wzrost udziału drzew zdrowych do 38,3%, spadek udziału drzew uszkodzonych do 5,2% i spadek średniej defoliacji do 15,7%. W 2016 r. nastąpiło znaczne pogorszenie stanu koron buka (spadek udziału drzew zdrowych do 24,3%, wzrost udziału drzew uszkodzonych do 8,8% oraz średniej defoliacji do 17,8%). W 2017 r. stan koron buków poprawił się, a w 2018 r. nie odnotowano znaczących zmian w porównaniu z 2017 r. W latach 2017 i 2018 odpowiednio: udziały drzew zdrowych wynosiły 32,7% i 28,2%, udziały drzew uszkodzonych – 7,1% i 6,9%, a średnia defoliacja – 16,7% i 16,9% (tab. 29, ryc. 13).

Olsza charakteryzowała się dobrą kondycją w omawianym okresie. W 2014 r. udział drzew zdrowych wynosił 20,9%, udział drzew uszkodzonych – 11,8%, a średnia defoliacja – 19,8%. W latach 2015 i 2016 stan koron olszy stopniowo pogarszał się. W 2016 r. udział drzew zdrowych wynosił 13,0%, udział drzew uszkodzonych – 13,6%, a średnia defoliacja – 20,9%. W 2018 r. nastąpiła znaczna poprawa, kondycja olszy wróciła do stanu, jaki był na początku pięciolecia (21,1% drzew zdrowych, 11,4% drzew uszkodzonych, śr. def. = 19,7%) (tab. 29, ryc. 13).

Kondycja **jodły** w pięcioleciu była dobra w porównaniu z innymi gatunkami, lokowała się w tej klasyfikacji tuż za olszą. W 2014 r. udział drzew zdrowych wynosił 18,6%, udział drzew uszkodzonych – 16,2%, a średnia defoliacja – 20,0%. W 2016 r. nastąpiło pogorszenie: udział drzew zdrowych uległ obniżeniu do 16,3%, udział drzew uszkodzonych wzrósł do 17,5%, a średnia defoliacja – do 21,1%. W latach 2017 i 2018 stan koron jodły stopniowo poprawiał się. W 2018 r. udział drzew zdrowych wynosił 24,2%, udział drzew uszkodzonych – 15,7%, a średnia defoliacja – 20,3% (tab. 29, ryc. 12).

Sosna charakteryzowała się średnim poziomem uszkodzenia w pięcioleciu w porównaniu z innymi gatunkami. W 2014 r. udział drzew zdrowych wynosił 8,3%, udział drzew uszkodzonych – 16,7%, a średnia defoliacja – 21,8%. W 2016 r. kondycja sosny uległa znaczącej zmianie. W 2018 r. udział drzew zdrowych wynosił 8,3%, udział drzew uszkodzonych – 16,9%, a średnia defoliacja – 22,3% (tab. 29, ryc. 12).

Stan zdrowotna grupy gatunków '**inne iglaste**' był nieco lepszy od stanu sosny oraz mniej stabilny. W 2014 r. udział drzew zdrowych wynosił 17,1%, udział drzew uszkodzonych – 13,9%, a średnia defoliacja – 20,2%. W latach 2015–2017 stan koron drzew tej grupy gatunków stopniowo pogarszał się. W 2017 r. udział drzew zdrowych wynosił 9,8%, udział drzew uszkodzonych – 18,5%, a średnia defoliacja – 22,5%. W 2018

r. nastąpiła poprawa w porównaniu ze stanem z 2017 r., udział drzew zdrowych wzrósł o 4,3 punktu procentowego i wynosił 14,1%, udział drzew uszkodzonych obniżył się o 2 punkty procentowe do wartości 16,5%, średnia defoliacja wynosiła 21,3% (tab. 29, ryc. 12).

Grupa gatunków **‘inne liściaste’** zaliczana jest wraz z sosną i gatunkami **‘inne iglaste’** do grupy o średnim uszkodzeniu. W 2014 r. udział drzew zdrowych wynosił 23,5%, udział drzew uszkodzonych – 17,8%, a średnia defoliacja – 21,1%. W 2015 r. poziom uszkodzenia nie uległ zmianie, natomiast w 2016 r. nastąpiło wyraźne pogorszenie (spadek udziału drzew zdrowych do 18,7%, wzrost udziału drzew uszkodzonych do 21,7% oraz wzrost średniej defoliacji do 22,5%). W 2017 r. nastąpiła poprawa kondycji wyrażająca się głównie wzrostem udziału drzew zdrowych (o 4,6 punktu procentowego). W 2018 r. nie było znaczących zmian, udział drzew zdrowych wynosił 22,7%, udział drzew uszkodzonych – 19,1%, a średnia defoliacja – 21,6% (tab. 29, ryc. 13).

Uszkodzenie **świerka** w pięcioleciu było wysokie na tle innych gatunków. Na początku pięciolecia udział drzew zdrowych wynosił 16,2%, udział drzew uszkodzonych – 25,1%, a średnia defoliacja – 23,1%. W latach 2015–2016 następowało niewielkie pogorszenie wyrażające się głównie obniżaniem się udziału drzew zdrowych. Na końcu pięciolecia udział drzew zdrowych wynosił 11,4%, udział drzew uszkodzonych – 22,6%, a średnia defoliacja – 24,3% (tab. 29, ryc. 12).

Brzoza również charakteryzowała się wysokim uszkodzeniem w porównaniu z innymi gatunkami. W 2014 r. udział drzew zdrowych wynosił 7,5%, udział drzew uszkodzonych – 26,7%, a średnia defoliacja – 24,1%. W 2015 r. nastąpiła poprawa, wyrażająca się głównie spadkiem udziału drzew uszkodzonych (do 20,7%) oraz średniej defoliacji (do 22,5%); udział drzew zdrowych wynosił 8,9%. W 2016 r. nastąpiło znaczne pogorszenie kondycji: udział drzew zdrowych obniżył się do 6,3%, udział drzew uszkodzonych wzrósł do 30,7%, a średnia defoliacja wzrosła do 25,3%. W latach 2017–2018 następowała stopniowa niewielka poprawa kondycji brzozy. Pod koniec pięciolecia udział drzew zdrowych wynosił 8,0%, udział drzew uszkodzonych – 23,1%, a średnia defoliacja – 24,0% (tab. 29, ryc. 13).

Dąb był najbardziej uszkodzonym gatunkiem przez okres całego pięciolecia. W 2014 r. udział drzew zdrowych wynosił 4,7%, udział drzew uszkodzonych – 35,0%, a średnia defoliacja – 25,8%. W 2015 r. odnotowano poprawę wyrażającą się głównie spadkiem udziału drzew uszkodzonych (do 28,1%) oraz średniej defoliacji (do 24,5%); udział drzew zdrowych wynosił 5,2%. W 2016 r. nastąpiło pogorszenie kondycji dębu:

udział drzew zdrowych obniżył się do 3,4%, udział drzew uszkodzonych wzrósł do 33,2%, a średnia defoliacja wzrosła do 25,7%. W 2017 r. poziom uszkodzenia ponownie nieco wzrósł (nastąpił wzrost udziału drzew uszkodzonych o 3 punkty procentowe) W 2018 r. nie było znaczących zmian, udział drzew zdrowych wynosił 4,4%, udział drzew uszkodzonych – 36,3%, a średnia defoliacja – 26,0% (tab. 29, ryc. 13).

Podsumowując: najlepszą kondycją zdrowotną w pięcioleciu charakteryzował się buk, najgorszą dąb. Stan kondycji olszy i jodły był dobry w porównaniu z innymi gatunkami. Sosna wraz z grupą gatunków ‘inne iglaste’ oraz grupą gatunków ‘inne liściaste’ charakteryzowały się średnim poziomem uszkodzenia, natomiast świerk oraz brzoza – wysokim poziomem uszkodzenia.

4.2. Zmienność kondycji drzew w pięcioleciu w zależności od wieku

Porównano zmienność kondycji zdrowotnej grup gatunków drzew w zależności od wieku: drzewa młodsze (od 21 do 60 lat) oraz drzewa starsze (powyżej 60 lat).

Gatunki razem. Przez cały okres 5-lecia udział drzew zdrowych młodszych był wyższy od udziału drzew zdrowych starszych średnio w roku o około 1 punkt procentowy. Natomiast udział drzew uszkodzonych młodszych był niższy od udziału drzew uszkodzonych starszych średnio w roku o około 1,8 punktu procentowego. Średnia defoliacja drzew młodszych była niższa średnio w roku o około 0,4 punktu procentowego.

Gatunki iglaste. W 2018 r. udział drzew zdrowych młodszych był niższy od udziału drzew zdrowych starszych o 1,5 punktu procentowego. W pozostałych latach różnice nie przekraczały 0,5 punktu procentowego. W całym pięcioleciu nie wystąpiły znaczące różnice w udziale drzew uszkodzonych oraz średniej defoliacji pomiędzy drzewami młodszymi i starszymi.

Gatunki liściaste. Przez całe pięciolecie udział drzew zdrowych młodszych był wyższy od udziału drzew zdrowych starszych średnio w roku o około 2,9 punktu procentowego. Natomiast udział drzew uszkodzonych młodszych był niższy od udziału drzew uszkodzonych starszych średnio w roku o około 6,7 punktu procentowego. Średnia defoliacja drzew młodszych była niższa średnio w roku o około 1,7 punktu procentowego.

Sosna. W 2018 r. udział drzew zdrowych młodszych był niższy od udziału drzew zdrowych starszych o 1,6 punktu procentowego. W pozostałych latach różnice nie przekraczały 0,5 punktu procentowego. W latach 2015-2018 wystąpiły niewielkie różnice w udziale drzew uszkodzonych (o około 1,5 punktu procentowego) oraz średniej defoliacji

(o około 0,6 punktu procentowego) pomiędzy drzewami młodszymi (wartości wyższe) i starszymi (wartości niższe).

Świerk. W latach 2014-2016 udział drzew zdrowych młodszych był wyższy od udziału drzew zdrowych starszych średnio o około 2,4 punktu procentowego. W latach 2013 i 2015-2018 udział drzew uszkodzonych młodszych był niższy od udziału drzew uszkodzonych starszych średnio o około 2,8 punktu procentowego. Z kolei w całym pięcioleciu średnia defoliacja drzew młodszych była niższa średnio w roku o około 1,4 punktu procentowego.

Jodła. Udział drzew zdrowych młodszych był dużo wyższy od udziału drzew zdrowych starszych przez całe pięciolecie, różnica wynosiła średnio około 7 punktów procentowych. W przypadku drzew uszkodzonych w 2014 roku udział drzew młodszych przeważał nad udziałem drzew starszych o 2,2 punktu procentowego, natomiast w latach 2015-2018 - udział drzew starszych przeważał nad udziałem drzew młodszych (różnica w kolejnych latach wynosiła średnio 2,5 punktu procentowego). Średnia defoliacja drzew młodszych była niższa średnio w roku o około 0,6 punktu procentowego.

Inne iglaste. Występowały duże różnice w udziale drzew zdrowych, udziale drzew uszkodzonych oraz średniej defoliacji pomiędzy drzewami młodszymi i starszymi. Udział drzew zdrowych był wyższy wśród drzew młodszych średnio w roku o 10,2 punktu procentowego. Natomiast udział drzew uszkodzonych oraz średnia defoliacja były niższe wśród drzew młodszych średnio o 8,1 i 2,5 punktu procentowego.

Buk. Udział drzew zdrowych młodszych był dużo wyższy od udziału drzew zdrowych starszych przez całe pięciolecie, różnica wynosiła średnio około 7 punktów procentowych. W latach 2016-2018 wśród drzew młodszych zarówno udział drzew uszkodzonych jak i średnia defoliacja były niższe (średnio o około 2,2 i 1,4 punktu procentowego), natomiast w latach 2014-2015 nie stwierdzono takich różnic.

Dąb. W ciągu całego pięciolecia występowały duże różnice w udziale drzew zdrowych, udziale drzew uszkodzonych oraz średniej defoliacji pomiędzy drzewami młodszymi i starszymi. Udział drzew zdrowych wśród drzew młodszych był wyższy średnio w roku o 4,9 punktu procentowego. Z kolei udział drzew uszkodzonych oraz średnia defoliacja wśród drzew młodszych były niższe średnio o 17,0 i 4,2 punkty procentowe.

Brzoza. Podobnie jak w przypadku dębu w ciągu całego pięciolecia występowały duże różnice w udziale drzew zdrowych, udziale drzew uszkodzonych oraz średniej

defoliacji pomiędzy drzewami młodszymi i starszymi. Udział drzew zdrowych był wyższy wśród drzew młodszych średnio w roku o 3,6 punkty procentowe. Natomiast udział drzew uszkodzonych oraz średnia defoliacja były niższe wśród drzew młodszych średnio o 10,9 i 2,9 punktu procentowego.

Olsza. W ciągu całego pięciolecia udział drzew zdrowych młodszych był wyższy od udziału drzew zdrowych starszych średnio w roku o około 5,9 punktu procentowego. W latach 2014-2016 udział drzew uszkodzonych młodszych był również wyższy od udziału drzew uszkodzonych starszych średnio w roku o około 2,2 punktu procentowego. W 2017 nie stwierdzono takiej różnicy, a w 2018 r. udział drzew uszkodzonych młodszych był niższy od udziału drzew uszkodzonych starszych o 1,5 punktu procentowego. Nie było znaczących różnic między średnią defoliacją drzew młodszych i drzew starszych.

Inne liściaste. W ciągu całego pięciolecia występowały różnice w udziale drzew zdrowych, udziale drzew uszkodzonych oraz średniej defoliacji pomiędzy drzewami młodszymi i starszymi. Udział drzew zdrowych był wyższy wśród drzew młodszych średnio w roku o 2,6 punktu procentowego. Natomiast udział drzew uszkodzonych oraz średnia defoliacja były niższe wśród drzew młodszych średnio w roku o 5,8 i 2,2 punktu procentowego.

Podsumowując, w ciągu pięciolecia obserwowano spadek kondycji drzew wraz z wiekiem (wyrażony spadkiem udziału drzew zdrowych, wzrostem udziału drzew uszkodzonych oraz wzrostem średniej defoliacji): wysoki wśród dębów, brzoź i gatunków z grupy 'inne iglaste', znaczący – wśród gatunków z grupy 'inne liściaste', buków i jodeł oraz niewielki – wśród świerków. Nie zanotowano tej zależności u sosny i olszy.

Na zmienność proporcji udziału drzew zdrowych i uszkodzonych oraz wartości średniej defoliacji pomiędzy drzewami młodszymi oraz starszymi może mieć wpływ zmieniająca się w kolejnych latach pula drzew poddawanych analizie: wraz z nowymi powierzchniami przybywa drzew młodszych, zwykle zdrowszych; większość powierzchni ubywających, to te, na których rosły drzewa starsze, bardziej uszkodzone.

4.3 Rozkład powierzchniowy poziomu zdrowotności drzew w pięcioleciu

Zmienność geograficzna kondycji zdrowotnej drzew (gatunki razem) w pięcioleciu była różna w różnych regionach kraju. Porównano wyniki obserwacji w układzie regionalnych dyrekcji Lasów Państwowych, jak i w układzie krain przyrodniczo-leśnych – Tab. 28 i 29, ryc. 25-31.

Na terenach leśnych pięciu regionalnych dyrekcji Lasów Państwowych kondycja zdrowotna monitorowanych drzew nie ulegała dużym zmianom – ryc. 25. Różnica między zanotowanym w kolejnych latach pięciolecia maksymalnym i minimalnym udziałem drzew uszkodzonych (klasy defoliacji 2-4) była mniejsza niż 7 punktów procentowych. W RDLP w Gdańsku uszkodzenie drzew utrzymywało się znacznie poniżej średniej krajowej i wykazywało tendencję malejącą (w 2014 r. udział drzew uszkodzonych wynosił 12,6%, a w 2018 r. – 7,0%). W rdLP w Krakowie, Krośnie, Radomiu i Warszawie uszkodzenie drzew charakteryzowało się uszkodzeniem wyższym, niż średnia krajowa. W RDLP Radom kondycja drzew była najbardziej stabilna (różnica między maksymalnym i minimalnym udziałem drzew uszkodzonych wynosiła 1,7 punktu procentowego).

W lasach siedmiu rdLP zmienność kondycji drzew była wysoka – ryc. 26. Różnica między zanotowanym w kolejnych latach pięciolecia maksymalnym i minimalnym udziałem drzew uszkodzonych zawierała się w przedziale od 7 do 12 punktów procentowych. W rdLP w Pile, Toruniu, Szczecinku i Szczecinie uszkodzenie drzew utrzymywało się poniżej średniej krajowej. W RDLP w Katowicach uszkodzenie w całym pięcioleciu było wyższe niż średnia krajowa. W RDLP w Białymstoku uszkodzenie drzew było wyższe niż średnia krajowa w latach 2014-2016, natomiast w Łodzi – w latach 2016-2018.

W lasach pięciu pozostałych rdLP (we Wrocławiu, w Zielonej Górze, Poznaniu, Lublinie i Olsztynie) zmienność kondycji drzew była bardzo wysoka – ryc. 27. Różnica między zanotowanym w kolejnych latach pięciolecia maksymalnym i minimalnym udziałem drzew uszkodzonych była większa niż 12 punktów procentowych.

Uszkodzenie drzew rosło: przez cały okres pięciolecia – w RDLP we Wrocławiu i w Łodzi, w latach 2014-2017 – w rdLP w Poznaniu, Katowicach i Toruniu, w latach 2015-2018 – w RDLP w Lublinie, w latach 2015-2017 – w RDLP w Krakowie, w latach 2015-2016 – w rdLP w Krośnie, Warszawie, Pile i Szczecinku, w latach 2016-2017 – w RDLP w Zielonej Górze, w latach 2016-2018 – w RDLP w Szczecinie. Przez cały okres pięciolecia uszkodzenie drzew wykazywało stałą tendencję malejącą w rdLP w Gdańsku, Olsztynie i Białymstoku.

Zestawiono zmienność kondycji zdrowotnej drzew w układzie krain przyrodniczo-leśnych – ryc. 28. Uszkodzenie drzew rosło: w latach 2014-2017 – w krainie Sudeckiej i Wielkopolsko-Pomorskiej, w latach 2015-2017 – w Krainie Śląskiej, w latach 2015-2016 – w krainach: Karpackiej, Małopolskiej i Mazursko-Podlaskiej. W krainach: Śląskiej i Wielkopolsko-Pomorskiej uszkodzenie drzew wykazywało tendencję rosnącą przez cały

okres pięciolecia. Z kolei uszkodzenie drzew malało: w latach 2014-2015 – w krainach: Bałtyckiej, Małopolskiej i Mazowiecko-Podlaskiej, w latach 2017-2018 – w krainach: Karpackiej i Sudeckiej. W Krainie Mazursko-Podlaskiej uszkodzenie drzew malało w latach 2014-2015 oraz w latach 2016-2018.

W krainach: Bałtyckiej i Wielkopolsko-Pomorskiej uszkodzenie drzew przez cały okres pięciolecia utrzymywało się poniżej średniej krajowej. W krainach: Małopolskiej i Mazowiecko-Podlaskiej w omawianym okresie uszkodzenie drzew charakteryzowało się uszkodzeniem wyższym, niż średnio w kraju. W krainach Śląskiej i Sudeckiej uszkodzenie drzew było wyższe niż średnia krajowa w okresie czterolecia 2015-2018.

5. OCENA PRZYCZYN I SYMPTOMÓW USZKODZEŃ DRZEW W 2018 R. – PAWEŁ LECH

5.1. Charakterystyka zebranych danych

W 2018 roku ocenę symptomów uszkodzeń i przyczyn ich powstawania wykonano na 2023 SPO I rzędu, łącznie na 40 460 drzewach 43 gatunków. Najliczniej reprezentowany był rodzaj sosna, a w nim sosna zwyczajna (22 154 drzewa i 54,76% wszystkich drzew), następnie brzoza, głównie brzoza brodawkowata (4258 drzew i 10,52%), dąb – przede wszystkim rodzime gatunki dębów (3172 drzewa i 7,84%), olsza – głównie olsza czarna (2594 drzewa i 6,41%) oraz świerk pospolity (1758 drzew i 4,35% wszystkich drzew). Łącznie było 25 595 drzew 8 gatunków iglastych (w tym 4 gatunków obcych), co stanowiło 63,26% wszystkich ocenianych oraz 14 865 (36,74%) drzew 35 gatunków liściastych. Liczba drzew 7 gatunków drzew (So, Św, Jd, Db, Bk, Brzb i Olcz) przekraczała jeden tysiąc, a kolejnych 3 (Tpo, Gb i Md) zawierała się w przedziale 500-1000 drzew. W przypadku 26 gatunków (4 iglastych i 22 liściastych) liczba drzew nie przekraczała 100, przy czym dla 10 gatunków była mniejsza niż 10 drzew.

Łącznie na SPO I rzędu stwierdzono 45 941 uszkodzeń drzew, które występowały na 30 463 drzewach, co stanowiło 75,29% ocenianych drzew. W porównaniu do roku 2017 nastąpił wzrost udziału drzew uszkodzonych o blisko 5%. Uszkodzeń o nasileniu przekraczającym 40% było 2781, co stanowiło 6,05% wszystkich zarejestrowanych uszkodzeń drzew. Na 17 341 drzewach stwierdzono występowanie jednego uszkodzenia, na 10 745 drzewach – dwóch uszkodzeń, a na 2370 drzewach – trzech. Nieuszkodzonych było łącznie 9997 drzew, co stanowiło 24,71% drzew ocenianych w roku 2018 na SPO I

rzędu (w roku 2017 udział drzew nieuszkodzonych wynosił 29,57%, a w roku 2016 – 33,30%). Spośród głównych lasotwórczych gatunków iglastych najwięcej drzew bez uszkodzeń cechowało jodłę (36,22%) i sosnę zwyczajną (34,34%), znacznie mniej świerk – tylko 19,62%. Spośród gatunków liściastych największym udziałem drzew bez uszkodzeń cechował się buk (21,60%), ponad dwukrotnie mniejszym – brzoza brodawkowata (9,82%), a najmniejszym – rodzime dęby i olsza czarna (odpowiednio 5,90% i 3,86%). Oznacza to, że w 2018 roku, w porównaniu do roku poprzedniego, udział drzew nieuszkodzonych wyraźnie zmniejszył się w przypadku wszystkich głównych lasotwórczych gatunków drzew.

Stwierdzono również, że pomiędzy nasileniem występowania uszkodzeń na drzewach a defoliacją przeciętną istnieje pozytywna zależność. Wykonane analizy potwierdziły dodatnia korelację pomiędzy przeciętną dla powierzchni (SPO I rzędu) defoliacji drzew a liczbą drzew z uszkodzeniami występującymi na tej powierzchni. Zależność ta była szczególnie wyraźna dla uszkodzeń o nasileniu przekraczającym 40% (ryc. 32).

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

Przeciętna liczba uszkodzeń przypadających na 1 drzewo wyróżnionych gatunków i grup gatunków w 2018 roku zawierała się w przedziale od 0,80 (dla domieszkowych gatunków iglastych) do 1,69 (dla dębu) (tab. 31). Średnia wartość tego parametru dla drzew wszystkich gatunków wynosiła 1,13 i była większa niż w roku 2017. Na drzewach wszystkich głównych lasotwórczych gatunków liściastych na 1 drzewo przypadało powyżej jednego uszkodzenia. W przypadku gatunków iglastych taka sytuacja miała miejsce dla świerka i jodły, natomiast dla sosny i domieszkowych gatunków iglastych wartość tego parametru była mniejsze od jedności. W porównaniu do roku 2017 nastąpił wzrost częstości występowania uszkodzeń u wszystkich głównych lasotwórczych gatunków/rodzajów drzew. Przeprowadzona analiza trendów zmian nasilenia występowania uszkodzeń na drzewach w okresie 2011–2018 (test Manna-Kendalla) wykazała brak wyraźnego trendu jedynie w przypadku świerka i domieszkowych gatunków iglastych, zaś w przypadku pozostałych gatunków drzew oraz łącznie dla wszystkich badanych drzew – wzrost nasilenia częstości występowania uszkodzeń (tab. 31).

Wraz z wiekiem u sosny, dębów, brzozy, olszy i innych gatunków liściastych następował wzrost średniej liczby uszkodzeń występujących na 1 drzewie. W przypadku pozostałych gatunków drzew brak wyraźnych tendencji zmian częstości występowania uszkodzeń wraz z wiekiem (tab. 31).

Zróznicowanie pomiędzy krainami przyrodniczo-leśnymi pod względem średniej liczby uszkodzeń przypadającej na jedno drzewo w roku 2018 nie było znaczące i zawierało się w przedziale od 1,03 (Kraina Wielkopolsko-Pomorska) do 1,36 (Kraina Karpacka) (tab. 32). Największe różnice pomiędzy krainami przyrodniczo-leśnymi pod względem liczby uszkodzeń na jednym drzewie stwierdzono dla sosny i świerka oraz buka. Najwyższym nasileniem występowania uszkodzeń na drzewach gatunków iglastych cechowały się Kraina Karpacka i Kraina Bałtycka. W przypadku gatunków liściastych dużego zróżnicowania pomiędzy krainami pod względem nasilenia występowania uszkodzeń nie było. W Krainie Karpackiej odnotowano najwyższe wartości wskaźnika średniej liczby uszkodzeń występujących na 1 drzewie, który u olszy osiągnął wartość 1,962. Dęby najwyższe wartości wskaźnika osiągnęły w Krainie Śląskiej i Krainie Bałtyckiej (odpowiednio 1,917 i 1,910 uszkodzenia/drzewo), buk – w Krainie Karpackiej (1,614), brzozy – w Krainie Karpackiej (1,648) i olsza – poza Krainą Karpacką w Krainie Sudeckiej (1,833 uszkodzenia/drzewo).

W porównaniu do roku 2017 odnotowano wzrost średniej liczby uszkodzeń przypadających na 1 drzewo w 7 krainach przyrodniczo-leśnych. W Krainie Małopolskiej wartość tego wskaźnika nie uległa zmianie. Wykonana analiza trendów dla okresu 2013–2018 wykazała wzrost nasilenia występowania uszkodzeń w 6 krainach, a brak trendu w dwóch (Kraina Sudecka i Kraina Karpacka) (tab. 32).

Średnia liczba uszkodzeń przypadających na jedno drzewo w rdLP zawierała się w przedziale od 0,80 (RDPL w Toruniu) do 1,55 (RDLP w Krośnie). Mniejsza niż przeciętna dla całej Polski liczba uszkodzeń na 1 drzewie (1,13 uszkodzenia/drzewo) wystąpiła w 10 rdLP (w Katowicach, Lublinie, Łodzi, Olsztynie, Pile, Toruniu, Zielonej Górze, Gdańsku, Radomiu, Warszawie), a w pozostałych rdLP oraz w parkach narodowych była wyższa.

W 16 rdLP oraz w parkach narodowych w roku 2018 roku w porównaniu do roku 2016 odnotowano wzrost średniej liczby uszkodzeń występujących na 1 drzewie. Tylko w RDLP w Radomiu odnotowano niewielki spadek (tab. 32). Największą średnią liczbą uszkodzeń na jednym drzewie cechowały się sosny w rdLP: w Krakowie, Szczecinie, Szczecinku, Białymstoku i w parkach narodowych (odpowiednio 1,326, 1,106, 1,029 i

1,016 uszkodzenia/drzewo), świerki w RDLP w Krośnie i RDLP w Szczecinie (odpowiednio 1,692 i 1,673 uszkodzenia/drzewo) oraz jodły w RDLP w Krośnie (odpowiednio 1,676 uszkodzenia/drzewo). W przypadku dębów we wszystkich rdLP średnia liczba uszkodzeń na 1 drzewie była wysoka. W 6 rdLP (w Lublinie, Olsztynie, Toruniu, Gdańsku, Radomiu i Warszawie) zawierała się w przedziale 1–1,5 uszkodzenia/drzewo, w 9 rdLP (w Białymstoku, Katowicach, Krakowie, Łodzi, Pile, Poznaniu, Szczecinku, Wrocławiu, Zielonej Górze) – w przedziale 1,51–2 oraz w 2 rdLP (w Krośnie i Szczecinie) i w parkach narodowych osiągała wartość powyżej 2,0 uszkodzeń/drzewo. W przypadku buka najwięcej uszkodzeń występujących na 1 drzewie stwierdzono w RDLP w Szczecinie i w RDLP w Krośnie (odpowiednio 2,538 i 1,918 uszkodzenia/drzewo). W przypadku brzozy najwięcej uszkodzeń na 1 drzewie również zarejestrowano w RDLP w Szczecinie i w RDLP w Krośnie (odpowiednio 2,404 i 2,103 uszkodzenia/drzewo). Najwięcej uszkodzeń na olszach stwierdzono w rdLP: w Szczecinie, Gdańsku i Krośnie (2,374, 1,893 i 1,865 uszkodzenia/drzewo) (tab. 32). Wykonana analiza trendów wykazała, że w 9 rdLP (w Białymstoku, Krakowie, Lublinie, Pile, Szczecinie, Szczecinku, Toruniu, Wrocławiu i Warszawie) oraz w parkach narodowych w latach 2013–2018 następował wzrost średniej liczby uszkodzeń na jednym drzewie, natomiast w pozostałych rdLP nie stwierdzono trendu zmian nasilenia występowania uszkodzeń drzew lub był on statystycznie nieistotny (tab. 32).

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. 33). Odsetek drzew, dla których pomimo wykonanej oceny nie udało się określić czynnika sprawczego, wynosił w 2018 roku 28,7% i był o 0,1% większy niż w roku 2017. Dla wyróżnionych gatunków iglastych największym udziałem cechowały się uszkodzenia, dla których nie można było wskazać jednoznacznej przyczyny („*badane niezidentyfikowane*”). W przypadku drzew wyróżnionych gatunków liściastych najczęściej wskazywanym czynnikiem sprawczym rejestrowanych uszkodzeń były „owady”. Odpowiadały one za 64,2% uszkodzeń olszy, 47,4% uszkodzeń dębu, 45,0% uszkodzeń brzozy, 43,4% uszkodzeń domieszkowych gatunków liściastych oraz 35,9% uszkodzeń buków. Najczęściej identyfikowanymi symptomami uszkodzeń w przypadku wszystkich gatunków razem oraz wszystkich gatunków liściastych był „*ubytek igieł/liści*” (33,0% wszystkich stwierdzonych uszkodzeń). W przypadku sosny, jodły i domieszkowych gatunków iglastych dominowały „*deformacje*” – odpowiednio 32,4%, 32,5% i 23,4%, a w

przypadku świerka – „wycieki żywicy”. Organem, którego najczęściej dotyczyły uszkodzenia na drzewach iglastych, był pień pomiędzy szyją korzeniową i koroną, a na drzewach liściastych – liście (tab. 33). Stwierdzić zatem można, że układ najczęściej występujących lokalizacji, symptomów i czynników sprawczych uszkodzeń w roku 2018 był podobny jak w latach poprzednich.

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 (korzenie i szyja korzeniowa, strzała, gałęzie, pędy i pączki oraz igły i liście), najczęściej wskazywanym miejscem położenia symptomów była strzała (44,84% wszystkich wskazanych lokalizacji uszkodzeń), w tym przede wszystkim „*pień pomiędzy szyją korzeniową i koroną*” (29,35%) oraz liście bądź igły – 39,86% (tab. 34). Udział gałęzi, pędów i pączków oraz korzeni i szyi korzeniowej jako miejsc występowania uszkodzeń był dużo mniejszy (odpowiednio 11,46% i 3,85% wszystkich lokalizacji uszkodzeń).

Wśród wszystkich wyróżnionych gatunków iglastych najczęściej występującą lokalizacją występowania uszkodzeń była strzała, zaś wśród gatunków liściastych – liście (tab. 34). W przypadku sosny, poza strzałą, uszkodzenia występowały licznie na igłach (9,06%) i nieco mniej licznie na gałęziach, pędach i pączkach (6,12%). Podobne proporcje występowały u świerka i iglastych gatunków domieszkowych, natomiast na jodle uszkodzenia występowały liczniej na gałęziach, pędach i pączkach niż na igłach. Strzała była drugim pod względem udziału miejscem występowania uszkodzeń u wszystkich wyróżnionych gatunków liściastych. Najmniejszym udziałem lokalizacji uszkodzeń zarówno na gatunkach iglastych, jak i liściastych cechowały się korzenie i szyja korzeniowa (tab. 34).

Symptomy uszkodzeń

Wśród symptomów uszkodzeń największym udziałem w roku 2018 wyróżniał się „*ubytok igieł/liści*” (33,0% wszystkich symptomów uszkodzeń), który dominował u wszystkich gatunków liściastych (tab. 35). Znaczący był również udział „*deformacji*” (21,7% wszystkich uszkodzeń), które przeważały u sosny, jodły i domieszkowych gatunków iglastych (odpowiednio 32,4%, 32,5% i 23,4% wszystkich symptomów). W

przypadku gatunków liściastych udział „*deformacji*” zawierał się w przedziale 9,4% (dęby) – 16,7% (buk). Wśród wyróżnionych symptomów uszkodzeń mniejszymi udziałami cechowały się „*rany*” (9,8%), których udział był wysoki w przypadku świerka i buka (odpowiednio 20,6%, 17,5%), następnie „*pochylone*” (7,6%) i „*martwe, obumierające gałęzie*” (5,9% wszystkich symptomów uszkodzeń). W przypadku świerka dużym udziałem cechowały się ponadto „*wycieki żywicy*” (26,4% symptomów uszkodzeń świerka). Udział pozostałych symptomów był niższy i zawierał się w przedziale od 5,7% („*przebarwienia igieł/liści*”) do 0,1% („*nienaturalne rozmiary liści/igieł*” i „*wycieki na drzewach liściastych*”). Bardzo niskim udziałem wśród symptomów uszkodzeń (poniżej 1% wszystkich uszkodzeń) cechowały się również „*nienaturalne rozmiary liści*”, „*oznaki występowania owadów*”, „*oznaki występowania grzybów*”, „*inne oznaki*”, „*nekrozy*”, „*wycieki na drzewach liściastych*” i „*drzewa przewrócone*” (tab. 35).

Czynniki sprawcze

Spośród wyróżnionych kategorii czynników sprawczych uszkodzeń drzew najwyższy udział, poza kategorią „*badano, niezidentyfikowano*” (28,7% wszystkich przypadków), miały „*owady*” i „*konkurencja i inne czynniki*” (w tym przede wszystkim „*konkurencja*”) (odpowiednio 28,1% i 21,7%) (tab. 36). Znacznie rzadziej wskazywano na „*grzyby*” (7,9%), „*bezpośrednie oddziaływanie człowieka*” (6,1%) oraz „*czynniki abiotyczne*” (6,0%). „*Konkurencja i inne czynniki*” odpowiadały za 32,5% wszystkich uszkodzeń sosny, 23,6% uszkodzeń świerka, 22,3% uszkodzeń domieszkowych gatunków iglastych oraz 22,2% uszkodzeń jodły. W odniesieniu do gatunków liściastych udział tego czynnika sprawczego był znacząco mniejszy, najwyższą wartość osiągając dla brzoź – 15,6%. „*Owady*” stanowiły najczęściej wymienianą kategorię czynników sprawczych w przypadku uszkodzeń olsz (61,1%), brzoź (50,0%), dębów (44,2%), domieszkowych gatunków liściastych (39,6%) i buka (39,2%). „*Grzyby*” miały znaczny udział jako przyczyna uszkodzeń drzew w przypadku jodły (23,6%), mniejszy – dębów (16,2%), buka (12,6%) oraz domieszkowych gatunków liściastych (10,9%), natomiast „*bezpośrednie działanie człowieka*” w odniesieniu do domieszkowych gatunków iglastych (11,0%), świerka (10,6%) i buka (10,2%). Pozostałe kategorie czynników sprawczych nie miały znaczącego udziału w powstawaniu uszkodzeń poszczególnych gatunków drzew.

Udział uszkodzeń, dla których nie zidentyfikowano czynnika sprawczego w przypadku gatunków iglastych, zawierał się w przedziale 31,9–40,8%. W odniesieniu do gatunków liściastych niezidentyfikowanych czynników sprawczych było znacząco mniej –

od 14,3% do 25,1% (tab. 36). Największym udziałem niezidentyfikowanych czynników sprawczych cechowały się domieszkowe gatunki iglaste, najmniejszym zaś – olsze. W okresie 2010–2018 następowała poprawa identyfikowania czynników sprawczych uszkodzeń występujących na większości gatunków drzew. Przeprowadzona analiza wykazała brak statystycznie istotnego trendu jedynie dla jodły i olsz oraz spadek udziału nierozpoznanych przyczyn uszkodzeń dla pozostałych wyróżnionych gatunków i grup gatunków drzew (tab. 36).

„Owady” oraz „konkurencja i inne czynniki”

W 2018 roku na SPO I rzędu stwierdzono 12 902 przypadki uszkodzeń spowodowanych przez owady, co stanowiło przyczynę 28,1% wszystkich uszkodzeń (tab. 36). Najliczniejszymi wśród owadów sprawcami szkód, podobnie jak w latach poprzednich, były owady liściożerne (foliofagi) – stanowiły one 76,77% wszystkich przypadków uszkodzeń tej kategorii sprawców. Udział powyżej 5% cechował ponadto owady uszkadzające pień, gałęzie i pędy oraz owady ssące (tab. 37). Udział wyróżnianych grup owadów powodujących uszkodzenia w roku 2018 był podobny do tego z lat poprzednich.

Spośród wszystkich uszkodzeń tych spowodowanych w roku 2017 przez owady na drzewach iglastych występowało łącznie 16,78%, w tym na sośnie 12,97%, świerku – 3,12%, jodle – 0,22% oraz na domieszkowych gatunkach iglastych – 0,42% (tab. 37). Uwzględniając liczbę drzew poszczególnych gatunków, największym udziałem uszkodzeń spowodowanych przez owady cechował się świerk, następnie iglaste gatunki domieszkowe, jodła, a najmniejszym – sosna. W przypadku sosny dominującymi grupami owadów powodującymi uszkodzenia drzew były foliofagi i kambiofagi (uszkadzające pień, gałęzie, pędy), w przypadku świerka – kambiofagi, zaś w przypadku jodły – owady ssące i kambiofagi. Na gatunkach liściastych występowało łącznie 83,22% uszkodzeń spowodowanych przez owady. U wszystkich wyróżnionych gatunków liściastych dominującą grupą owadów powodującą uszkodzenia były foliofagi. Udział innych grup owadów był wielokrotnie mniejszy (tab. 37).

„Konkurencja i inne czynniki” była drugą najczęściej wskazywaną grupą czynników sprawczych uszkodzeń drzew na SPO I rzędu w 2018 roku (stwierdzono 9982 uszkodzenia tej kategorii, co stanowiło 21,7% wszystkich uszkodzeń, tab. 36). Udział uszkodzeń spowodowanych przez tę grupę czynników na drzewach iglastych wynosił 72,59%, a na liściastych – 27,41% (tab. 37), co w przybliżeniu odpowiada proporcji liczby

drzew obydwu kategorii. „*Konkurencja*” charakteryzowała się największym udziałem (87,54%) wśród wyróżnionych podkategorii tej grupy sprawców i dominowała w przypadku wszystkich gatunków iglastych i liściastych. Udziałem powyżej 1% cechowały się również takie podkategorie jak „*epifity, parazyty*” (5,98%) i „*inne znane, ale niepodane*” (2,69%). Podobny był również udział uszkodzeń, dla których wskazano ogólną nazwę kategorii, bez dalszej specyfikacji (3,12%) (tab. 37).

Występowanie uszkodzeń spowodowanych przez epifity/parazyty (głównie jemiołę)

W ostatnich latach obserwuje się nasilenie występowania jemioły na drzewach leśnych. Dlatego też podjęto próbę przeanalizowania tego zjawiska, wykorzystując do tego celu wyniki obserwacji monitoringowych i oceny występowania uszkodzeń drzew na SPO I rzędu z lat 2008–2018.

Udział epifitów/parazytów wśród wyróżnianych czynników sprawczych uszkodzeń w roku 2018 był relatywnie niewielki. Była to przyczyna 617 uszkodzeń, co stanowiło jedynie 1,3% wszystkich zarejestrowanych uszkodzeń drzew. Również relatywnie niewielka była przeciętna liczba uszkodzeń tej kategorii przypadająca na jedno drzewo. Dlatego w zestawieniu i na rycinie (tab. 38 i ryc. 33) 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.

Epifity/parazyty były wskazywane w latach 2008-2018 jako przyczyna uszkodzeń występujących łącznie na 14 gatunkach drzew leśnych: sośnie zwyczajnej, świerku pospolitym, jodle pospolitej, brzozie brodawkowatej i omszonej, olszy czarnej oraz na domieszkowych gatunkach liściastych (klon pospolity, jesion wyniosły, robinia akacjowa, topola biała, topola osika, topola czarna, lipa drobnolistna). Najwyższymi wartościami wskaźnika przeciętnej liczby uszkodzeń spowodowanych przez epifity/parazyty występujących na jednym drzewie w roku 2018 cechowała się jodła (wartość wskaźnika równa 3,46) i sosna (2,35), w przypadku których 1 uszkodzenie przypadało odpowiednio na około 29 i 43 drzewa. Znacząco mniejsze wartości wskaźnika występowały w przypadku brzozy (0,97) i domieszkowych gatunków liściastych (0,56) oraz najmniejsze dla świerka (0,11), u którego ten czynnik sprawczy uszkodzeń występował jeden raz na 879 świerków (tabela 38). Wolne od uszkodzeń powodowanych przez epifity/parazyty były drzewa takich gatunków i grup gatunków jak domieszkowe gatunki iglaste (głównie modrzew), dęby oraz buk zwyczajny. Występowanie uszkodzeń spowodowanych przez

epifity/parazyty (jemiołę) w okresie 2008–2018 wykazywało wyraźną tendencję wzrostową. Była ona najsilniejsza w przypadku sosny, jodły i brzoź, nieco mniej (brak potwierdzenia statystycznej istotności za pomocą testu Mann-Kendall’a) w przypadku domieszkowych gatunków liściastych. Dla świerka nie stwierdzono trendu zmian w czasie. Zaznaczyć również należy, że początkowo, w roku 2008 epifity/parazyty zostały zidentyfikowane jako czynnik sprawczy uszkodzeń jedynie sosny i brzoź. W kolejnych latach identyfikowane były również dla innych gatunków drzew – jodły i domieszkowych gatunków iglastych od roku 2010 do końca analizowanego okresu, świerka – od roku 2013 oraz olsz – w latach 2013–2016. Przy czym w przypadku świerka i olsz epifity/parazyty były przyczyną kilku co najwyżej uszkodzeń występujących na pojedynczych drzewach (tab. 38). Największe przyrosty liczby uszkodzeń spowodowanych przez epifity/parazyty względem roku poprzedniego stwierdzono dla lat 2010, 2012 oraz 2018 (ryc. 33). Biorąc pod uwagę pozytywny związek pomiędzy występowaniem parazytów/epifitów, a zwłaszcza jemioły z niekorzystnymi dla drzew warunkami pogodowymi (susze) oraz fakt powolnego wzrostu jemioły, należy przyjąć że wzrost nasilenia występowania tego czynnika sprawczego w latach w ostatnim dziesięcioleciu miał związek z warunkami pogodowymi z początków bieżącego stulecia. Natomiast obserwowane w ostatnich latach susze przyczynić się będą mogły do nasilenia występowania rejestrowalnych uszkodzeń powodowanych przez jemiołę dopiero za kilka lat. Należy oczekiwać, że wzrost ten będzie znaczący.

Występowanie uszkodzeń spowodowanych przez epifity/parazyty (jemiołę) na sośnie, jodle i brzożach oraz wszystkich gatunków łącznie wykazywało w roku 2018 wyraźną zależność od wieku drzew. Najwyższe wartości wskaźnika liczby uszkodzeń spowodowanych przez tę kategorię sprawców na jednym drzewie występowały dla drzew najstarszych – w przypadku sosny, jodły oraz wszystkich gatunków razem – o wieku powyżej 100 lat, a w przypadku brzozy dla wieku 81–100 lat (ryc. 34). Być może spowodowane to było bardzo małą liczbą brzoż starszych niż 100 lat (59 drzew). Zwraca również uwagę względnie niewielkie nasilenie występowania uszkodzeń spowodowanych przez epifity/parazyty na drzewach o wieku do około 80 lat i dynamiczny wzrost wartości wskaźnika w okresie późniejszym, zwłaszcza po osiągnięciu przez drzewa wieku 100 lat, widoczny zwłaszcza w przypadku jodły. Dla najstarszych drzew tego gatunku jedno uszkodzenie, którego sprawcami były w 2018 roku epifity/parazyty występowało na co 10 tym drzewie, a w przypadku sosny na co 15-tym.

Rozkład przestrzenny powierzchni na których zarejestrowano epifity/parazyty jako czynniki sprawcze uszkodzeń wykazuje wyraźną regionalizację (ryc. 35). Największe ich nasilenie odnotowano w 2018 roku w pasie rozciągającym się z zachodu Polski (pomiędzy Wrocławiem na południu i Gorzowem Wielkopolskim na północy) poprzez Wielkopolskę, Góry Świętokrzyskie i sięgającym na wschodzie po Lubelszczyznę i południowe Mazowsze. Niewielkie skupiska powierzchni z uszkodzeniami spowodowanymi przez epifity/parazyty występowały również w Małopolsce i na Mazurach. Największe nasilenie uszkodzeń spowodowanych przez tę grupę czynników sprawczych, wyrażoną liczbą zarejestrowanych uszkodzeń na pojedynczej stałej powierzchni obserwacyjnej I rzędu, stwierdzono na terenie RDLP Zielona Góra, Szczecin (południowa część), Poznań, Wrocław (na północ od linii Odry), w południowej części RDLP Łódź i na terenie RDLP Radom.

5.4. Podsumowanie

Przeprowadzona w Polsce w 2018 roku w ramach monitoringu lasów ocena uszkodzeń drzew wykazała, że ponad 75% spośród nich było uszkodzonych. W porównaniu do roku poprzedniego nastąpił blisko 5% wzrost udziału uszkodzonych drzew i wyraźne zmniejszenie się udziału drzew nieuszkodzonych, co odnosiło się do każdego głównego lasotwórczego gatunku drzewa. O większym nasileniu występowania uszkodzeń świadczy także wzrost średniej liczby uszkodzeń na pojedynczym drzewie, która w roku 2018 zwiększyła się do 1,13 z 1,01 uszkodzenia/drzewo w roku 2017. Wzrost nasilenia występowania uszkodzeń dla wszystkich gatunków łącznie oraz dla sosny, świerka, jodły, dębów, buka, brzozy, olszy i domieszkowych gatunków liściastych został dla okresu 2011–2018 potwierdzony statystycznie. W okresie tym nie wykazano natomiast statystycznie istotnego zmniejszania się średniej liczby uszkodzeń występujących na 1 drzewie dla jakiegokolwiek głównego gatunku lasotwórczego w Polsce. Wykonane analizy pozwoliły również stwierdzić pozytywną zależność pomiędzy przeciętną dla powierzchni (SPO I rzędu) defoliacji drzew a liczbą drzew z uszkodzeniami występującymi na tej powierzchni. Zależność ta była szczególnie wyraźna dla uszkodzeń o nasileniu przekraczającym 40%.

Najczęściej uszkodzanymi organami drzew wszystkich gatunków iglastych był „*pień pomiędzy szczył korzeniową i podstawą korony*”, zaś gatunków liściastych – „*liście*”. Udział pierwszej wymienionej lokalizacji wśród wszystkich uszkodzeń zarejestrowanych w trakcie prac terenowych wynosił 29,35%, a drugiej – 29,18%. Kategoria „*liści*” odnosi

się jednak jedynie do drzew gatunków liściastych. Po dodaniu do niej „*igieł*” – lokalizacji odnoszącej się do aparatu asymilacyjnego drzew iglastych, łączny udział uszkodzeń zlokalizowanych na „*liściach/igłach*” wynosił 39,86%. Udział uszkodzeń „*gałęzi, pędów i pączków*” wynosił 11,46%, natomiast całej strzały, obejmujące poza wymienioną wcześniej lokalizacją „*strzała pomiędzy szczył korzeniową i podstawą korony*” także takie kategorie jak: „*strzałę w obrębie korony*”, „*całą strzałę*” oraz „*pęd wierzchołkowy*” – łącznie 44,84% wszystkich uszkodzeń odnotowanych w 2018 roku.

Największym udziałem wśród wyróżnionych symptomów uszkodzeń cechował się „*ubytek igieł/liści*” (33,0%), która to kategoria dominowała u wszystkich wyróżnionych liściastych gatunków drzew. U sosny, jodły i domieszkowych gatunków iglastych przeważały „*deformacje*”, natomiast u świerka – „*wycieki żywicy*”. Zwraca również uwagę niewielki odsetek takich symptomów uszkodzenia jak: „*oznaki występowania grzybów*” i „*inne oznaki*” (po 0,8 % wszystkich uszkodzeń), „*owadów*” (0,7%), „*nekrozy*” (0,3%), „*nienaturalne rozmiary liści/igieł*” (0,1%) oraz „*wycieki z drzew liściastych*” (0,1%).

Wśród zidentyfikowanych czynników sprawczych największym udziałem charakteryzowały się „*owady*” (28,1%) oraz „*konkurencja i inne czynniki*” (21,7,7%). Wśród „*owadów*” największym udziałem charakteryzowały się foliofagi (76,77% uszkodzeń powodowanych przez „*owady*”), które dominowały wśród uszkodzeń wywołanych przez tę kategorię sprawców u wszystkich gatunków liściastych i sosny. W przypadku świerka i domieszkowych gatunków iglastych przeważały kambiofagi (tzw. szkodniki wtórne), zaś u jodły – owady ssące. W kategorii czynników sprawczych „*konkurencja i inne czynniki*” zdecydowanie dominowała podkategoria „*konkurencja*” jako przyczyna występowania uszkodzeń (87,54% uszkodzeń kategorii). Wykonane analizy wykazały również trend wzrostu występowania uszkodzeń spowodowanych przez epifity/parazyty (głównie jemiołę), co odnosiło się zwłaszcza do jodły, sosny i brzozy. Najbardziej narażone na uszkodzenia ze strony tej grupy sprawców są drzewa najstarsze, w przypadku sosny i jodły – powyżej 100-letnie, zaś w przypadku brzozy – z przedziału wieku 81–100 lat.

Udział nieokreślonych czynników sprawczych (kod 999) był w roku 2018 zbliżony do tego z roku poprzedniego i wynosił 28,7%.

6. ŚMIERTELNOŚĆ DRZEW WYBRANYCH GATUNKÓW W OKRESIE 2008–2018 – PAWEŁ LECH

6.1. Wprowadzenie

Wykorzystywanie wskaźników śmiertelności/przeżywalności drzew nie było dotąd określane i wykorzystywane w monitoringu lasów w Polsce i w Europie do oceny stanu lasów. W raportach technicznych ICP Forests nie publikowano informacji o drzewach martwych bądź usuniętych z powierzchni obserwacyjnych. Tymczasem zainteresowanie problematyką śmiertelności drzew i jej przyczyn wzbudza duże zainteresowanie społeczne, posiada również bogatą literaturę. W XXI wieku hasło „*mortality of forest trees*” pojawiło się w około 7,5 tys. artykułów znajdujących się w bazach Web of Science i około 6,2 tys. w bazie SCOPUS. Ogromna liczba cytowań wielu z nich, przekraczająca 100, wskazuje ponadto, że zagadnienie śmiertelności drzew leśnych jest przedmiotem ogromnego zainteresowania badaczy, jak i odbiorców literatury naukowej na całym świecie. Przewidywać również należy, że duże zainteresowanie problematyką śmiertelności drzew/zamierania lasów w dającej się przewidzieć przyszłości będzie trwało nadal, co wynikać będzie z narastania negatywnego oddziaływania globalnych zmian klimatycznych na środowisko przyrodnicze, w tym lasy.

W czasach zmian globalnych (klimatu, zanieczyszczeń powietrza, eutrofizacji siedlisk) i wynikających stąd zmian podstawowych środowiskowych warunków wzrostu drzew, ocena rzeczywistego stanu zdrowotnego lasów nabiera szczególnego znaczenia w kontekście zachowania ich stabilności i trwałości. Na znaczenie oceny stanu lasów wskazuje uruchomienie w końcu ubiegłego wieku i stały rozwój wielkopowierzchniowych programów monitoringowych w Europie – monitoring wpływu zanieczyszczeń powietrza na lasy – ICP Forests, Ameryce Północnej – Forest Health Monitoring/Forest Inventory and Analysis w USA oraz Acid Rain National Early Warning System (ARNEWS) w Kanadzie, w Azji, a także rozwijane w wielu krajach Europy i świata inwentaryzacje wielkopowierzchniowe zasobów leśnych, w tym także ich stanu zdrowotnego (np. w Polsce: Wielkopowierzchniowa Inwentaryzacja Stanu Lasu). Obecnie, według raportu FAO Global Forest Resources Assessment 2015, programy takie realizowane są w ponad 110 krajach i obejmują blisko 85% zasobów leśnych Ziemi. W ich wyniku powstają okresowe raporty krajowe i międzynarodowe, stanowiące następnie podstawę formułowania założeń, celów i metod polityk leśnych i ekologicznych w skali

międzynarodowej (np. Clean Air Act w USA, Dyrektywa NEC w Unii Europejskiej) i krajowej.

6.2. Założenia i przyjęta metodyka określania śmiertelności drzew w lasach gospodarczych i poddanych zabiegom pielęgnacyjnym

W niniejszym opracowaniu prezentowane są wstępne wyniki oceny śmiertelności drzew na stałych powierzchniach obserwacyjnych I rzędu monitoringu lasów w Polsce w okresie 2008–2018. Przyjęcie takiego 10-letniego okresu wynikało ze zmiany sieci powierzchni monitoringowych w 2006 roku. Wydaje się ponadto, że okres dziesięciu lat jest wystarczająco długi dla określenia śmiertelności.

Z uwagi na występującą zależność pomiędzy śmiertelnością drzew, a takimi ich cechami jak gatunek, wiek, bonitacja (żyzność) siedliska, analizy wykonano z uwzględnieniem tych parametrów. Polegało to na wyróżnieniu tzw. homogenicznych grup drzew pod względem tych 3 cech, przy czym przyjęto, że minimalna liczebność drzew w grupie nie powinna być mniejsza niż 100. W efekcie wyodrębniono 44 jednorodne pod względem gatunku, wieku i bonitacji grupy drzew następujących gatunków (tab. 39):

- sosna: 20 grup o początkowym wieku drzew 41–90 lat (przy szerokości przedziału wieku wynoszącej 10 lat) i bonitacjach siedliska od Ia do III klasy. Liczebność drzew w poszczególnych grupach w roku 2008 zawierała się w przedziale od 148 do 1913 drzew.

- świerk: 4 grupy o początkowym wieku 41–80 lat (szerokość przedziału wieku równa 20 lat) i bonitacjach siedliska I i II klasy. Liczebność drzew w grupach w 2008 roku zawierała się w przedziale od 95 do 307 drzew.

- dęby: 8 grup jednorodnych o początkowym wieku 41–120 lat (szerokość przedziału wieku 20 lat) oraz bonitacjach siedliska I i II klasy. Liczebność drzew w wyróżnionych grupach w roku 2008 wynosiła od 117 do 407 drzew.

- buk: wyróżniono 8 grup jednorodnych o początkowym wieku 41–120 lat (szerokość przedziału wieku 20 lat) oraz bonitacjach siedliska I i II klasy. Liczebność drzew w grupach w roku 2008 wynosiła od 114 do 195 drzew.

- brzozy: wyróżniono 4 grupy jednorodne o początkowym wieku 41–80 lat (szerokość przedziału wieku równa 20 lat) i bonitacjach siedliska I i II klasy. Liczebność drzew w grupach w 2008 roku zawierała się w przedziale od 272 do 1019 drzew.

Na potrzeby niniejszego opracowania przyjęto ponadto, że drzewa martwe to wszystkie drzewa spośród drzew żywych, zarejestrowanych na powierzchniach w roku 2008, których nie stwierdzono wśród drzew żywych w roku 2018. W celu uniknięcia zaliczenia do drzew martwych drzew usuniętych z powierzchni w ramach cięć uprzątających (pozyskania) analizy ograniczono do kategorii wiekowych drzewostanu poniżej przyjętych w Polsce wieków rębności dla poszczególnych gatunków o co najmniej 10 lat – tzn. dla sosny do 90 lat, świerka – 80 lat, dębów i buka – 120 lat oraz brzozy – 80 lat. Wynikiem przyjęcia powyższej definicji drzew martwych było zaliczenie do tej grupy wszystkich drzew usuniętych w analizowanym okresie (2008–2018) z drzewostanów w ramach zabiegów hodowlanych (trzebieże i cięcia pielęgnacyjne) oraz cięć sanitarnych, niezależnie od przyczyny oraz tego, czy usuwane były drzewa żywe, czy też martwe. Uznano bowiem, że gospodarka leśna w ramach której wykonywane są powyżej wymienione zabiegi hodowlane jedynie „naśladuje i odzwierciedla” naturalne procesy występujące w ekosystemach leśnych, związane ze wzrostem drzew i występującą pomiędzy nimi konkurencją o zasoby pokarmowe i światło i wynikającym stąd samo przerzedzaniem się drzewostanów. Intensywność tego procesu wynika z szeroko opisaną w literaturze koncepcji wskaźnika gęstości drzewostanu, określającego zależność pomiędzy liczbą drzew w drzewostanie na 1 ha a przeciętną pierśnicą.

Obliczenie wskaźników śmiertelności drzew dla każdej z grup homogenicznych wykonano, stosując następujący wzór:

$$WŚ = 1 - (N_{2018}/N_{2008})$$

gdzie $WŚ$ – wskaźnik śmiertelności drzew w okresie 10 lat w danej jednorodnej grupie drzew oraz N_{2008} i N_{2018} – liczebność drzew żywych na początku i na końcu okresu.

Poza wskaźnikami śmiertelności dla wyróżnionych grup homogenicznych drzew z powierzchni monitoringowych, tzw. empirycznymi wskaźnikami śmiertelności ($WŚ_e$), według powyższego wzoru obliczono również tzw. referencyjne wskaźniki śmiertelności ($WŚ_r$). Określono je na podstawie danych na temat liczebności żywych drzew rosnących przeciętnie na 1 hektarze lasu w określonym wieku na siedlisku danej bonitacji, zawartych w tablicach zasobności i przyrostu miąższości drzewostanów poszczególnych gatunków. Tak określone $WŚ_r$ stanowiły punkt odniesienia dla wskaźników empirycznych i posłużyły do ich interpretacji. Waloryzację (ocenę) śmiertelności drzew na SPO I rzędu wykonano, porównując $WŚ_e$ i $WŚ_r$, przyjmując, że dobry stan zdrowotnego danego jednorodnego

zbioru drzew jest wtedy, gdy empiryczny wskaźnik śmiertelności jest mniejszy niż wskaźnik śmiertelności referencyjny dla tej grupy zgodnie z formułą:

$$W\acute{S}_e < W\acute{S}_r.$$

Sytuacja odwrotna, tzn. kiedy tempo zamierania drzew na SPO I rzędu było większe niż referencyjne, oznaczała zły stan zdrowotny.

6.3. Wyniki

Obliczone wartości wskaźników śmiertelności ($W\acute{S}_e$ i $W\acute{S}_r$) dla wyróżnionych homogenicznych grup drzew w okresie 2008–2018 przedstawiają tabele 40–44 oraz w postaci graficznej – ryciny 35–39. W tabeli 45 przedstawiono natomiast wyniki analizy trendów zmian wartości empirycznych wskaźników śmiertelności drzew sosny, dębów i buka wraz ze wzrostem wieku drzew.

Sosna

W przypadku sosny najwyższe wartości empirycznych wskaźników śmiertelności dla okresu 2008–2018, przewyższające wartości referencyjne, stwierdzono dla drzew rosnących na siedliskach wszystkich analizowanych klas bonitacji (od Ia do III), w drzewostanach najstarszych, w roku 2008 w wieku z przedziału 81–90. Podobna sytuacja dotyczyła drzew z przedziału wieku 61–70 lat, dla których $W\acute{S}_e$ był większy od $W\acute{S}_r$ dla wszystkich klas bonitacji siedliska, z wyjątkiem klasy II. Wskazuje to na obniżenie zdrowotności drzew z tych grup jednorodnych. Z drugiej strony śmiertelność sosen w wieku do 60 lat w roku 2008 dla żadnej z klas bonitacji nie przewyższała wartości referencyjnych, co wskazuje na dobrą kondycję zdrowotną i żywotność. Nie stwierdzono również występowania trendu zmian wartości empirycznych wskaźników śmiertelności wraz ze wzrostem wieku drzew dla żadnej z klas bonitacji siedliska. W przypadku wskaźników referencyjnych występował natomiast trend malejący.

Świerk

Jak wskazują wyniki oceny defoliacji i uszkodzeń drzew świerki od wielu lat cechują się najniższą kondycją zdrowotną spośród gatunków iglastych. Wyniki oceny śmiertelności w okresie 2008–2018 potwierdzają te obserwacje. Spośród wyróżnionych ze względu na wiek drzew i bonitację siedliska 4 grup jednorodnych, tylko jedna (II klasa bonitacji, przedział wieku 41–60 lat w roku 2008) cechowała się niższą od referencyjnej wartością empirycznego wskaźnika śmiertelności. Przy czym różnica ta była niewielka.

Dla pozostałych wyróżnionych homogenicznych grup świerków wskaźniki empiryczne śmiertelności były wyraźnie wyższe od wartości wskaźników referencyjnych. Oznacza to, że niemal wszystkie świerczyny cechowały się złą kondycją zdrowotną i żywotnością.

Dęby

W przypadku dębów, podobnie jak to miało miejsce w przypadku sosny, wartości $W\dot{S}_e$ większe niż $W\dot{S}_r$ występowały w grupach drzew najstarszych, w wieku 101–120 lat w roku 2008 zarówno w I, jak i w II klasie bonitacji siedliska. W drzewostanach młodszych wartości empiryczne wskaźnika śmiertelności były natomiast znacząco niższe niż wartości referencyjne tego wskaźnika. Wskazuje to na ogólnie dobrą kondycję zdrowotną i żywotność dębów w okresie 2008–2018. Wraz ze wzrostem wieku drzew dla żadnej z klas bonitacji nie stwierdzono trendu zmian empirycznych wskaźników śmiertelności. Dla referencyjnych wskaźników występował natomiast trend malejący.

Buk

Dla buków wyróżniono dokładnie taką samą liczbę i układ grup homogenicznych, jak dla dębów. Podobnie kształtowały się również wyniki obliczeń wskaźników śmiertelności. Dla grup drzew z najwyższego przedziału wieku uwzględnionego w obliczeniach (101–120 lat) oraz z I i II klasy bonitacji siedliska wartości $W\dot{S}_e$ były większe niż wartości odpowiadających im $W\dot{S}_r$. Zaznaczyć również należy, że dla I klasy bonitacji oraz wieku drzew z przedziału 101–120 lat osiągnięto najwyższą wartość $W\dot{S}_e$ (0,5035) spośród wszystkich wyróżnionych jednorodnych grup drzew wszystkich gatunków, co oznacza, że w okresie 2008–2018 w tej grupie ubyto ponad 50% drzew (dokładnie 72 spośród 143). Jest to zaskakujące o tyle, że buk na podstawie ocen defoliacji i uszkodzeń drzew klasyfikowany jest jako gatunek cechujący się najwyższą zdrowotnością spośród drzew liściastych. Na taką jego ocenę wskazują również wskaźniki śmiertelności z młodszych klasach wieku, często 2–3-krotnie mniejsze od wartości referencyjnych. Wraz ze wzrostem wieku drzew rosnących na siedlisku I klasy bonitacji następował wzrost wartości empirycznego wskaźnika śmiertelności. W przypadku buków rosnących na siedlisku II klasy bonitacji trendu zmian $W\dot{S}_e$ nie stwierdzono. W przypadku referencyjnego wskaźnika śmiertelności drzew w miarę wzrostu wieku drzew występował trend malejący dla obydwu klas bonitacji siedliska.

Brzoza

We wszystkich 4 wyróżnionych homogenicznych grupach brzozy wartości empiryczne wskaźników śmiertelności były znacząco wyższe niż wartości referencyjne.

Wskazuje to na złą kondycję zdrowotną brzoź lub na preferowanie drzew tego rodzaju w trakcie wykonywania cięć pielęgnacyjnych w drzewostanach, w których brzozy występują jako gatunek domieszkowy.

6.4. Podsumowanie

Zaprezentowane powyżej wstępne wyniki analizy śmiertelności drzew na stałych powierzchniach obserwacyjnych I rzędu w latach 2008–2018 wskazują na złą kondycję zdrowotną drzew starszych klas wieku wszystkich badanych gatunków. W młodszych klasach wieku wyliczone empiryczne wskaźniki śmiertelności drzew były mniejsze niż wskaźniki referencyjne w przypadku sosny, dębów oraz buka. Natomiast w przypadku świerka taka sytuacja występowała jedynie dla drzew rosnących na uboższym siedlisku (II klasa bonitacji). Najgorszymi wartościami empirycznych wskaźników śmiertelności cechowały się natomiast brzozy – dla wszystkich wyróżnionych homogenicznych grup drzew były one znacząco wyższe niż wskaźniki referencyjne.

Wraz z wiekiem drzew, w miarę przerzedzania się drzewostanów, oczekiwać należy zmniejszania się śmiertelności drzew wszystkich gatunków. Na występowanie takiej prawidłowości wskazują wartości referencyjnych wskaźników śmiertelności – zmniejszające się w miarę starzenia się drzewostanów dla wszystkich wyróżnionych homogenicznych grup drzew. Wykonana analiza trendów z zastosowaniem testu Manna-Kendalla nie potwierdziła występowania takiej prawidłowości w odniesieniu do drzew rosnących na SPO I rzędu w latach 2008–2018. Dla żadnej z jednorodnych grup sosny, dębów i buka empiryczne wskaźniki śmiertelności nie malały wraz ze wzrostem wieku drzew – dominował brak trendu, a w jednym przypadku (buk, bonitacja I) stwierdzono nawet trend wzrostowy. Może to wskazywać na występowanie w analizowanym okresie czynników powodujących wzrost śmiertelności drzew, zwłaszcza w starszych klasach wieku, co miałoby zakłócać oczekiwaną tendencję zmniejszania się śmiertelności drzew wraz z wiekiem.

7. WPŁYW WARUNKÓW POGODOWYCH NA ZDROWOTNOŚĆ DRZEWOSTANÓW W LATACH 2014–2018 – JADWIGA MAŁACHOWSKA

Poddano analizie warunki pogodowe kolejnych lat pięciolecia 2014–2018 (na podstawie danych zaczerpniętych z Biuletynów IMGW z lat 2014–2018). Sezonowe zestawienia sum opadów wyrażone w milimetrach oraz procentach normy wieloletniej odnoszą się do okresu od 1 marca do 31 lipca. Ograniczenie sezonu wiosenno-letniego do pięciu miesięcy w roku ma swoje uzasadnienie w tym, że jest to czas najbardziej istotny dla wegetacji roślin, w szczególności rozwoju aparatu asymilacyjnego koron drzew. Zestawienia miesięcznych opadów i temperatur obejmują okres od marca do września. Dane pogodowe dotyczące sierpnia i września uzupełniają charakterystykę meteorologiczną sezonu wegetacyjnego. Należy jednak pamiętać, że ocena defoliacji na większości powierzchni wykonywana jest w lipcu oraz w pierwszej połowie sierpnia, tak więc warunki pogodowe panujące w sierpniu i wrześniu nie rzutują na kondycję ocenianych w danym roku drzew. Pośrednio mogą mieć wpływ na kondycję drzew w następnych latach.

W 2018 r. średnia suma opadów w analizowanym okresie marzec–lipiec w kraju, wyliczona na podstawie wyników z 22 stacji synoptycznych IMGW była niska, zbliżona do wartości notowanej w 2015 r., wynosiła 248 mm, co stanowi 80% wieloletniej normy. Najbardziej obfite opady w pięcioleciu wystąpiły w 2017 r. (343 mm = 122% normy), (tab. 46 i 47, ryc. 40–48).

W 2018 r. średnie sumy opadów w żadnej krainie przyrodniczo-leśnej ani w żadnej regionalnej dyrekcji LP nie przekroczyły normy wieloletniej. Najwyższą wartość średniej sumy opadów wyrażoną w procentach normy wieloletniej odnotowano w Krainie Karpackiej (89% normy = 612 mm), w układzie RDLP – w RDLP w Toruniu (97% normy = 246 mm), niewiele niższą – w RDLP w Lublinie (96% normy = 247 mm). Najniższą wartość tego parametru odnotowano w Krainie Sudeckiej (70% normy = 209 mm), w układzie RDLP – w RDLP w Zielonej Górze (59% normy = 144 mm). W czterech krainach (Sudeckiej, Bałtyckiej, Wielkopolsko-Pomorskiej i Mazursko-Podlaskiej) oraz w sześciu rdLP (w Warszawie, Radomiu, Zielonej Górze, Poznaniu, Szczecinku i Białymstoku) suma opadów była najniższa w ciągu ostatniego pięciolecia.

Porównano wielkości opadów w kolejnych miesiącach sezonu wegetacyjnego 2018 r. na tle wartości z pięciolecia w krainach przyrodniczo-leśnych (ryc. 41–48). Średnia wartość opadów w kraju wyrażona w procentach wieloletniej normy oraz w milimetrach

dla kolejnych miesięcy sezonu wegetacyjnego wynosiła: w marcu 78% – 27 mm, w kwietniu 75% – 29 mm, w maju 66% – 40 mm, w czerwcu 63% – 53 mm, w lipcu 117% – 100 mm, w sierpniu 63% – 44 mm i we wrześniu 76% – 44 mm.

W pięcioleciu średnio w kraju niewielkie ilości opadów deszczu (od 24% do 70% normy wieloletniej) zanotowano w 2015 r. – w kwietniu, czerwcu i sierpniu (alarmująco niskie opady – 24% normy), w 2016 r. – we wrześniu oraz w 2018 r. – w maju, czerwcu i w sierpniu. Opady obfite, osiągające wartość od 125% do 197% normy występowały w 2014 r. – w marcu i w maju, w 2016 r. – w lipcu oraz w 2017 r. – w marcu, kwietniu, lipcu i we wrześniu.

Zestawienie opadów w poszczególnych miesiącach okresu wegetacyjnego w kolejnych latach pięciolecia w krainach przyrodniczo-leśnych pozwala na wskazanie okresów i lokalizacji występowania znacznych niedoborów lub też dużej obfitości zaopatrzenia w wodę deszczową. Za znaczny niedobór przyjęto opady nieprzekraczające 50% normy wieloletniej, a za dużą obfitość – opady w ilości przekraczającej 150% normy wieloletniej.

W Krainie Bałtyckiej znaczny niedobór opadów wystąpił w sierpniu 2015 r., we wrześniu 2016 r. oraz w maju, czerwcu, sierpniu i we wrześniu 2018 r. Obfite opady występowały w kwietniu i sierpniu 2014 r. oraz w czerwcu i lipcu 2017 r.

W Krainie Mazursko-Podlaskiej znaczny niedobór opadów wystąpił w czerwcu i sierpniu 2015 r., we wrześniu w latach 2014 i 2016 oraz w czerwcu 2018 r. Obfite opady występowały w lipcu w latach 2016 i 2018, w marcu, kwietniu i we wrześniu 2017 r.

W Krainie Wielkopolsko-Pomorskiej znaczny niedobór opadów wystąpił w maju i sierpniu 2015 r., we wrześniu 2016 r. oraz w czerwcu i sierpniu 2018 r. Obfite opady występowały w marcu 2014 r., w lipcu 2016 r. oraz w lipcu i sierpniu 2017 r.

W Krainie Mazowiecko-Podlaskiej znaczny niedobór opadów wystąpił w czerwcu i sierpniu 2015 r. oraz we wrześniu w latach 2014 i 2016. Obfite opady występowały w marcu w 2017 r., w maju w 2014 r. oraz we wrześniu 2017 r.

W Krainie Śląskiej znaczny niedobór opadów wystąpił w kwietniu, maju, sierpniu i we wrześniu 2015 r., w sierpniu i we wrześniu 2016 r., w maju 2017 r. oraz w sierpniu 2018 r. Obfite opady występowały w maju 2014 r. oraz w kwietniu i we wrześniu 2017 r.

W Krainie Małopolskiej znaczny niedobór opadów wystąpił w czerwcu i sierpniu 2015 r. oraz we wrześniu 2016 r. Obfite opady w maju 2014 r., w lipcu 2016 r. oraz w kwietniu i we wrześniu 2017 r.

W Krainie Sudeckiej znaczny niedobór opadów wystąpił w lipcu, sierpniu i we wrześniu 2015 r. oraz w kwietniu i sierpniu 2018 r. Obfite opady występowały w marcu, maju, lipcu i we wrześniu 2014 r. oraz w marcu i lipcu 2016 r.

W Krainie Karpackiej znaczny niedobór opadów wystąpił w czerwcu 2014 r., w czerwcu, lipcu i sierpniu 2015 r., w czerwcu 2016 r. oraz w kwietniu 2018 r. Obfite opady występowały w maju i sierpniu 2014 r., w maju 2015 r., w lipcu 2016 r., w kwietniu i we wrześniu 2017 r. oraz w lipcu 2018 r.

W większości krain w latach 2014 oraz 2016–2017 okresy niedoboru opadów przeplatały się z okresami, kiedy opady były zadowalające lub nawet mocno obfite, co oznacza, że nie było okresów przedłużającej się suszy, która spowodowałaby pogorszenie stanu koron drzew. Wyjątkiem był rok 2015, kiedy to występowały przedłużające się niedobory opadów (trwające od 2 do 4 miesięcy), w szczególności z krytycznym niedoborem wody deszczowej zanotowanym we wszystkich krainach przyrodniczo-leśnych w sierpniu. Odpowiedzią na powyżej opisane niedobory wody deszczowej był obserwowany w 2016 r. wzrost defoliacji drzew odnotowany niemal w całym kraju (ryc. 40). Dodatkowo na wzrost defoliacji mogła wpłynąć bezśnieżna zima 2015/2016 oraz wiosenne przymrozki, które w wielu regionach pojawiły się po rozpoczęciu okresu wegetacji. Obserwowany w 2017 r. wzrost defoliacji w niektórych regionach mógł być kontynuacją tego zjawiska.

Porównanie temperatur sezonu wegetacyjnego w kolejnych latach pięciolecia 2014–2018 ogółem w kraju oraz w układzie krain przyrodniczo-leśnych uzupełnia charakterystykę pogodową.

Zarówno w skali kraju, jak i w poszczególnych krainach przyrodniczo-leśnych marzec 2018 r. okazał się najzimniejszy, a reszta miesięcy okresu wegetacyjnego tego roku – najcieplejsza (kwiecień, maj, czerwiec) lub ciepła (lipiec, sierpień, wrzesień) w porównaniu z odpowiadającymi im miesiącami wcześniejszych lat pięciolecia.

Średnia temperatura marca 2018 r. ($0,1^{\circ}\text{C}$) była najniższa w pięcioleciu, w tym miesiącu najcieplej było w 2014 r. ($6,2^{\circ}\text{C}$). Z kolei średnie temperatury kwietnia i maja 2018 r. ($12,7^{\circ}\text{C}$ i $16,8^{\circ}\text{C}$) były najwyższe w porównaniu z ubiegłymi latami pięciolecia, w kwietniu najzimniej było w 2017 r. ($7,0^{\circ}\text{C}$), natomiast w maju – w 2015 r. ($12,5^{\circ}\text{C}$). Najwyższą średnią temperaturę czerwca ($18,2^{\circ}\text{C}$) zanotowano w 2018 r., ale również w 2016 r., ten miesiąc był najzimniejszy w 2014 r. ($15,7^{\circ}\text{C}$). Średnie temperatury lipca, sierpnia i września 2018 r. ($19,9^{\circ}\text{C}$, $20,2^{\circ}\text{C}$ i $15,3^{\circ}\text{C}$) utrzymywały się na średnim poziomie. Najcieplejsze w pięcioleciu były: lipiec 2014 r. ($20,6^{\circ}\text{C}$), sierpień 2015 r.

(21,5°C) oraz wrzesień 2016 r. (15,5°C); natomiast najchłodniejsze: lipiec 2017 r. (18,0°C), sierpień 2014 r. (17,4°C) i wrzesień 2017 r. (13,3°C).

Porównanie średnich temperatur sezonu wegetacyjnego w kolejnych latach pięciolecia w krainach przyrodniczo-leśnych wykazało: niezależnie od roku pomiarowego najzimniej było w Krainie Karpackiej, zimno – w krainach Mazursko-Podlaskiej i Sudeckiej, umiarkowanie ciepło – w Krainie Bałtyckiej, ciepło – w krainach Wielkopolsko-Pomorskiej, Mazowiecko-Podlaskiej i Małopolskiej, natomiast najcieplej – w Krainie Śląskiej.

Średnie temperatury w kolejnych miesiącach sezonu wegetacyjnego 2018 r. w regionach, podobnie jak w ubiegłych latach pięciolecia, były najniższe w Krainie Karpackiej, a najwyższe w Krainie Śląskiej, zawierały się w przedziałach: w marcu od -1,7°C do 1,9°C, w kwietniu od 11,3°C do 14,2°C, w maju od 13,4°C do 17,6°C, w czerwcu od 14,6°C do 19,3°C, w lipcu od 16,2°C do 20,8°C, w sierpniu od 17,3°C do 21,9°C i we wrześniu od 12,3°C do 16,5°C.

W Krainie Bałtyckiej nie zanotowano długo utrzymujących się chłódów, ani też przedłużających się okresów upalnej pogody. Temperatury sezonu wegetacyjnego w latach 2015 i 2017 były nieco niższe, w latach 2014 i 2016 – wyższe, natomiast w 2018 r. po zimnym marcu, kwiecień, maj i czerwiec były najcieplejsze w porównaniu z pozostałymi latami pięciolecia. Wyjątkowo niskie średnie temperatury notowano w marcu 2018 r. (0,4°C), w kwietniu 2017 r. (6,9°C) oraz w maju 2015 r. (12,0°C), natomiast wyjątkowo ciepło było od kwietnia do czerwca 2018 r. (11,6°C, 16,2°C i 18,0°C), w lipcu 2014 r. (21,0°C) oraz we wrześniu w 2016 r. (16,4°C).

W Krainie Mazursko-Podlaskiej, podobnie jak w Krainie Bałtyckiej, temperatury sezonu wegetacyjnego w latach 2015 i 2017 były z reguły niższe, w latach 2014 i 2016 – wyższe, a w 2018 r. po zimnym marcu, kwiecień, maj i czerwiec były najcieplejsze w porównaniu z pozostałymi latami pięciolecia. Wyjątkowo niskie średnie temperatury notowano w marcu 2018 r. (-1,3°C), w kwietniu 2017 r. (6,0°C) oraz w maju 2015 r. (11,6°C), natomiast wyjątkowo ciepło było od kwietnia do czerwca 2018 r. (11,3°C, 16,7°C i 17,8°C).

W Krainie Wielkopolsko-Pomorskiej wyjątkowo niskie temperatury panowały, podobnie jak we wszystkich regionach kraju, w marcu 2018 r. (0,4°C). Poza tym w ciągu całego pięciolecia w sezonie wegetacyjnym było ciepło, a niekiedy upalnie. Wyjątkowo ciepło było od kwietnia do czerwca 2018 r. (12,8°C, 17,3°C i 18,6°C), w lipcu 2014 r. (21,6°C), w sierpniu 2015 r. (22,1°C) oraz we wrześniu 2016 r. (16,4°C).

W Krainie Mazowiecko-Podlaskiej, oprócz niskich temperatur notowanych w marcu 2018 r. ($0,0^{\circ}\text{C}$), pozostałe miesiące w kolejnych latach pięciolecia były ciepłe, a niekiedy bardzo ciepłe. W 2018 r. notowano najwyższe w pięcioleciu temperatury w okresie od kwietnia do czerwca ($13,0^{\circ}\text{C}$, $17,6^{\circ}\text{C}$ i $18,9^{\circ}\text{C}$) oraz we wrześniu ($15,6^{\circ}\text{C}$). Lipiec i sierpień też były tego roku wyjątkowo ciepłe ($20,6^{\circ}\text{C}$ i $20,4^{\circ}\text{C}$), jednak ustępowały pod tym względem pojedynczym wartościom z lat ubiegłych ($21,2^{\circ}\text{C}$ w lipcu 2014 r. oraz $22,0^{\circ}\text{C}$ w sierpniu 2015 r.).

W Krainie Śląskiej sezon wegetacyjny w pięcioleciu 2014–2018 był ciepły, często upalny. Wyjątkowo gorąco było w 2018 r., kiedy to po zimnym marcu ($1,9^{\circ}\text{C}$) w kolejnych miesiącach notowano temperatury najwyższe (od kwietnia do czerwca, odpowiednio: $14,2^{\circ}\text{C}$, $17,6^{\circ}\text{C}$ i $19,3^{\circ}\text{C}$) lub bliskie najwyższym wartościom pięciolecia (od lipca do września odpowiednio: $20,8^{\circ}\text{C}$, $21,9^{\circ}\text{C}$ i $16,5^{\circ}\text{C}$). Najwyższe średnie temperatury marca ($7,4^{\circ}\text{C}$) i lipca ($21,6^{\circ}\text{C}$) zanotowano w 2014 r., sierpnia ($23,2^{\circ}\text{C}$) – w 2015 r., a września ($17,3^{\circ}\text{C}$) – w 2016 r.

W Krainie Małopolskiej sezon wegetacyjny w latach 2014–2017 był ciepły, a w 2018 r. – bardzo ciepły (oprócz zimnego marca z temperaturą $0,3^{\circ}\text{C}$). Od kwietnia do czerwca 2018 r. notowano temperatury najwyższe (odpowiednio: $13,5^{\circ}\text{C}$, $16,9^{\circ}\text{C}$ i $18,5^{\circ}\text{C}$). Od lipca do września temperatury również były wysokie (odpowiednio: $19,9^{\circ}\text{C}$, $20,3^{\circ}\text{C}$ i $15,3^{\circ}\text{C}$), jednak nie najwyższe w pięcioleciu.

W Krainie Sudeckiej w kolejnych miesiącach sezonu wegetacyjnego w czteroleciu 2014–2017 temperatury były umiarkowane oraz niskie. W 2018 r., podobnie jak w innych regionach, było wyjątkowo ciepło (oprócz zimnego marca z temperaturą $0,1^{\circ}\text{C}$), kwiecień i maj tego roku były najcieplejsze w pięcioleciu (odpowiednio: $12,5^{\circ}\text{C}$ i $15,0^{\circ}\text{C}$). Od czerwca do września temperatury również były wysokie (odpowiednio: $16,9^{\circ}\text{C}$, $18,3^{\circ}\text{C}$, $19,6^{\circ}\text{C}$ i $13,7^{\circ}\text{C}$), jednak nie najwyższe w pięcioleciu.

W Krainie Karpackiej temperatury kolejnych miesięcy sezonu wegetacyjnego w całym pięcioleciu były najniższe w porównaniu z innymi regionami. Jednak i w tej krainie w 2018 r. było wyraźnie cieplej niż w ubiegłych latach pięciolecia. Po wyjątkowo zimnym marcu ($-1,7^{\circ}\text{C}$) kolejne dwa miesiące (kwiecień, maj) były najcieplejsze (odpowiednio: $11,4^{\circ}\text{C}$ i $13,4^{\circ}\text{C}$), a następne cztery (od czerwca do września) zbliżone do wartości średnich w pięcioleciu (odpowiednio: $14,6^{\circ}\text{C}$, $16,2^{\circ}\text{C}$, $17,3^{\circ}\text{C}$ i $12,3^{\circ}\text{C}$).

8. WARUNKI WODNE PANUJĄCE W GLEBACH NA TERENIE POLSKI - *ANDRZEJ BOCZOŃ, ROBERT HILDEBRAND*

Wstęp

W ostatnich latach obserwujemy występowanie susz glebowych na terenach leśnych obejmujące duże obszary Polski. W skali globalnej w okresie 1902–2008 corocznie wzrastał udział powierzchni z suszami (Wang i in. 2014). Od 1970 r. susze zwiększały zasięg, intensywność i czas trwania (Blunden i in. 2011, Burke i in. 2006). 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 opracowywania strategii łagodzenia skutków suszy (Wang i in. 2014). Susze powodujące zmiany w strukturze i budowie drzewostanów będą decydować o wyglądzie lasów w przyszłości.

8.1. Metodyka

Wyznaczanie suszy glebowej w 2018 r. 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 bielicowych.

Obliczenia przeprowadzono na podstawie pomiarów na stacjach meteorologicznych Instytutu Badawczego Leśnictwa zlokalizowanych w nadleśnictwach: Bircza, Hajnówka, Suwałki, Szklarska Poręba; i PGL Lasy Państwowe w nadleśnictwach: Bydgoszcz, Cewice, Chrzanów, Cybinka, Dobieszyn, Gościno, Krotoszyn, Krucz, Kup, Łagów, Parciaki, Płońsk, Poddębice, Rudy, Spychowo, Susz, Włodawa. 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.

$$\lambda EVT = \frac{\Delta(R_n - G) + \rho_a c_p \frac{(VPD)}{r_a}}{\Delta + \gamma(1 + \frac{r_s}{r_a})} [\text{mm}]$$

R_n – promieniowanie słoneczne, G – ciepło odprowadzone do gleby, Δ – nachylenie krzywej ciśnienia pary wodnej nasyconej, λ – ciepło utajone parowania, γ – stała psychrometryczna,

ρ_a – gęstość powietrza, c_p – ciepło właściwe powietrza, T – temperatura powietrza, VPD – niedosyt wilgotności powietrza, r_a – oporność aerodynamiczna, r_s – oporność stomatyczna.

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

Liczbę dni z deficytem wody glebowej przedstawiono w ujęciu lat kalendarzowych (LDR) i dla miesięcy letnich – 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.

Określono także klimatyczny bilans wodny CWB, 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.

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

Wpływ suszy na stan drzewostanów określono, posługując się różnicą defoliacji poszczególnych drzew między latami 2018 i 2017 na powierzchniach monitoringu lasu, w poszczególnych strefach wystąpienia suszy i zróżnicowania klimatycznego bilansu wodnego w miesiącach największego przyrostu, tj. w miesiącach maj–lipiec 2018 r. Łącznie na wszystkich powierzchniach analizowano.

W przypadku zmian defoliacji sosny zwyczajnej przeprowadzono analizę wpływu warunków wodnych panujących w glebach na ulistnienie w zależności od wieku drzewostanu i warunków siedliskowych. Badania zostały przeprowadzone, uwzględniając wyniki analizy wpływu susz na defoliację drzewostanów przedstawioną w raporcie z 2018 roku (Wawrzoniak 2018). Analiza została przeprowadzona dla warunków wodnych gleb w 2012 roku dla różnicy defoliacji odnotowanej między latami 2013 i 2012, gdyż w ww.

raporcie wykazano silną zależność między warunkami wodnymi a ulistnieniem drzewostanów w tych latach.

8.2. Wyniki

Warunki klimatyczno-wodne w 2018 r.

Roczny klimatyczny bilans wodny obszarów leśnych wskazuje na deficyt wilgoci, który wystąpił w 2018 r. na terenach zachodniej Wielkopolski i Ziemi Lubuskiej oraz na Lubelszczyźnie (ryc. 49). Deficyt wody w tych rejonach dochodził do 140 mm. W okresie półrocza letniego, w którym rozchód wody przeważa nad przychodem, problem deficytu wody wyraźnie się nasilił i objął swoim zasięgiem większość kraju. Klimatyczny bilans wodny miesięcy od kwietnia do września pokazuje, że w obszarze obejmującym centrum kraju i północne krańce panowały dobre warunki wilgotnościowe, podobnie jak na niewielkim terenie przy wschodniej granicy kraju. Natomiast cała południowa, zachodnia i większość wschodniej części Polski znajdowały się w deficycie wodnym, dochodzącym do 300 mm (ryc. 49).

Liczba dni suszy glebowej w 2018 r. wskazuje na wystąpienie najdłuższej suszy glebowej w Wielkopolsce i na Kujawach, gdzie w ciągu roku niedobór wody dostępnej dla roślin wystąpił w ponad 50 dniach. Brak suszy lub susza krótkotrwała (łącznie do 20 dni w ciągu roku) miały miejsce na przeważającym obszarze kraju. Bardziej szczegółowa analiza dla okresu półrocza letniego wskazuje także na występowanie suszy glebowej na południowym wschodzie kraju, na Podlasiu, a także w środkowej części terenów nadmorskich (ryc. 49).

Warunki wilgotnościowe panujące w 2018 r. wyróżnia wystąpienie suszy na terenach, które w latach poprzednich były wolne od deficytu wody. Susza została odnotowana w rejonie przymorskim, obejmując swoim zasięgiem Pojezierze Kaszubskie oraz strefę nadmorską od Słupska do Jastrzębiej Góry, wystąpiła także w Sudetach oraz na Pogórzu Bieszczadzkim.

Zmiana ulistnienia drzewostanów w 2018 roku jako skutek warunków wilgotnościowych panujących w 2017 r.

Roczny CWB pokazał w 2017 r. nadmiar przychodu wody nad jej rozchodem na terenie całego kraju (ryc. 50). W miesiącach maksymalnego przyrostu drzew (maj–lipiec) jedynie lokalnie występował niewielki deficyt wody. Także wskaźnik suszy glebowej wskazuje na występującą jedynie lokalnie niewielką liczbę dni niedoboru wody dostępnej

dla roślin. Warunki te nie przełożyły się na zależność między warunkami wodnymi a różnicą defoliacji drzew między latami 2018 i 2017. Nie wykazano korelacji między warunkami wodnymi panującymi w 2017 r. a zmianą defoliacji w roku 2018 r. w stosunku do 2017 r. Dobre warunki zaopatrzenia drzewostanów w wodę w 2017 r. powodowały, że można się było spodziewać pozytywnego efektu w odbudowie ulistnienia po dwóch latach (2015 i 2016), w których susza obejmowała duże obszary kraju. Średnio w skali kraju w 2018 r. defoliacja bardzo nieznacznie zwiększyła się (0,06%). W poprzednich latach zwiększenie defoliacji było bardziej intensywne i w 2016 r. wyniosło średnio dla kraju 1,21% i w 2017 r. – 0,18%. Odnotowana w 2018 r. defoliacja drzew wyraźnie wyhamowała tendencje wzrostową, jednak warunki wodne panujące w 2017 r. nie były dość dobre, aby całkowicie zniwelować powstałe w latach poprzednich straty w ulistnieniu.

Wpływ warunków wilgotnościowych na ulistnienie drzewostanów sosnowych zróżnicowanych wiekiem i warunkami siedliskowymi

Przeprowadzona analiza wskazała na wyraźny wpływ, jaki wywołały warunki wilgotnościowe panujące w glebach w 2012 r. na zmiany ulistnienia sosn między latami 2013 i 2012. Zarówno roczny klimatyczny bilans wodny (CBWR), jak i liczba dni suszy glebowej (LDSR) wykazały silny związek z defoliacją sosn w III, IV i V klasie wieku (tj. w wieku 41–100 lat) (tab. 48). W przypadku drzewostanów najmłodszych nie znaleziono zależności, podobnie zmiana ulistnienia drzewostanów starszych niż 100 lat nie wykazała związku z liczbą dni suszy. Przykładowo w drzewostanach sosnowych III klasy wieku (41–60 lat) wraz ze zwiększaniem CBWR od -100 mm do +400 mm defoliacja zmalała średnio o blisko 5%, a wraz ze zwiększaniem liczby dni suszy do 160 w ciągu roku defoliacja systematycznie wzrosła o około 4,5% (ryc. 51).

Analiza wpływu żyzności siedliska na zmiany ulistnienia sosn wskazuje silny związek obu wskaźników wilgotności w drzewostanach rosnących w borach mieszanych. Klimatyczny bilans wodny wykazał wyraźną zależność także w przypadku sosn rosnących w siedliskach lasów a liczbą dni z suszą w lasach mieszanych i borach (tab. 49).

Silna zależność między różnicą defoliacji sosn i liczbą dni suszy występującą w borach mieszanych i lasach mieszanych wskazuje na wzrost średniej defoliacji drzew o 5% przy zwiększającej się liczbie dni z niedoborem wody glebowej (ryc. 52).

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

Sieć Natura 2000 obejmuje wspólnotę europejską i składa się z obszarów ochrony środowiska wyznaczonych w poszczególnych krajach wspólnoty, na podstawie dwóch dyrektyw Komisji Europejskiej:

Dyrektywa Ptasia 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>).

Dyrektywa Siedliskowa (Habitatowa) 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 dotychczas w państwach europejskich systemy obszarów ochrony przyrody w postaci ustawowo przyjętych form ochrony przyrody, 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 2018

roku liczba obszarów sieci Natura 2000 w Polsce zmieniła się od poprzedniego roku i wynosi 984. Zmiana liczby powierzchni polegała na złączeniu 3 powierzchni OSO i trzech powierzchni SOO w powierzchnie połączone. Na przykład w Karkonoszach zamiast dwóch powierzchni o kodach PLB020007 i PLH020006 powstała powierzchnia połączona PLC020001. Na koniec 2018 roku łączna powierzchnia zajmowana przez obszary Natura 2000 wynosiła 68 363 km², co jest równe obecnie 19,5% powierzchni kraju.

W ostatnich latach proces wyznaczania nowych obszarów Natura 2000 uległ zahamowaniu, następuje natomiast ciągły 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 roku 2018 na obszarach Sieci Natura 2000 znalazło się 661 czynnych (na których wykonywane były obserwacje i pomiary) powierzchni obserwacyjnych monitoringu leśnego. Stanowi to ponad 30,6% wszystkich aktywnych SPO.

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.

Dlatego też np. liczba SPO wszystkich rzędów na obszarach OSO (6+31+470) zsumowana z liczbą SPO wszystkich rzędów na obszarach SOO (8+24+358) nie będzie zgodna z liczbą SPO wszystkich rzędów na obszarach Natura 2000 (661) w 2018 roku.

Na koniec 2018 roku lądowe obszary specjalnej ochrony ptaków (OSO) zajmują 48 388 km². Znalazło się na nich 6 czynnych SPO Monitoringu Intensywnego, 31 czynnych SPO II rzędu oraz 470 czynnych powierzchni I rzędu (ryc. 53).

849 lądowych specjalnych obszarów ochrony siedlisk (SOO) zajmuje 34 146 km². Znalazło się na nich 8 czynnych SPO Monitoringu Intensywnego, 24 czynne powierzchnie II rzędu i 358 czynnych SPO I rzędu (ryc. 53).

Na 145 obszarach specjalnej ochrony ptaków (OSO) lasy zajmują około 2,5 miliona hektarów (na 82 OSO znajdują się powierzchnie monitoringowe I rzędu) i przeważająca większość z nich uszkodzona jest w stopniu umiarkowanym. Większość powierzchni leśnej (80%) znajduje się w 1 – lekkiej klasie defoliacji (defoliacja 15–25%), pozostała część (20%) lasów znajduje się w 2 – średniej klasie defoliacji (defoliacja 26–60%). W roku 2018 nastąpiło po raz kolejny zwiększenie (z 16% do 20%) powierzchni leśnej, na

której defoliacja drzew przyjmowała wartości z klasy 2. Większość tych zmian związana jest z niewielkim przekroczeniem progu 25% poziomu defoliacji (ryc. 54). Nie stwierdzono obecności kompleksów leśnych bez defoliacji, jak również z dużą defoliacją.

Na 849 specjalnych obszarach ochrony siedlisk (SOO) kompleksy leśne zajmują około 1,9 miliona hektarów (na 167 SOO znajdują się monitoringowe SPO I rzędu). Większość powierzchni leśnej (78%) 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 utrzymuje się trend zwiększenia się powierzchni leśnej z defoliacją utrzymującą się na poziomie średnim (ryc. 54). 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 55.

Tabela 50 prezentuje średnią defoliację drzew na 167 specjalnych obszarach ochrony siedlisk (SOO) obszarów Natura 2000, na których obecne znajduje się 358 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 22% i mieszczą się w klasie 1 (lekkiej defoliacji) – tab. 51.

W perspektywie najbliższych lat struktura obszarów Sieci Natura 2000 będzie się zmieniać w niewielkim stopniu, następować 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.

CZĘŚĆ III MONITORING LASÓW NA STAŁYCH POWIERZCHNIACH OBSERWACYJNYCH II RZĘDU

10. STAN ODŻYWIENIA DRZEWOSTANÓW ŚWIERKOWYCH, SOSNOWYCH, BUKOWYCH I DĘBOWYCH W LATACH 1997–2017 NA PODSTAWIE WYNIKÓW MONITORINGU ORGANÓW ASYMLACYJNYCH DRZEW – *PAULINA DRÓŹDŹ*

Wstęp

Zawartość składników pokarmowych w organach asymilacyjnych oraz stosunki pomiędzy poszczególnymi składnikami informują 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 Huttl 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, Huttl 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). Uwalnianie toksycznego dla korzeni glinu jest spowodowane zakwaszeniem powstałym przez mokry depozyt związków siarki docierający do gleby. Wysoka zawartość glinu ogranicza pobieranie magnezu i wapnia przez drzewa, co przyczynia się do zakłócenia ich bilansu pokarmowego. Ponadto długotrwałe oddziaływanie dwutlenku siarki oraz tlenków azotu powoduje zmianę relacji pomiędzy zawartością makroelementów w glebie, ich dostępnością dla drzew a składem chemicznym igliwia bądź liści. Wpływ związków siarki i azotu na ekosystemy leśne wyraża się głównie w oddziaływaniach powodujących zakwaszenie, jak również, w przypadku azotu, eutrofizację środowiska glebowego. 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.

Materiał 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. 2010) 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 i 2017 roku pobrano 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 jak 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 personel laboratorium dba o zapewnienie jakości badań, m.in. przez zastosowanie certyfikowanych materiałów odniesienia. Materiały certyfikowane stosowane w badaniach posiadają certyfikaty z podaną przez producenta niepewnością, aktualne daty ważności oraz odniesienie do NISTu (National Institute of Standards and Technology), a wyniki ich analiz są nanoszone na karty kontrolne Shewarta (ryc. 56).

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, Huttl i Wisniewski 1987).

Poniżej przedstawiono klasyfikację, na podstawie których przeprowadzone zostało wnioskowanie na temat stanu odżywienia drzewostanów (tab.52-57).

Wyniki

Drzewostany świerkowe

W ramach prowadzonego programu monitoringu organów asymilacyjnych drzew w 1997 roku założone zostały 22 powierzchnie obserwacyjne w drzewostanach świerkowych. W 2013 roku analizę składu pierwiastkowego igieł świerkowych przeprowadzono w próbkach pobranych z osiemnastu powierzchni, gdyż cztery najgorzej odżywione drzewostany świerkowe zamarły. Były to drzewostany z przyrodniczo-leśnej Krainy Karpackiej z terenów nadleśnictw: Bielsko, Węgierska Górka (obręb Węgierska Górka i Lipowa) oraz Limanowa. W kolejnym cyklu pomiarowym, tj. w roku 2017, organy asymilacyjne świerka nie zostały pobrane z trzech drzewostanów w Krainie Karpackiej (nadleśnictwa: Wisła, Myślenice i Stuposiany), dwóch drzewostanów w Krainie Śląskiej (nadleśnictwa: Prudnik i Henryków) oraz jednego drzewostanu w Krainie Bałtyckiej (Nadleśnictwo Choczewo). W 2017 roku analizę przeprowadzono w oparciu o wyniki uzyskane z dwunastu powierzchni obserwacyjnych, o czym należy pamiętać przy dalszym wnioskowaniu. W tabeli 58 przedstawiono średnią, medianę, odchylenie standardowe, wartość największą i najmniejszą zawartości składników pokarmowych w igłach świerka w całym cyklu badań.

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. 57). 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, Międzylesie, Łądek Zdrój, Szklarska Poręba (Kraina Sudecka) oraz Resko i Choczewo (Kraina Bałtycka). Obecnie dwa z tych drzewostanów z Nadleśnictwa Suwałki i Nadleśnictwa Piwniczna są w stopniu niewystarczającym zaopatrzone w azot, zaś cztery drzewostany z nadleśnictw: Wisła, Węgierska Górka, Stuposiany, Choczewo zamarły. Stan odżywienia azotem drzewostanów świerkowych z Krainy Sudeckiej uległ poprawie.

Niepokojący jest aktualny stan odżywienia świerków fosforem, na którego niedobór cierpią dwa drzewostany z Krainy Sudeckiej (Nadleśnictwo Bystrzyca Kłodzka i Nadleśnictwo Szklarska Poręba – obręb Piechowice), a cztery są zaopatrzone w ten makroskładnik w stopniu wystarczającym (nadleśnictwa: Szklarska Poręba, Stuposiany i Piwniczna). W pierwszym cyklu badań 59% drzewostanów charakteryzowało się niedoborem fosforu, ale w kolejnych latach (2001–2013) nie stwierdzono niedoboru tego pierwiastka (ryc. 58). Drzewostany świerkowe w całym cyklu pomiarowym były dobrze zaopatrzone w potas. Jedynie w 2001 roku niedobór tego pierwiastka odnotowano w dwóch nadleśnictwach: Suwałki i Łądek Zdrój, zaś w 2017 roku w jednym drzewostanie z Nadleśnictwa Łądek Zdrój (ryc. 59). Stan odżywienia świerków wapniem jest wystarczający lub optymalny od 1997 roku (ryc. 60). Najwięcej wapnia zawierają drzewostany z nadleśnictw: Resko, Bystrzyca Kłodzka, Stuposiany i Piwniczna. Zawartość magnezu w całym okresie badań plasowała się w dwóch dolnych klasach zasobności – niedobór i zawartość wystarczająca (ryc. 61). Na niedobór magnezu w 1997 roku cierpiało 25% drzewostanów. Stan ten utrzymywał się do 2009 roku. W ostatnich dwóch cyklach nie zaobserwowano drzewostanów w klasie niedoboru, co było spowodowane wymarciem znacznej ilości drzewostanów z Krainy Karpackiej.

Przy ocenie stanu odżywienia drzew należy wziąć pod uwagę 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. 62, 63). Jedynie w 2001 roku w dziewięciu nadleśnictwach i 2017 roku w czterech nadleśnictwach odnotowano zbyt szeroki stosunek azotu do potasu, co było spowodowane małą zawartością potasu w organach asymilacyjnych tych drzewostanów. Stosunek azotu do fosforu jest obecnie zbyt szeroki w większości drzewostanów (ryc. 64). Znacznie gorzej przedstawiał się stosunek azotu do magnezu, potasu do magnezu oraz wapnia do magnezu (ryc. 65–67). W każdym z tych przypadków obserwowano zbyt szeroki stosunek tych makroelementów względem siebie spowodowany głównie zbyt dużą ilością azotu, potasu i

wapnia do magnezu. Zbyt szerokim stosunkiem azotu do magnezu charakteryzowało się 14, 17 i 19 z 22 drzewostanów w latach 1997–2005, obecnie są to 4 z 12 drzewostanów. 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 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 Krainy 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 2017 roku próbki zostały pobrane z 97 powierzchni. Średnia, mediana, odchylenie standardowe, wartość najmniejsza i największa zawartości składników pokarmowych w igłach świerka w latach 1997–2017 zostały zestawione w tabeli 59.

Od początku cyklu badań obserwuje się stały wzrost zawartości azotu w organach asymilacyjnych sosny. W 1997 roku na niedobór azotu cierpiało około 10 drzewostanów sosnowych, obecnie jest to 1 drzewostan w Nadleśnictwie Dojlidy. Zdecydowane większość drzewostanów plasuje się w klasie nadmiaru i optimum górnego, czyli zawiera ponad 15 g/kg suchej masy azotu (ryc. 68). Drzewostany sosnowe są dobrze zaopatrzone w fosfor. W 2001 roku 50% drzewostanów zawierała nadmierną ilość fosforu, ale w kolejnych latach zawartość fosforu spadała i obecnie wszystkie drzewostany charakteryzują się zawartością tego pierwiastka na poziomie optymalnym (ryc. 69). W latach 2001–2013 odnotowano niedobór wapnia w kilku drzewostanach, największym niedoborem charakteryzowały się drzewostany z terenów nadleśnictw: Rokita (RDLP w Szczecinie), Czersk (RDLP w Toruniu), Kaliska (RDLP w Gdańsku), Nowogród (RDLP w Białymstoku) oraz Jagielek (RDLP w Olsztynie). Z kolei w 2017 roku po raz pierwszy odnotowano nadmierną zawartość wapnia w 18% drzewostanów, tj. w 17 nadleśnictwach (ryc. 70). Stan zaopatrzenia drzewostanów sosnowych w potas uległ poprawie w ciągu dwudziestu lat prowadzenia badań. W 1997 r. 5% drzewostanów plasowało się w klasie niedoboru pod względem zawartości potasu, a 82% drzewostanów na granicy niedoboru. Najgorzej było w roku 2001, kiedy to 16% drzewostanów wykazywało niedobór, a 68% dolne optimum zawartości potasu. W następnych cyklach pomiarowych coraz więcej

drzewostanów plasowało się w klasie optimum średniego pod względem zawartości potasu w igłach (ryc. 71). Drzewostany sosnowe charakteryzują się nagminnym niedoborem magnezu, obecnie 44% drzewostanów zawiera niewystarczającą ilość tego pierwiastka, a 56% drzewostanów mieści się w klasie optimum dolnego (ryc. 72). Z wyjątkiem drzewostanów w nadleśnictwach: Złotów i Karczma Borowa z Krainy Wielkopolskiej zawartość magnezu w igłach w całym okresie badań mieściła się w trzech dolnych klasach zasobności (krytycznie niska, niedobór, optimum dolne). Od 1997 roku następuje spadek zawartości siarki w organach asymilacyjnych sosny spowodowany ograniczeniem emisji związków siarki, których źródłem w ekosystemach leśnych jest atmosfera. W ostatnim cyklu pomiarowym niedobór siarki wykazywało blisko 95% drzewostanów (ryc. 73). Nieorganiczne związki siarki są łatwo wymywane z gleby, co powoduje, że w ostatnich latach nawet w przypadku stosowania nawozów mineralnych zawierających siarkę, zaobserwowano jej niedobory w roślinach (Szulc 2008).

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. 74–75). 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 60 przedstawiono średnią, medianę, odchylenie standardowe, wartość największą i najmniejszą zawartości składników pokarmowych w liściach buka w latach 1997–2017.

Zawartość azotu w drzewostanach bukowych wynosiła ponad 20 g/kg we wszystkich cyklach pomiarowych (ryc. 76). Obecnie najlepiej zaopatrzone w azot są drzewostany w nadleśnictwach: Bogdaniec, Tomaszów, Czarnobór, Limanowa oraz Wałbrzych. Stężenie azotu w liściach tych drzew przekracza 25 g/kg, co odpowiada zawartości optymalnej według klasyfikacji austriackiej (ryc. 78). Spośród pozostałych makroelementów, liście buka zawierają najwięcej potasu i wapnia (średnio 9,3 g/kg potasu; 7,8 g/kg wapnia) oraz fosfor, magnez i siarkę w znacznie niższych stężeniach poniżej 2 g/kg (ryc. 77). W 2017 roku najwięcej potasu zawierały drzewostany bukowe z

terenów nadleśnictw: Bogdaniec, Tomaszów oraz Opole. Według klasyfikacji austriackiej (Burg, Bergmann 1993) poziom zaopatrzenia tych drzewostanów w potas był wystarczający. Drzewostany z pozostałych ośmiu nadleśnictw charakteryzowały się niedoborem tego pierwiastka, z czego w siedmiu nadleśnictwach oznaczono zawartość potasu w liściach bukowych na poziomie niższym niż 9 g/kg. Od 1997 roku ponad 60% badanych drzewostanów bukowych cierpiało na niedobór potasu (ryc. 79). Znacznie lepiej przedstawia się stan odżywienia drzewostanów wapniem. Wszystkie drzewostany są zaopatrzone w wapń w stopniu wystarczającym. W 2017 roku najwięcej wapnia oznaczono w próbkach liści buka pobranych z nadleśnictw: Tomaszów i 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 2017 roku 80% drzewostanów charakteryzuje się wystarczającą zawartością tego pierwiastka (ryc. 80). W ciągu dwudziestu lat nastąpiła poprawa zaopatrzenia drzewostanów bukowych w magnez, jednakże nadal większość drzewostanów (w siedmiu nadleśnictwach) cierpi na niedobór tego składnika pokarmowego (ryc. 81).

Przy ocenie stanu odżywienia drzew bardzo ważne są także 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 30% drzewostanów (ryc. 82). W tym samym okresie odnotowano jeszcze zachwianie równowagi pomiędzy azotem i potasem oraz potasem i wapniem w Nadleśnictwie Czarnobór, potasem i magnezem w Nadleśnictwie Tomaszów oraz wapniem i magnezem w nadleśnictwach: Lesko i Tomaszów. W 2017 stan odżywienia drzewostanów uległ poprawie, a co za tym idzie, poprawie uległy również proporcje między składnikami pokarmowymi (ryc. 83). Badane drzewostany bukowe charakteryzują się optymalnym stosunkiem azotu do potasu, azotu do fosforu, potasu do wapnia i potasu do magnezu. Jedynie w Nadleśnictwie Lesko stosunek azotu do wapnia i magnezu oraz w Nadleśnictwie Wałbrzych stosunek wapnia do magnezu są zbyt wąskie.

Drzewostany dębowe

W ramach prowadzonego programu monitoringu organów asymilacyjnych drzew w 1997 roku założono 15 powierzchni obserwacyjnych w drzewostanach dębowych. W 2017 roku analizę składu pierwiastkowego liści dębu przeprowadzono w próbkach pobranych z 13 powierzchni. Próbek nie pobrano z 2 drzewostanów w nadleśnictwach: Międzyrzec i Radomsko. Średnia, mediana, odchylenie standardowe, wartość najmniejsza i największa

zawartości składników pokarmowych w liściach dębu w latach 1997–2017 zostały zestawione w tabeli 61.

Podobnie jak w drzewostanach bukowych, w drzewostanach dębowych azot jest głównym makroelementem i występuje w największych stężeniach. W ciągu dwudziestoletniego cyklu badań wszystkie drzewostany dębowe charakteryzowały się wystarczającą i optymalną zawartością tego pierwiastka (ryc. 84). W 2009 roku stan odżywienia azotem był najlepszy, 80% drzewostanów mieściło się w optymalnej klasie odżywienia. Obecnie najmniej azotu zawierają dęby z nadleśnictw: Łąck w Krainie Mazowiecko-Podlaskiej, Smolarz w Krainie Bałtyckiej, Kańczuga w Krainie Karpackiej, Prudnik w Krainie Śląskiej i Czarna Białostocka w Krainie Mazursko-Podlaskiej. Należy jednak podkreślić, że nawet najbardziej ubogie w azot drzewostany zawierają wystarczającą ilość tego składnika pokarmowego (ryc. 86). Stan odżywienia drzewostanów dębowych fosforem uległ poprawie, od 2009 roku wszystkie dęby zawierają wystarczającą ilość tego pierwiastka (ryc. 85, 87). Podobnie jest w przypadku potasu, wapnia i magnezu (ryc. 85, 88–90). Najmniej magnezu zawierały liście dębu w nadleśnictwach: Złotoryja, Strzebielino, Węgliniec i Olsztyn, najwięcej zaś w nadleśnictwach: Krotoszyn, Łąck i Miechów. Najgorzej odżywionym drzewostanem dębowym jest drzewostan w Nadleśnictwie Złotoryja w Krainie Sudeckiej, w którym odnotowano najwyższą zawartość azotu (29,3 g/kg) przy jednocześnie najniższej zawartości magnezu (1,4 g/kg) spośród wszystkich badanych drzewostanów. W całym okresie badań stosunek azotu do magnezu w tym drzewostanie wynosił ponad 20, a więc mieścił się w górnej granicy wartości uznawanych za optymalne (Biino i Tazzi 1998).

Dobry stan odżywienia drzewostanów dębowych makroelementami powoduje, że wzajemne proporcje między zawartością poszczególnych pierwiastków w organach asymilacyjnych są również optymalne (ryc. 91-92). W 2017 roku tylko w jednym nadleśnictwie (Złotoryja) stosunek azotu do fosforu był za szeroki. W pozostałych nadleśnictwach stosunek ten mieścił się w zakresie 8,9–14,5, czyli bliżej dolnej granicy zakresu. 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 2009–2017 nie uległ znaczącym zmianom.

Drzewostany dębowe charakteryzują się odpowiednim i zrównoważonym zaopatrzeniem w składniki pokarmowe w porównaniu do drzewostanów bukowych.

Podsumowanie

Drzewostany świerkowe

- Od początku badań nastąpiła poprawa zaopatrzenia w azot, obecnie 20% drzewostanów cierpi na niedobór tego pierwiastka.
- Niepokojący jest aktualny stan odżywienia świerków fosforem.
- Świerki są dobrze zaopatrzone w potas i wapń, ale wykazują niedobory magnezu.
- Zakłócenia w stanie odżywienia makroelementami powodują rozchwianie wzajemnych proporcji między nimi, np. obecnie odnotowano zbyt szeroki stosunek azotu do fosforu w większości drzewostanów oraz w 20% drzewostanów za wąski stosunek azotu do wapnia.
- Szczególnie niepokojący jest stan odżywienia drzewostanów świerkowych Krainy Karpackiej i częściowo Krainy Sudeckiej.

Drzewostany sosnowe

- Sosny są zazwyczaj dobrze zaopatrzone w azot różnego pochodzenia, przy równoczesnym nagminnym braku magnezu (40% drzewostanów wykazuje niedobór magnezu, natomiast pozostałe 60% znajduje się w dolnej klasie optimum) oraz siarki (80–100% drzewostanów cierpiało na niedobór siarki we wszystkich cyklach pomiarowych).
- Buki są dobrze zaopatrzone w wapń, azot i fosfor.
- Znaczny niedobór potasu utrzymujący się na podobnym poziomie od 1997 roku stwierdzono w ponad 60% drzewostanów.
- Od 1997 roku nastąpiła poprawa zaopatrzenia buków w magnez, jednakże nadal ponad połowa drzewostanów cierpi na niedobór tego pierwiastka.
- Obecnie drzewostany bukowe charakteryzują się równowagą między składnikami pokarmowymi, jedynie w dwóch drzewostanach zaobserwowano zbyt wąski stosunek azotu do wapnia, azotu do magnezu oraz wapnia do magnezu.

Drzewostany dębowe

- W pierwszym cyklu pomiarów (1997 rok) drzewostany dębowe wykazywały niewielkie niedobory magnezu i fosforu, obecnie są 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 w porównaniu do drzewostanów bukowych.

11. WŁAŚCIWOŚCI FIZYKO-CHEMICZNE GLEB LEŚNYCH I ICH ZMIANY W LATACH 2007–2017 – KRZYSZTOF SZTABKOWSKI

Odczyn badanych gleb w 2017 roku waha się od pH CaCl₂ 2,6 w poziomie organicznym na powierzchni w Nadleśnictwie Rokita (Kraina Bałtycka) do 7,50 w Nadleśnictwie Głębokki Bród (Kraina Mazursko-Podlaska) na głębokości 40–80. Najniższy odczyn stwierdzono w próchnicy nakładowej, natomiast wraz ze wzrostem głębokości wartość pH rosła. Największą rozpiętość w pH zanotowano na powierzchni w Nadleśnictwie Wichrowo, gdzie wartość pH w próchnicy nakładowej wynosiła 4,4, a wartość pH warstwy 40–80 cm była równa 6,3.

Odczyn próchnic nakładowych uzależniony był od typu gleby, jaka występuje na danym siedlisku. Najbardziej kwaśny odczyn miały gleby bielcowe (3,18), mniejszym zakwaszeniem charakteryzowały się gleby rdzawe (3,54), najmniej kwaśne były gleby brunatne (4,05), mające odczyn wyższy od gleb płowych (3,87). Na przestrzeni dziesięciu lat obserwuje się zmniejszenie kwasowości ektopróchnic siedlisk świeżych nizinnych. W roku 2007 średni odczyn siedlisk świeżych nizinnych wahał się od 2,99 (Bśw) do 3,65 (Lśw), natomiast w roku 2017 na tych samych siedliskach obserwuje się odczyn w przedziale od 3,33 (Bśw) do 3,98 (Lśw). Największy wzrost odczynu w stosunku do roku 2007 odnotowano na glebach bielcowych i rdzawych, odpowiednio o 11% i 10%, najmniejszy na glebach płowych o 7% i brunatnych o 8% (ryc. 93).

Odczyn próchnicy nakładowej oraz warstw mineralnych zależał również od gatunku panującego w drzewostanie (ryc. 94). Najbardziej kwaśne okazały się ektopróchnice gleb spod drzewostanów świerkowych (śr. pH 3,70), podczas gdy średnia dla gatunku wartość pH ektopróchnic spod drzewostanów sosnowych, bukowych i dębowych wynosiła odpowiednio: 3,74, 4,16 i 4,35. Należy podkreślić, że gleby spod

drzewostanów liściastych zawierały znikome ilości próchnicy nakładowej lub nie zawierały jej wcale. Inny obraz zanotowano obserwując warstwę 0–5 i 5–10, w warstwie 0–5 szeregując drzewostany od najbardziej do najmniej zakwaszającego w sposób następujący:

sosna (pH 3,35) > świerk (pH 3,43) > buk (pH 3,64) > dąb (pH 3,77). Odczyn spod drzewostanu sosnowego w warstwie 5–10 odnotowany został na poziomie równym odczynowi z tej samej warstwy w drzewostanie świerkowym, gdzie pH 3,64. W warstwach 10–20, 20–40 i 40–80 najniższe średnie pH zanotowano również w glebach spod drzewostanów świerkowych, zadziwiająco wysokie było jednak pH spod drzewostanów sosnowych. Analizie poddano aż 100 powierzchni z drzewostanem sosnowym, tak duża próba wyklucza przypadek.

Zawartość węgla organicznego w próchnicach nakładowych gleb zależała zarówno od typu siedliskowego lasu, jak i typu gleby (ryc. 95). Średnia zawartość C_{org} była najwyższa w glebach lasów mieszanych świeżych (432,40 g/kg), nieco mniej C_{org} obserwowano w borze świeżym (398,41 g/kg), najmniejsze wartości odnotowano na siedlisku boru mieszanego świeżego (379,30 g/kg) i w glebie lasu świeżego (344,87 g/kg). Zarówno w próchnicach siedlisk świeżych nizinnych, jak i w typach gleb w porównaniu z rokiem 2007 zanotowano znaczny wzrost tego pierwiastka. Największy wzrost C_{org} w porównaniu z rokiem 2007 spośród siedlisk świeżych nizinnych wystąpił na lesie świeżym i wynosił ok. 57%, najmniejszy przyrost odnotowano na lesie mieszanym świeżym, wyniósł ok. 17%. Zarówno na borze mieszanym świeżym, jak i borze świeżym zawartość C_{org} zwiększyła się o wielkość równą 40% w porównaniu z rokiem 2007.

Zawartość C_{org} w warstwach mineralnych gleb zmniejszała się wraz ze wzrostem głębokości (ryc. 96). Zdecydowanie największą wartość tego pierwiastka stwierdzono w warstwach mineralnych gleb spod drzewostanów świerkowych, znacznie mniejszą w glebach spod drzewostanów bukowych i dębowych i zdecydowanie najmniejszą – w warstwach mineralnych gleb spod drzewostanów sosnowych. Dla warstwy 0–5 cm zawartość ta wynosiła odpowiednio: 58,57, 43,98, 31,70 oraz 30,11 g C na kilogram gleby. Również cechy siedliska związane z siedliskowym typem lasu wywierały wpływ na zawartość węgla organicznego w glebach. W górnej warstwie gleb w Bśw, BMśw, Lśw i LMśw stwierdzono odpowiednio 16, 22, 34 i 26 g C na kilogram gleby. Poszczególne typy gleb charakteryzowały się różną zawartością C_{org} , tworząc następujący szereg: BR > P > RD > B o zawartościach C w górnej warstwie wynoszących odpowiednio 37, 33, 21 i 18 g C na kilogram gleby.

Pomiędzy latami 2007–2017 w warstwach mineralnych drzewostanów sosnowych i bukowych nastąpił wzrost C_{org} , spadek zaobserwowano w drzewostanach dębowych, natomiast w drzewostanach świerkowych można przyjąć, że mimo upływu 10 lat poziom C_{org} jest na takim samym poziomie. Największy wzrost w warstwach mineralnych zanotowano w drzewostanie bukowym na głębokości 0–5 cm i wynosił blisko 40%. Największy spadek natomiast odnotowano w drzewostanie dębowym na głębokości 5–10 cm i wynosił ok. 12%.

Zawartość azotu ogólnego bez względu na zróżnicowanie siedlisk czy typów gleb zawsze zdecydowanie najwyższa była w próchnicach nakładowych, wraz ze wzrostem głębokości zawartość azotu malała. Zawartość tego pierwiastka w ektopróchnicach waha się od 0,33 g/kg w glebie rdzawej bielcowej z powierzchni w Nadleśnictwie Dobieszyn (Kraina Małopolska) do 26,79 g/kg w glebie opadowoglejowej właściwej z powierzchni w Nadleśnictwie Krotoszyn (Kraina Wielkopolsko-Pomorska). We wszystkich siedliskach nizinnych świeżych w porównaniu z rokiem 2007 zanotowano znaczny wzrost azotu ogólnego (ryc. 97).

Niezależnie od analizowanej warstwy najwięcej azotu zawierały gleby spod drzewostanów świerkowych, nieco mniej gleby spod drzewostanów bukowych i dębowych, a zdecydowanie najmniej – gleby spod drzewostanów sosnowych.

Stosunek C:N, czyli ilościowy stosunek węgla organicznego do azotu jest jednym z ważniejszych wskaźników jakości siedliska leśnego. Im jest on mniejszy, tym gleba jest bardziej żyzna.

Stosunek C:N był zawsze najszerszy w nierozłożonej ektopróchnicy, gdzie wahał się od 14,9 w glebie płowej brunatnej z powierzchni w Nadleśnictwie Rudziniec w Krainie Śląskiej do 39 w glebie rdzawej bielcowej z powierzchni w Nadleśnictwie Bełchatów w Krainie Małopolskiej i zwężał się stopniowo w warstwach głębszych, osiągając wartość 4,8 w warstwie 40–80 cm gleb z Nadleśnictwa Elbląg w Krainie Bałtyckiej.

Średni dla gatunku panującego w drzewostanie stosunek C:N w próchnicy nakładowej był bardzo zróżnicowany (ryc. 98). Największą rozpiętość stosunku C:N zanotowano w glebach spod drzewostanów sosnowych, w ektopróchnicach wynosił 27:1, a w warstwach mineralnych zawężał się do 12:1 w warstwie 40–80 cm. Gleby spod drzewostanów bukowych, dębowych i świerkowych charakteryzowały się we wszystkich warstwach bardzo zbliżonymi relacjami między węglem i azotem. Średni stosunek C:N dla gatunków w próchnicach nakładowych wynosił 22–27:1, a w warstwie 40–80 cm w drzewostanie dębowym i bukowym 9:1. Tak małe zróżnicowanie gleb spod

poszczególnych gatunków drzew pod względem stosunku węgla do azotu należy tłumaczyć tym, że drzewostany sosnowe, świerkowe oraz dębowe i bukowe występowały w siedliskach o bardzo zróżnicowanej żyzności i wilgotności.

Przykładowo na stałych powierzchniach obserwacyjnych II rzędu (SPO II) drzewostan sosnowy występował w borze mieszanym górskim świeżym, lesie mieszanym świeżym, borze mieszanym świeżym, borze mieszanym wilgotnym, borze świeżym, lesie górskim świeżym, lesie mieszanym świeżym, lesie mieszanym wilgotnym, lesie mieszanym wyżynnym świeżym, lesie świeżym oraz lesie wyżynnym świeżym. Ponieważ wartość C:N jest wskaźnikiem żyzności siedliska, zatem jej uśrednienie dla gleb spod wszystkich drzewostanów sosnowych, rosnących zarówno w siedliskach bardzo ubogich, jak i bardzo żyznych powoduje, że różnice między glebami spod różnych gatunków zacierają się.

Suma zasad (TEB) jest to łączna zawartość sodu, magnezu, wapnia i potasu. W warstwie mineralnej na głębokości 0–5 cm była ściśle związana z żyznością siedliska. Najwyższą wartość osiągnęła na siedlisku lasu świeżego, najmniejszą natomiast na borze świeżym (ryc. 99). Duże zróżnicowanie względem sumy zasad wymiennych obserwuje się w typach gleb występujących na badanych powierzchniach SPO II. Najwięcej zasad wymiennych w poziomie endopróchnicy występuje w glebach brunatnych, nieco mniej w glebach płowych, natomiast najmniej kolejno w glebach bielcowych i rdzawych.

Pojemność sorpcyjna (CEC) jest to suma zasad powiększona o kwasowość wymienną. Na powierzchniach SPO II obserwowany jest spadek pojemności sorpcyjnej wraz z głębokością (ryc. 100). Największą pojemność sorpcyjną zarówno w poziomie endopróchnicy, jak i poziomach mineralnych zaobserwowano na siedlisku lasu świeżego, nieco mniejszą na siedlisku boru mieszanego świeżego, następnie lasu mieszanego świeżego, a najmniejszą pojemność odnotowano na siedlisku boru świeżego.

Przekładając to na drzewostan, to największą pojemność sorpcyjną, tak jak w latach ubiegłych, odnotowano w drzewostanie świerkowym, a najmniejszą zanotowano w drzewostanie sosnowym. Biorąc pod uwagę zmienność gleb, największą pojemność sorpcyjną zaobserwowano w glebie brunatnej, najmniejszą w glebie rdzawej. Na siedlisku lasu świeżego na głębokości 40–80 cm obserwuje się gwałtowny wzrost pojemności sorpcyjnej w porównaniu z poziomami mineralnymi leżącymi na mniejszych głębokościach. Powodem takiego zjawiska jest proces ługowania zachodzący w glebach brunatnych wyługowanych, na których głównie występuje siedlisko lasu świeżego. Proces ten charakteryzuje się wyługowaniem kationów o charakterze zasadowym. Wysycenie

kationami na głębokości 0–50 cm wynosi poniżej 50% (zdarzają się przypadki wysycenia na poziomie 30%), natomiast na głębokości 50–100 wysycenie wynosi 50%, a niekiedy więcej. W kolejności malejącej na glebach brunatnych wyługowanych występuje drzewostan świerkowy, bukowy i dębowy.

Według Lityńskiego mamy 6 klas oceny gleby pod względem zdolności sorpcyjnych: I klasa – słaba ($< 3,5$), II klasa – mała ($3,6–4,5$), III klasa – średnia ($4,6–6,5$), IV klasa – duża ($6,6–7,5$), V klasa – silna ($7,6–9,0$), VI klasa – bardzo silna ($> 9,0$). Na siedliskach świeżych nizinnych głównie występuje I klasa zdolności sorpcyjnej.

Stopień wysycenia kompleksu sorpcyjnego (BS) stanowi procentowy udział sumy zasad wymiennych (TEB) w całkowitej pojemności sorpcyjnej (CEC). Wartości BS wahają się od 0 do 100, im mniejszy stopień wysycenia, tym siedlisko jest bardziej zakwaszone. Najbardziej zagrożone zakwaszeniem są gleby, których stopień wysycenia kompleksu sorpcyjnego jest mniejszy niż 25%. Tak niskim stopniem wysycenia charakteryzowały się gleby występujące w drzewostanie sosnowym i świerkowym, a także na siedlisku boru świeżego, boru mieszanego świeżego oraz lasu mieszanego świeżego (ryc. 101). Stopień wysycenia gleb prezentuje się następująco (od najmniej do najbardziej żyznej): $B < RD < P < BR$.

Porównując dane z roku 2017 z rokiem 2007 na SPO II, obserwuje się zmniejszenie zakwaszenia gleb leśnych, przejawiające się wzrostem wartości pH oraz wzrostem stopnia wysycenia kompleksu sorpcyjnego. Zmniejszenie się kwasowości gleb obserwuje się niezależnie od gatunku panującego w drzewostanie, typu gleby czy typu siedliskowego lasu. Wzrost wartości odczynu powoduje jednocześnie wzrost żyzności siedlisk.

W latach 2007–2017 nastąpił znaczny wzrost materii organicznej oraz azotu całkowitego. Wzrost zawartości azotu całkowitego powoduje wzrost tempa rozkładu materii organicznej. Wraz ze wzrostem zawartości materii organicznej wzrastają zdolności sorpcyjne gleb.

Na siedliskach lasu świeżego (Lśw) mamy do czynienia z procesem ługowania. Proces ten jest charakterystyczny dla gleb brunatnych wyługowanych. Stąd też tak wysokie wartości sumy zasad, jak i pojemności sorpcyjnej na głębokości 40–80 cm we wcześniej wspomnianych siedliskach.

Stosunek węgla do azotu jest ściśle skorelowany z typem siedliskowym lasu, jaki występuje na stałych powierzchniach obserwacyjnych II rzędu.

CZĘŚĆ IV BADANIA NA STAŁYCH POWIERZCHNIACH OBSERWACYJNYCH MONITORINGU INTENSYWNEGO (SPO MI)

12. WARUNKI POGODOWE W 2018 ROKU – *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 zależności zachodzących w ekosystemach leśnych. Śledzenie długookresowych ciągów parametrów meteorologicznych pozwala uchwycić kierunki zmian klimatu, które oddziałują na ekosystemy leśne.

W raporcie ujęto 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. 102, 103, 104);
- średnie wartości miesięczne temperatury i wilgotności powietrza na wysokości 2 m nad ziemią i promieniowania całkowitego; sumy opadów (tab. 62);
- 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. 104, tab. 63).

Rok 2018 był pod względem termicznym cieplejszy od średniej wieloletniej. Znacząco duże dodatnie odchylenia od normy wystąpiły w miesiącach letnich. Również poziom opadów na większości obszaru Polski, szczególnie w pierwszym półroczu, kluczowym dla wegetacji, był krytycznie niski (Biuletyn IMGW).

Temperatura powietrza – średnia roczna temperatura ze wszystkich stacji mierzona na wysokości 2 m nad ziemią wyniosła w 2018 r. $+8,9^{\circ}\text{C}$ i była o $0,8^{\circ}\text{C}$ wyższa niż w roku 2017. Najzimniejszym miesiącem roku był luty z temperaturą średnią $-4,2^{\circ}\text{C}$, o $0,4^{\circ}\text{C}$ wyższą niż najchłodniejszy miesiąc styczeń w roku 2017. Najniższą średnią temperaturę miesięczną ze wszystkich stacji ($-7,5^{\circ}\text{C}$) odnotowano dla lutego w Szklarskiej

Porębie. Najwyższą zaś dla lipca ze średnią temperaturą $+19,3^{\circ}\text{C}$, wyższą o $1,4^{\circ}\text{C}$ od temperatury sierpnia, który był najcieplejszym miesiącem w roku 2017. Najwyższą średnią temperaturę miesięczną dla stacji wykazały w sierpniu stacje w Krotoszynie i Zawadzkiem ($+21,3^{\circ}\text{C}$) (tab. 62). Najwyższe dobowe temperatury powietrza wystąpiły na większości stacji meteorologicznych w pierwszej dekadzie sierpnia (tab. 64). Wartość maksymalną $+35,5^{\circ}\text{C}$ zarejestrowano 5 sierpnia w Zawadzkiem i 9, 10 sierpnia w Kruczu oraz w Krotoszynie. Był to dla większości stacji najcieplejszy epizod temperaturowy. Najwyższą temperaturę na stacji w Chojnowie $+34,2^{\circ}\text{C}$ odnotowano 11 czerwca (tab. 64). Najbardziej wyrównanym miesiącem pod względem temperatur był październik, w którym różnica między najwyższą i najniższą średnią temperaturą miesięczną ze stacji wyniosła $3,7^{\circ}\text{C}$, natomiast najbardziej zróżnicowany pod względem średnich temperatur był lipiec ($6,0^{\circ}\text{C}$), (tab. 62).

Suma opadów z miesięcznego okresu pomiarowego zawierała się w przedziale wartości od 7,1 mm w październiku na stacji w Łącku do 213,7 mm w lipcu na stacji w Strzałowie (tab. 62). Przeciętnie w przeliczeniu na stację odnotowano 49,5 mm opadu miesięcznie. W sezonie wegetacyjnym było to 56,3 mm miesięcznie, zaś w pozostałym okresie 42,6 mm miesięcznie. Najwyższa średnia miesięczna opadów ze wszystkich stacji (116,8 mm) wystąpiła w lipcu. Najmniej opadów zarejestrowano w lutym – średnio 21,1 mm. Poniżej 10 mm miesięcznie opadu spadło w lutym, marcu i październiku w Łącku oraz w lutym i listopadzie w Krotoszynie (tab. 62).

Roczne sumy opadów wynosiły od 443,8 mm w Łącku do 794,5 mm na stacji w Szklarskiej Porębie. Suma opadów w sezonie wegetacyjnym wynosiła od 247,2 w Łącku do 466,5 mm na stacji w Piwnicznej. Na okres letni (od kwietnia do września) przypadło przeciętnie 57,2% rocznej sumy opadów. Stosunek sumy opadów, które wystąpiły w okresie letnim do sumy opadów całego roku wahał się od 41,5% w Szklarskiej Porębie do 69,2% w Piwnicznej.

Liczba okresów trwających co najmniej 14 dni o sumie opadów nieprzekraczających 5 mm była w sezonie wegetacyjnym roku 2018 większa niż w roku ubiegłym. Odnotowano pięć takich okresów w Łącku i Gdańsku. Cztery w Chojnowie, Krotoszynie. Trzy w Białowieży, Kruczu, Strzałowie, Suwałkach i w Zawadzkiem. Na pozostałych stacjach wystąpiły pojedyncze okresy z opadem poniżej 5 mm (tab. 64). Ponad dwutygodniowe okresy bez opadów wystąpiły dwukrotnie w sezonie wegetacyjnym w Białowieży, Suwałkach i w Zawadzkiem oraz jednokrotnie w Chojnowie i w Kruczu. W Birczy, Krotoszynie i Szklarskiej Porębie odnotowano dziesięciodniowe okresy bez

opadów, a w Gdańsku i w Piwnicznej nie wystąpiły w 2018 roku 10-dniowe okresy posuchy (tab. 64).

Najwyższa dobową sumą opadów 48,3 mm zarejestrowana została 18 lipca 2018 roku na stacji w Piwnicznej.

Średnia wilgotność względna z całego okresu pomiarowego wynosiła 81,4%. W sezonie wegetacyjnym było to 74,6%, zaś poza sezonem wegetacyjnym 88,2%. Średnia roczna dla stacji zawierała się w przedziale wartości od 74,5% w Krotoszynie do 85,7% dla Szklarskiej Poręby. Średnie miesięczne wartości tego parametru ze wszystkich stacji zmieniały się od 70,5% w maju do 95,4% w grudniu (tab. 62, ryc. 103).

Średnie promieniowanie całkowite z całego okresu pomiarowego zawierało się w przedziale wartości od 53,8 W/m² na stacji w Chojnowie do 121,4 W/m² w Krotoszynie. Miesiącem o najsilniejszym średnim promieniowaniu był maj, kiedy przeciętne promieniowanie ze stacji wyniosło 198,0 W/m², zaś najmniejsze promieniowanie wystąpiło w grudniu (6,1 W/m²). Średnia dla okresu zimowego ze wszystkich stacji wyniosła 31,1 W/m², a dla sezonu wegetacyjnego 162,0 W/m². Najsilniejsze średnie miesięczne promieniowanie o wielkości 267,0 W/m² odnotowano w maju w Gdańsku, zaś najniższe promieniowanie zmierzono w styczniu w Piwnicznej 3,1 W/m² (tab. 62, ryc. 103).

Prędkość i kierunek wiatru. Ogółem na każdej stacji meteorologicznej w ciągu całego roku 2018 zarejestrowano ponad 52 tysiące uśrednionych 10-minutowych pomiarów prędkości i kierunku wiatru (tab. 63). Pogodę z wiatrem notowano najrzadziej na stacji w Zawadzkim – 37,0 % wszystkich pomiarów, a najczęściej na stacji w Suwałkach (85%).

Na podstawie średnich prędkości wiatru i ilości zarejestrowanych wystąpień wiatru wiejącego z jednego z 16 kierunków sporządzono wykresy róży wiatrów (ryc. 105). Przeważające kierunki, z których wiały silne wiatry typowe dla poszczególnych stacji, zamieszczono w tabeli 63. Wiatry z kierunków zachodnich dominowały w Chojnowie, Krotoszynie, Kruczu i Szklarskiej Porębie. Południowe w Białowieży i Birczy. Wschodnie w Łącku i Zawadzkim. Północne w Gdańsku i Piwnicznej (tab. 63).

Najwyższą maksymalną prędkość wiatru (w porywach 47,3 m/s) zarejestrowano 12 kwietnia na stacji w Krotoszynie. Niewiele mniejszą prędkość (46,9 m/s) osiągnął wiatr 21 marca na stacji w Gdańsku. Najśłabsze porywy wiatru rejestrowano na stacji w Białowieży (max. 14,9 m/s) i w Zawadzkim (max. 16,4 m/s).

Porównanie warunków pogodowych z lat 2015, 2017 i 2018

Porównując warunki termiczne i opadowe na stacjach pomiędzy latami 2015, 2017 i 2018, należy odnotować, że rok 2018 był rokiem o wyższej o $0,8^{\circ}\text{C}$ średniej temperaturze powietrza ze wszystkich stacji niż rok 2017. Wartość tej średniej była prawie taka sama jak w niezwykle ciepłym roku 2015. Temperatury średnie roczne niemal na wszystkich stacjach były podobne w latach 2018 i 2015, temperatury okresu wegetacyjnego były nawet wyższe w roku 2018 niż w 2015, choć temperatury maksymalne nie były tak wysokie jak w 2015 roku, gdy na trzech stacjach zarejestrowano przekroczenie $+40^{\circ}\text{C}$ (ryc. 108). Analogiczne porównanie z rokiem 2017 ukazuje nieco wyższe średnie temperatury roczne w roku 2018 oraz wyższe temperatury okresu wegetacyjnego niż w 2017. Wartości temperatur maksymalnych były wyższe w 2018 dla SPO na północy kraju, a niższe na południu. Zarówno w 2018, jak i w 2017 roku temperatury maksymalne nie osiągnęły $+40^{\circ}\text{C}$ w żadnym punkcie pomiarowym (ryc. 109). Rok 2018 był znacznie uboższy w opady niż rok 2017. Na wszystkich powierzchniach monitoringu intensywnego opady zarejestrowane w całym roku i w sezonie wegetacyjnym były znacząco niższe niż w roku 2017. Na dziesięciu powierzchniach suma roczna opadu była zbliżona do sumy opadu z okresu wegetacyjnego w roku 2017 (ryc. 106). Opady roczne w 2018 tylko w Chojnowie i Suwałkach, a w sezonie wegetacyjnym w Strzałowie i Suwałkach były wyższe niż w roku 2015. Na większości powierzchni w roku 2018 poziom opadów był równy lub niższy od ekstremalnie suchego roku 2015 (ryc. 107).

13. WIELKOŚĆ DEPOZYTU WNOSZONEGO Z OPADAMI ATMOSFERYCZNYMI 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 (nadleśnictwa: Suwałki, Strzałowo, Białowieża), Wielkopolsko-Pomorskiej (nadleśnictwa: Krucz i Krotoszyn), Mazowiecko-Podlaskiej (nadleśnictwa: Łąck i Chojnów), Śląskiej (Nadleśnictwo Zawadzkie), Sudeckiej (Nadleśnictwo Szklarska Poręba) oraz Karpackiej (nadleśnictwa: 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 próbnika. Próbniki zbudowane są z butli z tworzywa sztucznego o pojemności 5 dm³ z lejkami o powierzchni chwytnej 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 przemianami biologiczno-chemicznymi wywoływanymi 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 chwytnej 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 mol_c 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:

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

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⁻, NO₃⁻, SO₄²⁻, NH₄⁺, Al, Fe, Mn, azot całkowity N_{tot}, rozpuszczony węgiel organiczny RWO) zastosowano testy nieparametryczne (ANOVA rang Kruskala-Wallisa). Rozkłady danych, jak wskazały wyniki testu Shapiro-

Wilka, odbiegały od normalnego. Obliczenia statystyczne wykonano w pakiecie oprogramowania STATISTICA wersja 10 (StatSoft, Inc. 2011).

13.1. Skład chemiczny opadów - przewodność i stężenia składników

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 chemizm opadów jest przewodność elektrolityczna właściwa (EC), będąca pośrednio miarą ogólnej zawartości zdysocjowanych soli. Przewodność opadów osiągała średnio rocznie od $12,6 \mu\text{S cm}^{-1}$ do $20,4 \mu\text{S cm}^{-1}$. Miesięczne wahania wynosiły od $6,3 \mu\text{S cm}^{-1}$ do $417 \mu\text{S cm}^{-1}$, najniższą wartość odnotowano w Piwnicznej w lipcu (opad 93 mm), a maksymalną Łącku w lutym (opad 0,2 mm). Wysoka przewodność opadów (powyżej $20 \mu\text{S cm}^{-1}$) występowała średnio rocznie w Wielkopolsce, gdzie opady były niskie: w Krotoszynie i Kruczu. Niską przewodność (poniżej $15 \mu\text{S cm}^{-1}$) notowano w północno-wschodniej Polsce, gdzie ogólny poziom zanieczyszczeń jest stosunkowo niski: w Strzałowie, Suwałkach i Białowieży oraz w Szklarskiej Porębie, gdzie występowały wysokie opady, powodujące efekt rozcieńczenia.

Mediany, rozstęp ćwiartkowy oraz minima i maksima średnich wartości miesięcznych przewodności i stężeń podstawowych składników w opadach w mg dm^{-3} zilustrowano na rycinie 110.

13.2. 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 $16,1 \text{ kg ha}^{-1}$ do $29,3 \text{ kg ha}^{-1}$ (tab. 65). Depozycja na wszystkich powierzchniach była mniejsza niż w roku 2017, najmniejszy spadek – 5% – zanotowano w Birczy, zaś największy (57%) w Białowieży. Na pozostałych powierzchniach depozycja wyniosła od 66% do 85% tej z roku 2017.

Niską ilość jonów zdeponowały opady w nadleśnictwach: Strzałowo, Białowieża i Piwniczna ($16,1 - 17,4 \text{ kg ha}^{-1}$). Suma rocznej depozycji na pozostałych SPO MI, z wyjątkiem Szklarskiej Poręby i Gdańska, wynosiła od $20,1 \text{ kg ha}^{-1} \text{ rok}^{-1}$ do $24,5 \text{ kg ha}^{-1} \text{ rok}^{-1}$. W Szklarskiej Porębie i Gdańsku depozyt był wysoki i wynosił odpowiednio $28,3$

kg ha⁻¹ i 29,3 kg ha⁻¹. Na tak wysoką depozycję w Gdańsku i Szklarskiej Porębie składały się przede wszystkim jony Cl⁻ i Na głównie pochodzenia morskiego. Sumaryczna depozycja jonów chlorkowych i sodu była w Gdańsku o 2,2 kg ha⁻¹ rok⁻¹ wyższa niż Szklarskiej Porębie i aż o 6,6 kg ha⁻¹ rok⁻¹ – 9,0 kg ha⁻¹ rok⁻¹ wyższa niż na pozostałych SPO MI.

Suma depozycji w okresie zimowym stanowiła od 35% do 47%, a w Gdańsku i Kruczu odpowiednio 54% i 60% depozycji rocznej (ryc. 111).

Po części przewaga depozytu okresu letniego wynikała z wyższej sumy opadów. Na miesiące letnie przypadało bowiem od 56% (w Kruczu 51%) do 74% sumy rocznej opadu. Jedynie w Gdańsku opady w półroczu letnim były niższe niż zimą.

Pomiędzy SPO MI wystąpiły istotne różnice szczególnie w depozycji Na, Cl⁻ i NH₄⁺ (tab. 66). Wyniki testów statystycznych potwierdzają zaobserwowane różnice między Gdańskiem i Szklarską Porębą a szeregiem innych SPO MI pod względem depozycji składników z aerozoli

13.3. 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 1,85% depozytu rocznego wszystkich składników. Na metale ciężkie, wśród których ilościowo dominował cynk, przypadło od 0,5% do 0,9%, tj. od 0,11 kg ha⁻¹ rok⁻¹ do 0,20 kg ha⁻¹ rok⁻¹. Największe ilości metali ciężkich zanotowano na SPO MI w Szklarskiej Porębie i Gdańsku (odpowiednio 0,20 kg ha⁻¹ rok⁻¹ i 0,18 kg ha⁻¹ rok⁻¹), czyli tam gdzie był również najwyższy całkowity depozyt składników. Od 0,13 kg ha⁻¹ rok⁻¹ do 0,16 kg ha⁻¹ rok⁻¹ zostało zdeponowane na powierzchniach w Strzałowie, Zawadzkiem, Suwałkach, Piwnicznej i Birczy, a 0,11–0,12 kg ha⁻¹ rok⁻¹ w Łącku, Kruczu, Krotoszynie, Chojnowie i Białowieży. Niski udział metali ciężkich (0,5%) w depozycie występował w Krotoszynie, Łącku, Chojnowie i Kruczu, osiągał 0,6% w Gdańsku, od 0,7% do 0,8% w Birczy, Suwałkach, Szklarskiej Porębie, Zawadzkiem i Strzałowie, a 0,9% w Piwnicznej.

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 niezakwaszenie 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.

13.4. Właściwości kwasowo-zasadowe opadów na otwartej przestrzeni

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

W opadach na SPO MI średnie miesięczne pH mieściło się w granicach od 4,9 do 5,9 (mediany od 4,9 do 6,5) (ryc. 112). Minimalną wartość osiągnęło w styczniu w Birczy, a maksymalną w czerwcu w Chojnowie.

Udział miesięcznych opadów o pH niższym od 5,0 wyniósł 15% (ryc. 113), to jest tyle samo, co w roku 2016, lecz mniej niż w roku 2017 (26%) oraz mniej niż w latach poprzednich (42% w 2010 roku, 36% w 2011 roku, 39% w 2012 roku, 43% w 2013 roku i 30% w 2014 roku). Co charakterystyczne, opady o pH niższym od 5,0 przeważały w miesiącach zimowych. Średnio w okresie zimowym na większości powierzchni pH opadów było niższe niż w okresie letnim (ryc. 114), z wyjątkiem Krotoszyna i Zawadzkiego. W Gdańsku, Zawadzkiem i Piwnicznej różnica odczynu opadów zimą i latem była niewielka.

Najwyższa kwasowość opadów mierzona średnią roczną wartością pH wystąpiła na Śląsku w Zawadzkiem (pH 4,9), w nadleśnictwach rejonów górskich, tj. w Piwnicznej (pH 5,0), Birczy (pH 5,1) i Szklarskiej Porębie (pH 5,2), a także w Gdańsku (pH 5,3), Strzałowie i Kruczu (pH 5,4) (ryc. 114). Również stosunkowo niskie średnie pH opadów odnotowano w Suwałkach i Strzałowie (pH 5,4). W Białowieży i Łącku pH opadów wynosiło średnio 5,5, w Krotoszynie i Chojnowie 5,7. Niższa 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:

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

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 CO₂ 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 76% miesięcznych opadów przyjmowało ujemne wartości ANC (ryc. 115), z czego nieco więcej przypadało na okres zimowy (41% próbek pobranych w ciągu roku) niż letni (35% próbek pobranych w ciągu roku).

ANC półrocza zimowego było niższe niż w półroczu letnim na wszystkich powierzchniach obserwacyjnych, z wyjątkiem Gdańska, gdzie osiągało zbliżone wartości w obu półroczach (ryc. 116). Średnio rocznie na żadnej z powierzchni ANC nie osiągnęło wartości dodatniej, jedynie średnio w okresie letnim niewysokimi dodatnimi wartościami ANC charakteryzowały się opady w Suwałkach i Chojnowie (ryc. 116). Na pozostałych powierzchniach w obu półroczach ANC było ujemne, a niskie średnie wartości roczne wystąpiły w Zawadzkiem, Krotoszynie, Birczy i Gdańsku (odpowiednio -40,5, -30,1, -21,4 i -20,5 $\mu\text{eq dm}^{-3} \text{ rok}^{-1}$).

Udział jonów o charakterze zakwaszającym (SO₄²⁻, NO₃⁻, Cl⁻ i NH₄⁺) w depozycie wyrażonym sumą ładunku molarnego (H⁺, Cl⁻, SO₄²⁻, NO₃⁻, NH₄⁺, Ca, Na, K, Mg, Fe, Al, Mn, Zn, Cu, Cd i Pb) wynosił od 56% do 70%. Spośród SPO MI, Krotoszyn miał najwyższy udział jonów o charakterze zakwaszającym (70%); również w Strzałowie, Zawadzkiem i Kruczu udział ten przekraczał 65%, a zjawisku temu towarzyszył niski udział jonów o charakterze zasadowym (28–32%). Niski udział depozycji jonów o charakterze zakwaszającym występował w Piwnicznej (56%) i Gdańsku (60%), przy jednocześnie wysokim udziale jonów o charakterze zasadowym (37%).

Na każdej powierzchni w depozycie rocznym w roku 2018 dominowały jony kwasotwórcze (ryc. 117), a ich przewaga nad jonami zasad była niemal dwuipółkrotna w Krotoszynie, Zawadzkiem i Strzałowie.

14. POZIOM STEŻENIA NO₂ I SO₂ W POWIETRZU NA TERENACH LEŚNYCH – ANNA KOWALSKA

Zakwaszanie i eutrofizacja prowadzące do destabilizacji ekosystemów są skutkiem szkodliwego działania zanieczyszczeń powietrza na lasy. Według prognoz opartych na modelach emisji EMEP (European Monitoring and Evaluation Programme) do 2020 roku zagrożenie ekosystemów leśnych zakwaszaniem zmaleje, jeśli nastąpi pełne wdrożenie ustaleń zrewidowanego Protokołu z Göteborga. Szacunki wskazują, że w tym czasie zagrożenie będzie obejmować około 4% obszarów ekosystemów Europy, w tym 6% obszarów ekosystemów UE. W Polsce przekroczenia ładunków krytycznych kwasowości obejmą 26% obszarów ekosystemów (Hettelingh i in. 2017), a wielkość średnich skumulowanych przekroczeń ładunków krytycznych wyniesie 83 eq ha⁻¹ rok⁻¹, co plasuje nas na czwartym miejscu w UE tuż za Holandią, Niemcami i Czechami. Eutrofizacja stanowić będzie poważne zagrożenie, a przekroczenia ładunków krytycznych będą dotyczyć do 2020 roku 58% powierzchni ekosystemów Europy i 71% obszarów ekosystemów UE, stanowiąc ryzyko dla utrzymania bioróżnorodności. W Polsce w tym okresie zagrożenie eutrofizacją będzie obejmować ponad 62% powierzchni ekosystemów (Hettelingh i in. 2017).

Główne składniki gazowe powietrza, odpowiedzialne za wymienione procesy to dwutlenek siarki i związki azotu. Są one emitowane do atmosfery z różnych źródeł, lecz uważa się, że emisje naturalne (wybuchy wulkaniczne, rozkład biomasy, pożary, wyładowania atmosferyczne) dostarczają zaledwie ułamek ilości SO₂ i tlenków azotu (NO_x) w porównaniu z aktywnością człowieka (Colville 2004).

Według danych statystycznych w 2016 roku wyemitowano w Polsce do atmosfery 582 tys. ton dwutlenku siarki oraz 726 tys. ton tlenków azotu (wyrażone jako NO₂) (Rocznik Statystyczny Rzeczypospolitej Polskiej 2018). W 2017 r. emisje dwutlenku siarki malały, natomiast emisje tlenków azotu rosły w stosunku do lat 2015–2016 (Krajowy bilans emisji... 2019). Głównymi źródłami tlenków azotu są obecnie transport drogowy (37% emisji) i produkcja energii (21% emisji). Duży udział mają także procesy spalania w różnych działach gospodarki. Podstawowym i niemal wyłącznym źródłem emisji SO₂ jest spalanie paliw stałych w energetyce (Krajowy bilans emisji... 2019).

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 ekspozycyjne 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 ekspozycyjnych w tym samym okresie w jednej lokalizacji, po odrzuceniu wyników odstających i wątpliwych. Okres zimowy obejmował miesiące od października do marca, natomiast 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 nieekspozycyjne. 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 NO_2 i SO_2 ,

- 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).

14.1. Dwutlenek siarki

Średnie wartości stężeń dwutlenku siarki przedstawiono na rycinie 118. Podobnie jak w latach poprzednich, w grupie nadleśnictw zlokalizowanych w północno-wschodniej Polsce (Strzałowo, Białowieża, Suwałki) występowały niskie średnie roczne stężenia dwutlenku siarki (poniżej $1 \mu\text{g m}^{-3}$). W Gdańsku w porównaniu do roku 2017 stężenie SO_2 było wyższe o 55% i średnio rocznie wyniosło $1,2 \mu\text{g m}^{-3}$ i podobnie niskie stężenia występowały również w Kruczu. W Chojnowie, Szklarskiej Porębie i Kruczu średnio w ciągu roku stężenie SO_2 wynosiło od $1,1 \mu\text{g m}^{-3}$ do $1,4 \mu\text{g m}^{-3}$. W Krotoszynie, Piwnicznej,

Łącku i Birczy średnie roczne stężenia mieściły się w zakresie od $1,5 \mu\text{g m}^{-3}$ do $1,9 \mu\text{g m}^{-3}$, zaś najwyższe stężenie średnio rocznie notowano w Nadleśnictwie Zawadzkie – $2,7 \mu\text{g m}^{-3}$. Stężenia w Zawadzkim były istotnie wyższe od stężeń występujących na powierzchniach, gdzie notowano najniższe poziomy SO_2 , tj. w Strzałowie, Białowieży i Suwałkach, ($p \leq 0,05$, test Kruskala-Wallisa z wielokrotnym porównaniem średnich rang).

Średnie roczne stężenia SO_2 porównano z danymi dla roku 2017. W roku 2018 na wszystkich powierzchniach stężenia SO_2 były wyższe i stanowiły od 103% do 171% wartości notowanych w roku 2017. Największy wzrost stężeń wystąpił w Kruczu, Gdańsku i Łącku (odpowiednio 171%, 155% i 149% wartości z roku 2017) – na powierzchniach o stosunkowo niskim stężeniu SO_2 w powietrzu. W Krotoszynie i Zawadzkim, gdzie od lat stężenia SO_2 są wyższe niż w innych lokalizacjach, wzrost stężeń był w 2018 roku niewielki (103% i 106% wartości z roku 2017 odpowiednio).

Niskie stężenia SO_2 w nadleśnictwach północnej i północno-wschodniej Polski wynikają m.in. z warunków demograficznych i stopnia uprzemysłowienia regionów. Województwa podlaskie i warmińsko-mazurskie mają najniższą w kraju gęstość zaludnienia oraz najniższą emisję gazowych zanieczyszczeń powietrza z zakładów szczególnie uciążliwych dla jakości powietrza (Rocznik Statystyczny Województw 2018), co znajduje odzwierciedlenie w jakości powietrza w lasach.

Miesięczne stężenia SO_2 na SPO MI mieściły się w przedziale $0,2\text{--}5,4 \mu\text{g m}^{-3}$. Rozkład stężeń w poszczególnych miesiącach (ryc. 119) był zasadniczo podobny do obserwowanego w latach poprzednich.

Niskie stężenia notowano w miesiącach letnich między majem a wrześniem (wartości miesięczne minimalne: $0,2 \mu\text{g m}^{-3}$, maksymalne $2,0 \mu\text{g m}^{-3}$, mediana dla okresu $0,9 \mu\text{g m}^{-3}$), a wyższe w miesiącach zimowych, szczególnie od stycznia do marca (wartości miesięczne minimalne: $0,9 \mu\text{g m}^{-3}$, maksymalne $5,4 \mu\text{g m}^{-3}$, mediana dla okresu $2,1 \mu\text{g m}^{-3}$). Stężenia miesięczne wykazują istotną ujemną zależność od temperatur powietrza ($R_s = -0,48$, $p \leq 0,05$). Taki rozkład stężeń wynika z występowania sezonu grzewczego i spalania paliw opałowych, będących podstawowym źródłem emisji SO_2 . Rozkład miesięcznych stężeń SO_2 na powierzchniach SPO MI przedstawiono na rycinie 120.

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

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

Średnie sezonu letniego układały się w porządku malejącym:

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

Istotne różnice między medianami stężeń miesięcznych okresów w sezonach letnich i zimowych wystąpiły w górach i na pogórzu (Szklarska Poręba, Bircza, Piwniczna), na Śląsku (Zawadzkie) oraz w rejonie północno-wschodnim (Suwałki, Strzałowo) (tab. 67).

W Rozporządzeniu Ministra Środowiska (Dz.U. z dn. 18 września 2012, poz. 1031) poziom dopuszczalny SO_2 ze względu na ochronę roślin dla roku kalendarzowego i pory zimowej (okres od 1 października do 31 marca) został ustalony na poziomie $20 \mu\text{g m}^{-3}$. Średnie roczne stężenia SO_2 na SPO MI zawierały się w granicach $0,7 \mu\text{g m}^{-3}$ – $2,7 \mu\text{g m}^{-3}$, co stanowiło od 3% do 13% wartości dopuszczalnej. W porze zimowej zakres stężeń wynosił od $0,9 \mu\text{g m}^{-3}$ do $3,4 \mu\text{g m}^{-3}$, tj. od 5% do 17% wartości dopuszczalnej, nie stwierdzono zatem stężeń stwarzających bezpośrednie zagrożenie dla ochrony roślin.

14.2. Dwutlenek azotu

Średnie wartości stężeń dwutlenku azotu na SPO MI przedstawiono na rycinie 121. Po spadku stężeń odnotowanym w roku 2017, na wszystkich powierzchniach nastąpił wzrost i w 2018 roku średnie roczne stężenia NO_2 stanowiły od 102% do 157% wartości z roku 2017.

Powierzchnie SPO MI istotnie różniły się pod względem stężeń NO_2 (test Kruskala-Wallisa: $H(11, N = 144) = 92,37, p \leq 0,001$). Szereg istotnych różnic wystąpił pomiędzy stężeniami NO_2 w grupie powierzchni o wysokim zanieczyszczeniu tlenkami azotu: Chojnowie, Łącku, Zawadzkiem i Krotoszynie, a stężeniami na powierzchniach zlokalizowanych w rejonach północno-wschodnich (Strzałowo, Białowieża) i w górach (Piwniczna, Bircza), gdzie zanieczyszczenia były niższe (tab. 68).

Podobnie jak w poprzednich latach, najwyższe średnie roczne stężenia NO_2 stwierdzono w rejonach centralnej Polski: w Chojnowie ($13,3 \mu\text{g m}^{-3}$) i Łącku ($9,9 \mu\text{g m}^{-3}$) oraz południowej Polski, w Zawadzkiem ($9,4 \mu\text{g m}^{-3}$) i zachodniej w Krotoszynie ($8,0 \mu\text{g m}^{-3}$). 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 w przeliczeniu na hektar należy do najwyższych w Polsce (Rocznik Statystyczny Rolnictwa 2018), 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.

W nadleśnictwach północnej i północno-wschodniej Polski: Białowieża ($3,6 \mu\text{g m}^{-3}$), Strzałowo ($3,6 \mu\text{g m}^{-3} \text{rok}^{-1}$), Suwałki ($5,2 \mu\text{g m}^{-3} \text{rok}^{-1}$) i Gdańsk ($6,3 \mu\text{g m}^{-3} \text{rok}^{-1}$), w Kruczu w Wielkopolsce ($7,0 \mu\text{g m}^{-3} \text{rok}^{-1}$), a także w rejonach podgórskich i górskich: Bircza i Piwniczna (po $3,9 \mu\text{g m}^{-3} \text{rok}^{-1}$) oraz Szklarska Poręba ($4,5 \mu\text{g m}^{-3} \text{rok}^{-1}$) występowały niższe stężenia NO_2 średnio rocznie niż w Chojnowie, Łącku, Zawadzkiem i Krotoszynie, podobnie jak w poprzednich latach badań.

Średnie miesięczne stężenia dwutlenku azotu wahały się w granicach od $2,0 \mu\text{g m}^{-3}$ do $17,7 \mu\text{g m}^{-3}$ i wykazywały wyraźną sezonowość. Na licznych powierzchniach 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 NO_2 zanotowano w listopadzie w Chojnowie ($17,7 \mu\text{g m}^{-3} \text{m-c}^{-1}$), a niewiele niższe w lutym i październiku w Chojnowie (odpowiednio $17,6 \mu\text{g m}^{-3} \text{m-c}^{-1}$ i $16,2 \mu\text{g m}^{-3} \text{m-c}^{-1}$) oraz w październiku w Łącku ($16,6 \mu\text{g m}^{-3} \text{m-c}^{-1}$) (ryc. 122, ryc. 123).

Stężenia niższe niż $3 \mu\text{g m}^{-3} \text{m-c}^{-1}$ występowały w okresie letnim między kwietniem a sierpniem w Strzałowie, kwietniem a czerwcem w Białowieży (północno-wschodnia Polska), oraz w rejonach górskich w Piwnicznej, Birczy i Szklarskiej Porębie (południowa Polska, rejony górskie) między marcem a wrześniem, jednak nie we wszystkich miesiącach w tym okresie. Istotne różnice między medianami miesięcznych stężeń dla okresów letnich i zimowych wystąpiły niemal na wszystkich powierzchniach (tab. 67).

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

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

Stężenia średnie dla okresu zimowego (styczeń–marzec i październik–grudzień) były od 1,2 do 2,8 razy wyższe niż dla okresu letniego. Układały się w porządku malejącym:

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

W roku 2018 średnie wartości stężeń NO₂ wynosiły od 3,6 $\mu\text{g m}^{-3} \text{ rok}^{-1}$ do 13,3 $\mu\text{g m}^{-3} \text{ rok}^{-1}$, tj. odpowiednio od 12% do 44% wartości dopuszczalnej poziomu tlenków azotu. Wartość dopuszczalna została określona dla tlenków azotu Rozporządzeniem Ministra Środowiska (Dz.U. z dn. 18 września 2012, poz. 1031) dla roku kalendarzowego ze względu na ochronę roślin na poziomie 30 $\mu\text{g m}^{-3}$.

14.3. 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 2018 roku (ryc. 124). 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 północno-wschodniej Polski: Strzałowie, Białowieży, Suwałkach od 0,9 kg do 1,1 kg S ha⁻¹ rok⁻¹. W północnej Polsce w Gdańsku, w centralnej Polsce w Chojnowie oraz Sudetach w Szkłarskiej Porębie wynosiła od 1,5 kg do 1,7 kg S ha⁻¹ rok⁻¹, w Wielkopolsce, w Kruczu i Krotoszynie od 1,8 kg do 1,9 kg S ha⁻¹ rok⁻¹, w górach w Piwnicznej i Birczy, a także w Łącku od 2,0 kg do 2,4 kg S ha⁻¹ rok⁻¹, a w Zawadzkiem aż 3,4 kg S ha⁻¹ rok⁻¹.

Najmniejszą depozycję azotu – około 1,0 kg – odnotowano w Birczy, w rejonie podkarpackim. Niskie ilości – od 1,4 kg do 1,5 kg N ha⁻¹ rok⁻¹ – zostały zdeponowane w nadleśnictwach położonych w północnej i północno-wschodniej Polsce: Białowieży i Strzałowie oraz w Karpatach w Piwnicznej. Pośrednie ilości – od 1,7 kg do 2,3 kg N ha⁻¹ rok⁻¹ – otrzymały powierzchnie w Szkłarskiej Porębie, Gdańsku, Suwałkach

i Krotoszynie. W Kruczu, Łącku i Zawadzkiem depozycja N wyniosła odpowiednio 2,7, 2,9 i 3,6 kg N ha⁻¹ rok⁻¹, a najwyższa była w Chojnowie (5,1 kg N ha⁻¹ rok⁻¹).

Na powierzchniach SPO MI od 54% do 68% depozycji N oraz od 58% do 73% depozycji S przypadało na okres zimowy.

14.4. 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 północnej i północno-wschodniej Polski, tj. w Strzałowie, Białowieży, Suwałkach i Gdańsku (2,2–3,3 kg N+S ha⁻¹ 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 (Ochrona Środowiska 2017). 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 (ryc. 125).

Powierzchnie zlokalizowane w górach i na pogórzu: Szklarska Poręba, Piwniczna i Bircza wyróżniają się dość niskimi wartościami sumarycznej depozycji N-NO₂ i S-SO₂ (3,4–3,5 kg N+S ha⁻¹ rok⁻¹). W województwie podkarpackim, na terenie którego położona jest SPO MI Bircza, ogólna emisja SO₂ i NO_x z zakładów szczególnie uciążliwych jest niższa niż w województwach mazowieckim, wielkopolskim i opolskim, gdzie zlokalizowane są SPO MI z grupy o wyższym poziomie zanieczyszczeń (dane GUS). Wysoka lesistość (powyżej 60%), małe zaludnienie i niski współczynnik urbanizacji na Podkarpaciu są prawdopodobnymi przyczynami ogólnie niskiego poziomu zanieczyszczeń gazowych, co było obserwowane na powierzchni w Birczy w roku 2018 i w latach poprzednich.

W Wielkopolsce: w Krotoszynie i Kruczu obciążenie sumarycznym ładunkiem zanieczyszczeń gazowych było pośrednie i wyniosło odpowiednio 4,2 kg i 4,4 kg N+S ha⁻¹. Po znaczącym spadku depozycji gazowej w roku poprzednim, ilość wniesionych w postaci gazowej zanieczyszczeń ponownie wzrosła do 162% depozycji gazowej z roku 2017 w Kruczu i do 114% w Krotoszynie, zbliżając się w 2018 roku do poziomu depozycji z roku 2016.

W Łącku po spadku depozycji w 2017 roku ponownie zanotowano wzrost ilości deponowanych zanieczyszczeń gazowych. Depozycja wyniosła 5,0 kg N+S ha⁻¹. Od lat najbardziej obciążone zanieczyszczeniami atmosferycznymi są SPO w Chojnowie i Zawadzkiem. W roku 2018 depozycja wynosiła odpowiednio 6,6 kg N+S ha⁻¹ i 7,0 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 (Ochrona Środowiska 2017). Powierzchnia w Zawadzkiem zlokalizowana jest na granicy województw opolskiego i śląskiego, w najgęściej zaludnionej części kraju, o wysokim wskaźniku urbanizacji i uprzemysłowienia. Poziomy emisji według danych GUS (ibid.) należą do najwyższych na tle Polski. W całkowitym obciążeniu gazową depozycją dużą rolę odgrywa depozycja związków siarki, najwyższa wśród SPO MI.

Rejony centralnej Polski, na których depozycja gazowych zanieczyszczeń była pośrednia i wysoka, to jest nadleśnictwa: Chojnów, Zawadzkie, Łąck, Krucz, Krotoszyn, pokrywają się z obszarami, na których istnieje ryzyko przekroczeń ładunków krytycznych eutrofizacji i zakwaszenia. Prognozy do roku 2020 wskazują, że w tych rejonach kraju zagrożenie dla ekosystemów ze strony zanieczyszczeń powietrza siarką i azotem będzie się utrzymywać, nawet po wdrożeniu ustaleń zrewidowanego Protokołu z Göteborga (Slootweg i in. 2014).

15. OPADY PODKORONOWE ORAZ ROZTWORY GLEBOWE NA TERENACH LEŚNYCH – ANNA KOWALSKA

15.1. Opady podkoronowe

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. 126). 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 roku 2018 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 (Nadleśnictwo Łąck i Nadleśnictwo Krotoszyn) oraz dwie w bukowych (Nadleśnictwo Gdańsk i Nadleśnictwo 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 chwytnej 201 cm². Liczba próbników jest uzasadniona wysoką zmiennością przestrzenną składników dostarczanych z opadami (Kowalska i in. 2016b). 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 próbki oraz chronić próbki wody przed światłem słonecznym, wywołującym niepożądane zmiany składu chemicznego. W okresie zimowym, przy spodziewanej przewadze opadów śniegu, próbki zastępowane są sześcioma wiadrami z tworzywa sztucznego o pojemności około 24 dm³ i powierzchni chwytnej 784 cm². Probki wody po pobraniu są transportowane do laboratorium Instytutu Badawczego Leśnictwa w termostatowanych pojemnikach zaopatrzonych we wkłady

chłodzące. Próbkę 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 chwytniej 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,
- 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, N_{tot}) 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).

Skład chemiczny opadów podkoronowych – przewodność i stężenia składników

Średnia przewodność elektrolityczna właściwa będąca pośrednio miarą ogólnej zawartości jonów w wodach w 2018 roku przyjmowała miesięcznie wartości od 13,3 do 291 $\mu S\ cm^{-1}$ (ryc. 127). 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 na SPO MI”). Wartości przewodności były zależne od ilości opadów w badanym okresie. Dla okresów z sumą opadów mieszczącą się w dolnym kwartylu (poniżej 16,7 mm m-c⁻¹)

mediana przewodności wynosiła $99,9 \mu\text{S cm}^{-1}$, podczas gdy w okresach z sumą opadów w zakresie górnego kwartylu (powyżej $52,9 \text{ mm m-c}^{-1}$) mediana przewodności miała wartość zaledwie $26,2 \mu\text{S cm}^{-1}$. 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. Najniższą przewodność miały średnio w roku opady w Szklarskiej Porębie ($28,1 \mu\text{S cm}^{-1} \text{ rok}^{-1}$) przy opadach podkoronowych przekraczających 800 mm rocznie, zaś najwyższą w Krotoszynie ($64,1 \mu\text{S cm}^{-1} \text{ rok}^{-1}$), gdzie wielkość opadów była o ponad połowę niższa pod okapem (około 400 mm rocznie) niż w Szklarskiej Porębie.

Zakresy stężeń miesięcznych [$\text{mg dm}^{-3} \text{ m-c}^{-1}$], mediany i zakres kwartylowy dla podstawowych składników opadów podkoronowych przedstawiono na rycinie 127.

Roczny 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 1,6 do 3,2 razy większy niż z opadem na otwartej przestrzeni (por. rozdz. „Wielkość depozytu wnoszonego z opadami atmosferycznymi na terenach leśnych na SPO MI”). Stosunkowo niskie wzbogacenie pod okapem miało miejsce w drzewostanach bukowych w Gdańsku i Birczy (odpowiednio 1,6- i 2-krotnie) oraz sosnowych w Kruczu i Chojnowie (odpowiednio 1,7- i 1,9-krotnie). Opady podkoronowe były szczególnie wzbogacone w stosunku do opadów bezpośrednich (2,6–3,2-krotnie) w drzewostanach dębowych w Krotoszynie i Łącku, w świerczynach w Piwnicznej i Suwałkach oraz w drzewostanach sosnowych w Zawadzkiem, Białowieży i Strzałowie. Depozyt podkoronowy mieścił się w zakresie od $38,8$ do $71,4 \text{ kg ha}^{-1} \text{ rok}^{-1}$ (tab. 69).

Depozyt podkoronowy był wysoki w drzewostanie dębowym w Krotoszynie ($71,4 \text{ kg ha}^{-1} \text{ rok}^{-1}$) i na powierzchniach świerkowych w Suwałkach ($67,2 \text{ kg ha}^{-1} \text{ rok}^{-1}$) i Szklarskiej Porębie ($61,7 \text{ kg ha}^{-1} \text{ rok}^{-1}$). Na powierzchniach sosnowych w Kruczu, Białowieży i Strzałowie pod okapem zdeponowana została niska ilość składników (odpowiednio $38,8$, $42,9$ i $45,1 \text{ kg ha}^{-1} \text{ rok}^{-1}$), a na pozostałych powierzchniach depozyt wyniósł od $45,5 \text{ kg ha}^{-1} \text{ rok}^{-1}$ do $58,1 \text{ kg ha}^{-1} \text{ rok}^{-1}$.

W opadach podkoronowych występowało więcej istotnych różnic pomiędzy SPO MI niż w opadach na otwartej przestrzeni (tab. 70). Różnice dotyczyły z reguły innych

składników, niż w opadach na otwartej przestrzeni, uwidaczniając wpływ koron na skład depozycji. Nie zidentyfikowano par powierzchni istotnie różniących się pod względem depozycji jonów pochodzenia morskiego (Na i Cl⁻) ani jonów o charakterze zasadowym (Ca, Mg, K) Fe, Al, Cl i N_{tot}, natomiast wykryto istotne różnice dla składników zakwaszających i eutrofizujących (NO₃⁻, SO₄²⁻, NH₄⁺) między powierzchniami północno-wschodniej Polski i południowej Polski. Opady podkoronowe w Strzałowie i Białowieży różniły się od opadów w Birczy i Szklarskiej Porębie mniejszą depozycją S-SO₄²⁻. W Białowieży i Łącku depozycja N-NO₃⁻ była istotnie niższa niż na powierzchniach południowej Polski (Bircza, Szklarska Poręba, Zawadzkie). W opadach w drzewostanach bukowych w Gdańsku i Birczy występowały istotnie mniejsze depozyty rozpuszczonego węgla organicznego (RWO) niż w drzewostanie sosnowym w Białowieży i świerkowym w Szklarskiej Porębie. Różnice w depozycji podkoronowej RWO między drzewostanem liściastym i iglastym są opisane w literaturze: Le Mellec i in. (2010) odnotowali mniejsze stężenia i depozyty RWO w opadach w drzewostanie bukowym niż w świerkowym.

Test wykazał istotne zróżnicowanie opadów pod względem pojemności zobojętnienia kwasów (ANC): niska pojemność występowała w Szklarskiej Porębie i Zawadzkim – dwóch powierzchniach iglastych południowej Polski, a także w Kruczu i istotnie różniła się od wysokiej pojemności ANC w opadach podokapowych w Białowieży, Suwałkach i Łącku. Również powierzchnie świerkowe górskie różniły się pod względem ANC: w przeciwieństwie do Szklarskiej Poręby, w Piwnicznej depozycja ANC była istotnie większa, stwarzając korzystniejsze warunki środowiskowe dla roślinności.

Depozyt pierwiastków śladowych

Depozyt pierwiastków śladowych i metali ciężkich: żelaza, manganu, glinu, cynku, miedzi, kadmu i ołowiu wynosił od 0,59 do 1,35 kg ha⁻¹ rok⁻¹, co odpowiadało od 1,0% do 3,1% całkowitej rocznej depozycji podokapowej. Najwyższy udział omawianych metali w depozycie ogólnym stwierdzono w Łącku, przy czym w depozycie metali aż 78% 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 na SPO MI”, tab. 69).

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 0,12 do 0,22 kg ha⁻¹ rok⁻¹, z czego od 66% do 79% stanowił Zn.

Właściwości kwasowo-zasadowe wód opadowych

Obniżone pH, tj. niższe niż 5,0, występowało w ciągu roku w 25% miesięcznych próbek opadów. Opady o pH poniżej 5,0 sporadycznie występowały w półroczu letnim, natomiast przeważały w okresie zimowym, (ryc. 128), a szczególnie w styczniu (na dziewięciu SPO MI), grudniu (na pięciu SPO MI) oraz lutym i marcu (na czterech SPO MI). Również w sierpniu pH opadów było obniżone poniżej 5 na pięciu SPO MI. Jedynie w Suwałkach nie notowano miesięcznych opadów o pH niższym niż 5,4, tam też wystąpiło najwyższe spośród SPO MI średnie roczne pH (6,0).

Średnie roczne pH poniżej 5 odnotowano w Birczy i Szklarskiej Porębie, a niewiele wyższe (5,0–5,1) w Gdańsku, Kruczu i Zawadzkiem (ryc. 129). W Piwnicznej, Krotoszynie, Chojnowie, Strzałowie, Białowieży i Łącku średnie roczne pH również było niskie (5,2–5,5), czego przyczyną były głównie kwaśne opady półrocza letniego w Krotoszynie, a zimowego na pozostałych powierzchniach.

Odczyn opadów był mniej kwaśny niż średnio w roku 2017 jedynie w Suwałkach (o 0,2 jednostki pH), natomiast opady były bardziej kwaśne średnio w 2018 roku w Gdańsku, Birczy, Krotoszynie, Kruczu i Zawadzkiem (o 0,5 do 0,3 jednostek pH). Na pozostałych powierzchniach pH opadów w 2018 roku było zbliżone do pH z roku 2017.

Pojemność zobojętniania kwasów (ANC), obliczona jako różnica stężeń kationów mocnych zasad (Ca, Mg, Na, K) i anionów mocnych kwasów (SO₄²⁻, NO₃⁻, Cl⁻) w $\mu\text{eq dm}^{-3}$, jest wskaźnikiem pozwalającym ocenić, czy w wodach występuje nadmiar wolnych mocnych kwasów (ANC<0), czy zasad (ANC>0). Inaczej mówiąc, ANC charakteryzuje zdolność wody do zobojętniania kwasów (por. rozdz. „Wielkość depozytu wnoszonego z opadami atmosferycznymi na terenach leśnych na SPO MI”).

W porównaniu z wodami opadowymi oraz w porównaniu do lat 2016 i 2017, udział opadów podkoronowych z ujemnymi wartościami ANC występował częściej, bo w 48% przypadków. Ujemne wartości ANC związane z przewagą jonów wolnych kwasów występowały przeważnie w okresie zimowym (ryc. 130), co można przypisać zarówno wzmożonym emisjom zanieczyszczeń w związku z sezonem grzewczym, jak i zmniejszonej aktywności biologicznej drzew i mniejszej wymianie jonowej niż w okresie wegetacyjnym. Na wszystkich powierzchniach obserwacyjnych ANC półrocza zimowego

było niższe niż w półroczu letnim, z wyjątkiem Szklarskiej Poręby, gdzie przyjmowało zbliżone, ujemne wartości w obu półroczach (ryc. 131).

Średnio rocznie dodatnią wartość ANC (przewagę wolnych zasad) w opadach podkoronowych odnotowano w obu drzewostanach dębowych: w Krotoszynie ($92,2 \mu\text{eq dm}^{-3} \text{ rok}^{-1}$) i Łącku ($199 \mu\text{eq dm}^{-3} \text{ rok}^{-1}$) i bukowych: w Gdańsku ($21,0 \mu\text{eq dm}^{-3} \text{ rok}^{-1}$) i Birczy ($19,4 \mu\text{eq dm}^{-3} \text{ rok}^{-1}$), w świerczynach w Suwałkach ($129 \mu\text{eq dm}^{-3} \text{ rok}^{-1}$) i Piwnicznej ($33,5 \mu\text{eq dm}^{-3} \text{ rok}^{-1}$) oraz w trzech z pięciu drzewostanów sosnowych: Białowieży ($156 \mu\text{eq dm}^{-3} \text{ rok}^{-1}$), Strzałowie ($60,2 \mu\text{eq dm}^{-3} \text{ rok}^{-1}$) i Chojnowie ($27,1 \mu\text{eq dm}^{-3} \text{ rok}^{-1}$).

Przewagę jonów wolnych kwasów obserwowano w opadach w drzewostanie sosnowym na obszarze Śląska (Zawadzkie; ANC $-52,5 \mu\text{eq dm}^{-3} \text{ rok}^{-1}$) i Wielkopolski (Krucz; ANC $-16,6 \mu\text{eq dm}^{-3} \text{ rok}^{-1}$), a także w świerczynie w Sudetach (Szklarska Poręba; ANC $-28,3 \mu\text{eq dm}^{-3} \text{ rok}^{-1}$). W tych drzewostanach opady po przejściu przez korony miały większy nadmiar jonów wolnych kwasów (tj. niższe ANC) niż opady docierające do drzewostanu. Na pozostałych powierzchniach 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. 132). W skali miesięcznej notowano również przypadki obniżenia ANC opadów w koronach; dotyczyły one większości powierzchni i częściej występowały w okresie zimowym.

Jony o zakwaszającym oddziaływaniu na środowisko (SO_4^{2-} , NO_3^- , NH_4^+ , Cl^-) stanowiły od 40% do 64% rocznego molowego depozytu (sumy azotu mineralnego, chlorków, siarczanów (VI), kationów zasadowych, żelaza, glinu, manganu i metali ciężkich, wyrażonej w $\text{mol}_c \text{ ha}^{-1}$). W opadach w drzewostanie nadleśnictwa Zawadzkie stwierdzono najwyższy udział jonów o charakterze zakwaszającym (64%), podobnie jak w poprzednich latach. Udział ten przekraczał połowę całkowitej depozycji podokapowej również w Kruczu (62%), Szklarskiej Porębie (61%), Chojnowie (57%), Krotoszynie (54%), Birczy, Piwnicznej i Gdańsku (po 51%). W Strzałowie, Łącku, Suwałkach i Białowieży wynosił od 48% do 40%, tam też depozyt molowy jonów o charakterze zasadowym (Ca^{2+} , K^+ , Mg^{2+} i Na^+) przewyższał depozyt jonów zakwaszających (ryc. 133).

Przepływ jonów z opadami atmosferycznymi i podkoronowym zilustrowano na rycinie 134, na przykładzie czterech głównych gatunków drzew.

15.2. Spływ po pniu

Depozycja składników z opadami w drzewostanach byłaby znacząco niedoszacowana, gdyby pominięto jedną ze ścieżek dopływu wód opadowych do gleb leśnych: 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 2017/2018 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 29 mm w Nadleśnictwie Gdańsk i 32 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 26% opadu bezpośredniego (na otwartej przestrzeni) w Gdańsku oraz od 2% do 9% 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, Na, siarczanów (VI), Ca, Mg i K były większe niż w Birczy (ryc. 135).

Spływ po pniu w Birczy charakteryzował się średnio w okresie badań nieco niższym pH i ANC w porównaniu z Gdańskiem. Na obu powierzchniach średnie roczne pH i pojemność zobojętniania kwasów (ANC) osiągały wyższe wartości niż w opadach podkoronowych.

Depozyt składników wniesiony ze spływem po pniu przedstawiono w tabeli 69. Wyniósł on w okresie badań $3,2 \text{ kg ha}^{-1}$ w Gdańsku oraz $4,3 \text{ kg ha}^{-1}$ w Birczy. Stanowiło to 7% depozytu podkoronowego w Gdańsku i 9% w Birczy. Woda opadowa, spływając po pniach w większym stopniu niż przepływając przez warstwę koron, wzbogaca się w związki organiczne (Van Stan i Stubbins 2018). Pomimo, że suma opadu odprowadzonego po pniach stanowiła średnio zaledwie 7% opadu podkoronowego w Gdańsku i 5% w Birczy, depozyt rozpuszczonego węgla organicznego wynosił aż 27% depozycji podokapowej RWO w Gdańsku i 24% w Birczy.

15.3. Roztwory glebowe

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 2018 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 25 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. Próbkami roztworów glebowych były łączone w stosunku objętościowym przed analizami tak, aby 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 2017/2018 prowadzono od stycznia w Chojnowie i Łącku (z przerwą w lutym) oraz w Zawadzkiem, od lutego w Kruczu, od marca w Gdańsku, Suwałkach i Krotoszynie lub od kwietnia w Strzałowie, Białowieży, Birczy, Piwnicznej i Szklarskiej Porębie. Próbkami pobierano w zależności od warunków pogodowych: do końca października (Szklarska Poręba, Bircza i Piwniczna), listopada (Suwałki, Łąck, Chojnów, Krotoszyn, Białowieża i Strzałowo) lub grudnia (Gdańsk, Krucz i Zawadzkie).

W 2018 roku wskutek niskich opadów na większości powierzchni nie było możliwe pobieranie wystarczającej ilości próbek do badań. Na każdej powierzchni, z wyjątkiem Krucza, występowały miesiące, gdy woda glebowa nie była dostępna. W skrajnym przypadku w Birczy wodę na głębokości 50 cm pobrano w niewielkiej ilości jedynie w lipcu, a w pozostałych miesiącach nie uzyskano żadnej próbki. W Gdańsku i Krotoszynie brak wody glebowej do badań z obu głębokości rozpoczął się od czerwca–sierpnia i trwał do listopada. Najczęściej między kwietniem a listopadem z powodu małej objętości na większości obszaru badań, poza terenami górkami (Szklarska Poręba i Piwniczna), ograniczano liczbę próbek: łączono próbki do badań, uzyskując po jednej próbce z każdej głębokości lub nie wykonywano pełnego zestawu analiz chemicznych.

Średnie pH na SPO MI w 2018 roku w badanych roztworach glebowych wynosiło od 3,99 do 7,07 na głębokości 25 cm oraz od 4,54 do 8,09 na głębokości 50 cm (ryc. 136). Zmiany większe niż $\pm 0,2$ jednostki pH w porównaniu z rokiem poprzednim wystąpiły jedynie w kilku przypadkach i mogły być spowodowane niewystarczającą dostępnością wody glebowej. Gdy próbki pobierane są w drzewostanie z jednego lub dwóch punktów – co zdarzało się w roku 2018 – 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, gdzie szczególnie duże wahania pH (o 0,7

jednostki) stwierdzono na obu głębokościach w porównaniu do roku 2017 oraz w Krotoszynie i Strzałowie, gdzie zanotowano wzrost pH o 0,3 jednostki na 50 cm głębokości. W Suwałkach pH wzrosło o 0,6 jednostki na 25 cm głębokości.

Najbardziej kwaśne roztwory występowały w drzewostanach sosnowych w Zawadzkim, Kruczu i Chojnowie (pH od 4,4 do 4,6). W świerczynach w Szklarskiej Porębie i Piwnicznej, w drzewostanie dębowym w Łącku, bukowym w Gdańsku i sosnowym w Białowieży pH roztworów glebowych na obu głębokościach mieściło się w zakresie 4,4–4,8. W dąbrowie w Krotoszynie, mimo że pH na głębokości 50 cm wynosiło 6,4, w płytszym poziomie było równe tylko 4,0. W Strzałowie (sosna), Birczy (buk) i w Suwałkach (świerk) pH osiągało średnie wartości w zakresie 6,1–8,1. Z reguły w górnej części profilu glebowego występowało nieznaczne zakwaszenie roztworów w stosunku do głębszych poziomów. W Krotoszynie, Birczy i Strzałowie różnica między pH na głębokości 25 i 50 cm była szczególnie wysoka i wynosiła odpowiednio 2,4, 1,9 i 1,2 jednostki pH.

W składzie roztworów glebowych znaczący udział miały kationy o charakterze zasadowym: Ca, Mg i K, które stanowiły na głębokości 50 cm 78% sumy jonów w Strzałowie oraz 57% Suwałkach. W płytszej części profilu kationy o charakterze zasadowym miały w Birczy 74% udziału w sumie jonów, 63% Suwałkach i 59% w Strzałowie (ryc. 137).

Udział kationów o charakterze zasadowym w sumie jonów był niski (20–25%) na powierzchni świerkowej w Szklarskiej Porębie i w drzewostanach sosnowych w Chojnowie, Zawadzkim i Kruczu. W drzewostanie sosnowym w Białowieży, w dąbrowie w Łącku, w buczynie w Gdańsku i świerczynie w Piwnicznej był nieco wyższy i wynosił od 29% do 35%.

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. 136) przyjął znacznie niższe od jedności wartości, mieszczące się w zakresie od 0,3 do 0,7 w roztworach glebowych na obu głębokościach w nadleśnictwach: Szklarska Poręba (świerk), Chojnów (sosna), Krucz (sosna), Zawadzkie (sosna) i Gdańsk (buk). W

Piwnicznej (świerk) mieścił się w granicach 0,6–0,9. W Łącku (dąb) wynosił 0,8 na głębokości 25 cm i wzrastał do 1,4 w głębszym poziomie gleby. W Białowieży BC/Al wynosił 0,8 w roztworach glebowych na głębokości 25 cm i wzrastał do 1,8 w głębszym poziomie gleby. Również w Krotoszynie znacząco wzrastał w głąb profilu (do 38). Na pozostałych powierzchniach (Strzałowo (sosna), Bircza (buk) i 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 0,7 do 8,9 mg N dm^{-3} od kwietnia do listopada (ryc. 138). W Suwałkach obserwowano stężenie od 1,8 do nawet 12,5 mg N dm^{-3} , przy czym w wysokim stężeniu (powyżej 7 mg N dm^{-3}) jony te pojawiały się między majem a lipcem. W Krotoszynie były obecne w stężeniu od 7 do 14 mg N dm^{-3} , w Strzałowie w stężeniu około 1 mg N dm^{-3} oraz w Kruczu w miesiącach letnich w stężeniu 0,2–0,5. mg N dm^{-3} .

W Suwałkach obecność azotanów można wiązać z uszkodzeniem drzewostanu i powolnym rozpadem, związanym z obecnością kornika i chorobami grzybowymi, w wyniku czego część powierzchni badawczej została pozbawiona drzew. Wykonywane są tam dalsze cięcia sanitarne, ostatnio zimą 2018/2019. W Łącku, Strzałowie i Piwnicznej także obserwuje się miejscami wzmożone wypadanie drzew uszkodzonych pierwotnie przez choroby grzybowe, w Piwnicznej również przez kornika, jednak z wyjątkiem Strzałowa w 2018 roku jony NO_3^- nie pojawiały się w znaczących ilościach w roztworach glebowych. W Krotoszynie w drzewostanie przeprowadzono w 2017 roku cięcia sanitarne, czego następstwem może być wzmożone uwalnianie N- NO_3^- do roztworów glebowych wskutek przyspieszonej mineralizacji materii organicznej. Na SPO w Białowieży w ostatnich latach wystąpiły wiatrowały, 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.

Zjawiska zamierania drzewostanów znajdują odzwierciedlenie w chemizmie roztworów glebowych, w których pojawiają się podwyższone poziomy azotanów (V). Przyspieszone tempo mineralizacji materii organicznej i wzmożona nitryfikacja 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 Krotoszynie i Suwałkach 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 lub przeprowadzonych cięć sanitarnych. Innym czynnikiem stymulującym pojawianie się NH_4^+ w fazie wodnej gleby jest spowolnienie tempa nitryfikacji (por. Gundersen i in. 1998) przy niskim pH gleby i szerokim stosunku węgla do azotu w warstwie organicznej, czyli w warunkach charakterystycznych dla gleb SPO MI w Zawadzkiem, gdzie NH_4^+ również były obecne w roztworach glebowych w wykrywalnych ilościach (ryc. 139). Formy azotu, które są zazwyczaj mocno związane w kompleksie sorpcyjnym, pojawiają się w fazie wodnej gleby, powiększając pulę azotu podatnego na wymywanie.

15.4. Opad ścióły

Ocena obiegu składników w ekosystemach leśnych od 2017 roku jest uzupełniana poprzez badania rocznych ilości opadu ścióły, w ramach projektu finansowanego przez MNiSW. Pomiary obejmują ilości makro- i mikroelementów, które w ciągu roku biorą udział w obiegu wewnętrznym, to jest wchodzi w skład materii roślinnej i z nią w formie obumierającego listowia, kwiatów, nasion, drobnych gałęzi, porostów i innych szczątków roślinnych trafiają na powierzchnię gleby i tam podlegają dalszym przemianom. W drzewostanach czterech gatunków: sosny w Nadleśnictwie Chojnów, świerka w Nadleśnictwie Suwałki, buka w Nadleśnictwie Gdańsk i dębu w Nadleśnictwie Łąck umieszczono po pięć próbników (ryc. 140), z których co miesiąc lub częściej w okresie intensywnego opadania liści pobierane są próbki. Próbki sortowane są na pięć frakcji: liście gatunku głównego (LG), nasiona i owoce gatunku głównego (NG), liście innych

gatunków razem (LI), nasiona i owoce innych gatunków (NI) oraz pozostałe resztki (R), z pominięciem gałęzi o średnicy większej niż 2 cm i szczątków owadów. Frakcje suszone są do stałej masy w 70°C, następnie ważone i na tej podstawie określa się ilość materii opadającej na dno lasu.

W 2018 roku rozpoczęto zbiór opadu na przełomie marca i kwietnia, a cykl roczny zakończono wiosną 2019 roku.

Na powierzchnię gleby w sezonie 2018/2019 opadło 3,87 t ha⁻¹ ścióły w drzewostanie bukowym, 3,94 t ha⁻¹ w drzewostanie sosnowym, 6,71 t ha⁻¹ w świerczynie i najwięcej, bo aż 12,9 t ha⁻¹, w dąbrowie.

Intensywność opadu ścióły była różna w zależności od fazy fenologicznej drzew. W borze sosnowym między majem a lipcem znaczny udział w opadzie ścióły miały nasiona i szyszki, a we wrześniu i październiku trwał jesienny opad igieł sosny i liści dębu i brzozy (ryc. 141). W świerczynie opad nasion i szyszek był niewielki i przypadł głównie na okres jesieni, zaś opad igieł i frakcji resztowej – głównie drobnych gałęzi – był wysoki w okresie zimowym, szczególnie na tle drzewostanów innych gatunków. W dąbrowie główny opad nasion trwał między sierpniem a październikiem i wskazywał na duży urodzaj w porównaniu z rokiem poprzednim. W przeciwieństwie do 2017 roku, w buczynie obradanie nasion było niewielkie (ryc. 142), trwało między wrześniem a październikiem. Faza opadania liści rozciągała się od października do listopada w obu drzewostanach liściastych.

Duże różnice między gatunkami obserwowano w udziale poszczególnych frakcji ścióły (ryc. 142). W opadłej w ciągu roku materii dominowała frakcja liści, z wyjątkiem dąbrowy, gdzie udział żołądzi w rocznym opadzie ścióły przekroczył 50%. Na pozostałych powierzchniach plony nasion w 2018 roku były znacząco niższe niż w poprzednim sezonie (ryc. 143). Udział liści gatunków innych niż głównego był znaczący tylko w drzewostanie sosnowym w Chojnowie, charakteryzującym się domieszką dębu i brzozy i stanowił 14% opadu. Frakcja resztowa, składająca się między innymi z resztek okwiatu, kory, drobnych gałązek, porostów nadrzewnych, miała mniejszy udział w drzewostanach liściastych (19% masy opadającej materii w dąbrowie i 20% w buczynie) niż w iglastych (34% w borze sosnowym i 35% w świerczynie).

Opadająca materia organiczna dostarczyła do gleby w 2017 roku od 32 kg azotu na hektar w drzewostanie sosnowym, poprzez 45 kg ha⁻¹ w buczynie, aż po 52 kg ha⁻¹ w dąbrowie i 59 kg ha⁻¹ w świerczynie. Całkowity opad materii organicznej w drzewostanie sosnowym był niższy niż w drzewostanach pozostałych gatunków, toteż

depozycja makroelementów z opadem ścióły również była niższa niż u innych gatunków. Ściółą w ciągu roku była w drzewostanach źródłem wapnia w ilości 22–46 kg ha⁻¹, potasu w ilości 7,8–21,7 kg ha⁻¹, magnezu w ilości 3,6–9,3 kg ha⁻¹, fosforu w ilości 3,1–7,5 kg ha⁻¹ i siarki w ilości 3,1–4,9 kg ha⁻¹ (ryc. 144).

15.5. Podsumowanie

Podstawą stworzenia sieci dwunastu powierzchni obserwacyjnych monitoringu intensywnego było 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 odzwierciedlenie w mierzonych parametrach jakości powietrza, opadów bezpośrednich, opadów podkoronowych i roztworów glebowych. Prowadzone pomiary mają przede wszystkim umożliwić wyciągnięcie wniosków dotyczących 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 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 tabeli 71.

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 kg N ha⁻¹ i medianą 12,3 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 centralnej Polski charakteryzuje się najniższymi ładunkami krytycznymi

(około 7–13 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 2018 roku był niższy niż 10 kg N ha⁻¹ jedynie w Białowieży (9,0 kg N ha⁻¹) i Piwnicznej (9,5 kg N ha⁻¹). W pozostałych drzewostanach przyjmował wartości od około 10 kg N ha⁻¹ (Gdańsk), poprzez 12–13 kg N ha⁻¹ (Strzałowo, Bircza, Łąck), 14–15 kg N ha⁻¹ (Krucz, Chojnów, Suwałki), do około 18–21 kg N ha⁻¹ (Szkłarska Poręba, Zawadzkie, Krotoszyn). W puli azotu całkowitego (N_{tot}) od 66% do 87% stanowiły formy mineralne (N-NH₄⁺ i N-NO₃⁻). 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. Wnioskowanie na podstawie wielkości depozycji pod okapem powoduje niedoszacowanie całkowitej ilości azotu, wnoszonego do ekosystemów leśnych (Hansen i Nielsen 1998, Neirynck i in. 2007). Zakładając, 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.

Drzewostany sosnowe

W dwóch drzewostanach sosnowych: w Strzałowie i do pewnego stopnia w Białowieży panowały lepsze warunki siedliskowe, przejawiające się większą żyznością gleb niż na pozostałych powierzchniach sosnowych. Korzystniejsze właściwości gleb znajdowały wyraz w składzie roztworów glebowych: odczyn roztworów był obojętny w Strzałowie, zaś w Białowieży nieco mniej kwaśny niż w Chojnowie, Kruczu i Zawadzkim. 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 ryzyko dalszego zakwaszenia, na co wskazują ujemne wartości ANC średnio w roku na wszystkich powierzchniach sosnowych, w tym również w Białowieży, na której w poprzednich latach w składzie opadów przeważały kationy mocnych zasad nad anionami mocnych kwasów. Najniższe pH i najniższe wartości ANC występowały w opadach w Zawadzkim, w porównaniu do wszystkich SPO, nie tylko na tle powierzchni sosnowych. Depozycja depozytu siarki w postaci jonów siarczanowych (VI) w Strzałowie i Białowieży (2,3 kg S ha⁻¹) oraz w Kruczu (2,6 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 $4,1 \text{ kg S ha}^{-1}$, a w Zawadzkim aż $6,4 \text{ kg S ha}^{-1}$. 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, Zawadzkim 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 koncentracji NO_2 i SO_2 w powietrzu na terenach leśnych na SPO MI”). Stały dopływ zanieczyszczeń o działaniu zakwaszającym wskazuje na ryzyko postępującego zakwaszenia wymienionych siedlisk sosnowych, usytuowanych na glebach lekkich i ubogich w kationy o charakterze zasadowym.

W roztworach glebowych pojawiały się okresowo (Białowieża, Krucz, Strzałowo) jony NO_3^- , a w Białowieży i Zawadzkim również jony NH_4^+ . W Kruczu nie obserwuje się degradacji drzewostanu, dla której charakterystyczna jest obecność azotanów (V) w roztworach glebowych, możliwe więc, że występowanie azotanów (V) wiąże się z przekraczającym biologiczne zapotrzebowanie organizmów roślinnych nadmiernym dopływem azotu z atmosfery. W Strzałowie i Białowieży wysokie stężenia jonów NO_3^- 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 mierzonych na otwartym (bezdrewnym) terenie. 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 około dwukrotnie 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 wносиły w Szklarskiej Porębie ładunek siarki w formie siarczanowej (VI) w wysokości $3,3 \text{ kg S ha}^{-1}$, a nieco niższy w Piwnicznej ($2,7 \text{ kg S ha}^{-1}$). Całkowita depozycja siarki w formie siarczanów do gleby w drzewostanie była w Szklarskiej Porębie około półtorakrotnie wyższa niż w Piwnicznej (odpowiednio $6,0 \text{ kg S ha}^{-1}$ i $4,2 \text{ kg S ha}^{-1}$). Wody opadowe na obu powierzchniach miały kwaśny odczyn (pH w granicach 5,0–5,2) i występowała przewaga mocnych kwasów nad mocnymi zasadami (ANC w opadach bezpośrednich w Szklarskiej Porębie wynosiło $-17,7 \text{ } \mu\text{eq dm}^{-3} \text{ rok}^{-1}$, w Piwnicznej $-8,5 \text{ } \mu\text{eq dm}^{-3} \text{ rok}^{-1}$), natomiast pod okapem tylko w Piwnicznej jony o charakterze zasadowym przeważały nad depozycją kwasową (ANC w opadach podkoronowych w Piwnicznej wyniosło $33,5 \text{ } \mu\text{eq dm}^{-3} \text{ rok}^{-1}$, a w Szklarskiej Porębie $-28,3 \text{ } \mu\text{eq dm}^{-3} \text{ rok}^{-1}$).

W Szklarskiej Porębie gleba charakteryzuje się kwaśnym odczynem i niskim wysyceniem zasadami (Wawrzoniak 2010). Odczyn roztworów glebowych również jest kwaśny, a szeroki 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 dwukrotnie wyższy. Stosunek jonów o charakterze zasadowym do glinu, choć nieco niższy od jedności, wskazuje na korzystniejsze 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 (pH 6,6–7,1) był obojętny, udział jonów zasadowych przekraczał 50% i nie występowało zagrożenie dla korzeni drzew ze strony ruchomego glinu. Depozycja zanieczyszczeń gazowych, a szczególnie SO_2 , osiągała raczej niskie wartości w

porównaniu do pozostałych SPO MI. Niska była również depozycja siarki w postaci siarczanów (VI) w opadach bezpośrednich ($2,2 \text{ kg S ha}^{-1}$) i do gleby pod okapem ($3,7 \text{ kg S ha}^{-1}$) w porównaniu do dwóch górskich drzewostanów świerkowych. Drzewostan mimo to wykazuje cechy powolnego rozpadu na skutek oddziaływania czynników biologicznych, co jest możliwą przyczyną podwyższonych stężeń azotanów (V) i jonów amonowych w roztworach glebowych. Nie wyklucza się tego 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 Birczy różniły się pod względem wielkości i charakteru depozytu: w Birczy depozycja związków azotu (N_{tot}), a zwłaszcza $S\text{-SO}_4^{2-}$ w opadach dopływających do lasu przewyższała depozycję w Gdańsku, pomimo że całkowita suma depozycji w Gdańsku była niższa niż w Birczy. Również depozycja siarki w formie gazowej była w Birczy wyższa niż w Gdańsku.

Pod względem żyzności gleb Bircza charakteryzuje się znacznie korzystniejszymi warunkami niż Gdańsk: pH osiągało wysokie wartości, a w roztworach glebowych dominowały kationy o charakterze zasadowym. W Gdańsku w roztworach glebowych kationy o charakterze zasadowym miały niewielki, około 10% udział. W glebie w tych warunkach istnieje ryzyko uszkodzenia korzeni przez jony glinu. Glin w zakresie pH, jakie występuje w Gdańsku w glebie (pH 3,5–4,2 w fazie mineralnej do głębokości 65 cm, Wawrzoniak 2010) i w roztworach glebowych (pH 4,8), 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 północnej Polsce oraz w rejonach podgórskich Karpat w warunkach, gdy zarówno opady bezpośrednie i jak i podkoronowe charakteryzują się zbliżonymi właściwościami kwasowo-zasadowymi (wyrażonymi wskaźnikiem ANC) w obu drzewostanach.

Drzewostany dębowe

W Łącku i Krotoszynie opady atmosferyczne charakteryzowały się odczynem w zakresie normalnym (pH średnie ważone odpowiednio 5,5 i 5,7), przy przewodzie mocnych kwasów nad zasadami ($ANC < 0$). Depozycja wnoszona z opadami na otwartej przestrzeni

na obu powierzchniach była zbliżona co do składu chemicznego i ilości. W Krotoszynie depozycja docierająca do gleby pod okapem była nieco wyższa w niż w Łącku, jednak różnice w jej składzie nie były wysokie. 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. Pomimo że stężenie glinu w roztworach glebowych na głębokości 25 cm jest w Łącku około czterokrotnie niższe niż w Krotoszynie, bardziej prawdopodobne jest tam ryzyko zaburzeń rozwoju korzeni drzew spowodowane obecnością glinu ruchomego. Wskazuje na to niższy od jedności stosunek jonów zasadowych do glinu w roztworach glebowych w silnie ukorzenionym poziomie gleby w Łącku. Dużym zagrożeniem dla prawidłowego rozwoju drzewostanów są niekorzystne właściwości wodno-glebowe 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 zaś, położonej na ciężkiej glebie wytworzonej z gliny zwałowej, występują zarówno okresowe zalewy, jak i niedobory wody.

16. ZMIANY STĘŻEŃ ZANIECZYSZCZEŃ GAZOWYCH, DEPOZYCJI ORAZ SKŁADU ROZTWORÓW GLEBOWYCH PO ROKU 2010 – ANNA KOWALSKA

Stężenia NO_2 i SO_2 w powietrzu poddano analizie występowania trendów w latach 2011–2018 dla tych powierzchni, dla których takie dane były dostępne, tj. dla SPO Gdańsk, Suwałki, Strzałowo, Białowieża, Krucz, Krotoszyn, Łąck, Chojnów, 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 SO_4^{2-} , NO_3^- , NH_4^+ i Ca w latach 2010–2018. 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). Rozkłady cech odbiegały od rozkładu normalnego, a dane cechowały się sezonowością, zatem analizę trendów przeprowadzono nieparametrycznym testem sezonowym Manna-Kendalla (SMK). Dla roztworów glebowych dane agregowano do okresów rocznych, zatem wykonano analizy

testem Manna-Kendalla (MK). Dla testów MK i SMK wyznaczono estymator Sena (Sen 1968, Gilbert 1987) określający wielkość zmiany w jednostce czasu oraz nieparametryczny współczynnik korelacji rangowej (statystyka τ), którego wartość dodatnia wskazuje na tendencję wzrostową mierzonej zmiennej, zaś wartość ujemna na tendencję malejącą. Obliczenia wykonano w projekcie R wersja 3.6.0 (R Core Team 2019) z użyciem pakietów Kendall (McLeod 2011), trend (Pohlert 2018) oraz rkt (Marchetto 2017).

Na każdej z badanych SPO MI w ostatnich latach zanotowano spadek stężenia dwutlenku siarki (tab. 72), przy czym na tych powierzchniach, gdzie z reguły stężenia SO_2 osiągały zarówno najwyższy, jak i jeden z niższych poziomów, tj. odpowiednio w Zawadzkim i w Białowieży, obserwowane tendencje spadkowe nie były istotne ($p > 0,05$). Największe spadki wystąpiły w rejonach górskich: w Szklarskiej Porębie i Birczy oraz w centralnej Polsce: w Kruczu i Łącku. W rejonach o ogólnie niższym poziomie zanieczyszczeń gazowych (północno-wschodnia Polska): w Suwałkach i Strzałowie spadek stężenia SO_2 nie był tak wyraźnie zaznaczony, pomimo że testy wskazują na jego istotność.

Stężenia dwutlenku azotu w powietrzu w badanym okresie również wykazywały tendencje spadkowe na wszystkich badanych powierzchniach SPO MI, jednak trend nie był istotny w Gdańsku, Strzałowie, Krotoszynie i Łącku (tab. 72). Najslabiej zaznaczony istotny spadek stężeń NO_2 miał miejsce w Białowieży, w której od lat stężenia dwutlenku azotu w powietrzu utrzymują się na niskim poziomie w porównaniu z pozostałymi SPO MI.

Na SPO MI największy spadek stężenia NO_2 wystąpił w Chojnowie, gdzie od lat obserwowane są najwyższe stężenia NO_2 spośród powierzchni monitoringu lasów. Poza tym duży spadek zaobserwowano również w Piwnicznej, Zawadzkim i Suwałkach.

Stężenia gazowych zanieczyszczeń powietrza w latach 2011–2018 przedstawiono na rycinach 145–150, czerwona linia ilustruje tendencje zmian stężeń.

W latach 2010–2018 ani na otwartej przestrzeni, ani pod okapem (tab. 73) nie występowały istotne trendy wysokości opadów na powierzchniach SPO MI, z wyjątkiem 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 była powierzchnia sosnowa w Strzałowie, gdzie nie zaobserwowano trendu oraz świerkowa w Piwnicznej, gdzie opady w badanym okresie uległy zakwaszeniu.

Wzrostowi pH opadów towarzyszyło zmniejszanie się depozycji siarki w formie siarczanów (VI). Depozycja $S-SO_4^{2-}$ na wszystkich SPO MI na otwartej przestrzeni (z wyjątkiem Białowieży) oraz pod okapem wykazywała tendencję malejącą. Trend był nieistotny ($p>0,05$) w opadach na otwartej przestrzeni w Białowieży i Piwnicznej oraz pod okapem na SPO w buczynie Birczy i w dąbrowach w Krotoszynie i Łącku. Spadek depozycji $S-SO_4^{2-}$ był zatem bardziej zauważalny w drzewostanach gatunków iglastych niż liściastych.

Zmniejszające się zakwaszenie opadów i spadek depozycji związków siarki wiązał się z tendencją wzrostu zasadowości opadów w drzewostanach na większości SPO MI (istotny trend rosnący w opadach podkoronowych w Birczy, Krotoszynie, Łącku, Białowieży, Kruczu, Chojnowie, Zawadzkim, Suwałkach i Szklarskiej Porębie), z wyjątkiem Piwnicznej.

Depozycja związków azotu w znacznie mniejszym stopniu niż $S-SO_4^{2-}$ podlegała trendom i trudno jest wskazać jednakowy kierunek zmian na terenie Polski. Trendy wzrostu depozycji $N-NO_3^-$ wykryto pod okapem w Strzałowie, Chojnowie i Piwnicznej oraz na otwartej przestrzeni w Białowieży, zaś trendy spadkowe w opadach atmosferycznych w Szklarskiej Porębie. Depozycja formy zredukowanej azotu ($N-NH_4^+$) istotnie malała w Gdańsku, Strzałowie, Kruczu i Piwnicznej, natomiast rosła w Białowieży. Prawdopodobnie właśnie wzrostowi depozycji zakwaszających związków azotu w Strzałowie i Białowieży należałoby przypisać brak istotnych trendów wzrostu pH opadów, pomimo zmniejszającej się depozycji związków siarki.

Depozycja głównego kationu o charakterze zasadowym – wapnia – nie ulegała istotnym trendom (z wyjątkiem spadku depozycji Ca w Zawadzkim (sosna), Szklarskiej Porębie i Suwałkach (świerk) na otwartej przestrzeni i Szklarskiej Porębie pod okapem), przyczyniając się do zmniejszania się zakwaszenia opadów w warunkach malejącej depozycji związków siarki.

Warunki w glebie w badanym okresie pozostawały na większości SPO stabilne; wszelkie trendy wielkości depozycji w ciągu ostatnich lat w niewielkim stopniu znajdowały odzwierciedlenie w zmianach składu chemicznego roztworów glebowych (tab. 74). W roztworach glebowych kwasowość zmniejszała się na obu głębokościach tylko w Szklarskiej Porębie (świerk), co można powiązać z istotnie malejącymi trendami depozycji związków siarki ($S-SO_4^{2-}$) i azotu ($N-NO_3^-$) w opadach. Wskaźnik pH wykazywał trend rosnący również na głębokości 25 cm w Suwałkach (Św) i 50 cm w

Strzałowie (So), lecz obie te powierzchnie charakteryzują się stosunkowo żyznymi glebami o zazwyczaj niższej kwasowości roztworów glebowych niż na innych SPO.

Dzięki temu, że badania w Chojnowie (sosna) rozpoczęto wcześniej niż na pozostałych SPO MI, długość serii danych obejmującej lata 2004–2018 pozwoliła na wykrycie rosnącego trendu pH na głębokości 50 cm, zapewne związanego z malejącym stężeniem jonów siarczanowych (VI) na obu głębokościach. Pomimo tego na przestrzeni kilkunastu lat spada udział kationów w stosunku do glinu w górnej warstwie gleby, zatem trudno jednoznacznie stwierdzić, że warunki glebowe w Chojnowie ulegają poprawie.

Malejąca depozycja siarki z opadami ($S-SO_4^{2-}$) z rzadka powodowała istotne trendy spadkowe w stężeniu jonów siarczanowych w roztworach glebowych. Oprócz drzewostanu w Chojnowie (sosna), stężenia SO_4^{2-} w roztworach glebowych malały także w Birczy (buk) na 25 cm oraz Białowieży (sosna) i Szklarskiej Porębie (świerk) na 50 cm głębokości. Natomiast na pozostałych SPO na glebach kwaśnych i uboższych w składniki odżywcze nie zaobserwowano istotnych trendów pH, stężeń siarczanów (VI) ani azotu całkowitego.

W Zawadzkiem (sosna) na Śląsku, gdzie notowano w opadach rosnący trend pH i zasadowości przy malejącej depozycji 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 ($p \leq 0,05$), a 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 zakwaszenie profilu glebowego i badania roztworów glebowych nie wskazują na poprawę warunków glebowych.

Zmiany odczynu gleb oraz proporcji między kationami o charakterze zasadowym a jonami glinu w latach 2010–2018 dla wybranych SPO MI przedstawiono na rycinach 151–154.

CZĘŚĆ V INFORMACJE OGÓLNE I PODSUMOWANIE

17. 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... 2018) zawiera dane za 2017 r. Wyniki dotyczące krajowych badań stanu koron drzew w lasach na stałych powierzchniach obserwacyjnych I rzędu Centrum ICP Forests uzyskało z 29 krajów (w tym z Belgii wyniki oddzielnie z regionów Flandrii i Walonii) – ryc. 155.

Należy podkreślić, że porównanie wyników z poszczególnych krajów może być obarczone błędem ze względu na znaczne zróżnicowanie warunków klimatycznych i przyrodniczych tych krajów, duże różnice w wielkości ich terytoriów, różną lesistość oraz strukturę gatunkową drzewostanów. Występują duże różnice, jeżeli chodzi o liczbę stałych powierzchni obserwacyjnych I rzędu oraz liczbę gatunków poddanych obserwacjom. Ponadto istnieją pewne różnice w metodyce prowadzanych badań w różnych krajach.

W 2017 r. w lasach Polski, Litwy, Łotwy i Belgii – Flandrii zarówno udział drzew zdrowych (klasa 0, do 10% defoliacji), jak i udział drzew uszkodzonych (klasy 2 do 4, powyżej 25% defoliacji) nie był wysoki, natomiast większość drzew (ponad 60%) została zaliczona do klasy ostrzegawczej (defoliacja od 11% do 25%).

Udział drzew zdrowych w naszym kraju wynosił: dla gatunków razem – 10,0%, dla iglastych – 7,9%, dla liściastych – 13,7%, natomiast udział drzew uszkodzonych wynosił: dla gatunków razem – 20,2%, dla gatunków iglastych – 18,4% i dla gatunków liściastych – 23,3% (tab. 75). W 2016 roku udziały te wynosiły odpowiednio: dla drzew zdrowych – 8,3%, 6,7% i 11,3%, dla drzew uszkodzonych – 19,5%, 17,1% i 24,0% (tab. 76).

Lepszą niż Polska lokatę w rankingu udziału drzew zdrowych (udziały wyższe) zanotowano dla gatunków razem – w 27 krajach (od 11,4% drzew zdrowych na Łotwie do 70,7% – w Serbii), dla gatunków iglastych – w 27 krajach (od 10,8% drzew zdrowych na Słowacji do 79,2% – w Serbii), a dla gatunków liściastych – w 20 krajach (od 15,0% drzew zdrowych w Szwajcarii do 69,6% – w Serbii). Lepszą niż Polska lokatę w rankingu udziału drzew uszkodzonych (udziały niższe) zanotowano dla gatunków razem w dziewięciu krajach (od 5,2% drzew uszkodzonych w Estonii do 19,0% – w Norwegii); dla gatunków iglastych – w dziewięciu krajach (od 5,3% drzew uszkodzonych na Łotwie

do 18,2% – w Szwecji), a dla gatunków liściastych – w jedenastu krajach (od 0,0% drzew uszkodzonych w Andorze, do 23,1% – w Belgii – Flandrii).

Gorszą niż Polska lokatę w rankingu udziału drzew zdrowych (udziały niższe) zanotowano dla gatunków razem oraz dla gatunków iglastych – tylko w Belgii – Flandrii, natomiast dla gatunków liściastych – w pięciu krajach (na Łotwie, w Belgii – Flandrii, we Francji, w Hiszpanii i we Włoszech).

Gorszą niż Polska lokatę w rankingu udziału drzew uszkodzonych (udziały wyższe) zanotowano dla gatunków razem – w 18 krajach (od 21,1% drzew uszkodzonych w Belgii – Flandrii i na Litwie, do 53,6% – w Czechach), dla gatunków iglastych – w 19 krajach (od 18,6% drzew uszkodzonych w Belgii – Flandrii do 60,3% – w Czechach), dla gatunków liściastych – w 14 krajach (od 24,0% drzew uszkodzonych w Chorwacji do 53,2% – we Francji).

Dobłą kondycją zdrowotną (ponad 45% drzew zdrowych oraz do 15% drzew uszkodzonych) w zestawieniu dla gatunków razem i w zestawieniu dla gatunków iglastych charakteryzowały się drzewa w lasach Serbii, Rumunii, Danii, Estonii, Andory i Turcji, w zestawieniu dla gatunków liściastych – drzewa w lasach Serbii, Grecji, Danii, Estonii, Rumunii i Turcji.

Wysokie uszkodzenie drzew (do 20% drzew zdrowych oraz powyżej 35% drzew uszkodzonych) w zestawieniu dla gatunków razem występowało w lasach Czech, Belgii – Walonii, Francji, Włoch i Słowenii, w zestawieniu dla gatunków iglastych – w lasach Czech, Belgii – Walonii i Słowacji, a w zestawieniu dla gatunków liściastych – w lasach Francji, Luksemburga, Włoch i Słowenii.

W Grecji, Belgii – Walonii, Czechach, Bułgarii oraz na Słowacji uszkodzenie gatunków iglastych było znacznie większe niż gatunków liściastych. W tych krajach zanotowano mniejsze udziały drzew zdrowych (różnica wynosiła od 6,3 do 35,7 punktów procentowych) i większe udziały drzew uszkodzonych (różnica wynosiła od 14,9 do 28,7 punktów procentowych) wśród gatunków iglastych w porównaniu z gatunkami liściastymi. W kilku innych krajach uszkodzenie gatunków liściastych było znacznie większe niż gatunków iglastych. We Włoszech, Francji, w Luksemburgu, Niemczech, Mołdawii, Rumunii i Czarnogórze zanotowano mniejsze udziały drzew zdrowych (różnica wynosiła od 8,6 do 33,7 punktów procentowych) i większe udziały drzew uszkodzonych (różnica wynosiła od 4,0 do 22,6 punktów procentowych) wśród gatunków liściastych w porównaniu z gatunkami iglastymi. W lasach Polski i Belgii – Flandrii gatunki iglaste charakteryzowały się mniejszym udziałem drzew zdrowych, ale również mniejszym

udziałem drzew uszkodzonych. Natomiast w lasach Andory, Chorwacji i Słowenii wśród gatunków liściastych występowało mniej drzew zdrowych, ale również mniej drzew uszkodzonych.

W pięcioleciu 2013–2017 kondycja zdrowotna lasów, wyrażona udziałem drzew w klasach defoliacji 2–4, w wielu krajach nie ulegała dużym zmianom. Różnica między zanotowanym w kolejnych latach pięciolecia maksymalnym i minimalnym udziałem drzew w tych klasach nie przekracza 6 punktów procentowych (tab. 76). Dotyczy to zarówno krajów o stale niskim poziomie uszkodzenia lasów, jak i tych, w których uszkodzenie jest stale wysokie. Tak stabilną kondycją charakteryzowały się drzewa iglaste w lasach Andory, Łotwy, Estonii, Ukrainy³ i Turcji (do 10% drzew uszkodzonych w kolejnych latach pięciolecia), Serbii, Norwegii, Szwecji i Luksemburga (11–20% drzew uszkodzonych), Niemiec, Litwy i Czarnogóry (21–30% drzew uszkodzonych) oraz Czech (powyżej 30% drzew uszkodzonych). Najbardziej stabilną kondycję gatunków liściastych wykazywały lasy Ukrainy (do 10% drzew uszkodzonych), Serbii i Rumunii (11–20% drzew uszkodzonych), Hiszpanii, Czarnogóry i Chorwacji (21–30% drzew uszkodzonych). W zestawieniu dla gatunków razem stabilną kondycję drzew w pięcioleciu zanotowano w lasach Andory, Łotwy, Ukrainy i Estonii (do 10% drzew uszkodzonych), Turcji, Serbii, Rumunii, Norwegii i Szwecji (11–20% drzew uszkodzonych), Litwy, Niemiec, Czarnogóry, Belgii i Chorwacji (21–30% drzew uszkodzonych) oraz w lasach Włoch, Luksemburga i Czech (powyżej 30% drzew uszkodzonych).

W niektórych krajach, w ciągu pięciolecia 2013–2017, kondycja zdrowotna lasów ulegała znacznym wahaniom. Różnica między zanotowanym maksymalnym i minimalnym udziałem drzew w klasach defoliacji 2–4 przekraczała 12 punktów procentowych (tab. 76). Tak dużą zmiennością kondycji charakteryzowały się gatunki iglaste w lasach: Włoch, Mołdawii, Cypru i Węgier oraz gatunki liściaste w lasach: Węgier, Bułgarii i Słowacji. W zestawieniu dla gatunków razem dużą zmienność kondycji drzew w pięcioleciu zanotowano w lasach Węgier i Cypru.

Spośród krajów regionu subatlantyckiego⁴, reprezentujących podobne jak w Polsce warunki klimatyczne, wyjątkowo wysoki, wyrównany udział drzew w klasach defoliacji 2–4 (gatunki razem) w pięcioleciu utrzymywał się w Czechach (powyżej 50%) (tab. 75 i

³ Dla Ukrainy brak danych za 2016 r.

⁴ Region subatlantycki to jeden z 9 regionów klimatycznych Europy według regionalizacji stosowanej w raportach ICP Forests (*“Forest Condition in Europe – Technical Report of ICP Forests”*). Region subatlantycki tworzą: Polska, Czechy, zachodnia część Słowacji, północna Austria i Szwajcaria, południowo-wschodnie Niemcy, południowa Belgia, Luksemburg i środkowo-wschodnia Francja.

ryc. 156). Wysoki udział drzew uszkodzonych, łagodnie rosnący w kolejnych latach pięciolecia (od 40,1% w 2013 r. do 48,8% w 2017 r.), utrzymywał się we Francji. Również w znacznie gorszej kondycji niż w Polsce były drzewa w lasach Słowacji oraz Luksemburga. Niewiele gorszą kondycją niż w Polsce charakteryzowały się lasy Belgii, Szwajcarii i Niemiec.

W lasach Ukrainy, sąsiadującej z Polską od wschodu, przez okres trzylecia 2013–2015 (dla lat 2016, 2017 brak danych) utrzymywał się bardzo niski, wyrównany udział drzew uszkodzonych (poniżej 10%). Na Litwie w latach 2013, 2016 i 2017 udziały drzew uszkodzonych przyjmowały wartości zbliżone do notowanych w Polsce, a w latach 2014 i 2015 udziały były wyższe – tab. 75 i ryc. 157.

18. PODSUMOWANIE WYNIKÓW – *JERZY WAWRZONIAK*

Wyniki obserwacji, pomiarów i analiz wykonanych w 2018 roku pozwalają na sformułowanie poniższych stwierdzeń:

Liczebność stałych powierzchni obserwacyjnych

- Liczba stałych powierzchni obserwacyjnych I rzędu poddanych obserwacjom w 2018 roku wynosiła 2023: 1398 powierzchni znajduje się w lasach będących w zarządzie Lasów Państwowych, 523 powierzchnie – w lasach będących własnością osób fizycznych, 34 powierzchnie – w granicach parków narodowych, 68 powierzchni – w lasach pozostałych form własności.

Stan zdrowotny drzewostanów

- Kolejność gatunków od najzdrowszych do najbardziej uszkodzonych (ustalona na podstawie analizy trzech parametrów określających zdrowotność: średniej defoliacji, udziału drzew zdrowych (do 10% defoliacji) i udziału drzew uszkodzonych (powyżej 25% defoliacji)) jest następująca: buk << olsza, jodła < inne liściaste < inne iglaste < sosna < świerk, brzoza << dąb.
- Spadek kondycji drzew związany z wiekiem (wyrażony wzrostem defoliacji) zaobserwowano: bardzo wysoki wśród dębów, wysoki – wśród brzoź i gatunków z grupy ‘inne iglaste’, średni – wśród świerków, buków i olsz, niewielki – wśród jodeł i gatunków z grupy ‘inne liściaste’. Nie zanotowano tej zależności u sosny.
- Porównanie kondycji drzew (gatunki razem) w zależności od formy własności lasów wykazało: ogółem w kraju największe uszkodzenia drzew występowały w lasach parków narodowych, natomiast najmniejsze – w lasach państwowych. Przeciętnie wyższy poziom defoliacji drzew w lasach parków narodowych, w porównaniu z lasami innymi form 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.
- Porównanie kondycji drzew w układzie krain wykazało wyjątki od powyższej zależności: w Krainie Małopolskiej najmniej uszkodzone były drzewa w lasach parków narodowych, w Krainie Sudeckiej – najbardziej uszkodzone były drzewa w lasach państwowych.
- Uszeregowano rdLP grupami, według kondycji drzew w lasach, od najzdrowszych do najbardziej uszkodzonych: Szczecinek, Kraków, Olsztyn, Gdańsk < Toruń, Szczecin, Zielona Góra, Piła, Radom, Łódź < Krosno < Białystok < Warszawa <

Poznań << Wrocław, Katowice, Lublin. W lasach rdLP udział drzew zdrowych zawierał się w przedziale od 4,3% do 22,9%, udział drzew uszkodzonych w przedziale od 7,0% do 31,1%, a średnia defoliacja – od 18,7% do 25,1%.

- Kolejność grup województw według kondycji drzew w lasach, od najzdrowszych do najbardziej uszkodzonych: zachodniopomorskie, pomorskie < małopolskie < świętokrzyskie, warmińsko-mazurskie, lubuskie < łódzkie, podkarpackie, kujawsko-pomorskie < lubelskie, podlaskie < dolnośląskie, śląskie < wielkopolskie, mazowieckie < opolskie. W lasach województw udział drzew zdrowych zawierał się w przedziale od 0,2% do 18,7%, udział drzew uszkodzonych – w przedziale od 6,5% do 34,6%, a średnia defoliacja – od 19,4% do 28,0%.
- Kolejność krain przyrodniczo-leśnych według kondycji drzew w lasach, od najzdrowszych do najbardziej uszkodzonych: Bałtycka < Karpacka < Mazursko-Podlaska, Wielkopolsko-Pomorska < Małopolska, Sudecka, Mazowiecko-Podlaska < Śląska. W lasach krain przyrodniczo-leśnych udział drzew zdrowych zawierał się w przedziale od 5,8% do 18,5%, udział drzew uszkodzonych – w przedziale od 9,2% do 29,2%, a średnia defoliacja – od 19,3% do 25,0%.
- Ze względu na małą liczbę drzew poddanych analizie uszeregowanie parków narodowych od najzdrowszych do najbardziej uszkodzonych jest wysoce niepewne: Białowiecki, Ojcowski, Świętokrzyski, Bieszczadzki, Drawieński, < Magurski, Gór Stołowych < Roztoczański, Wielkopolski, Wigierski, Gorczański, Kampinoski, Biebrzański < Woliński, Babiogórski, Tatrzański < Poleski. Ogółem w parkach narodowych udział drzew zdrowych zawierał się w przedziale od 0% do 25%, udział drzew uszkodzonych – w przedziale od 0% do 60%, a średnia defoliacja – od 17,3% do 33,5%.
- W ciągu pięciolecia 2014-2018 poziom zdrowotności lasów był zróżnicowany. W 2015 r. w porównaniu z 2014 r. nastąpiła niewielka poprawa kondycji lasów, natomiast w 2016 r. odnotowano jej pogorszenie (na skutek suszy obejmującej niemal cały kraj w 2015 r.). W latach 2017, 2018 stan zdrowotny lasów ogółem w skali kraju nie zmienił się w sposób istotny. Średnia defoliacja gatunków razem wynosiła w kolejnych latach: 21,9%, 21,5%, 22,7%, 22,8% i 22,4%; udział drzew zdrowych wynosił: 11,6%, 11,9%, 8,3%, 10,0% i 11,3%; udział drzew uszkodzonych: 18,9%, 16,7%, 19,5%, 20,2% i 18,6%.

- W pięcioleciu 2014-2018 wśród gatunków iglastych najzdrowsza była jodła, a najbardziej uszkodzony był świerk, natomiast wśród gatunków liściastych najzdrowszy był buk, a najbardziej uszkodzony – dąb.
- W pięcioleciu 2014-2018 najbardziej stabilną kondycją zdrowotną charakteryzowała się sosna, największym zróżnicowaniem charakteryzowały się iglaste gatunki domieszkowe

Warunki pogodowe w lasach na podstawie danych uzyskanych z IMGW

- W 2018 r. średnia suma opadów w kraju w okresie od 1 marca do 31 lipca, wyliczona na podstawie wyników z 22 stacji synoptycznych IMGW była niska, zbliżona do wartości notowanej w 2015 r., wynosiła 248 mm, co stanowi 80% wieloletniej normy. Najbardziej obfite opady w pięcioleciu wystąpiły w 2017 r. (343 mm = 122% normy), (Biuletyny IMGW z lat 2014-2018).
- Średnie temperatury w kolejnych miesiącach sezonu wegetacyjnego 2018 r. w regionach, podobnie jak w ubiegłych latach pięciolecia, były najniższe w Krainie Karpackiej, a najwyższe w Krainie Śląskiej, zawierały się w przedziałach: w marcu od -1,7°C do 1,9°C, w kwietniu od 11,3°C do 14,2°C, w maju od 13,4°C do 17,6°C, w czerwcu od 14,6°C do 19,3°C, w lipcu od 16,2°C do 20,8°C, w sierpniu od 17,3°C do 21,9°C i we wrześniu od 12,3°C do 16,5°C.

Symptomy i przyczyny uszkodzeń drzewostanów

- Odnotowano uszkodzenia na ponad 75% obserwowanych drzew.
- Najsilniej uszkodzone gatunki liściaste: dęby, olsze, domieszkowe gatunki liściaste, a z gatunków iglastych – świerk.
- Najczęściej uszkodzanym organem drzew iglastych był pień od szyi korzeniowej do podstawy korony, zaś gatunków liściastych – liście.
- Najczęściej występujące symptomy uszkodzenia to „ubytek liści/igieł”.
- Wśród czynników sprawczych dominują owady (przede wszystkim owady liściożerne), uszkadzające w największym stopniu gatunki liściaste oraz „konkurencja i inne czynniki” (głównie konkurencja).
- Występowanie uszkodzeń powodowanych przez epifity/parazyty w ostatnich 10 latach zwiększało się. W 2018 roku takie uszkodzenie przypadało na co 29. jodłę oraz na co 44. sosnę.
- Stwierdzono pozytywną zależność pomiędzy nasileniem występowania uszkodzeń i defoliacją drzew.

Warunki klimatyczno-wodne panujące na obszarach leśnych na terenie Polski

- Roczny klimatyczny bilans wodny obszarów leśnych wskazuje na deficyt wilgoci, który wystąpił w 2018 r. na terenach zachodniej Wielkopolski i Ziemi Lubuskiej oraz na Lubelszczyźnie. Deficyt wody w tych rejonach dochodził do 140 mm.
- Nie wykazano korelacji między warunkami wodnymi panującymi w 2017 r. a zmianą defoliacji w roku 2018 r. w stosunku do 2017 r. Dobre warunki zaopatrzenia drzewostanów w wodę w 2017 r. powodowały, że można się było spodziewać pozytywnego efektu w odbudowie ulistnienia po dwóch latach (2015 i 2016), w których susza obejmowała duże obszary kraju.
- Zarówno roczny klimatyczny bilans wodny (CBWR), jak i liczba dni suszy glebowej (LDSR) wykazały silny związek z defoliacją sosen w III, IV i V klasie wieku (tj. w wieku 41–100 lat) (tab. 1). W przypadku drzewostanów najmłodszych nie znaleziono zależności, podobnie zmiana ulistnienia drzewostanów starszych niż 100 lat nie wykazała związku z liczbą dni suszy.

Zdrowotność drzewostanów na obszarach Natura 2000

- Według bazy <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps> (którą prowadzi Europejska Agencja Środowiska Komisji Europejskiej) zaktualizowanej na koniec 2018 roku liczba obszarów Sieci Natura 2000 w Polsce zmieniła się od poprzedniego roku i wynosi 984.
- W roku 2018 na obszarach Sieci Natura 2000 znalazło się 661 czynnych (na których wykonywane były obserwacje i pomiary) powierzchni obserwacyjnych monitoringu leśnego. Stanowi to ponad 30,6% wszystkich aktywnych SPO.
- Większość powierzchni leśnej (80%) znajduje się w 1 – lekkiej klasie defoliacji (defoliacja 15–25%), pozostała część (20%) lasów znajduje się w 2 – średniej klasie defoliacji (defoliacja 26–60%). W roku 2018 nastąpiło po raz kolejny zwiększenie (z 16% do 20%) powierzchni leśnej, na której defoliacja drzew przyjmowała wartości z klasy 2.

Stan odżywienia drzewostanów świerkowych, sosnowych, bukowych i dębowych w latach 1997–2017 na podstawie wyników monitoringu organów asymilacyjnych drzew

- Drzewostany świerkowe wykazują poprawę w zaopatrzeniu w azot. Jednak obecnie około 20% drzewostanów cierpi na niedobór tego pierwiastka. Niepokojący jest aktualny stan odżywienia świerków fosforem. Drzewostany świerkowe są dobrze zaopatrzone w potas i wapń, ale wykazują niedobory magnezu.

- Drzewostany sosnowe są zazwyczaj dobrze zaopatrzone w azot różnego pochodzenia, przy równoczesnym nagminnym braku magnezu (40% drzewostanów wykazuje niedobór magnezu, natomiast pozostałe 60% znajduje się w dolnej klasie optimum) oraz siarki (u 80–100% drzewostanów stwierdzono niedobór siarki we wszystkich cyklach pomiarowych).
- Drzewostany bukowe są dobrze zaopatrzone w wapń, azot i fosfor. Znaczny niedobór potasu utrzymujący się na podobnym poziomie od 1997 roku stwierdzono u ponad 60% drzewostanów. Od 1997 roku nastąpiła poprawa zaopatrzenia buków w magnez, jednakże nadal ponad połowa drzewostanów cierpi z powodu niedoboru tego pierwiastka.
- W pierwszym cyklu pomiarów (1997 rok) drzewostany dębowe wykazywały niewielkie niedobory magnezu i fosforu, obecnie są 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.

Właściwości fizyko-chemiczne gleb leśnych i ich zmiany w latach 2007–2017

- Porównując dane z roku 2017 z rokiem 2007 na SPO II, obserwuje się zmniejszenie zakwaszenia gleb leśnych, przejawiające się wzrostem wartości pH oraz wzrostem stopnia wysycenia kompleksu sorpcyjnego. Zmniejszenie się kwasowości gleb obserwuje się niezależnie od gatunku panującego w drzewostanie, typu gleby czy typu siedliskowego lasu. Wzrost wartości odczynu powoduje jednocześnie wzrost żyzności siedlisk.
- W tym okresie nastąpił znaczny wzrost materii organicznej oraz azotu całkowitego. Wzrost zawartości azotu całkowitego powoduje wzrost tempa rozkładu materii organicznej. Wraz ze wzrostem zawartości materii organicznej wzrastają zdolności sorpcyjne gleb.
- Najwięcej azotu całkowitego, a najmniej C_{org} zaobserwowano w glebach brunatnych wyługowanych. Zjawisko to świadczy o szybkim tempie rozkładu materii organicznej.

Warunki meteorologiczne na SPO MI

- **Temperatura** powietrza – średnia roczna temperatura ze wszystkich stacji mierzona na wysokości +2 m wyniosła w 2018 r. +8,9°C i była o 0,8°C wyższa niż w roku 2017. Najzimniejszym miesiącem roku był luty z temperaturą średnią –4,2°C, o 0,4°C wyższą niż najchłodniejszy miesiąc styczeń w roku 2017.

Najniższą średnią temperaturę miesięczną ze wszystkich stacji ($-7,5^{\circ}\text{C}$) odnotowano dla lutego w Szklarskiej Porębie. Najwyższą zaś dla lipca ze średnią temperaturą $+19,3^{\circ}\text{C}$, wyższą o $1,4^{\circ}\text{C}$ od temperatury sierpnia, który był najcieplejszym miesiącem w roku 2017. Najwyższą średnią temperaturę miesięczną dla stacji wykazały w sierpniu stacje w Krotoszynie i Zawadzkiem ($+21,3^{\circ}\text{C}$). Najwyższe dobowe temperatury powietrza wystąpiły w większości stacji meteorologicznych w pierwszej dekadzie sierpnia.

- Roczne sumy opadów wynosiły od 443,8 mm w Łącku do 794,5 mm na stacji w Szklarskiej Porębie. Suma opadów w sezonie wegetacyjnym wynosiła od 247,2 w Łącku do 466,5 mm na stacji w Piwnicznej. Na okres letni (od kwietnia do września) przypadło przeciętnie 57,2% rocznej sumy opadów. Stosunek sumy opadów, które wystąpiły w okresie letnim, do sumy opadów w ciągu całego roku wahał się od 41,5% w Szklarskiej Porębie do 69,2% w Piwnicznej.
- **Suma opadów** z miesięcznego okresu pomiarowego zawierała się w przedziale wartości od 7,1 mm w październiku na stacji w Łącku do 213,7 mm w lipcu na stacji w Strzałowie. Przeciętnie w przeliczeniu na stację odnotowano 49,5 mm opadu miesięcznie. W sezonie wegetacyjnym było to 56,3 mm miesięcznie, zaś w pozostałym okresie 42,6 mm miesięcznie. Najwyższa średnia miesięczna opadów ze wszystkich stacji (116,8 mm) wystąpiła w lipcu. Najmniej opadów zarejestrowano w lutym – średnio 21,1 mm. Poniżej 10 mm miesięcznie opadu spadło w lutym, marcu i październiku w Łącku oraz w lutym i listopadzie w Krotoszynie.
- Najwyższą maksymalną prędkość wiatru (w porywach $47,3\text{ m/s}$) zarejestrowano 12 kwietnia na stacji w Krotoszynie. Niewiele mniejszą prędkość ($46,9\text{ m/s}$) osiągnął wiatr 21 marca na stacji w Gdańsku. Najśłabsze porywy wiatru rejestrowano na stacji w Białowieży (max. $14,9\text{ m/s}$) i w Zawadzkiem (max. $16,4\text{ m/s}$).
- Porównując warunki termiczne i opadowe na stacjach pomiędzy latami 2015, 2017 i 2018, należy odnotować, że 2018 był rokiem o wyższej o $0,8^{\circ}\text{C}$ średniej temperaturze powietrza ze wszystkich stacji niż rok 2017. Wartość tej średniej była prawie taka sama jak w niezwykle ciepłym roku 2015. Rok 2018 był znacznie uboższy w opady od roku 2017. Na wszystkich powierzchniach monitoringu intensywnego opady zarejestrowane w całym roku i w sezonie wegetacyjnym były znacząco niższe niż w roku 2017.

Depozyt całkowity jonów 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 16,1 kg ha⁻¹ do 29,3 kg ha⁻¹. Depozycja na wszystkich powierzchniach była mniejsza niż w roku 2017, najmniejszy spadek, o 5% – zanotowano w Birczy, zaś największy (57%) w Białowieży. Na pozostałych powierzchniach depozycja wyniosła od 66% do 85% tej z roku 2017.
- Niską ilość jonów zdeponowały opady w nadleśnictwie Strzałowo, Białowieża i Piwniczna (16,1–17,4 kg ha⁻¹).
- 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 1,85% depozytu rocznego wszystkich składników. Na metale ciężkie, wśród których ilościowo dominował cynk, przypadło od 0,5% do 0,9%, tj. od 0,11 kg ha⁻¹ rok⁻¹ do 0,20 kg ha⁻¹ rok⁻¹. Największe ilości metali ciężkich zanotowano na SPO MI w Szklarskiej Porębie i Gdańsku (odpowiednio 0,20 i 0,18 kg ha⁻¹ rok⁻¹), czyli tam, gdzie był również najwyższy całkowity depozyt składników.
- W opadach na SPO MI średnie miesięczne pH mieściło się w granicach od 4,9 do 5,9 (mediany od 4,9 do 6,5). Minimalną wartość osiągnęło w styczniu w Birczy, a maksymalną w czerwcu w Chojnowie.
- Udział jonów o charakterze zakwaszającym (SO₄²⁻, NO₃⁻, Cl⁻ i NH₄⁺) w depozycie wyrażonym sumą ładunku molarnego (H⁺, Cl⁻, SO₄²⁻, NO₃⁻, NH₄⁺, Ca, Na, K, Mg, Fe, Al, Mn, Zn, Cu, Cd i Pb) wynosił od 56% do 70%.

Opady podkoronowe i roztwory glebowe na SPO MI

- Depozyt podkoronowy mieścił się w zakresie od 38,8 kg ha⁻¹ rok⁻¹ do 71,4 kg ha⁻¹ rok⁻¹. Był wysoki w drzewostanie dębowym w Krotoszynie (71,4 kg ha⁻¹ rok⁻¹) i na powierzchniach świerkowych w Suwałkach (67,2 kg ha⁻¹ rok⁻¹) i Szklarskiej Porębie (61,7 kg ha⁻¹ rok⁻¹). Na powierzchniach sosnowych w Kruczu, Białowieży i Strzałowie pod okapem zdeponowana została niska ilość składników (odpowiednio 38,8, 42,9 i 45,1 kg ha⁻¹ rok⁻¹), a na pozostałych powierzchniach depozyt wyniósł od 45,5 kg ha⁻¹ rok⁻¹ do 58,1 kg ha⁻¹ rok⁻¹.
- Depozyt pierwiastków śladowych i metali ciężkich: żelaza, manganu, glinu, cynku, miedzi, kadmu i ołowiu wynosił od 0,59 kg ha⁻¹ rok⁻¹ do 1,35 kg ha⁻¹ rok⁻¹, co odpowiadało od 1,0% do 3,1% całkowitej rocznej depozycji podokapowej. Najwyższy udział omawianych metali w depozycie ogólnym stwierdzono w Łącku.

- Obniżone pH, tj. niższe niż 5,0, występowało w ciągu roku w 25% miesięcznych próbek opadów. Opady o pH poniżej 5,0 sporadycznie występowały w półroczu letnim, natomiast przeważały w okresie zimowym.
- Szacuje się, że ilość spływu po pniu przekroczyła w okresie badań 29 mm w Nadleśnictwie Gdańsk i 32 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 ilość oszacowaną dla badanych miesięcy. W miesięcznych okresach badań spływ po pniach stanowił od 1% do 26% opadu bezpośredniego.
- Średnie pH na SPO MI w 2018 roku w badanych roztworach glebowych wynosiło od 3,99 do 7,07 na głębokości 25 cm oraz od 4,54 do 8,09 na głębokości 50 cm. Najbardziej kwaśne roztwory występowały w drzewostanach sosnowych w Zawadzkiem, Kruczu i Chojnowie (pH od 4,4 do 4,6).
- W składzie roztworów glebowych znaczący udział miały kationy o charakterze zasadowym: Ca, Mg i K, które stanowiły na głębokości 50 cm 78% sumy jonów w trzaławie oraz 57% Suwałkach. W płytszej części profilu kationy o charakterze zasadowym miały w Birczy 74% udziału w sumie jonów, 63% Suwałkach i 59% w Strzałowie.
- 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. Stosunek molowy jonów zasadowych (Ca, Mg i K) do glinu (BC/Al) przyjął znacznie niższe od jedności wartości, mieszczące się w zakresie od 0,3 do 0,7 w roztworach glebowych na obu głębokościach w nadleśnictwach: Szklarska Poręba (świerk), Chojnow (sosna), Krucz (sosna), Zawadzkie (sosna) i Gdańsk (buk).
- W okresie badań jony NO_3^- występowały w roztworach glebowych poniżej głównej strefy korzeniowej roślin na głębokości 50 cm w Białowieży w stężeniu od 0,7 do 8,9 mg N dm⁻³ od kwietnia do listopada. W Suwałkach obserwowano stężenie od 1,8 mg N dm⁻³ do nawet 12,5 mg N dm⁻³, przy czym w wysokim stężeniu (powyżej 7 mg N dm⁻³) jony te pojawiały się między majem a lipcem. W Krotoszynie były obecne w stężeniu od 7 mg N dm⁻³ do 14 mg N dm⁻³, w Strzałowie w stężeniu

około

1 mg N dm⁻³ oraz w Kruczu w miesiącach letnich w stężeniu 0,2–0,5 mg N dm⁻³.

- W 2018 roku rozpoczęto zbiór opadu na przełomie marca i kwietnia, a cykl roczny zakończono wiosną 2019 roku. Na powierzchnię gleby w sezonie 2018/2019 opadło 3,87 t ha⁻¹ ścióły w drzewostanie bukowym, 3,94 t ha⁻¹ w drzewostanie sosnowym, 6,71 t ha⁻¹ w świerczynie i najwięcej, bo aż 12,9 t ha⁻¹ w dąbrowie.

Stężenie SO₂ i NO₂ w powietrzu na SPO MI

- Podobnie jak w latach poprzednich, w grupie nadleśnictw zlokalizowanych w północno-wschodniej Polsce (Strzałowo, Białowieża, Suwałki) występowały niskie średnie roczne stężenia dwutlenku siarki (poniżej 1 µg m⁻³). W roku 2018 na wszystkich powierzchniach stężenia SO₂ były wyższe i stanowiły od 103% do 171% wartości notowanych w roku 2017.
- W Rozporządzeniu Ministra Środowiska (Dz. U. z dn. 18 września 2012, poz. 1031) poziom dopuszczalny SO₂ ze względu na ochronę roślin dla roku kalendarzowego i pory zimowej (okres od 1 października do 31 marca) został ustalony na poziomie 20 µg m⁻³. Średnie roczne stężenia SO₂ na SPO MI zawierały się w granicach 0,7 µg m⁻³ – 2,7 µg m⁻³, co stanowiło od 3% do 13% wartości dopuszczalnej. W porze zimowej zakres stężeń wynosił od 0,9 µg m⁻³ do 3,4 µg m⁻³, tj. od 5% do 17% wartości dopuszczalnej, nie stwierdzono zatem stężeń stwarzających bezpośrednie zagrożenie dla ochrony roślin.
- Po spadku stężeń odnotowanym w roku 2017, na wszystkich powierzchniach nastąpił wzrost i w 2018 roku średnie roczne stężenia NO₂ stanowiły od 102% do 157% wartości z roku 2017.
- Podobnie jak w poprzednich latach, najwyższe średnie roczne stężenia NO₂ stwierdzono w rejonach centralnej Polski: w Chojnowie (13,3 µg m⁻³) i Łącku (9,9 µg m⁻³) oraz południowej Polski, w Zawadzkiem (9,4 µg m⁻³) i zachodniej w Krotoszynie (8,0 µg m⁻³).
- W nadleśnictwach północnej i północno-wschodniej Polski: Białowieża (3,6 µg m⁻³), Strzałowo (3,6 µg m⁻³ rok⁻¹), Suwałki (5,2 µg m⁻³ rok⁻¹) i Gdańsk (6,3 µg m⁻³ rok⁻¹), w Kruczu w Wielkopolsce (7,0 µg m⁻³ rok⁻¹), a także w rejonach podgórskich i górskich: Bircza i Piwniczna (po 3,9 µg m⁻³ rok⁻¹) oraz Szklarska Poręba (4,5 µg m⁻³ rok⁻¹) występowały niższe stężenia NO₂ średnio rocznie niż w Chojnowie, Łącku, Zawadzkiem i Krotoszynie, podobnie jak w poprzednich latach badań.

- W roku 2018 średnie wartości stężeń NO_2 wynosiły od $3,6 \mu\text{g m}^{-3} \text{rok}^{-1}$ do $13,3 \mu\text{g m}^{-3} \text{rok}^{-1}$, tj. odpowiednio od 12% do 44% wartości dopuszczalnej poziomu tlenków azotu. Wartość dopuszczalna została określona dla tlenków azotu Rozporządzeniem Ministra Środowiska (Dz. U. z dn. 18 września 2012, poz. 1031) dla roku kalendarzowego ze względu na ochronę roślin na poziomie $30 \mu\text{g m}^{-3}$.
- Gazowa depozycja siarki wyniosła w nadleśnictwach północno-wschodniej Polski: Strzałowie, Białowieży, Suwałkach od $0,9 \text{ kg S ha}^{-1} \text{rok}^{-1}$ do $1,1 \text{ kg S ha}^{-1} \text{rok}^{-1}$. W północnej części Polski w Gdańsku, w centralnej Polsce w Chojnowie oraz Sudetach w Szklarskiej Porębie wynosiła od $1,5 \text{ kg S ha}^{-1} \text{rok}^{-1}$ do $1,7 \text{ kg S ha}^{-1} \text{rok}^{-1}$, w Wielkopolsce w Kruczu i Krotoszynie od $1,8 \text{ kg S ha}^{-1} \text{rok}^{-1}$ do $1,9 \text{ kg S ha}^{-1} \text{rok}^{-1}$, w górach w Piwnicznej i Birczy, a także w Łącku od $2,0 \text{ kg S ha}^{-1} \text{rok}^{-1}$ do $2,4 \text{ kg S ha}^{-1} \text{rok}^{-1}$, a w Zawadzkiem aż $3,4 \text{ kg S ha}^{-1} \text{rok}^{-1}$.
- Najmniejszą depozycję azotu – około $1,0 \text{ kg}$ – odnotowano w Birczy, w rejonie podkarpackim. Niskie ilości – od $1,4 \text{ kg N ha}^{-1} \text{rok}^{-1}$ do $1,5 \text{ kg N ha}^{-1} \text{rok}^{-1}$ – zostały zdeponowane w nadleśnictwach położonych w północnej i północno-wschodniej Polsce: Białowieży i Strzałowie oraz w Karpatach w Piwnicznej. Pośrednie ilości – od $1,7 \text{ kg N ha}^{-1} \text{rok}^{-1}$ do $2,3 \text{ kg N ha}^{-1} \text{rok}^{-1}$ – otrzymały powierzchnie w Szklarskiej Porębie, Gdańsku, Suwałkach i Krotoszynie. W Kruczu, Łącku i Zawadzkiem depozycja N wyniosła odpowiednio $2,7$, $2,9$ i $3,6 \text{ kg N ha}^{-1} \text{rok}^{-1}$, a najwyższa była w Chojnowie ($5,1 \text{ kg N ha}^{-1} \text{rok}^{-1}$).
- Na powierzchniach SPO MI od 54% do 68% depozycji N oraz od 58% do 73% depozycji S przypadało na okres zimowy.

Prognoza

- Stan zdrowotny lasów wyrażony poziomem defoliacji wykazuje okresową i lokalną zmienność z nieznacznym trendem wzrostu defoliacji w ostatnich latach i trend ten będzie prawdopodobnie utrzymany. Wydaje się, że jest to efekt długotrwałej adaptacji drzewostanów do zmian klimatycznych. Należy się spodziewać występowania trudno przewidywalnych ekstremalnych warunków pogodowych mogących powodować zjawiska klęskowe na ograniczonej powierzchni.

Porównanie międzynarodowe

- Dobrą kondycją zdrowotną (ponad 45% drzew zdrowych oraz do 15% drzew uszkodzonych) w zestawieniu dla gatunków razem charakteryzowały się drzewa w lasach Serbii, Rumunii, Danii, Estonii, Andory i Turcji.

- Wysokie uszkodzenie drzew (do 20% drzew zdrowych oraz powyżej 35% drzew uszkodzonych) w zestawieniu dla gatunków razem występowało w lasach Czech, Belgii-Walonii, Francji, Włoch i Słowenii.
- Polska znalazła się w grupie krajów (wraz z Litwą, Łotwą i Belgią – Flandrią) gdzie, zarówno udział drzew zdrowych (klasa 0, do 10% defoliacji), jak i udział drzew uszkodzonych (klasy 2 do 4, powyżej 25% defoliacji) nie był wysoki, natomiast większość drzew (ponad 60%) została zaliczona do klasy ostrzegawczej (defoliacja od 11% do 25%).
- W lasach Polski i Belgii – Flandrii gatunki iglaste charakteryzowały się mniejszym udziałem drzew zdrowych, ale również mniejszym udziałem drzew uszkodzonych w porównaniu z gatunkami liściastymi.

19. 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.
- Bergmann W. 1993: *Ernährungsstörungen bei Kulturpflanzen*. Gustav Fischer Verlag Stuttgart.
- Bi S.P., An S.Q., Tang W., Yang M., Qian H.F., Wang J. 2001. Modelling the distribution of aluminium speciation in acid soil solution equilibria with the mineral phase alunite. *Environmental Geology*, 41: 25–36.
- Biino U., Tazzi C. 1998. Analisi nutrizionale delle foglie. [In:] Ballarin Denti A., Cocucci S.M., Sartori F. (eds.), *Monitoraggio delle foreste sotto stress ambientale*. Fondazione Lombardia per l'Ambiente: 173–179.
- Biuletyny Państwowej Służby Hydrologiczno-Meteorologicznej, miesięczniki z lat 2013-2017, Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej, Warszawa.
- Blunden J., Arndt D., Baringer M. 2011. State of the Climate in 2010. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 92(6).
- 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.
- 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, 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. Rapport, 591, 220.
- Burke E.J., Brown S.J., Christidis N. 2006. Modeling the recent evolution of global drought and projections for the twenty-first century with the Hadley Centre climate model. *Journal of Hydrometeorology*, 7(5): 1113–1125.
- 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.
- 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.
- 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.
- Colville 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: 29–50.
- Degórska A., Białoskórska U., Typiak-Nowak D. 2011. Metodyczne aspekty pobierania próbek opadów do oznaczania zawartości metali ciężkich. *Monitoring Środowiska Przyrodniczego*, 12: 21–29.
- 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.
- Fowler D., Steadman C.E., Stevenson D., Coyle M., Rees R.M., Skiba U.M., Sutton M.A., Cape J.N., Dore A.J., Viero 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., Galloway J.N. 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
- Gilbert R.O. 1987. 16.5 Sen's Nonparametric Estimator of Slope. *Statistical Methods for Environmental Pollution Monitoring*, Van Nostrand Reinhold Company Inc.: 217–219, ISBN 0-442-23050-8.
- Gundersen P., Emmett B.A., Kjønaas O.J., Koopmans C.J., Tietema A. 1998. Impact of nitrogen deposition on nitrogen cycling in forests: a synthesis of NITREX data. *Forest Ecology and Management*, 101: 37–55.

- 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.
- 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
- Hanschel R., Kaupenjohann M., Horn R., Zech W. 1988. Acid rain studies in the Fichtelgebirge (NE-Bavaria), [In:] Mathy P. (ed.). *Air pollution and ecosystems*. Riedel, Dordrecht: 881–886.
- 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.
- Hettelingh J.-P., Posch M., Slootweg J. (eds.). 2017. European critical loads: database, biodiversity and ecosystems at risk, CCE Final Report 2017, Coordination Centre for Effects, RIVM Report 2017-0155, Bilthoven, Netherlands, [dostęp 12 kwietnia 2019].
- 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.
- Johnson M.S., Lehmann J. 2006. Double-funneling of trees: Stemflow and root-induced preferential flow. *Écoscience*, 13(3): 324–333.
- 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. *Journal of Japan Society of Hydrology and Water Resources*, 5(2): 29–36 (in Japanese with English summary).
- 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., Astel A., Boczoń A., Polkowska Ż. 2016a. Atmospheric deposition in coniferous and deciduous tree stands in Poland. *Atmospheric Environment*, 133: 145–155.
- Kowalska A., Boczoń A., Hildebrand R., Polkowska Ż. 2016b. 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.
- Krajowy bilans emisji SO_2 , NO_x , CO, NH_3 , NMLZO, pyłów, metali ciężkich i TZO za lata 2015–2017 w układzie klasyfikacji SNAP. Raport syntetyczny. 2019. Instytut Ochrony

- Środowiska – Państwowy Instytut Badawczy, Krajowy Ośrodek Bilansowania i Zarządzania Emisjami, Warszawa, [dostęp 12 kwietnia 2019 r.],
http://www.kobize.pl/uploads/materialy/materialy_do_pobrania/krajowa_inwentaryzacja_emisji/Bilans_emisji_za_2017.pdf
- 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.
- 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): 401–407.
- 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. *Annals of Forest Science*: 67: 411.
- 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.
- 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 worldwide. *Hydrological Processes*, 15: 2341–2360.
- Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests. (2010). UNECE, ICP Forests, Hamburg.
- Marchetto A. 2017. rkt: Mann-Kendall Test, Seasonal and Regional Kendall Tests. R package version 1.5. <https://CRAN.R-project.org/package=rkt>
- McLeod A.I. 2011. Kendall: Kendall rank correlation and Mann-Kendall trend test. R package version 2.2. <https://CRAN.R-project.org/package=Kendall>
- Michel A, Seidling W, Prescher A-K, editors (2018) Forest Condition in Europe: 2018 Technical Report of ICP Forest. Report under the UNECE Convention on Long-range Transboundary Air Pollution (Air Convention). Online Supplementary Material. 45 p. Available at <http://icp-forests.net/page/icp-forests-technical-report>
- Minutes of the 3rd Forest Foliar Expert Panel Meeting. Vienna, 7–8 November 1995.
- Natura 2000. Biuletyn o przyrodzie i różnorodności biologicznej. Dyrekcja Generalna ds. Środowiska Komisji Europejskiej. Numer 43. Luty 2018, ISSN 2443-776X.

- 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.
- Neirynck 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.
- 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.
- Ochrona Środowiska 2017. Informacje i opracowania statystyczne. Główny Urząd Statystyczny, Warszawa.
- 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 lądowych – adaptacja metody CCE do warunków środowiskowych Polski. *Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych*, 47: 121–132.
- Pohlert T. 2018. Non-Parametric Trend Tests and Change-Point Detection. R package version 1.1.0. <https://CRAN.R-project.org/package=trend>
- R Core Team. 2019. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>
- Rasmussen L. 1998. Effects of afforestation and deforestation on the deposition, cycling and leaching of elements. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 67: 153–159.
- 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 2018. Główny Urząd Statystyczny, Warszawa.
- Rocznik Statystyczny Rzeczypospolitej Polskiej 2018. Główny Urząd Statystyczny, Warszawa, [dostęp 10 kwietnia 2019], https://stat.gov.pl/download/gfx/portalinformacyjny/pl/defaultaktualnosci/5515/2/18/1/rocznik_statystyczny_rzeczypospolitej_polskiej_2018_.pdf
- Rocznik Statystyczny Województw 2018. Główny Urząd Statystyczny, Zakład Wydawnictw Statystycznych, Warszawa, [dostęp 10 kwietnia 2019],

- https://stat.gov.pl/download/gfx/portalinformacyjny/pl/defaultaktualnosci/5515/4/13/1/rocznik_statystyczny_wojewodztw_2018.pdf
- 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 24 sierpnia 2012 r. w sprawie poziomów niektórych substancji w powietrzu. Dziennik Ustaw z dn. 18 września 2012, poz. 1031.
- 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.
- 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.
- 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.
- Sen P.K. 1968. Estimates of the Regression Coefficient Based on Kendall's Tau. *Journal of the American Statistical Association*, 63: 1379–1389, DOI: 10.1080/01621459.1968.10480934
- 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.
- Ustawa o ochronie przyrody z dnia 16 kwietnia 2004 r. Dz. U. 2004 nr 92 poz. 880.
- Van Stan J.T., Stubbins A. 2018. Tree-DOM: Dissolved organic matter in throughfall and stemflow. *Limnology and Oceanography Letters*, 3: 199–214.
- Waldner P., Marchetto A., Thimonier A., Schmitt M., Rogora M., Granke O., Mues V., Hansen K., Pihl-Karlsson G., Žilindra D., Clarke N., Verstraeten A., Lazdins A., Schimming C., Iacoban C., Lindroos A.-J., Vanguelova E., Benham S., Meesenburg H., Nicolas M., Kowalska A., Apuhtin V., Napa U., Lachmanová Z., Kristoefel F., Bleeker A., Ingerslev M., Vesterdal L., Molina J., Fischer U., Seidling W., Jonard M., O'Dea P.,

- Johnson J., Fischer R., Lorenz M. 2014. Detection of temporal trends in atmospheric deposition of inorganic nitrogen and sulphate to forests in Europe. *Atmospheric Environment*, 95: 363–374, DOI: 10.1016/j.atmosenv.2014.06.054
- 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.
- 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
- Wawrzoniak J. [red.]. (2018). Stan zdrowotny lasów w Polsce w 2017 roku na podstawie badań monitoringowych. Instytut Badawczy Leśnictwa, Zakład Zarządzania Zasobami Leśnymi, Sękocin Stary.
- Wójcik J. 1999. Stan odżywienia drzewostanów sosnowych na podstawie badań monitoringowych. Instytut Badawczy Leśnictwa. [W:] 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 Gründe für das Fichten- und Tannensterben in NO-Bayern. *Forstwissenschaftliches Centralblatt*, 102: 50–55.

20. SPIS TABEL

- Tabela 1. Liczba SPO I rzędu wg form własności (RDLP i Parki Narodowe) - 2018 rok
- Tabela 2. Liczba SPO I rzędu wg form własności w układzie krain - 2018 rok
- Tabela 3. Liczba SPO I rzędu wg form własności w układzie województw – 2018 rok
- Tabela 4. Liczba SPO I rzędu wg form własności w układzie gatunków drzew panujących w drzewostanie - 2018 rok
- Tabela 5. Liczba SPO I rzędu w lasach w zarządzie LP, zestawienie wg gatunków w układzie RDLP – 2018 rok
- Tabela 6. Liczba SPO I rzędu w lasach wszystkich form własności, zestawienie według gatunków w układzie krain przyrodniczo leśnych - 2018 rok (granice krain według korekty z 2010 r.)
- Tabela 7. Liczba SPO I rzędu w lasach wszystkich form własności, zestawienie według gatunków w układzie województw - 2018 rok
- Tabela 8. Liczba SPO I rzędu w parkach narodowych, zestawienie wg gatunków - 2017 rok
- Tabela 9. Udział procentowy drzew (3 grupy wiekowe) w klasach defoliacji wg gatunków na SPO I rzędu - wszystkie formy własności - 2018 rok
- Tabela 10. Udział procentowy drzew (3 grupy wiekowe) w klasach odbarwienia wg gatunków na SPO I rz. - wszystkie formy własności - 2018 rok
- Tabela 11. Udział procentowy drzew (3 grupy wiekowe) w klasach uszkodzenia wg gatunków na SPO I rz. - wszystkie formy własności - 2018 rok

- Tabela 12. Udział procentowy drzew (3 grupy wiekowe) w kl. defoliacji wg gat. na SPO I rz. - lasy w zarządzie Lasów Państwowych - 2018 rok
- Tabela 13. Udział procentowy drzew (3 grupy wiekowe) w klasach defoliacji wg gatunków na SPO I rzędu - lasy prywatne - 2018 rok ^{*)}
- Tabela 14. Udział procentowy drzew (3 grupy wiekowe) w kl. defoliacji wg gat. na SPO I rz. - lasy w granicach parków narodowych - 2018 rok
- Tabela 15. Udział procentowy drzew (3 grupy wiekowe) w kl. defoliacji wg gat. na SPO I rz. - lasy pozostałych kategorii własności - 2018 rok
- Tabela 16. Średnia defoliacja monitorowanych gatunków według form własności i przedziałów wieku - 2018 rok
- Tabela 17. 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, 2018 r. (LP – Lasy Państwowe, PN – parki narodowe)
- Tabela 18. 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, 2018 r.
- Tabela 19. 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 do 60 lat, lasy w zarządzie Lasów Państwowych, 2018 r.
- Tabela 20. 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 > 60 lat, lasy w zarządzie Lasów Państwowych, 2018 r.
- Tabela 21. 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, 2018 r.
- Tabela 22. 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 do 60 lat, wszystkie formy własności, 2018 r.
- Tabela 23. 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 > 60 lat, wszystkie formy własności, 2018 r.
- Tabela 24. 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, 2018 rok
- Tabela 25. 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 21-60 lat, wszystkie własności, 2018 rok
- Tabela 26. 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 > 60 lat, wszystkie własności, 2018 rok

Tabela 27. 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, 2018 rok

Tabela 28. 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 2014-2018

Tabela 29. 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 2014-2018

Tabela 30. 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 [%], w układzie gatunków, według wieku (młodsze – od 21 do 60 lat, starsze – powyżej 60 lat), w pięcioleciu 2014-2018

Tabela 31. Wskaźnik występowania uszkodzeń na drzewach poszczególnych gatunków w wyróżnionych klasach wieku w roku 2018 oraz trend zmian wskaźnika występowania uszkodzeń na jednym drzewie w okresie 2011 – 2018 określony za pomocą testu Mann-Kendall'a (W – wzrost, PW – prawdopodobny wzrost, N – brak trendu)

Tabela 32. Liczba uszkodzeń przypadająca w 2018 roku na 1 drzewo danego gatunku w krainach przyrodniczo-leśnych i RDLP oraz trend zmian tego wskaźnika w okresie 2013 – 2018 określony za pomocą testu Mann-Kendall'a (W – wzrost, PW – prawdopodobny wzrost, N – brak trendu)

Tabela 33. Najczęściej występujące lokalizacje, symptomy i czynniki sprawcze uszkodzeń występujących na drzewach poszczególnych gatunków w 2018 roku

Tabela 34. Udział procentowy wskazanych lokalizacji występowania uszkodzeń na drzewach wyróżnionych gatunków i grup gatunków w 2018 roku

Tabela 35. Liczba i udział symptomów uszkodzenia na drzewach poszczególnych gatunków w 2018 roku

Tabela 36. Liczba i udział wyróżnionych kategorii czynników sprawczych uszkodzeń na drzewach poszczególnych gatunków w 2017 roku oraz trendy zmian identyfikowania czynników sprawczych w okresie 2010-2017 (SP – spadek, N – brak trendu)

Tabela 37. Udział uszkodzeń drzew spowodowanych przez wyróżnione grupy owadów oraz kategorie innych czynników i konkurencji na drzewach poszczególnych gatunków na SPO I rzędu w 2017 roku

Tabela 38. Uszkodzenia drzew wyróżnionych gatunków i grup gatunków spowodowane przez epifity/parazyty (głównie jemiołę) na SPO I rzędu w latach 2008-2018 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 (W – wzrost, PW – prawdopodobny wzrost, N – brak trendu)

Tabela 39. Początkowa liczba drzew w grupach jednorodnych pod względem gatunku drzewa, przedziału wieku oraz bonitacji siedliska, wyznaczonych spośród drzew ocenianych w 2008 roku na SPO I rzędu

- Tabela 40. Wskaźniki śmiertelności dla wyróżnionych grup jednorodnych sosny – referencyjny (WŚr) i empiryczny (WŚe) oraz liczebności drzew służące do obliczenia wskaźników śmiertelności: N0 – na początku okresu (2008 rok) i N1 – po 10 latach (w roku 2018)
- Tabela 41. Wskaźniki śmiertelności dla wyróżnionych grup jednorodnych świerka – referencyjny (WŚr) i empiryczny (WŚe) oraz liczebności drzew służące do obliczenia wskaźników śmiertelności: N0 – na początku okresu (2008 rok) i N1 – po 10 latach (w roku 2018)
- Tabela 42. Wskaźniki śmiertelności dla wyróżnionych grup jednorodnych dębów – referencyjny (WŚr) i empiryczny (WŚe) oraz liczebności drzew służące do obliczenia wskaźników śmiertelności: N0 – na początku okresu (2008 rok) i N1 – po 10 latach (w roku 2018)
- Tabela 43. Wskaźniki śmiertelności dla wyróżnionych grup jednorodnych buka – referencyjny (WŚr) i empiryczny (WŚe) oraz liczebności drzew służące do obliczenia wskaźników śmiertelności: N0 – na początku okresu (2008 rok) i N1 – po 10 latach (w roku 2018)
- Tabela 44. Wskaźniki śmiertelności dla wyróżnionych grup jednorodnych brzoź – referencyjny (WŚr) i empiryczny (WŚe) oraz liczebności drzew służące do obliczenia wskaźników śmiertelności: N0 – na początku okresu (2008 rok) i N1 – po 10 latach (w roku 2018)
- Tabela 45. Wyniki analizy trendów zmian wartości empirycznych wskaźników śmiertelności drzew w grupach homogenicznych wraz z wiekiem dla sosny, dębów i buka wg testu Mann-Kendall’a (N – brak trendu, W – wzrost)
- Tabela 46. Zestawienie sum opadów od 1 marca do 31 lipca w pięcioleciu 2014-2018 według RDLP *)
- Tabela 47. Zestawienie sum opadów od 1 marca do 31 lipca w pięcioleciu 2014-2018 według krain przyrodniczo-leśnych *)
- Tabela 48. Korelacja liniowa zmiany defoliacji drzew z klimatycznym bilansem wodnym (CBWR) i liczbą dni suszy (LDSR) drzewostanów sosnowych różnych klas wieku
- Tabela 49. Korelacja liniowa zmiany defoliacji drzew z klimatycznym bilansem wodnym (CBWR) i liczbą dni suszy (LDSR) drzewostanów sosnowych rosnących w różnych typach siedliskowych lasu
- Tabela 50. Średnia defoliacja na stałych powierzchniach obserwacyjnych (SPO) I rzędu znajdujących się na specjalnych obszarach ochrony siedlisk (SOO) obszarów Natura w latach 2000-2017
- Tabela 51. Średnia defoliacja na obszarach Natura 2000 z powierzchniami monitoringu leśnego w 2018 roku
- Tabela 52. Kryteria poziomu zaopatrzenia świerka (*Picea abies*) w składniki pokarmowe na podstawie ich zawartości w igłach bieżącego rocznika – klasyfikacja austriacka (Burg 1985 i 1990, Bergmann 1993)
- Tabela 53. Proporcje między makroelementami w igłach świerka bieżącego rocznika (Hüttl 1985)
- Tabela 54. Graniczne zawartości makroelementów w igłach sosny, obowiązujące w Dolnej Saksonii (Minutes of the 3rd Forest Foliar Expert Panel Meeting 1995)
- Tabela 55. Proporcje między makroelementami w igłach sosny bieżącego rocznika oraz w liściach buka i dębu (Biino i Tazzi 1998)
- Tabela 56. Kryteria poziomu zaopatrzenia buka (*Fagus sylvatica*) w składniki pokarmowe na podstawie ich zawartości w liściach – klasyfikacja austriacka (Burg 1985 i 1990, Bergmann 1993)

- Tabela 57. Kryteria poziomu zaopatrzenia dębu (*Quercus* sp.) w składniki pokarmowe na podstawie ich zawartości w liściach – klasyfikacja austriacka (Burg 1985 i 1990, Bergmann 1993)
- Tabela 58. Średnia zawartość składników pokarmowych w igłach świerka w latach 1997–2017
- Tabela 59. Średnia zawartość składników pokarmowych w igłach sosny w latach 1997–2017
- Tabela 60. Średnia zawartość składników pokarmowych w liściach buka w latach 1997–2017
- Tabela 61. Średnia zawartość składników pokarmowych w liściach dębu w latach 1997–2017
- Tabela 62. Średnie wartości miesięczne temperatury powietrza i gleby, wilgotności i promieniowania oraz miesięczne sumy opadów – stacje meteorologiczne na SPO MI – 2018 r.
- Tabela 63. Procentowy udział pomiarów z wiatrem – stacje meteorologiczne na SPO MI – 2018 r.
- Tabela 64. Temperatury maksymalne oraz co najmniej 14 dniowe okresy bez, bądź z minimalnymi opadami na SPO MI w 2018 r. Kolorem czerwonym wyróżniono temperaturę maksymalną oraz okresy co najmniej 10 dni bez opadów.
- Tabela 65. Depozyt roczny [kg ha^{-1}] (bez RWO) wniesiony z opadami na SPO MI w 2018 roku. RWO – rozpuszczony węgiel organiczny, N_{tot} – azot całkowity
- Tabela 66. 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 $\alpha=0,05$
- Tabela 67. Wyniki testu Manna-Whitneya dla średniego stężenia SO_2 i NO_2 w miesiącach okresu letniego ($N=6$) i zimowego ($N=6$). Kursywą i pogrubioną czcionką zaznaczono istotne różnice między medianą okresu letniego i zimowego
- Tabela 68. Istotność różnic ($p \leq 0,05$) stężeń gazowych zanieczyszczeń powietrza między powierzchniami SPO MI. Wyniki testu ANOVA Kruskala-Wallisa
- Tabela 69. Depozyt [kg ha^{-1}] wniesiony z opadami w drzewostanach na SPO MI w 2018 roku (bez RWO). RWO – rozpuszczony węgiel organiczny, N_{tot} – azot całkowity, PK – depozyt podkoronowy, PP – depozyt wniesiony ze spływem po pniu
- Tabela 70. 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 $\alpha=0,05$
- Tabela 71. Empiryczne ładunki krytyczne N i objawy towarzyszące ich przekroczeniu dla poszczególnych elementów ekosystemów leśnych (wg Bobbink i Hettelingh 2011)
- Tabela 72. 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 2011–2018. Pogrubioną czcionką zaznaczono wartości wykryte trendy ($p \leq 0,05$). Ujemne wartości τ wskazują na trend malejący
- Tabela 73. 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 2010–2018. Pogrubioną czcionką zaznaczono wykryte trendy ($p \leq 0,05$). Ujemne wartości τ wskazują na trend malejący, dodatnie, oznaczone czerwoną czcionką – na trend rosnący

- Tabela 74. 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 [cm^3] i stężeń składników [mg dm^{-3}] w próbkach roztworów glebowych z głębokości 25 cm i 50 cm na powierzchniach monitoringu intensywnego w latach 2010–2018. Pogrubioną czcionką zaznaczono wykryte trendy ($p \leq 0,05$). Ujemne wartości τ wskazują na trend malejący, dodatnie, oznaczone czerwoną czcionką – na trend rosnący
- Tabela 75. Procentowy udział drzew w klasach defoliacji (gatunki iglaste, liściaste i razem) w krajach Europy w 2017 r. na podstawie krajowych inwentaryzacji według rosnących wartości w klasach 2-4
- Tabela 76. Zmiany w udziale drzew w klasach defoliacji 2-4 w latach 2013-2017 w krajach Europy na podstawie krajowych inwentaryzacji

21. SPIS RYCIN

- Rycina 1. Rozmieszczenie stałych powierzchni obserwacyjnych I i II rzędu w RDLP
- Rycina 2. Rozmieszczenie stałych powierzchni obserwacyjnych I i II rzędu w krainach przyrodniczo-leśnych
- Rycina 3. Udział drzew monitorowanych gatunków w klasach defoliacji w 2018 r. Wiek powyżej 20 lat. Wszystkie formy własności.
- Rycina 4. Udział drzew monitorowanych gatunków w klasach defoliacji w 2018 r. Wiek od 21 do 60 lat. Wszystkie formy własności.
- Rycina 5. Udział drzew monitorowanych gatunków w klasach defoliacji w 2018 r. Wiek powyżej 60 lat. Wszystkie formy własności.
- Rycina 6. Udział drzew monitorowanych gatunków w klasach defoliacji w 2018 r. Wiek powyżej 20 lat. Lasy w zarządzie Lasów Państwowych.
- Rycina 7. Udział drzew monitorowanych gatunków w klasach defoliacji w 2018 r. Wiek od 21 do 60 lat. Lasy w zarządzie Lasów Państwowych.
- Rycina 8. Udział drzew monitorowanych gatunków w klasach defoliacji w 2018 r. Wiek powyżej 60 lat. Lasy w zarządzie Lasów Państwowych.
- Rycina 9. Udział drzew monitorowanych gatunków w klasach defoliacji w 2018 r. Wiek powyżej 20 lat. Lasy - własność osób fizycznych.
- Rycina 10. Udział drzew monitorowanych gatunków w klasach defoliacji w 2018 r. Wiek od 21 do 60 lat. Lasy będące własnością osób fizycznych. (buk – wyniki z 25 drzew)
- Rycina 11. Udział drzew monitorowanych gatunków w klasach defoliacji w 2018 r. Wiek powyżej 60 lat. Lasy będące własnością osób fizycznych. (inne iglaste – wyniki z 2 drzew)
- Rycina 12. Udział drzew monitorowanych gatunków iglastych w klasach defoliacji w latach 2014-2018. Wiek powyżej 20 lat. Wszystkie formy własności.
- Rycina 13. Udział drzew monitorowanych gatunków liściastych w klasach defoliacji w latach 2014-2018. Wiek powyżej 20 lat. Wszystkie formy własności.
- Rycina 14. Udział drzew monitorowanych gatunków razem w klasach defoliacji w latach 2014-2018. Wiek powyżej 20 lat. Wszystkie formy własności.
- Rycina 15. Średnia defoliacja grup gatunków drzew w kraju – 2018 r.

- Rycina 16. Średnie wartości defoliacji wg grup gatunków w układzie form własności (LP – lasy w zarządzie Lasów Państwowych, PN – lasy w granicach parków narodowych) – 2018 r.
- Rycina 17. Średnie wartości defoliacji wg grup gatunków w krainach przyrodniczo-leśnych – 2018 r.
- Rycina 18. Średnie wartości defoliacji gatunków iglastych w regionalnych dyrekcjach Lasów Państwowych (las w zarządzie Lasów Państwowych) – 2018 r.
- Rycina 19. Średnie wartości defoliacji gatunków liściastych w regionalnych dyrekcjach Lasów Państwowych (las w zarządzie Lasów Państwowych) – 2018 r.
- Rycina 20. Udział drzew monitorowanych gatunków łącznie w klasach defoliacji 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 – 2018 r. (inne własności w Krainie Mazursko-Podlaskiej oraz parki narodowe w Krainie Sudeckiej – wyniki z 20 drzew)
- Rycina 21. Udział drzew monitorowanych gatunków łącznie w klasach defoliacji w układzie krain przyrodniczo-leśnych w 2018 r.
- Rycina 22. Udział drzew monitorowanych gatunków łącznie w klasach defoliacji w układzie regionalnych dyrekcji Lasów Państwowych (las w zarządzie LP) w 2018 r.
- Rycina 23. Udział drzew monitorowanych gatunków łącznie w klasach defoliacji w układzie województw w 2018 r.
- Rycina 24. Udział drzew monitorowanych gatunków łącznie w klasach defoliacji w układzie parków narodowych w 2018 r.
- Rycina 25. Udział drzew (gatunki razem) w klasach defoliacji 2-4 w latach 2014-2018. RDLP, w których różnica między minimum a maksimum tego udziału w pięcioleciu wynosi mniej niż 7 punktów procentowych. Wiek drzew powyżej 20 lat. Lasy w zarządzie Lasów Państwowych.
- Rycina 26. Udział drzew (gatunki razem) w klasach defoliacji 2-4 w latach 2014-2018. RDLP, w których różnica między minimum a maksimum tego udziału w pięcioleciu zawiera się w przedziale 7-12 punktów procentowych. Wiek drzew powyżej 20 lat. Lasy w zarządzie Lasów Państwowych.
- Rycina 27. Udział drzew (gatunki razem) w klasach defoliacji 2-4 w latach 2014-2018. RDLP, w których różnica między minimum a maksimum tego udziału w pięcioleciu jest większa niż 12 punktów procentowych. Wiek drzew powyżej 20 lat. Lasy w zarządzie Lasów Państwowych.
- Rycina 28. Udział drzew monitorowanych gatunków razem w klasach defoliacji 2-4 w krainach przyrodniczo-leśnych w latach 2014-2018. Wiek powyżej 20 lat. Wszystkie formy własności.
- Rycina 29. Poziom uszkodzenia lasów w 2018 roku na podstawie oceny defoliacji na Stałych Powierzchniach Obserwacyjnych z wyróżnieniem 3 klas defoliacji
- Rycina 30. Poziom uszkodzenia lasów w 2018 roku na podstawie oceny defoliacji na Stałych Powierzchniach Obserwacyjnych z wyróżnieniem 5% przedziałów defoliacji
- Rycina 31. Różnica w poziomie uszkodzenia lasów pomiędzy latami 2017 i 2018 na podstawie zmiany defoliacji na Stałych Powierzchniach Obserwacyjnych
- Rycina 32. Zależność pomiędzy defoliacją średnią dla SPO I rzędu, a występowaniem uszkodzeń wyrażonym: góra – liczbą drzew z uszkodzeniami i dół – liczbą drzew z uszkodzeniami o nasileniu powyżej 40%)

- Rycina 33. Wzrost liczby uszkodzeń spowodowanych przez epifity/parazyty (jemiołę) wyrażony w liczbach bezwzględnych oraz przyrost tych uszkodzeń względem roku poprzedniego [%] w latach 2008-2018
- Rycina 34. Występowanie epifitów/parazytów (w tym jemioły) na SPO I rzędu w Polsce w 2018 r.
- Rycina 35. Dziesięcioletnie referencyjne i empiryczne wskaźniki śmiertelności ($W\dot{S}_r$ i $W\dot{S}_e$) sosn pogrupowanych w zależności od przedziału wieku drzew i bonitacji siedliska
- Rycina 36. Dziesięcioletnie referencyjne i empiryczne wskaźniki śmiertelności ($W\dot{S}_r$ i $W\dot{S}_e$) świerków pogrupowanych w zależności od przedziału wieku drzew i bonitacji siedliska
- Rycina 37. Dziesięcioletnie referencyjne i empiryczne wskaźniki śmiertelności ($W\dot{S}_r$ i $W\dot{S}_e$) dębów pogrupowanych w zależności od przedziału wieku drzew i bonitacji siedliska
- Rycina 38. Dziesięcioletnie referencyjne i empiryczne wskaźniki śmiertelności ($W\dot{S}_r$ i $W\dot{S}_e$) buków pogrupowanych w zależności od przedziału wieku drzew i bonitacji siedliska
- Rycina 39. Dziesięcioletnie referencyjne i empiryczne wskaźniki śmiertelności ($W\dot{S}_r$ i $W\dot{S}_e$) brzoź pogrupowanych w zależności od przedziału wieku drzew i bonitacji siedliska
- Rycina 40. Uszkodzenie drzewostanów (gatunki razem, iglaste i liściaste) oraz suma opadów [% normy] od 1 marca do 31 lipca w latach 2014-2018 w krainach przyrodniczo-leśnych
- Rycina 41. Średnie temperatury powietrza oraz sumy miesięczne opadów od marca do września^{*)} w latach 2014-2018 w Krainie (I) Bałtyckiej
- Rycina 42. Średnie temperatury powietrza oraz sumy miesięczne opadów od marca do września^{*)} w latach 2014-2018 w Krainie (II) Mazursko-Podlaskiej
- Rycina 43. Średnie temperatury powietrza oraz sumy miesięczne opadów od marca do września^{*)} w latach 2014-2018 w Krainie (III) Wielkopolsko-Pomorskiej
- Rycina 44. Średnie temperatury powietrza oraz sumy miesięczne opadów od marca do września^{*)} w latach 2014-2018 w Krainie (IV) Mazowiecko-Podlaskiej
- Rycina 45. Średnie temperatury powietrza oraz sumy miesięczne opadów od marca do września^{*)} w latach 2014-2018 w Krainie (V) Śląskiej
- Rycina 46. Średnie temperatury powietrza oraz sumy miesięczne opadów od marca do września^{*)} w latach 2014-2018 w Krainie (VI) Małopolskiej
- Rycina 47. Średnie temperatury powietrza oraz sumy miesięczne opadów od marca do września^{*)} w latach 2014-2018 w Krainie (VII) Sudeckiej
- Rycina 48. Średnie temperatury powietrza oraz sumy miesięczne opadów od marca do września^{*)} w latach 2014-2018 w Krainie (VIII) Karpackiej
- Rycina 49. Klimatyczny bilans wodny w okresie półrocza letniego (a) i w okresie całego 2018 r. (b) oraz liczba dni suszy w półroczu letnim (c) i w całym 2018 r. (d) na terenie Polski
- Rycina 50. Warunki wodne w 2017 r. i różnica defoliacji drzewostanów między latami 2018 i 2017
- Rycina 51. Zależność między klimatycznym bilansem wodnym i liczbą dni suszy a różnicą defoliacji w drzewostanach sosnowych III klasy wieku
- Rycina 52. Zależność między liczbą dni suszy a różnicą defoliacji w drzewostanach sosnowych rosnących w borach mieszanych i lasach mieszanych
- Rycina 53. Rozmieszczenie SPO I i II rzędu oraz powierzchni Monitoringu Intensywnego na obszarach Natura 2000 (stan na koniec 2018 r.)
- Rycina 54. Poziom uszkodzenia lasów na obszarach Natura 2000 na podstawie oceny defoliacji na stałych powierzchniach obserwacyjnych (stan na 2018 rok)

- Rycina 55. Różnica w poziomie uszkodzenia lasów na obszarach Natura 2000 pomiędzy latami 2018 i 2017 na podstawie zmiany defoliacji na stałych powierzchniach obserwacyjnych
- Rycina 56. Karta kontrolna Shewarta materiału certyfikowanego INCT-MPH-2 dla siarki
- Rycina 57. Stan odżywienia drzewostanów świerkowych azotem w latach 1997–2017
- Rycina 58. Stan odżywienia drzewostanów świerkowych fosforem w latach 1997–2017
- Rycina 59. Stan odżywienia drzewostanów świerkowych potasem w latach 1997–2017
- Rycina 60. Stan odżywienia drzewostanów świerkowych wapniem w latach 1997–2017
- Rycina 61. Stan odżywienia drzewostanów świerkowych magnezem w latach 1997–2017
- Rycina 62. Równowaga między azotem i wapniem w igłach świerka w latach 1997–2017
- Rycina 63. Równowaga między azotem i potasem w igłach świerka w latach 1997–2017
- Rycina 64. Równowaga między azotem i fosforem w igłach świerka w latach 1997–2017
- Rycina 65. Równowaga między azotem i magnezem w igłach świerka w latach 1997–2017
- Rycina 66. Równowaga między potasem i magnezem w igłach świerka w latach 1997–2017
- Rycina 67. Równowaga między wapniem i magnezem w igłach świerka w latach 1997–2017
- Rycina 68. Stan odżywienia drzewostanów sosnowych azotem w latach 1997–2017
- Rycina 69. Stan odżywienia drzewostanów sosnowych fosforem w latach 1997–2017
- Rycina 70. Stan odżywienia drzewostanów sosnowych wapniem w latach 1997–2017
- Rycina 71. Stan odżywienia drzewostanów sosnowych potasem w latach 1997–2017
- Rycina 72. Stan odżywienia drzewostanów sosnowych magnezem w latach 1997–2017
- Rycina 73. Stan odżywienia drzewostanów sosnowych siarką w latach 1997–2017
- Rycina 74. Równowaga między makroelementami w igłach sosny w 1997 roku
- Rycina 75. Równowaga między makroelementami w igłach sosny w 2017 roku
- Rycina 76. Zawartość azotu w liściach buka w latach 1997–2017
- Rycina 77. Zawartość makroelementów w liściach buka w 2017 roku
- Rycina 78. Stan odżywienia drzewostanów bukowych azotem w latach 1997–2017
- Rycina 79. Stan odżywienia drzewostanów bukowych potasem w latach 1997–2017
- Rycina 80. Stan odżywienia drzewostanów bukowych fosforem w latach 1997–2017
- Rycina 81. Stan odżywienia drzewostanów bukowych magnezem w latach 1997–2017
- Rycina 82. Równowaga między makroelementami w liściach buka w 1997 roku
- Rycina 83. Równowaga między makroelementami w liściach buka w 2017 roku
- Rycina 84. Zawartość azotu w liściach dębu w latach 1997–2017
- Rycina 85. Zawartość makroelementów w liściach dębu w 2017 roku
- Rycina 86. Stan odżywienia drzewostanów dębowych azotem w latach 1997–2017
- Rycina 87. Stan odżywienia drzewostanów dębowych fosforem w latach 1997–2017
- Rycina 88. Stan odżywienia drzewostanów dębowych potasem w latach 1997–2017
- Rycina 89. Stan odżywienia drzewostanów dębowych wapniem w latach 1997–2017
- Rycina 90. Stan odżywienia drzewostanów dębowych magnezem w latach 1997–2017
- Rycina 91. Równowaga między makroelementami w liściach dębu w 1997 roku
- Rycina 92. Równowaga między makroelementami w liściach dębu w 2017 roku
- Rycina 93. Zmienność odczynu na przestrzeni 10 lat w zależności od siedliska i typu gleby
- Rycina 94. Odczyn gleb w zależności od gatunku panującego

- Rycina 95. Zawartość węgla (C) [g/kg] w ektopróchnicach w zależności od typu siedliskowego lasu i typu gleby
- Rycina 96. Średnie zawartości węgla (C) i azotu (N) [g/kg] pod różnymi gatunkami drzewostanów w latach 2007–2017
- Rycina 97. Zawartość azotu (N) [g/kg] w ektopróchnicach w zależności od typu siedliskowego lasu i typu gleby
- Rycina 98. Średni dla gatunku stosunek C:N w glebach
- Rycina 99. Średnie sumy zasad (TEB) [cmol+/kg] w latach 2007–2017
- Rycina 100. Średnia zawartość pojemności sorpcyjnej (CEC) [cmol+/kg] w siedliskach świeżych nizinnych
- Rycina 101. Średnie wartości stopnia wysycenia kompleksu sorpcyjnego (BS) [%] w siedliskach świeżych nizinnych
- Rycina 102. Średnie dobowe i ekstremalne temperatury powietrza (na wys. 2 m nad ziemią) oraz dobowe sumy opadów atmosferycznych mierzone na stacjach meteorologicznych monitoringu lasu w 2018 r.
- Rycina 103. Wilgotność względna powietrza na wysokości 2 m nad ziemią oraz całkowite promieniowanie padające, mierzone na stacjach meteorologicznych monitoringu lasu w 2018 r.
- Rycina 104. Prędkość wiatru średnia dobową i maksymalną oraz kierunek wiatru mierzone na stacjach meteorologicznych monitoringu lasu w 2018 r.
- Rycina 105. Róża wiatrów mierzonych na automatycznych stacjach meteorologicznych MI w 2018 r.
- Rycina 106. Sumy opadów całego roku i okresu wegetacyjnego z lat 2017 i 2018 dla SPO MI
- Rycina 107. Sumy opadów całego roku i okresu wegetacyjnego z lat 2015 i 2018 dla SPO MI
- Rycina 108. Temperatury średnie roczne, okresu wegetacyjnego i maksymalne dla SPO MI w latach 2017 i 2018
- Rycina 109. Temperatury średnie roczne, okresu wegetacyjnego i maksymalne dla SPO MI w latach 2015 i 2018
- Rycina 110. Przewodność [$\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$] i stężenie składników: Cl⁻, S-SO₄²⁻, N-NO₃⁻, N-NH₄⁺, Ca, Mg, Na, K, Fe, Al, Mn, rozpuszczonego węgla organicznego RWO i azotu całkowitego N_{tot} [mg·dm⁻³] w opadach na otwartej przestrzeni na SPO MI w 2018 roku
- Rycina 111. Suma opadu bezpośredniego [mm] (prawa oś) oraz udział depozytu w sezonie letnim (V–X) i zimowym (I–IV, XI–XII) na SPO MI w 2018 roku
- Rycina 112. pH opadów na otwartej przestrzeni na SPO MI w 2018 roku
- Rycina 113. Histogram pH opadów na otwartej przestrzeni na SPO MI w sezonie letnim (maj–październik) i zimowym (styczeń–kwiecień, listopad–grudzień) w 2018 roku, na osi odciętych znaczniki pokazują środki przedziałów
- Rycina 114. Średnie pH roczne, sezonu letniego (V–X) i zimowego (I–IV i XI–XII) na SPO MI w 2018 roku w opadach na otwartej przestrzeni
- Rycina 115. Histogram ANC [$\mu\text{eq}\cdot\text{dm}^{-3}$] w opadach na otwartej przestrzeni w sezonie letnim (maj–październik) i zimowym (styczeń–kwiecień, listopad–grudzień) w 2018 roku
- Rycina 116. Pojemność zobojętniania kwasów (ANC) [$\mu\text{eq}\cdot\text{dm}^{-3}$] 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 2018 roku

- Rycina 117. Ładunek jonów [$\text{kmol}_e \text{ ha}^{-1}$] oraz stosunek depozytu jonów kwasotwórczych do zasadowych w opadach na otwartej przestrzeni na SPO MI w 2018 roku
- Rycina 118. Stężenie dwutlenku siarki w powietrzu na SPO MI. Słupki błędów przedstawiają minima i maksima wartości stężenia z poszczególnych miesięcy roku 2018
- Rycina 119. Mediana oraz rozstęp stężenia SO_2 na SPO MI dla poszczególnych miesięcy 2018 roku
- Rycina 120. Roczny przebieg stężenia SO_2 w powietrzu na powierzchniach SPO MI w 2018 r.
- Rycina 121. Stężenie dwutlenku azotu w powietrzu na SPO MI. Słupki błędów przedstawiają minima i maksima wartości stężenia z poszczególnych miesięcy roku 2018
- Rycina 122. Mediana oraz rozstęp stężenia NO_2 na SPO MI w poszczególnych miesiącach 2018 roku
- Rycina 123. Roczny przebieg stężenia NO_2 w powietrzu na powierzchniach SPO MI w 2018 r.
- Rycina 124. Szacunkowy roczny depozyt azotu w formie NO_2 i siarki w formie SO_2 na powierzchniach monitoringu intensywnego w 2018 roku
- Rycina 125. Przekroczenia ładunków krytycznych kwasowości (góra) i azotu/eutrofizacji (dół) na obszarze Europy w 2020 roku wg Slootweg i in., 2014
- Rycina 126. Schemat koncepcyjny badań depozytu i przepływu składników w środowisku leśnym na SPO MI
- Rycina 127. Przewodność [$\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$] i stężenie głównych składników [$\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$] w opadach podkoronowych na SPO MI w 2018 roku. RWO – rozpuszczony węgiel organiczny, N_{tot} – azot całkowity
- Rycina 128. Histogram pH opadów podkoronowych na SPO MI w okresie letnim oraz zimowym 2018 r.
- Rycina 129. pH opadów podkoronowych na SPO MI w 2018 roku
- Rycina 130. Histogram pojemności zobojętniania kwasów ANC [$\mu\text{eq} \cdot \text{dm}^{-3}$] w opadach podkoronowych na SPO MI w sezonie zimowym oraz letnim 2018 roku
- Rycina 131. Pojemność zobojętniania kwasów (ANC) [$\mu\text{eq} \cdot \text{dm}^{-3}$] w opadach podkoronowych na SPO MI w 2018 roku. Średnie dla okresu zimowego (miesiące I-IV, XI i XII) i letniego (V-X)
- Rycina 132. Średnia roczna pojemność zobojętniania kwasów (ANC [$\mu\text{eq} \cdot \text{dm}^{-3}$]) w opadach na otwartej przestrzeni (OP) i podkoronowych (PK) na SPO MI w 2018 roku
- Rycina 133. Ładunek jonów [$\text{kmol}_e \text{ ha}^{-1}$] oraz stosunek depozytu jonów kwasotwórczych do zasadowych w opadach podkoronowych na SPO MI w 2018 roku
- Rycina 134. Przepływ jonów z opadami atmosferycznymi i podkoronowym (i po pniu w drzewostanie bukowym) w $\text{mol}_e \text{ ha}^{-1}$ w 2018 roku na wybranych SPO MI: w drzewostanie bukowym w Nadleśnictwie Bircza, dębowym w Nadleśnictwie Krotoszyn, sosnowym w Nadleśnictwie Zawadzkie i świerkowym w Nadleśnictwie Piwniczna
- Rycina 135. Stężenie głównych składników w $\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ oraz pH w wodach spływających po pniach drzew w 2018 roku. Poziomą linią zaznaczono medianę, wąsami – zakres wartości miesięcznych oraz ramką – zakres kwartyłowy
- Rycina 136. Stosunek molowy kationów zasadowych do glinu (BC/Al) w roztworach glebowych na SPO MI w 2018 r. Poziomymi kreskami zaznaczono średnią roczną wartość pH na głębokości 25 cm (kolor niebieski) i 50 cm (kolor czerwony)
- Rycina 137. Suma stężeń jonów [$\mu\text{mol}_e \text{ ha}^{-1}$] w roztworach glebowych na głębokości 25 i 50 cm (oznaczenie z lewej strony pionowej osi wykresu) na SPO MI w 2018 roku

- Rycina 138. Stężenia azotanów (V) w roztworach glebowych na głębokości 25 cm i 50 cm na SPO MI w 2018 roku
- Rycina 139. Stężenia jonów amonowych [mg N dm⁻³] w roztworach glebowych na głębokości 25 cm i 50 cm na SPO MI w 2018 roku
- Rycina 140. Kolektory opadu ścióły w drzewostanie dębowym w Nadleśnictwie Łąck
- Rycina 141. Opad ścióły [kg ha⁻¹] w sezonie 2018/2019 w drzewostanach sosny (Nadl. Chojnów), świerka (Nadl. Suwałki), buka (Nadl. Gdańsk) i dębu (Nadl. Łąck). LG – liście gatunku głównego, NG – nasiona i owoce gatunku głównego, LI – liście innych gatunków, NI – nasiona innych gatunków, R – pozostałe resztki roślinne
- Rycina 142. Procentowy udział suchej masy frakcji ścióły w 2017 i 2018 roku w drzewostanach sosny (Nadl. Chojnów), świerka (Nadl. Suwałki), buka (Nadl. Gdańsk) i dębu (Nadl. Łąck). LG – liście gatunku głównego, NG – nasiona i owoce gatunku głównego, LI – liście innych gatunków, NI – nasiona innych gatunków, R – pozostałe resztki roślinne
- Rycina 143. Roczny opad ścióły w 2017 i 2018 roku w drzewostanach sosny (Nadl. Chojnów), świerka (Nadl. Suwałki), buka (Nadl. Gdańsk) i dębu (Nadl. Łąck). LG – liście gatunku głównego, NG – nasiona i owoce gatunku głównego, LI – liście innych gatunków, NI – nasiona innych gatunków, R – pozostałe resztki roślinne
- Rycina 144. Przepływ makroelementów (N, S, P, K, Mg, Ca) w opadzie ścióły w drzewostanach buka, świerka, dębu i sosny w 2017 roku
- Rycina 145. Stężenia dwutlenku siarki w północnej i północno-wschodniej Polsce w latach 2011–2018
- Rycina 146. Stężenia dwutlenku siarki w centralnej Polsce w latach 2011–2018
- Rycina 147. Stężenia dwutlenku siarki w południowej Polsce w latach 2011–2018
- Rycina 148. Stężenia dwutlenku azotu w północnej i północno-wschodniej Polsce w latach 2011–2018
- Rycina 149. Stężenia dwutlenku azotu w centralnej Polsce w latach 2011–2018
- Rycina 150. Stężenia dwutlenku azotu w południowej Polsce w latach 2011–2018
- Rycina 151. Roztwory glebowe – pH na głębokości 25 cm w latach 2010–2018
- Rycina 152. Stosunek kationów o charakterze zasadowym do glinu (BC:Al) w roztworach glebowych na głębokości 25 cm w latach 2010–2018. Pominięto SPO MI, gdzie BC:Al znacząco przekraczał 2
- Rycina 153. Roztwory glebowe – pH na głębokości 50 cm w latach 2010–2018
- Rycina 154. Stosunek kationów o charakterze zasadowym do glinu (BC:Al) w roztworach glebowych na głębokości 50 cm w latach 2010–2018. Pominięto SPO MI, gdzie BC:Al znacząco przekraczał 2
- Rycina 155. Udział drzew (gatunki razem) w klasach defoliacji w krajach Europy w 2017 r., kraje uszeregowane według położenia geograficznego (UNECE, 2018)
- Rycina 156. Udział drzew gatunków iglastych (słupki po lewej stronie) i gatunków liściastych (słupki po prawej stronie) w klasach defoliacji w krajach Europy.
- Rycina 157. Udział drzew monitorowanych gatunków w klasach defoliacji 2 do 4 w latach 2012–2017 w krajach Regionu Subatlantyckiego oraz w krajach sąsiadujących z Polską (brak danych: 2014 r. - dla Czech, Słowacji i Luksemburga, lata 2016 i 2017 – dla Ukrainy)

Tabela 1. Liczba SPO I rzędu wg form własności (RDLP i Parki Narodowe) - 2018 rok

RDLP	W zarządzie Lasów Państwowych	Osób fizycznych	W granicach parków narodowych	Inne skarbu Państwa (a)	Gminne (b)	Wspólnot gruntowych (c)	Spółdzielni Prod. i Kółek Rolniczych (d)	Inne (e)	Lasy Agencji Rolnej Skarbu Państwa (f)	Inne f. własności razem (a-f)	Formy własności razem
Białystok	116	62	0	0	0	0	0	0	0	0	178
Katowice	92	36	0	2	5	3	0	1	1	12	140
Kraków	41	51	0	2	2	0	0	0	0	4	96
Krosno	72	26	0	3	3	0	0	0	0	6	104
Lublin	76	74	0	2	1	0	0	0	0	3	153
Łódź	61	51	0	1	1	0	0	0	0	2	114
Olsztyn	124	51	0	0	1	0	0	0	0	1	176
Piła	61	3	0	0	1	0	1	0	0	2	66
Poznań	89	21	0	4	3	0	2	1	0	10	120
Szczecin	127	4	0	1	2	0	0	0	0	3	134
Szczecinek	119	6	0	0	0	0	0	0	2	2	127
Toruń	88	15	0	0	1	0	0	0	0	1	104
Wrocław	97	7	0	3	4	0	0	0	2	9	113
Zielona Góra	87	0	0	1	0	0	0	0	0	1	88
Gdańsk	64	10	0	2	1	0	0	0	0	3	77
Radom	53	46	0	1	1	4	0	0	0	6	105
Warszawa	31	60	0	2	0	1	0	0	0	3	94
Parki Narodowe	0	0	34	0	0	0	0	0	0	0	34
Razem	1398	523	34	24	26	8	3	2	5	68	2023

Tabela 2. Liczba SPO I rzędu wg form własności w układzie krain - 2018 rok

Kraina przyrodniczo- leśna	W zarządzie Lasów Państwowych	Osób fizycznych	W granicach parków narodowych	Inne skarbu Państwa (a)	Gminne (b)	Wspólnot gruntowych (c)	Spółdzielni Prod. i Kółek Rolniczych (d)	Inne (e)	Lasy Agencji Rolnej Skarbu Państwa (f)	Inne f. własności razem (a-f)	Formy własności razem
Bałtycka	246	18	2	2	3	0	0	0	2	7	273
Mazursko-Podlaska	158	46	8	0	1	0	0	0	0	1	213
Wielkopolsko-Pomorska	416	53	3	5	4	0	3	1	0	13	485
Mazowiecko-Podlaska	121	163	5	4	0	1	0	0	0	5	294
Śląska	135	10	0	2	3	0	0	1	2	8	153
Małopolska	200	158	3	7	8	7	0	0	0	22	383
Sudecka	33	2	1	1	3	0	0	0	1	5	41
Karpacka	89	73	12	3	4	0	0	0	0	7	181
Razem	1398	523	34	24	26	8	3	2	5	68	2023

Tabela 3. Liczba SPO I rzędu wg form własności w układzie województw – 2018 rok

Województwo	W zarządzie Lasów Państwowych	Osób fizycznych	W granicach parków narodowych	Inne skarbu Państwa (a)	Gminne (b)	Wspólnot gruntowych (c)	Spółdzielni Prod. i Kółek Rolniczych (d)	Inne (e)	Lasy Agencji Rolnej Skarbu Państwa (f)	Inne f. własności razem (a-f)	Formy własności razem
Dolnośląskie	102	7	1	3	4	0	0	0	2	9	119
Kujawsko-Pomorskie	79	16	0	0	1	0	0	0	0	1	96
Lubelskie	68	65	2	2	0	0	0	0	0	2	137
Lubuskie	134	0	1	2	0	0	0	0	0	2	137
Łódzkie	48	46	0	1	2	0	0	0	0	3	97
Małopolskie	50	58	6	2	2	0	0	0	0	4	118
Mazowieckie	79	122	4	2	0	1	0	0	0	3	208
Opolskie	34	4	0	0	2	0	0	1	1	4	42
Podkarpackie	85	38	7	3	4	0	0	0	0	7	137
Podlaskie	79	59	8	0	0	0	0	0	0	0	146
Pomorskie	119	15	0	2	0	0	0	0	0	2	136
Śląskie	45	18	0	2	3	2	0	0	0	7	70
Świętokrzyskie	37	23	1	1	1	5	0	0	0	7	68
Warmińsko-Mazurskie	145	24	0	0	2	0	0	0	0	2	171
Wielkopolskie	134	26	2	4	2	0	3	1	0	10	172
Zachodniopomorskie	160	2	2	0	3	0	0	0	2	5	169
Razem	1398	523	34	24	26	8	3	2	5	68	2023

Tabela 4. Liczba SPO I rzędu wg form własności w układzie gatunków drzew panujących w drzewostanie - 2018 rok

Gatunek drzewa	W zarządzie Lasów Państwowych	Osób fizycznych	W granicach parków narodowych	Inne skarbu Państwa (a)	Gminne (b)	Wspólnot gruntowych (c)	Spółdzielni Prod. i Kółek Rolniczych (d)	Inne (e)	Lasy Agencji Rolnej Skarbu Państwa (f)	Inne f. własności razem (a-f)	Formy własności razem
Sosna	879	297	11	10	11	6	0	1	2	30	1217
Świerk	56	17	5	0	3	0	0	0	0	3	81
Jodła	31	12	3	0	1	0	0	0	0	1	47
Inne iglaste	15	3	1	2	0	0	0	0	0	2	21
Buk	61	8	5	0	2	0	0	0	1	3	77
Dąb	109	21	0	5	3	0	0	1	1	10	140
Brzoza	117	65	4	2	5	0	0	0	0	7	193
Olsza	77	56	4	0	1	1	2	0	0	4	141
Inne liściaste	53	44	1	5	0	1	1	0	1	8	106
Razem	1398	523	34	24	26	8	3	2	5	68	2023

Tabela 5. Liczba SPO I rzędu w lasach w zarządzie LP, zestawienie wg gatunków w układzie RDLP – 2018 rok

RDLP	Sosna	Świerk	Jodła	Inne iglaste	Iglaste razem	Buk	Dąb	Brzoza	Olsza	Inne liściaste	Liściaste razem	Gatunki razem
Białystok	67	12	0	0	79	0	5	16	12	4	37	116
Katowice	49	5	1	4	59	8	11	7	3	4	33	92
Kraków	10	1	9	2	22	9	5	1	1	3	19	41
Krosno	25	4	14	2	45	10	1	2	6	8	27	72
Lublin	51	0	1	0	52	0	13	9	1	1	24	76
Łódź	50	0	0	1	51	1	3	5	0	1	10	61
Olsztyn	71	4	0	0	75	4	13	14	15	3	49	124
Piła	54	0	0	0	54	0	1	4	2	0	7	61
Poznań	60	0	0	0	60	0	11	10	5	3	29	89
Szczecin	86	2	0	2	90	6	11	8	7	5	37	127
Szczecinek	70	7	0	0	77	15	3	13	10	1	42	119
Toruń	75	0	0	1	76	1	4	6	1	0	12	88
Wrocław	34	18	0	0	52	1	19	5	5	15	45	97
Zielona Góra	71	0	0	0	71	2	5	4	2	3	16	87
Gdańsk	47	2	0	3	52	3	0	6	3	0	12	64
Radom	36	1	6	0	43	1	3	3	2	1	10	53
Warszawa	23	0	0	0	23	0	1	4	2	1	8	31
Razem	879	56	31	15	981	61	109	117	77	53	417	1398

Tabela 6. Liczba SPO I rzędu w lasach wszystkich form własności, zestawienie według gatunków w układzie krain przyrodniczo leśnych - 2018 rok (granice krain według korekty z 2010 r.)

Kraina przyrodniczo- leśna	Sosna	Świerk	Jodła	Inne iglaste	Iglaste razem	Buk	Dąb	Brzoza	Olsza	Inne liściaste	Liściaste razem	Gatunki razem
Bałtycka	147	10	0	4	161	25	22	32	25	8	112	273
Mazursko-Podlaska	117	15	0	0	132	0	8	29	35	9	81	213
Wielkopolsko-Pomorska	389	3	0	4	396	7	24	24	21	13	89	485
Mazowiecko-Podlaska	195	1	0	0	196	0	14	53	26	5	98	294
Śląska	84	3	0	3	90	3	24	15	6	15	63	153
Małopolska	257	3	9	3	272	9	37	32	17	16	111	383
Sudecka	1	19	0	0	20	1	7	3	1	9	21	41
Karpacka	27	27	38	7	99	32	4	5	10	31	82	181
Razem	1217	81	47	21	1366	77	140	193	141	106	657	2023

Tabela 7. Liczba SPO I rzędu w lasach wszystkich form własności, zestawienie według gatunków w układzie województw - 2018 rok

Województwo	Sosna	Świerk	Jodła	Inne iglaste	Iglaste razem	Buk	Dąb	Brzoza	Olsza	Inne liściaste	Liściaste razem	Gatunki razem
Dolnośląskie	40	21	0	1	62	1	21	7	5	23	57	119
Kujawsko-Pomorskie	77	0	0	2	79	1	5	8	1	2	17	96
Lubelskie	80	0	0	1	81	2	20	17	10	7	56	137
Lubuskie	111	1	0	1	113	3	8	5	3	5	24	137
Łódzkie	82	0	0	1	83	1	3	8	1	1	14	97
Małopolskie	23	17	20	3	63	15	10	7	4	19	55	118
Mazowieckie	147	0	2	0	149	0	9	30	15	5	59	208
Opolskie	22	1	0	2	25	0	7	5	2	3	17	42
Podkarpackie	57	4	17	3	81	17	4	6	12	17	56	137
Podlaskie	84	10	0	0	94	0	4	22	23	3	52	146
Pomorskie	100	5	0	3	108	9	1	11	7	0	28	136
Śląskie	42	7	2	2	53	6	4	6	1	0	17	70
Świętokrzyskie	43	2	6	0	51	2	3	6	3	3	17	68
Warmińsko-Mazurskie	88	8	0	0	96	4	14	22	25	10	75	171
Wielkopolskie	126	0	0	0	126	0	14	14	14	4	46	172
Zachodniopomorskie	95	5	0	2	102	16	13	19	15	4	67	169
Razem	1217	81	47	21	1366	77	140	193	141	106	657	2023

Tabela 8. Liczba SPO I rzędu w parkach narodowych, zestawienie wg gatunków - 2017 rok

Park Narodowy	Sosna	Świerk	Jodła	Inne iglaste	Iglaste razem	Buk	Dąb	Brzoza	Olsza	Inne liściaste	Liściaste razem	Gatunki razem
Babiogórski	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
Białowiecki	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1
Biebrzański	1	1	0	0	2	0	0	3	1	0	4	6
Bieszczadzki	0	0	1	0	1	3	0	0	0	1	4	5
Drawieński	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
Gorczański	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1
Gór Stołowych	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
Kampinoski	3	0	0	0	3	0	0	1	0	0	1	4
Magurski	0	0	1	1	2	0	0	0	0	0	0	2
Ojcowski	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
Poleski	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1
Roztoczański	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
Świętokrzyski	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1
Tatrzański	0	2	1	0	3	0	0	0	0	0	0	3
Wielkopolski	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	2
Wigierski	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
Woliński	2	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	2
Razem	11	5	3	1	20	5	0	4	4	1	14	34

Tabela 9. Udział procentowy drzew (3 grupy wiekowe) w klasach defoliacji wg gatunków na SPO I rzędu - wszystkie formy własności - 2018 rok

Klasyfikacja			Gatunki											
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	0 - bez defoliacji	0 - 10%	8,3	11,4	24,2	14,1	9,3	28,2	4,4	8,0	21,1	22,7	14,8	11,3
	1 - lekka defoliacja	11 - 25%	74,8	66,0	60,1	69,3	73,5	64,9	59,3	68,9	67,5	58,2	64,1	70,0
	2 - średnia defoliacja	26 - 60%	15,4	18,8	14,0	15,2	15,6	6,2	35,4	20,6	9,4	16,1	19,2	16,9
	3 - duża defoliacja	> 60%	1,0	1,5	1,5	1,4	1,0	0,3	0,6	1,3	1,0	2,1	1,1	1,1
	4 - drzewa martwe		0,5	2,2	0,2	0,0	0,6	0,3	0,4	1,2	1,0	0,8	0,8	0,7
	Klasy 1 – 3	> 10%	91,2	86,4	75,6	85,9	90,1	71,4	95,2	90,8	77,9	76,5	84,4	88,0
	Klasy 2 – 3	> 25%	16,3	20,3	15,5	16,5	16,6	6,6	35,9	21,9	10,4	18,3	20,3	18,0
	Klasy 2 – 4	> 25% i drz. martwe	16,9	22,6	15,7	16,5	17,2	6,9	36,3	23,1	11,4	19,1	21,1	18,6
	Klasy 3 – 4	> 60% i drz. martwe	1,5	3,8	1,7	1,4	1,6	0,7	0,9	2,5	2,0	2,9	1,9	1,7
	Liczba drzew próbnych		22201	1784	1038	587	25610	1723	3214	4348	2763	2802	14850	40460
Od 21 do 60 lat	0 - bez defoliacji	0 - 10%	7,3	11,8	30,0	18,0	8,4	33,0	9,9	9,9	27,2	23,4	17,4	12,0
	1 - lekka defoliacja	11 - 25%	75,0	66,9	57,1	70,9	73,9	61,3	67,6	71,9	62,3	58,5	65,9	70,8
	2 - średnia defoliacja	26 - 60%	15,8	18,0	10,0	10,5	15,7	4,9	22,0	16,5	8,1	15,3	14,9	15,4
	3 - duża defoliacja	> 60%	1,0	0,8	2,9	0,6	1,0	0,4	0,2	0,9	1,1	2,1	1,0	1,0
	4 - drzewa martwe		0,8	2,5	0,0	0,0	0,9	0,4	0,3	0,8	1,3	0,7	0,8	0,8
	Klasy 1 - 3	> 10%	91,8	85,7	70,0	82,0	90,7	66,6	89,8	89,3	71,5	75,9	81,8	87,2
	Klasy 2 - 3	> 25%	16,9	18,8	12,9	11,1	16,7	5,3	22,2	17,4	9,3	17,4	15,9	16,4
	Klasy 2 - 4	> 25% i drz. martwe	17,7	21,3	12,9	11,1	17,7	5,8	22,5	18,2	10,5	18,1	16,7	17,3
	Klasy 3 - 4	> 60% i drz. martwe	1,9	3,3	2,9	0,6	2,0	0,9	0,5	1,6	2,4	2,8	1,8	1,9
	Liczba drzew próbnych		8808	761	170	333	10072	452	1108	2435	1166	1360	6521	16593
Powyżej 60 lat	0 - bez defoliacji	0 - 10%	8,9	11,0	23,0	9,1	9,9	26,5	1,5	5,6	16,7	22,1	12,8	10,9
	1 - lekka defoliacja	11 - 25%	74,8	65,4	60,7	67,3	73,2	66,2	54,9	65,0	71,3	57,9	62,6	69,5
	2 - średnia defoliacja	26 - 60%	15,1	19,5	14,7	21,3	15,5	6,7	42,4	25,8	10,4	16,9	22,6	17,9
	3 - duża defoliacja	> 60%	0,9	2,1	1,3	2,4	1,0	0,3	0,8	1,9	0,9	2,2	1,2	1,1
	4 - drzewa martwe		0,3	2,1	0,2	0,0	0,4	0,3	0,4	1,7	0,8	0,8	0,8	0,6
	Klasy 1 - 3	> 10%	90,8	86,9	76,7	90,9	89,7	73,2	98,1	92,7	82,5	77,0	86,4	88,6
	Klasy 2 - 3	> 25%	16,0	21,5	16,0	23,6	16,5	7,0	43,2	27,7	11,3	19,1	23,8	19,0
	Klasy 2 - 4	> 25% i drz. martwe	16,3	23,6	16,2	23,6	16,9	7,3	43,6	29,3	12,0	20,0	24,6	19,6
	Klasy 3 - 4	> 60% i drz. martwe	1,2	4,1	1,5	2,4	1,4	0,6	1,2	3,6	1,6	3,1	2,1	1,7
	Liczba drzew próbnych		13393	1023	868	254	15538	1271	2106	1913	1597	1442	8329	23867

Tabela 10. Udział procentowy drzew (3 grupy wiekowe) w klasach odbarwienia wg gatunków na SPO I rz. - wszystkie formy własności - 2018 rok

Klasyfikacja			Gatunki											
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	0 - bez odbarwienia	0 - 10%	99,1	96,3	97,3	99,0	98,8	99,2	94,9	97,7	98,9	97,4	97,4	98,3
	1 - lekkie odbarwienie	11 - 25%	0,3	1,3	1,9	0,9	0,5	0,2	4,0	0,9	0,1	1,5	1,5	0,8
	2 - średnie odbarwienie	26 - 60%	0,0	0,1	0,4	0,0	0,1	0,2	0,7	0,2	0,0	0,3	0,3	0,1
	3 - duże odbarwienie	> 60%	0,0	0,0	0,2	0,2	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
	4 - drzewa martwe		0,5	2,2	0,2	0,0	0,6	0,3	0,4	1,2	1,0	0,8	0,8	0,7
	Klasy 1 - 3	> 10%	0,4	1,5	2,5	1,0	0,6	0,5	4,7	1,1	0,1	1,9	1,8	1,0
	Klasy 2 - 3	> 25%	0,1	0,1	0,6	0,2	0,1	0,2	0,7	0,2	0,0	0,3	0,3	0,2
	Klasy 2 - 4	> 25% i drz. martwe	0,6	2,4	0,8	0,2	0,7	0,6	1,1	1,4	1,0	1,1	1,1	0,8
	Klasy 3 - 4	> 60% i drz. martwe	0,5	2,2	0,4	0,2	0,6	0,3	0,4	1,2	1,0	0,8	0,8	0,7
	Liczba drzew próbnych		22201	1784	1038	587	25610	1723	3214	4348	2763	2802	14850	40460
Od 21 do 60 lat	0 - bez odbarwienia	0 - 10%	98,8	95,4	99,4	99,4	98,6	99,1	95,9	98,6	98,5	96,3	97,7	98,2
	1 - lekkie odbarwienie	11 - 25%	0,3	1,8	0,6	0,6	0,5	0,4	3,2	0,6	0,2	2,5	1,3	0,8
	2 - średnie odbarwienie	26 - 60%	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	0,0	0,0	0,5	0,2	0,1
	3 - duże odbarwienie	> 60%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	4 - drzewa martwe		0,8	2,5	0,0	0,0	0,9	0,4	0,3	0,8	1,3	0,7	0,8	0,8
	Klasy 1 - 3	> 10%	0,4	2,1	0,6	0,6	0,5	0,4	3,8	0,6	0,2	3,0	1,6	0,9
	Klasy 2 - 3	> 25%	0,1	0,3	0,0	0,0	0,1	0,0	0,6	0,0	0,0	0,5	0,2	0,1
	Klasy 2 - 4	> 25% i drz. martwe	0,9	2,8	0,0	0,0	1,0	0,4	0,9	0,8	1,3	1,3	1,0	1,0
	Klasy 3 - 4	> 60% i drz. martwe	0,9	2,5	0,0	0,0	0,9	0,4	0,3	0,8	1,3	0,7	0,8	0,9
	Liczba drzew próbnych		8808	761	170	333	10072	452	1108	2435	1166	1360	6521	16593
Powyżej 60 lat	0 - bez odbarwienia	0 - 10%	99,3	97,0	96,9	98,4	99,0	99,2	94,3	96,6	99,1	98,4	97,2	98,4
	1 - lekkie odbarwienie	11 - 25%	0,3	1,0	2,2	1,2	0,5	0,2	4,5	1,2	0,1	0,6	1,6	0,9
	2 - średnie odbarwienie	26 - 60%	0,1	0,0	0,5	0,0	0,1	0,3	0,8	0,4	0,0	0,1	0,3	0,2
	3 - duże odbarwienie	> 60%	0,0	0,0	0,2	0,4	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0
	4 - drzewa martwe		0,3	2,1	0,2	0,0	0,4	0,3	0,4	1,7	0,8	0,8	0,8	0,6
	Klasy 1 - 3	> 10%	0,4	1,0	2,9	1,6	0,6	0,5	5,2	1,7	0,1	0,8	1,9	1,1
	Klasy 2 - 3	> 25%	0,1	0,0	0,7	0,4	0,1	0,3	0,8	0,5	0,0	0,1	0,4	0,2
	Klasy 2 - 4	> 25% i drz. martwe	0,4	2,1	0,9	0,4	0,5	0,6	1,2	2,2	0,8	1,0	1,2	0,8
	Klasy 3 - 4	> 60% i drz. martwe	0,3	2,1	0,5	0,4	0,4	0,3	0,4	1,8	0,8	0,8	0,9	0,6
	Liczba drzew próbnych		13393	1023	868	254	15538	1271	2106	1913	1597	1442	8329	23867

Tabela 11. Udział procentowy drzew (3 grupy wiekowe) w klasach uszkodzenia wg gatunków na SPO I rz. - wszystkie formy własności - 2018 rok

Klasyfikacja		Gatunki											
Wiek drzew	Klasy uszkodzenia	Sosna	Świerk	Jodła	Inne iglaste	Iglaste razem	Buk	Dąb	Brzoza	Olsza	Inne liściaste	Liściaste razem	Gatunki razem
Powýżej 20 lat	0 - bez uszkodzeń	8,3	11,4	24,2	14,1	9,3	28,2	4,4	8,0	21,1	22,7	14,8	11,3
	1 - klasa ostrzegawcza	74,8	66,0	60,1	69,3	73,5	64,8	59,0	68,9	67,5	58,1	64,0	70,0
	2 - lekkie i średnie uszkodzenie	15,4	18,8	13,8	15,2	15,5	6,1	35,3	20,5	9,4	16,2	19,2	16,9
	3 - duże uszkodzenie	1,0	1,6	1,7	1,4	1,1	0,5	1,0	1,4	1,0	2,2	1,3	1,1
	4 - drzewa martwe	0,5	2,2	0,2	0,0	0,6	0,3	0,4	1,2	1,0	0,8	0,8	0,7
	Klasy 1 - 3	91,2	86,4	75,6	85,9	90,1	71,4	95,2	90,8	77,9	76,5	84,4	88,0
	Klasy 2 - 3	16,4	20,3	15,5	16,5	16,6	6,6	36,2	21,9	10,4	18,5	20,4	18,0
	Klasy 2 - 4	16,9	22,6	15,7	16,5	17,2	7,0	36,6	23,1	11,4	19,2	21,2	18,7
	Klasy 3 - 4	1,5	3,8	1,9	1,4	1,7	0,9	1,3	2,6	2,0	3,0	2,1	1,8
	Liczba drzew próbnych	22297	1799	1035	530	25661	1683	3144	4317	2676	2699	14519	40180
Od 21 do 60 lat	0 - bez uszkodzeń	7,3	11,8	30,0	18,0	8,4	33,0	9,9	9,9	27,2	23,3	17,4	12,0
	1 - klasa ostrzegawcza	75,0	66,9	57,1	70,9	73,9	61,3	67,1	71,9	62,3	58,3	65,8	70,7
	2 - lekkie i średnie uszkodzenie	15,8	17,9	10,0	10,5	15,7	4,9	22,5	16,5	8,1	15,4	15,0	15,4
	3 - duże uszkodzenie	1,1	0,9	2,9	0,6	1,1	0,4	0,3	0,9	1,1	2,2	1,1	1,1
	4 - drzewa martwe	0,8	2,5	0,0	0,0	0,9	0,4	0,3	0,8	1,3	0,7	0,8	0,8
	Klasy 1 - 3	91,8	85,7	70,0	82,0	90,7	66,6	89,8	89,3	71,5	76,0	81,8	87,2
	Klasy 2 - 3	16,9	18,8	12,9	11,1	16,7	5,3	22,7	17,4	9,3	17,6	16,1	16,5
	Klasy 2 - 4	17,7	21,3	12,9	11,1	17,7	5,8	23,0	18,2	10,5	18,4	16,8	17,3
	Klasy 3 - 4	1,9	3,4	2,9	0,6	2,0	0,9	0,5	1,6	2,4	2,9	1,8	1,9
	Liczba drzew próbnych	8808	761	170	333	10072	452	1108	2435	1166	1360	6521	16593
Powýżej 60 lat	0 - bez uszkodzeń	8,9	11,0	23,0	9,1	9,9	26,5	1,5	5,6	16,7	22,1	12,8	10,9
	1 - klasa ostrzegawcza	74,7	65,4	60,7	67,3	73,2	66,1	54,7	65,0	71,3	57,8	62,5	69,5
	2 - lekkie i średnie uszkodzenie	15,1	19,5	14,5	21,3	15,4	6,5	42,0	25,6	10,4	17,0	22,4	17,9
	3 - duże uszkodzenie	1,0	2,1	1,5	2,4	1,1	0,6	1,3	2,0	0,9	2,2	1,4	1,2
	4 - drzewa martwe	0,3	2,1	0,2	0,0	0,4	0,3	0,4	1,7	0,8	0,8	0,8	0,6
	Klasy 1 - 3	90,8	86,9	76,7	90,9	89,7	73,2	98,1	92,7	82,5	77,0	86,4	88,6
	Klasy 2 - 3	16,0	21,5	16,0	23,6	16,5	7,1	43,3	27,7	11,3	19,2	23,9	19,1
	Klasy 2 - 4	16,3	23,6	16,2	23,6	16,9	7,4	43,7	29,3	12,0	20,0	24,7	19,6
	Klasy 3 - 4	1,3	4,1	1,7	2,4	1,5	0,9	1,8	3,7	1,6	3,1	2,3	1,8
	Liczba drzew próbnych	13393	1023	868	254	15538	1271	2106	1913	1597	1442	8329	23867

Tabela 12. Udział procentowy drzew (3 grupy wiekowe) w kl. defoliacji wg gat. na SPO I rz. - lasy w zarządzie Lasów Państwowych - 2018 rok

Klasyfikacja			Gatunki											
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	0 - bez defoliacji	0 - 10%	8,9	13,2	21,9	12,5	9,8	29,3	4,8	9,9	21,6	23,7	15,2	11,6
	1 - lekka defoliacja	11 - 25%	76,4	66,7	61,1	72,6	75,0	64,1	57,8	67,0	65,0	55,0	62,1	70,6
	2 - średnia defoliacja	26 - 60%	13,5	17,1	14,8	14,0	13,8	6,0	36,6	20,9	11,3	17,4	20,9	16,2
	3 - duża defoliacja	> 60%	0,8	0,9	1,9	0,8	0,8	0,3	0,5	1,3	1,2	2,8	1,1	0,9
	4 - drzewa martwe		0,4	2,1	0,3	0,0	0,5	0,4	0,3	1,0	0,8	1,0	0,7	0,6
	Klasy 1 - 3	> 10%	90,7	84,7	77,8	87,5	89,7	70,4	94,9	89,2	77,6	75,3	84,1	87,8
	Klasy 2 - 3	> 25%	14,3	18,0	16,7	14,9	14,7	6,3	37,1	22,2	12,5	20,3	22,0	17,2
	Klasy 2 - 4	> 25% i drz. martwe	14,7	20,1	17,0	14,9	15,2	6,7	37,5	23,1	13,3	21,3	22,7	17,7
	Klasy 3 - 4	> 60% i drz. martwe	1,2	3,0	2,2	0,8	1,4	0,7	0,8	2,2	2,0	3,9	1,8	1,5
	Liczba drzew próbnych		15927	1296	730	471	18424	1350	2526	2687	1605	1342	9510	27934
Od 21 do 60 lat	0 - bez defoliacji	0 - 10%	8,3	13,0	21,7	15,2	9,2	34,9	10,7	13,0	29,0	25,9	19,0	12,8
	1 - lekka defoliacja	11 - 25%	77,6	69,9	62,0	75,9	76,6	60,6	65,4	67,8	59,8	54,3	63,4	71,8
	2 - średnia defoliacja	26 - 60%	12,7	15,2	12,4	8,6	12,8	3,6	23,6	17,6	8,4	16,3	15,9	13,9
	3 - duża defoliacja	> 60%	0,7	0,3	3,9	0,4	0,7	0,5	0,1	0,9	1,2	2,7	1,0	0,8
	4 - drzewa martwe		0,7	1,6	0,0	0,0	0,7	0,5	0,1	0,7	1,6	0,8	0,7	0,7
	Klasy 1 - 3	> 10%	91,1	85,4	78,3	84,8	90,1	64,6	89,2	86,3	69,4	73,3	80,3	86,5
	Klasy 2 - 3	> 25%	13,5	15,5	16,3	8,9	13,5	4,1	23,8	18,5	9,6	19,1	16,9	14,7
	Klasy 2 - 4	> 25% i drz. martwe	14,1	17,1	16,3	8,9	14,3	4,6	23,9	19,2	11,2	19,8	17,6	15,4
	Klasy 3 - 4	> 60% i drz. martwe	1,4	1,9	3,9	0,4	1,5	1,0	0,2	1,6	2,8	3,5	1,7	1,5
	Liczba drzew próbnych		5852	625	129	257	6863	393	905	1439	644	514	3895	10758
Powyżej 60 lat	0 - bez defoliacji	0 - 10%	9,2	13,4	22,0	9,3	10,1	27,0	1,5	6,3	16,6	22,3	12,6	10,9
	1 - lekka defoliacja	11 - 25%	75,7	63,8	60,9	68,7	74,1	65,5	53,5	66,0	68,6	55,4	61,2	69,9
	2 - średnia defoliacja	26 - 60%	13,9	18,8	15,3	20,6	14,4	7,0	43,9	24,8	13,3	18,1	24,3	17,7
	3 - duża defoliacja	> 60%	0,8	1,5	1,5	1,4	0,9	0,2	0,7	1,7	1,1	2,9	1,2	1,0
	4 - drzewa martwe		0,3	2,5	0,3	0,0	0,4	0,3	0,4	1,3	0,3	1,2	0,7	0,5
	Klasy 1 - 3	> 10%	90,5	84,1	77,7	90,7	89,5	72,7	98,1	92,5	83,0	76,4	86,7	88,6
	Klasy 2 - 3	> 25%	14,8	20,3	16,8	22,0	15,3	7,2	44,6	26,4	14,5	21,0	25,6	18,7
	Klasy 2 - 4	> 25% i drz. martwe	15,1	22,8	17,1	22,0	15,8	7,5	45,0	27,7	14,8	22,2	26,3	19,2
	Klasy 3 - 4	> 60% i drz. martwe	1,1	4,0	1,8	1,4	1,3	0,5	1,2	3,0	1,5	4,1	1,9	1,5
	Liczba drzew próbnych		10075	671	601	214	11561	957	1621	1248	961	828	5615	17176

Tabela 13. Udział procentowy drzew (3 grupy wiekowe) w klasach defoliacji wg gatunków na SPO I rzędu - lasy prywatne - 2018 rok ^{*)}

Klasyfikacja			Gatunki											
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	0 - bez defoliacji	0 - 10%	6,8	8,6	35,8	14,8	8,1	27,7	3,7	5,4	20,0	21,3	13,9	10,5
	1 - lekka defoliacja	11 - 25%	70,7	59,7	55,4	61,1	69,5	65,8	72,0	73,5	72,0	61,1	69,2	69,4
	2 - średnia defoliacja	26 - 60%	20,4	23,8	8,8	22,2	20,1	5,8	23,4	18,6	6,5	15,6	15,0	18,0
	3 - duża defoliacja	> 60%	1,5	3,8	0,0	1,9	1,5	0,6	0,2	1,4	0,6	1,5	1,1	1,3
	4 - drzewa martwe		0,7	4,1	0,0	0,0	0,8	0,0	0,6	1,0	0,9	0,6	0,8	0,8
	Klasy 1 - 3	> 10%	92,5	87,3	64,2	85,2	91,1	72,3	95,7	93,6	79,1	78,2	85,3	88,7
	Klasy 2 - 3	> 25%	21,8	27,6	8,8	24,1	21,6	6,5	23,6	20,0	7,1	17,1	16,1	19,3
	Klasy 2 - 4	> 25% i drz. martwe	22,5	31,7	8,8	24,1	22,5	6,5	24,2	21,0	8,0	17,6	16,9	20,2
	Klasy 3 - 4	> 60% i drz. martwe	2,2	7,9	0,0	1,9	2,4	0,6	0,8	2,5	1,5	2,0	1,9	2,2
	Liczba drzew próbnych		5536	315	240	54	6145	155	483	1459	1004	1236	4337	10482
Od 21 do 60 lat	0 - bez defoliacji	0 - 10%	5,4	8,0	56,1	15,4	6,4	36,0	6,5	5,6	26,2	21,1	15,1	10,3
	1 - lekka defoliacja	11 - 25%	69,3	52,7	41,5	61,5	68,1	60,0	78,2	79,0	65,4	61,3	70,5	69,2
	2 - średnia defoliacja	26 - 60%	22,5	27,7	2,4	21,2	22,4	4,0	14,1	13,8	7,0	15,1	12,7	18,0
	3 - duża defoliacja	> 60%	1,8	3,6	0,0	1,9	1,8	0,0	0,0	0,9	0,6	1,5	0,9	1,4
	4 - drzewa martwe		1,1	8,0	0,0	0,0	1,3	0,0	1,2	0,8	0,8	0,8	0,8	1,1
	Klasy 1 - 3	> 10%	93,6	83,9	43,9	84,6	92,3	64,0	92,4	93,7	73,0	78,0	84,1	88,6
	Klasy 2 - 3	> 25%	24,3	31,3	2,4	23,1	24,2	4,0	14,1	14,6	7,6	16,7	13,6	19,4
	Klasy 2 - 4	> 25% i drz. martwe	25,4	39,3	2,4	23,1	25,5	4,0	15,3	15,4	8,5	17,5	14,4	20,5
	Klasy 3 - 4	> 60% i drz. martwe	2,9	11,6	0,0	1,9	3,1	0,0	1,2	1,6	1,4	2,4	1,8	2,5
	Liczba drzew próbnych		2627	112	41	52	2832	25	170	930	497	714	2336	5168
Powyżej 60 lat	0 - bez defoliacji	5,3	8,0	8,9	31,7	0,0	9,5	26,2	2,2	5,1	14,0	21,5	12,5	10,6
	1 - lekka defoliacja	73,1	72,0	63,5	58,3	50,0	70,7	66,9	68,7	63,9	78,5	60,7	67,7	69,6
	2 - średnia defoliacja	20,2	18,4	21,7	10,1	50,0	18,1	6,2	28,4	27,0	5,9	16,3	17,7	18,0
	3 - duża defoliacja	1,0	1,2	3,9	0,0	0,0	1,3	0,8	0,3	2,5	0,6	1,3	1,2	1,3
	4 - drzewa martwe	0,3	0,4	2,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,3	1,5	1,0	0,2	0,7	0,6
	Klasy 1 - 3	94,3	91,6	89,2	68,3	100,0	90,1	73,8	97,4	93,4	85,0	78,4	86,7	88,8
	Klasy 2 - 3	21,2	19,6	25,6	10,1	50,0	19,4	6,9	28,8	29,5	6,5	17,6	19,0	19,3
	Klasy 2 - 4	21,5	20,0	27,6	10,1	50,0	19,9	6,9	29,1	31,0	7,5	17,8	19,7	19,8
	Klasy 3 - 4	1,4	1,5	5,9	0,0	0,0	1,7	0,8	0,6	4,0	1,6	1,5	2,0	1,8
	Liczba drzew próbnych		2909	203	199	2	3313	130	313	529	507	522	2001	5314

^{*)} czcionka w kolorze niebieskim - wyniki uzyskane z co najwyżej 30 drzew (dotyczy tabel 13-29)

Tabela 14. Udział procentowy drzew (3 grupy wiekowe) w kl. defoliacji wg gat. na SPO I rz. - lasy w granicach parków narodowych - 2018 rok

Klasyfikacja			Gatunki											
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	0 - bez defoliacji	0 - 10%	2,2	1,7	2,2	11,1	2,5	20,0	0,0	1,3	13,2	22,2	13,3	7,5
	1 - lekka defoliacja	11 - 25%	69,2	64,7	63,0	72,2	67,1	68,0	33,3	62,7	65,8	59,3	64,1	65,7
	2 - średnia defoliacja	26 - 60%	27,6	31,0	30,4	11,1	28,2	11,2	66,7	30,7	15,8	14,8	19,4	24,1
	3 - duża defoliacja	> 60%	0,5	2,6	4,3	5,6	1,9	0,8	0,0	0,0	2,6	0,0	1,0	1,5
	4 - drzewa martwe		0,5	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	5,3	2,6	3,7	2,2	1,2
	Klasy 1 - 3	> 10%	97,3	98,3	97,8	88,9	97,3	80,0	100,0	93,3	84,2	74,1	84,4	91,3
	Klasy 2 - 3	> 25%	28,1	33,6	34,8	16,7	30,1	12,0	66,7	30,7	18,4	14,8	20,3	25,6
	Klasy 2 - 4	> 25% i drz. martwe	28,6	33,6	34,8	16,7	30,4	12,0	66,7	36,0	21,1	18,5	22,5	26,8
	Klasy 3 - 4	> 60% i drz. martwe	1,1	2,6	4,3	5,6	2,2	0,8	0,0	5,3	5,3	3,7	3,2	2,6
	Liczba drzew próbnych		185	116	46	18	365	125	12	75	76	27	315	680
Od 21 do 60 lat	0 - bez defoliacji	0 - 10%	1,4	0,0	-	-	1,1	10,5	-	0,0	0,0	20,0	5,6	3,3
	1 - lekka defoliacja	11 - 25%	66,7	56,5	-	-	64,1	68,4	-	58,1	64,0	73,3	64,4	64,3
	2 - średnia defoliacja	26 - 60%	30,4	43,5	-	-	33,7	21,1	-	38,7	24,0	6,7	25,6	29,7
	3 - duża defoliacja	> 60%	0,0	0,0	-	-	0,0	0,0	-	0,0	8,0	0,0	2,2	1,1
	4 - drzewa martwe		1,4	0,0	-	-	1,1	0,0	-	3,2	4,0	0,0	2,2	1,6
	Klasy 1 - 3	> 10%	97,1	100,0	-	-	97,8	89,5	-	96,8	96,0	80,0	92,2	95,1
	Klasy 2 - 3	> 25%	30,4	43,5	-	-	33,7	21,1	-	38,7	32,0	6,7	27,8	30,8
	Klasy 2 - 4	> 25% i drz. martwe	31,9	43,5	-	-	34,8	21,1	-	41,9	36,0	6,7	30,0	32,4
	Klasy 3 - 4	> 60% i drz. martwe	1,4	0,0	-	-	1,1	0,0	-	3,2	12,0	0,0	4,4	2,7
	Liczba drzew próbnych		69	23	0	0	92	19	0	31	25	15	90	182
Powyżej 60 lat	0 - bez defoliacji	0 - 10%	2,6	2,2	2,2	11,1	2,9	21,7	0,0	2,3	19,6	25,0	16,4	9,0
	1 - lekka defoliacja	11 - 25%	70,7	66,7	63,0	72,2	68,1	67,9	33,3	65,9	66,7	41,7	64,0	66,3
	2 - średnia defoliacja	26 - 60%	25,9	28,0	30,4	11,1	26,4	9,4	66,7	25,0	11,8	25,0	16,9	22,1
	3 - duża defoliacja	> 60%	0,9	3,2	4,3	5,6	2,6	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	1,6
	4 - drzewa martwe		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,8	2,0	8,3	2,2	1,0
	Klasy 1 - 3	> 10%	97,4	97,8	97,8	88,9	97,1	78,3	100,0	90,9	78,4	66,7	81,3	90,0
	Klasy 2 - 3	> 25%	26,7	31,2	34,8	16,7	28,9	10,4	66,7	25,0	11,8	25,0	17,3	23,7
	Klasy 2 - 4	> 25% i drz. martwe	26,7	31,2	34,8	16,7	28,9	10,4	66,7	31,8	13,7	33,3	19,6	24,7
	Klasy 3 - 4	> 60% i drz. martwe	0,9	3,2	4,3	5,6	2,6	0,9	0,0	6,8	2,0	8,3	2,7	2,6
	Liczba drzew próbnych		116	93	46	18	273	106	12	44	51	12	225	498

Tabela 15. Udział procentowy drzew (3 grupy wiekowe) w kl. defoliacji wg gat. na SPO I rz. - lasy pozostałych kategorii własności - 2018 rok

Klasyfikacja			Gatunki											
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	0 - bez defoliacji	0 - 10%	9,8	5,3	18,2	31,8	11,1	24,7	1,6	3,9	33,3	25,4	15,6	13,3
	1 - lekka defoliacja	11 - 25%	72,5	87,7	72,7	43,2	71,9	71,0	48,7	59,1	60,3	61,9	58,7	65,2
	2 - średnia defoliacja	26 - 60%	15,6	7,0	9,1	20,5	14,9	3,2	47,2	30,7	2,6	10,7	22,7	18,8
	3 - duża defoliacja	> 60%	1,3	0,0	0,0	4,5	1,3	0,0	2,1	1,6	0,0	2,0	1,5	1,4
	4 - drzewa martwe		0,9	0,0	0,0	0,0	0,7	1,1	0,5	4,7	3,8	0,0	1,6	1,2
	Klasy 1 - 3	> 10%	89,3	94,7	81,8	68,2	88,2	74,2	97,9	91,3	62,8	74,6	82,8	85,5
	Klasy 2 - 3	> 25%	16,8	7,0	9,1	25,0	16,3	3,2	49,2	32,3	2,6	12,7	24,1	20,2
	Klasy 2 - 4	> 25% i drz. martwe	17,7	7,0	9,1	25,0	17,0	4,3	49,7	37,0	6,4	12,7	25,7	21,4
	Klasy 3 - 4	> 60% i drz. martwe	2,2	0,0	0,0	4,5	2,1	1,1	2,6	6,3	3,8	2,0	3,1	2,6
	Liczba drzew próbnych		553	57	22	44	676	93	193	127	78	197	688	1364
Od 21 do 60 lat	0 - bez defoliacji	0 - 10%	8,5	0,0	-	54,2	12,3	6,7	6,1	8,6	-	26,5	18,5	14,8
	1 - lekka defoliacja	11 - 25%	75,0	0,0	-	37,5	71,6	73,3	72,7	62,9	-	58,1	62,5	67,8
	2 - średnia defoliacja	26 - 60%	13,8	100,0	-	8,3	13,7	20,0	18,2	25,7	-	12,8	16,5	14,8
	3 - duża defoliacja	> 60%	0,8	0,0	-	0,0	0,7	0,0	3,0	0,0	-	2,6	2,0	1,2
	4 - drzewa martwe		1,9	0,0	-	0,0	1,8	0,0	0,0	2,9	-	0,0	0,5	1,2
	Klasy 1 - 3	> 10%	89,6	100,0	-	45,8	86,0	93,3	93,9	88,6	-	73,5	81,0	83,9
	Klasy 2 - 3	> 25%	14,6	100,0	-	8,3	14,4	20,0	21,2	25,7	-	15,4	18,5	16,1
	Klasy 2 - 4	> 25% i drz. martwe	16,5	100,0	-	8,3	16,1	20,0	21,2	28,6	-	15,4	19,0	17,3
	Klasy 3 - 4	> 60% i drz. martwe	2,7	0,0	-	0,0	2,5	0,0	3,0	2,9	-	2,6	2,5	2,5
	Liczba drzew próbnych		260	1	0	24	285	15	33	35	0	117	200	485
Powyżej 60 lat	0 - bez defoliacji	0 - 10%	10,9	5,4	18,2	5,0	10,2	28,2	0,6	2,2	33,3	23,8	14,3	12,5
	1 - lekka defoliacja	11 - 25%	70,3	89,3	72,7	50,0	72,1	70,5	43,8	57,6	60,3	67,5	57,2	63,8
	2 - średnia defoliacja	26 - 60%	17,1	5,4	9,1	35,0	15,9	0,0	53,1	32,6	2,6	7,5	25,2	21,0
	3 - duża defoliacja	> 60%	1,7	0,0	0,0	10,0	1,8	0,0	1,9	2,2	0,0	1,3	1,2	1,5
	4 - drzewa martwe		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,3	0,6	5,4	3,8	0,0	2,0	1,1
	Klasy 1 - 3	> 10%	89,1	94,6	81,8	95,0	89,8	70,5	98,8	92,4	62,8	76,3	83,6	86,3
	Klasy 2 - 3	> 25%	18,8	5,4	9,1	45,0	17,6	0,0	55,0	34,8	2,6	8,8	26,4	22,5
	Klasy 2 - 4	> 25% i drz. martwe	18,8	5,4	9,1	45,0	17,6	1,3	55,6	40,2	6,4	8,8	28,5	23,7
	Klasy 3 - 4	> 60% i drz. martwe	1,7	0,0	0,0	10,0	1,8	1,3	2,5	7,6	3,8	1,3	3,3	2,6
	Liczba drzew próbnych		293	56	22	20	391	78	160	92	78	80	488	879

Tabela 16. Średnia defoliacja monitorowanych gatunków według form własności i przedziałów wieku - 2018 rok

Własność	Wiek	Sosna		Świerk		Jodła		Inne iglaste		Gat. iglaste		Buk		Dąb		Brzoza		Olsza		Inne liściaste		Gat. liściaste		Gat. razem	
		Li_drw	Śred	Li_drw	Śred	Li_drw	Śred	Li_drw	Śred	Li_drw	Śred	Li_drw	Śred	Li_drw	Śred	Li_drw	Śred	Li_drw	Śred	Li_drw	Śred	Li_drw	Śred	Li_drw	Śred
Lasy Państwowe	21- 60 lat	5852	21,7	625	21,8	129	21,7	257	20,0	6863	21,6	393	15,6	905	22,2	1439	22,3	644	19,2	514	21,9	3895	21,0	10758	21,4
	> 60 lat	10075	21,7	671	24,8	601	21,1	214	22,3	11561	21,8	957	17,1	1621	28,2	1248	25,2	961	20,7	828	23,1	5615	23,6	17176	22,4
	> 20 lat	15927	21,7	1296	23,3	730	21,2	471	21,0	18424	21,8	1350	16,6	2526	26,0	2687	23,7	1605	20,1	1342	22,6	9510	22,5	27934	22,0
Lasy prywatne	21- 60 lat	2627	25,1	112	31,6	41	12,9	52	22,1	2832	25,1	25	15,2	170	21,7	930	22,2	497	18,2	714	21,0	2336	20,9	5168	23,2
	> 60 lat	2909	23,2	203	25,8	199	16,9	2	32,5	3313	23,0	130	17,4	313	25,6	529	26,6	507	19,3	522	20,8	2001	22,5	5314	22,8
	> 20 lat	5536	24,1	315	27,9	240	16,2	54	22,5	6145	23,9	155	17,0	483	24,2	1459	23,8	1004	18,8	1236	20,9	4337	21,6	10482	23,0
Parki Narodowe	21- 60 lat	69	26,9	23	30,7	0	-	0	-	92	27,8	19	20,5	0	-	31	28,7	25	31,0	15	16,3	90	25,6	182	26,7
	> 60 lat	116	24,7	93	27,4	46	27,3	18	23,6	273	26,0	106	18,6	12	32,5	44	29,7	51	20,9	12	26,3	225	22,4	498	24,4
	> 20 lat	185	25,5	116	28,1	46	27,3	18	23,6	365	26,5	125	18,9	12	32,5	75	29,3	76	24,2	27	20,7	315	23,3	680	25,0
Inne Skarbu Państwa (a)	21- 60 lat	81	21,6	1	35,0	0	-	24	15,2	106	20,3	1	10,0	1	20,0	12	27,1	0	-	71	21,5	85	22,2	191	21,1
	> 60 lat	105	21,6	4	22,5	1	15,0	16	32,5	126	22,9	8	12,5	80	34,6	29	29,7	1	30,0	42	14,5	160	27,3	286	25,4
	> 20 lat	186	21,6	5	25,0	1	15,0	40	22,1	232	21,7	9	12,2	81	34,4	41	28,9	1	30,0	113	18,9	245	25,5	477	23,7
Gminne (b)	21- 60 lat	61	24,0	0	-	0	-	0	-	61	24,0	0	-	21	25,5	17	19,4	0	-	2	15,0	40	22,4	101	23,4
	> 60 lat	149	23,9	49	19,9	21	20,7	2	12,5	221	22,6	53	17,0	58	29,4	58	29,9	20	26,0	9	19,4	198	25,4	419	23,9
	> 20 lat	210	23,9	49	19,9	21	20,7	2	12,5	282	22,9	53	17,0	79	28,4	75	27,5	20	26,0	11	18,6	238	24,9	520	23,8
Wspólnoty gruntowe (c)	21- 60 lat	118	23,2	0	-	0	-	0	-	118	23,2	0	-	2	30,0	4	51,3	0	-	11	27,3	17	33,2	135	24,5
	> 60 lat	2	17,5	0	-	0	-	0	-	2	17,5	0	-	0	-	3	55,0	19	17,9	1	95,0	23	26,1	25	25,4
	> 20 lat	120	23,1	0	-	0	-	0	-	120	23,1	0	-	2	30,0	7	52,9	19	17,9	12	32,9	40	29,1	160	24,6
Spółdzielnie i Kółka Rolnicze (d)	21- 60 lat	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
	> 60 lat	0	-	1	15,0	0	-	0	-	1	15,0	0	-	2	25,0	0	-	38	14,3	19	22,4	59	17,3	60	17,3
	> 20 lat	0	-	1	15,0	0	-	0	-	1	15,0	0	-	2	25,0	0	-	38	14,3	19	22,4	59	17,3	60	17,3
Inne (e)	21- 60 lat	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	1	15,0	0	-	0	-	0	-	0	-	1	15,0	1	15,0
	> 60 lat	20	24,0	2	12,5	0	-	0	-	22	23,0	5	13,0	11	20,5	0	-	0	-	8	15,0	24	17,1	46	19,9
	> 20 lat	20	24,0	2	12,5	0	-	0	-	22	23,0	6	13,3	11	20,5	0	-	0	-	8	15,0	25	17,0	47	19,8
Agencja Rolna Skarbu Państwa (f)	21- 60 lat	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	13	23,1	9	18,9	2	20,0	0	-	33	17,6	57	19,1	57	19,1
	> 60 lat	17	17,1	0	-	0	-	2	22,5	19	17,6	12	17,1	9	29,4	2	22,5	0	-	1	20,0	24	22,3	43	20,2
	> 20 lat	17	17,1	0	-	0	-	2	22,5	19	17,6	25	20,2	18	24,2	4	21,3	0	-	34	17,6	81	20,1	100	19,6
Inne formy własności razem (a-f)	21- 60 lat	260	22,9	1	35,0	0	-	24	15,2	285	22,3	15	21,7	33	23,8	35	25,7	0	-	117	20,9	200	22,3	485	22,3
	> 60 lat	293	22,6	56	19,7	22	20,5	20	29,5	391	22,4	78	16,3	160	31,3	92	30,5	78	18,4	80	18,1	488	24,5	879	23,6
	> 20 lat	553	22,8	57	20,0	22	20,5	44	21,7	676	22,4	93	17,2	193	30,1	127	29,2	78	18,4	197	19,7	688	23,9	1364	23,1
Wszystkie formy własności	21- 60 lat	8808	22,7	761	23,5	170	19,6	333	20,0	10072	22,7	452	16,0	1108	22,2	2435	22,4	1166	19,0	1360	21,3	6521	21,1	16593	22,0
	> 60 lat	13393	22,1	1023	25,0	868	20,4	254	23,1	15538	22,2	1271	17,2	2106	28,1	1913	26,0	1597	20,2	1442	22,0	8329	23,4	23867	22,6
	> 20 lat	22201	22,3	1784	24,3	1038	20,3	587	21,3	25610	22,4	1723	16,9	3214	26,0	4348	24,0	2763	19,7	2802	21,6	14850	22,4	40460	22,4

Tabela 17. 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, 2018 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	10,9	12,3	0,0	16,7	11,3	31,2	8,0	13,6	20,2	36,9	19,4	15,0
	1	82,7	71,2	100,0	75,8	81,4	65,6	70,5	75,4	70,2	56,3	69,7	76,1
	2-4	6,4	16,5	0,0	7,5	7,4	3,2	21,6	11,0	9,6	6,8	10,9	9,0
	śr.def.	18,9	23,1	17,5	18,9	19,3	15,6	22,4	19,7	18,6	17,7	19,0	19,2
Bałtycka własność osób fizycznych	0	4,7	0,0	-	-	4,6	14,3	0,0	2,5	36,8	26,5	18,8	10,9
	1	87,5	100,0	-	-	87,8	85,7	94,7	90,0	55,3	69,4	75,6	82,4
	2-4	7,8	0,0	-	-	7,6	0,0	5,3	7,5	7,9	4,1	5,6	6,7
	śr.def.	19,6	20,0	-	-	19,6	16,4	25,0	20,3	16,7	16,2	18,4	19,1
Bałtycka w granicach PN	0	3,7	-	-	-	3,7	100,0	0,0	-	-	-	7,7	5,0
	1	55,6	-	-	-	55,6	0,0	33,3	-	-	-	30,8	47,5
	2-4	40,7	-	-	-	40,7	0,0	66,7	-	-	-	61,5	47,5
	śr.def.	27,0	-	-	-	27,0	10,0	32,5	-	-	-	30,8	28,3
Bałtycka inne własności	0	9,4	-	-	0,0	9,1	10,5	13,3	3,3	0,0	66,7	14,9	12,1
	1	71,9	-	-	100,0	72,7	89,5	53,3	93,3	0,0	33,3	75,7	74,3
	2-4	18,8	-	-	0,0	18,2	0,0	33,3	3,3	100,0	0,0	9,5	13,6
	śr.def.	22,9	-	-	22,5	22,9	18,2	25,7	18,2	30,0	12,8	19,2	20,9
Mazursko-Podl. w zarządzie LP	0	2,4	17,2	-	45,0	5,4	80,0	2,2	4,2	24,3	21,2	14,2	8,5
	1	86,7	69,0	-	55,0	83,3	20,0	78,0	75,0	66,7	67,3	70,9	78,9
	2-4	10,9	13,9	-	0,0	11,3	0,0	19,8	20,8	9,0	11,5	14,9	12,6
	śr.def.	22,6	22,7	-	13,8	22,5	10,5	23,4	24,4	19,8	19,7	21,8	22,2
Mazursko-Podl. własność osób fizycznych	0	3,8	7,4	-	-	4,0	-	0,0	6,1	13,6	29,8	15,7	9,9
	1	81,1	44,4	-	-	79,0	-	83,3	74,6	84,1	61,8	75,7	77,3
	2-4	15,1	48,1	-	-	16,9	-	16,7	19,3	2,3	8,4	8,6	12,8
	śr.def.	23,7	27,0	-	-	23,9	-	21,9	21,4	17,6	17,7	18,7	21,3
Mazursko-Podl. w granicach PN	0	0,0	0,0	-	-	0,0	-	-	2,2	11,1	-	7,0	4,4
	1	75,7	56,5	-	-	68,3	-	-	60,9	74,1	-	68,0	68,1
	2-4	24,3	43,5	-	-	31,7	-	-	37,0	14,8	-	25,0	27,5
	śr.def.	26,1	30,7	-	-	27,8	-	-	31,7	22,8	-	26,9	27,3
Mazursko-Podl. inne własności	0	-	-	-	-	-	-	-	-	40,0	-	40,0	40,0
	1	-	-	-	-	-	-	-	-	45,0	-	45,0	45,0
	2-4	-	-	-	-	-	-	-	-	15,0	-	15,0	15,0
	śr.def.	-	-	-	-	-	-	-	-	26,0	-	26,0	26,0
Wielkopolsko-Pomorska w zarządzie LP	0	8,5	15,9	-	16,4	8,7	25,7	6,8	11,0	31,7	27,4	16,5	10,3
	1	75,6	75,2	-	72,1	75,6	67,3	58,3	63,7	60,3	54,4	60,4	72,4
	2-4	15,9	8,8	-	11,5	15,8	6,9	35,0	25,3	8,0	18,1	23,1	17,3
	śr.def.	21,8	19,2	-	21,1	21,8	16,1	25,4	23,6	16,8	20,0	22,0	21,8
Wielkopolsko-Pomorska własność osób fizycznych	0	6,2	0,0	-	0,0	6,1	-	10,5	11,6	31,6	8,9	18,5	9,1
	1	73,5	60,0	-	20,0	72,5	-	73,7	70,5	66,3	35,6	63,0	70,2
	2-4	20,2	40,0	-	80,0	21,5	-	15,8	17,9	2,1	55,6	18,5	20,8
	śr.def.	23,1	31,0	-	39,0	23,4	-	21,1	24,3	15,4	30,8	21,9	23,1
Wielkopolsko-Pomorska w granicach PN	0	5,0	-	-	-	5,0	-	-	-	50,0	0,0	20,0	10,0
	1	77,5	-	-	-	77,5	-	-	-	50,0	66,7	60,0	71,7
	2-4	17,5	-	-	-	17,5	-	-	-	0,0	33,3	20,0	18,3
	śr.def.	22,6	-	-	-	22,6	-	-	-	13,1	28,3	22,3	22,5
Wielkopolsko-Pomorska inne własności	0	7,5	0,0	-	0,0	6,6	24,0	0,0	0,0	42,1	16,1	20,1	14,6
	1	82,8	100,0	-	33,3	77,4	72,0	32,1	42,9	57,9	69,6	59,1	66,5
	2-4	9,7	0,0	-	66,7	16,0	4,0	67,9	57,1	0,0	14,3	20,8	18,8
	śr.def.	20,8	15,0	-	35,0	22,3	18,4	37,5	27,9	14,3	19,4	21,7	21,9
Mazowiecko-Podlaska w zarządzie LP	0	4,4	3,4	-	36,4	4,8	66,7	2,5	9,3	6,8	24,4	8,4	6,1
	1	76,5	82,8	-	63,6	76,4	33,3	58,9	72,1	75,7	61,5	67,1	73,2
	2-4	19,1	13,8	-	0,0	18,8	0,0	38,5	18,6	17,5	14,1	24,5	20,7
	śr.def.	23,2	23,8	-	14,5	23,1	10,0	26,5	23,4	23,3	18,9	24,0	23,4

Tabela 17. – cd.

Kraina, własność	Kl.def., śr.def.	Sosna	Świerk	Jodła	Inne iglaste	Iglaste razem	Buk	Dąb	Brzoza	Olsza	Inne liśc.	Liśc. razem	Gat. razem
Mazowiecko- Podlaska własność osób fizycznych	0	2,8	0,0	-	0,0	2,8	-	4,2	4,8	19,7	8,1	9,8	5,7
	1	72,2	0,0	-	100,0	72,2	-	75,4	77,8	73,3	63,0	74,3	73,1
	2-4	25,0	100,0	-	0,0	25,1	-	20,3	17,4	7,0	28,9	15,9	21,2
	śr.def.	25,3	70,0	-	25,0	25,3	-	23,3	23,0	18,9	26,0	22,1	24,0
Mazowiecko- Podlaska w granicach PN	0	1,6	-	-	-	1,6	-	-	0,0	0,0	-	0,0	1,0
	1	69,4	-	-	-	69,4	-	-	58,3	42,9	-	52,6	63,0
	2-4	29,0	-	-	-	29,0	-	-	41,7	57,1	-	47,4	36,0
	śr.def.	25,6	-	-	-	25,6	-	-	26,7	36,1	-	30,1	27,4
Mazowiecko- Podlaska inne własności	0	4,5	-	-	0,0	4,3	-	0,0	0,0	-	50,0	16,7	8,0
	1	63,6	-	-	75,0	64,3	-	20,0	0,0	-	50,0	23,3	52,0
	2-4	31,8	-	-	25,0	31,4	-	80,0	100,0	-	0,0	60,0	40,0
	śr.def.	28,0	-	-	25,0	27,8	-	36,0	55,0	-	13,5	34,8	29,9
Śląska w zarządzie LP	0	11,5	36,6	-	0,0	12,4	17,8	5,8	8,6	19,2	5,8	9,1	11,0
	1	71,2	48,8	-	73,4	70,1	63,0	36,4	49,9	65,6	45,1	47,4	60,5
	2-4	17,3	14,6	-	26,6	17,5	19,2	57,9	41,6	15,2	49,0	43,4	28,6
	śr.def.	22,3	17,9	-	25,2	22,2	19,9	29,3	28,8	20,0	32,8	28,0	24,7
Śląska własność osób fizycznych	0	0,0	-	-	-	0,0	-	0,0	0,0	0,0	22,8	12,6	6,6
	1	70,2	-	-	-	70,2	-	47,4	23,1	100,0	59,6	48,5	58,9
	2-4	29,8	-	-	-	29,8	-	52,6	76,9	0,0	17,5	38,8	34,5
	śr.def.	27,4	-	-	-	27,4	-	31,6	48,1	15,0	20,3	29,3	28,4
Śląska w granicach PN	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2-4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	śr.def.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Śląska inne własności	0	20,0	-	-	64,7	33,3	0,0	0,0	0,0	-	12,9	3,9	14,4
	1	67,5	-	-	29,4	56,1	50,0	49,1	44,4	-	48,4	48,5	51,3
	2-4	12,5	-	-	5,9	10,5	50,0	50,9	55,6	-	38,7	47,6	34,4
	śr.def.	20,4	-	-	12,9	18,2	26,7	29,5	56,1	-	30,0	31,8	26,9
Małopolska w zarządzie LP	0	14,3	1,7	6,8	9,1	13,4	30,2	2,0	7,9	13,2	25,2	10,8	12,5
	1	67,9	31,0	57,4	75,8	66,6	62,7	54,8	57,1	58,6	55,6	56,9	63,3
	2-4	17,9	67,2	35,8	15,2	20,0	7,1	43,2	34,9	28,3	19,2	32,4	24,1
	śr.def.	21,8	38,4	29,0	21,3	22,6	17,3	27,8	26,4	26,3	23,6	25,5	23,6
Małopolska własność osób fizycznych	0	12,4	5,1	25,0	29,4	12,6	46,4	4,8	3,6	29,2	20,5	12,8	12,7
	1	62,6	30,8	45,8	70,6	61,9	46,4	67,1	68,3	60,4	57,5	63,5	62,5
	2-4	24,9	64,1	29,2	0,0	25,5	7,1	28,1	28,1	10,4	22,0	23,7	24,8
	śr.def.	23,8	39,0	20,4	15,3	24,0	14,1	24,7	25,6	18,2	22,1	23,3	23,7
Małopolska w granicach PN	0	0,0	20,0	0,0	0,0	3,3	30,0	-	-	-	-	30,0	16,7
	1	58,8	80,0	100,0	100,0	73,3	56,7	-	-	-	-	56,7	65,0
	2-4	41,2	0,0	0,0	0,0	23,3	13,3	-	-	-	-	13,3	18,3
	śr.def.	27,9	15,0	17,9	20,0	23,2	19,3	-	-	-	-	19,3	21,3
Małopolska inne własności	0	10,8	-	-	28,6	11,2	100,0	0,0	1,8	10,5	36,1	11,0	11,1
	1	71,6	-	-	57,1	71,2	0,0	39,5	51,8	84,2	50,0	51,6	64,3
	2-4	17,6	-	-	14,3	17,5	0,0	60,5	46,4	5,3	13,9	37,4	24,5
	śr.def.	22,5	-	-	20,7	22,5	10,0	32,2	29,6	17,9	20,3	26,6	23,9
Sudecka W zarządzie LP	0	14,3	7,7	33,3	4,5	8,2	27,3	5,0	13,5	38,9	21,2	17,8	12,5
	1	50,0	66,7	66,7	54,5	64,6	56,8	50,0	67,6	11,1	46,9	49,7	57,9
	2-4	35,7	25,6	0,0	40,9	27,2	15,9	45,0	18,9	50,0	31,9	32,5	29,6
	śr.def.	24,3	24,1	18,3	26,4	24,2	22,6	26,8	23,8	22,8	26,3	25,4	24,7

Tabela 17. – cd.

Kraina, własność	Kl.def., śr.def.	Sosna	Świerk	Jodła	Inne iglaste	Iglaste razem	Buk	Dąb	Brzoza	Olsza	Inne liśc.	Liśc. razem	Gat. razem
Sudecka własność osób fizycznych	0	-	100,0	-	-	100,0	-	-	0,0	-	26,3	25,6	27,5
	1	-	0,0	-	-	0,0	-	-	100,0	-	44,7	46,2	45,0
	2-4	-	0,0	-	-	0,0	-	-	0,0	-	28,9	28,2	27,5
	śr.def.	-	10,0	-	-	10,0	-	-	15,0	-	21,8	21,7	21,4
Sudecka w granicach PN	0	-	0,0	-	-	0,0	-	-	-	-	-	-	0,0
	1	-	90,0	-	-	90,0	-	-	-	-	-	-	90,0
	2-4	-	10,0	-	-	10,0	-	-	-	-	-	-	10,0
	śr.def.	-	23,5	-	-	23,5	-	-	-	-	-	-	23,5
Sudecka inne własności	0	0,0	7,9	0,0	0,0	7,1	33,3	4,3	25,0	-	25,0	17,7	13,5
	1	100,0	89,5	100,0	100,0	90,5	66,7	69,6	66,7	-	75,0	71,0	78,8
	2-4	0,0	2,6	0,0	0,0	2,4	0,0	26,1	8,3	-	0,0	11,3	7,7
	śr.def.	17,5	19,3	25,0	15,0	19,3	11,7	23,9	16,7	-	16,7	19,1	19,2
Karpacka W zarządzie LP	0	3,4	5,3	26,3	5,4	16,8	28,3	0,0	9,5	4,5	27,6	24,5	20,2
	1	83,1	69,0	61,8	82,4	69,3	64,3	62,7	71,4	52,3	56,4	61,5	65,8
	2-4	13,6	25,7	11,9	12,2	13,9	7,5	37,3	19,0	43,2	16,0	14,1	14,0
	śr.def.	22,6	24,3	19,0	21,4	20,7	16,7	26,8	21,9	31,6	20,6	19,4	20,1
Karpacka własność osób fizycznych	0	4,7	9,3	37,0	14,3	16,4	24,8	0,0	13,3	2,4	24,9	18,9	17,7
	1	81,3	66,1	56,5	81,0	68,6	68,1	81,4	77,6	68,2	66,7	69,6	69,1
	2-4	14,0	24,6	6,5	4,8	15,0	7,1	18,6	9,2	29,4	8,5	11,5	13,2
	śr.def.	22,6	25,9	15,8	16,4	21,4	17,8	23,1	18,6	26,8	18,2	19,5	20,5
Karpacka w granicach PN	0	0,0	1,5	2,6	11,8	3,2	16,0	-	0,0	-	40,0	18,4	10,4
	1	50,0	58,8	56,4	70,6	59,5	72,3	-	100,0	-	53,3	71,1	65,0
	2-4	50,0	39,7	41,0	17,6	37,3	11,7	-	0,0	-	6,7	10,5	24,6
	śr.def.	27,5	29,5	29,0	23,8	28,5	18,9	-	19,0	-	14,7	18,3	23,7
Karpacka inne własności	0	0,0	0,0	19,0	100,0	10,0	33,3	0,0	0,0	-	22,6	22,2	17,9
	1	80,0	83,3	71,4	0,0	76,0	66,7	82,4	100,0	-	77,4	74,4	75,0
	2-4	20,0	16,7	9,5	0,0	14,0	0,0	17,6	0,0	-	0,0	3,3	7,1
	śr.def.	23,5	21,7	20,2	10,0	21,2	15,0	22,9	16,7	-	15,8	16,8	18,4

Tabela 18. 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, 2018 r.

RDLP	Kl.def., śr.def.	Sosna	Świerk	Jodła	Inne iglaste	Iglaste razem	Buk	Dąb	Brzoza	Olsza	Inne liśc.	Liśc. razem	Gat. razem
Wrocław	0	10,9	14,2	33,3	3,2	11,8	26,2	4,8	14,5	24,3	13,1	13,2	12,4
	1	66,1	62,5	66,7	50,8	63,9	52,5	36,9	51,3	58,8	51,5	47,9	56,5
	2-4	23,0	23,3	0,0	46,0	24,3	21,3	58,4	34,2	16,9	35,4	38,9	31,1
	śr.def.	23,4	22,6	18,3	27,5	23,3	21,9	30,5	27,5	19,3	28,6	27,1	25,1
Lublin	0	6,3	5,6	2,3	100,0	6,2	21,1	1,6	17,3	0,0	29,0	8,4	7,0
	1	68,7	27,8	70,5	0,0	67,9	57,9	56,3	66,5	66,7	25,8	58,5	64,3
	2-4	25,0	66,7	27,3	0,0	25,9	21,1	42,1	16,2	33,3	45,2	33,1	28,7
	śr.def.	23,9	38,9	26,0	10,0	24,3	23,7	27,5	22,0	25,6	28,9	25,7	24,8
Katowice	0	1,1	3,3	58,6	2,4	4,4	18,6	0,5	2,7	0,0	1,2	5,2	4,8
	1	85,1	60,7	36,2	87,8	81,3	74,3	35,4	46,6	51,6	46,4	50,0	68,5
	2-4	13,7	36,1	5,2	9,8	14,2	7,2	64,2	50,7	48,4	52,4	44,8	26,7
	śr.def.	22,5	28,0	13,9	21,1	22,2	17,4	32,2	30,5	32,3	31,0	28,3	24,7
Poznań	0	5,6	4,3	-	7,1	5,6	60,0	5,6	4,9	30,4	24,2	13,1	8,3
	1	72,7	69,6	-	64,3	72,5	40,0	58,1	55,1	62,3	50,0	57,2	67,0
	2-4	21,7	26,1	-	28,6	21,9	0,0	36,3	40,0	7,2	25,8	29,8	24,7
	śr.def.	23,3	28,0	-	30,0	23,5	10,0	25,6	28,4	16,9	25,2	24,4	23,8
Białystok	0	1,6	10,6	-	0,0	3,4	-	0,9	4,5	7,7	10,3	6,0	4,3
	1	86,2	73,9	-	100,0	83,7	-	75,2	74,9	82,8	75,7	77,5	81,6
	2-4	12,2	15,5	-	0,0	12,8	-	23,9	20,6	9,4	14,0	16,6	14,1
	śr.def.	23,2	24,2	-	22,5	23,4	-	24,1	24,9	21,1	21,5	23,0	23,3

Tabela 18. – cd.

RDLP	Kl.def., śr.def.	Sosna	Świerk	Jodła	Inne iglaste	Iglaste razem	Buk	Dąb	Brzoza	Olsza	Inne liśc.	Liśc. razem	Gat. razem
Warszawa	0	4,8	-	-	14,3	4,9	-	0,0	2,8	12,8	28,6	7,1	5,6
	1	79,8	-	-	85,7	79,9	-	58,6	64,8	61,7	71,4	62,9	74,6
	2-4	15,4	-	-	0,0	15,2	-	41,4	32,4	25,5	0,0	29,9	19,8
	śr.def.	21,7	-	-	16,4	21,6	-	26,6	29,3	27,1	16,2	26,6	23,2
Krosno	0	2,2	6,3	8,3	0,0	4,6	33,0	0,0	4,3	4,8	30,4	24,2	13,4
	1	74,6	73,4	72,7	90,5	74,6	58,0	52,4	53,2	64,3	57,0	57,8	67,1
	2-4	23,2	20,3	19,0	9,5	20,7	9,1	47,6	42,6	31,0	12,6	18,0	19,5
	śr.def.	25,3	22,9	22,7	22,1	24,0	16,4	30,6	31,1	28,5	19,5	21,0	22,6
Łódź	0	19,2	9,1	0,0	18,8	19,0	33,3	0,0	0,0	25,0	25,9	6,1	16,4
	1	63,3	36,4	75,0	65,6	63,1	66,7	67,1	61,6	50,0	59,3	63,1	63,1
	2-4	17,5	54,5	25,0	15,6	17,9	0,0	32,9	38,4	25,0	14,8	30,7	20,5
	śr.def.	21,5	32,7	23,8	19,2	21,6	15,3	26,3	28,1	27,5	20,4	25,7	22,4
Radom	0	21,6	0,0	9,7	75,0	19,7	7,7	6,4	6,5	18,2	0,0	7,2	16,6
	1	63,5	14,3	50,5	25,0	60,3	76,9	70,9	69,4	69,7	81,8	72,3	63,3
	2-4	15,0	85,7	39,8	0,0	20,0	15,4	22,7	24,2	12,1	18,2	20,5	20,1
	śr.def.	19,6	44,3	30,7	11,3	21,7	22,1	22,6	22,7	22,1	25,8	22,9	22,0
Zielona Góra	0	17,4	59,3	-	0,0	18,2	85,7	9,2	17,5	35,3	47,2	25,4	19,7
	1	60,2	37,0	-	100,0	59,8	14,3	52,3	55,3	45,1	47,2	49,7	57,6
	2-4	22,4	3,7	-	0,0	22,0	0,0	38,5	27,2	19,6	5,6	24,9	22,6
	śr.def.	21,8	12,4	-	20,0	21,6	8,6	24,0	22,2	19,0	14,9	20,5	21,4
Szczecin	0	10,5	11,5	-	31,7	11,3	57,1	11,6	24,5	36,2	32,5	29,6	16,9
	1	73,8	76,9	-	60,3	73,4	34,5	56,3	56,1	44,2	44,7	48,6	65,9
	2-4	15,7	11,5	-	7,9	15,3	8,4	32,1	19,4	19,6	22,8	21,8	17,2
	śr.def.	21,6	19,8	-	17,1	21,4	14,2	23,7	20,3	19,8	21,5	20,4	21,1
Toruń	0	9,0	50,0	-	14,3	9,1	45,0	10,9	19,1	22,7	34,4	19,0	11,4
	1	79,9	50,0	-	71,4	79,8	50,0	74,1	75,2	75,0	53,1	71,8	78,0
	2-4	11,1	0,0	-	14,3	11,1	5,0	15,0	5,7	2,3	12,5	9,3	10,7
	śr.def.	21,6	12,5	-	21,1	21,6	14,8	21,1	18,4	15,2	17,0	18,7	20,9
Piła	0	7,5	5,9	-	13,3	7,6	0,0	0,0	9,2	9,1	0,0	6,7	7,5
	1	84,2	88,2	-	80,0	84,2	100,0	36,4	60,9	87,9	100,0	64,2	81,5
	2-4	8,3	5,9	-	6,7	8,2	0,0	63,6	29,9	3,0	0,0	29,1	11,1
	śr.def.	20,2	18,2	-	18,0	20,1	15,0	30,2	24,8	18,5	20,0	24,0	20,7
Kraków	0	2,7	0,0	40,2	15,6	23,5	27,5	0,0	5,6	37,0	35,3	22,2	22,9
	1	70,5	87,5	54,3	62,5	62,0	65,4	48,5	66,7	48,1	49,4	57,0	59,5
	2-4	26,7	12,5	5,5	21,9	14,5	7,1	51,5	27,8	14,8	15,3	20,8	17,6
	śr.def.	25,4	21,9	15,8	23,0	20,0	17,4	29,4	23,9	17,8	20,5	21,2	20,6
Olsztyn	0	4,5	35,5	-	47,8	8,3	41,2	9,5	7,5	38,3	44,2	22,4	14,5
	1	85,9	58,7	-	52,2	82,6	57,4	77,1	78,6	55,6	43,3	67,0	75,8
	2-4	9,6	5,8	-	0,0	9,0	1,5	13,4	13,9	6,1	12,5	10,6	9,7
	śr.def.	21,4	16,7	-	13,7	20,8	15,0	21,3	21,7	17,0	18,7	19,6	20,3
Gdańsk	0	4,9	2,6	-	5,1	4,8	21,1	1,5	9,2	37,0	27,3	13,5	7,5
	1	90,3	52,6	-	92,3	88,8	78,9	83,3	80,5	63,0	63,6	78,5	85,5
	2-4	4,9	44,7	-	2,6	6,5	0,0	15,2	10,3	0,0	9,1	8,0	7,0
	śr.def.	19,5	33,4	-	19,5	20,1	15,8	23,0	19,6	14,8	17,3	18,9	19,7
Szczecinek	0	11,0	3,4	0,0	2,7	10,0	20,7	0,0	12,0	3,6	9,3	11,8	10,7
	1	83,7	84,2	100,0	86,5	83,9	76,6	64,6	78,9	93,4	86,0	79,6	82,3
	2-4	5,2	12,3	0,0	10,8	6,0	2,8	35,4	9,1	3,0	4,7	8,6	7,0
	śr.def.	18,2	23,0	17,5	21,5	18,8	16,2	24,7	19,2	18,6	19,3	18,7	18,7
Razem	0	8,9	13,2	21,9	12,5	9,8	29,3	4,8	9,9	21,6	23,7	15,2	11,6
	1	76,4	66,7	61,1	72,6	75,0	64,1	57,8	67,0	65,0	55,0	62,1	70,6
	2-4	14,7	20,1	17,0	14,9	15,2	6,7	37,5	23,1	13,3	21,3	22,7	17,7
	śr.def.	21,7	23,3	21,2	21,0	21,8	16,6	26,0	23,7	20,1	22,6	22,5	22,0

Tabela 19. 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 do 60 lat, lasy w zarządzie Lasów Państwowych, 2018 r.

RDLP	Kl.def., śr.def.	Sosna	Świerk	Jodła	Inne iglaste	Iglaste razem	Buk	Dąb	Brzoza	Olsza	Inne liśc.	Liśc. razem	Gat. razem
Wrocław	0	10,3	15,0	-	0,0	11,4	0,0	8,5	16,7	15,2	2,8	10,9	11,2
	1	70,0	57,9	-	64,3	66,1	63,6	30,5	48,3	60,6	59,2	49,3	59,4
	2-4	19,7	27,1	-	35,7	22,4	36,4	61,0	35,0	24,2	38,0	39,8	29,4
	śr.def.	22,7	22,4	-	28,9	22,8	24,5	30,5	27,4	21,4	28,9	27,6	24,7
Katowice	0	0,3	0,0	66,7	1,6	1,4	17,6	0,0	3,4	0,0	2,4	6,6	3,6
	1	86,0	60,0	0,0	87,3	84,0	81,2	33,3	59,0	25,0	65,9	60,3	74,2
	2-4	13,7	40,0	33,3	11,1	14,6	1,2	66,7	37,6	75,0	31,7	33,1	22,3
	śr.def.	22,4	30,7	23,3	22,0	22,6	16,2	30,4	29,4	40,5	29,0	26,9	24,4
Lublin	0	7,1	8,3	0,0	100,0	7,2	-	4,6	24,5	-	18,8	14,3	10,3
	1	75,8	41,7	80,0	0,0	74,3	-	57,8	59,2	-	18,8	55,6	66,2
	2-4	17,1	50,0	20,0	0,0	18,5	-	37,6	16,3	-	62,5	30,0	23,5
	śr.def.	22,2	34,2	23,0	10,0	22,7	-	25,2	22,1	-	36,6	24,6	23,6
Poznań	0	2,9	10,0	-	9,1	3,2	-	9,4	4,1	42,0	42,9	16,4	8,6
	1	80,8	50,0	-	72,7	79,9	-	56,4	47,5	55,1	47,6	52,3	68,6
	2-4	16,4	40,0	-	18,2	16,9	-	34,2	48,4	2,9	9,5	31,3	22,8
	śr.def.	23,2	31,5	-	21,8	23,3	-	23,6	29,7	14,0	14,0	23,2	23,3
Radom	0	9,8	0,0	3,6	100,0	9,3	0,0	11,1	6,9	12,5	0,0	7,1	8,6
	1	69,0	0,0	53,6	0,0	65,7	100,0	83,3	75,9	81,3	85,7	81,2	70,1
	2-4	21,2	100,0	42,9	0,0	25,0	0,0	5,6	17,2	6,3	14,3	11,8	21,3
	śr.def.	22,2	35,0	33,9	5,0	23,8	20,0	16,9	20,9	19,1	25,0	20,7	23,0
Białystok	0	1,0	4,0	-	0,0	1,9	-	1,9	5,0	12,5	12,3	7,5	4,1
	1	83,9	82,1	-	100,0	83,4	-	81,5	86,3	80,6	69,9	81,1	82,5
	2-4	15,1	13,9	-	0,0	14,7	-	16,7	8,8	6,9	17,8	11,4	13,4
	śr.def.	24,1	22,7	-	22,5	23,7	-	22,0	21,4	20,3	22,8	21,6	22,9
Warszawa	0	5,6	-	-	50,0	6,3	-	0,0	15,4	25,0	0,0	13,5	8,4
	1	78,2	-	-	50,0	77,8	-	72,7	76,9	45,0	100,0	67,3	74,7
	2-4	16,1	-	-	0,0	15,9	-	27,3	7,7	30,0	0,0	19,2	16,9
	śr.def.	21,5	-	-	12,5	21,4	-	24,5	21,2	31,0	20,0	25,5	22,6
Łódź	0	12,3	0,0	-	50,0	13,9	-	0,0	0,0	28,6	60,0	4,3	11,1
	1	69,0	100,0	-	50,0	68,3	-	74,2	63,0	57,1	40,0	64,7	67,3
	2-4	18,7	0,0	-	0,0	17,8	-	25,8	37,0	14,3	0,0	31,0	21,7
	śr.def.	21,0	20,0	-	12,5	20,6	-	24,7	26,8	19,3	13,0	25,2	22,0
Krosno	0	3,4	10,0	20,0	0,0	8,8	54,8	0,0	0,0	4,0	27,6	27,8	15,4
	1	70,8	73,3	73,8	87,5	74,5	38,1	68,8	100,0	76,0	65,5	59,1	69,2
	2-4	25,8	16,7	6,2	12,5	16,7	7,1	31,3	0,0	20,0	6,9	13,0	15,4
	śr.def.	26,3	21,2	17,6	23,3	22,5	13,5	26,3	25,0	25,2	19,7	19,7	21,5
Piła	0	7,3	7,1	-	13,3	7,5	0,0	0,0	8,8	12,5	0,0	8,1	7,6
	1	81,0	85,7	-	80,0	81,1	100,0	80,0	58,8	87,5	100,0	68,7	78,9
	2-4	11,7	7,1	-	6,7	11,4	0,0	20,0	32,4	0,0	0,0	23,2	13,5
	śr.def.	20,8	18,2	-	18,0	20,6	15,0	22,0	25,7	16,6	18,3	23,1	21,0
Szczecin	0	9,1	5,4	-	42,1	10,7	55,9	20,0	25,9	52,5	35,8	34,0	19,1
	1	75,3	86,5	-	50,0	74,5	33,9	60,0	63,0	45,0	38,9	49,9	65,7
	2-4	15,6	8,1	-	7,9	14,8	10,2	20,0	11,1	2,5	25,3	16,1	15,3
	śr.def.	22,5	19,6	-	16,1	22,0	15,2	20,3	18,0	13,5	21,9	18,7	20,8
Gdańsk	0	6,0	0,0	-	4,2	5,7	100,0	0,0	8,9	50,0	14,3	9,8	6,4
	1	87,0	38,5	-	95,8	85,8	0,0	93,8	83,9	50,0	57,1	81,7	85,1
	2-4	7,0	61,5	-	0,0	8,5	0,0	6,3	7,1	0,0	28,6	8,5	8,5
	śr.def.	19,6	42,7	-	20,0	20,5	10,0	21,9	18,5	12,5	21,4	19,1	20,2
Zielona Góra	0	17,9	77,8	-	-	19,6	100,0	25,0	25,9	44,4	62,9	37,8	23,6
	1	64,6	16,7	-	-	63,3	0,0	52,1	62,1	48,1	37,1	50,6	60,5
	2-4	17,4	5,6	-	-	17,1	0,0	22,9	12,1	7,4	0,0	11,6	15,9
	śr.def.	21,2	10,3	-	-	20,9	8,8	18,5	18,1	17,2	12,1	16,7	20,0

Tabela 19. – cd.

RDLP	Kl.def., śr.def.	Sosna	Świerk	Jodła	Inne iglaste	Iglaste razem	Buk	Dąb	Brzoza	Olsza	Inne liśc.	Liśc. razem	Gat. razem
Toruń	0	12,0	50,0	-	33,3	12,4	100,0	17,0	22,7	33,3	40,0	23,1	16,1
	1	77,8	50,0	-	66,7	77,6	0,0	76,6	72,7	62,5	60,0	71,8	75,6
	2-4	10,2	0,0	-	0,0	10,0	0,0	6,4	4,7	4,2	0,0	5,1	8,3
	śr.def.	21,3	12,5	-	15,8	21,2	7,5	18,4	17,3	15,4	13,0	17,3	19,9
Olsztyn	0	3,7	44,3	-	54,5	9,7	33,3	14,6	10,2	43,0	54,3	25,6	18,0
	1	83,6	50,8	-	45,5	78,8	66,7	80,9	81,3	49,2	40,0	67,7	73,0
	2-4	12,7	4,9	-	0,0	11,5	0,0	4,5	8,4	7,8	5,7	6,7	9,0
	śr.def.	21,8	14,7	-	13,6	20,7	15,0	18,9	19,2	18,1	13,6	18,3	19,5
Szczecinek	0	11,9	3,9	-	4,2	10,4	29,5	0,0	20,0	4,8	14,3	19,0	13,5
	1	82,3	90,2	-	91,7	83,8	68,2	77,4	76,6	92,1	85,7	76,6	81,2
	2-4	5,9	5,9	-	4,2	5,8	2,3	22,6	3,4	3,2	0,0	4,4	5,3
	śr.def.	18,3	20,4	-	20,6	18,7	15,7	22,3	16,8	17,5	17,9	17,0	18,1
Kraków	0	-	0,0	50,0	0,0	45,5	41,4	0,0	0,0	52,6	51,4	46,0	45,9
	1	-	0,0	45,0	100,0	45,5	55,2	100,0	50,0	47,4	37,1	47,1	46,8
	2-4	-	100,0	5,0	0,0	9,1	3,4	0,0	50,0	0,0	11,4	6,9	7,3
	śr.def.	-	40,0	16,5	25,0	18,0	16,0	15,0	30,0	13,2	18,1	16,6	16,8
Razem	0	8,3	13,0	21,7	15,2	9,2	34,9	10,7	13,0	29,0	25,9	19,0	12,8
	1	77,6	69,9	62,0	75,9	76,6	60,6	65,4	67,8	59,8	54,3	63,4	71,8
	2-4	14,1	17,1	16,3	8,9	14,3	4,6	23,9	19,2	11,2	19,8	17,6	15,4
	śr.def.	21,7	21,8	21,7	20,0	21,6	15,6	22,2	22,3	19,2	21,9	21,0	21,4

Tabela 20. 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 > 60 lat, lasy w zarządzie Lasów Państwowych, 2018 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	6,0	0,0	2,9	-	5,8	21,1	0,0	8,6	0,0	40,0	4,7	5,4
	1	65,4	0,0	67,6	-	65,0	57,9	55,5	75,3	66,7	33,3	60,3	63,3
	2-4	28,6	100,0	29,4	-	29,3	21,1	44,5	16,0	33,3	26,7	35,0	31,3
	śr.def.	24,7	48,3	26,9	-	25,0	23,7	28,8	21,9	25,6	20,7	26,3	25,5
Wrocław	0	11,5	13,7	33,3	4,1	12,0	32,0	3,8	6,3	27,2	16,9	14,3	13,2
	1	62,5	65,3	66,7	46,9	62,3	50,0	38,5	62,5	58,3	48,7	47,2	54,7
	2-4	26,0	21,0	0,0	49,0	25,7	18,0	57,7	31,3	14,6	34,4	38,5	32,1
	śr.def.	24,0	22,7	18,3	27,1	23,7	21,3	30,4	28,0	18,6	28,4	26,9	25,3
Katowice	0	1,7	4,3	57,7	5,3	6,4	19,5	0,5	1,9	0,0	0,0	4,3	5,5
	1	84,6	60,9	40,4	89,5	79,6	67,1	35,7	33,0	80,0	27,9	43,0	64,8
	2-4	13,7	34,8	1,9	5,3	14,0	13,4	63,8	65,1	20,0	72,1	52,7	29,7
	śr.def.	22,6	27,1	12,8	18,2	22,0	18,7	32,4	31,7	23,5	32,9	29,2	24,9
Poznań	0	7,6	0,0	-	0,0	7,4	60,0	2,3	6,3	18,8	15,6	9,6	8,1
	1	67,0	84,6	-	33,3	67,2	40,0	59,5	69,8	69,6	51,1	62,3	65,6
	2-4	25,4	15,4	-	66,7	25,4	0,0	38,2	23,8	11,6	33,3	28,1	26,3
	śr.def.	23,5	25,4	-	60,0	23,7	10,0	27,4	26,0	19,9	30,3	25,6	24,3
Białystok	0	1,9	19,0	-	-	4,3	-	0,0	3,9	5,6	7,9	4,6	4,4
	1	87,4	63,5	-	-	83,9	-	69,8	60,6	83,9	82,5	74,4	81,0
	2-4	10,8	17,5	-	-	11,7	-	30,2	35,4	10,6	9,5	21,0	14,6
	śr.def.	22,8	26,1	-	-	23,2	-	25,8	29,2	21,5	20,1	24,3	23,6
Warszawa	0	4,4	-	-	0,0	4,3	-	0,0	0,0	3,7	46,2	4,8	4,5
	1	80,5	-	-	100,0	80,8	-	55,3	62,1	74,1	53,8	61,4	74,5
	2-4	15,2	-	-	0,0	14,9	-	44,7	37,9	22,2	0,0	33,8	21,0
	śr.def.	21,8	-	-	18,0	21,7	-	27,1	31,1	24,3	13,8	27,0	23,4
Krosno	0	1,9	2,9	4,9	0,0	3,1	28,8	0,0	4,5	5,1	30,9	23,4	12,8
	1	75,6	73,5	72,3	100,0	74,7	61,7	42,3	50,0	59,3	55,6	57,5	66,5
	2-4	22,4	23,5	22,8	0,0	22,2	9,5	57,7	45,5	35,6	13,5	19,1	20,7
	śr.def.	25,0	24,4	24,2	18,5	24,5	17,0	33,3	31,5	29,9	19,4	21,3	23,0

Tabela 20. – cd.

RDLP	Kl.def., śr.def.	Sosna	Świerk	Jodła	Inne iglaste	Iglaste razem	Buk	Dąb	Brzoza	Olsza	Inne liśc.	Liśc. razem	Gat. razem
Łódź	0	21,9	10,0	0,0	0,0	21,0	33,3	0,0	0,0	0,0	18,2	7,8	19,0
	1	61,0	30,0	75,0	75,0	61,0	66,7	62,5	59,0	0,0	63,6	61,7	61,1
	2-4	17,1	60,0	25,0	25,0	18,0	0,0	37,5	41,0	100,0	18,2	30,5	19,9
	śr.def.	21,7	34,0	23,8	23,3	22,0	15,3	27,3	30,5	85,0	22,0	26,1	22,6
Zielona Góra	0	16,9	22,2	-	0,0	16,9	80,0	0,0	6,7	25,0	32,4	14,6	16,5
	1	56,5	77,8	-	100,0	56,9	20,0	52,4	46,7	41,7	56,8	49,0	55,2
	2-4	26,6	0,0	-	0,0	26,2	0,0	47,6	46,7	33,3	10,8	36,4	28,3
	śr.def.	22,3	16,7	-	20,0	22,3	8,5	27,3	27,6	21,0	17,6	23,8	22,6
Toruń	0	7,3	-	-	0,0	7,2	31,3	0,0	3,4	10,0	33,3	11,7	7,9
	1	81,1	-	-	75,0	81,0	62,5	69,8	86,2	90,0	51,9	71,7	79,7
	2-4	11,6	-	-	25,0	11,7	6,3	30,2	10,3	0,0	14,8	16,6	12,4
	śr.def.	21,7	-	-	25,0	21,8	16,6	25,8	23,4	15,0	17,8	21,3	21,7
Radom	0	26,0	0,0	12,0	66,7	23,6	8,0	5,4	6,1	23,5	0,0	7,3	19,8
	1	61,4	16,7	49,3	33,3	58,3	76,0	68,5	63,6	58,8	75,0	68,2	60,6
	2-4	12,6	83,3	38,7	0,0	18,1	16,0	26,1	30,3	17,6	25,0	24,6	19,6
	śr.def.	18,6	45,8	29,5	13,3	20,9	22,2	23,7	24,2	25,0	27,1	23,9	21,6
Szczecin	0	11,4	26,7	-	16,0	11,7	58,3	2,9	23,0	30,9	15,8	25,2	15,2
	1	72,9	53,3	-	76,0	72,7	35,0	52,4	48,6	43,9	73,7	47,2	66,1
	2-4	15,7	20,0	-	8,0	15,6	6,7	44,8	28,4	25,2	10,5	27,6	18,7
	śr.def.	21,1	20,3	-	18,6	21,0	13,3	27,2	22,7	21,8	19,5	22,0	21,3
Kraków	0	2,7	0,0	39,2	16,1	22,3	24,8	0,0	6,3	0,0	24,0	15,8	19,4
	1	70,5	93,3	55,3	61,3	62,9	67,3	47,4	68,8	50,0	58,0	59,6	61,4
	2-4	26,7	6,7	5,5	22,6	14,8	7,8	52,6	25,0	50,0	18,0	24,5	19,2
	śr.def.	25,4	20,7	15,7	22,9	20,1	17,7	29,7	23,1	28,8	22,2	22,5	21,2
Olsztyn	0	5,0	28,6	-	41,7	7,5	44,0	1,9	5,0	32,1	39,1	19,1	11,9
	1	87,1	64,9	-	58,3	84,8	54,0	71,4	76,1	64,2	44,9	66,2	77,8
	2-4	7,9	6,5	-	0,0	7,6	2,0	26,7	18,9	3,7	15,9	14,7	10,3
	śr.def.	21,3	18,4	-	13,8	20,9	15,0	24,8	24,0	15,6	21,2	20,9	20,9
Piła	0	7,7	0,0	-	-	7,6	-	0,0	10,5	5,9	0,0	4,5	7,3
	1	86,5	100,0	-	-	86,6	-	28,6	68,4	88,2	100,0	57,6	83,7
	2-4	5,8	0,0	-	-	5,8	-	71,4	21,1	5,9	0,0	37,9	9,0
	śr.def.	19,8	18,3	-	-	19,8	-	31,6	21,3	20,3	22,5	25,5	20,4
Gdańsk	0	4,1	4,0	-	6,7	4,2	20,2	2,0	9,4	36,0	33,3	14,5	8,0
	1	92,4	60,0	-	86,7	90,7	79,8	80,0	79,1	64,0	66,7	77,7	85,8
	2-4	3,5	36,0	-	6,7	5,1	0,0	18,0	11,5	0,0	0,0	7,9	6,2
	śr.def.	19,5	28,6	-	18,7	19,9	15,9	23,3	20,0	15,0	15,3	18,8	19,5
Szczecinek	0	10,4	2,3	0,0	0,0	9,8	13,3	0,0	4,9	2,9	6,9	6,5	8,5
	1	84,8	70,5	100,0	76,9	84,0	83,5	58,8	81,0	94,2	86,2	81,8	83,1
	2-4	4,7	27,3	0,0	23,1	6,3	3,2	41,2	14,1	2,9	6,9	11,7	8,4
	śr.def.	18,2	29,1	17,5	23,1	18,8	16,6	25,8	21,3	19,2	20,0	19,9	19,3
Razem	0	9,2	13,4	22,0	9,3	10,1	27,0	1,5	6,3	16,6	22,3	12,6	10,9
	1	75,7	63,8	60,9	68,7	74,1	65,5	53,5	66,0	68,6	55,4	61,2	69,9
	2-4	15,1	22,8	17,1	22,0	15,8	7,5	45,0	27,7	14,8	22,2	26,3	19,2
	śr.def.	21,7	24,8	21,1	22,3	21,8	17,1	28,2	25,2	20,7	23,1	23,6	22,4

Tabela 21. 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, 2018 r.

Kraina	Kl.def., śr.def.	Sosna	Świerk	Jodła	Inne iglaste	Iglaste razem	Buk	Dąb	Brzoza	Olsza	Inne liśc.	Liśc. razem	Gat. razem
Śląska	0	11,0	36,6	-	13,6	12,4	16,5	4,8	7,8	19,1	9,9	9,0	10,9
	1	71,0	48,8	-	64,2	69,6	62,0	38,4	47,9	65,8	48,3	47,6	59,9
	2-4	17,9	14,6	-	22,2	18,0	21,5	56,8	44,4	15,1	41,8	43,4	29,2
	śr.def.	22,6	17,9	-	22,6	22,4	20,4	29,4	30,8	20,0	30,1	28,4	25,0
Mazowiecko- Podlaska	0	3,5	3,2	-	29,6	3,7	66,7	3,0	6,3	16,7	14,6	9,2	5,8
	1	73,9	77,4	-	66,7	73,8	33,3	62,8	74,6	73,0	62,1	70,6	72,6
	2-4	22,7	19,4	-	3,7	22,5	0,0	34,2	19,2	10,3	23,4	20,2	21,6
	śr.def.	24,4	26,8	-	16,5	24,4	10,0	25,8	23,5	20,2	23,4	23,1	23,9
Sudecka	0	12,5	7,6	30,0	4,4	8,0	27,7	4,9	16,0	38,9	22,9	18,6	13,0
	1	56,3	70,2	70,0	55,6	68,1	57,4	54,4	68,0	11,1	50,3	52,7	60,7
	2-4	31,3	22,2	0,0	40,0	23,9	14,9	40,8	16,0	50,0	26,9	28,8	26,2
	śr.def.	23,4	23,5	19,0	26,1	23,7	21,9	26,2	21,9	22,8	24,0	24,0	23,8
Małopolska	0	13,3	3,9	8,8	14,3	12,9	32,5	2,6	5,2	20,3	22,9	11,9	12,5
	1	65,9	33,3	57,5	73,6	65,0	59,6	57,4	62,9	61,0	56,4	59,5	63,0
	2-4	20,9	62,7	33,7	12,1	22,1	7,9	39,9	32,0	18,7	20,6	28,7	24,4
	śr.def.	22,7	37,5	27,6	20,1	23,2	17,1	27,2	26,2	22,1	22,4	24,5	23,7
Mazursko- Podlaska	0	2,6	15,6	-	45,0	5,0	80,0	2,0	4,4	20,4	25,1	14,5	8,8
	1	85,4	66,7	-	55,0	82,1	20,0	78,5	73,7	72,1	64,8	71,8	78,0
	2-4	12,0	17,8	-	0,0	12,8	0,0	19,5	21,9	7,6	10,1	13,7	13,2
	śr.def.	22,9	23,4	-	13,8	22,9	10,5	23,3	24,4	19,5	18,8	21,3	22,2
Wielkopolsko- Pomorska	0	8,2	15,1	-	11,4	8,3	25,4	6,6	11,0	32,9	22,3	17,1	10,3
	1	75,5	74,8	-	58,0	75,3	68,3	57,5	64,5	61,1	54,9	60,6	72,0
	2-4	16,3	10,1	-	30,7	16,4	6,3	35,9	24,5	6,0	22,9	22,4	17,7
	śr.def.	22,0	19,6	-	26,1	22,0	16,6	25,8	23,8	16,2	21,6	22,0	22,0
Karpacka	0	3,9	6,7	27,8	8,8	15,5	26,4	0,0	11,8	3,1	26,0	21,6	18,5
	1	82,0	66,4	60,4	79,6	68,6	66,1	74,0	78,0	62,8	63,4	66,3	67,5
	2-4	14,1	26,9	11,8	11,5	15,9	7,5	26,0	10,2	34,1	10,5	12,2	14,1
	śr.def.	22,7	25,9	18,6	20,8	21,5	17,1	24,5	19,1	28,4	18,8	19,3	20,4
Bałtycka	0	10,3	12,1	0,0	16,4	10,7	30,1	7,6	12,6	21,5	35,9	19,1	14,6
	1	82,5	71,8	100,0	76,2	81,4	66,9	70,0	76,9	68,8	58,1	70,1	76,2
	2-4	7,2	16,1	0,0	7,4	7,9	3,0	22,4	10,5	9,7	6,0	10,8	9,2
	śr.def.	19,2	23,0	17,5	18,9	19,5	15,7	22,9	19,7	18,5	17,2	19,0	19,3
Kraj	0	8,3	11,4	24,2	14,1	9,3	28,2	4,4	8,0	21,1	22,7	14,8	11,3
	1	74,8	66,0	60,1	69,3	73,5	64,9	59,3	68,9	67,5	58,2	64,1	70,0
	2-4	16,9	22,6	15,7	16,5	17,2	6,9	36,3	23,1	11,4	19,1	21,1	18,6
	śr.def.	22,3	24,3	20,3	21,3	22,4	16,9	26,0	24,0	19,7	21,6	22,4	22,4

Tabela 22. 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 do 60 lat, wszystkie formy własności, 2018 r.

Kraina	Kl.def., śr.def.	Sosna	Świerk	Jodła	Inne iglaste	Iglaste razem	Buk	Dąb	Brzoza	Olsza	Inne liśc.	Liśc. razem	Gat. razem
Sudecka	0	-	4,2	-	0,0	4,0	0,0	0,0	17,5	-	14,3	14,3	10,1
	1	-	61,5	-	100,0	63,0	100,0	100,0	77,5	-	52,0	61,9	62,3
	2-4	-	34,4	-	0,0	33,0	0,0	0,0	5,0	-	33,7	23,8	27,5
	śr.def.	-	25,5	-	23,8	25,5	20,0	20,0	17,3	-	25,7	23,1	24,0
Mazowiecko- Podlaska	0	3,1	3,7	-	44,4	3,6	-	5,3	7,3	22,4	13,0	10,6	6,5
	1	71,6	77,8	-	55,6	71,5	-	68,9	78,6	67,1	61,7	73,6	72,4
	2-4	25,3	18,5	-	0,0	24,9	-	25,8	14,1	10,5	25,2	15,8	21,1
	śr.def.	25,3	27,0	-	14,2	25,2	-	23,8	22,0	19,9	25,8	22,1	23,9
Śląska	0	9,5	32,7	-	16,9	11,6	14,8	11,1	12,1	28,9	12,1	13,3	12,3
	1	72,0	55,8	-	66,2	70,5	66,7	41,8	53,1	55,6	54,9	51,1	62,8
	2-4	18,5	11,5	-	16,9	17,9	18,5	47,1	34,8	15,6	33,0	35,6	24,9
	śr.def.	22,8	18,1	-	21,6	22,4	20,0	26,3	27,8	18,2	26,9	26,0	23,8
Małopolska	0	10,4	0,0	2,4	16,4	10,2	33,8	6,5	6,0	30,8	19,4	14,5	12,0
	1	68,3	21,9	64,3	76,4	67,6	64,7	68,2	67,9	51,9	61,9	64,1	66,2
	2-4	21,3	78,1	33,3	7,3	22,2	1,5	25,2	26,1	17,3	18,7	21,4	21,9
	śr.def.	23,2	45,5	30,0	19,0	23,6	15,3	22,9	24,5	21,1	22,4	22,7	23,3
Wielkopolsko- Pomorska	0	8,0	19,1	-	14,3	8,5	45,2	12,3	11,8	36,1	23,0	19,0	11,3
	1	76,3	72,3	-	57,1	75,9	45,2	67,6	62,6	57,6	50,8	60,5	71,8
	2-4	15,7	8,5	-	28,6	15,7	9,7	20,1	25,6	6,3	26,2	20,5	16,9
	śr.def.	22,2	18,1	-	24,4	22,1	14,2	21,2	23,8	16,0	22,6	21,3	21,9
Mazursko- Podlaska	0	1,6	13,3	-	54,5	5,2	-	3,4	7,3	28,7	30,1	18,9	11,7
	1	83,4	67,6	-	45,5	79,0	-	84,5	83,2	64,3	61,2	72,3	75,8
	2-4	15,0	19,1	-	0,0	15,9	-	12,1	9,5	7,0	8,7	8,8	12,5
	śr.def.	23,7	22,2	-	13,6	23,2	-	21,6	20,5	18,8	18,3	19,6	21,5
Karpacka	0	2,5	10,8	39,1	5,9	18,1	33,6	0,0	11,7	1,3	26,8	22,5	20,7
	1	87,5	66,7	54,7	86,3	69,7	59,3	90,9	85,0	67,5	63,1	65,8	67,4
	2-4	10,0	22,5	6,3	7,8	12,2	7,1	9,1	3,3	31,2	10,2	11,7	11,9
	śr.def.	21,5	24,9	16,1	20,1	20,5	15,7	19,5	17,6	27,9	18,3	19,0	19,6
Bałtycka	0	9,6	5,6	-	20,0	9,9	33,7	17,0	18,2	28,4	45,4	25,8	16,6
	1	81,6	81,5	-	75,0	81,1	62,0	74,2	76,4	67,1	50,5	68,7	75,9
	2-4	8,9	13,0	-	5,0	9,0	4,3	8,8	5,4	4,5	4,1	5,6	7,5
	śr.def.	19,5	23,2	-	18,5	19,8	16,0	18,9	17,6	16,0	14,7	17,0	18,6
Kraj	0	7,3	11,8	30,0	18,0	8,4	33,0	9,9	9,9	27,2	23,4	17,4	12,0
	1	75,0	66,9	57,1	70,9	73,9	61,3	67,6	71,9	62,3	58,5	65,9	70,8
	2-4	17,7	21,3	12,9	11,1	17,7	5,8	22,5	18,2	10,5	18,1	16,7	17,3
	śr.def.	22,7	23,5	19,6	20,0	22,7	16,0	22,2	22,4	19,0	21,3	21,1	22,0

Tabela 23. 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 > 60 lat, wszystkie formy własności, 2018 r.

Kraina	Kl.def., śr.def.	Sosna	Świerk	Jodła	Inne iglaste	Iglaste razem	Buk	Dąb	Brzoza	Olsza	Inne liśc.	Liśc. razem	Gat. razem
Śląska	0	12,3	43,3	-	0,0	13,1	17,3	1,6	1,3	15,0	8,9	6,1	9,8
	1	70,3	36,7	-	56,3	68,9	59,6	36,7	40,0	70,1	45,3	45,3	57,5
	2-4	17,4	20,0	-	43,8	18,0	23,1	61,6	58,7	15,0	45,8	48,6	32,7
	śr.def.	22,4	17,5	-	26,6	22,3	20,7	31,0	35,2	20,7	31,6	29,9	26,0
Małopolska	0	14,8	5,7	10,6	11,1	14,4	31,9	1,3	4,3	10,1	27,4	9,9	12,9
	1	64,5	38,6	55,6	69,4	63,6	57,5	53,7	57,6	69,8	49,6	56,1	61,1
	2-4	20,7	55,7	33,8	19,4	22,0	10,6	45,0	38,1	20,1	23,1	34,0	26,0
	śr.def.	22,5	33,8	26,9	21,8	22,9	17,9	28,6	27,9	23,1	22,4	25,9	23,9
Mazowiecko- Podlaska	0	3,8	0,0	-	0,0	3,8	66,7	1,8	4,3	12,7	15,8	7,8	5,2
	1	75,7	75,0	-	88,9	75,7	33,3	59,8	67,2	77,2	62,3	67,5	72,8
	2-4	20,5	25,0	-	11,1	20,5	0,0	38,4	28,5	10,1	21,9	24,7	22,0
	śr.def.	23,7	25,0	-	21,1	23,7	10,0	26,8	26,4	20,4	21,6	24,1	23,9
Sudecka	0	12,5	8,8	30,0	4,9	9,2	31,0	5,1	10,0	38,9	33,8	21,1	14,3
	1	56,3	73,5	70,0	51,2	69,7	52,4	52,5	30,0	11,1	48,1	47,2	60,0
	2-4	31,3	17,7	0,0	43,9	21,1	16,7	42,4	60,0	50,0	18,2	31,7	25,7
	śr.def.	23,4	22,8	19,0	26,3	23,1	22,1	26,4	40,5	22,8	21,9	24,6	23,8
Mazursko- Podlaska	0	3,2	18,8	-	33,3	5,0	80,0	0,0	1,2	14,0	16,3	9,9	6,7
	1	86,3	65,3	-	66,7	84,0	20,0	70,2	63,0	78,0	71,2	71,2	79,6
	2-4	10,5	15,9	-	0,0	11,0	0,0	29,8	35,8	8,0	12,5	18,9	13,7
	śr.def.	22,5	25,1	-	13,9	22,7	10,5	25,7	28,7	20,1	19,8	23,1	22,8
Wielkopolsko- Pomorska	0	8,3	0,0	-	7,7	8,2	18,9	1,0	9,3	30,2	21,5	14,9	9,5
	1	74,9	84,0	-	59,0	74,9	75,8	47,8	68,4	64,1	59,5	60,6	72,2
	2-4	16,8	16,0	-	33,3	16,9	5,3	51,2	22,3	5,6	19,0	24,5	18,3
	śr.def.	21,8	25,2	-	28,2	21,9	17,4	30,3	23,6	16,4	20,4	22,7	22,0
Karpacka	0	4,2	5,2	25,7	11,3	14,9	25,0	0,0	11,9	5,8	25,4	21,1	17,7
	1	80,9	66,4	61,5	74,2	68,3	67,4	72,4	71,6	55,8	63,8	66,5	67,5
	2-4	14,9	28,4	12,8	14,5	16,8	7,6	27,6	16,4	38,5	10,8	12,4	14,8
	śr.def.	22,9	26,2	19,1	21,3	21,8	17,4	25,0	20,4	29,1	19,2	19,4	20,7
Bałtycka	0	10,9	17,1	0,0	9,5	11,3	27,8	1,9	9,0	18,1	29,2	15,1	13,1
	1	83,2	64,3	100,0	78,6	81,6	70,0	67,4	77,2	69,7	63,5	71,0	76,5
	2-4	5,9	18,6	0,0	11,9	7,1	2,2	30,7	13,8	12,3	7,3	14,0	10,4
	śr.def.	18,9	22,9	17,5	19,8	19,2	15,5	25,3	21,0	19,7	18,9	20,3	19,7
Kraj	0	8,9	11,0	23,0	9,1	9,9	26,5	1,5	5,6	16,7	22,1	12,8	10,9
	1	74,8	65,4	60,7	67,3	73,2	66,2	54,9	65,0	71,3	57,9	62,6	69,5
	2-4	16,3	23,6	16,2	23,6	16,9	7,3	43,6	29,3	12,0	20,0	24,6	19,6
	śr.def.	22,1	25,0	20,4	23,1	22,2	17,2	28,1	26,0	20,2	22,0	23,4	22,6

Tabela 24. 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, 2018 rok

Województwo	Kl.def., śr.def.	Sosna	Świerk	Jodła	Inne iglaste	Iglaste razem	Buk	Dąb	Brzoza	Olsza	Inne liśc.	Liśc. razem	Gat. razem
Opolskie	0	0,3	0,0	-	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	1,3	0,2	0,2
	1	83,4	81,8	-	87,5	83,8	53,6	35,3	48,5	67,6	45,5	45,5	65,1
	2-4	16,3	18,2	-	12,5	16,0	46,4	64,7	51,5	32,4	53,2	54,3	34,6
	śr.def.	23,6	29,5	-	22,9	23,7	27,0	32,1	37,1	25,0	30,2	32,4	28,0
Dolnośląskie	0	10,9	13,1	30,0	16,0	12,2	26,6	4,2	14,5	25,9	17,4	14,8	13,4
	1	66,1	66,2	70,0	46,9	64,9	53,1	37,9	52,5	57,5	50,7	48,3	56,6
	2-4	23,0	20,7	0,0	37,0	23,0	20,3	57,9	33,0	16,7	31,9	37,0	29,9
	śr.def.	23,3	22,3	19,0	24,3	23,0	21,4	30,5	26,4	19,3	26,9	26,5	24,7
Mazowieckie	0	3,5	0,0	8,6	30,4	3,8	50,0	3,0	2,9	8,8	12,4	5,5	4,4
	1	71,5	12,5	54,3	65,2	71,1	50,0	63,1	73,3	82,3	63,3	72,0	71,3
	2-4	25,0	87,5	37,1	4,3	25,2	0,0	33,8	23,7	8,8	24,3	22,5	24,3
	śr.def.	24,8	44,4	31,3	16,3	24,8	12,5	25,2	24,7	20,1	24,3	23,8	24,5
Lubelskie	0	4,5	15,0	0,0	35,3	4,9	58,6	2,5	13,0	29,3	28,2	16,1	10,1
	1	67,6	30,0	88,9	64,7	67,5	41,4	56,1	72,8	54,8	53,9	59,9	63,9
	2-4	27,9	55,0	11,1	0,0	27,7	0,0	41,3	14,1	15,9	18,0	24,0	25,9
	śr.def.	25,2	30,3	22,2	14,7	25,1	12,8	27,5	21,4	21,0	20,3	23,0	24,1
Podlaskie	0	1,7	3,0	-	0,0	1,9	-	1,0	6,1	10,0	6,8	7,3	4,0
	1	80,9	67,5	-	100,0	79,2	-	75,2	75,7	83,1	80,1	79,3	79,2
	2-4	17,4	29,4	-	0,0	18,9	-	23,8	18,2	6,9	13,0	13,4	16,8
	śr.def.	24,5	29,4	-	22,5	25,1	-	23,8	23,6	19,7	21,0	21,7	23,8
Podkarpackie	0	4,7	5,4	7,5	4,5	5,4	27,5	2,4	2,0	3,1	26,8	18,3	11,6
	1	73,0	67,6	71,3	83,3	72,8	62,0	59,4	49,7	63,8	63,7	61,0	67,1
	2-4	22,3	27,0	21,2	12,1	21,8	10,5	38,2	48,4	33,1	9,5	20,7	21,3
	śr.def.	24,6	25,3	23,4	22,6	24,2	17,7	26,8	31,0	28,7	18,3	21,9	23,1
Śląskie	0	1,6	8,9	51,8	7,3	6,7	8,8	0,9	3,0	10,7	10,5	4,8	6,1
	1	83,2	57,0	42,2	85,4	77,6	90,3	53,8	50,6	82,1	63,2	64,3	73,5
	2-4	15,2	34,2	6,0	7,3	15,6	0,9	45,3	46,4	7,1	26,3	30,9	20,4
	śr.def.	22,7	29,7	13,8	19,3	22,3	17,0	27,4	27,2	18,4	26,6	24,0	22,9
Wielkopolskie	0	7,2	5,4	-	16,7	7,3	45,5	5,2	7,7	30,7	12,5	13,9	9,2
	1	74,6	75,7	-	66,7	74,6	54,5	59,8	57,7	66,5	68,0	61,9	70,9
	2-4	18,2	18,9	-	16,7	18,2	0,0	35,1	34,7	2,8	19,5	24,2	19,9
	śr.def.	22,6	24,3	-	22,5	22,6	11,8	25,3	26,4	16,0	21,4	22,6	22,6
Łódzkie	0	21,9	8,3	0,0	4,5	21,5	33,3	2,5	0,4	39,3	27,6	7,3	18,7
	1	59,7	41,7	75,0	72,7	59,8	66,7	52,5	62,9	53,6	62,1	60,2	59,8
	2-4	18,4	50,0	25,0	22,7	18,7	0,0	45,0	36,7	7,1	10,3	32,6	21,4
	śr.def.	21,2	31,3	23,8	22,3	21,3	15,3	29,4	29,3	16,3	19,5	27,0	22,4
Świętokrzyskie	0	26,0	0,0	9,8	60,0	23,6	14,3	8,2	6,4	10,7	13,3	9,8	18,7
	1	63,8	13,9	47,6	40,0	60,1	67,3	78,6	73,9	50,0	50,8	65,4	62,0
	2-4	10,1	86,1	42,7	0,0	16,3	18,4	13,3	19,7	39,3	35,9	24,8	19,3
	śr.def.	18,6	49,9	29,6	13,0	20,9	21,9	20,9	22,6	31,6	27,2	24,4	22,1
Lubuskie	0	13,6	35,6	-	6,3	14,0	77,8	7,2	15,6	47,1	33,1	24,3	16,1
	1	65,9	55,6	-	43,8	65,5	22,2	49,2	60,9	40,0	45,9	48,6	62,2
	2-4	20,5	8,9	-	50,0	20,4	0,0	43,6	23,4	12,9	21,1	27,1	21,8
	śr.def.	22,0	15,7	-	31,3	21,9	9,8	26,7	21,4	15,3	20,7	21,6	21,9
Kujawsko- pomorskie	0	9,0	14,3	-	6,9	8,9	45,0	11,0	17,3	28,9	22,6	18,2	11,3
	1	78,5	57,1	-	44,8	77,7	50,0	72,3	73,5	66,7	40,3	67,2	75,1
	2-4	12,5	28,6	-	48,3	13,3	5,0	16,8	9,2	4,4	37,1	14,6	13,6
	śr.def.	21,9	25,7	-	31,9	22,1	14,8	21,3	20,1	16,1	25,2	20,5	21,7
Małopolskie	0	1,5	5,9	36,9	14,5	16,3	31,6	0,0	14,1	20,0	24,8	20,8	18,5
	1	80,4	67,8	55,5	70,9	67,5	63,1	63,3	72,6	62,9	64,5	64,8	66,2
	2-4	18,1	26,3	7,6	14,5	16,2	5,3	36,7	13,3	17,1	10,7	14,4	15,3
	śr.def.	23,5	25,3	16,6	20,3	21,3	16,4	27,1	19,8	20,6	19,5	20,1	20,7

Tabela 24. – cd.

Województwo	Kl.def., śr.def.	Sosna	Świerk	Jodła	Inne iglaste	Iglaste razem	Buk	Dąb	Brzoza	Olsza	Inne liśc.	Liśc. razem	Gat. razem
Warmińsko- mazurskie	0	5,0	28,7	-	47,8	9,0	42,9	7,4	5,6	34,2	37,2	22,0	14,9
	1	86,8	67,2	-	52,2	83,5	55,7	82,6	76,6	58,9	49,8	66,5	75,7
	2-4	8,2	4,1	-	0,0	7,5	1,4	10,0	17,8	6,9	13,0	11,5	9,3
	śr.def.	21,0	16,8	-	13,7	20,3	14,8	21,4	23,3	17,9	19,3	20,2	20,3
Zachodnio- pomorskie	0	12,1	5,4	-	26,0	12,2	33,2	9,0	18,4	22,8	40,4	22,7	16,5
	1	79,1	83,8	-	65,8	78,9	62,8	57,6	67,4	63,8	54,8	62,6	72,2
	2-4	8,8	10,8	-	8,2	8,9	4,0	33,3	14,2	13,4	4,8	14,7	11,3
	śr.def.	19,5	22,5	-	17,3	19,6	15,7	23,9	19,9	19,6	15,7	19,3	19,5
Pomorskie	0	6,0	5,3	0,0	2,9	5,8	14,1	1,1	6,8	9,9	18,9	9,0	6,7
	1	89,0	69,5	100,0	90,0	88,1	83,2	78,5	84,9	86,5	75,7	83,5	86,8
	2-4	5,1	25,3	0,0	7,1	6,1	2,6	20,4	8,3	3,6	5,4	7,5	6,5
	śr.def.	19,1	26,4	17,5	20,8	19,5	16,8	24,0	19,7	17,5	17,7	19,1	19,4
Kraj	0	8,3	11,4	24,2	14,1	9,3	28,2	4,4	8,0	21,1	22,7	14,8	11,3
	1	74,8	66,0	60,1	69,3	73,5	64,9	59,3	68,9	67,5	58,2	64,1	70,0
	2-4	16,9	22,6	15,7	16,5	17,2	6,9	36,3	23,1	11,4	19,1	21,1	18,6
	śr.def.	22,3	24,3	20,3	21,3	22,4	16,9	26	24	19,7	21,6	22,4	22,4

Tabela 25. 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 21-60 lat, wszystkie własności, 2018 rok

Województwo	Kl.def., śr.def.	Sosna	Świerk	Jodła	Inne iglaste	Iglaste razem	Buk	Dąb	Brzoza	Olsza	Inne liśc.	Liśc. razem	Gat. razem
Opolskie	0	0,0	0,0	-	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	1	82,0	77,8	-	88,2	82,7	50,0	64,7	67,1	44,4	56,5	62,8	75,1
	2-4	18,0	22,2	-	11,8	17,3	50,0	35,3	32,9	55,6	43,5	37,2	24,9
	śr.def.	23,5	30,6	-	22,8	23,6	26,7	26,3	30,2	27,2	30,2	29,0	25,7
Mazowieckie	0	3,0	0,0	3,6	50,0	3,5	0,0	7,7	4,4	8,3	8,6	5,9	4,3
	1	65,6	0,0	53,6	50,0	65,0	100,0	70,3	79,7	84,5	62,4	76,6	68,9
	2-4	31,4	100,0	42,9	0,0	31,5	0,0	22,0	15,9	7,1	29,0	17,5	26,8
	śr.def.	26,5	52,5	33,9	13,2	26,6	20,0	22,4	22,4	17,9	26,8	22,4	25,2
Dolnośląskie	0	10,8	15,0	-	35,5	13,6	0,0	6,8	16,9	27,1	15,9	15,8	14,6
	1	70,3	57,9	-	45,2	65,3	66,7	28,4	50,0	57,6	54,4	49,7	57,6
	2-4	18,9	27,1	-	19,4	21,1	33,3	64,9	33,1	15,3	29,7	34,5	27,7
	śr.def.	22,4	22,4	-	20,2	22,3	23,8	30,9	26,2	18,3	24,8	25,4	23,8
Świętokrzyskie	0	14,7	0,0	-	100,0	14,0	0,0	6,9	4,3	5,4	18,0	9,2	11,6
	1	73,3	16,7	-	0,0	69,5	100,0	82,8	77,6	43,2	53,9	65,9	67,7
	2-4	12,0	83,3	-	0,0	16,5	0,0	10,3	18,1	51,4	28,1	24,9	20,6
	śr.def.	21,5	52,2	-	5,0	23,4	17,5	20,0	21,9	35,3	23,8	24,1	23,7
Wielkopolskie	0	4,9	8,7	-	17,4	5,2	0,0	9,3	5,6	40,2	10,6	14,5	7,9
	1	76,2	69,6	-	69,6	76,0	100,0	64,3	52,5	56,9	76,6	59,1	71,1
	2-4	18,9	21,7	-	13,0	18,9	0,0	26,4	41,9	2,9	12,8	26,4	21,0
	śr.def.	23,4	24,1	-	19,6	23,3	15,0	22,3	28,3	15,2	19,6	23,0	23,2
Podlaskie	0	0,9	1,4	-	0,0	1,0	-	1,8	6,7	6,7	10,2	6,8	3,6
	1	80,4	67,6	-	100,0	77,9	-	83,6	82,5	87,1	87,5	84,8	80,9
	2-4	18,7	31,0	-	0,0	21,1	-	14,5	10,7	6,1	2,3	8,4	15,5
	śr.def.	25,0	27,4	-	22,5	25,5	-	21,3	21,3	19,9	18,3	20,4	23,2
Śląskie	0	1,5	19,0	50,0	3,6	4,4	8,0	0,0	8,1	0,0	14,3	7,7	5,4
	1	86,7	28,6	16,7	85,7	80,1	90,0	61,5	48,6	66,7	71,4	70,9	77,2
	2-4	11,7	52,4	33,3	10,7	15,5	2,0	38,5	43,2	33,3	14,3	21,4	17,4
	śr.def.	22,2	41,7	19,2	21,1	23,6	17,6	26,2	26,9	25,0	22,1	22,2	23,2

Tabela 25. – cd.

Województwo	Kl.def., śr.def.	Sosna	Świerk	Jodła	Inne iglaste	Iglaste razem	Buk	Dąb	Brzoza	Olsza	Inne liśc.	Liśc. razem	Gat. razem
Lubelskie	0	3,6	14,3	-	35,3	5,1	-	4,7	16,7	35,0	17,6	18,7	13,1
	1	70,5	57,1	-	64,7	70,1	-	63,8	71,2	51,7	64,7	63,7	66,3
	2-4	25,8	28,6	-	0,0	24,8	-	31,5	12,1	13,3	17,6	17,5	20,5
	śr.def.	25,4	20,7	-	14,7	24,8	-	24,3	20,4	20,9	22,3	21,7	23,0
Łódzkie	0	15,1	0,0	-	50,0	15,2	-	15,4	0,0	38,9	40,0	6,5	13,5
	1	64,2	100,0	-	50,0	64,2	-	76,9	67,4	50,0	60,0	66,1	64,6
	2-4	20,7	0,0	-	0,0	20,6	-	7,7	32,6	11,1	0,0	27,4	21,9
	śr.def.	21,8	17,5	-	12,5	21,8	-	18,8	27,5	17,5	16,0	25,4	22,5
Podkarpackie	0	4,7	7,7	17,3	2,6	6,8	41,5	7,1	1,7	2,7	22,0	16,9	11,8
	1	77,4	64,1	74,7	84,6	76,4	46,2	73,2	61,0	67,6	67,8	64,3	70,5
	2-4	17,9	28,2	8,0	12,8	16,7	12,3	19,6	37,3	29,7	10,2	18,8	17,7
	śr.def.	23,7	25,8	18,3	23,1	23,0	15,8	22,4	27,0	28,2	18,5	21,4	22,2
Kujawsko- pomorskie	0	11,1	50,0	-	9,1	11,1	100,0	17,9	19,9	28,9	14,3	20,9	14,8
	1	75,5	50,0	-	36,4	74,0	0,0	75,8	71,1	66,7	31,4	67,0	71,3
	2-4	13,4	0,0	-	54,5	14,9	0,0	6,3	9,0	4,4	54,3	12,2	13,9
	śr.def.	22,0	12,5	-	32,0	22,4	7,5	18,2	19,5	16,1	30,9	19,7	21,4
Lubuskie	0	14,5	38,9	-	33,3	15,5	81,3	15,9	21,0	46,2	31,4	28,2	18,6
	1	68,7	50,0	-	66,7	68,0	18,8	56,1	66,7	50,0	41,9	52,2	64,1
	2-4	16,8	11,1	-	0,0	16,5	0,0	28,0	12,3	3,8	26,7	19,6	17,3
	śr.def.	21,7	15,4	-	20,0	21,4	10,0	21,6	18,6	14,0	22,7	19,8	21,0
Warmińsko- mazurskie	0	4,6	24,2	-	54,5	9,1	33,3	11,3	7,7	44,9	42,1	26,6	18,2
	1	84,6	72,0	-	45,5	81,6	66,7	81,8	82,8	48,7	44,4	65,0	72,9
	2-4	10,8	3,8	-	0,0	9,3	0,0	6,9	9,6	6,4	13,5	8,4	8,8
	śr.def.	21,3	16,6	-	13,6	20,3	15,0	20,3	21,0	16,9	19,0	19,1	19,6
Pomorskie	0	5,9	6,1	-	2,4	5,8	20,4	0,0	6,2	7,1	35,7	10,5	6,8
	1	87,3	75,5	-	97,6	87,2	77,8	92,0	87,7	78,6	50,0	83,1	86,3
	2-4	6,7	18,4	-	0,0	7,0	1,9	8,0	6,2	14,3	14,3	6,3	6,9
	śr.def.	19,2	25,7	-	20,4	19,6	16,2	21,8	18,8	19,3	16,8	18,5	19,4
Małopolskie	0	0,0	8,5	55,7	14,3	17,9	38,0	0,0	13,6	26,8	29,6	26,8	23,6
	1	92,6	76,3	41,0	85,7	74,5	60,8	60,9	77,3	63,4	60,1	63,3	67,3
	2-4	7,4	15,3	3,3	0,0	7,7	1,3	39,1	9,1	9,8	10,3	10,0	9,1
	śr.def.	21,4	20,8	14,5	15,5	19,0	14,7	25,7	19,0	18,4	19,2	18,6	18,7
Zachodnio- pomorskie	0	12,4	3,5	-	34,9	12,6	37,5	22,3	27,1	33,9	56,1	33,3	21,3
	1	77,9	90,6	-	55,8	78,1	56,9	62,1	66,3	63,4	42,4	60,1	70,5
	2-4	9,7	5,9	-	9,3	9,3	5,6	15,5	6,6	2,7	1,5	6,6	8,2
	śr.def.	19,9	20,4	-	16,4	19,8	15,9	18,6	17,2	15,0	13,7	16,3	18,3
Kraj	0	7,3	11,8	30,0	18,0	8,4	33,0	9,9	9,9	27,2	23,4	17,4	12,0
	1	75,0	66,9	57,1	70,9	73,9	61,3	67,6	71,9	62,3	58,5	65,9	70,8
	2-4	17,7	21,3	12,9	11,1	17,7	5,8	22,5	18,2	10,5	18,1	16,7	17,3
	śr.def.	22,7	23,5	19,6	20,0	22,7	16,0	22,2	22,4	19,0	21,3	21,1	22,0

Tabela 26. 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 > 60 lat, wszystkie własności, 2018 rok

Województwo	Kl.def., śr.def.	Sosna	Świerk	Jodła	Inne iglaste	Iglaste razem	Buk	Dąb	Brzoza	Olsza	Inne liśc.	Liśc. razem	Gat. razem
Opolskie	0	0,5	0,0	-	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	1,9	0,4	0,4
	1	84,9	100,0	-	83,3	85,1	54,5	25,5	24,1	76,0	40,7	35,6	56,7
	2-4	14,5	0,0	-	16,7	14,4	45,5	74,5	75,9	24,0	57,4	64,0	42,9
	śr.def.	23,8	25,0	-	23,3	23,8	27,0	34,0	46,1	24,2	30,2	34,4	29,9
Dolnośląskie	0	10,9	12,2	30,0	4,0	11,2	32,7	3,6	5,4	25,2	18,6	14,1	12,6
	1	62,5	70,1	70,0	48,0	64,6	50,0	40,4	62,2	57,4	47,8	47,3	56,0
	2-4	26,6	17,6	0,0	48,0	24,2	17,3	56,1	32,4	17,4	33,6	38,6	31,4
	śr.def.	24,1	22,2	19,0	26,9	23,5	20,9	30,4	27,3	19,8	28,6	27,3	25,4
Lubelskie	0	4,8	15,4	0,0	-	4,8	58,6	1,6	7,8	16,9	35,7	13,8	8,4
	1	66,5	15,4	88,9	-	66,4	41,4	52,9	75,2	61,5	46,2	56,8	62,6
	2-4	28,7	69,2	11,1	-	28,8	0,0	45,4	17,0	21,5	18,2	29,5	29,0
	śr.def.	25,1	35,4	22,2	-	25,2	12,8	28,9	22,7	21,1	18,8	24,0	24,7
Podlaskie	0	2,2	5,6	-	-	2,5	-	0,0	5,0	11,7	2,7	7,8	4,3
	1	81,2	67,4	-	-	80,0	-	66,0	64,8	80,9	71,2	74,0	77,9
	2-4	16,6	27,0	-	-	17,5	-	34,0	30,2	7,4	26,0	18,3	17,8
	śr.def.	24,2	32,4	-	-	24,9	-	26,6	27,2	19,6	24,3	22,9	24,2
Mazowieckie	0	3,9	0,0	28,6	0,0	4,0	100,0	0,6	0,4	9,0	16,7	5,2	4,4
	1	76,4	25,0	57,1	88,9	76,2	0,0	59,3	62,4	81,4	64,3	67,5	73,5
	2-4	19,7	75,0	14,3	11,1	19,8	0,0	40,1	37,1	9,5	19,0	27,3	22,1
	śr.def.	23,3	36,3	20,7	21,1	23,3	5,0	26,6	28,8	21,0	21,5	25,0	23,8
Podkarpackie	0	4,7	2,9	4,6	7,4	4,7	25,0	0,0	2,1	3,5	30,2	18,9	11,6
	1	70,9	71,4	70,4	81,5	71,1	64,8	52,3	42,6	60,5	60,8	59,5	65,4
	2-4	24,4	25,7	25,0	11,1	24,2	10,2	47,7	55,3	36,0	9,0	21,6	23,0
	śr.def.	25,0	24,9	24,8	21,9	24,9	18,0	29,1	33,5	29,1	18,2	22,1	23,5
Śląskie	0	1,6	5,2	51,9	15,4	7,6	9,5	1,1	1,5	12,0	0,0	3,8	6,4
	1	82,0	67,2	44,2	84,6	76,8	90,5	52,7	51,1	84,0	40,0	61,8	72,2
	2-4	16,4	27,6	3,9	0,0	15,7	0,0	46,2	47,3	4,0	60,0	34,4	21,4
	śr.def.	22,9	25,4	13,4	15,4	21,9	16,5	27,5	27,3	17,6	39,0	24,6	22,7
Lubuskie	0	13,1	22,2	-	0,0	13,0	72,7	0,0	6,4	47,7	36,2	19,8	14,1
	1	64,0	77,8	-	38,5	63,8	27,3	43,4	51,1	34,1	53,2	44,4	60,7
	2-4	23,0	0,0	-	61,5	23,2	0,0	56,6	42,6	18,2	10,6	35,9	25,2
	śr.def.	22,2	16,7	-	33,8	22,3	9,5	30,8	26,3	16,0	17,0	23,8	22,5
Łódzkie	0	27,3	10,0	0,0	0,0	26,3	33,3	0,0	1,0	40,0	25,0	7,9	22,7
	1	56,2	30,0	75,0	75,0	56,4	66,7	47,8	56,7	60,0	62,5	55,6	56,2
	2-4	16,6	60,0	25,0	25,0	17,3	0,0	52,2	42,3	0,0	12,5	36,6	21,1
	śr.def.	20,8	34,0	23,8	23,3	21,0	15,3	31,5	31,8	14,0	20,2	28,2	22,4
Wielkopolskie	0	9,3	0,0	-	0,0	9,2	50,0	1,9	11,8	24,3	13,6	13,4	10,4
	1	73,2	85,7	-	0,0	73,3	50,0	56,2	67,6	73,0	63,0	64,5	70,8
	2-4	17,5	14,3	-	100,0	17,5	0,0	42,0	20,6	2,6	23,5	22,1	18,8
	śr.def.	21,9	24,6	-	90,0	22,0	11,5	27,7	22,8	16,5	22,5	22,2	22,1
Kujawsko- pomorskie	0	7,6	0,0	-	0,0	7,5	31,3	0,0	3,3	-	33,3	11,3	8,0
	1	80,4	60,0	-	71,4	80,3	62,5	66,7	86,7	-	51,9	67,7	78,6
	2-4	11,9	40,0	-	28,6	12,2	6,3	33,3	10,0	-	14,8	21,1	13,4
	śr.def.	21,8	31,0	-	31,4	21,9	16,6	26,1	23,5	-	17,8	22,7	22,0
Małopolskie	0	1,9	5,4	34,0	14,7	16,0	29,5	0,0	14,5	10,3	19,5	17,2	16,5
	1	76,7	65,9	57,7	61,8	65,8	63,9	63,6	68,1	62,1	69,5	65,7	65,8
	2-4	21,4	28,7	8,3	23,5	18,2	6,6	36,4	17,4	27,6	11,1	17,1	17,7
	śr.def.	24,1	26,3	16,9	23,2	21,8	16,9	27,3	20,6	23,8	19,9	20,9	21,4
Świętokrzyskie	0	32,3	0,0	9,8	50,0	28,3	14,9	8,7	12,2	21,1	2,6	10,7	23,6
	1	58,6	11,1	47,6	50,0	55,5	66,0	76,8	63,4	63,2	43,6	64,7	58,0
	2-4	9,1	88,9	42,7	0,0	16,2	19,1	14,5	24,4	15,8	53,8	24,7	18,5
	śr.def.	16,9	47,5	29,6	15,0	19,6	22,1	21,2	24,4	24,5	35,0	24,8	21,0

Tabela 26. – cd.

Województwo	Kl.def., śr.def.	Sosna	Świerk	Jodła	Inne iglaste	Iglaste razem	Buk	Dąb	Brzoza	Olsza	Inne liśc.	Liśc. razem	Gat. razem
Warmińsko- mazurskie	0	5,2	33,1	-	41,7	8,9	46,2	1,8	3,9	24,4	32,9	17,8	12,6
	1	88,0	62,5	-	58,3	84,7	51,9	83,8	71,6	68,2	54,5	68,0	77,8
	2-4	6,8	4,4	-	0,0	6,5	1,9	14,4	24,5	7,4	12,6	14,3	9,7
	śr.def.	20,9	17,0	-	13,8	20,3	14,7	23,1	25,1	18,8	19,7	21,3	20,7
Zachodnio- pomorskie	0	11,9	8,9	-	13,3	11,9	30,3	1,6	11,7	15,2	13,2	15,0	13,1
	1	79,9	71,1	-	80,0	79,6	66,8	55,1	68,2	64,0	76,3	64,4	73,3
	2-4	8,2	20,0	-	6,7	8,6	2,9	43,2	20,1	20,7	10,5	20,6	13,5
	śr.def.	19,2	26,4	-	18,7	19,5	15,5	26,8	21,9	22,7	19,2	21,4	20,3
Pomorskie	0	6,0	4,3	0,0	3,6	5,8	11,7	1,5	7,2	10,3	8,7	8,3	6,6
	1	90,2	63,0	100,0	78,6	88,8	85,4	73,5	83,1	87,6	91,3	83,7	87,1
	2-4	3,8	32,6	0,0	17,9	5,4	2,9	25,0	9,7	2,1	0,0	8,1	6,2
	śr.def.	19,0	27,1	17,5	21,4	19,4	17,0	24,8	20,3	17,3	18,3	19,4	19,4
Kraj	0	8,9	11,0	23,0	9,1	9,9	26,5	1,5	5,6	16,7	22,1	12,8	10,9
	1	74,8	65,4	60,7	67,3	73,2	66,2	54,9	65,0	71,3	57,9	62,6	69,5
	2-4	16,3	23,6	16,2	23,6	16,9	7,3	43,6	29,3	12,0	20,0	24,6	19,6
	śr.def.	22,1	25,0	20,4	23,1	22,2	17,2	28,1	26,0	20,2	22,0	23,4	22,6

Tabela 27. 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, 2018 rok

Park Narodowy	Kl.def., śr.def.	Sosna	Świerk	Jodła	Inne iglaste	Iglaste razem	Buk	Dąb	Brzoza	Olsza	Inne liśc.	Liśc. razem	Gat. razem
Poleski 1 pow.	0	-	-	-	-	-	-	-	0,0	0,0	-	0,0	0,0
	1	-	-	-	-	-	-	-	50,0	35,7	-	40,0	40,0
	2-4	-	-	-	-	-	-	-	50,0	64,3	-	60,0	60,0
	śr.def.	-	-	-	-	-	-	-	27,5	36,1	-	33,5	33,5
Tatrzański 3 pow.	0	-	0,0	4,8	-	1,7	-	-	-	-	-	-	1,7
	1	-	61,5	33,3	-	51,7	-	-	-	-	-	-	51,7
	2-4	-	38,5	61,9	-	46,7	-	-	-	-	-	-	46,7
	śr.def.	-	29,1	33,6	-	30,7	-	-	-	-	-	-	30,7
Babiogórski 1 pow.	0	-	5,0	-	-	5,0	-	-	-	-	-	-	5,0
	1	-	45,0	-	-	45,0	-	-	-	-	-	-	45,0
	2-4	-	50,0	-	-	50,0	-	-	-	-	-	-	50,0
	śr.def.	-	30,5	-	-	30,5	-	-	-	-	-	-	30,5
Biebrzański 6 pow.	0	0,0	0,0	-	-	0,0	-	-	2,2	2,9	-	2,5	1,7
	1	70,0	60,0	-	-	65,0	-	-	60,9	79,4	-	68,8	67,5
	2-4	30,0	40,0	-	-	35,0	-	-	37,0	17,6	-	28,8	30,8
	śr.def.	27,3	31,0	-	-	29,1	-	-	31,7	26,0	-	29,3	29,3
Woliński 2 pow.	0	3,7	-	-	-	3,7	100,0	0,0	-	-	-	7,7	5,0
	1	55,6	-	-	-	55,6	0,0	33,3	-	-	-	30,8	47,5
	2-4	40,7	-	-	-	40,7	0,0	66,7	-	-	-	61,5	47,5
	śr.def.	27,0	-	-	-	27,0	10,0	32,5	-	-	-	30,8	28,3
Kampinoski 4 pow.	0	1,6	-	-	-	1,6	-	-	0,0	-	-	0,0	1,3
	1	69,4	-	-	-	69,4	-	-	61,1	-	-	61,1	67,5
	2-4	29,0	-	-	-	29,0	-	-	38,9	-	-	38,9	31,3
	śr.def.	25,6	-	-	-	25,6	-	-	26,4	-	-	26,4	25,8
Gorczański 1 pow.	0	-	0,0	0,0	-	0,0	0,0	-	-	-	-	0,0	0,0
	1	-	77,8	100,0	-	80,0	90,0	-	-	-	-	90,0	85,0
	2-4	-	22,2	0,0	-	20,0	10,0	-	-	-	-	10,0	15,0
	śr.def.	-	28,9	20,0	-	28,0	23,0	-	-	-	-	23,0	25,5

Tabela 27. – cd.

Park Narodowy	Kl.def., śr.def.	Sosna	Świerk	Jodła	Inne iglaste	Iglaste razem	Buk	Dąb	Brzoza	Olsza	Inne liśc.	Liśc. razem	Gat. razem
Wigierski 1 pow.	0	0,0	0	-	-	0,0	-	-	-	-	-	-	0,0
	1	82,4	33,3	-	-	75,0	-	-	-	-	-	-	75,0
	2-4	17,6	66,7	-	-	25,0	-	-	-	-	-	-	25,0
	śr.def.	24,7	28,3	-	-	25,3	-	-	-	-	-	-	25,3
Wielkopolski 2 pow.	0	0,0	-	-	-	0,0	-	-	-	50,0	0,0	20,0	10,0
	1	65,0	-	-	-	65,0	-	-	-	50,0	66,7	60,0	62,5
	2-4	35,0	-	-	-	35,0	-	-	-	0,0	33,3	20,0	27,5
	śr.def.	27,8	-	-	-	27,8	-	-	-	13,1	28,3	22,3	25,0
Roztoczański 1 pow.	0	0,0	-	0,0	-	0,0	-	-	-	-	-	-	0,0
	1	61,5	-	100,0	-	75,0	-	-	-	-	-	-	75,0
	2-4	38,5	-	0,0	-	25,0	-	-	-	-	-	-	25,0
	śr.def.	27,3	-	17,9	-	24,0	-	-	-	-	-	-	24,0
Gór Stołowych 1 pow.	0	-	0,0	-	-	0,0	-	-	-	-	-	-	0,0
	1	-	90,0	-	-	90,0	-	-	-	-	-	-	90,0
	2-4	-	10,0	-	-	10,0	-	-	-	-	-	-	10,0
	śr.def.	-	23,5	-	-	23,5	-	-	-	-	-	-	23,5
Magurski 2 pow.	0	0,0	-	0,0	11,8	6,5	25,0	-	-	-	100,0	33,3	12,5
	1	50,0	-	75,0	70,6	71,0	62,5	-	-	-	0,0	55,6	67,5
	2-4	50,0	-	25,0	17,6	22,6	12,5	-	-	-	0,0	11,1	20,0
	śr.def.	27,5	-	25,0	23,8	24,5	17,5	-	-	-	10,0	16,7	22,8
Świętokrzyski 1 pow.	0	-	-	-	0,0	0,0	26,3	-	-	-	-	26,3	25,0
	1	-	-	-	100,0	100,0	57,9	-	-	-	-	57,9	60,0
	2-4	-	-	-	0,0	0,0	15,8	-	-	-	-	15,8	15,0
	śr.def.	-	-	-	20,0	20,0	21,3	-	-	-	-	21,3	21,3
Ojcowski 1 pow.	0	0,0	20,0	-	-	11,1	36,4	-	-	-	-	36,4	25,0
	1	50,0	80,0	-	-	66,7	54,5	-	-	-	-	54,5	60,0
	2-4	50,0	0,0	-	-	22,2	9,1	-	-	-	-	9,1	15,0
	śr.def.	30,0	15,0	-	-	21,7	15,9	-	-	-	-	15,9	18,5
Bieszczadzki 5 pow.	0	-	-	0,0	-	0,0	17,1	-	0,0	-	35,7	18,9	18,0
	1	-	-	100,0	-	100,0	71,1	-	100,0	-	57,1	70,5	72,0
	2-4	-	-	0,0	-	0,0	11,8	-	0,0	-	7,1	10,5	10,0
	śr.def.	-	-	21,0	-	21,0	18,5	-	19,0	-	15,0	18,0	18,2
Drawieński 1 pow.	0	10,0	-	-	-	10,0	-	-	-	-	-	-	10,0
	1	90,0	-	-	-	90,0	-	-	-	-	-	-	90,0
	2-4	0,0	-	-	-	0,0	-	-	-	-	-	-	0,0
	śr.def.	17,5	-	-	-	17,5	-	-	-	-	-	-	17,5
Białowiecki 1 pow.	0	-	-	-	-	-	-	-	-	25,0	-	25,0	25,0
	1	-	-	-	-	-	-	-	-	65,0	-	65,0	65,0
	2-4	-	-	-	-	-	-	-	-	10,0	-	10,0	10,0
	śr.def.	-	-	-	-	-	-	-	-	17,3	-	17,3	17,3
Parki razem 34 pow.	0	2,2	1,7	2,2	11,1	2,5	20,0	0,0	1,3	13,2	22,2	13,3	7,5
	1	69,2	64,7	63,0	72,2	67,1	68,0	33,3	62,7	65,8	59,3	64,1	65,7
	2-4	28,6	33,6	34,8	16,7	30,4	12,0	66,7	36,0	21,1	18,5	22,5	26,8
	śr.def.	25,5	28,1	27,3	23,6	26,5	18,9	32,5	29,3	24,2	20,7	23,3	25,0

Tabela 28. 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 2014-2018

RDLP	Kl.def., śr.def.	Sosna					Świerk					Jodła					Inne iglaste				
		2014	2015	2016	2017	2018	2014	2015	2016	2017	2018	2014	2015	2016	2017	2018	2014	2015	2016	2017	2018
Białystok	0	6,7	5,5	4,8	3,2	1,6	20,4	8,2	15,4	11,8	10,6	-	-	-	-	-	50,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	1	74,1	76,7	80,3	81,9	86,2	32,1	45,8	61,1	67,5	73,9	-	-	-	-	-	50,0	100,0	100,0	100,0	100,0
	2-4	19,2	17,8	15,0	14,9	12,2	47,5	46,1	23,5	20,8	15,5	-	-	-	-	-	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Średnia	23,1	23,2	22,4	23,4	23,2	26,3	26,6	22,6	23,3	24,2	-	-	-	-	-	15,0	15,0	17,5	22,5	22,5
Katowice	0	4,1	2,8	1,9	1,7	1,1	1,5	7,5	0,0	0,0	3,3	16,7	17,4	16,1	22,8	58,6	11,9	8,9	6,5	1,7	2,4
	1	86,0	84,5	83,0	81,8	85,1	51,5	46,9	50,0	56,9	60,7	74,1	71,9	75,0	63,2	36,2	78,6	82,2	82,6	86,4	87,8
	2-4	9,9	12,7	15,0	16,5	13,7	47,1	45,6	50,0	43,1	36,1	9,3	10,7	8,9	14,0	5,2	9,5	8,9	10,9	11,9	9,8
	Średnia	20,9	21,8	22,9	23,5	22,5	30,0	29,7	28,9	29,5	28,0	18,6	18,8	18,3	17,6	13,9	19,8	20,8	21,6	22,8	21,1
Kraków	0	8,4	5,4	8,2	3,3	2,7	3,6	5,2	6,3	12,5	0,0	25,6	26,6	27,2	36,5	40,2	0,0	0,0	0,0	0,0	15,6
	1	59,1	67,7	57,5	62,9	70,5	64,3	69,2	62,5	68,8	87,5	66,4	66,2	63,4	55,7	54,3	58,1	54,6	60,6	50,0	62,5
	2-4	32,5	26,9	34,3	33,8	26,7	32,1	25,6	31,3	18,8	12,5	8,1	7,2	9,4	7,8	5,5	41,9	45,5	39,4	50,0	21,9
	Średnia	25,1	24,4	25,7	26,7	25,4	24,5	24,3	23,4	22,5	21,9	17,1	16,8	17,1	16,1	15,8	26,3	27,0	25,8	28,2	23,0
Krosno	0	3,4	3,2	1,8	3,0	2,2	13,2	12,2	9,5	10,8	6,3	14,6	14,4	8,3	9,6	8,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	1	72,3	71,0	74,4	75,1	74,6	65,8	62,2	62,2	67,7	73,4	69,1	69,5	71,2	70,4	72,7	80,6	81,4	85,0	87,8	90,5
	2-4	24,4	25,8	23,9	21,9	23,2	21,1	25,7	28,4	21,5	20,3	16,4	16,1	20,5	19,9	19,0	19,4	18,6	15,0	12,2	9,5
	Średnia	25,8	26,0	25,6	25,1	25,3	22,5	23,0	24,3	24,4	22,9	21,0	21,7	23,4	22,7	22,7	23,3	22,9	23,1	22,8	22,1
Lublin	0	3,5	5,5	6,7	6,4	6,3	26,7	21,4	25,0	11,8	5,6	2,9	5,7	5,6	4,8	2,3	100,0	33,3	100,0	100,0	100,0
	1	64,9	69,1	71,5	71,7	68,7	20,0	28,6	12,5	17,6	27,8	60,0	74,3	72,2	69,0	70,5	0,0	66,7	0,0	0,0	0,0
	2-4	31,6	25,3	21,8	21,9	25,0	53,3	50,0	62,5	70,6	66,7	37,1	20,0	22,2	26,2	27,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Średnia	25,3	23,9	22,6	23,0	23,9	30,7	26,4	30,6	37,1	38,9	24,4	20,7	21,5	23,7	26,0	10,0	18,3	10,0	10,0	10,0
Łódź	0	14,6	18,6	15,1	18,1	19,2	18,2	23,1	0,0	10,0	9,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	19,4	18,2	12,9	18,8	18,8
	1	74,7	65,7	69,1	66,0	63,3	72,7	53,8	45,5	30,0	36,4	75,0	75,0	50,0	50,0	75,0	61,3	61,4	74,2	65,6	65,6
	2-4	10,7	15,7	15,8	15,9	17,5	9,1	23,1	54,5	60,0	54,5	25,0	25,0	50,0	50,0	25,0	19,4	20,5	12,9	15,6	15,6
	Średnia	20,1	20,7	21,6	20,9	21,5	18,6	21,9	28,2	29,0	32,7	23,8	23,8	26,3	26,3	23,8	22,6	19,9	20,0	19,8	19,2
Olsztyn	0	1,3	2,8	2,0	1,3	4,5	47,7	18,7	12,7	9,9	35,5	-	-	-	-	-	7,1	7,4	0,0	4,3	47,8
	1	68,5	82,5	84,4	89,3	85,9	34,6	69,3	78,9	78,0	58,7	-	-	-	-	-	89,3	88,9	100,0	91,3	52,2
	2-4	30,2	14,7	13,6	9,4	9,6	17,7	12,0	8,5	12,1	5,8	-	-	-	-	-	3,6	3,7	0,0	4,3	0,0
	Średnia	25,1	22,4	23,2	22,7	21,4	18,4	19,2	18,6	20,6	16,7	-	-	-	-	-	17,7	17,6	18,4	18,5	13,7
Piła	0	8,3	14,4	4,6	7,6	7,5	17,7	35,3	0,0	11,8	5,9	-	-	-	-	-	57,1	73,3	26,7	20,0	13,3
	1	84,6	79,8	82,1	83,9	84,2	82,4	64,7	94,1	82,4	88,2	-	-	-	-	-	42,9	26,7	73,3	66,7	80,0
	2-4	7,1	5,9	13,3	8,5	8,3	0,0	0,0	5,9	5,9	5,9	-	-	-	-	-	0,0	0,0	0,0	13,3	6,7
	Średnia	19,9	18,7	21,5	20,2	20,2	16,2	14,7	20,0	17,6	18,2	-	-	-	-	-	12,5	12,3	16,0	18,0	18,0
Poznań	0	2,5	2,7	0,6	3,6	5,6	18,8	12,5	4,5	9,1	4,3	-	-	-	-	-	14,3	7,7	7,7	0,0	7,1
	1	89,6	85,5	81,8	65,7	72,7	75,0	79,2	59,1	40,9	69,6	-	-	-	-	-	71,4	76,9	76,9	71,4	64,3
	2-4	7,9	11,9	17,5	30,7	21,7	6,3	8,3	36,4	50,0	26,1	-	-	-	-	-	14,3	15,4	15,4	28,6	28,6
	Średnia	20,5	22,3	23,6	25,5	23,3	18,8	20,2	27,3	33,2	28,0	-	-	-	-	-	21,8	24,2	23,8	28,9	30,0

Tabela 28. – cd.

RDLP	Kl.def., śr.def.	Sosna					Świerk					Jodła					Inne iglaste				
		2014	2015	2016	2017	2018	2014	2015	2016	2017	2018	2014	2015	2016	2017	2018	2014	2015	2016	2017	2018
Szczecin	0	28,0	23,0	13,7	10,5	10,5	43,1	47,2	23,5	15,7	11,5	-	-	-	-	-	32,7	56,4	42,4	27,8	31,7
	1	60,7	63,0	77,3	76,5	73,8	52,9	50,9	74,5	76,5	76,9	-	-	-	-	-	51,9	32,7	45,5	64,8	60,3
	2-4	11,3	14,0	9,0	13,0	15,7	3,9	1,9	2,0	7,8	11,5	-	-	-	-	-	15,4	10,9	12,1	7,4	7,9
	Średnia	17,8	19,2	19,2	20,8	21,6	13,3	14,3	16,0	18,6	19,8	-	-	-	-	-	18,9	16,6	15,7	17,0	17,1
Szczecinek	0	12,1	18,5	7,3	12,9	11,0	10,9	16,3	4,7	4,0	3,4	-	-	-	-	0,0	3,9	6,5	6,5	0,0	2,7
	1	77,9	75,7	82,7	82,2	83,7	80,4	78,9	79,9	84,6	84,2	-	-	-	-	100,0	96,2	77,4	80,7	84,8	86,5
	2-4	10,1	5,8	10,0	4,9	5,2	8,7	4,8	15,4	11,4	12,3	-	-	-	-	0,0	0,0	16,1	12,9	15,2	10,8
	Średnia	19,4	17,6	20,4	18,0	18,2	19,6	17,1	21,7	21,2	23,0	-	-	-	-	17,5	18,7	19,7	19,7	23,3	21,5
Toruń	0	6,5	3,5	3,6	5,5	9,0	75,0	28,6	0,0	33,3	50,0	-	-	-	-	-	33,3	15,4	0,0	7,7	14,3
	1	87,3	87,5	85,0	81,8	79,9	25,0	57,1	33,3	0,0	50,0	-	-	-	-	-	66,7	84,6	92,3	92,3	71,4
	2-4	6,2	9,0	11,4	12,7	11,1	0,0	14,3	66,7	66,7	0,0	-	-	-	-	-	0,0	0,0	7,7	0,0	14,3
	Średnia	19,6	21,6	21,6	22,0	21,6	10,0	17,9	72,7	70,0	12,5	-	-	-	-	-	15,0	16,5	20,4	18,1	21,1
Wrocław	0	8,8	3,2	1,7	4,4	10,9	17,3	13,9	9,0	21,3	14,2	16,7	15,4	25,0	33,3	33,3	3,3	4,8	11,1	1,6	3,2
	1	80,2	81,3	79,1	63,8	66,1	72,7	74,5	71,9	58,2	62,5	66,7	69,2	58,3	55,6	66,7	54,1	87,3	79,0	71,9	50,8
	2-4	11,0	15,5	19,3	31,7	23,0	10,0	11,6	19,1	20,5	23,3	16,7	15,4	16,7	11,1	0,0	42,6	7,9	9,9	26,6	46,0
	Średnia	20,1	21,8	23,1	25,4	23,4	19,3	19,7	22,7	21,4	22,6	19,2	19,2	24,2	18,3	18,3	25,6	19,4	20,6	25,8	27,5
Zielona Góra	0	10,7	5,9	3,3	6,9	17,4	36,0	37,5	37,0	44,4	59,3	-	-	-	-	-	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	1	74,5	79,3	83,6	66,5	60,2	52,0	54,2	55,6	51,9	37,0	-	-	-	-	-	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
	2-4	14,8	14,9	13,1	26,6	22,4	12,0	8,3	7,4	3,7	3,7	-	-	-	-	-	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Średnia	20,7	21,5	21,2	24,4	21,8	15,4	15,4	16,5	14,3	12,4	-	-	-	-	-	20,0	20,0	25,0	20,0	20,0
Gdańsk	0	1,8	2,5	8,0	5,9	4,9	3,9	0,0	0,0	7,0	2,6	-	-	-	-	-	2,6	7,5	2,6	2,6	5,1
	1	87,1	86,5	85,3	89,4	90,3	62,8	53,5	46,5	46,5	52,6	-	-	-	-	-	76,9	82,5	97,4	89,7	92,3
	2-4	11,1	11,0	6,7	4,7	4,9	33,3	46,5	53,5	46,5	44,7	-	-	-	-	-	20,5	10,0	0,0	7,7	2,6
	Średnia	21,3	21,1	19,8	19,6	19,5	25,8	28,0	29,5	28,6	33,4	-	-	-	-	-	22,7	21,0	19,5	20,0	19,5
Radom	0	12,9	17,7	16,2	20,3	21,6	9,1	10,2	0,0	0,0	0,0	19,8	24,2	6,9	11,7	9,7	50,0	25,0	50,0	25,0	75,0
	1	67,5	63,3	67,7	64,7	63,5	42,4	38,8	19,0	23,8	14,3	48,5	47,5	57,8	50,5	50,5	50,0	75,0	50,0	75,0	25,0
	2-4	19,6	19,0	16,1	15,0	15,0	48,5	51,0	81,0	76,2	85,7	31,7	28,3	35,3	37,9	39,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Średnia	21,1	21,1	20,1	19,5	19,6	29,4	33,1	40,5	41,2	44,3	25,0	23,9	29,4	29,3	30,7	13,8	15,0	13,8	15,0	11,3
Warszawa	0	7,2	4,6	4,8	5,2	4,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	28,6	28,6	9,1	14,3	14,3
	1	76,6	73,8	77,1	77,0	79,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	57,1	71,4	81,8	85,7	85,7
	2-4	16,2	21,6	18,1	17,8	15,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	14,3	0,0	9,1	0,0	0,0
	Średnia	21,3	23,0	22,3	22,7	21,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15,7	15,7	20,5	17,1	16,4
Razem	0	9,3	8,9	6,2	7,3	8,9	19,8	13,1	10,6	13,3	13,2	18,2	20,4	14,5	19,0	21,9	17,5	16,7	14,9	7,9	12,5
	1	76,2	76,2	79,7	76,7	76,4	56,7	62,2	66,5	64,8	66,7	65,2	65,9	66,9	62,2	61,1	63,5	70,5	72,2	78,0	72,6
	2-4	14,5	15,0	14,1	16,0	14,7	23,5	24,7	22,8	21,9	20,1	16,6	13,6	18,6	18,8	17,0	19,0	12,8	13,0	14,1	14,9
	Średnia	21,1	21,6	21,7	22,1	21,7	21,8	22,7	22,9	23,0	23,3	20,4	19,6	21,9	21,3	21,2	20,8	19,8	19,9	21,4	21,0

Tabela 28. – cd.

RDLP	Kl.def., śr.def.	Buk					Dąb					Brzoza					Olsza					Inne liściaste				
		2014	2015	2016	2017	2018	2014	2015	2016	2017	2018	2014	2015	2016	2017	2018	2014	2015	2016	2017	2018	2014	2015	2016	2017	2018
Białystok	0	-	-	-	-	-	3,2	0,0	0,8	0,8	0,9	8,6	8,6	7,1	5,8	4,5	28,3	23,0	19,6	11,1	7,7	24,3	19,3	14,9	8,3	10,3
	1	-	-	-	-	-	61,4	66,7	64,1	68,6	75,2	55,6	66,1	60,8	65,7	74,9	62,4	66,5	64,7	77,9	82,8	62,5	70,1	67,9	73,5	75,7
	2-4	-	-	-	-	-	35,4	33,3	35,2	30,5	23,9	35,9	25,3	32,1	28,5	20,6	9,3	10,5	15,7	11,1	9,4	13,2	10,7	17,2	18,2	14,0
	Średnia	-	-	-	-	-	25,6	25,2	26,3	25,2	24,1	26,6	24,2	27,3	28,3	24,9	18,3	18,8	21,0	22,2	21,1	19,0	18,7	21,2	22,5	21,5
Katowice	0	23,2	22,3	20,2	45,6	18,6	0,0	0,3	0,0	0,5	0,5	0,9	0,0	0,0	1,0	2,7	19,6	18,9	6,7	0,0	0,0	5,8	17,8	5,8	7,0	1,2
	1	63,9	71,1	74,8	49,0	74,3	70,2	57,1	54,8	49,3	35,4	59,1	60,5	37,4	32,5	46,6	67,4	71,6	64,4	46,8	51,6	62,1	63,9	55,8	44,2	46,4
	2-4	12,9	6,6	4,9	5,4	7,2	29,8	42,6	45,2	50,2	64,2	40,0	39,5	62,6	66,5	50,7	13,0	9,5	28,9	53,2	48,4	32,2	18,3	38,4	48,8	52,4
	Średnia	19,0	17,8	18,4	15,9	17,4	25,7	27,7	28,3	29,5	32,2	27,8	27,1	31,3	32,5	30,5	20,0	19,1	23,0	35,3	32,3	26,2	21,2	26,9	30,9	31,0
Kraków	0	38,9	41,8	32,4	40,0	27,5	4,0	3,9	4,3	1,1	0,0	33,3	20,6	30,0	5,6	5,6	29,7	17,1	28,6	29,6	37,0	36,8	38,4	36,7	40,2	35,3
	1	56,2	54,6	61,6	52,2	65,4	55,6	64,5	47,9	37,2	48,5	47,6	59,8	50,0	55,6	66,7	35,1	68,4	57,1	55,6	48,1	46,1	47,1	39,2	36,8	49,4
	2-4	4,9	3,6	5,9	7,8	7,1	40,4	31,6	47,9	61,7	51,5	19,1	19,6	20,0	38,9	27,8	35,1	14,5	14,3	14,8	14,8	17,1	14,6	24,1	23,0	15,3
	Średnia	15,0	14,6	15,9	16,2	17,4	28,8	26,3	27,8	31,5	29,4	18,8	21,0	19,3	26,7	23,9	30,0	21,0	21,1	20,4	17,8	19,0	19,0	21,5	22,4	20,5
Krosno	0	42,0	43,7	27,8	32,1	33,0	0,0	1,4	0,0	0,0	0,0	7,0	8,7	0,0	0,0	4,3	6,8	7,6	6,0	3,6	4,8	38,7	43,1	25,1	28,5	30,4
	1	49,4	47,9	59,7	58,5	58,0	67,4	70,3	58,5	56,1	52,4	44,2	59,8	51,1	53,3	53,2	62,5	65,2	64,3	60,2	64,3	51,0	51,0	56,0	57,0	57,0
	2-4	8,6	8,4	12,5	9,4	9,1	32,6	28,4	41,5	43,9	47,6	48,8	31,5	48,9	46,7	42,6	30,7	27,3	29,8	36,1	31,0	10,3	5,9	18,8	14,5	12,6
	Średnia	15,7	16,2	18,5	17,6	16,4	25,9	25,7	28,7	30,0	30,6	28,3	25,5	29,8	29,9	31,1	29,2	25,8	26,0	31,2	28,5	17,2	15,7	21,5	20,2	19,5
Lublin	0	44,4	44,2	22,2	22,2	21,1	1,7	10,3	6,7	4,1	1,6	11,1	20,9	18,8	17,2	17,3	0,0	41,8	0,0	0,0	0,0	22,7	36,8	24,2	26,7	29,0
	1	27,8	48,8	61,1	55,6	57,9	31,5	59,1	57,2	55,4	56,3	58,4	63,1	58,0	66,1	66,5	81,1	53,3	64,1	61,5	66,7	50,0	44,8	24,2	26,7	25,8
	2-4	27,8	7,0	16,7	22,2	21,1	66,8	30,7	36,1	40,5	42,1	30,5	15,9	23,2	16,7	16,2	18,9	4,9	35,9	38,5	33,3	27,3	18,4	51,5	46,7	45,2
	Średnia	20,8	15,9	20,8	22,8	23,7	32,8	24,3	25,6	26,8	27,5	24,2	20,3	23,3	22,2	22,0	22,3	15,3	24,9	25,8	25,6	27,1	19,9	33,3	29,3	28,9
Łódź	0	61,1	38,9	27,8	22,2	33,3	5,2	3,4	0,0	0,0	0,0	16,5	12,2	1,7	0,0	0,0	37,5	21,4	0,0	0,0	25,0	14,0	10,5	6,9	17,9	25,9
	1	38,9	61,1	61,1	66,7	66,7	71,4	74,0	64,0	62,3	67,1	73,1	69,8	63,9	59,0	61,6	37,5	67,9	75,0	75,0	50,0	66,0	70,2	79,3	67,9	59,3
	2-4	0,0	0,0	11,1	11,1	0,0	23,4	22,7	36,0	37,7	32,9	10,4	18,0	34,5	41,0	38,4	25,0	10,7	25,0	25,0	25,0	20,0	19,3	13,8	14,3	14,8
	Średnia	10,8	13,1	16,9	16,9	15,3	23,2	23,9	26,3	26,0	26,3	20,1	21,8	25,7	26,7	28,1	24,4	19,5	31,9	36,9	27,5	21,0	21,7	20,3	20,7	20,4
Olsztyn	0	31,4	42,9	22,5	21,3	41,2	0,9	0,4	0,9	1,7	9,5	0,3	2,6	4,5	3,9	7,5	24,9	14,0	5,1	7,1	38,3	22,8	22,5	23,7	25,7	44,2
	1	62,8	53,8	74,2	75,3	57,4	60,2	78,2	67,9	75,1	77,1	46,4	74,1	65,0	74,5	78,6	63,5	78,0	85,0	87,9	55,6	58,4	65,8	64,5	58,1	43,3
	2-4	5,9	3,3	3,4	3,4	1,5	38,9	21,4	31,3	23,2	13,4	53,4	23,4	30,5	21,7	13,9	11,6	8,0	9,9	5,0	6,1	18,8	11,7	11,8	16,2	12,5
	Średnia	16,1	15,4	16,3	17,1	15,0	25,3	23,9	24,9	24,2	21,3	29,3	24,6	25,0	23,0	21,7	19,7	19,5	20,8	19,0	17,0	20,3	18,6	18,7	20,4	18,7
Piła	0	14,3	57,1	0,0	28,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,5	16,2	5,8	9,3	9,2	0,0	21,2	0,0	12,1	9,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	1	85,7	42,9	100,0	71,4	100,0	61,3	63,6	29,0	40,6	36,4	80,2	55,6	43,0	61,6	60,9	97,0	78,8	90,9	84,8	87,9	100,0	50,0	50,0	66,7	100,0
	2-4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	38,7	36,4	71,0	59,4	63,6	16,3	28,3	51,2	29,1	29,9	3,0	0,0	9,1	3,0	3,0	0,0	50,0	50,0	33,3	0,0
	Średnia	14,3	12,1	15,7	13,6	15,0	28,1	27,0	32,1	29,2	30,2	22,7	21,9	28,1	22,3	24,8	19,7	16,4	22,0	18,5	18,5	19,2	27,1	35,0	33,3	20,0
Poznań	0	0,0	57,1	25,0	25,0	60,0	0,9	0,4	1,2	2,8	5,6	1,8	1,3	0,0	2,1	4,9	5,0	12,0	0,0	10,8	30,4	1,8	16,4	13,7	24,6	24,2
	1	100,0	42,9	75,0	75,0	40,0	81,8	80,3	75,0	63,5	58,1	85,1	66,7	53,1	49,2	55,1	89,1	84,2	90,5	75,5	62,3	66,1	52,1	49,0	43,1	50,0
	2-4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	17,3	19,3	23,8	33,7	36,3	13,2	32,0	46,9	48,7	40,0	5,9	3,8	9,5	13,7	7,2	32,1	31,5	37,3	32,3	25,8
	Średnia	22,5	12,9	15,0	16,3	10,0	22,9	23,8	24,4	25,4	25,6	22,5	26,1	30,2	30,2	28,4	19,7	18,1	22,0	20,8	16,9	34,8	29,5	30,6	27,3	25,2

Tabela 28. – cd.

RDLP	Kl.def., śr.def.	Buk					Dąb					Brzoza					Olsza					Inne liściaste				
		2014	2015	2016	2017	2018	2014	2015	2016	2017	2018	2014	2015	2016	2017	2018	2014	2015	2016	2017	2018	2014	2015	2016	2017	2018
Szczecin	0	60,5	58,4	50,0	53,8	57,1	23,7	24,3	13,8	13,1	11,6	17,4	16,8	8,4	21,4	24,5	41,4	27,2	27,2	36,4	36,2	56,9	45,3	42,9	56,1	32,5
	1	30,7	34,5	42,4	42,0	34,5	58,6	60,3	75,2	68,2	56,3	66,2	68,9	80,3	65,9	56,1	48,4	58,8	58,6	45,1	44,2	41,5	44,7	48,7	34,2	44,7
	2-4	8,8	7,1	7,6	4,2	8,4	17,7	15,4	11,0	18,7	32,1	16,4	14,3	11,2	12,7	19,4	10,2	14,0	14,2	18,5	19,6	1,5	10,0	8,4	9,6	22,8
	Średnia	13,3	13,9	14,4	13,8	14,2	19,2	19,3	19,3	20,8	23,7	21,0	19,6	20,2	20,1	20,3	15,9	18,9	18,1	18,7	19,8	12,5	17,3	15,3	13,9	21,5
Szczecinek	0	19,3	34,5	6,6	21,2	20,7	1,1	1,0	0,0	0,0	0,0	5,2	14,6	3,9	9,8	12,0	0,8	10,6	0,7	2,7	3,6	2,7	17,4	4,9	9,5	9,3
	1	74,6	63,3	86,5	75,7	76,6	43,0	59,2	36,7	57,7	64,6	70,2	75,3	72,0	79,8	78,9	83,2	83,7	82,1	91,3	93,4	64,9	69,6	78,0	85,7	86,0
	2-4	6,2	2,2	7,0	3,1	2,8	55,9	39,8	63,3	42,3	35,4	24,6	10,1	24,1	10,4	9,1	16,0	5,7	17,1	6,0	3,0	32,4	13,0	17,1	4,8	4,7
	Średnia	16,8	15,0	19,1	16,1	16,2	30,7	26,1	31,9	26,1	24,7	22,8	18,8	23,1	19,6	19,2	23,2	18,8	23,0	19,6	18,6	26,0	18,9	22,6	18,7	19,3
Toruń	0	66,7	55,6	30,0	30,0	45,0	7,5	2,9	3,5	5,9	10,9	6,5	9,5	12,8	12,8	19,1	22,7	16,9	2,5	9,1	22,7	40,0	9,1	17,1	11,4	34,4
	1	33,3	44,4	70,0	65,0	50,0	73,3	81,2	75,4	61,8	74,1	92,6	81,9	69,9	79,1	75,2	72,7	80,0	95,0	86,4	75,0	60,0	45,5	65,7	65,7	53,1
	2-4	0,0	0,0	0,0	5,0	5,0	19,2	15,9	21,1	32,2	15,0	0,9	8,6	17,3	8,1	5,7	4,6	3,1	2,5	4,5	2,3	0,0	45,5	17,1	22,9	12,5
	Średnia	11,7	11,9	13,8	17,0	14,8	21,7	23,0	24,2	25,5	21,1	18,4	19,3	20,8	19,2	18,4	16,4	16,6	19,5	19,5	15,2	14,4	30,1	20,7	22,4	17,0
Wrocław	0	54,9	56,7	27,9	40,0	26,2	3,7	2,1	0,7	0,3	4,8	5,0	4,6	2,5	5,8	14,5	21,3	17,4	10,3	32,6	24,3	9,7	7,0	2,6	16,3	13,1
	1	43,1	41,7	57,4	45,0	52,5	65,8	62,8	61,3	55,3	36,9	71,9	73,5	69,3	59,0	51,3	71,7	70,5	76,2	54,3	58,8	59,0	61,7	62,4	51,5	51,5
	2-4	2,0	1,7	14,8	15,0	21,3	30,5	35,2	38,0	44,4	58,4	23,1	21,9	28,2	35,3	34,2	7,1	12,1	13,5	13,2	16,9	31,4	31,3	35,0	32,2	35,4
	Średnia	12,4	13,4	19,4	18,3	21,9	24,7	25,7	27,3	28,5	30,5	25,9	23,4	27,0	28,3	27,5	18,7	19,3	19,7	17,7	19,3	27,5	27,0	27,3	25,5	28,6
Zielona Góra	0	36,4	50,0	57,1	92,9	85,7	7,7	3,5	3,9	14,7	9,2	24,8	13,5	14,7	23,5	17,5	25,0	12,5	12,2	24,5	35,3	29,2	29,9	27,6	47,4	47,2
	1	54,6	42,9	42,9	7,1	14,3	67,5	64,1	79,7	51,9	52,3	68,3	78,9	76,5	63,7	55,3	75,0	85,4	77,6	53,1	45,1	58,3	58,4	63,2	44,7	47,2
	2-4	9,1	7,1	0,0	0,0	0,0	24,8	32,4	16,4	33,3	38,5	6,9	7,7	8,8	12,7	27,2	0,0	2,1	10,2	22,4	19,6	12,5	11,7	9,2	7,9	5,6
	Średnia	15,5	17,9	12,1	8,6	8,6	22,9	27,2	22,3	23,4	24,0	17,9	18,0	19,2	19,0	22,2	15,2	17,7	18,6	20,3	19,0	18,3	18,8	18,7	17,8	14,9
Gdańsk	0	13,4	12,6	18,9	18,9	21,1	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5	4,4	5,2	15,7	14,7	9,2	0,0	0,0	3,8	3,7	37,0	8,0	10,0	25,0	17,4	27,3
	1	82,9	86,2	81,1	81,1	78,9	84,8	76,4	81,5	83,1	83,3	78,3	87,2	78,4	78,9	80,5	92,3	88,9	92,3	96,3	63,0	80,0	76,7	66,7	73,9	63,6
	2-4	3,7	1,2	0,0	0,0	0,0	15,3	23,6	18,5	16,9	15,2	17,2	7,6	5,9	6,4	10,3	7,7	11,1	3,8	0,0	0,0	12,0	13,3	8,3	8,7	9,1
	Średnia	18,4	17,8	16,9	16,2	15,8	23,7	24,0	22,9	22,5	23,0	22,0	19,6	17,7	18,0	19,6	20,6	20,2	19,2	18,3	14,8	21,6	19,7	19,0	18,3	17,3
Radom	0	14,3	26,7	3,7	7,7	7,7	20,0	16,5	6,4	6,3	6,4	10,5	9,3	0,0	0,0	6,5	38,7	26,7	12,5	12,1	18,2	13,5	6,3	2,9	0,0	0,0
	1	71,4	60,0	77,8	73,1	76,9	59,1	67,7	69,1	66,7	70,9	66,7	68,6	59,7	59,0	69,4	45,2	45,0	62,5	69,7	69,7	59,5	61,0	76,5	75,8	81,8
	2-4	14,3	13,3	18,5	19,2	15,4	21,0	15,8	24,5	27,0	22,7	22,8	22,1	40,3	41,0	24,2	16,1	28,3	25,0	18,2	12,1	27,0	32,7	20,6	24,2	18,2
	Średnia	20,0	18,3	23,7	23,3	22,1	20,6	19,7	22,9	23,4	22,6	22,5	22,8	27,3	26,1	22,7	18,2	23,8	25,8	21,7	22,1	26,2	28,2	26,0	26,1	25,8
Warszawa	0	-	-	-	-	-	1,8	2,0	0,0	0,0	0,0	1,4	6,4	1,3	1,4	2,8	2,2	12,6	9,2	14,9	12,8	4,6	14,6	28,6	28,6	28,6
	1	-	-	-	-	-	50,0	63,7	52,7	57,6	58,6	70,8	76,9	51,3	51,4	64,8	54,4	69,9	58,5	72,3	61,7	81,8	70,7	71,4	71,4	71,4
	2-4	-	-	-	-	-	48,2	34,3	47,3	42,4	41,4	27,8	16,7	47,4	47,1	32,4	43,5	17,5	32,3	12,8	25,5	13,6	14,6	0,0	0,0	0,0
	Średnia	-	-	-	-	-	29,5	26,4	28,2	28,2	26,6	25,6	21,9	31,0	29,0	29,3	35,8	24,1	31,1	20,5	27,1	20,2	19,9	16,4	16,2	16,2
Razem	0	34,0	38,5	24,2	33,1	29,3	5,1	5,1	3,2	3,6	4,8	6,9	8,9	6,6	8,4	9,9	20,4	18,4	9,7	13,4	21,6	23,5	24,9	18,4	24,2	23,7
	1	58,5	56,5	68,2	60,5	64,1	61,4	66,7	64,2	60,2	57,8	66,2	70,7	63,3	65,0	67,0	66,7	70,6	74,8	72,3	65,0	57,4	57,0	59,1	53,9	55,0
	2-4	7,6	4,9	7,6	6,4	6,7	33,5	28,2	32,6	36,2	37,5	26,9	20,4	30,1	26,6	23,1	12,9	10,9	15,5	14,3	13,3	19,1	18,1	22,5	21,9	21,3
	Średnia	16,2	15,6	17,6	16,5	16,6	25,3	24,5	25,4	26,0	26,0	24,1	22,4	25,0	24,2	23,7	20,4	19,6	21,7	21,2	20,1	21,6	21,0	22,7	22,3	22,6

Tabela 28. – cd.

RDLP	Kl.def., śr.def.	Iglaste razem					Liściaste razem					Gatunki razem				
		2014	2015	2016	2017	2018	2014	2015	2016	2017	2018	2014	2015	2016	2017	2018
Białystok	0	9,5	5,9	6,9	4,8	3,4	16,0	15,1	10,8	7,0	6,0	11,6	9,2	8,2	5,5	4,3
	1	65,7	72,1	76,4	79,2	83,7	59,6	66,9	63,6	71,0	77,5	63,7	70,2	72,2	76,4	81,6
	2-4	24,8	22,0	16,7	16,0	12,8	24,3	18,0	25,6	22,0	16,6	24,7	20,6	19,6	18,1	14,1
	Średnia	23,7	23,7	22,4	23,4	23,4	22,8	21,3	24,4	25,1	23,0	23,4	22,8	23,1	24,0	23,3
Katowice	0	4,8	4,4	2,7	2,7	4,4	8,0	8,3	5,7	10,9	5,2	6,1	5,9	3,9	5,9	4,8
	1	83,2	80,3	80,7	79,7	81,3	64,3	62,8	55,2	43,8	50,0	75,7	73,4	70,7	65,7	68,5
	2-4	12,0	15,3	16,5	17,5	14,2	27,8	28,9	39,1	45,4	44,8	18,3	20,7	25,4	28,4	26,7
	Średnia	21,3	22,3	23,0	23,4	22,2	24,3	24,1	26,4	28,1	28,3	22,5	23,0	24,3	25,3	24,7
Kraków	0	16,0	13,4	17,7	20,9	23,5	29,2	29,6	26,4	28,8	22,2	22,6	21,2	22,1	24,8	22,9
	1	63,0	67,0	61,1	58,4	62,0	51,9	55,4	53,2	45,8	57,0	57,5	61,4	57,1	52,2	59,5
	2-4	21,0	19,6	21,2	20,7	14,5	18,9	15,1	20,4	25,4	20,8	20,0	17,4	20,8	23,0	17,6
	Średnia	21,2	21,5	21,0	21,0	20,0	20,5	19,5	20,3	21,8	21,2	20,9	20,5	20,6	21,4	20,6
Krosno	0	8,0	6,8	4,8	5,9	4,6	30,9	31,8	20,3	22,9	24,2	18,1	18,7	11,7	13,5	13,4
	1	70,9	70,4	72,6	73,5	74,6	52,6	54,3	58,4	57,7	57,8	62,8	62,8	66,3	66,5	67,1
	2-4	21,1	22,9	22,6	20,7	20,7	16,5	13,9	21,3	19,3	18,0	19,1	18,6	22,0	20,1	19,5
	Średnia	23,7	24,5	24,6	24,1	24,0	19,6	19,0	21,9	21,9	21,0	21,9	21,9	23,4	23,1	22,6
Lublin	0	4,0	5,9	7,1	6,5	6,2	6,9	23,1	11,5	9,6	8,4	5,1	13,2	8,8	7,7	7,0
	1	63,9	68,5	70,4	70,5	67,9	44,5	56,3	56,2	57,6	58,5	56,3	63,3	64,9	65,6	64,3
	2-4	32,2	25,6	22,5	22,9	25,9	48,6	20,6	32,4	32,8	33,1	38,6	23,5	26,3	26,7	28,7
	Średnia	25,4	23,8	22,6	23,3	24,3	28,6	21,1	25,1	25,3	25,7	26,6	22,7	23,6	24,0	24,8
Łódź	0	14,7	18,6	14,8	18,0	19,0	16,4	11,4	3,6	3,6	6,1	15,1	17,1	12,5	15,1	16,4
	1	74,3	65,6	68,9	65,5	63,1	67,9	70,5	65,9	62,1	63,1	72,9	66,6	68,3	64,8	63,1
	2-4	11,0	15,9	16,3	16,5	17,9	15,7	18,2	30,5	34,3	30,7	12,0	16,4	19,3	20,1	20,5
	Średnia	20,2	20,7	21,6	20,9	21,6	20,7	21,8	24,8	25,4	25,7	20,3	20,9	22,3	21,9	22,4
Olsztyn	0	5,8	4,1	3,1	2,2	8,3	12,9	11,1	7,1	7,9	22,4	8,9	7,1	4,8	4,7	14,5
	1	65,8	81,6	84,1	88,2	82,6	57,0	73,5	72,8	77,1	67,0	61,9	78,1	79,1	83,3	75,8
	2-4	28,5	14,4	12,8	9,6	9,0	30,2	15,3	20,2	15,0	10,6	29,2	14,8	16,0	12,0	9,7
	Średnia	24,3	22,1	22,6	22,4	20,8	23,5	21,5	22,3	21,3	19,6	24,0	21,8	22,5	21,9	20,3
Piła	0	9,1	15,5	4,8	7,9	7,6	2,5	13,8	3,1	8,5	6,7	8,2	15,2	4,6	8,0	7,5
	1	84,0	78,8	82,2	83,6	84,2	81,0	59,7	52,8	62,8	64,2	83,5	75,9	78,2	80,8	81,5
	2-4	6,9	5,7	13,0	8,5	8,2	16,6	26,5	44,2	28,7	29,1	8,3	8,9	17,3	11,2	11,1
	Średnia	19,8	18,6	21,4	20,1	20,1	22,6	22,1	27,3	22,9	24,0	20,2	19,1	22,2	20,5	20,7
Poznań	0	3,1	2,9	0,8	3,6	5,6	1,9	5,3	1,8	6,7	13,1	2,7	3,6	1,1	4,7	8,3
	1	89,0	85,3	81,3	65,3	72,5	82,9	73,8	68,4	59,9	57,2	86,9	81,6	76,9	63,4	67,0
	2-4	7,9	11,8	17,9	31,1	21,9	15,2	21,0	29,8	33,4	29,8	10,4	14,7	22,0	31,9	24,7
	Średnia	20,4	22,3	23,7	25,6	23,5	23,3	23,8	26,3	26,0	24,4	21,4	22,8	24,6	25,8	23,8

Tabela 28. – cd.

RDLP	Kl.def., śr.def.	Iglaste razem					Liściaste razem					Gatunki razem				
		2014	2015	2016	2017	2018	2014	2015	2016	2017	2018	2014	2015	2016	2017	2018
Szczecin	0	29,3	24,4	14,4	11,2	11,3	36,3	31,5	25,2	32,2	29,6	31,5	26,7	17,7	17,7	16,9
	1	59,6	62,0	76,8	76,2	73,4	51,7	55,7	64,0	54,0	48,6	57,2	60,0	72,9	69,4	65,9
	2-4	11,1	13,6	8,7	12,6	15,3	12,0	12,8	10,8	13,8	21,8	11,4	13,3	9,4	13,0	17,2
	Średnia	17,6	18,9	19,0	20,6	21,4	17,1	18,2	17,9	18,1	20,4	17,5	18,7	18,7	19,8	21,1
Szczecinek	0	11,8	18,1	6,9	11,8	10,0	8,0	18,9	3,7	10,8	11,8	10,5	18,4	5,8	11,5	10,7
	1	78,1	76,1	82,5	82,4	83,9	70,3	70,8	74,1	78,4	79,6	75,3	74,2	79,5	80,9	82,3
	2-4	10,1	5,8	10,7	5,8	6,0	21,7	10,3	22,2	10,8	8,6	14,2	7,4	14,7	7,6	7,0
	Średnia	19,5	17,6	20,6	18,4	18,8	22,1	18,5	22,9	19,2	18,7	20,4	17,9	21,4	18,7	18,7
Toruń	0	6,8	3,5	3,7	5,6	9,1	14,7	9,9	9,0	10,5	19,0	8,3	5,0	4,8	6,6	11,4
	1	87,1	87,4	84,9	81,6	79,8	76,3	76,3	74,4	71,4	71,8	85,0	84,8	82,7	79,4	78,0
	2-4	6,1	9,1	11,4	12,8	11,1	9,1	13,9	16,5	18,0	9,3	6,7	10,2	12,5	14,0	10,7
	Średnia	19,5	21,5	21,7	22,1	21,6	18,9	21,1	21,7	21,8	18,7	19,4	21,4	21,7	22,0	20,9
Wrocław	0	12,0	8,0	4,6	10,6	11,8	11,1	9,0	4,7	13,2	13,2	11,6	8,5	4,6	11,8	12,4
	1	77,5	78,4	75,8	61,6	63,9	64,3	64,1	64,8	54,0	47,9	71,5	71,6	70,7	58,1	56,5
	2-4	10,5	13,6	19,6	27,8	24,3	24,7	27,0	30,4	32,8	38,9	16,9	20,0	24,6	30,1	31,1
	Średnia	19,7	20,9	23,1	24,0	23,3	24,3	24,3	25,7	25,3	27,1	21,8	22,5	24,3	24,6	25,1
Zielona Góra	0	11,1	6,4	4,0	7,6	18,2	20,3	14,2	14,9	28,1	25,4	13,0	8,1	6,3	12,0	19,7
	1	74,1	78,8	83,0	66,3	59,8	66,5	68,8	73,7	52,2	49,7	72,6	76,7	81,1	63,3	57,6
	2-4	14,7	14,7	13,0	26,1	22,0	13,2	17,0	11,4	19,7	24,9	14,4	15,2	12,7	24,8	22,6
	Średnia	20,6	21,4	21,1	24,2	21,6	19,2	21,6	19,8	20,1	20,5	20,3	21,4	20,9	23,3	21,4
Gdańsk	0	2,2	2,4	7,3	5,9	4,8	5,6	5,8	13,7	12,7	13,5	3,3	3,5	9,4	8,1	7,5
	1	85,4	85,5	83,6	87,4	88,8	81,3	84,9	79,7	80,9	78,5	84,1	85,3	82,3	85,4	85,5
	2-4	12,4	12,1	9,1	6,6	6,5	13,2	9,3	6,6	6,4	8,0	12,6	11,2	8,3	6,5	7,0
	Średnia	21,6	21,3	20,3	20,0	20,1	21,4	19,9	18,6	18,4	18,9	21,5	20,8	19,7	19,5	19,7
Radom	0	13,6	18,1	14,7	18,9	19,7	18,6	12,8	4,9	4,9	7,2	14,7	16,5	12,4	15,5	16,6
	1	64,4	61,2	65,3	61,8	60,3	60,5	63,8	67,9	67,0	72,3	63,5	62,0	65,9	63,1	63,3
	2-4	22,0	20,7	20,0	19,4	20,0	20,9	23,4	27,2	28,0	20,5	21,8	21,5	21,7	21,5	20,1
	Średnia	21,8	21,7	21,7	21,3	21,7	21,5	23,3	24,8	24,1	22,9	21,8	22,2	22,5	22,0	22,0
Warszawa	0	7,6	4,6	4,9	5,4	4,9	2,0	8,6	5,9	7,1	7,1	5,8	6,1	5,3	5,9	5,6
	1	76,5	73,9	77,2	77,1	79,9	62,3	72,1	55,7	60,4	62,9	71,9	73,2	69,9	71,8	74,6
	2-4	15,9	21,5	17,8	17,5	15,2	35,7	19,3	38,4	32,5	29,9	22,3	20,7	24,8	22,2	19,8
	Średnia	21,2	23,0	22,2	22,6	21,6	28,5	23,0	28,9	25,4	26,6	23,6	23,0	24,5	23,5	23,2
Razem	0	10,6	9,7	6,9	8,2	9,8	14,9	16,1	10,4	13,7	15,2	12,0	11,9	8,0	10,1	11,6
	1	74,2	74,7	78,2	75,2	75,0	62,7	65,6	65,5	62,7	62,1	70,4	71,5	73,9	71,0	70,6
	2-4	15,3	15,6	14,9	16,6	15,2	22,5	18,3	24,1	23,6	22,7	17,7	16,5	18,0	18,9	17,7
	Średnia	21,1	21,5	21,8	22,2	21,8	22,4	21,4	23,2	22,8	22,5	21,5	21,5	22,3	22,4	22,0

Tabela 29. 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 2014-2018

Kraina przyrodniczo-leśna	Kl.def., śr.def.	Sosna					Świerk					Jodła					Inne iglaste				
		2014	2015	2016	2017	2018	2014	2015	2016	2017	2018	2014	2015	2016	2017	2018	2014	2015	2016	2017	2018
Bałtycka	0	17,0	17,8	10,1	10,4	10,3	20,9	15,4	7,7	7,3	12,1	-	-	-	-	0,0	29,1	23,0	12,1	13,7	16,4
	1	71,7	73,7	81,2	82,0	82,5	61,9	69,3	71,3	72,4	71,8	-	-	-	-	100,0	58,9	68,4	78,7	77,4	76,2
	2-4	11,2	8,5	8,7	7,7	7,2	17,2	15,4	21,0	20,3	16,1	-	-	-	-	0,0	12,1	8,6	9,2	8,9	7,4
	Średnia	19,4	18,6	19,7	19,4	19,2	20,4	19,9	22,2	22,5	23,0	-	-	-	-	17,5	18,6	17,7	19,5	19,1	18,9
Mazursko-Podlaska	0	5,4	5,5	3,9	3,0	2,6	25,7	12,0	14,3	10,9	15,6	-	-	-	-	-	8,0	8,3	0,0	5,0	45,0
	1	72,3	80,2	80,9	82,9	85,4	35,6	51,9	62,4	67,1	66,7	-	-	-	-	-	88,0	87,5	100,0	90,0	55,0
	2-4	22,4	14,3	15,2	14,1	12,0	38,8	36,1	23,3	22,0	17,8	-	-	-	-	-	4,0	4,2	0,0	5,0	0,0
	Średnia	23,6	22,4	23,1	23,5	22,9	24,4	24,4	22,5	23,5	23,4	-	-	-	-	-	17,0	16,9	18,2	18,5	13,8
Wielkopolsko-Pomorska	0	7,4	6,8	3,9	6,0	8,2	22,7	28,7	13,7	18,1	15,1	-	-	-	-	-	20,8	20,8	13,2	11,2	11,4
	1	82,9	80,9	82,0	76,4	75,5	70,9	65,4	71,6	68,1	74,8	-	-	-	-	-	66,0	64,2	71,7	64,0	58,0
	2-4	9,7	12,3	14,1	17,6	16,3	6,4	5,9	14,7	13,8	10,1	-	-	-	-	-	13,2	15,1	15,1	24,7	30,7
	Średnia	20,2	21,3	21,9	22,4	22,0	17,2	16,7	21,6	20,3	19,6	-	-	-	-	-	19,5	20,9	22,9	25,1	26,1
Mazowiecko-Podlaska	0	3,5	4,0	3,6	3,5	3,5	14,3	14,3	17,9	7,1	3,2	-	-	-	-	-	38,5	30,8	23,1	29,6	29,6
	1	70,4	74,8	74,5	74,3	73,9	28,6	35,7	60,7	64,3	77,4	-	-	-	-	-	53,9	65,4	73,1	66,7	66,7
	2-4	26,1	21,2	21,9	22,1	22,7	57,1	50,0	21,4	28,6	19,4	-	-	-	-	-	7,7	3,9	3,8	3,7	3,7
	Średnia	24,5	23,2	23,8	24,2	24,4	28,2	26,6	20,5	28,9	26,8	-	-	-	-	-	19,2	16,4	16,7	16,9	16,5
Śląska	0	6,3	2,6	1,5	3,9	11,0	19,0	11,7	4,3	27,8	36,6	0,0	-	-	-	-	18,2	15,6	13,6	11,3	13,6
	1	84,2	86,0	83,7	73,4	71,0	75,8	79,8	74,5	58,2	48,8	0,0	-	-	-	-	74,0	71,4	70,4	71,3	64,2
	2-4	9,5	11,4	14,8	22,7	17,9	5,3	8,5	21,3	13,9	14,6	100,0	-	-	-	-	7,8	13,0	16,0	17,5	22,2
	Średnia	20,2	21,3	22,5	24,3	22,6	18,6	19,2	23,6	18,6	17,9	40,0	-	-	-	-	18,8	20,5	21,9	22,6	22,6
Małopolska	0	9,7	13,6	10,6	12,1	13,3	7,8	10,0	3,9	4,0	3,9	15,0	18,3	8,5	10,4	8,8	4,2	8,3	4,2	5,7	14,3
	1	68,3	66,5	67,6	66,7	65,9	48,3	46,4	38,2	39,0	33,3	56,7	57,2	62,8	57,5	57,5	77,1	75,0	79,2	69,8	73,6
	2-4	22,1	20,0	21,8	21,1	20,9	44,0	43,6	57,8	57,0	62,7	28,3	24,5	28,7	32,1	33,7	18,8	16,7	16,7	24,5	12,1
	Średnia	23,1	22,3	23,0	22,8	22,7	30,2	28,8	31,6	34,4	37,5	23,7	22,7	25,8	26,2	27,6	22,1	20,4	22,3	23,4	20,1
Sudecka	0	6,3	6,3	0,0	0,0	12,5	16,0	13,7	9,8	18,3	7,6	15,4	15,4	23,1	30,0	30,0	6,7	2,2	2,2	4,3	4,4
	1	81,3	81,3	76,9	52,9	56,3	72,6	73,5	72,5	60,7	70,2	69,2	69,2	61,5	60,0	70,0	84,4	93,3	76,1	60,9	55,6
	2-4	12,5	12,5	23,1	47,1	31,3	11,3	12,8	17,7	21,0	22,2	15,4	15,4	15,4	10,0	0,0	8,9	4,5	21,7	34,8	40,0
	Średnia	20,9	21,9	25,4	26,5	23,4	19,3	19,9	22,2	22,0	23,5	19,2	19,2	23,8	18,5	19,0	19,6	21,0	25,1	26,0	26,1
Karpacka	0	6,0	5,8	5,1	4,7	3,9	6,1	6,1	5,6	8,1	6,7	19,5	19,9	18,0	23,6	27,8	1,3	1,3	1,2	2,2	8,8
	1	73,9	76,1	76,5	78,6	82,0	62,0	60,9	60,5	58,0	66,4	67,1	66,9	67,0	62,4	60,4	69,3	70,1	75,3	75,8	79,6
	2-4	20,1	18,1	18,4	16,7	14,1	32,0	32,9	33,9	33,9	26,9	13,4	13,3	15,0	14,1	11,8	29,3	28,6	23,5	22,0	11,5
	Średnia	23,2	23,1	23,5	23,1	22,7	26,9	26,8	27,8	27,9	25,9	19,1	19,4	20,0	19,4	18,6	25,5	25,4	24,9	24,9	20,8
Kraj	0	8,3	8,8	6,0	6,9	8,3	16,2	12,2	9,2	12,0	11,4	18,6	19,5	16,3	21,2	24,2	17,1	14,5	9,0	9,8	14,1
	1	75,0	76,1	77,6	75,2	74,8	58,7	62,7	65,0	62,4	66,0	65,2	65,2	66,1	61,4	60,1	69,0	72,4	76,4	71,7	69,3
	2-4	16,7	15,0	16,4	17,9	16,9	25,1	25,1	25,7	25,6	22,6	16,2	15,3	17,5	17,4	15,7	13,9	13,1	14,6	18,5	16,5
	Średnia	21,8	21,6	22,3	22,7	22,3	23,1	23,0	24,2	24,4	24,3	20,0	20,0	21,1	20,7	20,3	20,2	20,2	21,8	22,5	21,3

Tabela 29. – cd.

Kraina przyrodniczo-leśna	Kl.def., śr.def.	Buk					Dąb					Brzoza					Olsza					Inne liściaste				
		2014	2015	2016	2017	2018	2014	2015	2016	2017	2018	2014	2015	2016	2017	2018	2014	2015	2016	2017	2018	2014	2015	2016	2017	2018
Bałtycka	0	28,6	38,8	19,6	27,8	30,1	9,6	10,4	5,6	5,2	30,1	7,8	11,4	8,7	12,8	12,6	17,7	15,5	11,9	11,8	21,5	23,4	25,8	18,9	28,3	35,9
	1	65,1	58,0	75,2	69,3	66,9	61,0	67,0	69,2	71,0	66,9	71,3	78,0	77,7	78,0	76,9	72,0	75,2	76,4	77,7	68,8	59,1	62,0	65,9	59,0	58,1
	2-4	6,4	3,2	5,2	2,9	3,0	29,4	22,6	25,2	23,9	3,0	20,9	10,7	13,6	9,2	10,5	10,3	9,3	11,7	10,5	9,7	17,5	12,2	15,2	12,7	6,0
	Średnia	16,2	15,2	17,3	15,8	15,7	23,8	22,5	23,5	23,1	15,7	22,4	19,5	20,5	19,3	19,7	19,0	18,7	20,0	19,5	18,5	21,7	19,1	21,4	19,7	17,2
Mazursko-Podlaska	0	46,7	56,7	50,0	30,0	80,0	3,1	0,0	0,5	0,5	80,0	3,1	4,2	3,7	4,6	4,4	30,7	24,1	16,5	11,2	20,4	31,9	28,3	24,3	22,2	25,1
	1	53,3	43,3	50,0	70,0	20,0	60,7	75,9	62,8	73,6	20,0	43,5	69,8	54,2	63,4	73,7	60,3	66,4	73,2	80,3	72,1	56,0	61,0	59,8	60,5	64,8
	2-4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	36,1	24,1	36,7	25,9	0,0	53,4	26,1	42,1	31,9	21,9	9,0	9,5	10,3	8,5	7,6	12,0	10,8	15,9	17,3	10,1
	Średnia	12,7	11,8	12,5	15,5	10,5	24,9	24,0	26,4	25,1	10,5	30,2	25,8	29,0	26,7	24,4	17,8	18,6	19,5	20,4	19,5	17,7	17,5	19,4	20,4	18,8
Wielkopolsko-Pomorska	0	23,6	36,3	9,9	21,3	25,4	4,2	1,7	2,1	4,6	25,4	7,5	7,4	4,7	8,2	11,0	14,8	17,7	7,3	21,3	32,9	24,7	24,1	18,5	28,4	22,3
	1	72,2	61,3	79,0	75,6	68,3	72,2	73,9	68,6	56,9	68,3	80,7	72,6	62,7	65,4	64,5	82,6	80,3	87,5	70,7	61,1	59,8	50,7	58,5	51,2	54,9
	2-4	4,2	2,5	11,1	3,1	6,3	23,6	24,4	29,3	38,4	6,3	11,8	20,0	32,6	26,3	24,5	2,7	2,0	5,3	7,9	6,0	15,5	25,2	22,9	20,4	22,9
	Średnia	16,9	14,8	19,6	16,1	16,6	23,5	24,8	26,1	27,0	16,6	21,0	22,2	26,0	24,0	23,8	17,4	17,1	19,4	18,7	16,2	20,4	22,6	23,1	21,0	21,6
Mazowiecko-Podlaska	0	0,0	33,3	0,0	50,0	66,7	0,8	6,8	4,3	3,2	66,7	7,8	10,6	9,8	7,1	6,3	16,8	17,1	14,6	12,7	16,7	11,7	13,5	16,6	12,3	14,6
	1	100,0	66,7	100,0	50,0	33,3	56,5	63,9	63,7	64,3	33,3	66,2	69,2	64,3	70,2	74,6	66,0	67,6	70,9	76,6	73,0	73,1	71,3	63,8	63,9	62,1
	2-4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	42,7	29,4	32,0	32,4	0,0	26,0	20,1	25,9	22,7	19,2	17,2	15,4	14,4	10,7	10,3	15,2	15,2	19,6	23,8	23,4
	Średnia	20,0	16,7	17,5	12,5	10,0	27,5	24,4	25,3	25,3	10,0	23,9	22,3	24,3	24,4	23,5	21,9	22,0	21,8	20,2	20,2	20,7	20,6	21,8	23,5	23,4
Śląska	0	15,3	17,4	15,2	19,2	16,5	2,5	1,8	1,2	4,2	16,5	5,6	4,5	3,4	8,2	7,8	22,0	13,1	7,2	20,4	19,1	9,7	8,1	6,1	15,6	9,9
	1	65,8	73,9	78,3	69,2	62,0	65,7	63,5	60,7	53,8	62,0	66,6	65,6	53,0	46,9	47,9	72,6	77,4	76,0	58,5	65,8	55,6	57,9	56,0	49,1	48,3
	2-4	18,9	8,7	6,5	11,5	21,5	31,8	34,7	38,1	42,0	21,5	27,9	30,0	43,6	44,9	44,4	5,5	9,5	16,8	21,1	15,1	34,7	34,1	37,9	35,3	41,8
	Średnia	21,0	19,7	19,9	19,9	20,4	25,4	25,6	26,7	26,7	20,4	25,2	24,4	28,3	29,8	30,8	17,9	19,4	20,9	20,6	20,0	28,9	28,8	27,7	26,2	30,1
Małopolska	0	42,4	44,3	37,9	47,1	32,5	7,0	7,6	5,4	3,9	32,5	10,9	9,6	3,4	3,6	5,2	21,7	22,0	15,2	14,3	20,3	22,5	30,8	24,8	23,5	22,9
	1	49,5	49,5	53,2	44,3	59,6	50,9	63,2	59,2	55,6	59,6	61,1	65,8	52,4	54,8	62,9	67,3	67,0	65,0	62,9	61,0	54,8	47,7	52,0	50,0	56,4
	2-4	8,1	6,2	8,9	8,6	7,9	42,1	29,2	35,4	40,6	7,9	28,0	24,6	44,2	41,6	32,0	11,1	11,0	19,7	22,8	18,7	22,7	21,6	23,3	26,5	20,6
	Średnia	16,2	15,6	17,1	16,2	17,1	27,5	24,5	26,0	27,0	17,1	24,1	23,7	28,4	28,4	26,2	19,3	19,2	22,2	23,7	22,1	22,5	22,0	23,2	24,0	22,4
Sudecka	0	54,6	47,7	28,3	43,5	27,7	3,6	1,8	0,0	0,0	27,7	4,3	9,9	3,5	0,0	16,0	5,0	5,3	0,0	6,7	38,9	13,1	6,5	3,8	13,2	22,9
	1	43,2	50,0	54,3	41,3	57,4	60,9	67,3	56,6	51,0	57,4	71,4	69,0	84,2	76,0	68,0	70,0	52,6	57,9	40,0	11,1	65,2	62,5	62,1	54,7	50,3
	2-4	2,3	2,3	17,4	15,2	14,9	35,5	30,9	43,4	49,0	14,9	24,3	21,1	12,3	24,0	16,0	25,0	42,1	42,1	53,3	50,0	21,7	31,0	34,1	32,1	26,9
	Średnia	12,3	14,2	20,5	19,1	21,9	26,1	25,6	27,8	28,7	21,9	23,6	21,9	21,5	22,9	21,9	25,0	25,5	26,6	28,3	22,8	23,1	25,6	26,5	25,6	24,0
Karpacka	0	36,3	37,8	25,2	34,8	26,4	1,4	1,4	0,7	2,3	26,4	11,1	15,5	5,2	6,6	11,8	10,2	10,2	11,0	3,9	3,1	36,6	37,2	22,4	29,2	26,0
	1	56,2	55,7	63,5	55,6	66,1	60,4	66,9	60,1	55,8	66,1	65,8	62,8	71,3	57,9	78,0	51,7	60,2	52,5	53,1	62,8	54,9	53,8	62,3	58,2	63,4
	2-4	7,6	6,5	11,2	9,6	7,5	38,1	31,7	39,1	41,9	7,5	23,1	21,7	23,5	35,5	10,2	38,1	29,7	36,4	43,0	34,1	8,6	9,1	15,3	12,6	10,5
	Średnia	16,0	15,9	17,9	17,2	17,1	27,6	26,7	26,5	26,6	17,1	22,4	22,1	23,8	27,8	19,1	33,1	26,2	28,2	30,9	28,4	16,9	17,3	20,4	19,4	18,8
Kraj	0	33,4	38,3	24,3	32,7	28,2	4,7	5,2	3,4	3,8	4,4	7,5	8,9	6,3	7,3	8,0	20,9	18,5	13,0	13,8	21,1	23,5	24,8	18,7	23,3	22,7
	1	59,0	56,5	66,9	60,2	64,9	60,3	66,7	63,4	60,0	59,3	65,8	70,4	63,0	65,0	68,9	67,4	70,3	73,4	72,9	67,5	58,8	56,9	59,7	55,5	58,2
	2-4	7,6	5,2	8,8	7,1	6,9	35,0	28,1	33,2	36,2	36,3	26,7	20,7	30,7	27,6	23,1	11,8	11,2	13,6	13,3	11,4	17,8	18,3	21,7	21,2	19,1
	Średnia	16,3	15,7	17,8	16,7	16,9	25,8	24,5	25,7	26,1	26,0	24,1	22,5	25,3	25,0	24,0	19,8	19,7	20,9	20,8	19,7	21,1	21,1	22,5	22,0	21,6

Tabela 29. – cd.

Kraina przyrodniczo-leśna	Kl. def., śr. def.	Iglaste razem					Liściaste razem					Gatunki razem				
		2014	2015	2016	2017	2018	2014	2015	2016	2017	2018	2014	2015	2016	2017	2018
Bałtycka	0	17,8	17,9	10,0	10,2	10,7	15,6	18,6	11,8	15,9	19,1	16,9	18,2	10,7	12,8	14,6
	1	70,5	73,2	80,4	80,9	81,4	66,9	69,8	74,0	72,8	70,1	69,1	71,8	77,8	77,3	76,2
	2-4	11,7	9,0	9,6	8,8	7,9	17,5	11,6	14,2	11,3	10,8	14,1	10,1	11,4	10,0	9,2
	Średnia	19,4	18,7	19,9	19,7	19,5	20,8	19,1	20,5	19,4	19,0	20,0	18,8	20,1	19,6	19,3
Mazursko-Podlaska	0	8,4	6,6	5,6	4,2	5,0	19,4	16,4	12,4	9,8	14,5	12,6	10,3	8,2	6,4	8,8
	1	67,0	75,7	78,1	80,5	82,1	54,5	67,3	63,7	71,0	71,8	62,3	72,5	72,5	76,8	78,0
	2-4	24,6	17,7	16,4	15,3	12,8	26,1	16,3	23,9	19,2	13,7	25,2	17,2	19,3	16,8	13,2
	Średnia	23,6	22,7	22,9	23,5	22,9	22,4	21,1	23,1	22,9	21,3	23,1	22,1	23,0	23,2	22,2
Wielkopolsko-Pomorska	0	7,7	7,2	4,2	6,2	8,3	11,5	11,6	6,9	13,8	17,1	8,5	8,1	4,7	7,9	10,3
	1	82,6	80,6	81,7	76,1	75,3	75,0	70,3	68,8	62,7	60,6	81,1	78,4	79,0	73,2	72,0
	2-4	9,7	12,2	14,1	17,6	16,4	13,5	18,1	24,3	23,6	22,4	10,5	13,5	16,2	18,9	17,7
	Średnia	20,2	21,3	21,9	22,4	22,0	20,7	21,7	24,1	22,8	22,0	20,3	21,4	22,4	22,5	22,0
Mazowiecko-Podlaska	0	3,9	4,3	3,9	3,7	3,7	9,1	11,8	10,6	8,4	9,2	5,8	7,1	6,5	5,5	5,8
	1	70,0	74,5	74,4	74,2	73,8	65,0	68,0	65,8	69,9	70,6	68,1	72,0	71,1	72,6	72,6
	2-4	26,2	21,3	21,8	22,1	22,5	25,9	20,2	23,6	21,7	20,2	26,1	20,9	22,5	21,9	21,6
	Średnia	24,5	23,2	23,8	24,1	24,4	23,7	22,4	23,6	23,4	23,1	24,2	22,9	23,7	23,9	23,9
Śląska	0	7,4	3,5	2,1	5,4	12,4	7,9	6,1	4,4	10,5	9,0	7,7	4,6	3,1	7,6	10,9
	1	83,3	85,2	82,7	72,6	69,6	64,6	65,3	60,5	52,4	47,6	75,2	76,7	73,2	63,8	59,9
	2-4	9,3	11,3	15,2	22,0	18,0	27,5	28,6	35,1	37,1	43,4	17,1	18,7	23,7	28,6	29,2
	Średnia	20,1	21,1	22,6	23,9	22,4	24,9	24,8	26,3	26,3	28,4	22,2	22,7	24,2	25,0	25,0
Małopolska	0	9,8	13,6	10,3	11,8	12,9	16,0	17,9	12,6	12,2	11,9	11,8	15,0	11,0	11,9	12,5
	1	67,4	65,8	66,9	65,8	65,0	56,1	59,7	55,8	54,2	59,5	63,9	63,8	63,3	61,8	63,0
	2-4	22,8	20,6	22,8	22,3	22,1	27,8	22,4	31,7	33,6	28,7	24,4	21,2	25,7	26,3	24,4
	Średnia	23,2	22,4	23,3	23,2	23,2	23,7	22,4	24,9	25,6	24,5	23,4	22,4	23,8	24,0	23,7
Sudecka	0	14,9	12,5	9,1	16,4	8,0	13,1	9,9	5,4	11,4	18,6	14,0	11,3	7,3	14,1	13,0
	1	73,9	75,4	72,7	60,4	68,1	63,1	63,1	62,7	54,3	52,7	68,8	69,6	67,9	57,7	60,7
	2-4	11,2	12,1	18,2	23,1	23,9	23,8	27,0	32,0	34,3	28,8	17,1	19,2	24,8	28,2	26,2
	Średnia	19,4	20,0	22,6	22,5	23,7	23,0	23,9	25,5	25,4	24,0	21,1	21,9	24,0	23,8	23,8
Karpacka	0	11,7	11,9	10,8	13,9	15,5	29,9	30,9	19,9	26,0	21,6	20,5	21,1	15,2	19,8	18,5
	1	67,5	67,8	68,1	66,2	68,6	56,4	56,8	62,6	56,6	66,3	62,2	62,4	65,4	61,5	67,5
	2-4	20,8	20,4	21,1	19,9	15,9	13,7	12,3	17,6	17,4	12,2	17,4	16,5	19,4	18,7	14,1
	Średnia	22,5	22,6	23,1	22,7	21,5	18,9	18,5	20,7	20,5	19,3	20,8	20,6	21,9	21,6	20,4
Kraj	0	9,5	9,6	6,7	7,9	9,3	15,4	16,2	11,2	13,7	14,8	11,6	11,9	8,3	10,0	11,3
	1	73,3	74,7	76,3	73,7	73,5	62,8	65,5	64,8	63,1	64,1	69,6	71,4	72,2	69,8	70,0
	2-4	17,2	15,8	17,1	18,4	17,2	21,9	18,4	24,0	23,3	21,1	18,9	16,7	19,5	20,2	18,6
	Średnia	21,8	21,6	22,4	22,7	22,4	22,2	21,4	23,2	22,9	22,4	21,9	21,5	22,7	22,8	22,4

Tabela 30. 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 [%], w układzie gatunków, według wieku (młodsze – od 21 do 60 lat, starsze – powyżej 60 lat), w pięcioleciu 2014-2018

Wiek	Rok	Kl.def., śr.def.	Sosna	Świerk	Jodła	Inne iglaste	Iglaste razem	Buk	Dąb	Brzoza	Olsza	Inne liśc.	Liśc. razem	Gat. razem
młodsze	2014	0	8,5	17,5	24,0	21,7	9,7	34,6	6,8	8,4	22,7	24,5	15,8	11,9
		1	74,7	57,4	57,9	66,8	73,1	57,3	67,9	69,9	64,2	60,3	65,7	70,4
		2-4	16,8	25,1	18,0	11,5	17,3	8,1	25,3	21,7	13,2	15,2	18,5	17,7
		śr.def.	22,0	22,2	19,9	19,7	21,9	16,5	23,2	22,9	19,9	20,0	21,4	21,7
młodsze	2015	0	8,6	14,2	27,2	20,3	9,6	45,6	7,1	11,0	22,1	26,7	18,0	12,7
		1	75,6	61,7	58,0	70,3	74,2	49,2	74,6	71,1	65,3	57,5	66,2	71,2
		2-4	15,8	24,1	14,9	9,4	16,2	5,2	18,3	17,9	12,6	15,8	15,8	16,1
		śr.def.	22,0	22,2	19,6	18,7	21,9	15,2	22,3	21,6	19,7	19,7	20,6	21,4
młodsze	2016	0	5,8	10,1	19,6	13,1	6,5	26,8	5,8	7,5	16,2	19,5	12,5	8,8
		1	76,9	66,7	64,9	75,7	75,9	66,1	70,5	66,4	69,3	63,0	66,9	72,5
		2-4	17,3	23,2	15,5	11,2	17,6	7,1	23,6	26,0	14,5	17,5	20,5	18,7
		śr.def.	22,6	23,5	20,5	20,4	22,6	17,1	23,5	24,3	21	21,2	22,4	22,5
młodsze	2017	0	6,6	11,4	27,5	14,6	7,6	41,7	7,5	8,7	16,0	25,2	15,4	10,6
		1	74,7	64,6	58,0	70,4	73,5	53,1	67,6	68,9	70,8	57,6	65,6	70,5
		2-4	18,7	24,0	14,5	15,0	18,9	5,2	24,8	22,4	13,2	17,2	19,0	18,9
		śr.def.	23,0	23,6	19,9	21,4	22,9	15,2	23,4	23,6	20,8	20,8	21,9	22,5
młodsze	2018	0	7,3	11,8	30,0	18,0	8,4	33,0	9,9	9,9	27,2	23,4	17,4	12,0
		1	75,0	66,9	57,1	70,9	73,9	61,3	67,6	71,9	62,3	58,5	65,9	70,8
		2-4	17,7	21,3	12,9	11,1	17,7	5,8	22,5	18,2	10,5	18,1	16,7	17,3
		śr.def.	22,7	23,5	19,6	20,0	22,7	16,0	22,2	22,4	19,0	21,3	21,1	22,0
starsze	2014	0	8,2	15,3	17,4	10,8	9,3	32,9	3,5	6,1	19,5	22,3	15,0	11,2
		1	75,3	59,5	66,8	72,1	73,5	59,7	55,8	59,6	69,8	57,0	60,2	69,0
		2-4	16,6	25,2	15,8	17,2	17,2	7,4	40,7	34,4	10,7	20,7	24,8	19,8
		śr.def.	21,6	23,7	20,0	20,7	21,7	16,2	27,2	25,8	19,7	22,4	22,9	22,1
starsze	2015	0	9,0	10,7	17,7	8,2	9,6	35,3	4,0	5,8	15,7	22,6	14,6	11,3
		1	76,6	63,5	66,9	74,7	75,0	59,5	62,1	69,5	74,1	56,1	64,8	71,5
		2-4	14,4	25,8	15,4	17,2	15,4	5,2	33,9	24,8	10,2	21,3	20,7	17,2
		śr.def.	21,2	23,7	20,1	21,8	21,4	15,9	25,7	23,9	19,8	22,6	22,1	21,6
starsze	2016	0	6,1	8,6	15,6	4,3	6,8	23,3	2,0	4,6	10,5	17,7	10,1	7,9
		1	78,2	63,8	66,4	77,2	76,5	67,3	59,3	57,9	76,6	56,1	62,9	71,9
		2-4	15,7	27,6	18,0	18,5	16,7	9,5	38,8	37,5	12,9	26,1	26,9	20,2
		śr.def.	22,1	24,7	21,3	23,3	22,3	18,1	27	26,9	20,7	23,9	23,9	22,8
starsze	2017	0	7,1	12,5	19,7	4,4	8,1	29,2	1,7	5,5	12,1	21,5	12,2	9,5
		1	75,6	60,6	62,2	73,2	73,8	62,9	55,7	59,7	74,5	53,5	61,0	69,4
		2-4	17,3	26,9	18,1	22,4	18,1	7,9	42,6	34,7	13,4	24,9	26,8	21,1
		śr.def.	22,5	25,0	20,9	23,8	22,6	17,3	27,6	26,9	20,8	23,2	23,8	23,0
starsze	2018	0	8,9	11,0	23,0	9,1	9,9	26,5	1,5	5,6	16,7	22,1	12,8	10,9
		1	74,8	65,4	60,7	67,3	73,2	66,2	54,9	65,0	71,3	57,9	62,6	69,5
		2-4	16,3	23,6	16,2	23,6	16,9	7,3	43,6	29,3	12,0	20,0	24,6	19,6
		śr.def.	22,1	25,0	20,4	23,1	22,2	17,2	28,1	26,0	20,2	22,0	23,4	22,6
razem	2014	0	8,3	16,2	18,6	17,1	9,5	33,4	4,7	7,5	20,9	23,5	15,4	11,6
		1	75,0	58,7	65,2	69,0	73,3	59,0	60,3	65,8	67,4	58,8	62,8	69,6
		2-4	16,7	25,1	16,2	13,9	17,2	7,6	35,0	26,7	11,8	17,8	21,9	18,9
		śr.def.	21,8	23,1	20,0	20,2	21,8	16,3	25,8	24,1	19,8	21,1	22,2	21,9
razem	2015	0	8,8	12,2	19,5	14,5	9,6	38,3	5,2	8,9	18,5	24,8	16,2	11,9
		1	76,1	62,7	65,2	72,4	74,7	56,5	66,7	70,4	70,3	56,9	65,5	71,4
		2-4	15,0	25,1	15,3	13,1	15,8	5,2	28,1	20,7	11,2	18,3	18,4	16,7
		śr.def.	21,6	23,0	20,0	20,2	21,6	15,7	24,5	22,5	19,7	21,1	21,4	21,5
razem	2016	0	6,0	9,2	16,3	9,0	6,7	24,3	3,4	6,3	13,0	18,7	11,2	8,3
		1	77,6	65,0	66,1	76,4	76,3	66,9	63,4	63,0	73,4	59,7	64,8	72,2
		2-4	16,4	25,7	17,5	14,6	17,1	8,8	33,2	30,7	13,6	21,7	24,0	19,5
		śr.def.	22,3	24,2	21,1	21,8	22,4	17,8	25,7	25,3	20,9	22,5	23,2	22,7
razem	2017	0	6,9	12,0	21,2	9,8	7,9	32,7	3,8	7,3	13,8	23,3	13,7	10,0
		1	75,2	62,4	61,4	71,7	73,7	60,2	60,0	65,0	72,9	55,5	63,1	69,8
		2-4	17,9	25,6	17,4	18,5	18,4	7,1	36,2	27,6	13,3	21,2	23,3	20,2
		śr.def.	22,7	24,4	20,7	22,5	22,7	16,7	26,1	25,0	20,8	22,0	22,9	22,8
razem	2018	0	8,3	11,4	24,2	14,1	9,3	28,2	4,4	8,0	21,1	22,7	14,8	11,3
		1	74,8	66,0	60,1	69,3	73,5	64,9	59,3	68,9	67,5	58,2	64,1	70,0
		2-4	16,9	22,6	15,7	16,5	17,2	6,9	36,3	23,1	11,4	19,1	21,1	18,6
		śr.def.	22,3	24,3	20,3	21,3	22,4	16,9	26,0	24,0	19,7	21,6	22,4	22,4

Tabela 31. Wskaźnik występowania uszkodzeń na drzewach poszczególnych gatunków w wyróżnionych klasach wieku w roku 2018 oraz trend zmian wskaźnika występowania uszkodzeń na jednym drzewie w okresie 2011 – 2018 określony za pomocą testu Mann-Kendall’a (W – wzrost, PW – prawdopodobny wzrost, N – brak trendu)

Gatunki	Liczba uszkodzeń na 1 drzewie w przedziale wieku (lata)				Średnia liczba uszkodzeń na drzewie w roku								Trend
	21-40	41-60	61-80	>80	2018	2017	2016	2015	2014	2013	2012	2011	
Sosna	0,71	0,80	0,89	1,04	0,89	0,77	0,74	0,71	0,67	0,62	0,57	0,55	W
Świerk	1,05	1,19	1,14	1,12	1,13	1,03	1,04	0,99	1,01	0,95	0,87	1,08	PW
Jodła	0,92	0,88	0,74	1,17	1,01	0,94	1,00	0,97	0,95	0,98	0,86	0,65	W
Inne igl.	0,58	0,76	1,08	0,84	0,80	0,69	0,66	0,62	0,56	0,57	0,64	0,73	N
Dęby	1,63	1,59	1,69	1,76	1,69	1,60	1,37	1,30	1,47	1,31	1,10	1,23	W
Buk	1,28	1,26	1,31	1,30	1,29	1,13	1,20	1,01	1,04	0,92	0,80	0,80	W
Brzozy	1,21	1,43	1,49	1,59	1,41	1,31	1,24	1,15	1,13	0,94	0,81	0,78	W
Olsze	1,36	1,56	1,58	1,62	1,54	1,47	1,33	1,26	1,17	1,00	1,04	1,22	W
Inne liśc.	1,51	1,48	1,58	1,54	1,53	1,43	1,45	1,32	1,22	1,07	0,96	0,88	W
Razem	1,03	1,06	1,14	1,23	1,13	1,01	0,97	0,91	0,87	0,78	0,72	0,72	W

Tabela 32. Liczba uszkodzeń przypadająca w 2018 roku na 1 drzewo danego gatunku w krainach przyrodniczo-leśnych i RDLP oraz trend zmian tego wskaźnika w okresie 2013 – 2018 określony za pomocą testu Mann-Kendall’a (W – wzrost, PW – prawdopodobny wzrost, N – brak trendu)

Kraina przyrodniczo-leśna RDLP	Gatunki iglaste				Gatunki liściaste					Średnia dla KP-L i RDLP w latach						Trend 2013-2018
	Sosna	Świerk	Jodła	Inne iglaste	Dąb	Buk	Brzoza	Olsza	Inne liściaste	2018	2017	2016	2015	2014	2013	
Bałtycka	1,013	1,227	0,250	1,081	1,910	1,264	1,574	1,772	1,627	1,30	1,09	0,89	0,80	0,86	0,71	W
Mazursko-Podlaska	0,802	1,039	0,000	0,100	1,604	0,500	1,234	1,413	1,444	1,05	0,96	0,95	0,96	0,72	0,68	W
Wielkopolsko-Pomorska	0,897	1,118	0,000	0,921	1,717	0,764	1,413	1,603	1,376	1,03	0,85	0,75	0,67	0,69	0,61	W
Mazowiecko-Podlaska	0,915	1,156	0,000	1,000	1,593	0,000	1,277	1,381	1,473	1,10	1,02	0,99	0,97	0,89	0,72	W
Śląska	0,622	0,707	0,000	0,610	1,917	1,025	1,462	1,562	1,764	1,09	1,08	1,01	0,91	0,96	0,78	W
Małopolska	0,904	1,214	1,087	0,945	1,480	0,852	1,481	1,513	1,286	1,09	1,09	1,07	1,02	1,01	0,92	W
Sudecka	0,938	1,036	1,000	0,244	1,670	1,146	1,407	1,833	1,577	1,23	1,17	1,23	1,19	1,22	0,92	N
Karpacka	1,019	1,317	0,993	0,699	1,672	1,614	1,648	1,962	1,708	1,36	1,15	1,33	1,17	1,14	1,15	N
Białystok	1,016	1,038	0,000	1,000	1,800	0,000	1,342	1,499	1,435	1,18	1,16	1,14	1,12	0,93	0,88	W
Katowice	0,714	1,115	0,432	0,506	1,573	0,887	1,260	1,739	1,293	0,97	0,95	0,96	0,94	0,98	0,80	N
Kraków	1,326	1,248	0,601	1,118	1,740	1,329	1,757	1,675	1,470	1,26	0,99	1,05	0,89	0,83	0,85	W
Krosno	0,907	1,692	1,676	0,606	2,010	1,918	2,103	1,865	1,997	1,55	1,44	1,70	1,48	1,52	1,48	N
Lublin	0,801	1,125	0,978	0,789	1,493	0,595	1,329	1,214	1,196	1,04	1,01	0,81	0,77	0,83	0,68	W
Łódź	0,967	1,308	1,400	0,857	1,922	1,222	1,516	1,429	1,404	1,09	1,05	1,16	1,13	1,11	1,06	N
Olsztyn	0,657	1,080	0,000	0,217	1,456	1,086	1,152	1,391	1,558	0,97	0,82	0,87	0,89	0,69	0,53	PW
Piła	0,867	0,778	0,000	0,333	1,857	0,571	1,580	1,545	1,182	0,96	0,70	0,60	0,49	0,50	0,44	W
Poznań	0,952	0,783	0,000	1,071	1,575	0,400	1,528	1,511	1,389	1,15	0,99	0,84	0,62	0,70	0,87	N
Szczecin	1,106	1,673	0,000	1,080	2,681	2,538	2,404	2,374	1,854	1,51	1,09	0,74	0,74	0,72	0,64	W
Szczecinek	1,029	1,227	0,250	1,359	1,847	0,855	1,443	1,473	1,230	1,15	0,97	0,65	0,62	0,62	0,50	W
Toruń	0,717	0,571	0,000	0,571	1,193	0,900	0,843	1,385	1,141	0,80	0,78	0,72	0,66	0,66	0,45	W
Wrocław	0,710	1,008	1,000	0,420	1,880	1,030	1,571	1,620	1,677	1,23	1,19	1,14	1,03	1,05	0,86	W
Zielona Góra	0,798	0,593	0,000	1,000	1,885	0,714	1,676	1,510	1,681	0,99	0,91	0,86	0,88	0,91	0,69	N
Gdańsk	0,917	1,289	0,000	0,829	1,461	0,789	1,393	1,893	1,586	1,06	0,90	1,05	0,91	1,08	0,83	N
Radom	0,866	1,439	1,134	3,750	1,259	0,645	1,346	1,471	1,429	1,05	1,06	1,08	1,00	0,93	0,81	PW
Warszawa	0,932	0,000	0,000	1,818	1,476	0,000	1,268	1,320	1,219	1,08	1,01	1,01	1,04	0,97	0,76	W
Parki Narodowe	1,349	1,172	1,543	1,111	2,500	1,640	1,713	1,286	1,821	1,45	1,25	1,21	1,19	1,11	1,01	W

Tabela 33. Najczęściej występujące lokalizacje, symptomy i czynniki sprawcze uszkodzeń występujących na drzewach poszczególnych gatunków w 2018 roku

Gatunki	Liczba uszkodzeń	Najczęściej występująca lokalizacja			Najczęściej występujący symptom			Najczęściej występujący czynnik sprawczy			
		Miejsce	Liczba	Udział	Nazwa	Liczba	Udział	Nazwa	Liczba	Udział	Udział
Sosna zw.	19843	Pień pomiędzy szyją korz. a koroną	7365	37,1%	Deformacje	6431	32,4%	Badane niezidentyfikowane	7181	36,2%	37,3%
Świerk	2035	Pień pomiędzy szyją korz. a koroną	1044	51,3%	Wycieki żywicy	537	26,4%	Badane niezidentyfikowane	650	31,9%	31,2%
Jodła	1051	Pień pomiędzy szyją korz. a koroną	355	33,8%	Deformacje	342	32,5%	Badane niezidentyfikowane	342	32,5%	31,4%
Inne iglaste	471	Pień pomiędzy szyją korz. a koroną	214	45,4%	Deformacje	110	23,4%	Badane niezidentyfikowane	192	40,8%	43,1%
Dęby	5474	Liście	3596	65,7%	Ubytek igieł/liści	2595	47,4%	Owady	2417	44,2%	46,4%
Buk	2237	Liście	963	43,0%	Ubytek igieł/liści	804	35,9%	Owady	877	39,2%	38,4%
Brzozy	6188	Liście	3742	60,4%	Ubytek igieł/liści	2785	45,0%	Owady	30934	50,0%	49,7%
Olsze	4316	Liście	2809	65,1%	Ubytek igieł/liści	2772	64,2%	Owady	2636	61,1%	64,1%
Inne liściaste	4326	Liście	2296	53,1%	Ubytek igieł/liści	1879	43,4%	Owady	1715	39,6%	43,0%
Łącznie	45941	Liście/igły	18312	39,9%	Ubytek igieł/liści	15157	33,0%	Badane niezidentyfikowane	13197	28,7%	28,6%

Tabela 34. Udział procentowy wskazanych lokalizacji występowania uszkodzeń na drzewach wyróżnionych gatunków i grup gatunków w 2018 roku

Lokalizacja uszkodzeń na drzewie	Gatunki drzew									Razem
	Sosna	Świerk	Jodła	Inne igl.	Dęby	Buk	Brzozy	Olsze	Inne liśc.	
Liście bądź igły	9,06	1,07	0,41	0,15	7,83	2,10	8,14	6,11	5,00	39,86
Gałęzie, pędy, pączki	6,12	0,48	0,79	0,12	1,64	0,43	0,74	0,32	0,76	11,46
Pień pomiędzy szyją korzeniową i koroną	16,03	2,28	0,77	0,47	1,48	1,61	2,90	1,57	2,25	29,35
Strzała w obrębie korony i pęd wierzchołkowy	6,87	0,27	0,16	0,08	0,28	0,13	0,31	0,23	0,33	8,64
Cała strzała	3,78	0,07	0,00	0,12	0,44	0,18	1,00	0,54	0,73	6,85
Razem strzała	26,68	2,62	0,93	0,67	2,20	1,92	4,21	2,34	3,31	44,84
Korzenie i szyja korzeniowa <25 cm	1,33	0,27	0,15	0,09	0,24	0,42	0,39	0,63	0,34	3,85

Tabela 35. Liczba i udział symptomów uszkodzenia na drzewach poszczególnych gatunków w 2018 roku

Kod	Symptomy uszkodzenia	Jedn.	Sosna	Świerk	Jodła	Inne igł.	Dęby	Buk	Brzozy	Olsze	Inne liśc.	Razem uszkodzeń
1	Ubytek igieł/liści	szt.	3728	425	121	48	2595	804	2785	2772	1879	15157
		%	18,8	20,9	11,5	10,2	47,4	35,9	45,0	64,2	43,4	33,0
2-5	Przebarwienia igieł/liści	szt.	290	38	64	17	747	126	929	25	378	2614
		%	1,5	1,9	6,1	3,6	13,6	5,6	15,0	0,6	8,7	5,7
6-7	Nienaturalne rozmiary liści/igieł	szt.	6	0	0	2	9	0	3	1	2	23
		%	0,0	0,0	0,0	0,4	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1
8	Deformacje	szt.	6431	272	342	110	516	374	806	471	669	9991
		%	32,4	13,4	32,5	23,4	9,4	16,7	13,0	10,9	15,5	21,7
9	Inne symptomy	szt.	587	12	30	3	53	7	29	29	25	775
		%	3,0	0,6	2,9	0,6	1,0	0,3	0,5	0,7	0,6	1,7
10	Oznaki wyst. owadów	szt.	126	40	18	16	10	44	31	15	16	315
		%	0,6	2,0	1,7	3,4	0,2	2,0	0,5	0,3	0,4	0,7
11	Oznaki wyst. grzybów	szt.	123	1	10	4	189	11	13	5	34	390
		%	0,6	0,0	1,0	0,8	3,5	0,5	0,2	0,1	0,8	0,8
12	Inne oznaki	szt.	246	3	5	5	33	4	26	13	12	347
		%	1,2	0,1	0,5	1,1	0,6	0,2	0,4	0,3	0,3	0,8
13	Złamane gałęzie	szt.	788	43	30	10	43	77	69	23	57	1140
		%	4,0	2,1	2,9	2,1	0,8	3,4	1,1	0,5	1,3	2,5
14	Martwe/obumierające gałęzie	szt.	1281	108	98	30	536	115	178	119	255	2720
		%	6,5	5,3	9,3	6,4	9,8	5,1	2,9	2,8	5,9	5,9
15	Zrzucone gałęzie, pędy, pączki	szt.	495	60	72	29	184	70	87	33	17	1018
		%	2,5	2,9	6,9	6,2	3,4	3,1	1,4	0,8	0,4	2,2
16	Nekrozy	szt.	42	7	7	0	9	41	13	11	23	153
		%	0,2	0,3	0,7	0,0	0,2	1,8	0,2	0,3	0,5	0,3
17	Rany	szt.	2435	419	170	63	248	392	299	165	365	4525
		%	12,3	20,6	16,2	13,4	4,5	17,5	4,8	3,8	8,4	9,8
18	Wycieki żywicy	szt.	1047	537	51	66						1701
		%	5,3	26,4	4,9	14,0						3,7
19	Wycieki na drzewach liściastych	szt.					16	7	10	8	14	55
		%					0,3	0,3	0,2	0,2	0,3	0,1
20	Zgnilizna	szt.	367	57	28	12	128	160	175	318	253	1498
		%	1,8	2,8	2,7	2,5	2,3	7,2	2,8	7,4	5,8	3,3
21	Pochylone	szt.	1849	13	4	55	158	65	733	308	326	3511
		%	9,3	0,6	0,4	11,7	2,9	2,9	11,8	7,1	7,5	7,6
22	Przewrócone	szt.	2	0	1	1	0	0	2	0	1	7
		%	0,0	0,0	0,1	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Łączna liczba symptomów		szt.	19843	2035	1051	471	5474	2237	6188	4316	4326	45941

Tabela 36. Liczba i udział wyróżnionych kategorii czynników sprawczych uszkodzeń na drzewach poszczególnych gatunków w 2017 roku oraz trendy zmian identyfikowania czynników sprawczych w okresie 2010-2017 (SP – spadek, N – brak trendu)

Kod	Czynniki sprawcze	Jedn.	Sosna	Świerk	Jodła	Inne igł.	Dęby	Buk	Brzozy	Olsze	Inne liśc.	Razem
100	Kręgowce	szt.	303	168	31	8	29	37	13	26	26	641
		%	1,5	8,3	2,9	1,7	0,5	1,7	0,2	0,6	0,6	1,4
200	Owady	szt.	1674	408	28	54	2417	877	3093	2636	1715	12902
		%	8,4	20,0	2,7	11,5	44,2	39,2	50,0	61,1	39,6	28,1
300	Grzyby	szt.	1271	63	248	34	887	282	154	217	472	3628
		%	6,4	3,1	23,6	7,2	16,2	12,6	2,5	5,0	10,9	7,9
400	Czynniki abiotyczne	szt.	1223	79	67	26	141	145	480	287	302	2750
		%	6,2	3,9	6,4	5,5	2,6	6,5	7,8	6,6	7,0	6,0
500	Bezpośrednie działanie człowieka	szt.	1712	215	87	52	141	228	141	73	152	2801
		%	8,6	10,6	8,3	11,0	2,6	10,2	2,3	1,7	3,5	6,1
600	Pożary	szt.	31	0	0	0	0	0	1	1	0	33
		%	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1
700	Zanieczyszczenia powietrza	szt.	7	0	0	0	0	0	0	0	0	7
		%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
800	Konkurencja i inne czynniki	szt.	6441	452	248	105	500	241	966	457	572	9982
		%	32,5	22,2	23,6	22,3	9,1	10,8	15,6	10,6	13,2	21,7
999	2018	Szt.	7181	650	342	192	1359	427	1340	619	1087	13197
		%	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	SP	N	SP	SP	SP	SP	N	SP	SP

Tabela 37. Udział uszkodzeń drzew spowodowanych przez wyróżnione grupy owadów oraz kategorie innych czynników i konkurencji na drzewach poszczególnych gatunków na SPO I rzędu w 2017 roku

Grupy owadów Kategorie innych czynników i konkurencji		Gatunki drzew									
		Sosna	Świerk	Jodła	Inne iglaste	Dąb	Buk	Brzoza	Olsza	Inne liśc.	Razem
OWADY	Liściożerne	7,01	0,21	0,00	0,08	15,82	5,44	16,4	19,65	12,17	76,77
	Uszkodzające pień, gałęzie, pędy	4,84	2,35	0,09	0,30	0,15	0,09	0,19	0,11	0,15	8,26
	Minujące	0,00	0,00	0,00	0,00	1,93	0,84	0,22	0,22	0,39	3,60
	Niezidentyfikowane	0,63	0,32	0,02	0,04	0,44	0,04	0,17	0,15	0,26	2,07
	Ssące	0,00	0,10	0,11	0,00	0,33	0,40	6,97	0,26	0,29	8,47
	Owady inne	0,02	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,09
	Gałasówki	0,00	0,17	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,01	0,22
	Uszkodzające pączki	0,47	0,02	0,00	0,00	0,02	0,00	0,01	0,01	0,00	0,52
	Razem dla gatunku drzewa	12,97	3,12	0,22	0,42	18,73	6,80	23,98	20,43	13,29	100,0
	Razem igl/liśc.				16,78					83,22	
KONKURENCJA I INNE CZYNNIKI	Bez specyfikacji	1,90	0,14	0,05	0,02	0,23	0,16	0,32	0,07	0,22	3,12
	Epifity/parazyty	5,07	0,02	0,36	0,00	0,05	0,00	0,32	0,07	0,16	5,98
	Bakterie	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,01	0,03
	Wirusy	0,02	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,02	0,07	0,00	0,14
	Nicienie	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,01	0,05
	Konkurencja	55,90	4,29	1,99	1,00	4,54	1,90	8,84	4,29	4,79	87,54
	Mutacje	0,32	0,00	0,00	0,00	0,04	0,01	0,03	0,01	0,04	0,45
	Inne znane ale nie podane	1,29	0,08	0,08	0,03	0,12	0,33	0,13	0,13	0,50	2,69
	Razem dla gatunku drzewa	64,53	4,53	2,48	1,05	5,01	2,41	9,68	4,58	5,73	100,0
	Razem igl/liśc.				72,59					27,41	

Tabela 38. Uszkodzenia drzew wyróżnionych gatunków i grup gatunków spowodowane przez epifity/parazyty (jemiołę) na SPO I rzędu w latach 2008-2018 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 (W – wzrost, PW – prawdopodobny wzrost, N – brak trendu)

Rok	Jedn.	Sosna	Świerk	Jodła	Inne igl.	Dęby	Buk	Brzozy	Olsze	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	1	11				5	3	19	252
	(szt./l.drz)*100	0,96	0,05	1,11				0,12	0,12	0,74	0,64
2014	szt.	250	1	13				15	2	25	306
	(szt./l.drz)*100	1,11	0,05	1,31				0,35	0,08	0,94	0,76
2015	szt.	283	3	16				23	1	13	339
	(szt./l.drz)*100	1,25	0,15	1,60				0,54	0,04	0,48	0,84
2016	szt.	337	2	20				27	1	22	409
	(szt./l.drz)*100	1,51	0,11	1,97				0,64	0,04	0,82	1,02
2017	szt.	363	2	21				29		16	431
	(szt./l.drz)*100	1,63	0,11	2,02				0,67		0,58	1,07
2018	szt.	521	2	36				42		16	617
	(szt./l.drz)*100	2,35	0,11	3,46				0,97		0,56	1,52
Trend		W	N	W				W		PW	W

Tabela 39. Początkowa liczba drzew w grupach jednorodnych pod względem gatunku drzewa, przedziału wieku oraz bonitacji siedliska, wyznaczonych spośród drzew ocenianych w 2008 roku na SPO I rzędu

Gatunek	Przedział wieku	Bonitacja	Liczba drzew	Gatunek	Przedział wieku	Bonitacja	Liczba drzew
Sosna	41-50	Ia	1129	Dęby	41-60	I	407
		I	1840			II	252
		II	931		61-80	I	252
		III	169			II	246
	51-60	Ia	863		81-100	I	118
		I	1913			II	217
		II	1170		101-120	I	117
		III	148			II	226
	61-70	Ia	414	Buk	41-60	I	139
		I	1085			II	119
		II	784		61-80	I	160
		III	148			II	150
	71-80	Ia	273		81-100	I	195
		I	1318			II	119
		II	711		101-120	I	143
		III	183			II	114
	81-90	Ia	160	Brzozy	41-60	I	1019
		I	758			II	403
		II	928		61-80	I	416
		III	231			II	272
Świerk	41-60	I	307				
		II	95				
	61-80	I	209				
		II	208				

Tabela 40. Wskaźniki śmiertelności dla wyróżnionych grup jednorodnych sosny – referencyjny (WŚ_r) i empiryczny (WŚ_e) oraz liczebności drzew służące do obliczenia wskaźników śmiertelności: N0 – na początku okresu (2008 rok) i N1 – po 10 latach (w roku 2018)

Bonitacja siedliska	Przedział wieku	Środek przedziału wieku	Liczba drzew				WŚ _r	WŚ _e
			N0 r	N1 r	N0 e	N1 e		
Ia	41-50	45	943	671	1129	816	0,2884	0,2772
	51-60	55	671	513	863	707	0,2355	0,1808
	61-70	65	513	411	414	320	0,1988	0,2271
	71-80	75	411	339	273	229	0,1752	0,1612
	81-90	85	339	285	160	112	0,1593	0,3000
I	41-50	45	1194	851	1840	1442	0,2873	0,2163
	51-60	55	851	652	1913	1570	0,2338	0,1793
	61-70	65	652	527	1085	863	0,1917	0,2046
	71-80	75	527	439	1318	1054	0,1670	0,2003
	81-90	85	439	371	758	607	0,1549	0,1992
II	41-50	45	1610	1167	931	733	0,2752	0,2127
	51-60	55	1167	872	1170	900	0,2528	0,2308
	61-70	65	872	674	784	629	0,2271	0,1977
	71-80	75	674	541	711	594	0,1973	0,1646
	81-90	85	541	449	928	699	0,1701	0,2468
III	41-50	45	2483	1643	169	145	0,3383	0,1420
	51-60	55	1643	1203	148	124	0,2678	0,1622
	61-70	65	1203	928	148	112	0,2286	0,2432
	71-80	75	928	732	183	163	0,2112	0,1093
	81-90	85	732	586	231	146	0,1995	0,3680

Tabela 41. Wskaźniki śmiertelności dla wyróżnionych grup jednorodnych świerka – referencyjny (WŚ_r) i empiryczny (WŚ_e) oraz liczebności drzew służące do obliczenia wskaźników śmiertelności: N0 – na początku okresu (2008 rok) i N1 – po 10 latach (w roku 2018)

Bonitacja siedliska	Przedział wieku	Środek przedziału wieku	Liczba drzew				WŚ _r	WŚ _e
			N0 r			N1 e		
I	41-60	50	1468	1037	307	202	0,2936	0,3420
	61-80	70	771	598	209	135	0,2244	0,3541
II	41-60	50	1700	1214	95	71	0,2859	0,2526
	61-80	70	930	738	208	139	0,2065	0,3317

Tabela 42. Wskaźniki śmiertelności dla wyróżnionych grup jednorodnych dębów – referencyjny (WŚ_r) i empiryczny (WŚ_e) oraz liczebności drzew służące do obliczenia wskaźników śmiertelności: N0 – na początku okresu (2008 rok) i N1 – po 10 latach (w roku 2018)

Bonitacja siedliska	Przedział wieku	Środek przedziału wieku	Liczba drzew				WŚ _r	WŚ _e
			N0 r			N1 e		
I	41-60	50	664	442	407	344	0,3343	0,1548
	61-80	70	318	244	252	227	0,2327	0,0992
	81-100	90	197	162	118	109	0,1777	0,0763
	101-120	110	137	117	117	86	0,1460	0,2650
II	41-60	50	870	585	252	218	0,3276	0,1349
	61-80	70	418	314	246	206	0,2488	0,1626
	81-100	90	247	200	217	193	0,1903	0,1106
	101-120	110	166	141	226	184	0,1506	0,1858

Tabela 43. Wskaźniki śmiertelności dla wyróżnionych grup jednorodnych buka – referencyjny (WŚ_r) i empiryczny (WŚ_e) oraz liczebności drzew służące do obliczenia wskaźników śmiertelności: N0 – na początku okresu (2008 rok) i N1 – po 10 latach (w roku 2018)

Bonitacja siedliska	Przedział wieku	Środek przedziału wieku	Liczba drzew				WŚ _r	WŚ _e
			N0 r			N1 e		
I	41-60	50	2940	1570	139	120	0,4660	0,1367
	61-80	70	820	495	160	137	0,3963	0,1438
	81-100	90	340	275	195	163	0,1912	0,1641
	101-120	110	232	192	143	71	0,1724	0,5035
II	41-60	50	3400	1950	119	90	0,4265	0,2437
	61-80	70	1080	656	150	113	0,3926	0,2467
	81-100	90	469	383	119	102	0,1834	0,1429
	101-120	110	329	280	114	94	0,1489	0,1754

Tabela 44. Wskaźniki śmiertelności dla wyróżnionych grup jednorodnych brzoź – referencyjny (WŚ_r) i empiryczny (WŚ_e) oraz liczebności drzew służące do obliczenia wskaźników śmiertelności: N0 – na początku okresu (2008 rok) i N1 – po 10 latach (w roku 2018)

Bonitacja siedliska	Przedział wieku	Środek przedziału wieku	Liczba drzew				WŚ _r	WŚ _e
			N0 r			N1 e		
I	41-60	50	720	574	1019	720	0,2028	0,2934
	61-80	70	469	416	416	292	0,1130	0,2981

Tabela 45. Wyniki analizy trendów zmian wartości empirycznych wskaźników śmiertelności drzew w grupach homogenicznych wraz z wiekiem dla sosny, dębów i buka wg testu Mann-Kendall’a (N – brak trendu, W – wzrost)

Gatunek	Przedział wieku	Bonitacja	WŚ _e	Gatunek	Przedział wieku	Bonitacja	WŚ _e
Sosna	Ia	41-50	0,2772	Dęby	I	41-60	0,1548
		51-60	0,1808			61-80	0,0992
		61-70	0,2271			81-100	0,0763
		71-80	0,1612			101-120	0,2650
		81-90	0,3000		Trend		N
	Trend		N		II	41-60	0,1349
	I	41-50	0,2163			61-80	0,1626
		51-60	0,1793			81-100	0,0763
		61-70	0,2046			101-120	0,2650
		71-80	0,2003		Trend		N
		81-90	0,1992	Buk	I	41-60	0,1367
	Trend		N			61-80	0,1438
	II	41-50	0,2127			81-100	0,1641
		51-60	0,2308			101-120	0,5035
		61-70	0,1977		Trend		W
		71-80	0,1646		II	41-60	0,2437
		81-90	0,2468			61-80	0,2467
	Trend		N			81-100	0,1429
	III	41-50	0,1420			101-120	0,1754
		51-60	0,1622		Trend		N
		61-70	0,2432				
		71-80	0,1093				
		81-90	0,3680				
	Trend		N				

Tabela 46. Zestawienie sum opadów od 1 marca do 31 lipca w pięcioleciu 2014-2018 według RDLP ^{*)}

RDLP	Liczba stacji	Sumy opadów [mm]					% normy opadów ^{**)}				
		2014	2015	2016	2017	2018	2014	2015	2016	2017	2018
Białystok	2	302	251	316	424	244	104	100	113	161	84
Katowice	2	355	188	336	297	234	107	64	97	105	66
Kraków	2	578	360	509	412	462	121	85	104	99	86
Krosno	1	352	234	326	191	222	113	81	102	71	72
Lublin	2	388	234	318	284	247	147	98	127	116	96
Łódź	1	272	173	325	342	248	109	66	114	134	87
Olsztyn	2	207	203	268	356	257	83	80	91	132	86
Piła	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Poznań	1	322	260	337	318	178	140	99	133	120	72
Szczecin	1	249	212	186	496	200	104	89	73	186	82
Szczecinek	1	253	350	375	357	223	97	106	111	111	73
Toruń	2	233	190	319	319	246	106	77	109	122	97
Wrocław	2	418	229	363	353	222	133	73	116	112	70
Zielona Góra	1	296	249	297	355	144	114	88	109	123	59
Gdańsk	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Radom	1	451	278	251	280	239	158	103	93	115	78
Warszawa	1	315	182	219	311	175	126	78	88	123	65
Kraj	22	339	239	326	343	248	117	85	106	122	80

Tabela 47. Zestawienie sum opadów od 1 marca do 31 lipca w pięcioleciu 2014-2018 według krain przyrodniczo-leśnych ^{*)}

Kraina	Liczba stacji	Sumy opadów [mm]					% normy opadów ^{**)}				
		2014	2015	2016	2017	2018	2014	2015	2016	2017	2018
Bałtycka	2	251	281	280	427	211	101	98	92	149	78
Mazursko-Podlaska	3	269	247	317	398	248	95	96	108	149	84
Wielkopolsko-Pom.	4	271	222	318	328	204	116	85	115	122	81
Mazowiecko-Podl.	3	271	190	251	333	226	109	81	101	133	83
Śląska	2	336	183	307	328	209	114	64	108	116	70
Małopolska	6	375	235	331	265	259	127	83	105	99	81
Sudecka	1	507	244	400	377	211	149	75	114	112	60
Karpacka	1	834	466	629	560	612	145	88	100	106	89
Kraj	22	339	239	326	343	248	117	85	106	122	80

*) na podstawie danych z IMGW z lat 2014-2018

**) % normy opadów atmosferycznych - wartości odniesiono do norm z okresu 1971-2000

Tabela 48. Korelacja liniowa zmiany defoliacji drzew z klimatycznym bilansem wodnym (CBWR) i liczbą dni suszy (LDSR) drzewostanów sosnowych różnych klas wieku

klasa wieku	CBWR		LDSR	
	R	p	R	p
II	-0,61	0,2748	0,25	0,5123
III	-0,99	0,0003	0,91	0,0006
IV	-0,98	0,0036	0,82	0,0065
V	-0,97	0,0015	0,94	0,0002
V+	-0,94	0,0165	0,53	0,1443

Tabela 49. Korelacja liniowa zmiany defoliacji drzew z klimatycznym bilansem wodnym (CBWR) i liczbą dni suszy (LDSR) drzewostanów sosnowych rosnących w różnych typach siedliskowych lasu

Grupa siedlisk	CBWR		LDSR	
	R	p	R	p
bory	-0,54	0,2139	0,73	0,025
bory mieszane	-0,80	0,0317	0,94	0,0002
lasy mieszane	-0,62	0,1361	0,84	0,005
lasy	-0,84	0,0438	0,38	0,4614

Tabela 50. Średnia defoliacja na stałych powierzchniach obserwacyjnych (SPO) I rzędu znajdujących się na specjalnych obszarach ochrony siedlisk (SOO) obszarów Natura w 2018 roku.

Obszar Natura 2000		"Liczba drzew"	"Średnia defoliacja"
"Kod obszaru"	"Nazwa obszaru"		
PLC020001	Karkonosze	20	20,5
PLC020002	Łęgi Odrzańskie	60	36,6
PLC120001	Tatry	60	30,7
PLC120003	Torfowiska Orawsko-Nowotarskie	20	21,2
PLC140001	Puszcza Kampinoska	80	25,8
PLC180001	Bieszczady	340	19
PLC200004	Puszcza Białowieska	220	28,9
PLH020003	Dolina Łachy	20	17
PLH020004	Góry Stołowe	40	25,8
PLH020015	Wrzosowisko Przemkowskie	20	27
PLH020016	Góry Bialskie i Grupa Śnieżnika	40	21,9
PLH020017	Grądy w Dolinie Odry	20	22,8
PLH020037	Góry i Pogórze Kaczawskie	40	31,3
PLH020038	Góry Kamienne	20	19
PLH020041	Ostoja nad Baryczą	120	26,7
PLH020047	Torfowiska Gór Izerskich	20	28,2
PLH020054	Ostoja nad Bobrem	20	17,8
PLH020060	Góry Orlickie	20	31,5
PLH020062	Góry Bardzkie	20	43,8
PLH020071	Ostoja Nietoperzy Gór Sowich	60	27,1
PLH020072	Uroczyska Borów Dolnośląskich	20	17,2
PLH020074	Wzgórza Strzeelińskie	20	26
PLH020082	Wzgórza Niemczańskie	20	25,8
PLH020083	Dolina Bystrzycy Łomnickiej	20	45,8
PLH020084	Dolina Dolnej Baryczy	20	13
PLH020086	Pieńska Dolina Nysy Łużyckiej	20	14,5
PLH020091	Dolina Oleśnicy i Potoku Boguszyckiego	20	36,5
PLH020096	Góry Złote	20	30,5
PLH020103	Łęgi nad Bystrzycą	20	43,2
PLH040007	Jezioro Gopło	20	15,8
PLH040017	Sandr Wdy	20	18
PLH040023	Doliny Brdy i Stążki w Borach Tucholskich	20	22,2
PLH060005	Dolina Środkowego Wieprza	20	23,5
PLH060013	Ostoja Poleska	20	33,5
PLH060015	Płaskowyż Nałęczowski	20	16
PLH060017	Roztocze Środkowe	20	24
PLH060031	Uroczyska Lasów Janowskich	40	22,3
PLH060034	Uroczyska Puszczy Solskiej	80	24
PLH060043	Lasy Sobiborskie	20	29
PLH060045	Przełom Wisły w Małopolsce	20	49
PLH060051	Dolny Wieprz	20	29,8
PLH060093	Uroczyska Roztocza Wschodniego	20	23,5

Obszar Natura 2000		"Liczba drzew"	"Średnia defoliacja"
"Kod obszaru"	"Nazwa obszaru"		
PLH060099	Uroczyska Lasów Strzeleckich	20	20,2
PLH080001	Dolina Leniwej Obry	20	20,8
PLH080002	Rytna Jezior Obrzańskich	60	20,8
PLH080004	Torfowisko Chłopy	20	23,8
PLH080014	Nowosolska Dolina Odry	20	32,8
PLH080036	Jeziora Gościńskie	20	34
PLH080037	Lasy Dobrosułowskie	40	20,3
PLH080044	Wilki nad Nysą	20	13,5
PLH080060	Uroczyska Borów Zasięckich	20	11,2
PLH080070	Las Żarski	20	11,8
PLH080071	Ostoja Barlinecka	100	22,8
PLH100007	Załęczański Łuk Warty	40	13
PLH100008	Dolina Środkowej Pilicy	20	23,2
PLH100016	Buczyna Gałkowska	20	19
PLH100024	Lasy Smardzewickie	20	31,8
PLH120001	Ostoja Babiogórska	20	30,5
PLH120004	Dolina Prądnika	20	18,5
PLH120008	Koło Grobli	20	18
PLH120018	Ostoja Gorczańska	40	19,8
PLH120019	Ostoja Popradzka	180	19,8
PLH120036	Łabowa	40	17,5
PLH120052	Ostoje Nietoperzy Beskidu Wyspowego	20	22,2
PLH120077	Rudniańskie Modraszki - Kajasówka	20	22,2
PLH120094	Ostoje Nietoperzy Powiatu Gorlickiego	20	22,8
PLH140011	Ostoja Nadbużańska	40	26,4
PLH140016	Dolina Dolnej Pilicy	20	37,5
PLH140029	Kampinoska Dolina Wisły	20	20,2
PLH140030	Łękawica	20	26
PLH140035	Puszcza Kozienicka	80	26
PLH140046	Bory bagienne i torfowiska Karaska	20	14,2
PLH140049	Myszyńskie Bory Sasankowe	20	21,2
PLH160007	Góry Opawskie	20	40
PLH160014	Opolska Dolina Nysy Kłodzkiej	20	32
PLH180001	Ostoja Magurska	60	26,7
PLH180012	Ostoja Przemyska	80	20,2
PLH180013	Ostoja Góry Słonne	160	23,2
PLH180014	Ostoja Jaślicka	80	19,2
PLH180015	Łysa Góra	20	21,8
PLH180017	Horyniec	40	29,6
PLH180018	Trzciana	20	28
PLH180020	Dolina Dolnego Sanu	20	18,2
PLH180023	Las nad Braciejową	20	20,2

Tabela 50. cd.

Obszar Natura 2000		"Liczba drzew"	"Średnia defoliacja"
"Kod obszaru"	"Nazwa obszaru"		
PLH180054	Lasy Sieniawskie	60	27,8
PLH180055	Enklawy Puszczy Sandomierskiej	20	41
PLH200004	Ostoja Wigierska	20	25,2
PLH200005	Ostoja Augustowska	300	21,6
PLH200006	Ostoja Knyszyńska	420	23,4
PLH200007	Pojezierze Sejneńskie	40	25,8
PLH200008	Dolina Biebrzy	180	27,4
PLH200010	Ostoja w Dolinie Górnej Narwi	20	19,2
PLH200019	Jelonka	20	21,2
PLH200021	Ostoja w Dolinie Górnego Nurca	20	23,2
PLH200022	Dolina Górnej Rospudy	20	28
PLH220014	Kurze Grzędy	20	23,8
PLH220018	Mierzeja Sarbska	20	17,2
PLH220020	Pełcznica	20	18,2
PLH220021	Piaśnickie Łąki	20	18,2
PLH220026	Sandr Brdy	20	20,8
PLH220029	Trzy Młyny	20	18,8
PLH220032	Zatoka Pucka i Półwysep Helski	40	21
PLH220034	Jeziora Wdzydzkie	40	16,3
PLH220038	Dolina Wieprzy i Studnicy	20	17,8
PLH220041	Miasteczkie Jeziora Lobeliowe	20	18
PLH220079	Ostoja Borzyszkowska	20	19,8
PLH240001	Cieszyńskie Źródła Tufowe	20	16,2
PLH240005	Beskid Śląski	40	19,7
PLH240006	Beskid Żywiecki	40	24,1
PLH240023	Beskid Mały	60	17,5
PLH260002	Łysogóry	20	21,2
PLH260004	Ostoja Przedborska	20	17
PLH260010	Lasy Suchedniowskie	80	22,5
PLH260011	Lasy Skarżyskie	20	19
PLH260015	Dolina Czarnej	20	32,5
PLH260018	Dolina Górnej Pilicy	40	29,8
PLH260024	Krzemionki	20	19
PLH260027	Ostoja Gaj	20	26,5
PLH260028	Ostoja Jeleniowska	20	25,8
PLH260029	Ostoja Kozubowska	20	18,5
PLH260034	Ostoja Szaniecko-Solecka	20	17,8
PLH260040	Lasy Cisowsko-Orłowińskie	20	16,5
PLH280001	Dolina Drwęc	80	24,3
PLH280005	Puszcza Romincka	20	29,8
PLH280007	Zalew Wiślany i Mierzeja Wiślana	20	17,2
PLH280012	Ostoja Lidzbarska	40	18
PLH280016	Ostoja Borecka	100	19,3

Obszar Natura 2000		"Liczba drzew"	"Średnia defoliacja"
"Kod obszaru"	"Nazwa obszaru"		
PLH280029	Doliny Erozyjne Wysoczyzny Elbląskiej	20	13,8
PLH280033	Warmińskie Buczyny	20	19
PLH280044	Ostoja nad Oświnem	20	18
PLH280048	Ostoja Piska	120	18,5
PLH280052	Ostoja Napiwodzko-Ramucka	80	23
PLH280053	Ostoja Iławska	60	17,5
PLH300001	Biedrusko	20	14,5
PLH200006	Ostoja Knyszyńska	420	23,4
PLH300002	Uroczyska Płyty Krotoszyńskiej	80	33,9
PLH300009	Ostoja Nadwarciańska	20	16,5
PLH300010	Ostoja Wielkopolska	40	25
PLH300011	Puszcza Bieniszewska	20	17,2
PLH300026	Pojezierze Gnieźnieńskie	40	17,5
PLH300032	Ostoja Międzychodzko-Sierakowska	40	19,3
PLH300033	Dolina Mogielnicy	20	16,5
PLH300038	Dolina Cybiny	20	16,8
PLH300041	Ostoja Przemęcka	20	29
PLH300045	Ostoja Pilska	20	18,8
PLH300046	Dolina Bukówki	20	23,8
PLH320001	Bobolickie Jeziora Lobeliowe	20	19
PLH320003	Dolina Grabowej	20	17,5
PLH320006	Dolina Płoni i Jezioro Miedwie	20	20,8
PLH320007	Dorzecze Parsęty	60	20,4
PLH320008	Janiewickie Bagno	20	19,2
PLH320013	Ostoja Goleniowska	20	20,8
PLH320014	Pojezierze Myśliborskie	20	21,5
PLH320017	Trzebiatowsko-Kołobrzski Pas Nadmorski	20	19,5
PLH320019	Wolin i Uznam	60	26,3
PLH320020	Wzgórza Bukowe	40	15,9
PLH320022	Dolina Radwi, Chocieli i Chotli	80	17,8
PLH320023	Jezioro Lubie i Dolina Drawy	60	20,5
PLH320038	Gogolice-Kosa	20	33,5
PLH320039	Jeziora Czaplineckie	60	19,3
PLH320040	Jezioro Bobięcińskie	20	18,8
PLH320044	Lasy Bierzwnickie	40	15,5
PLH320045	Mirosławiec	20	18
PLH320046	Uroczyska Puszczy Drawskiej	200	17,4
PLH320047	Warnie Bagno	20	19
PLH320049	Dorzecze Regi	60	18,6
PLH320052	Ostoja Goleczewska	20	23,8
PLH320060	Dzicz Las	20	28,5
PLH320067	Pojezierze Ińskie	60	15,8

Tabela 51. Średnia defoliacja na obszarach Natura 2000 z powierzchniami monitoringu leśnego w 2018 roku

Rodzaj obszaru	Liczba obszarów Natura 2000	Liczba SPO I	Średnia defoliacja w 2018 roku	Średnia defoliacja w 2017 roku	Zmiana średniej defoliacji
Obszary ochrony ptaków (OSO)	82	470	22,4	22,5	-0,1
Obszary ochrony siedlisk (SOO)	175	358	22,7	22,7	0,0

Tabela 52. Kryteria poziomu zaopatrzenia świerka (*Picea abies*) w składniki pokarmowe na podstawie ich zawartości w igłach bieżącego rocznika – klasyfikacja austriacka (Burg 1985 i 1990, Bergmann 1993)

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

Tabela 53. 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 54. 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 55. 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 56. Kryteria poziomu zaopatrzenia buka (*Fagus sylvatica*) w składniki pokarmowe na podstawie ich zawartości w liściach – klasyfikacja austriacka (Burg 1985 i 1990, Bergmann 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 57. Kryteria poziomu zaopatrzenia dębu (*Quercus* sp.) w składniki pokarmowe na podstawie ich zawartości w liściach – klasyfikacja austriacka (Burg 1985 i 1990, Bergmann 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 58. Średnia zawartość składników pokarmowych w igłach świerka w latach 1997–2017

RDLP	Wartość	Składnik (g/kg)					
		N	P	K	Ca	Mg	S
Szczecin	Liczebność (n)	6	6	6	6	6	6
	Średnia	14,74	1,45	4,72	5,97	1,09	1,01
	Mediana	15,07	1,53	4,73	4,87	1,09	1,03
	Min	11,49	0,81	3,85	4,27	0,81	0,79
	Max	16,53	1,75	5,55	11,10	1,38	1,15
	SD	1,73	0,34	0,65	2,59	0,21	0,12
Białystok	Liczebność (n)	12	12	12	12	12	12
	Średnia	13,37	1,59	5,53	5,47	0,98	0,96
	Mediana	13,11	1,50	4,82	5,23	0,99	0,96
	Min	12,06	1,24	3,93	4,16	0,73	0,81
	Max	15,10	1,97	8,34	7,74	1,29	1,15
	SD	1,08	0,27	1,63	1,19	0,17	0,09
Wrocław	Liczebność (n)	36	36	36	36	36	36
	Średnia	14,79	1,61	5,73	3,39	0,97	1,09
	Mediana	14,80	1,53	5,85	3,03	0,98	1,08
	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	1,23	0,39	1,47	1,40	0,14	0,16
Kraków	Liczebność (n)	12	12	12	12	12	12
	Średnia	13,62	1,58	7,77	4,74	1,00	1,10
	Mediana	13,17	1,60	7,58	5,01	0,91	1,04
	Min	12,13	1,22	5,50	2,70	0,69	0,86
	Max	15,28	2,07	9,26	7,15	1,48	1,51
	SD	1,13	0,27	1,00	1,50	0,25	0,19
Krosno	Liczebność (n)	6	6	6	6	6	6
	Średnia	13,13	1,30	7,62	4,04	0,88	0,95
	Mediana	13,15	1,29	7,86	3,50	0,88	0,96
	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	0,96	0,22	1,81	1,50	0,13	0,09

Tabela 59. Średnia zawartość składników pokarmowych w igłach sosny w latach 1997–2017

RDLP	Wartość	Składnik (g/kg)					
		N	P	K	Ca	Mg	S
Szczecin	Liczebność (n)	48	48	48	48	48	48
	Średnia	16,08	1,62	5,46	3,28	0,92	1,23
	Mediana	16,19	1,63	5,37	3,12	0,93	1,22
	Min	12,75	1,04	3,77	1,75	0,71	0,96
	Max	19,01	2,19	7,77	6,17	1,27	1,53
	SD	1,51	0,24	0,87	0,94	0,12	0,12
Szczecinek	Liczebność (n)	30	30	30	30	30	30
	Średnia	15,28	1,59	5,40	2,72	0,95	1,13
	Mediana	15,10	1,60	5,05	2,52	0,94	1,11
	Min	12,03	1,17	4,17	1,83	0,78	0,89
	Max	18,81	1,87	7,21	4,23	1,14	1,40
	SD	1,66	0,16	0,87	0,64	0,10	0,13
Gdańsk	Liczebność (n)	30	30	30	30	30	30
	Średnia	17,28	1,76	5,93	3,45	0,98	1,34
	Mediana	16,67	1,78	5,92	3,30	0,97	1,27
	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	1,92	0,16	0,82	1,11	0,12	0,25
Białystok	Liczebność (n)	66	66	66	66	66	66
	Średnia	15,90	1,75	5,24	3,18	0,98	1,20
	Mediana	15,95	1,69	5,42	3,10	0,97	1,19
	Min	12,24	1,32	3,31	1,83	0,75	0,81
	Max	20,60	2,43	6,79	4,60	1,34	1,47
	SD	1,66	0,27	0,95	0,67	0,12	0,13
Olsztyn	Liczebność (n)	36	36	36	36	36	36
	Średnia	15,14	1,65	5,90	2,82	0,90	1,13
	Mediana	15,13	1,65	5,71	2,75	0,92	1,16
	Min	13,50	1,12	4,21	1,50	0,70	0,87
	Max	16,51	2,26	9,47	5,78	1,12	1,32
	SD	0,91	0,20	1,17	0,90	0,12	0,13
Piła	Liczebność (n)	18	18	18	18	18	18
	Średnia	15,27	1,59	5,55	2,85	0,96	1,18
	Mediana	15,20	1,60	5,15	2,80	0,90	1,13
	Min	12,66	1,16	4,15	1,88	0,76	0,99
	Max	18,01	2,03	7,15	4,16	1,54	1,55
	SD	1,43	0,24	0,88	0,70	0,20	0,15
Toruń	Liczebność (n)	36	36	36	36	36	36
	Średnia	15,14	1,65	5,90	2,82	0,90	1,13
	Mediana	15,13	1,65	5,71	2,75	0,92	1,16
	Min	13,50	1,12	4,21	1,50	0,70	0,87
	Max	16,51	2,26	9,47	5,78	1,12	1,32
	SD	0,91	0,20	1,17	0,90	0,12	0,13
Poznań	Liczebność (n)	30	30	30	30	30	30
	Średnia	16,92	1,69	5,33	3,74	0,96	1,26
	Mediana	17,15	1,70	5,21	3,42	0,98	1,26
	Min	13,14	1,08	3,23	2,65	0,68	1,02
	Max	20,03	2,20	7,12	6,04	1,55	1,64
	SD	1,85	0,27	0,98	0,90	0,18	0,14
Warszawa	Liczebność (n)	18	18	18	18	18	18
	Średnia	15,54	1,61	5,11	2,92	0,98	1,21
	Mediana	15,78	1,57	5,11	2,69	0,93	1,20
	Min	12,08	1,08	4,07	2,11	0,79	0,95
	Max	19,54	2,16	6,66	4,45	1,30	1,63
	SD	1,84	0,31	0,68	0,73	0,14	0,16

Tabela 59. cd.

RDLP	Wartość	Składnik (g/kg)					
		N	P	K	Ca	Mg	S
Radom	Liczebność (n)	42	42	42	42	42	42
	Średnia	16,10	1,63	5,40	3,47	0,95	1,25
	Mediana	16,28	1,59	5,39	3,38	0,94	1,24
	Min	12,71	1,18	3,75	2,40	0,66	0,98
	Max	19,71	2,39	7,83	4,80	1,37	1,48
	SD	1,64	0,25	0,89	0,58	0,15	0,10
Lublin	Liczebność (n)	72	72	72	72	72	72
	Średnia	16,58	1,70	5,59	3,40	0,93	1,25
	Mediana	16,25	1,62	5,64	3,26	0,90	1,25
	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	1,97	0,28	1,10	0,91	0,16	0,14
Zielona Góra	Liczebność (n)	6	6	6	6	6	6
	Średnia	15,14	1,61	5,65	3,03	1,00	1,12
	Mediana	15,37	1,60	5,70	3,08	1,01	1,18
	Min	12,49	1,29	3,39	2,20	0,86	0,75
	Max	17,27	1,97	7,30	3,92	1,16	1,29
	SD	2,06	0,28	1,32	0,72	0,11	0,19
Katowice	Liczebność (n)	72	72	72	72	72	72
	Średnia	17,07	1,79	5,92	3,94	0,88	1,45
	Mediana	16,93	1,67	5,85	3,84	0,88	1,42
	Min	13,85	1,29	4,22	2,07	0,56	1,09
	Max	21,04	2,83	7,92	7,56	1,34	1,89
	SD	1,67	0,37	0,78	1,00	0,14	0,18
Wrocław	Liczebność (n)	18	18	18	18	18	18
	Średnia	15,96	1,51	5,41	3,58	1,00	1,17
	Mediana	15,96	1,52	5,21	3,57	0,96	1,15
	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	1,85	0,16	0,62	0,74	0,17	0,12
Kraków	Liczebność (n)	18	18	18	18	18	18
	Średnia	17,60	1,66	6,02	3,42	0,79	1,40
	Mediana	17,71	1,61	5,91	3,31	0,79	1,34
	Min	15,79	1,29	4,84	2,33	0,61	1,21
	Max	19,47	2,40	7,73	5,00	1,04	2,01
	SD	1,14	0,32	0,71	0,81	0,13	0,19
Krosno	Liczebność (n)	30	30	30	30	30	30
	Średnia	17,28	1,68	5,39	3,50	0,98	1,26
	Mediana	17,65	1,62	5,39	3,60	0,95	1,25
	Min	13,81	1,23	2,97	2,10	0,78	0,94
	Max	19,73	2,36	7,28	4,69	1,29	1,53
	SD	1,68	0,29	0,89	0,68	0,13	0,12

Tabela 60. Średnia zawartość składników pokarmowych w liściach buka w latach 1997–2017

RDLP	Wartość	Składnik (g/kg)					
		N	P	K	Ca	Mg	S
Szczecin	Liczebność (n)	6	6	6	6	6	6
	Średnia	26,35	1,67	9,99	8,15	1,54	1,85
	Mediana	27,82	1,75	10,48	7,96	1,50	1,89
	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	3,75	0,39	2,17	1,26	0,34	0,20
Szczecinek	Liczebność (n)	6	6	6	6	6	6
	Średnia	25,54	1,56	7,28	8,43	1,53	1,75
	Mediana	26,10	1,64	8,17	8,26	1,59	1,71
	Min	21,22	1,06	4,15	7,39	1,07	1,60
	Max	28,27	1,72	8,78	10,20	1,71	2,01
	SD	2,64	0,25	1,81	0,99	0,24	0,14
Gdańsk	Liczebność (n)	6	6	6	6	6	6
	Średnia	23,73	1,84	8,04	7,09	1,41	1,65
	Mediana	23,95	1,97	7,78	7,04	1,41	1,62
	Min	22,22	1,00	7,20	6,34	0,97	1,49
	Max	24,76	2,16	9,49	7,92	1,84	1,85
	SD	0,92	0,44	0,89	0,59	0,35	0,13
Olsztyn	Liczebność (n)	6	6	6	6	6	6
	Średnia	23,02	1,97	9,87	8,33	1,45	1,64
	Mediana	22,70	1,89	10,06	8,19	1,38	1,59
	Min	21,52	1,65	8,16	7,31	1,27	1,48
	Max	25,96	2,62	10,73	9,56	1,72	1,87
	SD	1,57	0,36	1,00	0,83	0,20	0,16
Lublin	Liczebność (n)	6	6	6	6	6	6
	Średnia	24,46	1,60	9,45	9,51	1,25	1,82
	Mediana	24,28	1,61	9,08	9,45	1,21	1,78
	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	2,91	0,40	1,40	2,37	0,47	0,24
Katowice	Liczebność (n)	12	12	12	12	12	12
	Średnia	25,18	1,45	9,71	7,33	1,36	1,89
	Mediana	25,39	1,44	9,17	6,72	1,34	1,83
	Min	22,21	1,01	7,58	4,90	0,98	1,50
	Max	28,25	2,06	12,65	12,85	1,81	2,32
	SD	1,76	0,32	1,58	2,33	0,28	0,26
Wrocław	Liczebność (n)	6	6	6	6	6	6
	Średnia	26,07	1,38	8,29	5,72	1,51	1,88
	Mediana	26,57	1,42	8,29	5,59	1,43	1,88
	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	2,46	0,30	0,80	0,75	0,41	0,24
Kraków	Liczebność (n)	6	6	6	6	6	6
	Średnia	26,49	1,85	8,98	7,32	1,29	1,98
	Mediana	26,39	1,81	8,74	7,32	1,22	1,94
	Min	24,74	1,54	7,61	6,21	1,13	1,86
	Max	28,97	2,20	11,83	8,40	1,66	2,20
	SD	1,65	0,28	1,52	0,73	0,20	0,12
Krosno	Liczebność (n)	12	12	12	12	12	12
	Średnia	22,95	1,49	9,03	9,00	1,46	1,63
	Mediana	22,89	1,34	9,01	8,71	1,45	1,62
	Min	20,05	0,78	7,21	5,88	0,86	1,42
	Max	26,62	2,22	10,18	11,67	2,05	2,08
	SD	2,07	0,50	0,89	1,57	0,44	0,18

Tabela 61. Średnia zawartość składników pokarmowych w liściach dębu w latach 1997–2017

RDLP	Wartość	Składnik (g/kg)					
		N	P	K	Ca	Mg	S
Szczecin	Liczebność (n)	6	6	6	6	6	6
	Średnia	22,62	2,30	7,60	6,74	1,67	1,63
	Mediana	22,41	2,33	7,59	6,19	1,71	1,64
	Min	21,63	1,52	5,55	6,01	1,08	1,45
	Max	23,96	2,93	9,57	8,19	2,09	1,88
	SD	0,87	0,51	1,28	0,97	0,33	0,15
Gdańsk	Liczebność (n)	6	6	6	6	6	6
	Średnia	23,54	2,23	8,61	7,18	1,39	1,68
	Mediana	23,12	2,25	8,20	7,32	1,34	1,70
	Min	22,30	1,90	8,00	6,30	0,95	1,38
	Max	25,53	2,57	9,88	8,05	1,77	1,90
	SD	1,20	0,22	0,77	0,64	0,28	0,20
Białystok	Liczebność (n)	6	6	6	6	6	6
	Średnia	26,30	2,19	8,95	6,98	1,66	1,92
	Mediana	25,90	1,99	9,08	7,08	1,66	1,90
	Min	24,88	1,97	7,31	5,24	1,36	1,67
	Max	28,56	2,79	10,01	8,27	2,10	2,22
	SD	1,33	0,34	0,94	1,15	0,28	0,24
Olsztyn	Liczebność (n)	6	6	6	6	6	6
	Średnia	25,09	2,05	8,33	6,60	1,50	1,67
	Mediana	24,89	2,04	8,37	6,23	1,55	1,67
	Min	23,02	1,25	6,57	5,42	0,91	1,55
	Max	27,41	2,86	11,02	8,04	1,91	1,80
	SD	1,44	0,56	1,58	1,00	0,33	0,09
Poznań	Liczebność (n)	6	6	6	6	6	6
	Średnia	25,64	1,83	8,96	6,94	2,08	1,92
	Mediana	26,34	1,83	9,33	6,92	2,16	1,88
	Min	23,00	1,46	6,95	5,31	1,78	1,73
	Max	27,43	2,10	9,95	8,54	2,35	2,22
	SD	1,86	0,23	1,08	1,05	0,23	0,17
Łódź	Liczebność (n)	6	6	6	6	6	6
	Średnia	24,00	2,11	8,31	7,91	1,93	1,75
	Mediana	24,26	2,14	8,56	7,82	1,95	1,75
	Min	21,18	1,58	6,79	7,07	1,43	1,62
	Max	25,94	2,52	9,56	9,04	2,26	1,88
	SD	1,70	0,31	1,00	0,77	0,32	0,11
Lublin	Liczebność (n)	6	6	6	6	6	6
	Średnia	26,50	2,27	10,18	8,15	1,85	1,91
	Mediana	25,79	2,37	10,09	7,96	1,93	1,85
	Min	24,79	1,76	9,11	7,46	1,32	1,65
	Max	30,20	2,54	11,69	9,05	2,09	2,38
	SD	2,00	0,31	0,96	0,64	0,29	0,27

Tabela 61. cd.

RDLP	Wartość	Składnik (g/kg)					
		N	P	K	Ca	Mg	S
Zielona Góra	Liczebność (n)	6	6	6	6	6	6
	Średnia	26,25	2,42	11,17	7,61	1,64	1,99
	Mediana	26,31	2,41	11,76	7,33	1,63	1,92
	Min	22,76	2,04	9,17	6,28	1,09	1,69
	Max	28,33	2,73	12,46	10,33	2,15	2,66
	SD	1,99	0,24	1,50	1,47	0,36	0,34
Katowice	Liczebność (n)	6	6	6	6	6	6
	Średnia	24,30	1,83	9,48	6,29	1,68	1,74
	Mediana	24,60	1,81	9,36	5,91	1,76	1,79
	Min	21,88	1,37	8,14	5,18	1,31	1,40
	Max	26,52	2,35	11,81	7,84	1,93	2,02
	SD	1,76	0,42	1,34	1,25	0,24	0,21
Wrocław	Liczebność (n)	12	12	12	12	12	12
	Średnia	27,40	1,63	8,96	6,68	1,34	1,98
	Mediana	27,41	1,27	9,17	6,67	1,38	1,97
	Min	24,26	0,82	6,72	5,42	0,74	1,72
	Max	29,50	2,75	10,76	7,63	1,92	2,23
	SD	1,88	0,69	1,29	0,60	0,36	0,17
Kraków	Liczebność (n)	6	6	6	6	6	6
	Średnia	28,28	2,30	11,13	6,46	1,95	2,02
	Mediana	28,86	2,48	11,25	6,48	1,84	2,00
	Min	26,10	1,29	9,94	5,32	1,62	1,86
	Max	29,86	2,77	12,47	8,48	2,66	2,17
	SD	1,62	0,53	0,93	1,15	0,37	0,11
Krosno	Liczebność (n)	6	6	6	6	6	6
	Średnia	25,83	1,94	12,01	7,69	1,74	1,90
	Mediana	25,32	2,06	12,09	7,55	1,74	1,90
	Min	24,63	1,09	10,16	7,41	1,37	1,72
	Max	27,77	2,36	13,48	8,26	2,06	2,14
	SD	1,29	0,47	1,37	0,32	0,24	0,16

Tabela 62. Średnie wartości miesięczne temperatury powietrza i gleby, wilgotności i promieniowania oraz miesięczne sumy opadów – stacje meteorologiczne na SPO MI – 2018 r.

Stacja	Miesiąc											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Wilgotność pow. +2 m [%]												
Białowieża-Czerlonka	90,6	83,8	74,5	67,5	65,3	60,9	78,1	72,9	79,0	83,9	89,0	93,2
Piwniczna-Andrzejówka	91,7	91,3	82,2	64,7	73,7	84,1	81,9	89,0	77,5	76,2	85,1	97,0
Bircza-Łodzinka	83,5	80,0	76,8	68,5	77,8	72,8	75,3	75,9	83,7	84,3	88,9	89,7
Chojnów-Dobiesz	95,0	90,6	79,8	71,7	73,1	72,0	79,4	73,7	76,0	85,0	94,0	96,4
Gdańsk-Wyspowo	93,3	86,1	79,0	69,5	62,0	64,7	76,3	77,0	79,3	82,2	89,0	94,4
Krotoszyn-Roszki	85,1	80,7	76,1	66,9	65,8	65,9	68,2	64,2	68,6	77,2	84,6	91,1
Krucz-Kruczlas	97,5	90,8	83,9	79,3	72,8	73,0	77,0	72,7	81,2	87,3	96,3	98,8
Łąck-Podgórze	88,2	82,9	73,2	68,9	67,5	69,8	76,3	76,2	79,9	88,4	94,7	98,9
Strzałowo-Krutyń	94,3	88,7	79,1	72,4	67,5	69,4	79,8	82,3	85,1	89,3	93,5	96,9
Suwałki-Hańcza	95,7	92,9	83,2	77,8	67,4	70,5	85,3	82,9	86,3	91,8	97,3	98,8
Sz. Poręba-Jakuszyce	98,5	90,7	88,3	77,2	78,6	84,1	78,9	76,7	82,8	83,5	90,3	98,7
Zawadzkie	89,9	86,6	80,9	67,3	74,3	77,8	75,1	73,5	77,8	84,8	85,3	90,7
Średnia	91,9	87,1	79,7	71,0	70,5	72,1	77,6	76,4	79,8	84,5	90,7	95,4
Promieniowanie [W/m ²]												
Białowieża-Czerlonka	8,2	34,1	79,4	178,4	237,7	232,1	185,7	201,0	130,7	72,1	19,7	4,3
Piwniczna-Andrzejówka	14,0	15,5	65,1	131,0	114,8	93,8	104,4	102,4	89,7	55,8	23,3	3,1
Bircza-Łodzinka	14,9	9,1	60,9	158,3	192,0	225,9	200,5	182,6	104,2	73,1	33,4	10,9
Chojnów-Dobiesz	5,9	12,5	32,5	90,8	111,8	107,9	101,8	98,7	57,0	17,3	6,1	3,6
Gdańsk-Wyspowo	28,0	17,3	40,9	161,1	267,0	237,5	220,7	168,6	104,6	55,4	14,6	5,1
Krotoszyn-Roszki	13,4	35,9	74,4	194,5	258,0	229,5	236,6	209,0	126,1	53,6	17,3	8,9
Krucz-Kruczlas	16,4	52,1	76,5	168,1	220,1	200,4	204,4	172,0	127,6	76,6	24,1	7,7
Łąck-Podgórze	12,3	38,1	77,2	161,6	216,2	210,2	185,7	173,5	119,0	58,3	17,6	8,2
Strzałowo-Krutyń	7,7	21,8	53,5	113,8	148,1	145,8	133,1	114,8	79,7	42,9	12,1	4,2
Suwałki-Hańcza	12,0	42,8	78,9	144,5	231,5	237,0	188,0	163,1	110,2	61,4	14,2	7,1
Sz. Poręba-Jakuszyce	7,0	28,7	65,1	166,0	199,0	167,3	208,1	171,6	107,7	57,6	24,8	3,3
Zawadzkie	13,8	29,0	56,0	127,6	179,3	164,2	156,0	122,4	83,5	50,7	34,9	7,3
Średnia	12,8	28,1	63,4	149,6	198,0	187,6	177,1	156,7	103,3	56,2	20,2	6,1
Temp. +2 m [°C]												
Białowieża-Czerlonka	-1,5	-4,7	-1,4	11,8	16,5	18,3	19,6	19,4	14,2	8,0	2,6	-0,5
Piwniczna-Andrzejówka	-0,8	-5,1	-0,6	12,8	15,2	16,2	17,6	18,6	13,8	10,0	4,2	-2,4
Bircza-Łodzinka	-0,5	-4,3	-1,8	12,8	14,3	17,6	19,2	19,5	14,6	10,4	5,1	-0,8
Chojnów-Dobiesz	0,2	-3,7	0,1	13,1	16,8	18,6	20,3	19,7	14,8	8,7	3,6	1,1
Gdańsk-Wyspowo	1,8	-2,0	0,5	10,8	15,8	17,4	20,3	19,2	14,6	9,9	4,7	1,8
Krotoszyn-Roszki	2,1	-2,7	0,9	13,7	17,2	18,9	20,6	21,3	16,3	10,6	5,3	2,4
Krucz-Kruczlas	1,5	-3,3	0,1	12,1	16,2	18,1	19,6	19,9	14,7	9,7	4,1	2,6
Łąck-Podgórze	0,7	-3,4	0,4	13,0	17,1	18,3	20,3	19,9	15,0	9,3	4,2	1,6
Strzałowo-Krutyń	-1,9	-5,6	-2,0	10,4	15,6	16,9	19,1	17,8	13,2	7,0	2,4	-0,5
Suwałki-Hańcza	-2,0	-5,8	-2,0	10,4	16,8	17,3	19,7	18,3	14,0	7,9	2,5	-0,7
Sz. Poręba-Jakuszyce	-1,4	-7,5	-3,3	8,5	11,9	13,3	14,6	15,7	10,7	7,1	1,9	-1,5
Zawadzkie	2,5	-2,5	1,6	14,3	17,3	18,7	20,3	21,3	15,8	10,7	5,7	2,0
Średnia	-1,5	-4,7	-1,4	11,8	16,5	18,3	19,6	19,4	14,2	8,0	2,6	-0,5
Suma opadów [mm]												
Białowieża-Czerlonka	58,4	19,7	18,7	55,5	25,9	35,5	136,3	44,1	41,0	37,7	29,8	104,3
Piwniczna-Andrzejówka	12,6	40,1	19,8	43,8	73,0	103,2	108,8	94,1	43,6	45,7	32,7	57,1
Bircza-Łodzinka	27,7	52,3	48,9	36,9	79,8	35,0	145,4	52,5	87,5	65,6	38,4	40,6
Chojnów-Dobiesz	46,5	17,8	26,8	39,7	35,4	22,3	84,8	62,9	38,4	78,6	13,4	88,7
Gdańsk-Wyspowo	71,2	25,5	25,4	27,0	18,5	20,6	109,6	55,7	44,8	66,3	39,5	104,8
Krotoszyn-Roszki	39,1	7,6	21,8	41,5	51,5	46,4	123,4	26,5	41,8	40,1	8,6	61,6
Krucz-Kruczlas	61,3	10,1	27,8	71,3	41,7	36,8	47,4	35,7	38,9	28,0	13,6	70,5
Łąck-Podgórze	83,1	8,1	8,1	10,4	1,7	4,2	102,2	54,5	36,8	7,1	11,3	78,9
Strzałowo-Krutyń	42,8	11,4	19,3	50,0	18,0	32,6	213,7	66,4	49,7	60,9	32,7	79,2
Suwałki-Hańcza	41,5	11,2	7,8	30,7	28,0	36,4	90,4	66,7	16,0	68,8	33,8	43,1
Sz. Poręba-Jakuszyce	155,9	31,0	54,1	29,8	33,3	75,7	109,9	32,9	48,5	71,5	5,6	130,0
Zawadzkie	25,5	14,5	30,0	11,7	74,1	43,1	84,6	42,0	34,4	63,2	17,7	38,2
Średnia	55,5	20,8	25,7	37,4	40,1	41,0	113,0	52,8	43,5	52,8	23,1	74,8

Tabela 63. Procentowy udział pomiarów z wiatrem – stacje meteorologiczne na SPO MI – 2018 r.

Stacja	Okres pomiarów	Liczba pomiarów			Dominujące kierunki wiatru
		ogółem	z wiatrem	%	
Białowieża - Czerlonka	1.01.2018-31.12.2018	52560	29805	56,7	S(8,7) N(7,3)
Piwniczna - Andrzejówka	1.01.2018-31.12.2018	52560	40350	77,8	NE(15,1) SW-SSW(10)
Bircza-Łodzinka	1.01.2018-31.12.2018	52560	19858	37,8	S-SSW(8,5) ENE(8,9)
Chojnów-Dobiesz	1.01.2018-31.12.2018	52560	23430	44,6	W-WNW(8,4)
Gdańsk-Wyspowo	1.01.2018-31.12.2018	52560	40797	77,6	NNW-N(12,2)
Krotoszyn-Roski	1.01.2018-31.12.2018	52560	37458	71,3	WSW(7,5) ENE(6,6)
Krucz-Kruczlas	1.01.2018-31.12.2018	52560	37157	70,7	SW-WSW(5,4) E(4,3)
Łąck-Podgórze	1.01.2018-31.12.2018	52560	34187	65,0	ESE-SE(11,4)
Strzałowo-Krutyń	1.01.2018-31.12.2018	52560	36592	69,6	S-SSW(9,6)
Suwałki-Hańcza	1.01.2018-31.12.2018	52560	44656	85,0	SSE(8,7) NW(7,4)
Szklarska Poręba-Jakuszyce	1.01.2018-31.12.2018	52560	39150	74,5	SW-WSW(8,2)
Zawadzkie	1.01.2018-31.12.2018	52560	19456	37,0	ESE(7,1) SE-ESE(6,1)

Tabela 64. Temperatury maksymalne oraz co najmniej 14 dniowe okresy bez, bądź z minimalnymi opadami na SPO MI w 2018 r. Kolorem czerwonym wyróżniono temperaturę maksymalną oraz okresy co najmniej 10 dni bez opadów.

SPO MI	Data wystąpienia Tmax	Tmax (°C)	Okresy min. 14 dni z opadami < 5MM		
Białowieża	2018-08-04	32,6	04-25.04 04-21.06 30.07-14.08	22 18 (15) 16	56
Bircza	2018-05-04	32,1	08-26.04	19 (12)	19
Chojnów	2018-06-11	34,2	25.04-16.05 03-24.06 27.06-11.07 27.08-14.09	22 (15) 22 15 19 (11)	78
Gdańsk	2018-08-03	34,5	10-24.04 04-25.05 27.05-17.06 24.06-12.07 30.08-15.09	15 18 17 19 17	86
Krotoszyn	2018-08-10	35,5	02-16.04 27.06-10.07 11-25.08 27.08-14.09	15 14 (13) 15 19	63
Krucz	2018-08-09	35,5	28.06-11.07 20.07-14.08 03-21.09	14 (14) 26 19	59
Łąck	2018-08-03	34,0	01-24.04 19.05-01.06 03-23.06 27.06-11.07 28.08-23.09	24 14 21 (14) 15 27	101
Piwniczna	2018-08-11	30,8	07-23.04	17	17
Strzałowo	2018-08-03	32,8	03-17.04 27.04-16.05 20.05-13.06	15 (12) 20 25 (17)	60
Suwałki	2018-08-03	31,7	03-17.04 28.04-17.05 31.08-24.09	15 19 (14) 25 (15)	59
Szklarska por.	2018-08-10	30,5	2-20.09	19 (10)	19
Zawadzkie	2018-08-05	35,5	1-16.04 18.04-03.05 19.05-12.06	16 (14) 16 25 (14)	57

Tabela 65. Depozyt roczny [kg ha⁻¹] (bez RWO) wniesiony z opadami na SPO MI w 2018 roku. RWO – rozpuszczony węgiel organiczny, N_{tot} – azot całkowity

	Gdańsk	Suwałki	Strzałowo	Białowieża	Krucz	Krotoszyn	Łąck	Chojnów	Zawadzkie	Szkl.Poręba	Bircza	Piwniczna
Opad [mm]	554	548	582	469	477	484	468	530	492	839	741	624
H ⁺	0,028	0,007	0,024	0,015	0,019	0,01	0,015	0,01	0,054	0,052	0,061	0,054
Cl ⁻	7,35	2,51	1,88	1,62	3,03	2,90	3,15	3,03	2,32	5,52	2,24	2,43
N-NO ₃ ⁻	3,94	2,58	2,25	2,51	2,63	3,50	2,40	2,66	3,64	3,02	3,64	1,91
S-SO ₄ ²⁻	2,25	2,24	1,88	1,89	2,52	2,88	2,70	2,71	2,91	3,29	3,98	2,74
N-NH ₄ ⁺	2,92	4,24	3,34	2,71	4,75	5,33	3,80	4,76	3,27	3,95	4,03	1,58
Ca	3,94	4,39	2,28	3,30	4,06	3,36	3,87	4,86	3,29	3,17	4,99	3,22
Mg	0,76	0,69	0,41	0,50	0,60	0,56	0,53	0,56	0,50	0,53	0,62	0,50
Na	4,51	1,67	1,43	1,25	2,01	2,35	1,88	1,91	1,71	4,15	1,69	1,96
K	2,33	1,14	0,96	1,17	1,29	1,94	1,65	2,16	1,10	1,76	1,53	1,38
Fe	0,040	0,027	0,031	0,023	0,021	0,030	0,023	0,031	0,033	0,057	0,056	0,045
Al	0,037	0,019	0,032	0,027	0,028	0,027	0,020	0,020	0,054	0,035	0,044	0,037
Mn	0,079	0,025	0,044	0,043	0,050	0,046	0,059	0,024	0,063	0,041	0,041	0,066
Cd	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,002	0,001	0,001
Cu	0,029	0,021	0,019	0,016	0,017	0,018	0,018	0,023	0,015	0,029	0,029	0,019
Pb	0,014	0,012	0,018	0,011	0,009	0,012	0,009	0,010	0,016	0,021	0,013	0,024
Zn	0,134	0,109	0,093	0,094	0,087	0,085	0,078	0,087	0,110	0,147	0,118	0,110
RWO	10,7	11,1	22,6	9,1	8,5	10,6	9,5	10,2	8,7	13,6	12,2	10,8
N _{tot}	7,8	8,1	7,0	6,2	8,5	10,2	7,2	8,8	7,9	9,5	9,1	4,8
Depozyt całkowity	29,3	21,0	16,1	16,2	22,2	24,4	21,2	24,2	20,1	28,3	24,5	17,4

Tabela 66. 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 $\alpha=0,05$

	Test Kruskala-Wallisa H(11,N=143)	Porównania wielokrotne (dwustronne)*	
	p	Nadleśnictwo	p
opad	0,8065		
H ⁺	0,0006	Piwniczna	Chojnów 0,0453
Cl ⁻	0,0026	Gdańsk	Strzałowo 0,0358
		Gdańsk	Białowieża 0,0484
		Szkl.Poręba	Strzałowo 0,0204
		Szkl.Poręba	Białowieża 0,0284
N-NO ₃ ⁻	0,0639	-	-
S-SO ₄ ²⁻	0,0587	Bircza	Strzałowo 0,0292
N-NH ₄ ⁺	0,0362	Krotoszyn	Piwniczna 0,0303
		Chojnów	Piwniczna 0,0437
Ca	0,0587	-	-
Mg	0,2523	-	-
Na	0,0016	Szkl.Poręba	Strzałowo 0,0096
		Szkl.Poręba	Białowieża 0,0076
		Szkl.Poręba	Zawadzkie 0,0075
K	0,0554	-	-
Fe	0,0736	-	-
Al	0,0132	Zawadzkie	Suwałki 0,0445
Mn	0,0543	Piwniczna	Białowieża 0,0102
RWO	0,1668	-	-
N _{tot}	0,0940	Krotoszyn	Piwniczna 0,0260
Zasadowość	0,0039	Chojnów	Zawadzkie 0,0073
		Chojnów	Piwniczna 0,0231
ANC	0,0121	-	-

* – wymieniono pary powierzchni o różnicach istotnych przy $\alpha=0,0$

Tabela 67. 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 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	10	0,2403	0	0,0022
Suwałki	3	0,0152	14	0,5887
Strzałowo	4	0,0260	1	0,0043
Białowieża	6	0,0649	3	0,0152
Krucz	6	0,0649	2	0,0087
Krotoszyn	8	0,1320	4	0,0260
Łąck	9	0,1797	5	0,0411
Chojnow	11	0,3095	11	0,3095
Zawadzkie	5	0,0411	0	0,0022
Szkl.Poręba	0	0,0022	5	0,0411
Bircza	0	0,0022	5	0,0411
Piwniczna	0	0,0022	1	0,0043

Tabela 68. Istotność różnic ($p \leq 0,05$) stężeń gazowych zanieczyszczeń powietrza między powierzchniami SPO MI. Wyniki testu ANOVA Kruskala-Wallisa

Test	NO ₂	p dla	SO ₂	p dla
Kruskala-Wallisa:	H (11, N=144) = 92,37; p = 0,0000	porównań dwustronnych	H (11, N=144) = 44,18; p = 0,0000	porównań dwustronnych
	Chojnow Gdańsk	<i>0,0485</i>	Zawadzkie Suwałki	<i>0,0034</i>
	Chojnow Suwałki	<i>0,0027</i>	Zawadzkie Strzałowo	<i>0,0000</i>
	Chojnow Strzałowo	<i>0,0000</i>	Zawadzkie Białowieża	<i>0,0004</i>
	Chojnow Białowieża	<i>0,0000</i>	Łąck Strzałowo	<i>0,0326</i>
	Chojnow Szklarska Poręba	<i>0,0001</i>	Bircza Strzałowo	<i>0,0176</i>
	Chojnow Bircza	<i>0,0000</i>		
	Chojnow Piwniczna	<i>0,0000</i>		
	Łąck Strzałowo	<i>0,0002</i>		
	Łąck Białowieża	<i>0,0002</i>		
	Łąck Szklarska Poręba	<i>0,0145</i>		
	Łąck Bircza	<i>0,0008</i>		
	Łąck Piwniczna	<i>0,0006</i>		
	Zawadzkie Strzałowo	<i>0,0011</i>		
	Zawadzkie Białowieża	<i>0,0011</i>		
	Zawadzkie Bircza	<i>0,0041</i>		
	Zawadzkie Piwniczna	<i>0,0030</i>		
	Krotoszyn Strzałowo	<i>0,0057</i>		
	Krotoszyn Białowieża	<i>0,0059</i>		
	Krotoszyn Bircza	<i>0,0194</i>		
	Krotoszyn Piwniczna	<i>0,0145</i>		

Tabela 69. Depozyt [kg ha^{-1}] wniesiony z opadami w drzewostanach na SPO MI w 2018 roku (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	Piwniczna
	PK	PP	PK	PP	PK									
Opad [mm]	421	29	624	32	400	350	546	341	341	457	361	502	824	411
H	0,039	0,000	0,071	0,001	0,020	0,011	0,020	0,012	0,029	0,020	0,030	0,005	0,087	0,026
Cl ⁻	9,32	0,51	4,24	0,31	6,60	5,36	4,40	4,73	5,55	5,80	7,96	7,07	10,46	6,42
N-NO ₃ ⁻	5,45	0,03	5,87	0,26	6,44	1,85	4,99	2,14	4,98	4,43	6,81	6,68	7,78	3,74
S-SO ₄ ²⁻	2,83	0,16	4,95	0,36	4,86	3,76	2,33	2,26	2,62	4,10	6,35	3,67	5,99	4,20
N-NH ₄ ⁺	2,72	0,17	3,99	0,46	9,80	7,52	4,36	3,76	6,41	6,88	9,61	4,88	7,34	3,37
Ca	4,94	0,25	5,97	0,40	6,60	6,26	5,71	6,93	4,04	6,54	7,45	9,02	6,39	4,86
Mg	1,19	0,09	1,02	0,06	2,37	2,15	1,91	1,76	1,06	1,59	1,61	4,01	1,45	1,19
Na	4,38	0,33	1,82	0,12	2,60	2,09	2,09	1,90	2,52	2,36	2,79	2,77	4,75	1,87
K	14,94	1,26	19,84	1,79	26,64	24,78	16,51	15,10	8,63	11,70	11,41	25,53	13,50	16,66
Fe	0,052	0,010	0,079	0,015	0,143	0,096	0,058	0,083	0,063	0,079	0,108	0,064	0,117	0,085
Al	0,071	0,010	0,094	0,017	0,124	0,089	0,114	0,178	0,169	0,157	0,232	0,075	0,163	0,127
Mn	0,690	0,061	0,288	0,027	0,726	1,045	0,269	0,809	0,486	0,394	0,372	0,377	0,189	0,437
Cd	0,001	0,000	0,001	0,000	0,001	0,001	0,002	0,001	0,001	0,001	0,002	0,001	0,002	0,001
Cu	0,026	0,002	0,026	0,001	0,033	0,023	0,021	0,037	0,015	0,030	0,019	0,027	0,032	0,020
Pb	0,013	0,001	0,017	0,001	0,020	0,016	0,021	0,010	0,013	0,012	0,019	0,011	0,025	0,018
Zn	0,115	0,007	0,136	0,009	0,109	0,077	0,104	0,113	0,091	0,106	0,150	0,094	0,165	0,110
RWO	18,08	4,92	27,65	6,72	72,07	51,61	44,99	90,99	51,53	61,08	72,19	43,40	63,63	54,35
N_{tot}	9,55	0,49	11,61	1,22	20,55	12,36	11,56	8,98	13,51	13,99	19,61	14,48	18,34	9,45
Depozyt w drzewostanie	48,1	3,2	50,1	4,3	71,4	58,1	45,1	42,9	38,8	46,9	58,1	67,2	61,6	45,4

Tabela 70. 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	0,2540	-	-	-
H ⁺	0,0007	Szkl.Poręba	Białowieża	0,0443
		Szkl.Poręba	Suwałki	0,0037
		Szkl.Poręba	Łąck	0,0020
Cl ⁻	0,0378	-	-	-
N-NO ₃ ⁻	0,0001	Szkl.Poręba	Białowieża	0,0032
		Szkl.Poręba	Łąck	0,0011
		Bircza	Łąck	0,0271
		Suwałki	Łąck	0,0252
		Zawadzkie	Białowieża	0,0266
		Zawadzkie	Łąck	0,0102
S-SO ₄ ²⁻	0,0002	Szkl.Poręba	Strzałowo	0,0151
		Szkl.Poręba	Białowieża	0,0107
		Bircza	Strzałowo	0,0443
		Bircza	Białowieża	0,0320
N-NH ₄ ⁺	0,0187	Zawadzkie	Piwniczna	0,0485
Ca	0,1603	-	-	-
Mg	0,0083	-	-	-
Na	0,0159	-	-	-
K	0,1530	-	-	-
Fe	0,3293	-	-	-
Al	0,0070	-	-	-
Mn	0,0017	Gdańsk	Szkl.Poręba	0,0485
		Białowieża	Szkl.Poręba	0,0213
RWO	0,0021	Białowieża	Gdańsk	0,0005
		Białowieża	Bircza	0,0338
		Szkl.Poręba	Gdańsk	0,0297
N _{tot}	0,0593	-	-	-
ANC	0,0000	Białowieża	Krucz	0,0247
		Białowieża	Zawadzkie	0,0019
		Białowieża	Szkl.Poręba	0,0000
		Suwałki	Szkl.Poręba	0,0095
		Łąck	Zawadzkie	0,0292
		Łąck	Szkl.Poręba	0,0012
		Piwniczna	Szkl.Poręba	0,0476

Tabela 71. Empiryczne ładunki krytyczne N i objawy towarzyszące ich przekroczeniu dla poszczególnych elementów ekosystemów leśnych (wg Bobbink i Hettelingh 2011)

Elementy	kg N ha ⁻¹	Wskaźniki przekroczenia
Procesy glebowe		
igłaste i liściaste	10-15	wzrost mineralizacji i nityfikacji
	10-15	zwiększenie wymywania NO ₃ ⁻
Drzewa		
igłaste i liściaste	10-15	zaburzenia równowagi składników odżywczych, wzrost zawartości N i spadek P, K, i Mg w aparacie asymilacyjnym
lasz strefy umiarkowanej	10-15	wzrost wrażliwości na szkodniki i choroby, zmiany w fungistatycznych związkach fenolowych
Mikoryza		
lasz strefy umiarkowanej i borealne	10-20	spadek produkcji sporokarp, zmiany lub zubożenie składu gatunkowego grzybów mikoryzowych
Roślinność runa		
lasz strefy umiarkowanej	10-15	zmiany składu gatunkowego, wzrost liczby gatunków nitrofilnych, wzrost wrażliwości na ataki szkodników
Mchy i porosty		
lasz strefy umiarkowanej i borealne	5-10	spadek liczby porostów, rozwój glonów niesymbiontycznych (wolno żyjących)

Tabela 72. 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 2011–2018. Pogrubioną czcionką zaznaczono wartości wykryte trendy ($p \leq 0,05$). Ujemne wartości τ wskazują na trend malejący

	Gdańsk	Suwałki	Strzałowo	Białowieża	Krucz	Krotoszyn	Łąck	Chojnów	Zawadzkie	Szkl. Poręba	Bircza	Piwniczna
SO₂												
SMK τ	-0,2440	-0,2460	-0,2857	-0,1607	-0,3423	-0,2679	-0,2946	-0,3571	-0,0476	-0,5060	-0,3839	-0,2846
SMK p	0,0038	0,0082	0,0021	0,0584	0,0000	0,0015	0,0005	0,0000	0,5922	0,0000	0,0000	0,0158
SKT slope	-0,1033	-0,0884	-0,0701	-0,0510	-0,1601	-0,1080	-0,1606	-0,1303	-0,0277	-0,1905	-0,2224	-0,1172
NO₂												
SMK τ	-0,1250	-0,2063	-0,1071	-0,2470	-0,1845	-0,1369	-0,1458	-0,2321	-0,2202	-0,3274	-0,3036	-0,4231
SMK p	0,1431	0,0270	0,2583	0,0034	0,0292	0,1080	0,0863	0,0059	0,0091	0,0001	0,0003	0,0003
SKT slope	-0,1216	-0,2016	-0,0451	-0,1104	-0,1808	-0,1534	-0,2168	-0,4110	-0,2183	-0,1860	-0,1200	-0,2869

Tabela 73. 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 2010–2018. 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-NO3-	N-NH4+	S-SO42-	Ca	Zasadowość
buk	Gdańsk		OP						
		SMK τ	-0,0417	0,2500	0,0000	-0,1667	-0,2731	-0,0185	0,1389
		SMK p	0,6089	0,0013	1,0000	0,0326	0,0004	0,8331	0,0595
		SKT slope	-0,4058	0,0600	0,0013	-0,9908	-1,2825	-0,0711	0,0000
			PK						
		SMK τ	-0,0231	0,0347	0,0787	-0,1898	-0,2662	-0,0648	0,0023
	Bircza	SMK p	0,7865	0,6728	0,3206	0,0148	0,0006	0,4164	1,0000
		SKT slope	-0,1500	0,0046	0,4538	-1,0793	-1,1400	-0,2456	0,0000
			OP						
		SMK τ	-0,0787	0,2407	-0,1435	-0,0880	-0,2500	-0,0833	0,0903
		SMK p	0,3206	0,0019	0,0664	0,2655	0,0013	0,2922	0,1808
		SKT slope	-0,9800	0,0537	-0,8400	-0,6125	-1,1383	-0,4283	0,0000
dąb	Krotoszyn		PK						
		SMK τ	-0,0185	0,1991	0,0764	-0,0556	-0,0093	0,0162	0,1505
		SMK p	0,8331	0,0105	0,3353	0,4888	0,9281	0,8566	0,0434
		SKT slope	-0,3458	0,0600	0,7463	-0,1921	-0,0188	0,0880	0,0883
	Łąck		OP						
		SMK τ	-0,0856	0,3079	-0,0440	0,0093	-0,1991	-0,0556	0,2616
		SMK p	0,2779	0,0001	0,5878	0,9281	0,0105	0,4884	0,0005
		SKT slope	-1,0525	0,1000	-0,2367	0,1400	-0,8470	-0,2690	1,2213
			PK						
		SMK τ	-0,0556	0,1782	0,0949	0,0093	-0,1296	0,0556	0,1667
sosna	Strzałowo	SMK p	0,4888	0,0221	0,2284	0,9281	0,0979	0,4888	0,0321
		SKT slope	-0,6280	0,0471	0,5367	0,0892	-0,9900	0,3230	2,0733
	Białowieża		OP						
		SMK τ	-0,0231	0,2477	-0,0463	-0,0556	-0,1991	-0,0787	0,1111
		SMK p	0,7865	0,0014	0,5674	0,4888	0,0105	0,3206	0,1301
		SKT slope	-0,2844	0,0435	-0,2015	-0,4900	-0,7547	-0,2245	0,0000
			PK						
		SMK τ	0,0185	0,1921	-0,0926	-0,0509	-0,1250	0,0972	0,1759
sosna	Białowieża	SMK p	0,8331	0,0135	0,2405	0,5274	0,1107	0,2172	0,0164
		SKT slope	0,2538	0,0450	-0,2658	-0,1998	-0,6600	0,5292	0,2445
	Białowieża		OP						
		SMK τ	0,0278	0,0718	-0,0046	-0,2037	-0,3542	-0,0741	0,0324
		SMK p	0,7406	0,3664	0,9760	0,0088	0,0000	0,3508	0,6763
		SKT slope	0,5917	0,0121	-0,0269	-0,7470	-1,0083	-0,2554	0,0000
			PK						
		SMK τ	0,0185	0,1019	0,1852	-0,0139	-0,3009	0,0139	0,0000
sosna	Białowieża	SMK p	0,8331	0,1948	0,0174	0,8804	0,0001	0,8804	1,0000
		SKT slope	0,4080	0,0217	0,8179	-0,0371	-0,8273	0,0443	0,0000
	Białowieża		OP						
		SMK τ	0,0093	0,1343	0,2801	0,2500	-0,0556	-0,0231	0,0440
		SMK p	0,9280	0,0863	0,0003	0,0013	0,4888	0,7865	0,5786
		SKT slope	0,0490	0,0329	0,9133	1,2117	-0,1434	-0,1633	0,0000
			PK						
		SMK τ	-0,0093	0,2801	0,0625	0,0926	-0,2338	-0,0556	0,1968
sosna	Białowieża	SMK p	0,9280	0,0003	0,4337	0,2405	0,0026	0,4884	0,0096
		SKT slope	-0,0403	0,0488	0,2020	0,4305	-1,0755	-0,4463	1,1568

Tabela 73. cd.

Drzewostan	Nadleśnictwo		opad	pH	N-NO3-	N-NH4+	S-SO42-	Ca	Zasadowość
sosna	Krucz		OP						
		SMK τ	-0,0648	0,0694	-0,0880	-0,2060	-0,2801	-0,0116	0,0000
		SMK p	0,4164	0,3823	0,2655	0,0081	0,0003	0,9041	1,0000
		SKT slope	-1,2983	0,0207	-0,5291	-2,3670	-1,4333	-0,0742	0,0000
			PK						
		SMK τ	-0,0833	0,2245	0,1389	0,0787	-0,1644	-0,0463	0,2153
	Chojnów	SMK p	0,2917	0,0038	0,0758	0,3206	0,0351	0,5674	0,0041
		SKT slope	-0,7075	0,0475	0,8690	0,6359	-0,8458	-0,1043	0,7680
			OP						
		SMK τ	0,0139	0,2824	0,0208	0,0694	-0,1944	0,0301	0,1157
		SMK p	0,8804	0,0003	0,8096	0,3828	0,0125	0,7179	0,1240
		SKT slope	0,4308	0,0692	0,0717	0,4669	-0,8593	0,1217	0,1525
	Zawadzkie		PK						
		SMK τ	0,0324	0,3495	0,1713	0,1481	-0,2222	0,0764	0,1505
		SMK p	0,6956	0,0000	0,0280	0,0579	0,0042	0,3353	0,0281
		SKT slope	0,4400	0,0800	0,9800	1,0108	-1,4845	0,3863	0,0000
			OP						
		SMK τ	-0,1366	0,2824	0,0556	-0,0185	-0,3241	-0,2593	0,1227
świerk	Suwałki	SMK p	0,0807	0,0003	0,4888	0,8331	0,0000	0,0008	0,0776
		SKT slope	-1,8410	0,0800	0,3276	-0,1150	-1,3992	-0,7090	0,0000
			PK						
		SMK τ	-0,0694	0,2662	0,0741	0,0486	-0,1898	-0,0278	0,2755
		SMK p	0,3828	0,0006	0,3508	0,5470	0,0148	0,7406	0,0002
		SKT slope	-0,7925	0,0677	0,4838	0,3064	-1,8500	-0,3867	0,4912
	Szklarska Poręba		OP						
		SMK τ	0,0278	0,2014	-0,0023	-0,0231	-0,2593	-0,1435	0,1273
		SMK p	0,7406	0,0095	1,0000	0,7865	0,0008	0,0664	0,1012
		SKT slope	0,4017	0,0467	-0,0150	-0,1220	-1,0614	-0,6085	0,5852
			PK						
		SMK τ	0,0208	0,3102	0,0903	-0,0602	-0,2153	0,0787	0,2894
	Piwniczna	SMK p	0,8096	0,0001	0,2525	0,4518	0,0056	0,3206	0,0002
		SKT slope	0,3155	0,0771	0,3675	-0,6647	-1,1850	0,6430	4,4072
			OP						
		SMK τ	-0,1898	0,3819	-0,3287	-0,1481	-0,3519	-0,1806	0,3125
		SMK p	0,0144	0,0000	0,0000	0,0579	0,0000	0,0205	0,0000
		SKT slope	-5,8410	0,0706	-1,8122	-1,0467	-2,3583	-0,7460	0,0000
	Piwniczna		PK						
		SMK τ	-0,1713	0,3843	-0,1157	-0,1319	-0,4167	-0,1944	0,3194
		SMK p	0,0280	0,0000	0,1403	0,0918	0,0000	0,0125	0,0000
		SKT slope	-5,8038	0,0714	-1,5533	-1,4108	-5,2758	-1,4235	0,0000
			OP						
		SMK τ	-0,2769	0,0308	-0,1385	-0,3231	-0,2154	0,0846	0,0769
		SMK p	0,0192	0,8402	0,2553	0,0061	0,0708	0,5024	0,4991
		SKT slope	-5,1500	0,0075	-0,5400	-1,9813	-1,6275	0,2392	0,0000
			PK						
		SMK τ	-0,1846	-0,2538	0,2769	0,0154	-0,2923	0,0385	-0,1462
		SMK p	0,1238	0,0319	0,0192	0,9466	0,0133	0,7885	0,2042
		SKT slope	-4,8083	-0,0758	2,2338	0,0788	-2,4175	0,3175	-0,7750

Tabela 74. 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 2010–2018. Pogrubioną czcionką zaznaczono wykryte trendy (p ≤ 0,05). Ujemne wartości τ wskazują na trend malejący, dodatnie, oznaczone czerwoną czcionką – na trend rosnący

Drzewostan	Nadleśnictwo	Głębokość		Objętość	pH	N _{tot}	Al	Ca	RWO	S-SO ₄ ²⁻	BC:Al
buk	Gdańsk	25 cm	SMK τ	-0,28	0,28	0,00	-0,11	-0,19	0,28	-0,17	-0,08
			SMK p	0,3481	0,3355	1,0000	0,7545	0,5294	0,3481	0,6022	0,8339
			SKT slope	-859	0,01	0,001	-0,01	-0,01	0,19	-0,05	-0,01
		50 cm	SMK τ	-0,11	0,47	-0,17	-0,50	-0,42	0,06	-0,33	0,25
			SMK p	0,7545	0,0935	0,6022	0,0763	0,1422	0,9170	0,2515	0,4017
			SKT slope	-852	0,02	-0,01	-0,03	-0,02	0,01	-0,04	0,03
	Bircza	25 cm	SMK τ	-0,28	0,00	-0,22	-0,47	-0,39	0,06	-0,61	-0,06
			SMK p	0,3481	1,0000	0,4655	0,0935	0,1753	0,9170	0,0286	0,9170
			SKT slope	-361	0,01	-0,03	-0,01	-0,43	0,05	-0,08	-0,53
		50 cm	SMK τ	-0,39	0,31	-0,36	0,06	-0,06	0,42	-0,28	-0,14
			SMK p	0,1753	0,2945	0,2084	0,9161	0,9170	0,1422	0,3481	0,6750
			SKT slope	-249	0,11	-0,03	0,001	-0,34	0,19	-0,16	-113
dąb	Krotoszyn	25 cm	SMK τ	-0,39	-0,42	0,53	0,67	0,78	-0,11	0,28	-0,33
			SMK p	0,1753	0,1363	0,0592	0,0165	0,0049	0,7545	0,3481	0,2515
			SKT slope	-931	-0,03	0,78	0,30	0,20	-0,41	0,09	-0,03
		50 cm	SMK τ	-0,28	0,33	0,39	-0,17	0,56	-0,28	0,06	0,50
			SMK p	0,3481	0,2515	0,1753	0,6022	0,0476	0,3481	0,9170	0,0763
			SKT slope	-471	0,05	1,04	-0,02	0,82	-0,40	0,09	4,06
	Łąck	25 cm	SMK τ	-0,17	0,19	0,17	0,00	0,00	0,22	-0,06	0,00
			SMK p	0,6022	0,5294	0,6022	1,0000	1,0000	0,4655	0,9170	1,0000
			SKT slope	-600	0,01	0,02	0,01	0,01	0,66	-0,02	0,00
		50 cm	SMK τ	-0,72	0,00	0,00	-0,33	-0,44	-0,11	-0,28	-0,50
			SMK p	0,0091	1,0000	1,0000	0,2515	0,1179	0,7545	0,3481	0,0763
			SKT slope	-1210	0,0000	0,0001	-0,02	-0,08	-0,09	-0,13	-0,14
sosna	Białowieża	25 cm	SMK τ	-0,44	-0,25	0,06	0,50	0,19	0,61	-0,03	-0,22
			SMK p	0,1179	0,4017	0,9170	0,0763	0,5294	0,0286	1,0000	0,4655
			SKT slope	-533	-0,01	0,04	0,13	0,05	1,44	-0,01	-0,03
		50 cm	SMK τ	-0,17	0,03	0,28	0,22	-0,36	0,06	-0,56	-0,50
			SMK p	0,6022	1,0000	0,3481	0,4655	0,2017	0,9170	0,0476	0,0763
			SKT slope	-366	0,0000	0,19	0,03	-0,18	0,14	-0,13	-0,21
	Strzałowo	25 cm	SMK τ	-0,72	0,03	0,00	-0,11	-0,22	-0,50	-0,33	-0,06
			SMK p	0,0091	1,0000	1,0000	0,7545	0,4655	0,0763	0,2515	0,9170
			SKT slope	-576	0,0000	-0,01	-0,01	-0,31	-1,16	-0,08	-0,24
		50 cm	SMK τ	-0,61	0,72	-0,22	-0,17	-0,17	-0,17	-0,39	0,11
			SMK p	0,0286	0,0091	0,4655	0,6022	0,6022	0,6022	0,1753	0,7545
			SKT slope	-619	0,08	-0,10	-0,003	-0,32	-0,14	-0,15	1,13
	Krucz	25 cm	SMK τ	-0,33	-0,03	0,11	0,00	0,31	0,11	0,11	-0,17
			SMK p	0,2515	1,0000	0,7545	1,0000	0,2945	0,7545	0,7545	0,6022
			SKT slope	-436	-0,001	0,004	0,01	0,03	0,43	0,03	-0,02
		50 cm	SMK τ	-0,39	0,53	0,17	0,47	-0,25	0,22	0,06	-0,33
			SMK p	0,1753	0,0592	0,6022	0,0935	0,4017	0,4655	0,9170	0,2515
			SKT slope	-268	0,01	0,02	0,09	-0,02	0,48	0,01	-0,06

Tabela 74. cd.

Drzewostan	Nadleśnictwo	Głębokość	Objętość	pH	N _{tot}	Al	Ca	RWO	S-SO ₄ ²⁻	BC:Al
Chojnów	25 cm	SMK τ	0,20	0,30	-0,24	-0,28	-0,60	0,17	-0,46	-0,48
		SMK p	0,3223	0,1233	0,2288	0,1659	0,0022	0,3953	0,0199	0,0149
		SKT slope	427	0,01	-0,01	-0,05	-0,09	0,20	-0,12	-0,02
	50 cm	SMK τ	0,28	0,70	0,30	-0,73	-0,58	-0,22	-0,60	-0,37
		SMK p	0,1659	0,0003	0,1344	0,0002	0,0030	0,2723	0,0022	0,0594
		SKT slope	1093	0,01	0,01	-0,11	-0,12	-0,06	-0,20	-0,02
Zawadzkie	25 cm	SMK τ	-0,28	0,31	0,22	0,61	-0,83	-0,11	0,28	-0,78
		SMK p	0,3481	0,2945	0,4655	0,0286	0,0025	0,7545	0,3481	0,0049
		SKT slope	-309	0,01	0,05	0,12	-0,13	-0,30	0,04	-0,06
	50 cm	SMK τ	-0,33	0,42	0,44	0,72	-0,67	0,39	0,22	-0,78
		SMK p	0,2515	0,1363	0,1179	0,0091	0,0165	0,1753	0,4655	0,0049
		SKT slope	-163	0,02	0,11	0,22	-0,12	0,76	0,19	-0,07
świerk	Suwałki	SMK τ	-0,44	0,67	0,50	-0,39	0,33	-0,11	-0,39	0,39
		SMK p	0,1179	0,0165	0,0763	0,1753	0,2515	0,7545	0,1753	0,1753
		SKT slope	-120	0,29	0,85	-0,20	1,68	-0,46	-0,14	2,91
		SMK τ	-0,50	0,28	0,61	0,11	-0,11	-0,06	-0,28	0,06
		SMK p	0,0763	0,3481	0,0286	0,7545	0,7545	0,9170	0,3481	0,9170
		SKT slope	-455	0,05	1,02	0,01	-0,35	-0,15	-0,12	1,64
	Szklarska Poręba	SMK τ	-0,39	0,83	-0,28	-0,56	-0,06	-0,06	-0,53	0,17
		SMK p	0,1753	0,0025	0,3481	0,0476	0,9161	0,9170	0,0592	0,6022
		SKT slope	-1954	0,02	-0,02	-0,02	-0,001	-0,10	-0,03	0,01
		SMK τ	-0,33	0,72	0,00	-0,67	-0,03	-0,17	-0,64	-0,11
		SMK p	0,2515	0,0084	1,0000	0,0165	1,0000	0,6022	0,0211	0,7482
		SKT slope	-2409	0,02	-0,001	-0,03	-0,001	-0,05	-0,05	-0,001
	Piwniczna	SMK τ	-0,20	0,40	-0,60	-0,60	-0,80	-0,40	-0,60	-0,50
		SMK p	0,8065	0,4624	0,2207	0,2207	0,0864	0,4624	0,2207	0,3122
		SKT slope	-3754	0,02	-0,08	-0,09	-0,12	-0,53	-0,17	-0,05
		SMK τ	0,00	0,40	-0,20	-0,60	-0,60	-0,40	-0,20	0,20
		SMK p	1,0000	0,4624	0,8065	0,2207	0,2207	0,4624	0,8065	0,8065
		SKT slope	-732	0,02	-0,04	-0,07	-0,09	-0,34	-0,13	0,01

Tabela 75. Procentowy udział drzew w klasach defoliacji (gatunki iglaste, liściaste i razem) w krajach Europy w 2017 r. na podstawie krajowych inwentaryzacji*) według rosnących wartości w klasach 2-4

Kraj	Iglaste razem		
	Klasa 0	Klasa 1	Klasy 2-4
Łotwa	13,2	81,5	5,3
Estonia	54,7	39,9	5,5
Andora	50,5	42,4	7,1
Turcja	44,9	46,8	8,2
Rumunia	63,3	26,0	10,7
Dania	59,3	28,9	11,8
Serbia	79,2	8,9	12,0
Luksemburg	51,4	30,9	17,7
Szwecja	46,9	34,9	18,2
Polska	7,9	73,7	18,4
Belgia-Flandria	5,1	76,3	18,6
Norwegia	45,7	35,4	19,0
Niemcy	38,0	42,5	19,5
Mołdawia	64,0	16,4	19,6
Włochy	43,7	34,0	22,3
Litwa	14,9	61,6	23,5
Cypr	20,3	56,1	23,6
Czarnogóra	28,1	48,2	23,6
Hiszpania	16,7	57,2	26,2
Grecja	27,0	40,9	32,1
Szwajcaria	11,4	55,2	33,4
Chorwacja	43,5	21,5	35,0
Bułgaria	22,0	41,0	37,0
Francja	28,6	32,6	38,8
Słowenia	24,0	35,4	40,6
Słowacja	10,8	47,6	41,6
Węgry	33,9	21,3	44,9
Belgia-Walonia	11,1	30,7	58,3
Czechy	11,5	28,2	60,3

Kraj	Liściaste razem		
	Klasa 0	Klasa 1	Klasy 2-4
Andora	40,0	60,0	0,0
Estonia	66,5	30,2	3,3
Łotwa	5,2	89,6	5,2
Turcja	47,4	42,9	9,8
Serbia	69,6	18,6	11,8
Dania	55,9	29,8	14,4
Grecja	62,7	22,7	14,6
Rumunia	48,8	35,9	15,3
Litwa	17,4	64,8	17,8
Bułgaria	29,7	49,8	20,5
Belgia-Flandria	12,1	64,8	23,1
Polska	13,7	63,1	23,3
Chorwacja	40,2	35,9	24,0
Słowacja	17,1	56,1	26,7
Niemcy	29,4	43,1	27,5
Czarnogóra	18,1	54,3	27,6
Mołdawia	34,5	36,8	28,7
Hiszpania	13,2	57,5	29,3
Czechy	22,1	46,3	31,6
Szwajcaria	15,0	50,3	34,7
Słowenia	17,9	47,0	35,1
Luksemburg	17,7	45,1	37,2
Belgia-Walonia	25,3	35,1	39,6
Węgry	29,4	29,9	40,6
Włochy	13,4	41,7	44,9
Francja	12,4	34,4	53,2
Cypr	tylko	gatunki	iglaste
Norwegia	tylko	gatunki	iglaste
Szwecja	tylko	gatunki	iglaste

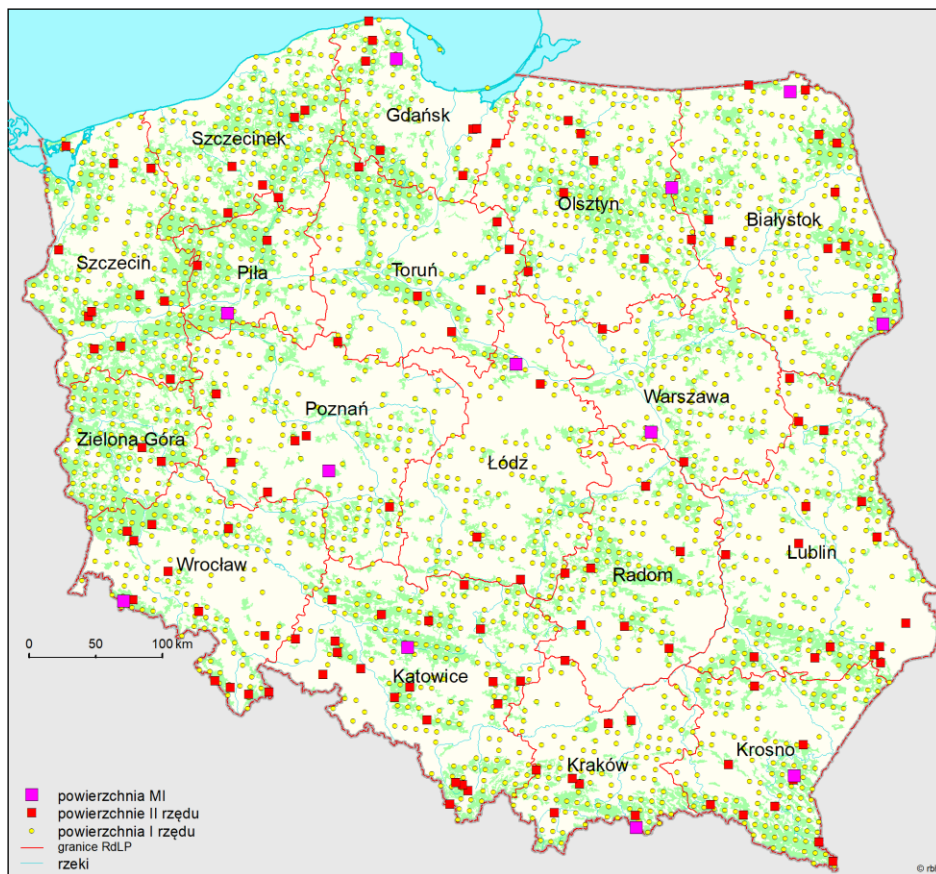
Kraj	Gatunki razem		
	Klasa 0	Klasa 1	Klasy 2-4
Estonia	56,4	38,5	5,2
Łotwa	11,4	83,3	5,3
Andora	50,3	42,7	7,0
Turcja	45,9	45,3	8,8
Serbia	70,7	17,5	11,8
Dania	57,8	29,3	12,9
Rumunia	51,5	34,0	14,5
Szwecja	46,9	34,9	18,2
Norwegia	45,7	35,4	19,0
Grecja	51,2	28,5	20,2
Polska	10,0	69,8	20,2
Belgia-Flandria	9,0	69,9	21,1
Litwa	15,9	63,0	21,1
Niemcy	34,6	42,7	22,7
Cypr	20,3	56,1	23,6
Chorwacja	40,7	33,7	25,6
Czarnogóra	20,6	52,8	26,6
Bułgaria	26,3	46,0	27,7
Hiszpania	14,9	57,4	27,8
Mołdawia	34,7	36,6	28,7
Luksemburg	29,6	40,1	30,3
Słowacja	14,6	52,7	32,6
Szwajcaria	12,5	53,7	33,7
Słowenia	20,0	43,0	37,0
Włochy	21,6	39,6	38,8
Węgry	29,9	29,1	41,0
Belgia-Walonia	18,6	33,0	48,5
Francja	18,1	33,1	48,8
Czechy	14,0	32,4	53,6

*) wg "Forest Condition in Europe - 2017 Technical Report of ICP Forests", Vienna, 2017

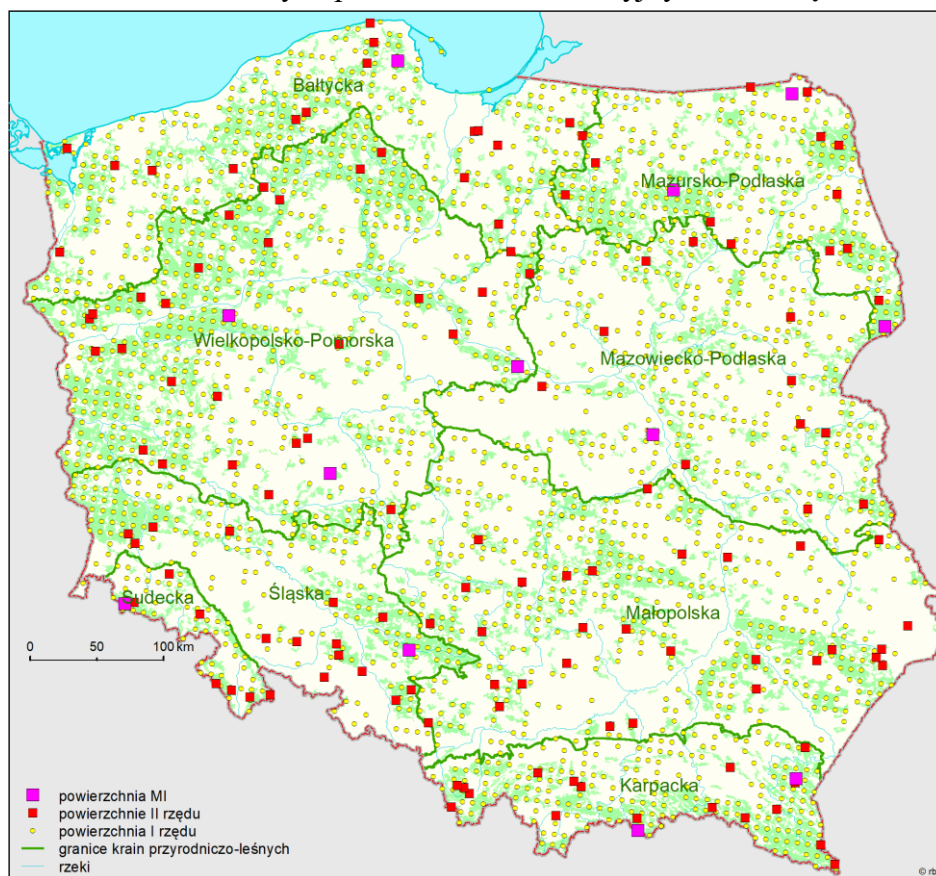
Tabela 76. Zmiany w udziale drzew w klasach defoliacji 2-4 w latach 2013-2017 w krajach Europy na podstawie krajowych inwentaryzacji *)

Kraj	Iglaste razem					Liściaste razem					Gatunki razem				
	2013	2014	2015	2016	2017	2013	2014	2015	2016	2017	2013	2014	2015	2016	2017
Andora	3,1	5,4	4,3	3,5	7,1	20,0	20,0	16,7	0,0	0,0	3,4	5,3	4,5	3,4	7,0
Belgia	19,7	22,8	27,9	24,6	26,8	29,4	31,4	25,1	27,4	26,2	27,6	27,5	26,4	26,1	26,6
Bułgaria	40,8	34,1	40,1	39,9	37,0	28,0	20,0	15,6	22,3	20,5	33,5	26,0	26,2	29,9	27,7
Chorwacja	48,3	49,7	56,0	51,0	35,0	25,7	28,1	25,3	24,7	24,0	29,1	31,5	29,7	28,5	25,6
Cypr	8,9	13,3	12,5	35,0	23,6	-	-	-	-	-	8,9	13,3	12,5	35,0	23,6
Czarnogóra	22,6	-	26,1	28,1	23,6	22,8	-	25,2	27,1	27,6	22,7	-	25,4	27,3	26,6
Czechy	59,2	-	57,8	60,3	60,3	25,7	-	32,7	34,7	31,6	51,7	-	52,0	54,3	53,6
Dania	2,8	5,3	7,4	11,3	11,8	7,9	9,0	10,8	19,7	14,4	4,9	7,0	8,7	14,8	12,9
Estonia	8,5	6,9	6,5	6,7	5,5	5,3	5,7	8,0	5,2	3,3	8,0	6,7	6,7	6,4	5,2
Francja	33,7	36,6	38,0	39,3	38,8	43,6	46,1	47,0	53,5	53,2	40,1	42,8	43,4	48,6	48,8
Grecja	-	26,7	27,2	-	32,1	-	16,7	11,3	-	14,6	-	24,8	20,2	-	20,2
Hiszpania	12,6	11,4	-	20,9	26,2	20,7	18,4	-	22,7	29,3	16,6	14,9	-	21,9	27,8
Litwa	23,1	21,1	25,0	21,7	23,5	14,7	22,5	21,9	20,0	17,8	19,7	21,7	23,8	21,0	21,1
Luksemburg	17,5	-	18,7	17,4	17,7	42,4	-	40,3	49,0	37,2	33,2	-	32,6	38,2	30,3
Łotwa	6,9	4,8	4,4	4,9	5,3	4,4	6,1	4,2	8,3	5,2	6,4	5,1	4,4	5,7	5,3
Mołdawia	-	29,4	-	21,6	19,6	-	19,9	26,1	26,5	28,7	-	19,9	26,1	26,5	28,7
Niemcy	18,1	19,7	20,3	22,3	19,5	29,8	36,1	29,0	35,7	27,5	22,7	26,2	23,8	28,0	22,7
Norwegia	17,7	15,9	16,5	15,5	19,0	-	-	-	-	-	17,7	15,9	16,5	15,5	19,0
Polska	17,8	17,2	15,7	17,1	18,4	20,7	21,9	18,4	24,0	23,3	18,8	18,9	16,7	19,5	20,2
Rumunia	13,9	13,7	8,0	10,4	10,7	13,6	13,0	13,9	14,2	15,3	13,6	13,5	13,1	13,4	14,5
Serbia	13,0	14,6	14,5	13,5	12,0	14,9	12,1	10,1	11,0	11,8	14,7	12,4	10,7	11,3	11,8
Słowacja	43,3	-	49,4	45,6	41,6	43,5	43,5	24,3	36,5	26,7	43,4	-	34,5	40,3	32,6
Słowenia	31,3	38,1	41,0	38,6	40,6	30,6	38,4	35,9	31,1	35,1	30,9	38,3	37,8	33,9	37,0
Szwajcaria	23,3	31,7	24,0	24,9	33,4	31,5	28,0	26,4	25,9	34,7	26,0	30,6	24,8	25,2	33,7
Szwecja	19,9	18,8	19,8	16,4	18,2	-	-	-	-	-	19,9	-	19,8	16,4	18,2
Turcja	6,9	7,2	8,6	9,1	8,2	15,7	17,2	10,8	11,0	9,8	10,2	11,0	9,5	9,8	8,8
Ukraina	7,5	6,8	7,9	-	-	7,0	5,5	6,3	-	-	7,1	6,0	7,1	-	-
Węgry	23,5	30,7	46,5	52,8	44,9	22,3	23,3	21,4	32,5	40,6	22,4	24,2	24,0	34,6	41,0
Włochy	24,2	24,0	22,6	19,6	22,3	37,1	33,4	32,1	39,5	44,9	33,7	30,8	29,8	34,7	38,8

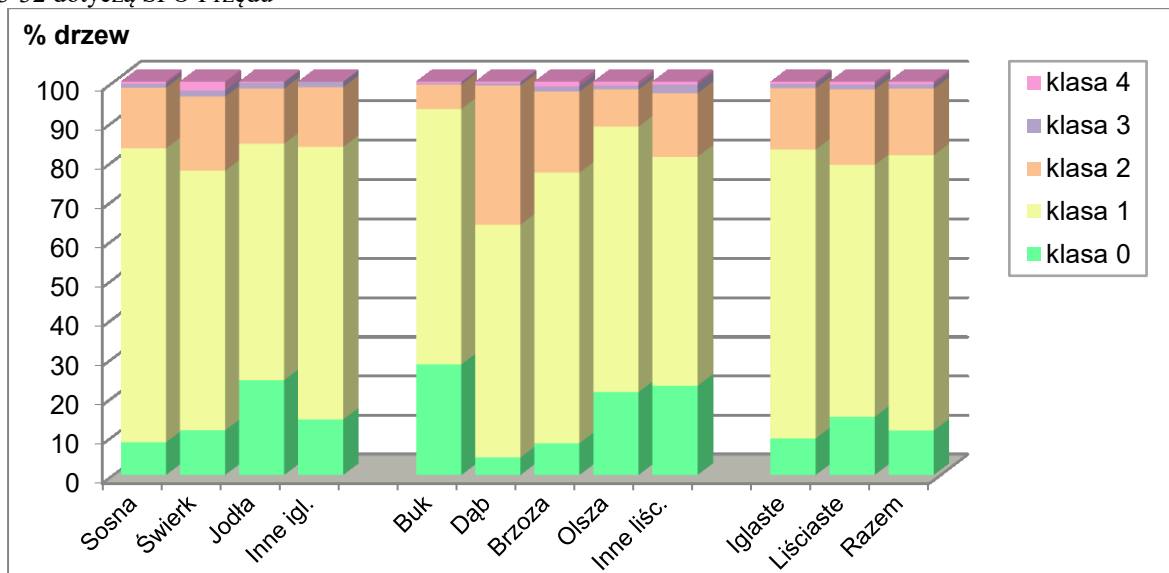
*) wg "Forest Condition in Europe - 2018 Technical Report of ICP Forests", Online Supplementary Materia



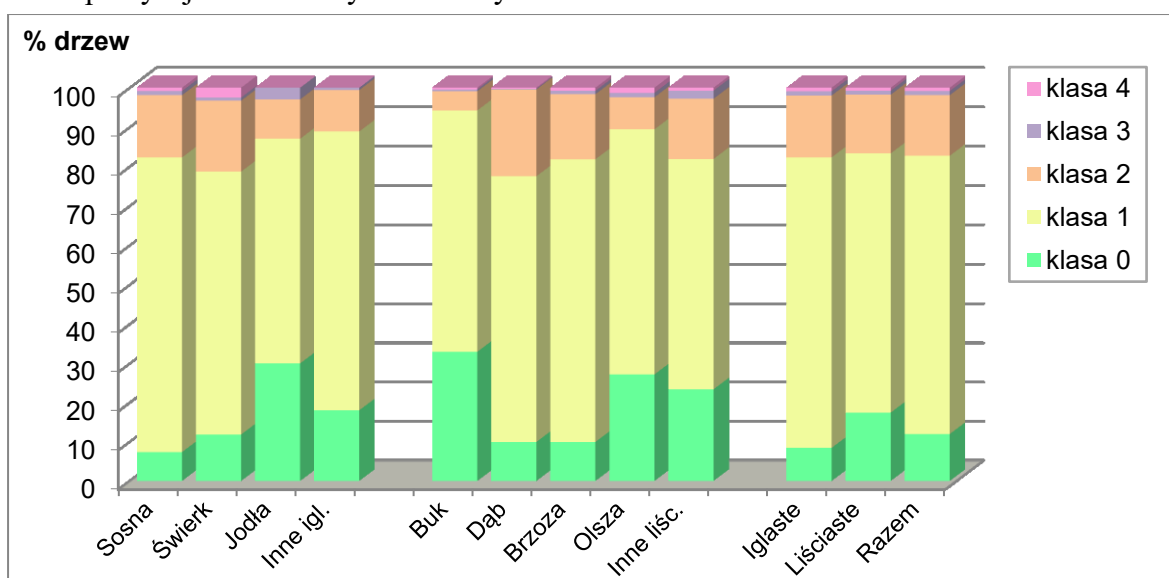
Rycina 1. Rozmieszczenie stałych powierzchni obserwacyjnych I i II rzędu w RDLP



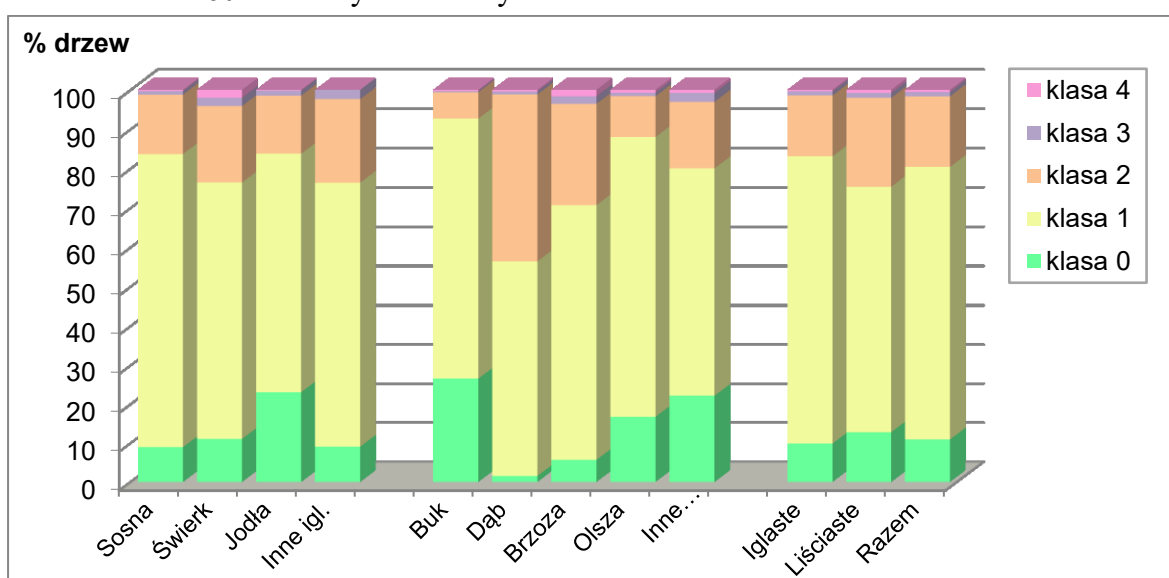
Rycina 2. Rozmieszczenie stałych powierzchni obserwacyjnych I i II rzędu w krainach przyrodniczo-leśnych



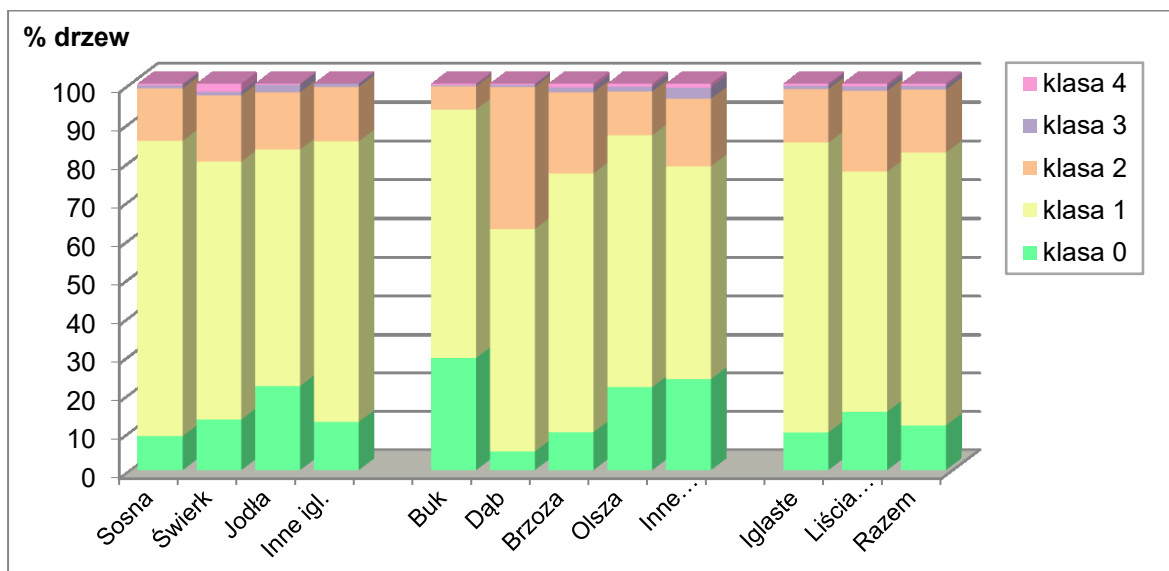
Rycina 3. Udział drzew monitorowanych gatunków w klasach defoliacji w 2018 r. Wiek powyżej 20 lat. Wszystkie formy własności.



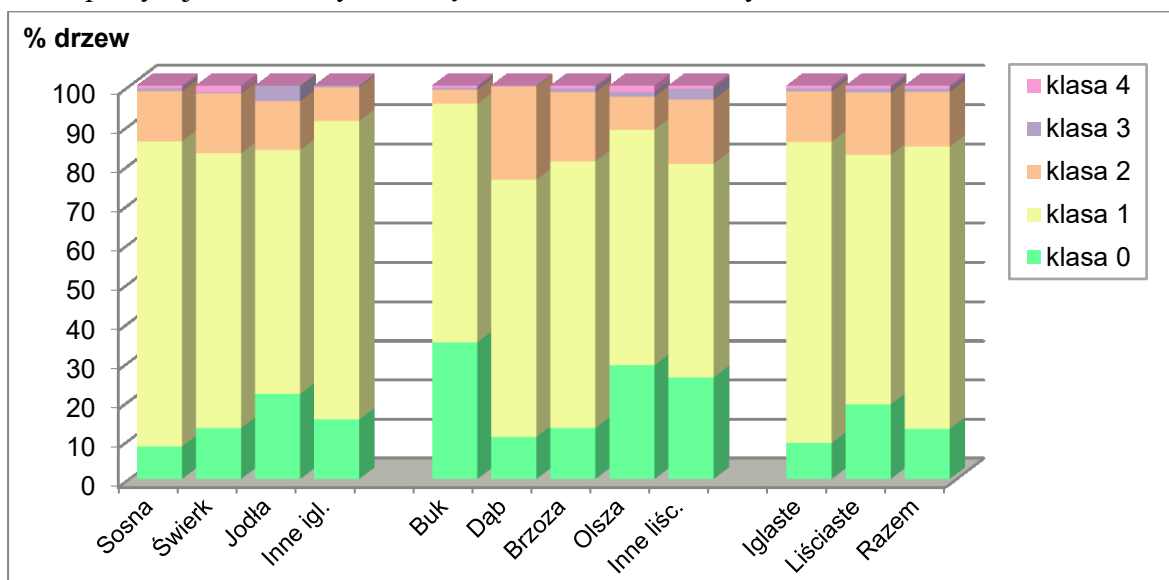
Rycina 4. Udział drzew monitorowanych gatunków w klasach defoliacji w 2018 r. Wiek od 21 do 60 lat. Wszystkie formy własności.



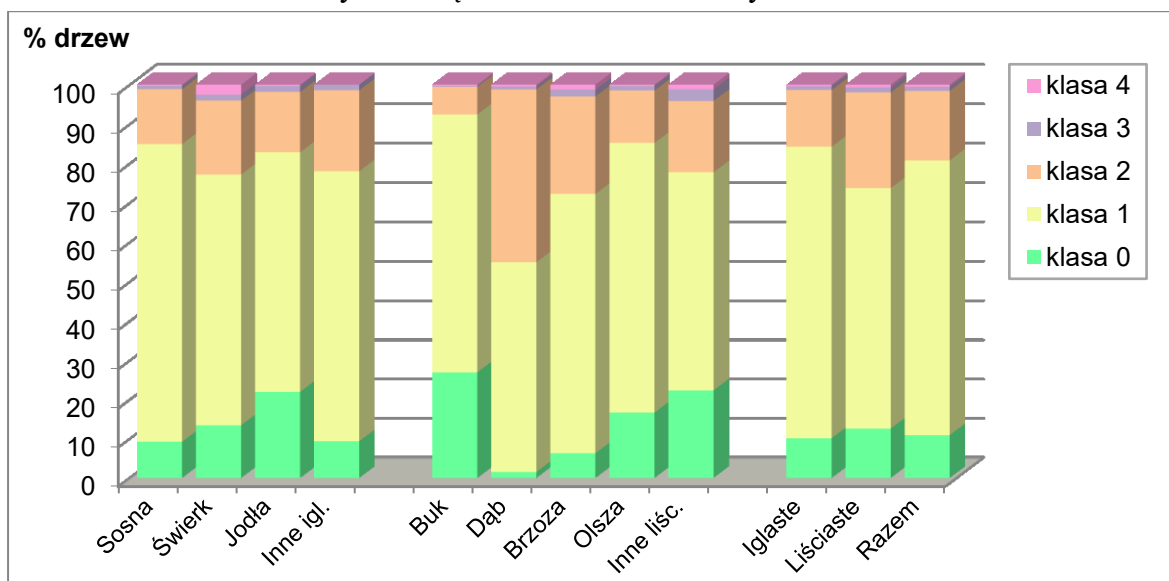
Rycina 5. Udział drzew monitorowanych gatunków w klasach defoliacji w 2018 r. Wiek powyżej 60 lat. Wszystkie formy własności.



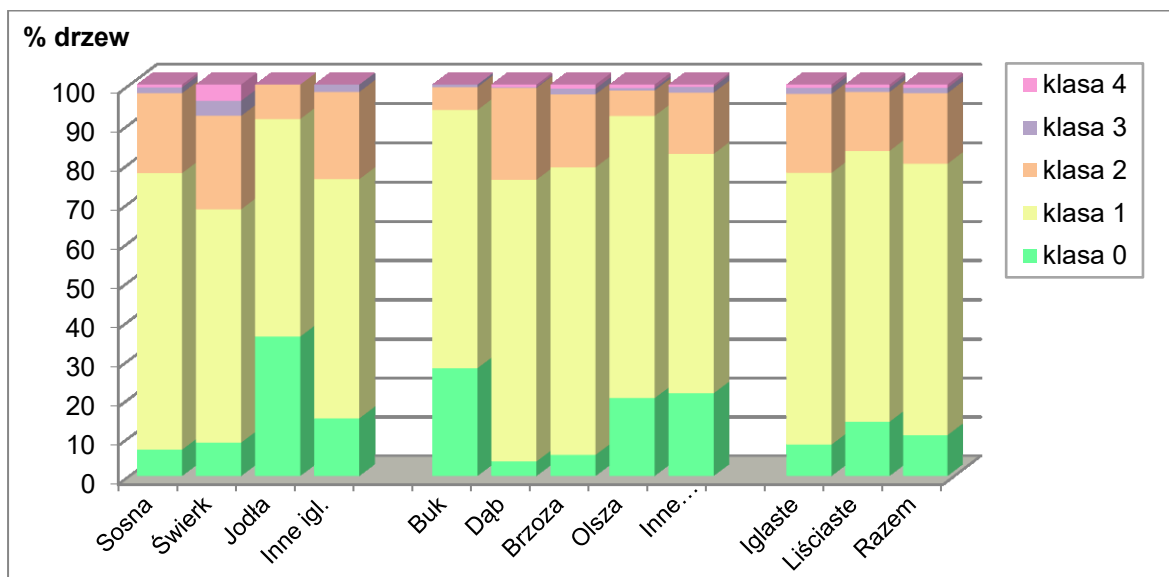
Rycina 6. Udział drzew monitorowanych gatunków w klasach defoliacji w 2018 r. Wiek powyżej 20 lat. Lasy w zarządzie Lasów Państwowych.



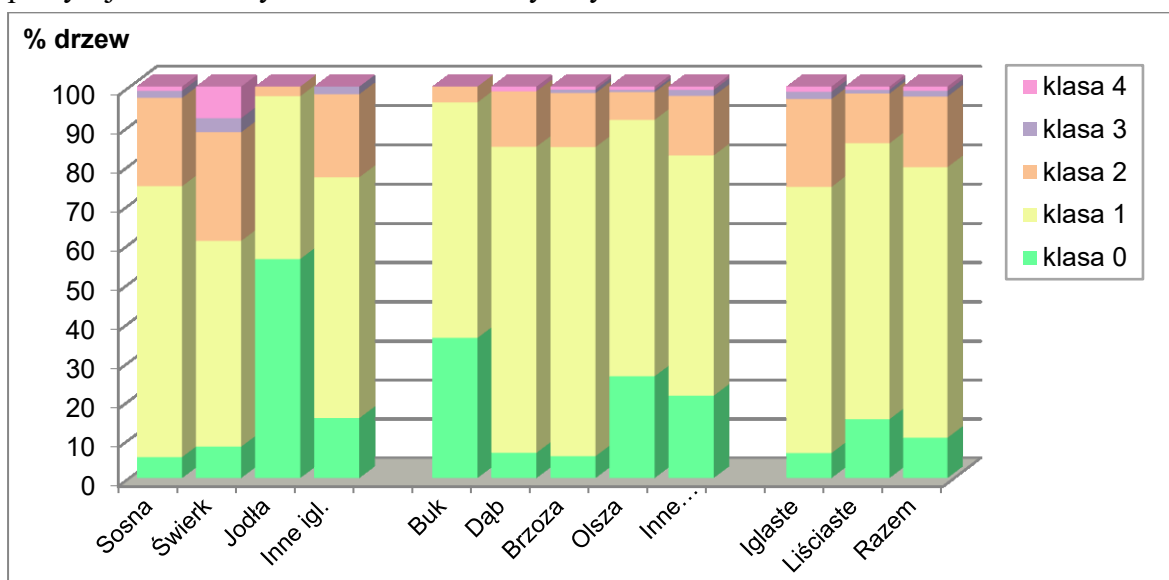
Rycina 7. Udział drzew monitorowanych gatunków w klasach defoliacji w 2018 r. Wiek od 21 do 60 lat. Lasy w zarządzie Lasów Państwowych.



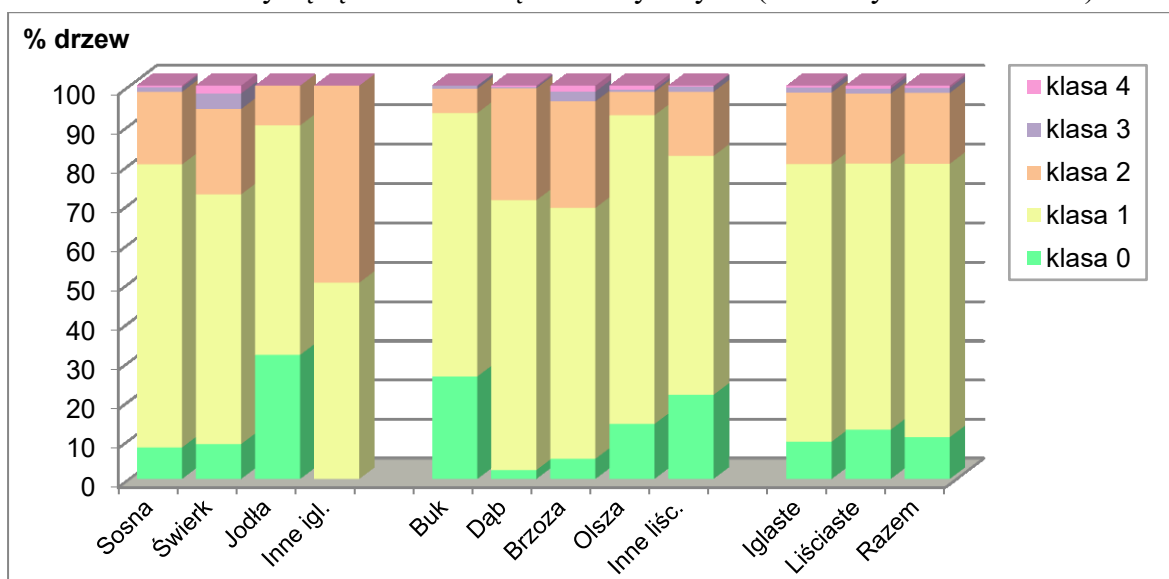
Rycina 8. Udział drzew monitorowanych gatunków w klasach defoliacji w 2018 r. Wiek powyżej 60 lat. Lasy w zarządzie Lasów Państwowych.



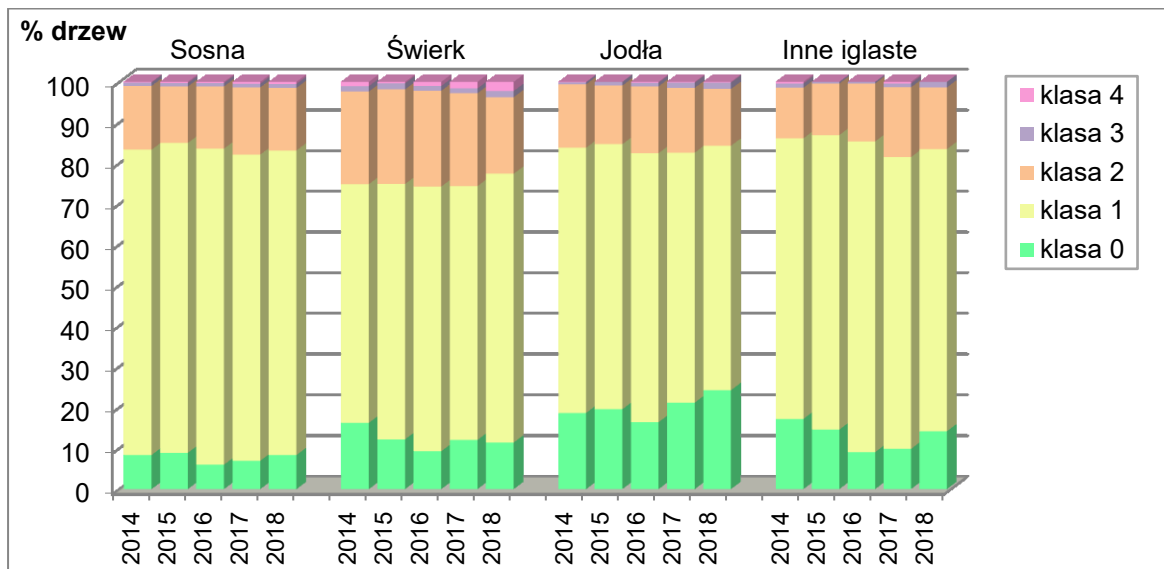
Rycina 9. Udział drzew monitorowanych gatunków w klasach defoliacji w 2018 r. Wiek powyżej 20 lat. Lasy - własność osób fizycznych.



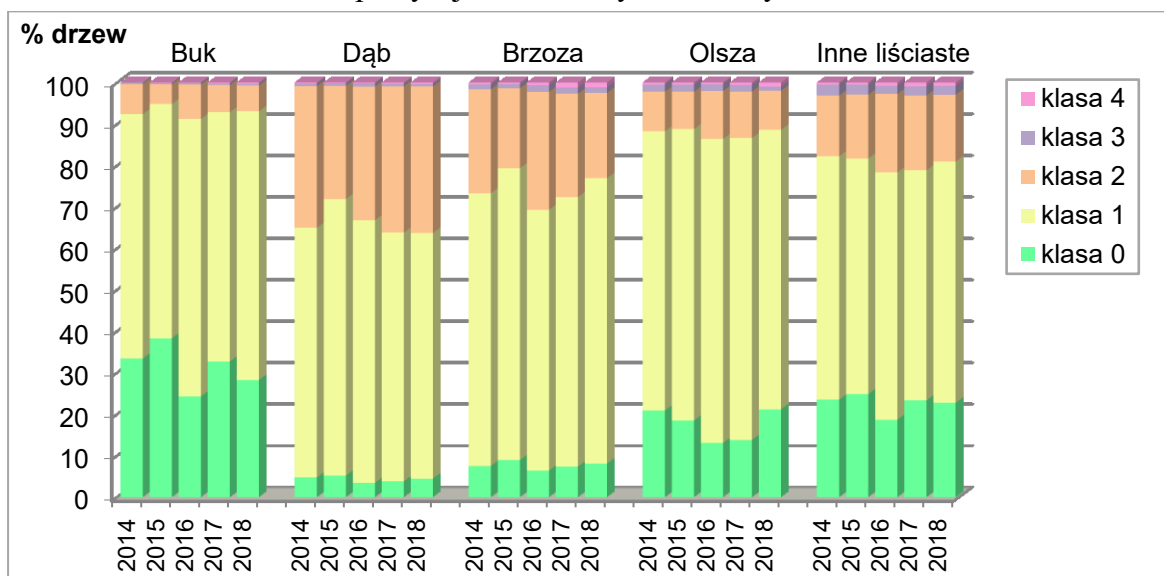
Rycina 10. Udział drzew monitorowanych gatunków w klasach defoliacji w 2018 r. Wiek od 21 do 60 lat. Lasy będące własnością osób fizycznych. (buk – wyniki z 25 drzew)



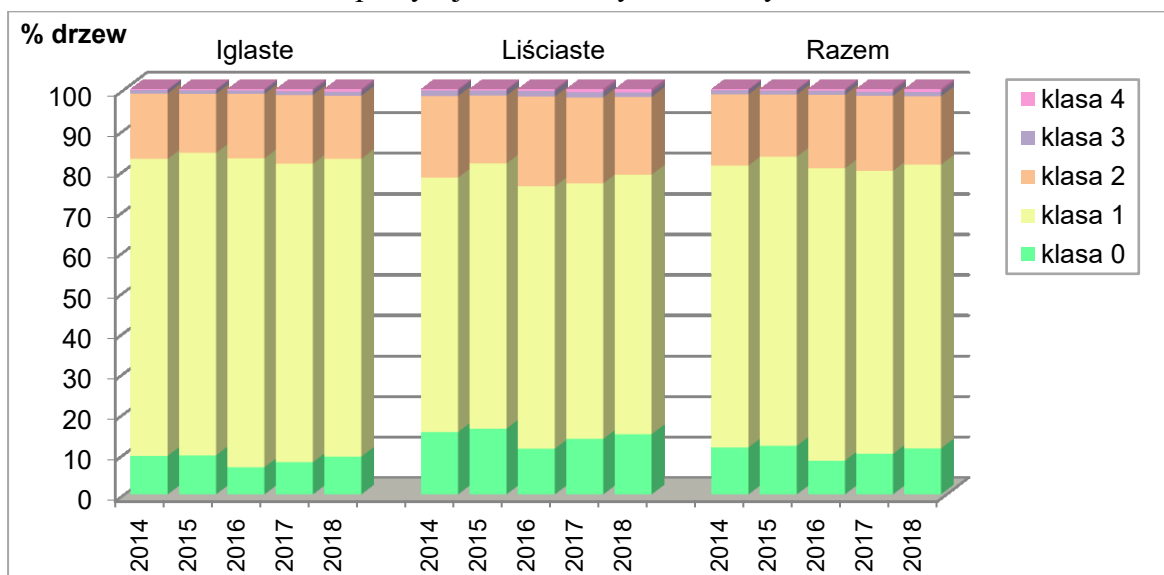
Rycina 11. Udział drzew monitorowanych gatunków w klasach defoliacji w 2018 r. Wiek powyżej 60 lat. Lasy będące własnością osób fizycznych. (inne iglaste – wyniki z 2 drzew)



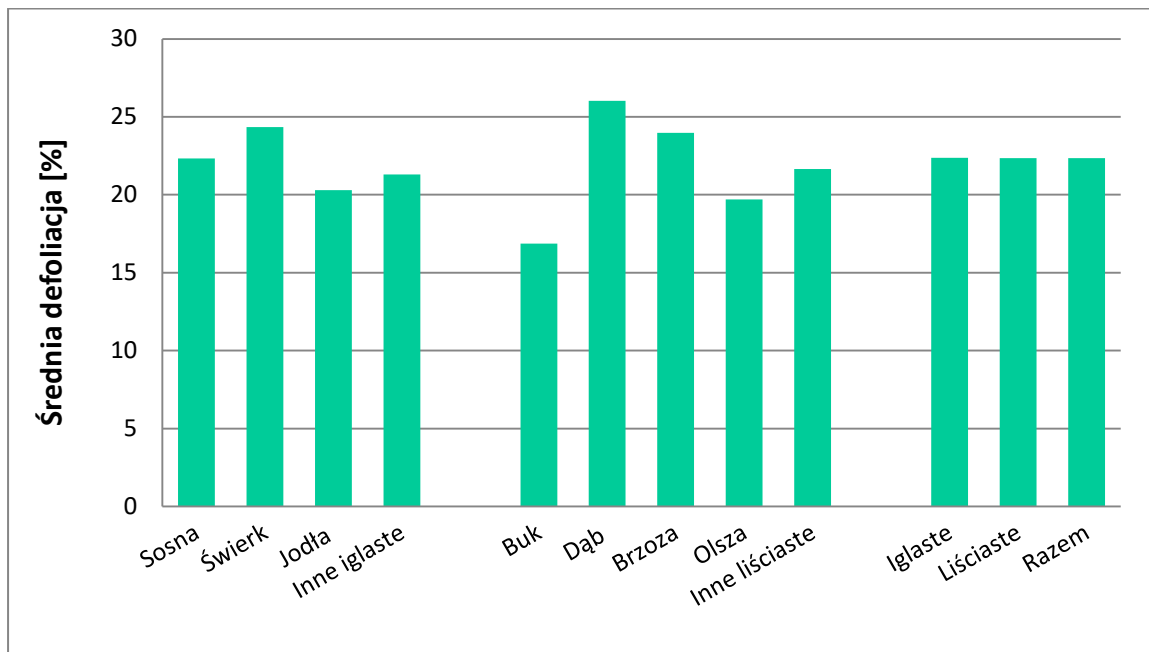
Rycina 12. Udział drzew monitorowanych gatunków iglastych w klasach defoliacji w latach 2014-2018. Wiek powyżej 20 lat. Wszystkie formy własności.



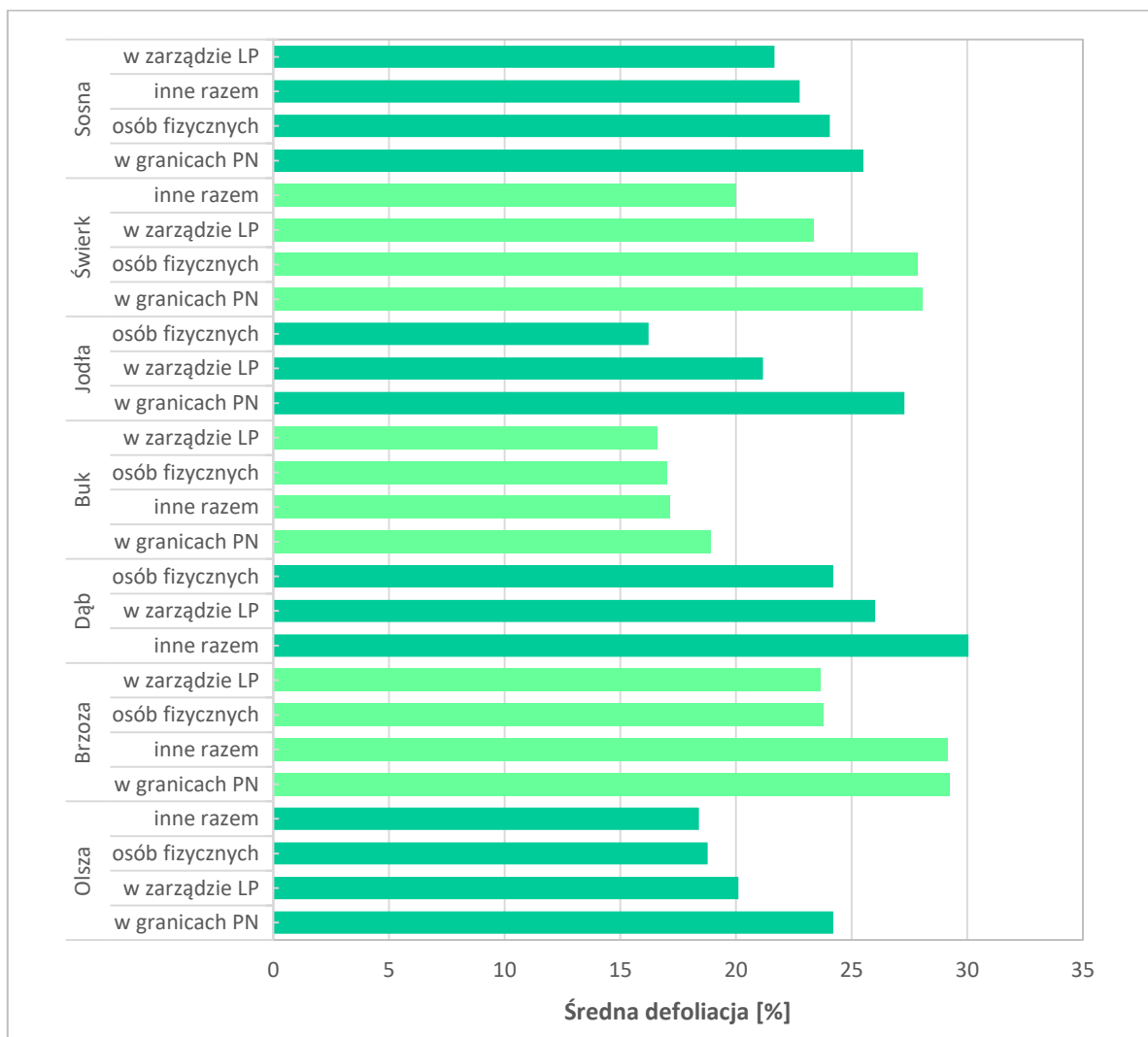
Rycina 13. Udział drzew monitorowanych gatunków liściastych w klasach defoliacji w latach 2014-2018. Wiek powyżej 20 lat. Wszystkie formy własności.



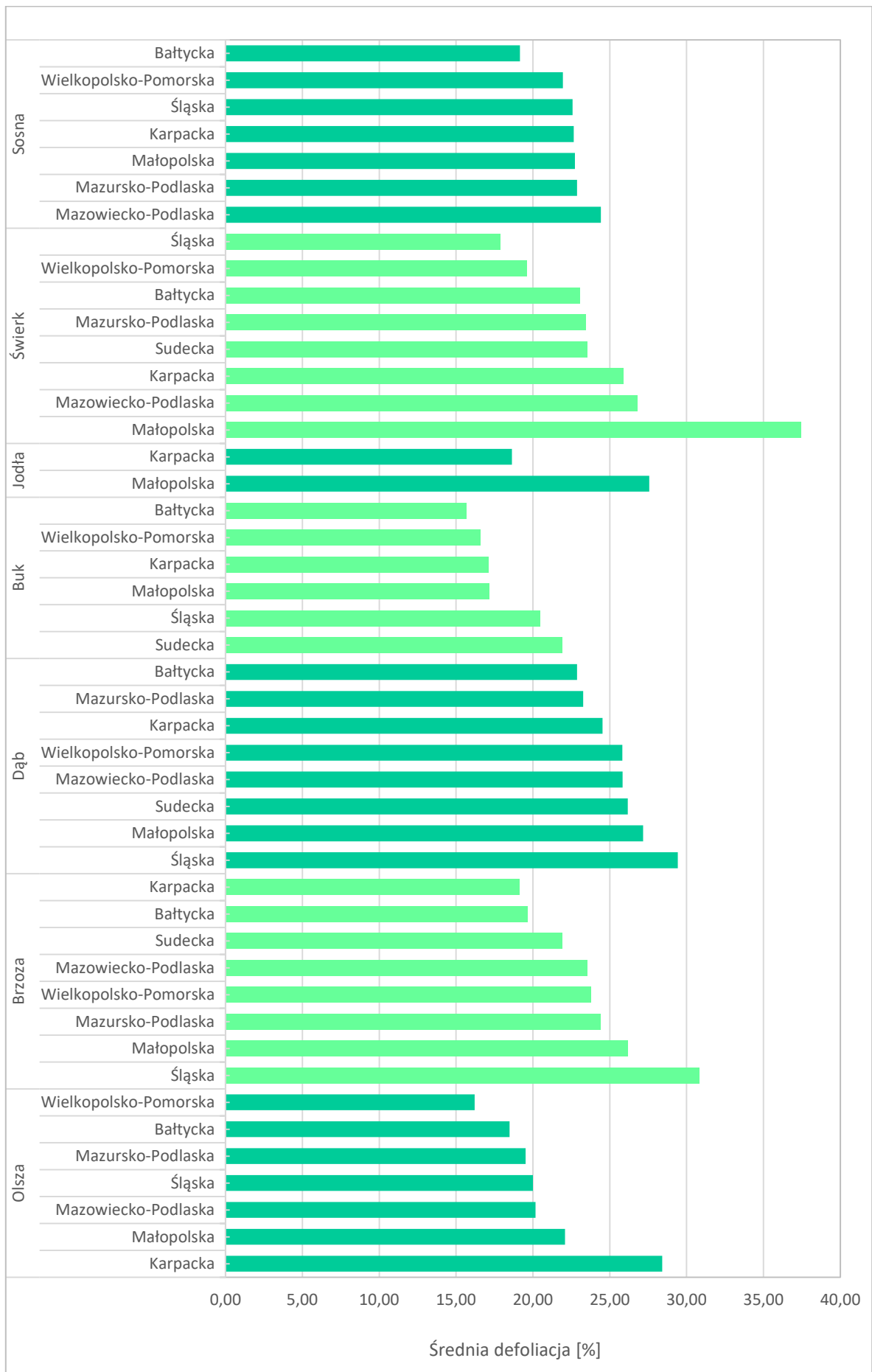
Rycina 14. Udział drzew monitorowanych gatunków razem w klasach defoliacji w latach 2014-2018. Wiek powyżej 20 lat. Wszystkie formy własności.



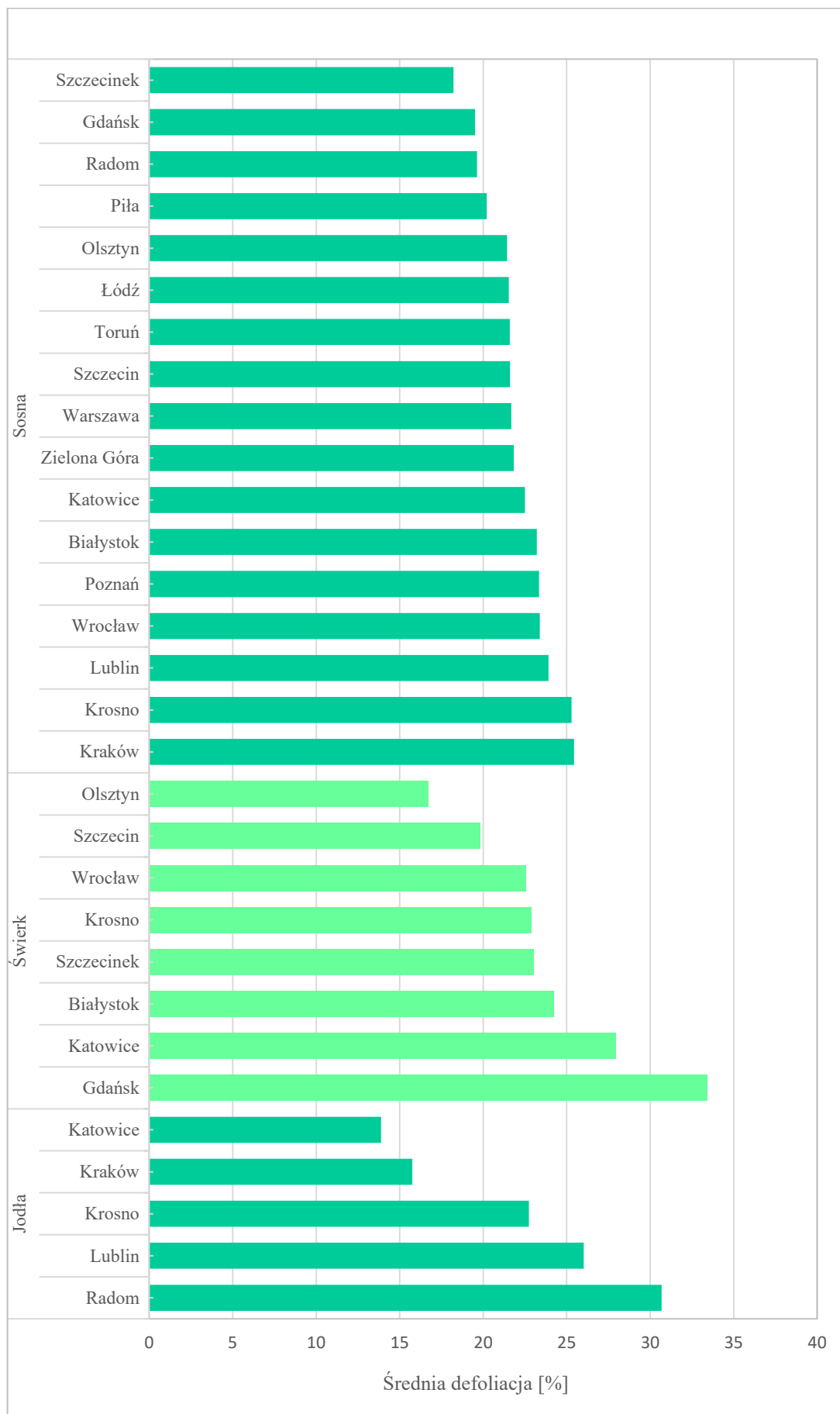
Rycina 15. Średnia defoliacja grup gatunków drzew w kraju – 2018 r.



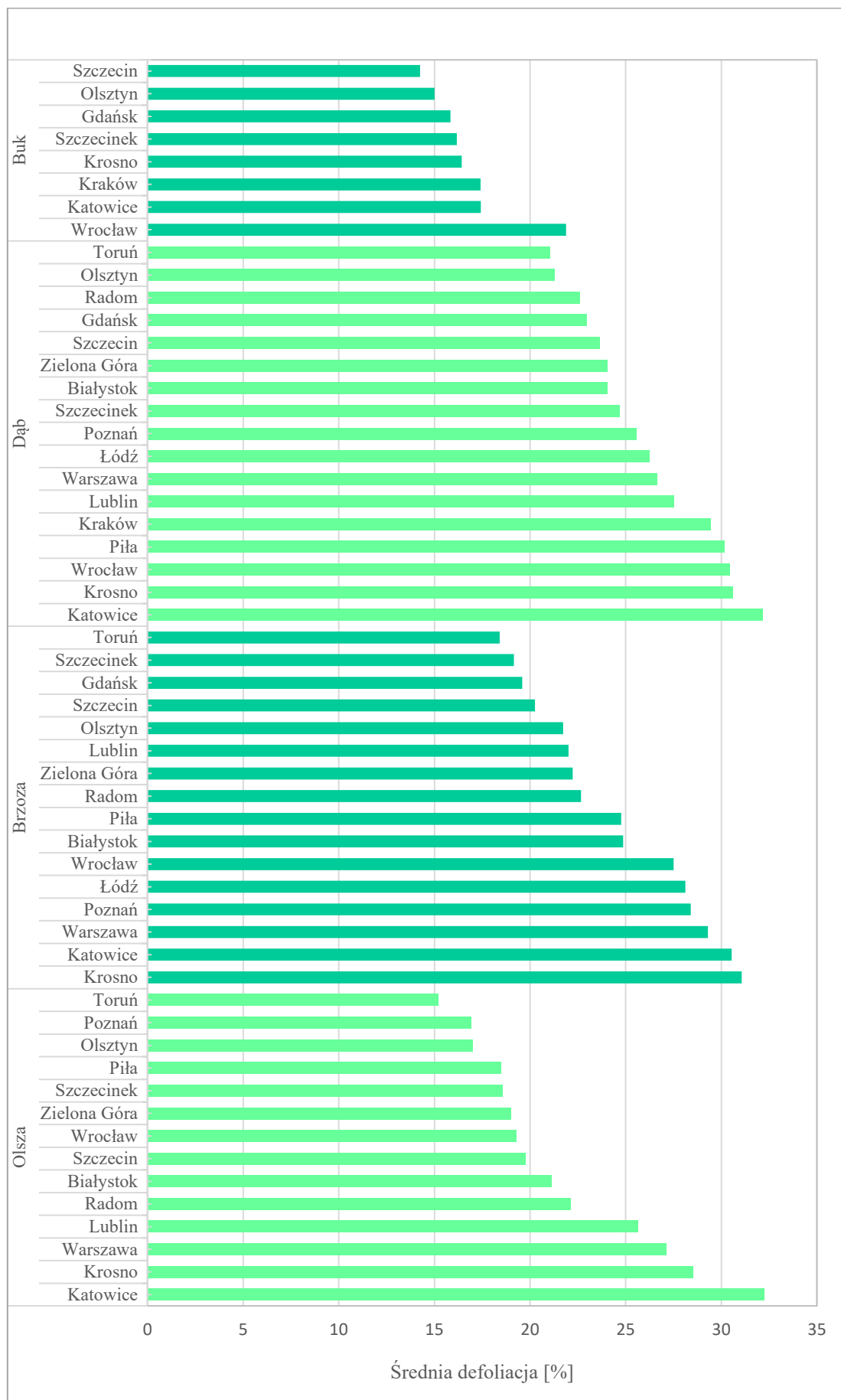
Rycina 16. Średnie wartości defoliacji wg grup gatunków w układzie form własności (LP – lasy w zarządzie Lasów Państwowych, PN – lasy w granicach parków narodowych) – 2018 r.



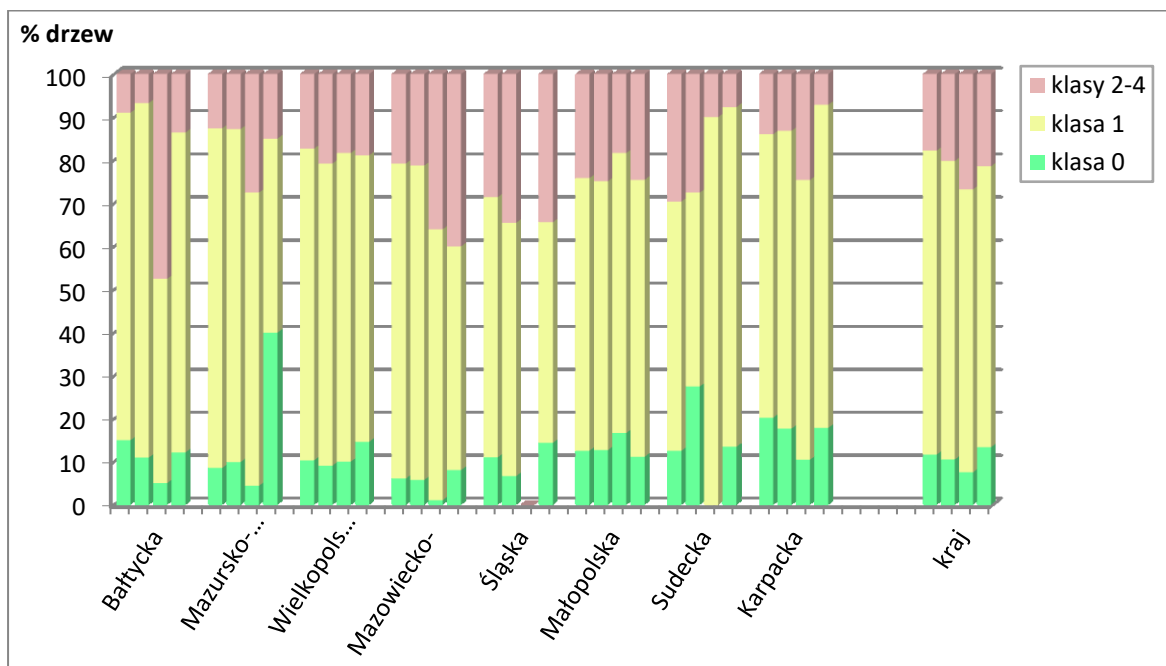
Rycina 17. Średnie wartości defoliacji wg grup gatunków w krainach przyrodniczo-leśnych – 2018 r.



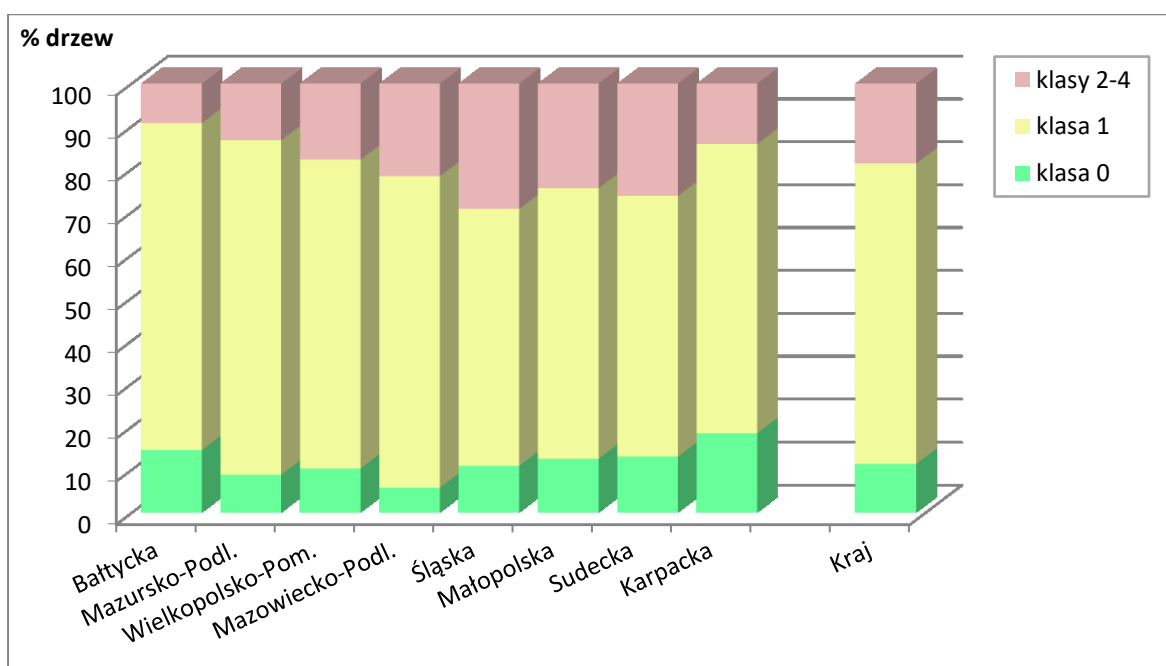
Rycina 18. Średnie wartości defoliacji gatunków iglastych w regionalnych dyrekcjach Lasów Państwowych (lasy w zarządzie Lasów Państwowych) – 2018 r.



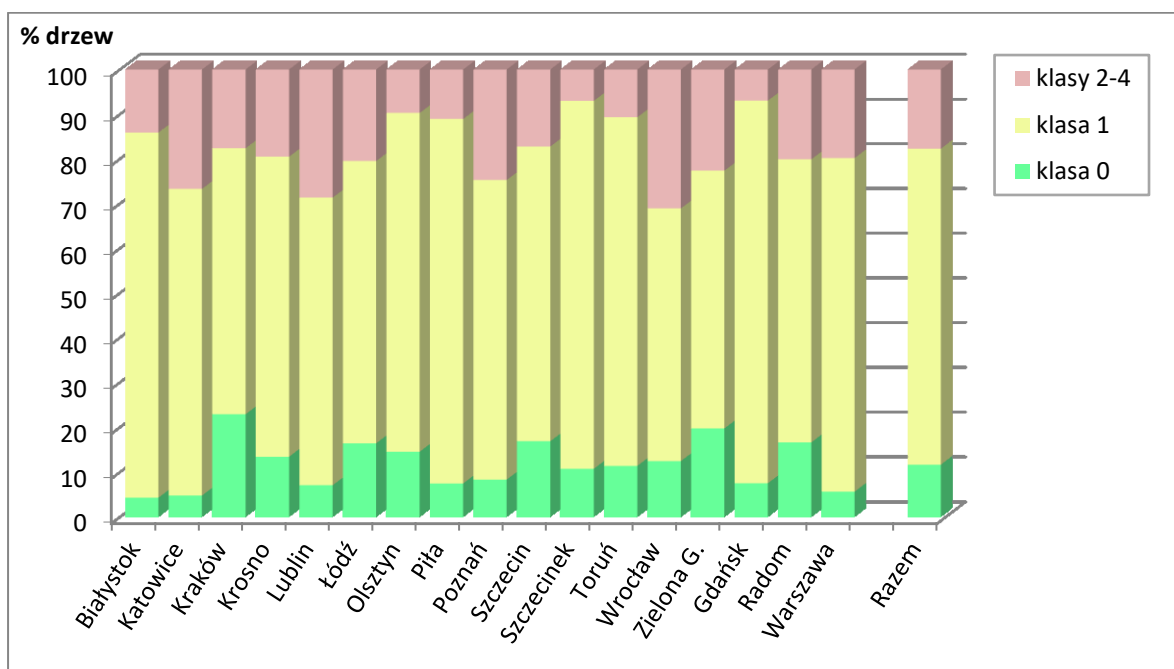
Rycina 19. Średnie wartości defoliacji gatunków liściastych w regionalnych dyrekcjach Lasów Państwowych (lasy w zarządzie Lasów Państwowych) – 2018 r.



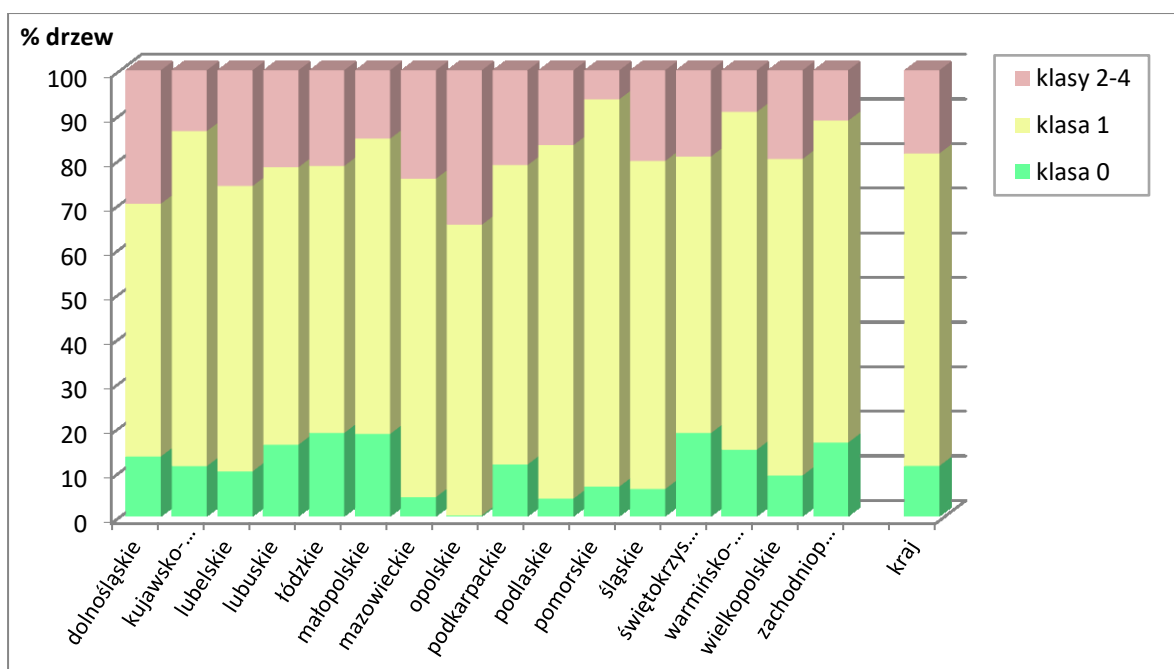
Rycina 20. Udział drzew monitorowanych gatunków łącznie w klasach defoliacji w układzie krain przyrodniczo-leśnych i form własności lasów - słupki od lewej: lasy w zarządzie Lasów Państwowych, lasy będące własnością osób fizycznych, lasy w granicach parków narodowych, inne formy własności razem – 2018 r. (inne własności w Krainie Mazursko-Podlaskiej oraz parki narodowe w Krainie Sudeckiej – wyniki z 20 drzew)



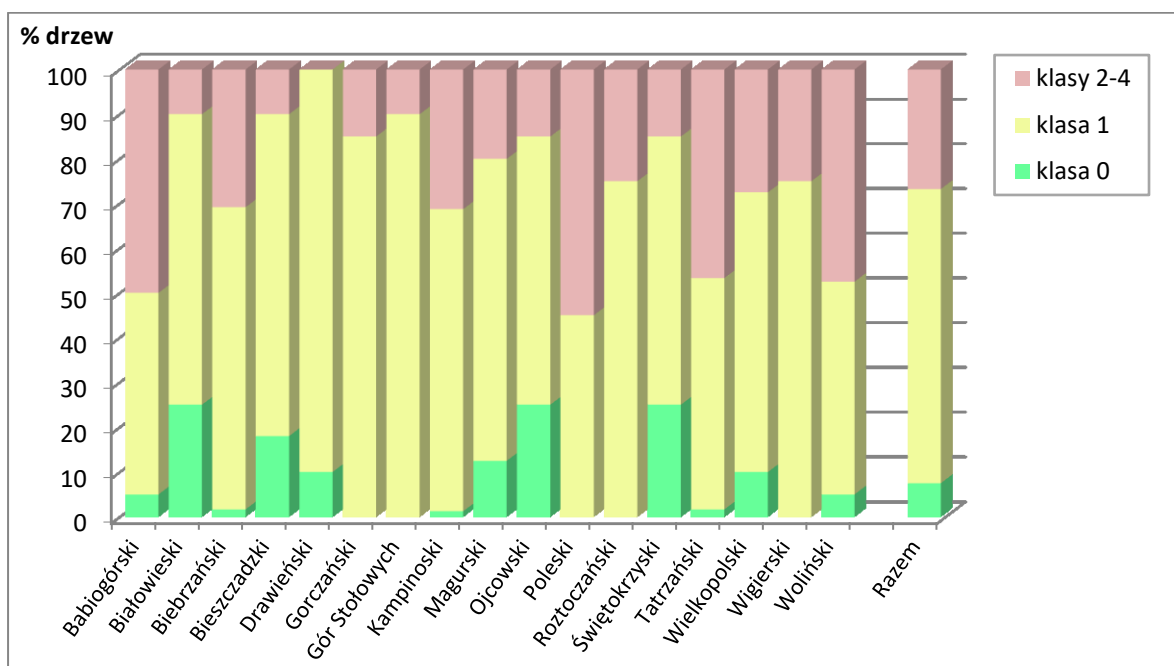
Rycina 21. Udział drzew monitorowanych gatunków łącznie w klasach defoliacji w układzie krain przyrodniczo-leśnych w 2018 r.



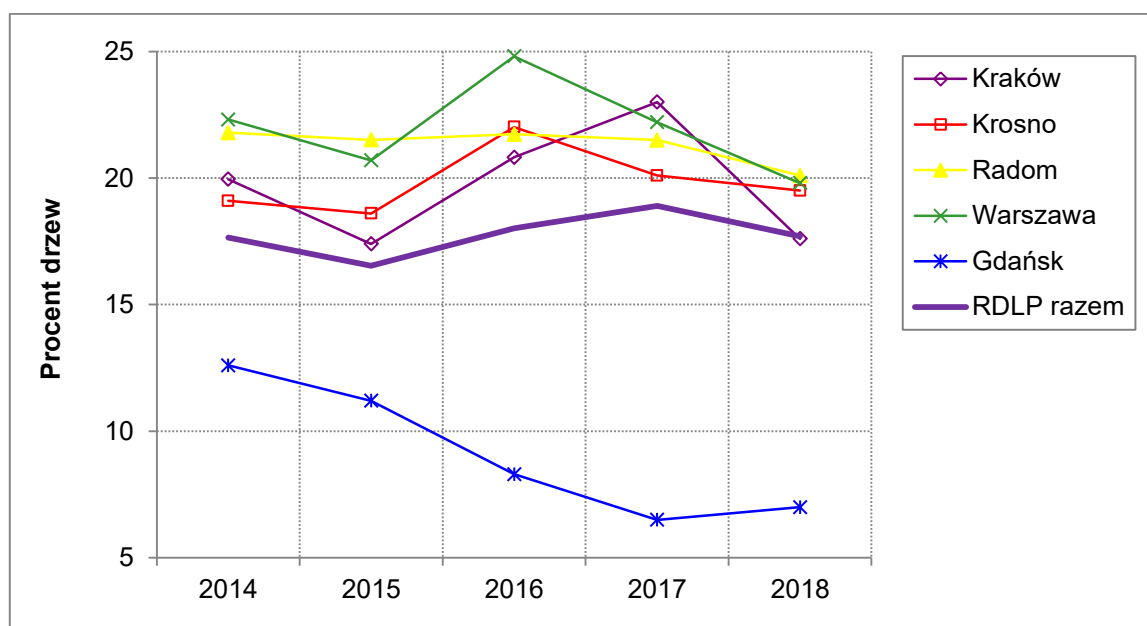
Rycina 22. Udział drzew monitorowanych gatunków łącznie w klasach defoliacji w układzie regionalnych dyrekcji Lasów Państwowych (lasy w zarządzie LP) w 2018 r.



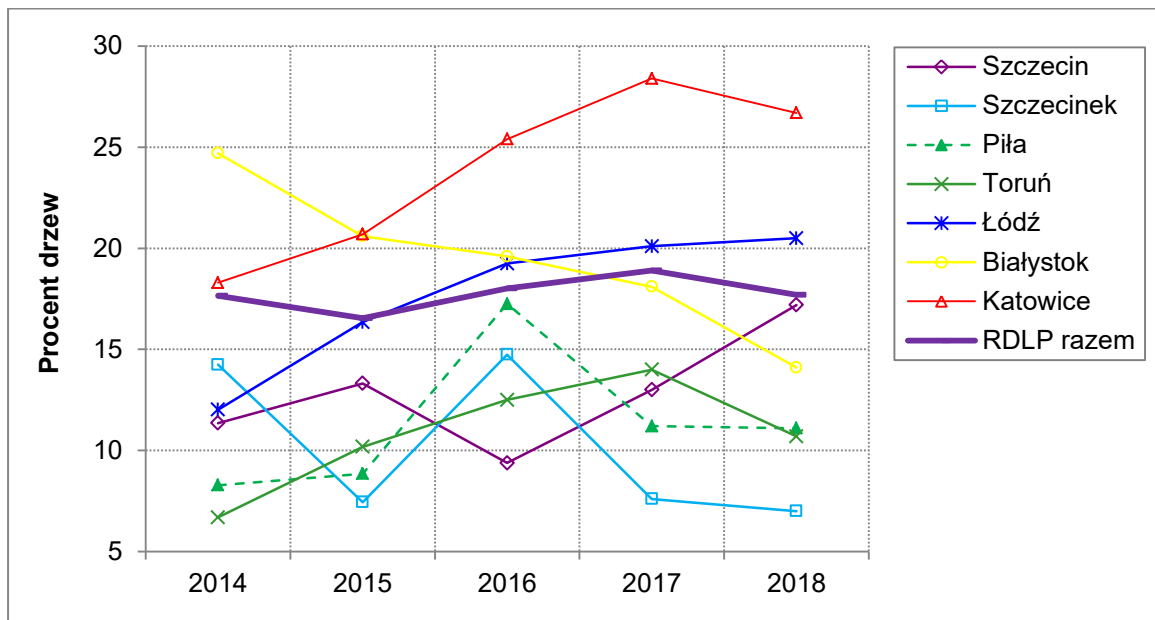
Rycina 23. Udział drzew monitorowanych gatunków łącznie w klasach defoliacji w układzie województw w 2018 r.



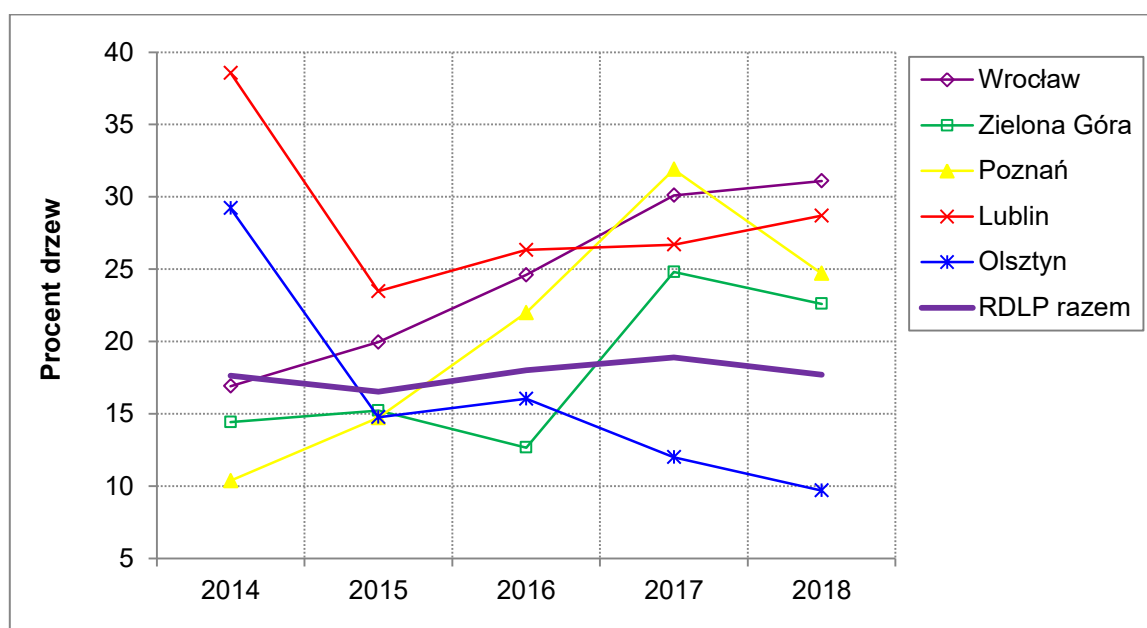
Rycina 24. Udział drzew monitorowanych gatunków łącznie w klasach defoliacji w układzie parków narodowych w 2018 r.



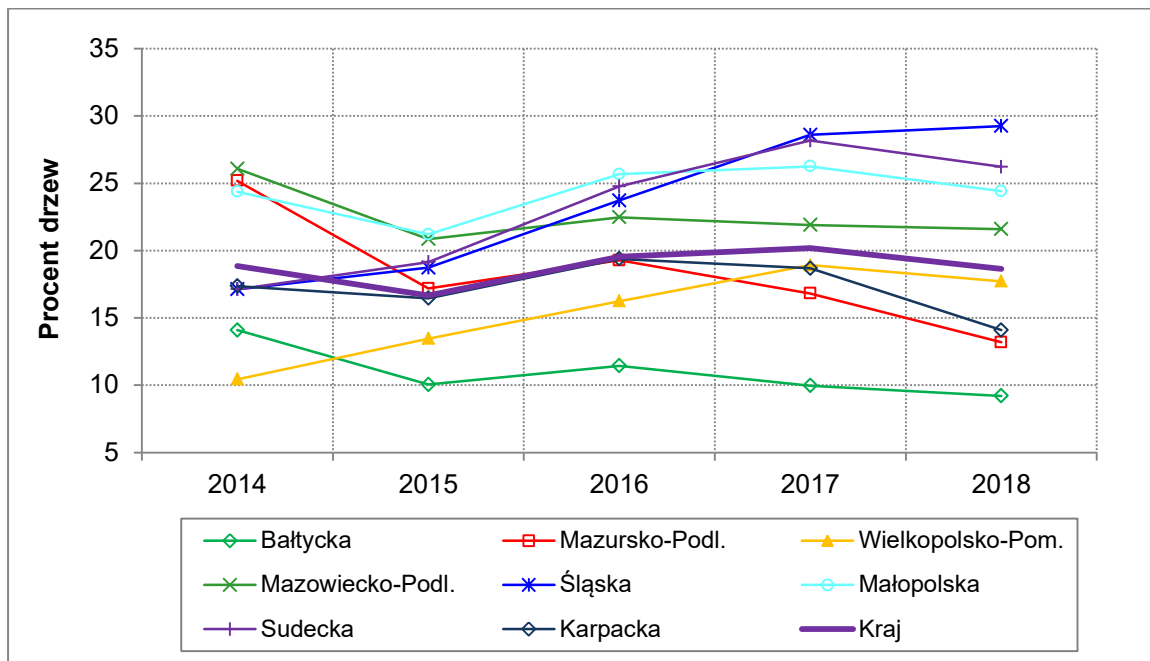
Rycina 25. Udział drzew (gatunki razem) w klasach defoliacji 2-4 w latach 2014-2018. RDLP, w których różnica między minimum a maksimum tego udziału w pięcioleciu wynosi mniej niż 7 punktów procentowych. Wiek drzew powyżej 20 lat. Lasy w zarządzie Lasów Państwowych.



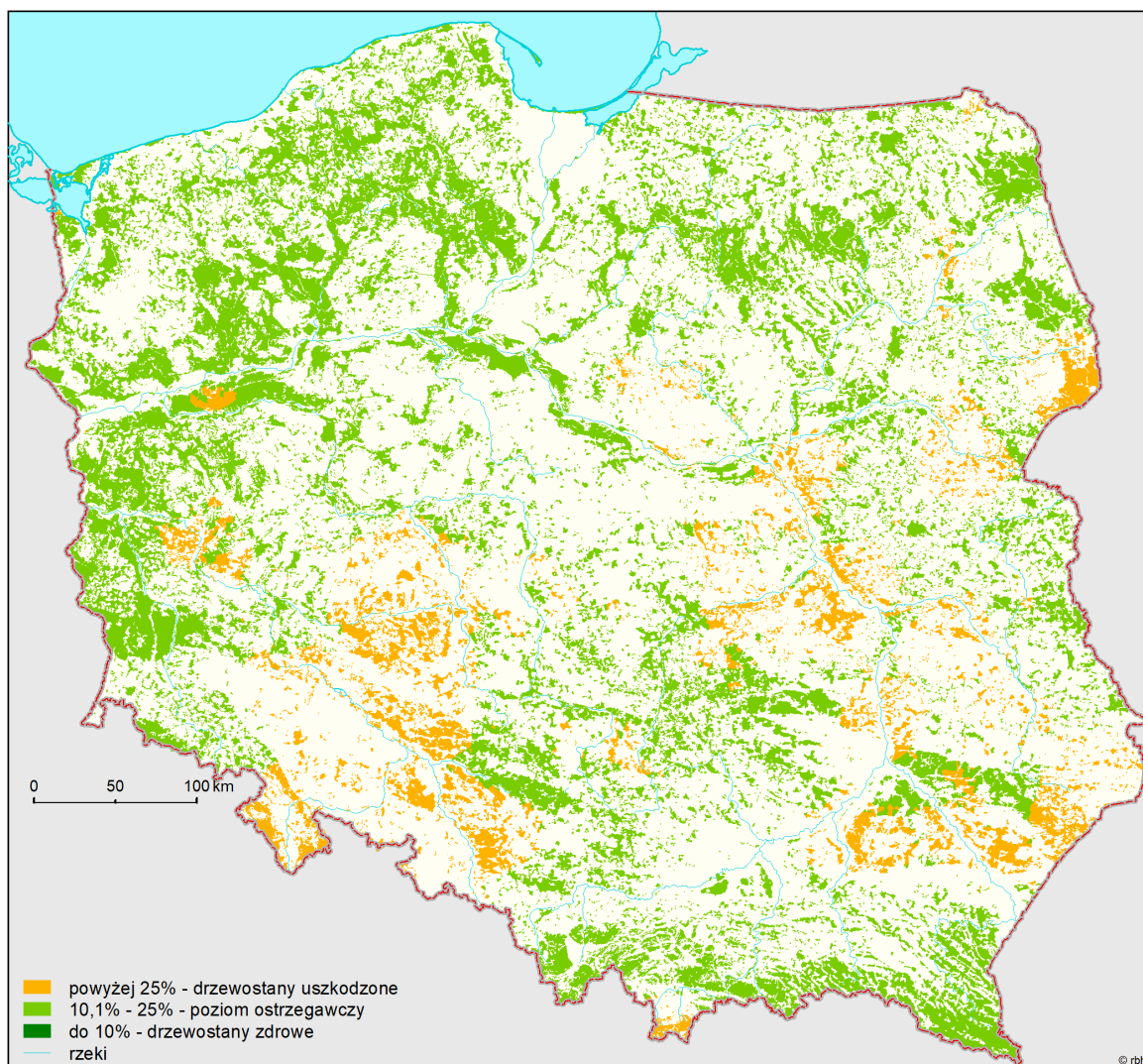
Rycina 26. Udział drzew (gatunki razem) w klasach defoliacji 2-4 w latach 2014-2018. RDLP, w których różnica między minimum a maksimum tego udziału w pięcioleciu zawiera się w przedziale 7-12 punktów procentowych. Wiek drzew powyżej 20 lat. Lasy w zarządzie Lasów Państwowych.



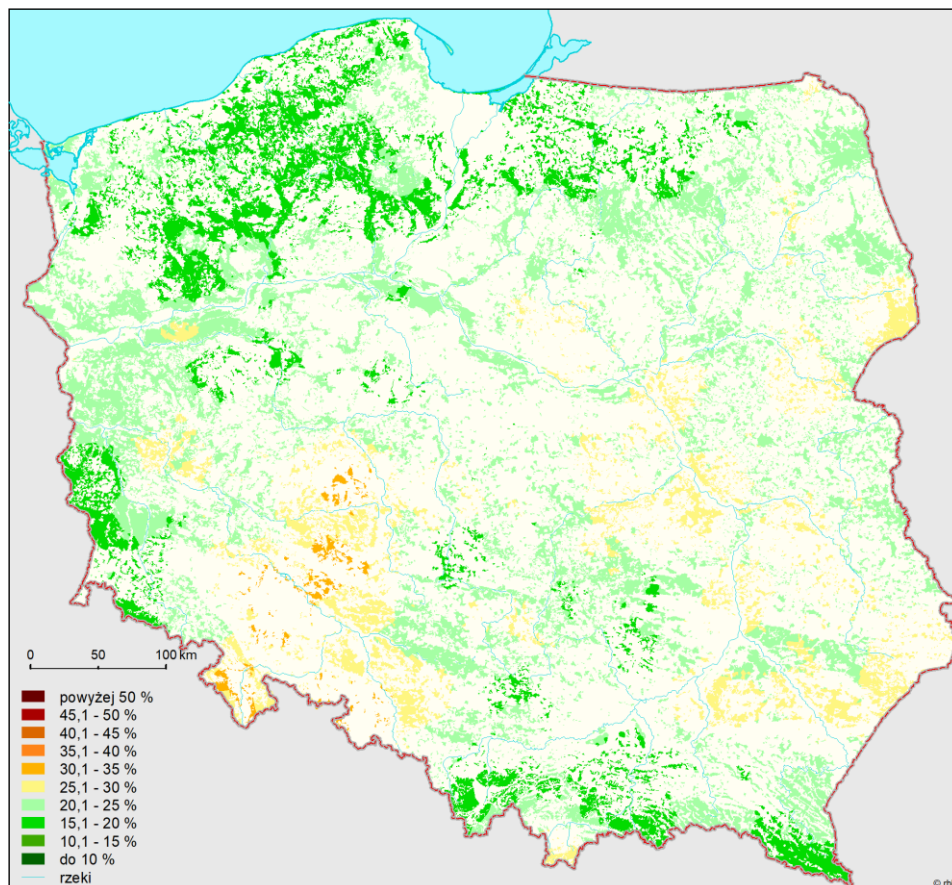
Rycina 27. Udział drzew (gatunki razem) w klasach defoliacji 2-4 w latach 2014-2018. RDLP, w których różnica między minimum a maksimum tego udziału w pięcioleciu jest większa niż 12 punktów procentowych. Wiek drzew powyżej 20 lat. Lasy w zarządzie Lasów Państwowych.



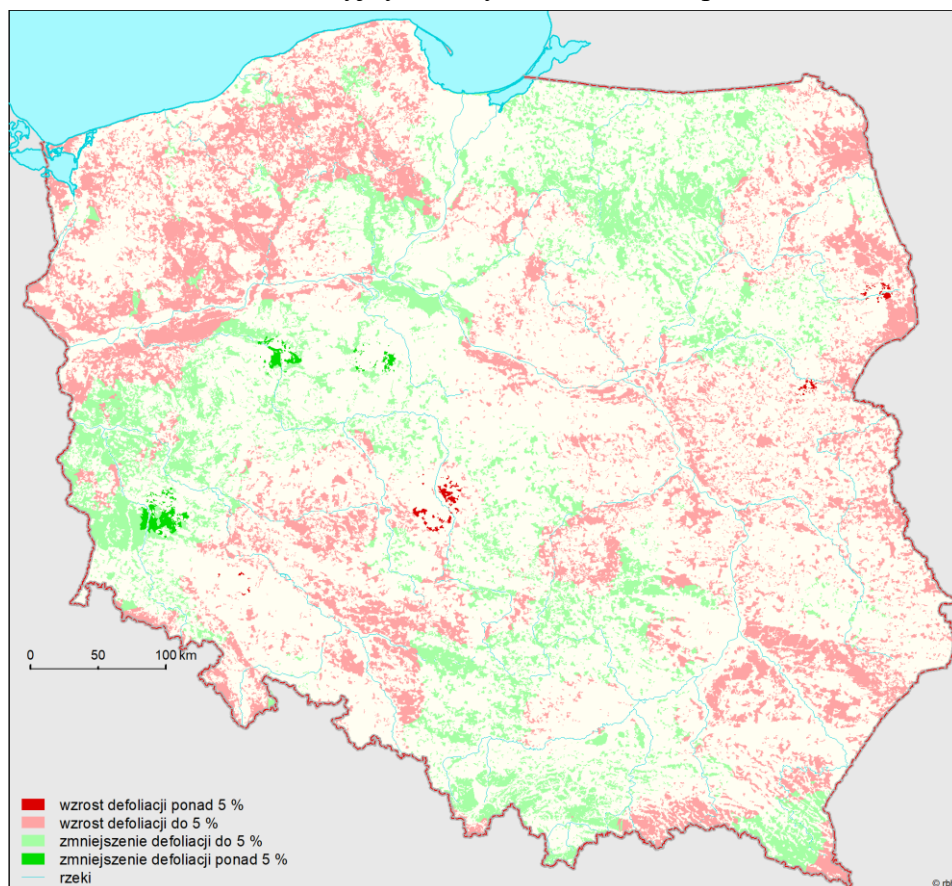
Rycina 28. Udział drzew monitorowanych gatunków razem w klasach defoliacji 2-4 w krainach przyrodniczo-leśnych w latach 2014-2018. Wiek powyżej 20 lat. Wszystkie formy własności.



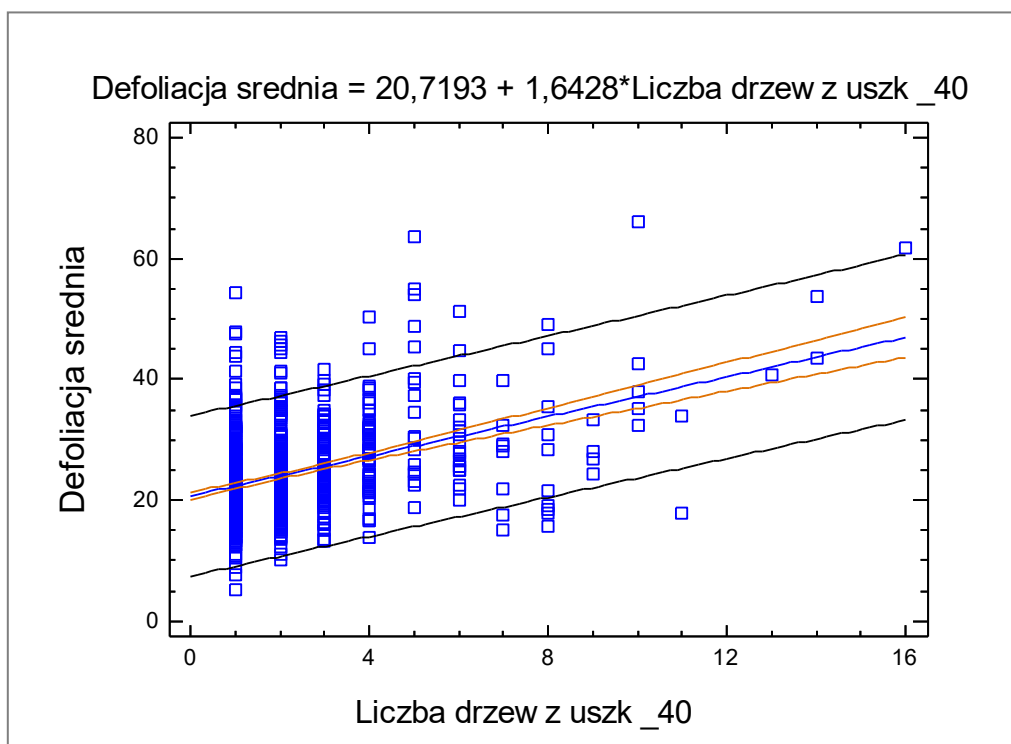
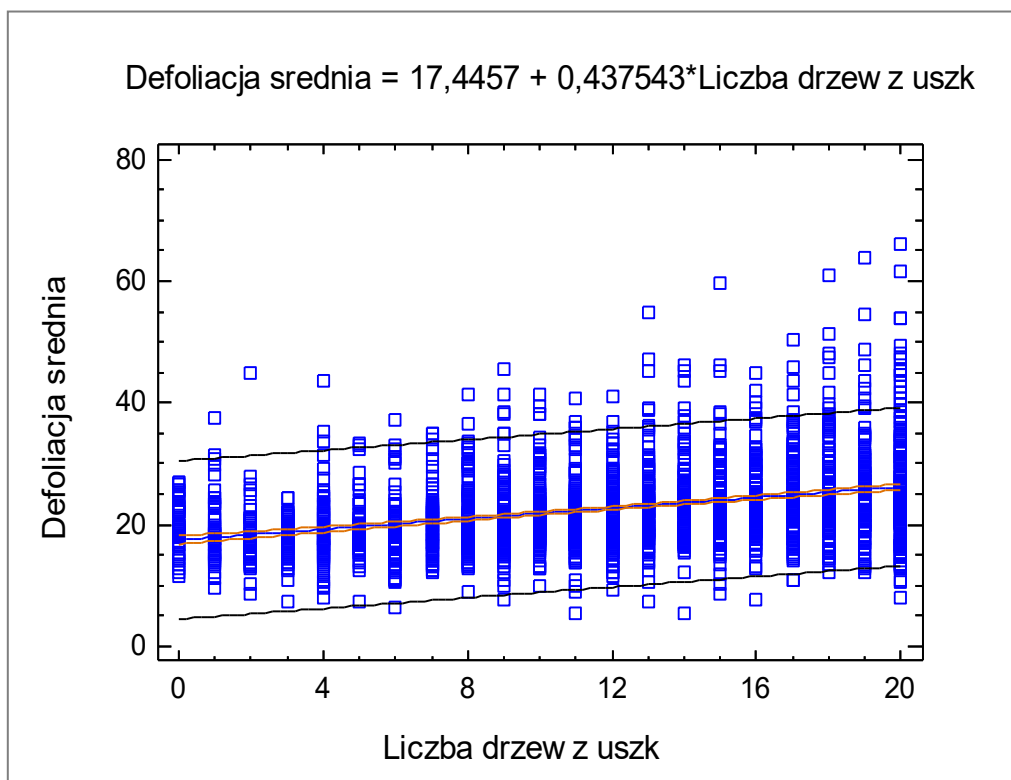
Rycina 29. Poziom uszkodzenia lasów w 2018 roku na podstawie oceny defoliacji na Stałych Powierzchniach Obserwacyjnych z wyróżnieniem 3 klas defoliacji



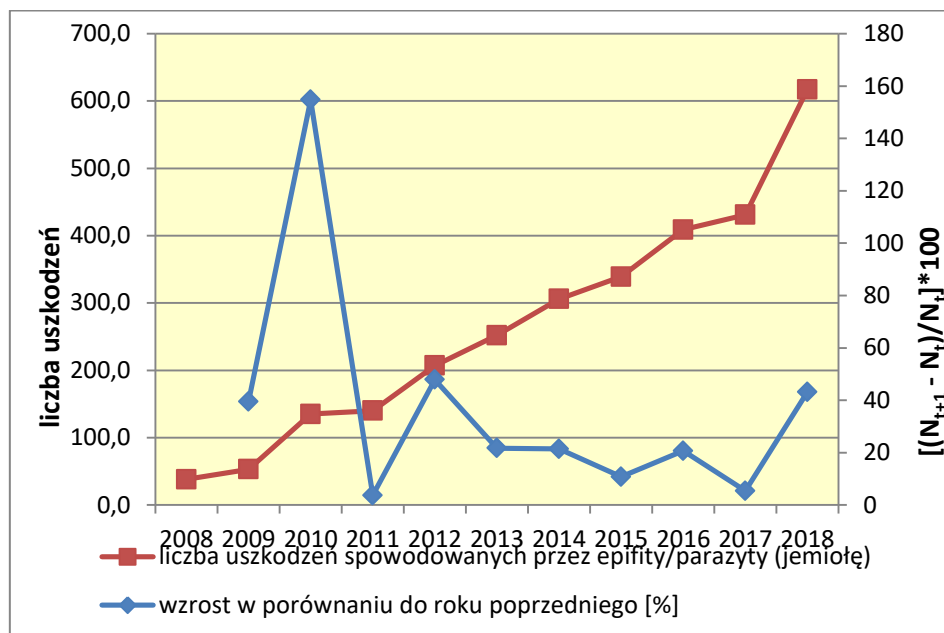
Rycina 30. Poziom uszkodzenia lasów w 2018 roku na podstawie oceny defoliacji na Stałych Powierzchniach Obserwacyjnych z wyróżnieniem 5% przedziałów defoliacji



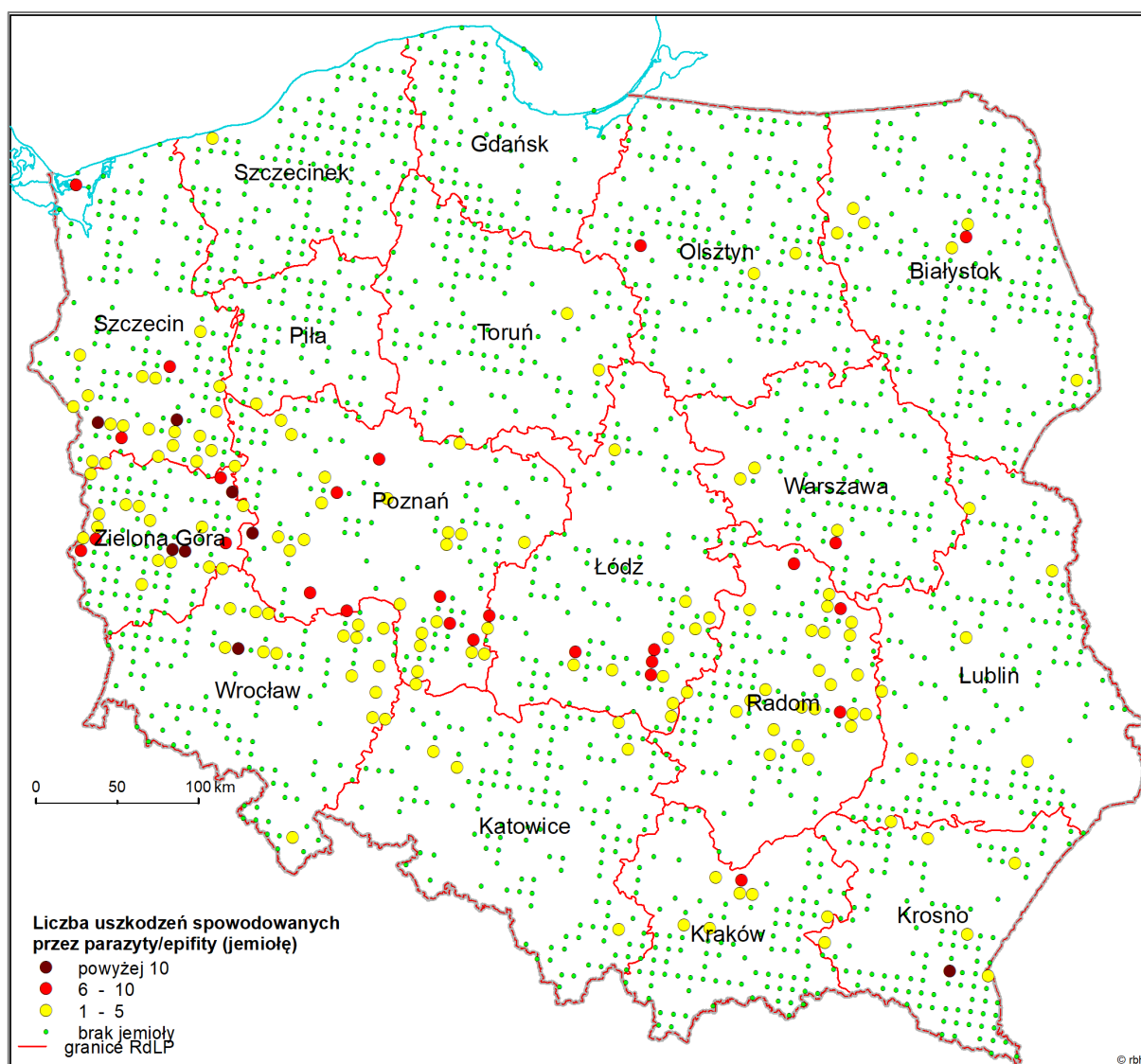
Rycina 31. Różnica w poziomie uszkodzenia lasów pomiędzy latami 2016 i 2018 na podstawie zmiany defoliacji na Stałych Powierzchniach Obserwacyjnych



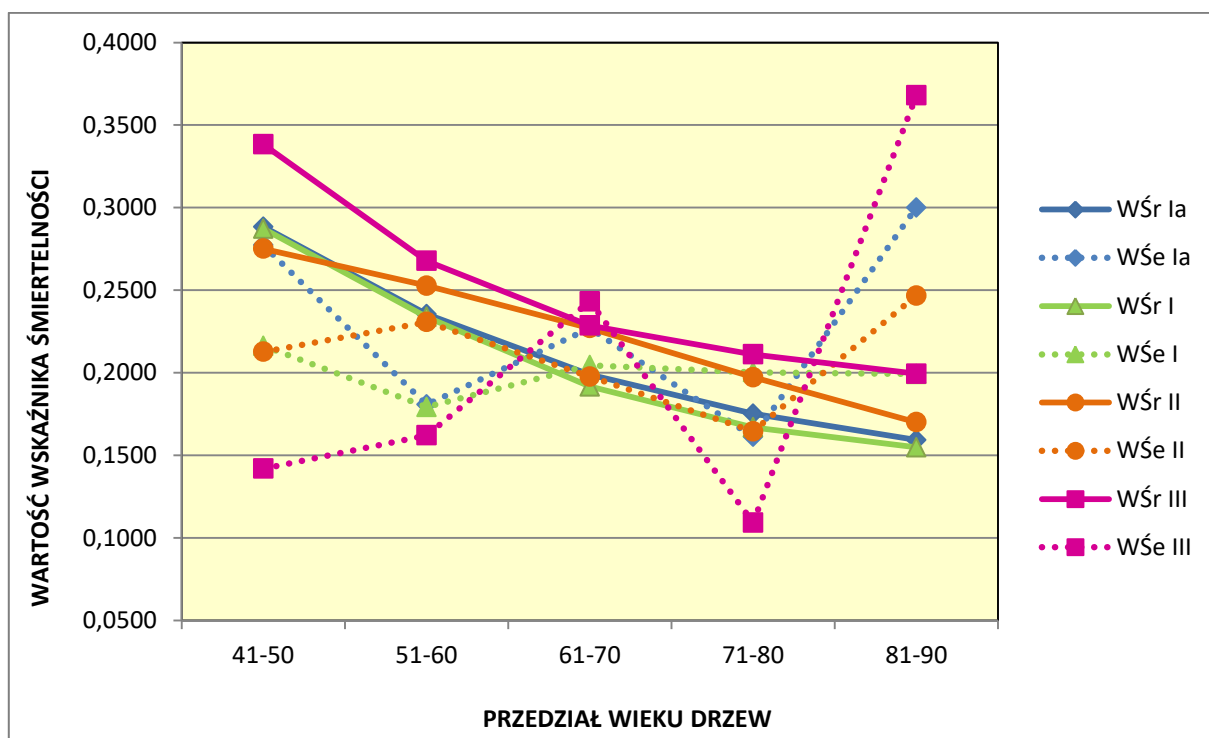
Rycina 32. Zależność pomiędzy defoliacją średnią dla SPO I rzędu, a występowaniem uszkodzeń wyrażonym: góra – liczbą drzew z uszkodzeniami i dół – liczbą drzew z uszkodzeniami o nasileniu powyżej 40%)



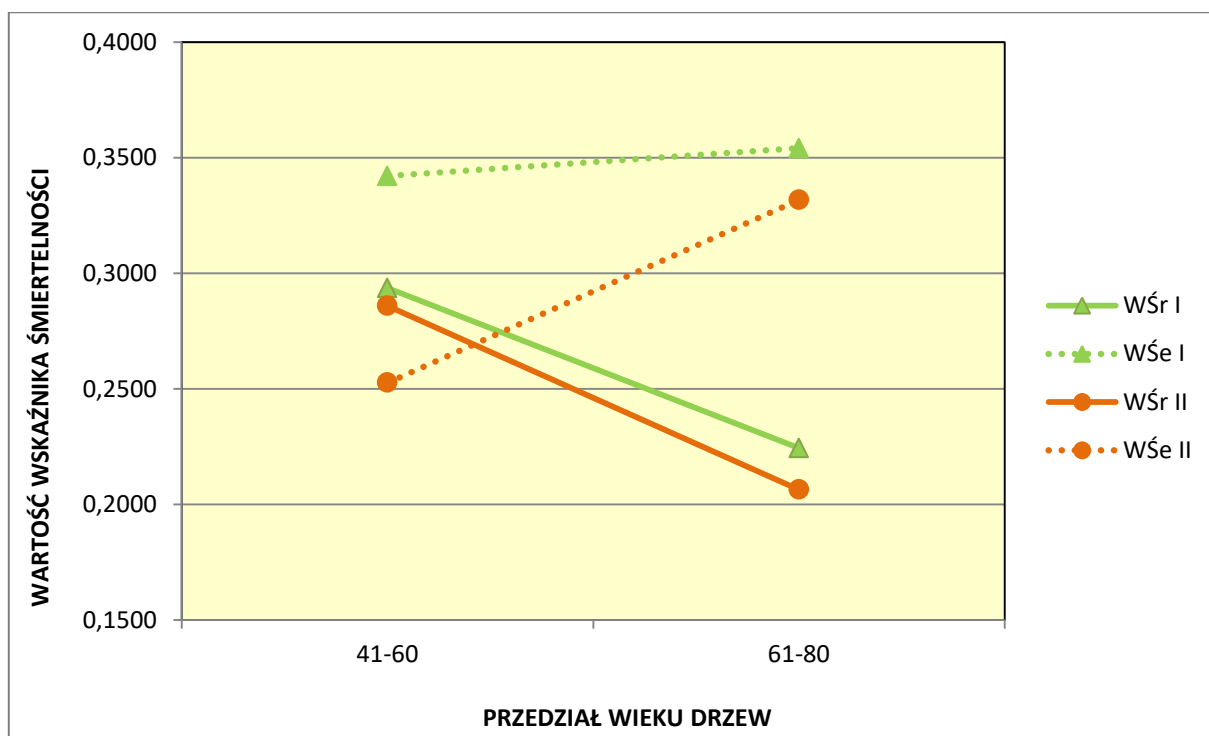
Rycina 33. Wzrost liczby uszkodzeń spowodowanych przez epifity/parazyty (jemiołę) wyrażony w liczbach bezwzględnych oraz przyrost tych uszkodzeń względem roku poprzedniego [%] w latach 2008-2018



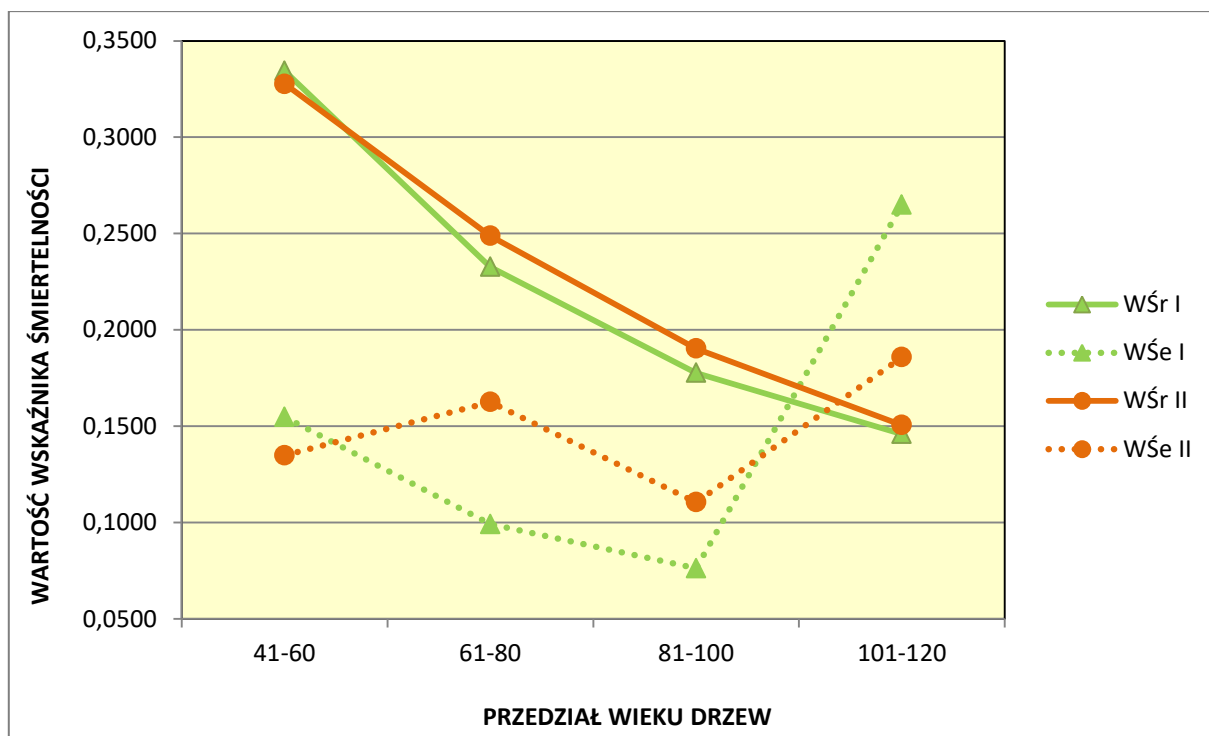
Rycina 34. Występowanie epifitów/parazytów (w tym jemioły) na SPO I rzędu w Polsce w 2018 roku



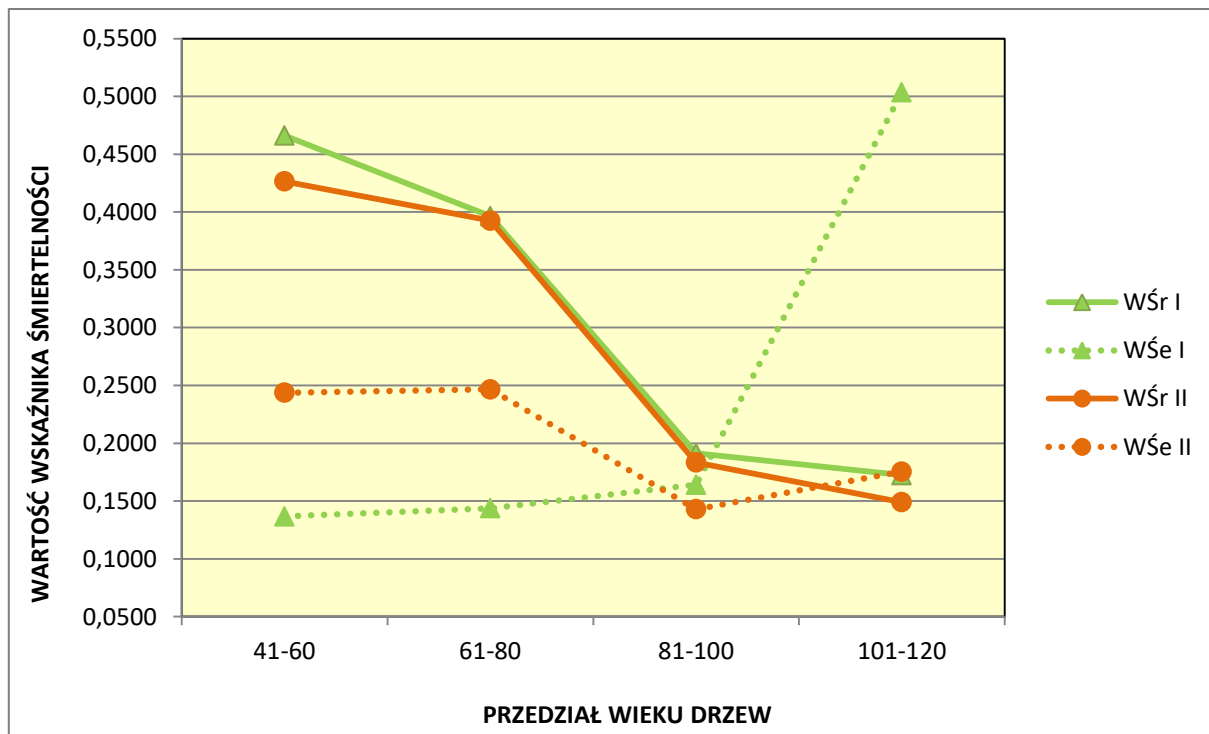
Rycina 35. Dziesięcioletnie referencyjne i empiryczne wskaźniki śmiertelności ($W\dot{S}_r$ i $W\dot{S}_e$) sosn pogrupowanych w zależności od przedziału wieku drzew i bonitacji siedliska



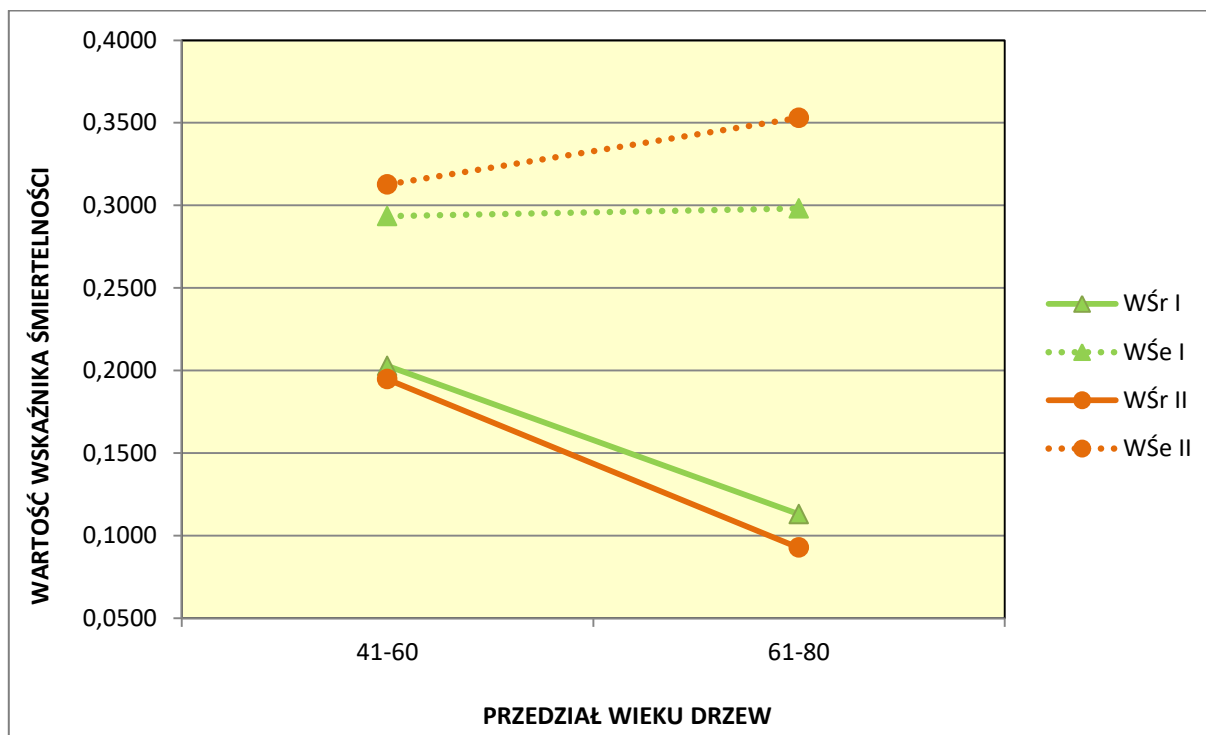
Rycina 36. Dziesięcioletnie referencyjne i empiryczne wskaźniki śmiertelności ($W\dot{S}_r$ i $W\dot{S}_e$) świerków pogrupowanych w zależności od przedziału wieku drzew i bonitacji siedliska



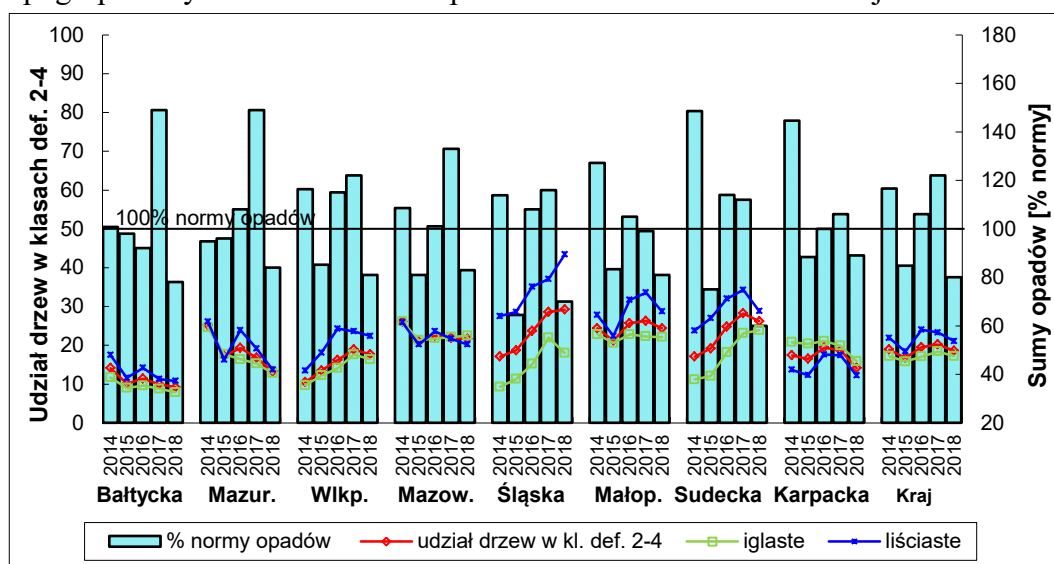
Rycina 37. Dziesięcioletnie referencyjne i empiryczne wskaźniki śmiertelności ($WŚ_r$ i $WŚ_e$) dębów pogrupowanych w zależności od przedziału wieku drzew i bonitacji siedliska



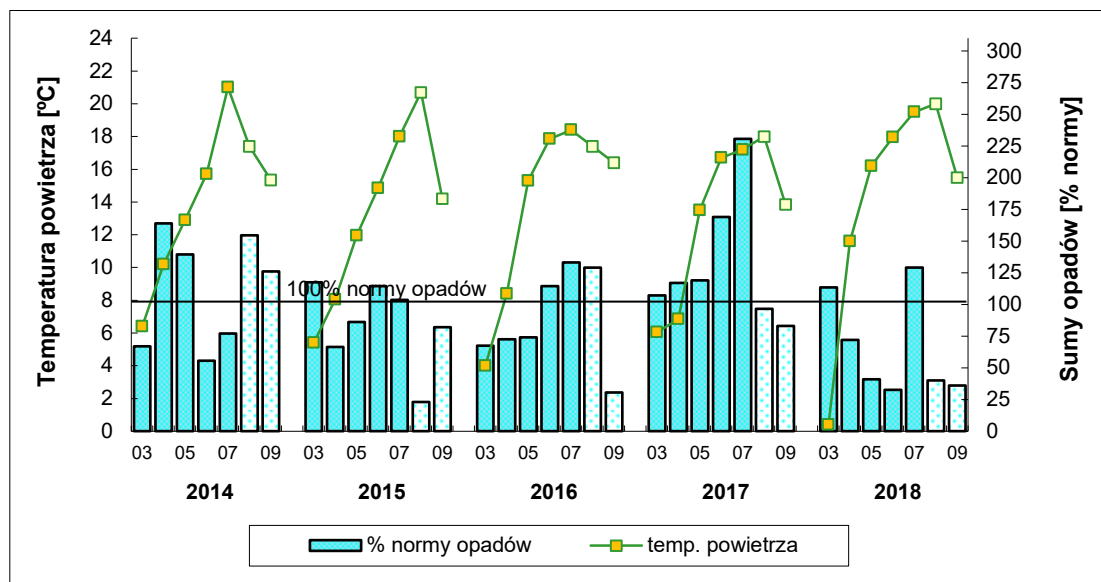
Rycina 38. Dziesięcioletnie referencyjne i empiryczne wskaźniki śmiertelności ($WŚ_r$ i $WŚ_e$) buków pogrupowanych w zależności od przedziału wieku drzew i bonitacji siedliska



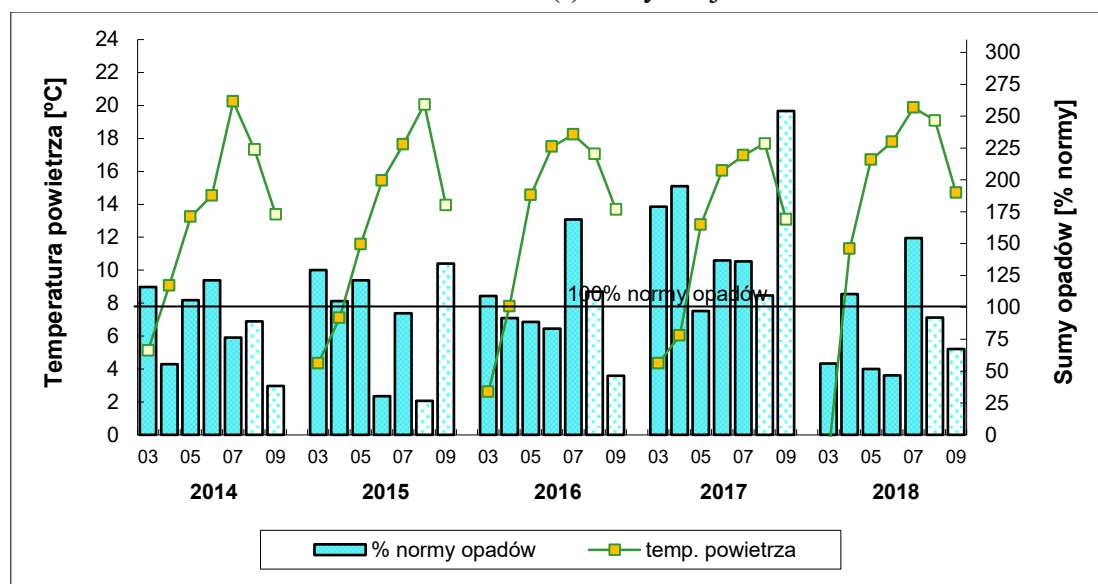
Rycina 39. Dziesięcioletnie referencyjne i empiryczne wskaźniki śmiertelności ($W\dot{S}_r$ i $W\dot{S}_e$) brzoź pogrupowanych w zależności od przedziału wieku drzew i bonitacji siedliska



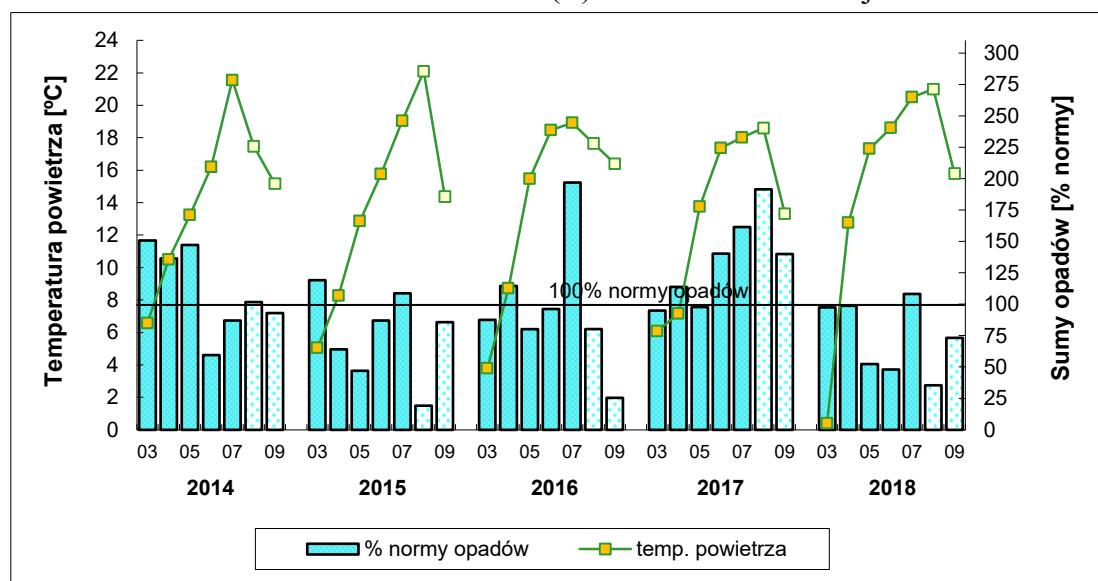
Rycina 40. Uszkodzenie drzewostanów (gatunki razem, iglaste i liściaste) oraz suma opadów [% normy] od 1 marca do 31 lipca w latach 2014-2018 w krainach przyrodniczo-leśnych



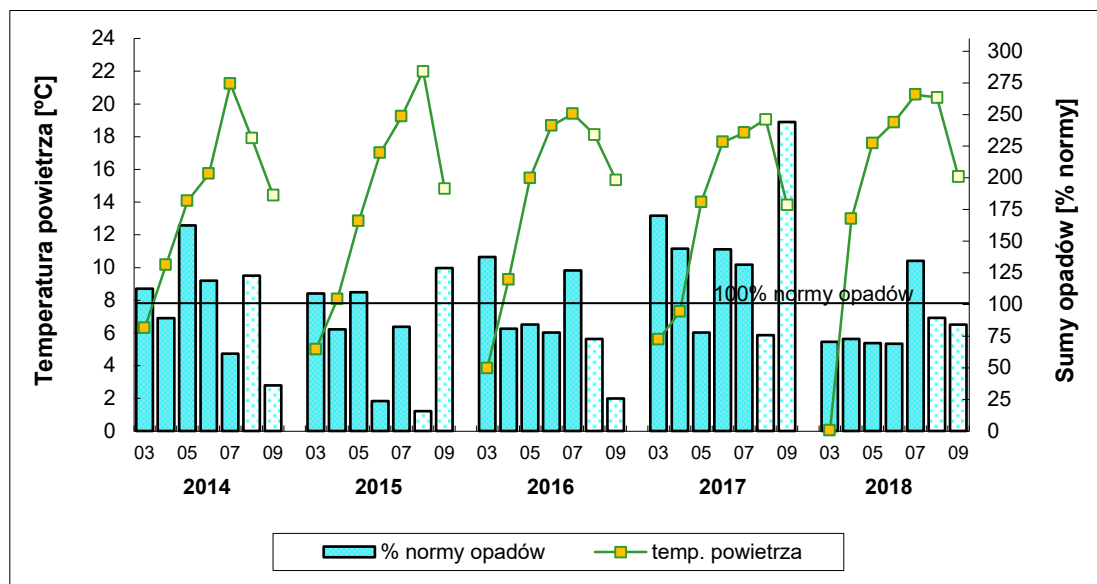
Rycina 41. Średnie temperatury powietrza oraz sumy miesięczne opadów od marca do września^{*)} w latach 2014-2018 w Krainie (I) Bałtyckiej



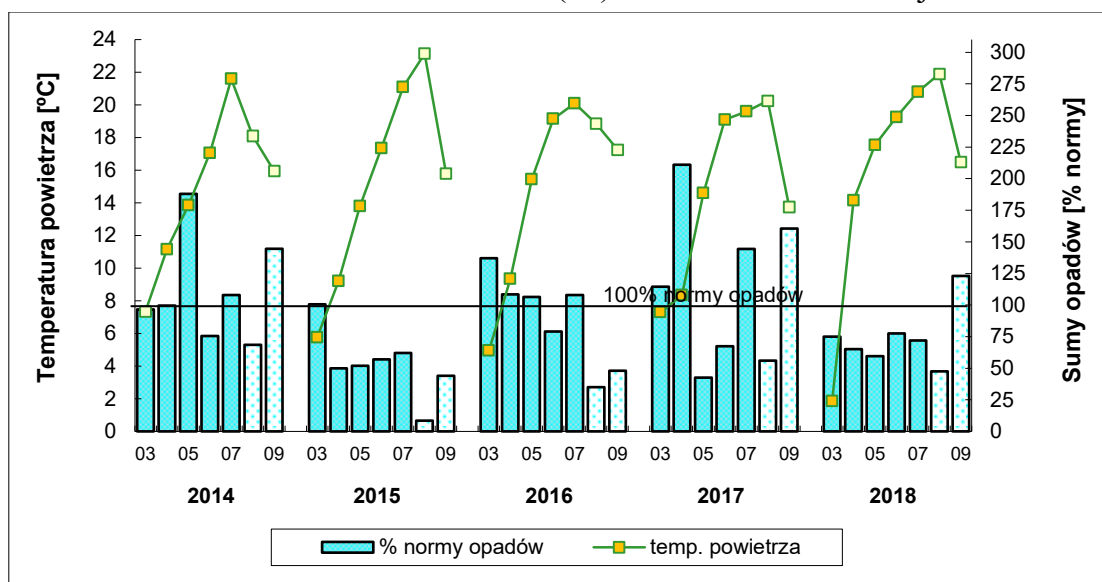
Rycina 42. Średnie temperatury powietrza oraz sumy miesięczne opadów od marca do września^{*)} w latach 2014-2018 w Krainie (II) Mazursko-Podlaskiej



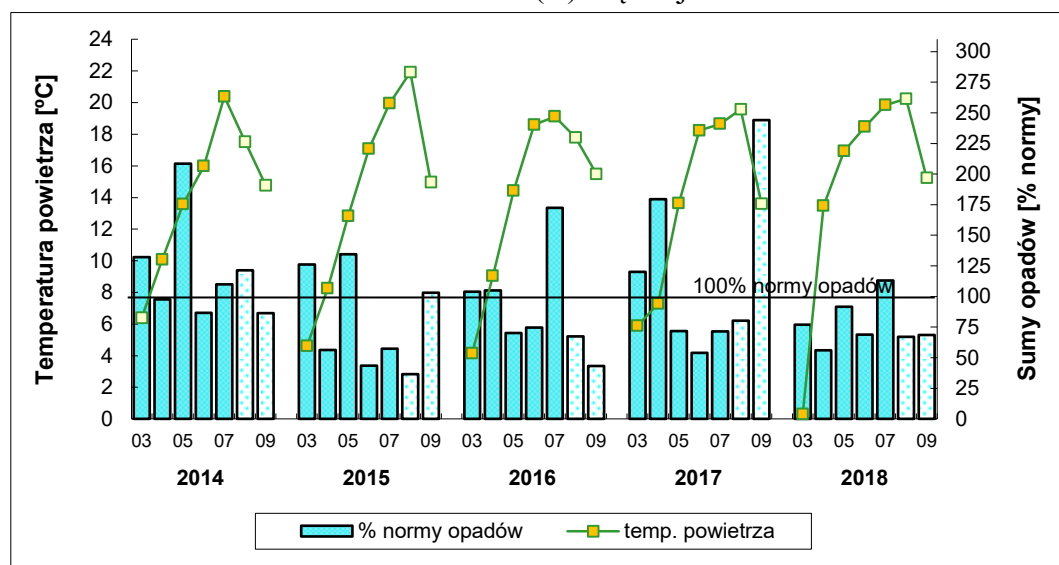
Rycina 43. Średnie temperatury powietrza oraz sumy miesięczne opadów od marca do września^{*)} w latach 2014-2018 w Krainie (III) Wielkopolsko-Pomorskiej



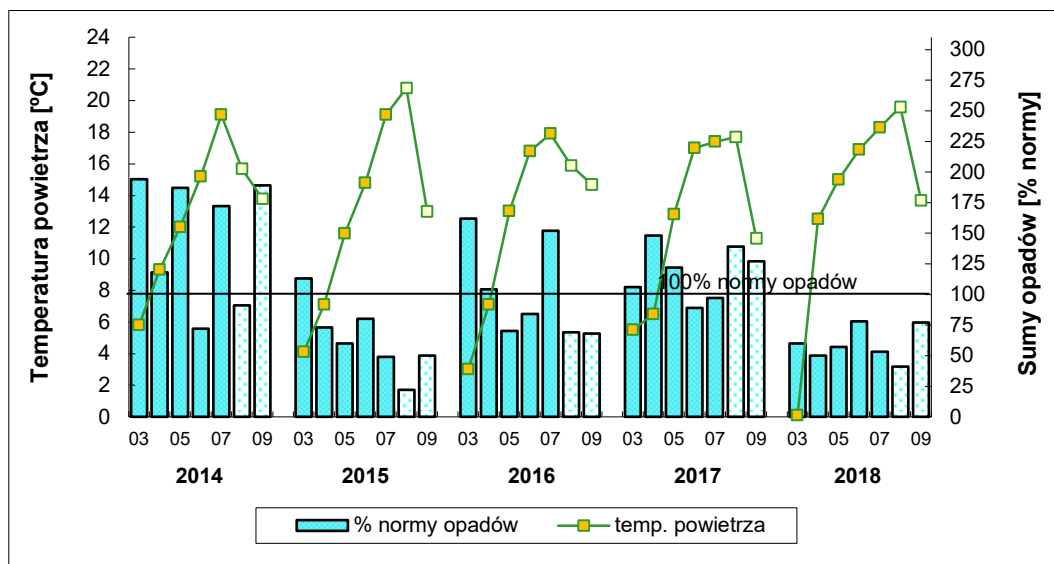
Rycina 44. Średnie temperatury powietrza oraz sumy miesięczne opadów od marca do września^{*)} w latach 2014-2018 w Krainie (IV) Mazowiecko-Podlaskiej



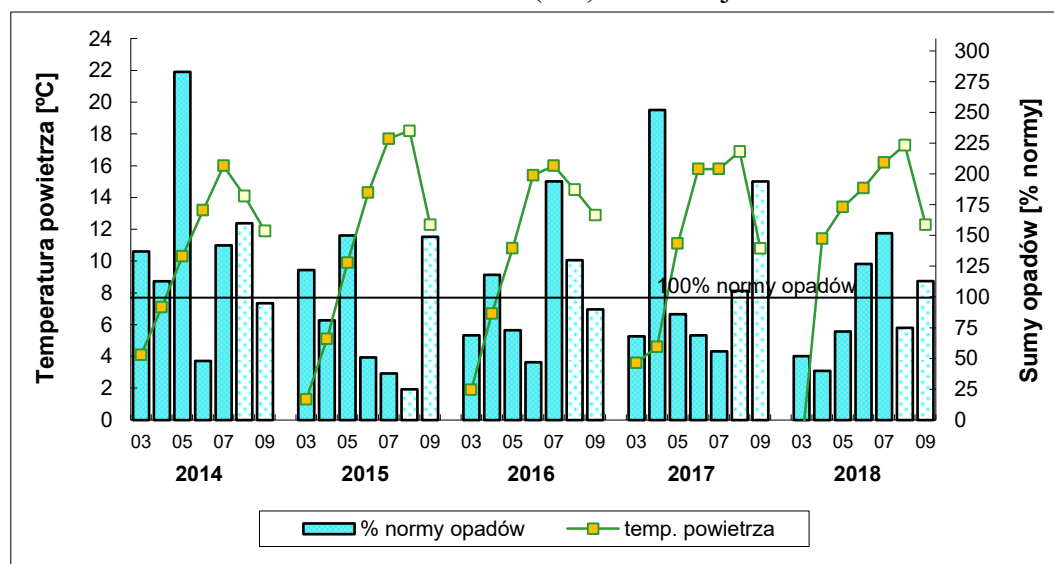
Rycina 45. Średnie temperatury powietrza oraz sumy miesięczne opadów od marca do września^{*)} w latach 2014-2018 w Krainie (V) Śląskiej



Rycina 46. Średnie temperatury powietrza oraz sumy miesięczne opadów od marca do września^{*)} w latach 2014-2018 w Krainie (VI) Małopolskiej

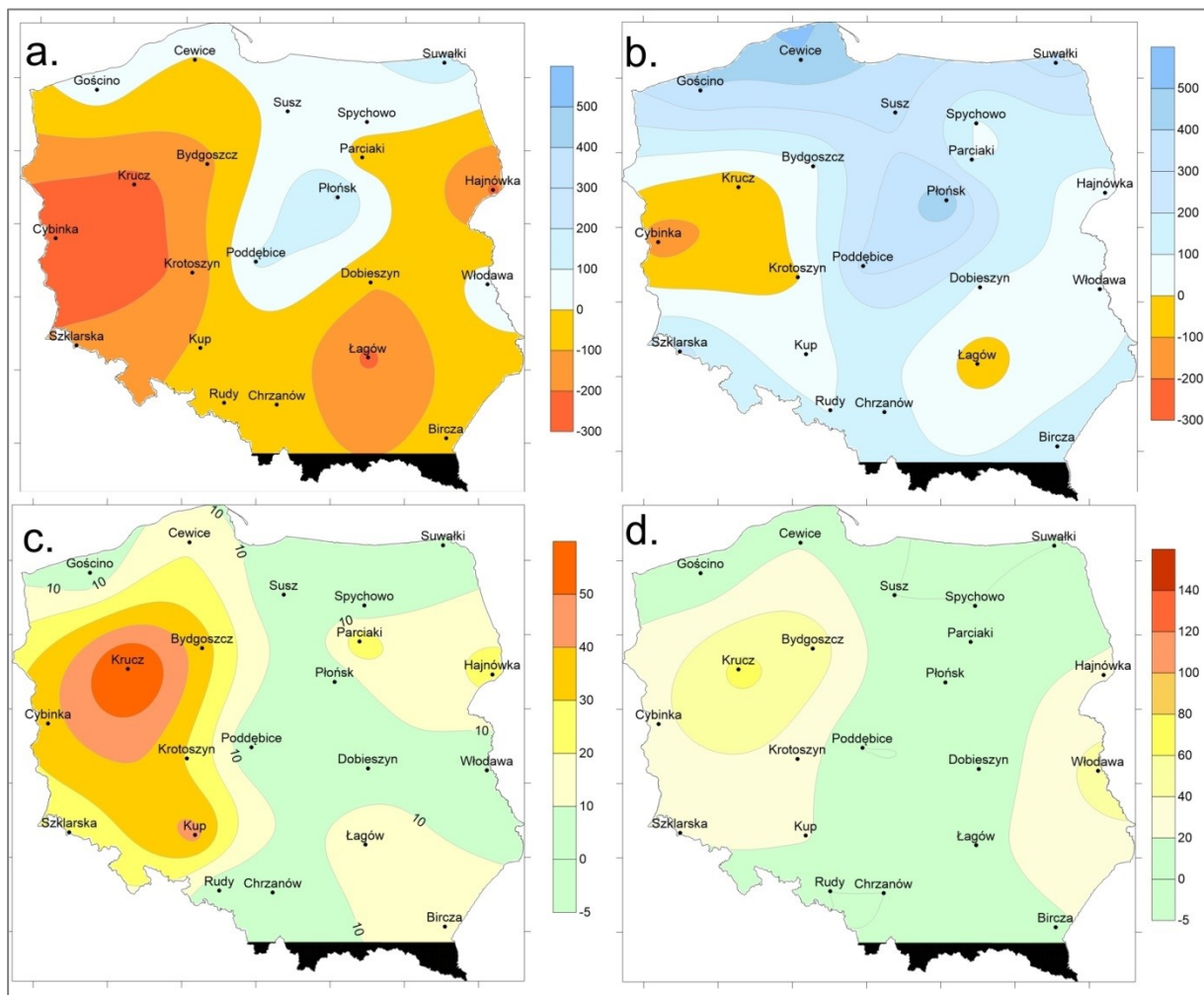


Rycina 47. Średnie temperatury powietrza oraz sumy miesięczne opadów od marca do września^{*)} w latach 2014-2018 w Krainie (VII) Sudeckiej

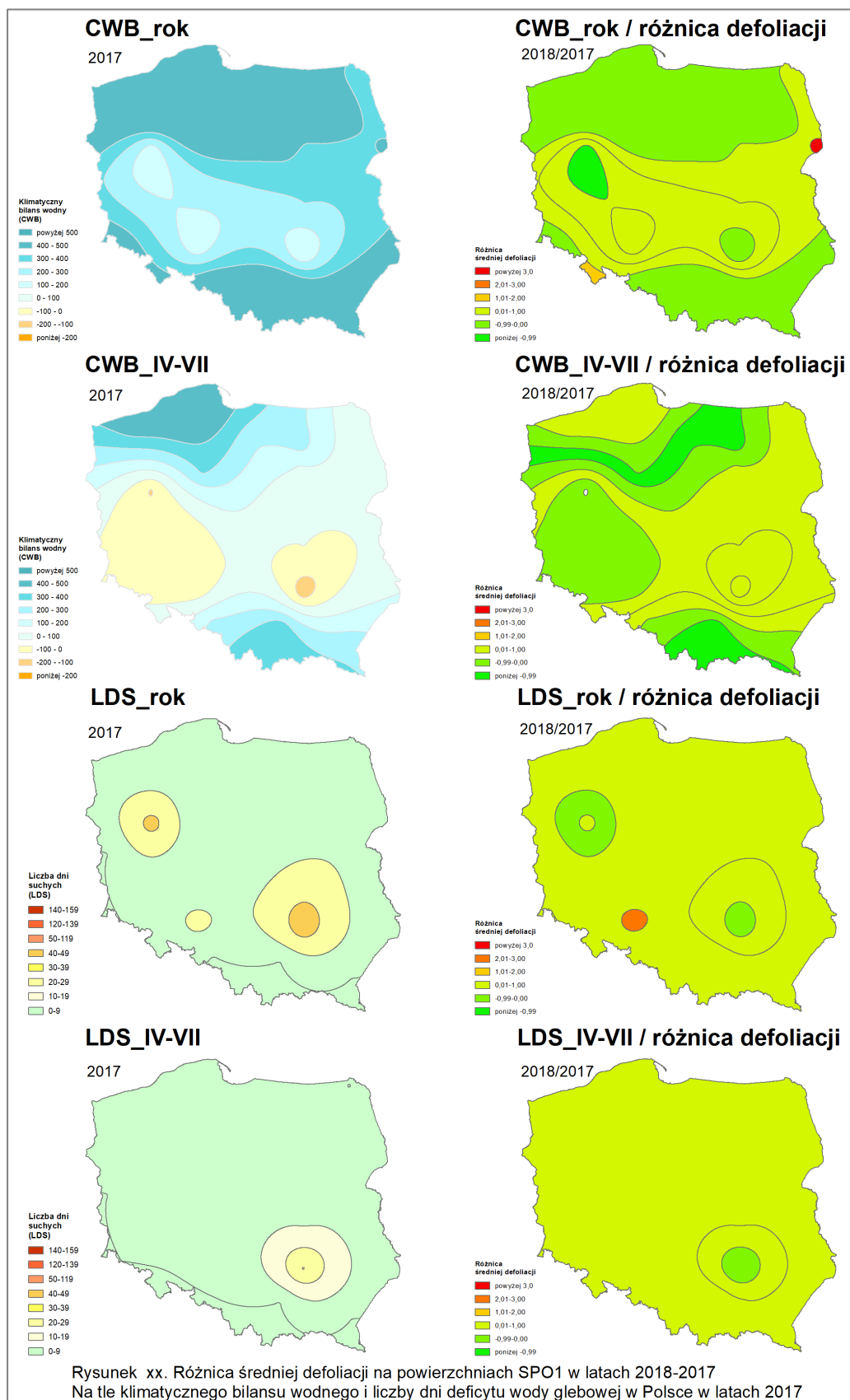


Rycina 48. Średnie temperatury powietrza oraz sumy miesięczne opadów od marca do września^{*)} w latach 2014-2018 w Krainie (VIII) Karpackiej

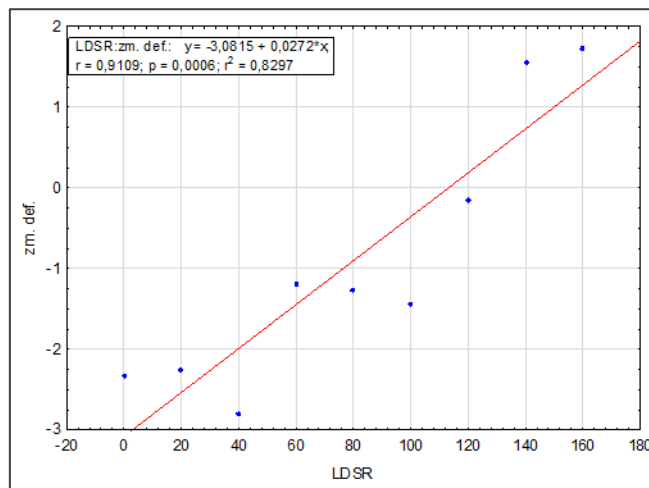
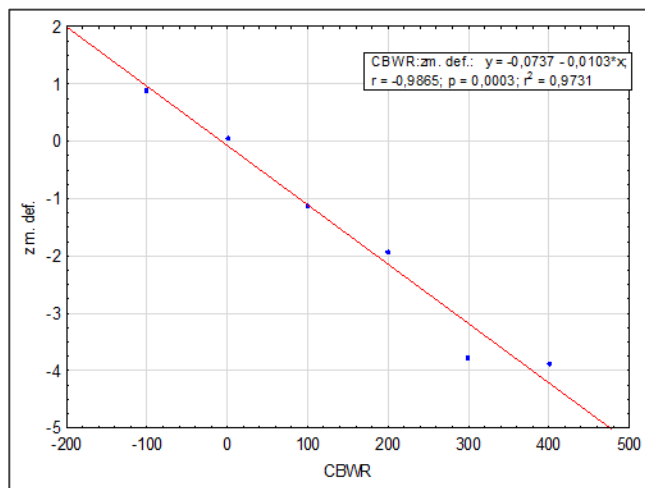
^{*)} Rysunki 41-48: Jaśniejszym kolorem oznaczono miesiące okresu wegetacyjnego niemające wpływu na wynik oceny defoliacji prezentowany w tym opracowaniu, gdyż ocenę na większości powierzchni wykonywano w lipcu.



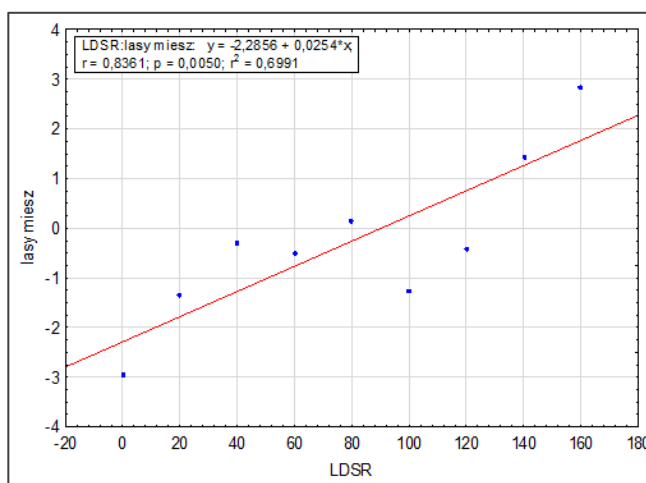
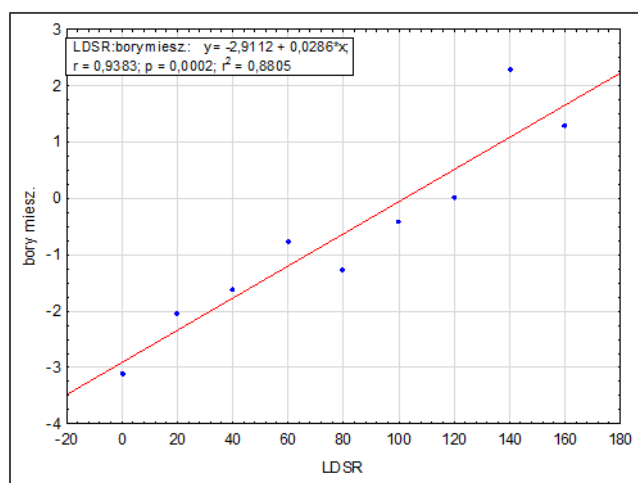
Rycina 49. Klimatyczny bilans wodny w okresie półrocza letniego (a) i w okresie całego 2018 r. (b) oraz liczba dni suszy w półroczu letnim (c) i w całym 2018 r. (d) na terenie Polski



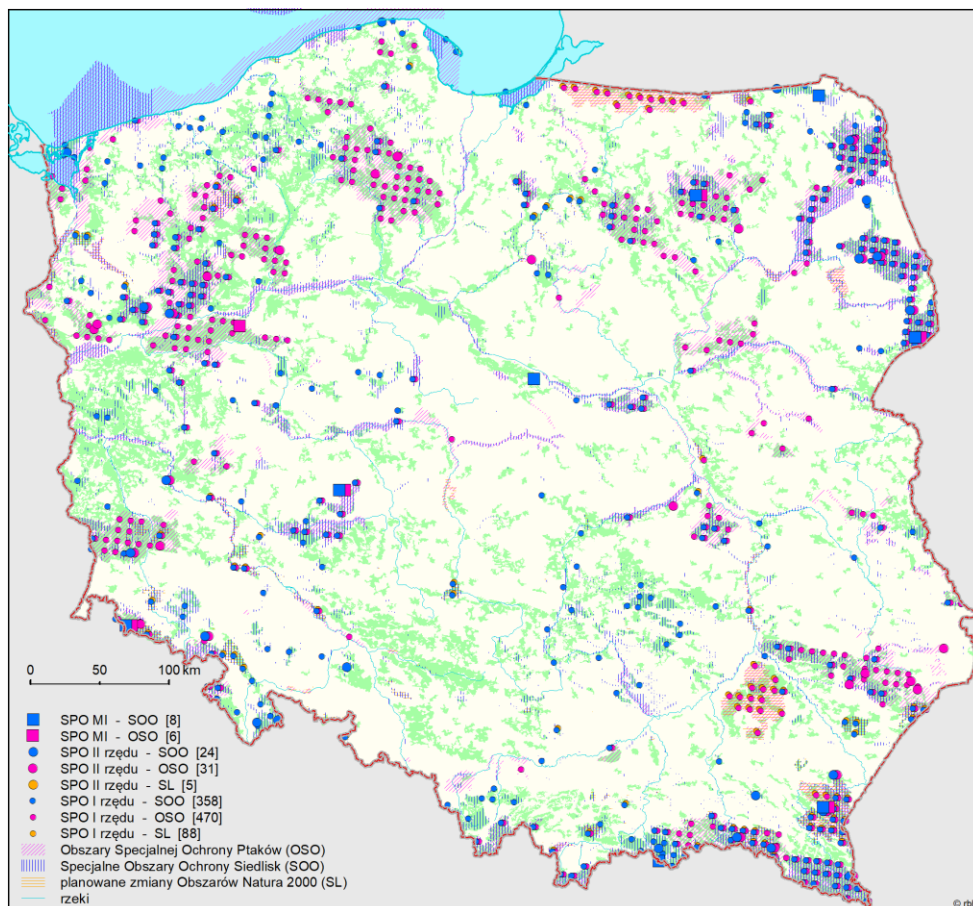
Rycina 50. Warunki wodne w 2017 r. i różnica defoliacji drzewostanów między latami 2018 i 2017



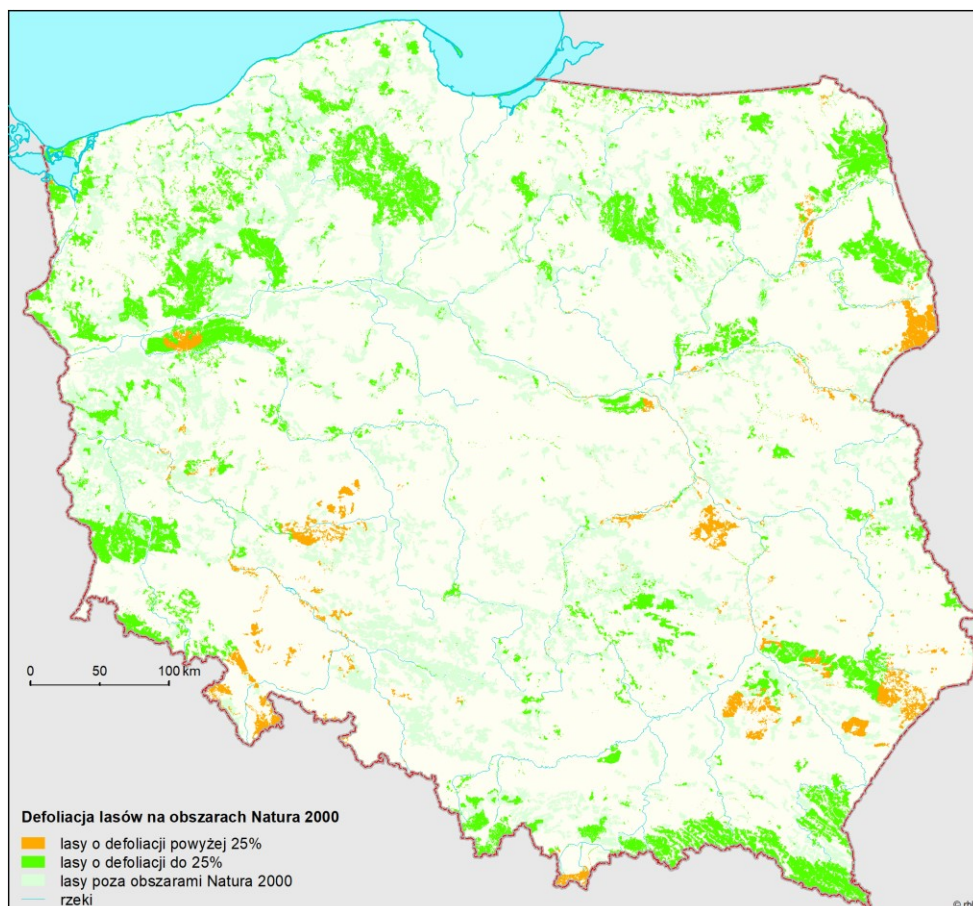
Rycina 51. Zależność między klimatycznym bilansem wodnym i liczbą dni suszy a różnicą defoliacji w drzewostanach sosnowych III klasy wieku



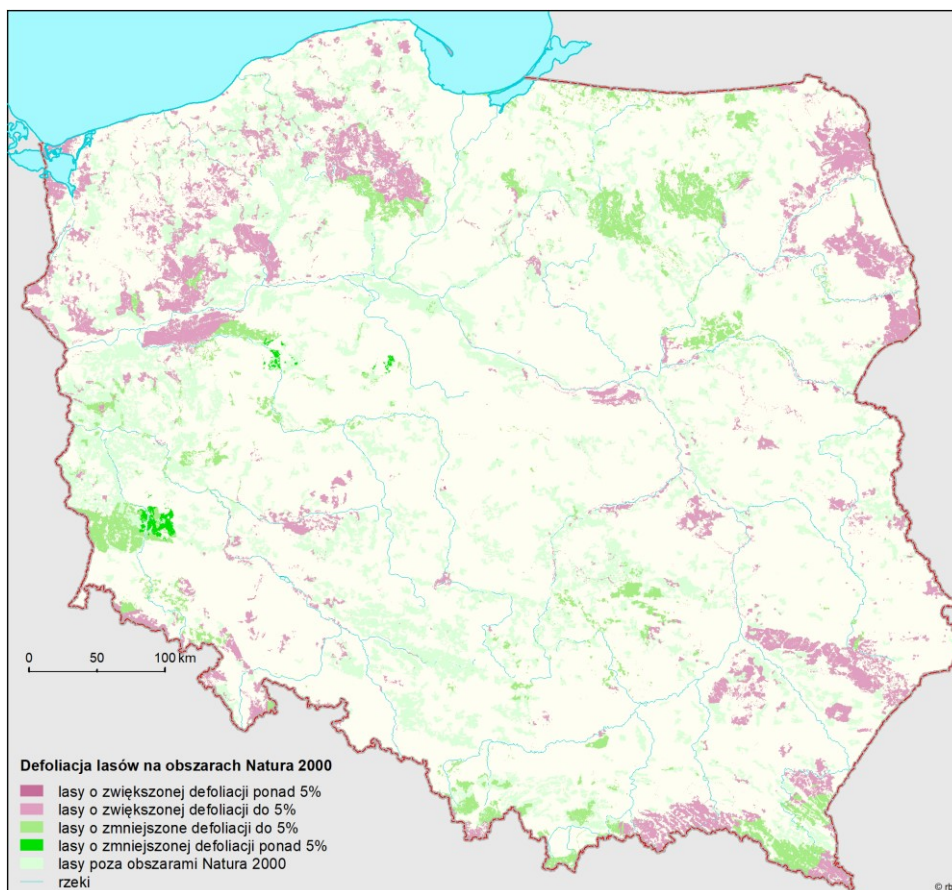
Rycina 52. Zależność między liczbą dni suszy a różnicą defoliacji w drzewostanach sosnowych rosnących w borach mieszanych i lasach mieszanych



Rycina 53. Rozmieszczenie SPO I i II rzędu oraz powierzchni Monitoringu Intensywnego na obszarach Natura 2000 (stan na koniec 2018 r.)



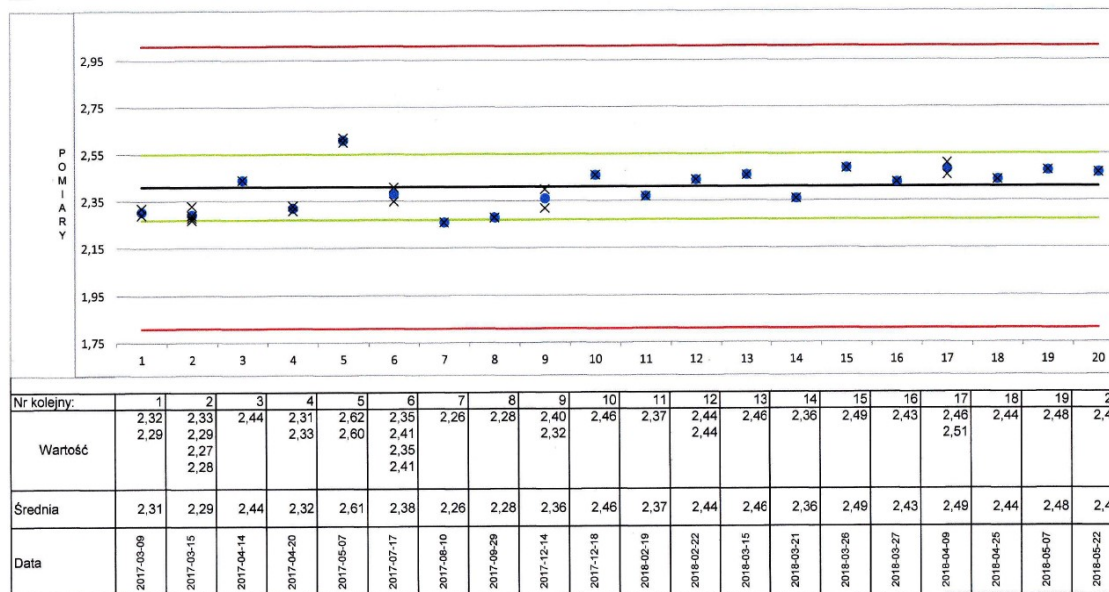
Rycina 54. Poziom uszkodzenia lasów na obszarach Natura 2000 na podstawie oceny defoliacji na stałych powierzchniach obserwacyjnych (stan na 2018 rok)



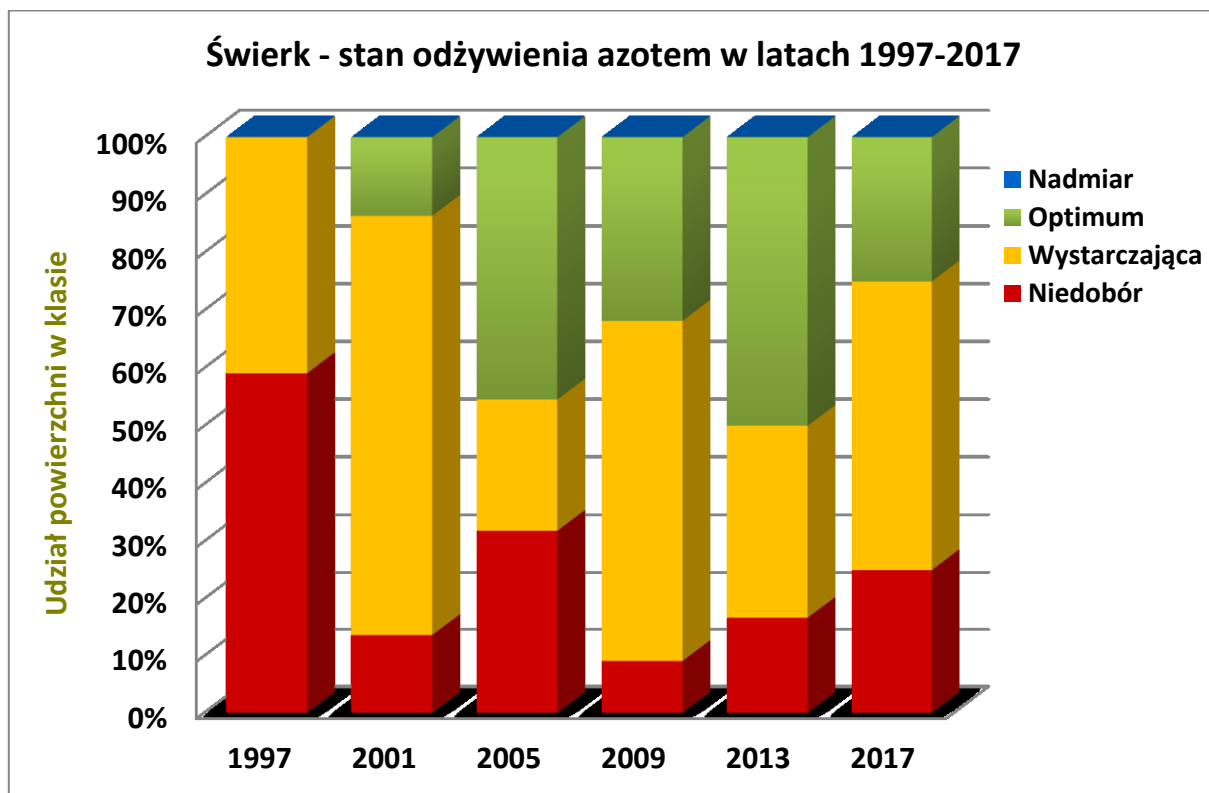
Rycina 55. Różnica w poziomie uszkodzenia lasów na obszarach Natura 2000 pomiędzy latami 2018 i 2017 na podstawie zmiany defoliacji na stałych powierzchniach obserwacyjnych

Karta kontrolna materiału certyfikowanego

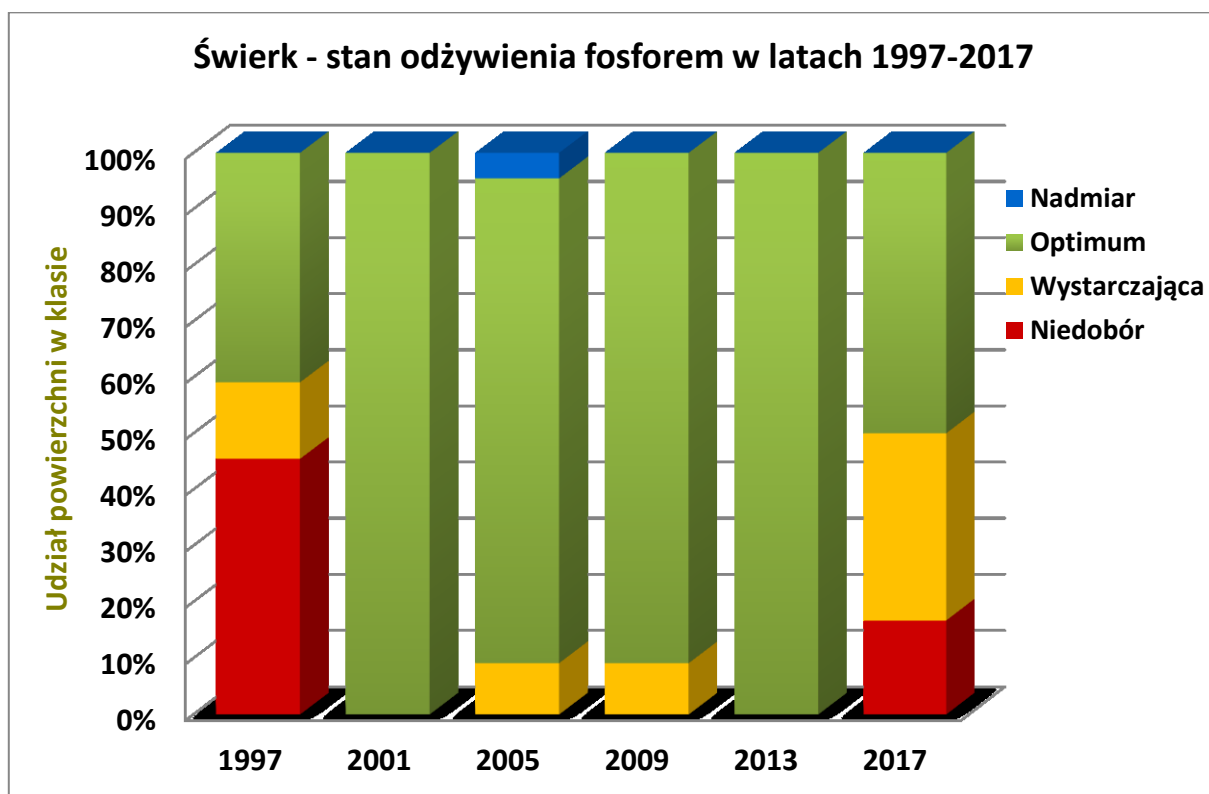
Materiał kontrolny: mixed polish herbs INCT-MPH-2	Górną Granicą Kontrolną	3,01	Stanowisko: ICP-OES
Metoda: PB-07 ed.7 z dn. 01.07.2014	Górną Granicą Ostrzegawczą	2,55	
	Linia Centralną	2,41	
	Dolną Granicą Ostrzegawczą	2,27	
Badana cecha: S 2,41 g/kg	Dolną Granicą Kontrolną	1,81	



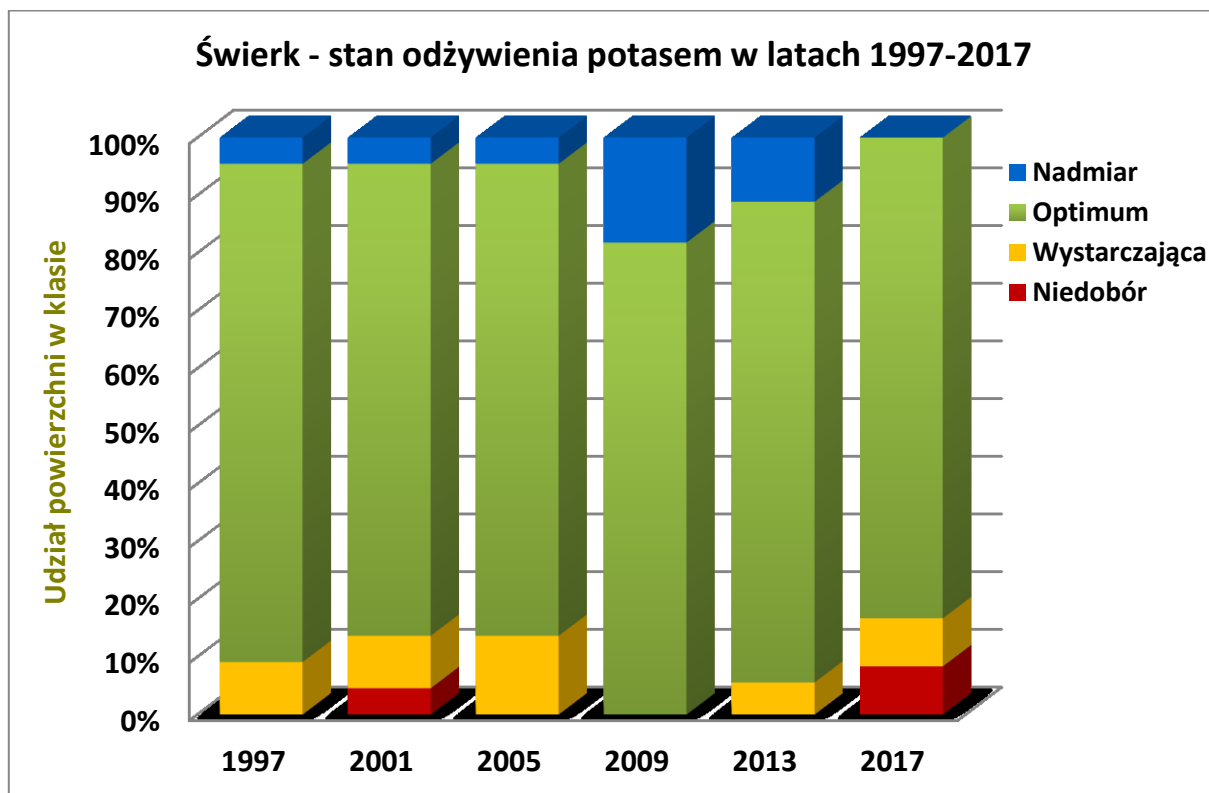
Rycina 56. Karta kontrolna Shewarta materiału certyfikowanego INCT-MPH-2 dla siarki



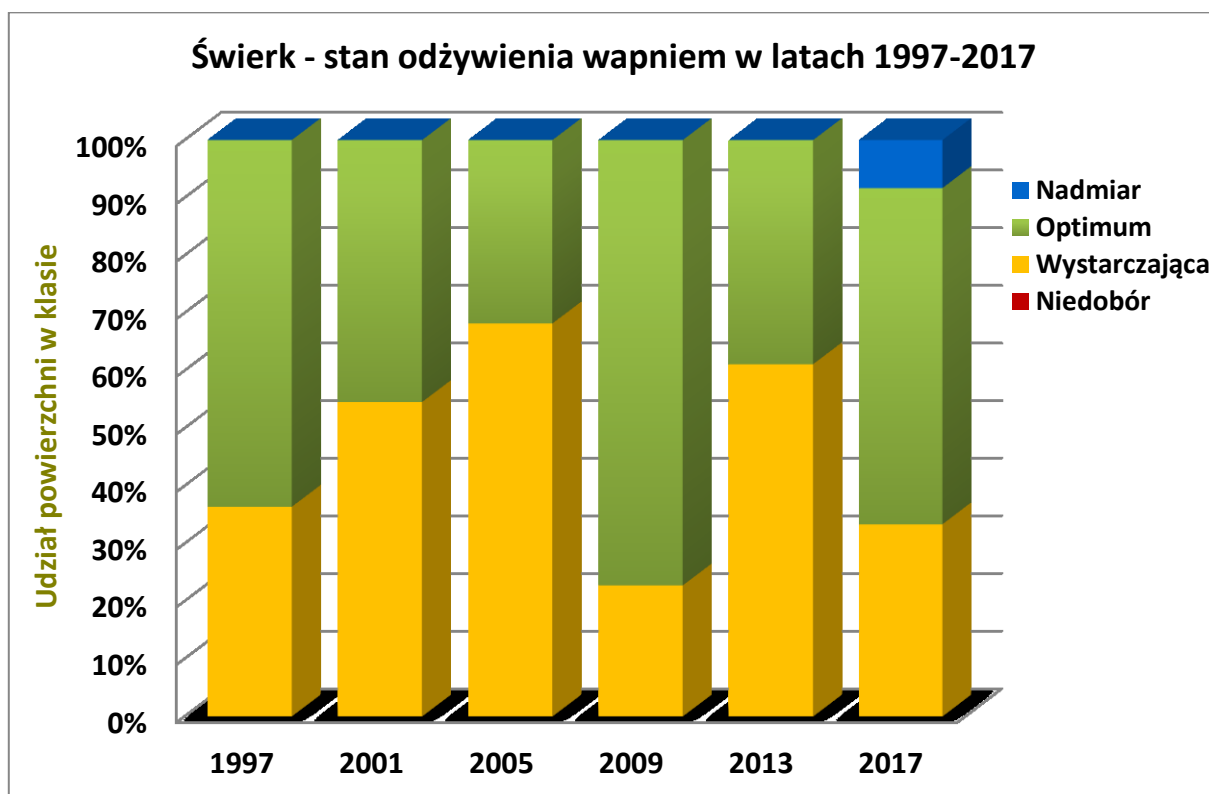
Rycina 57. Stan odżywienia drzewostanów świerkowych azotem w latach 1997–2017



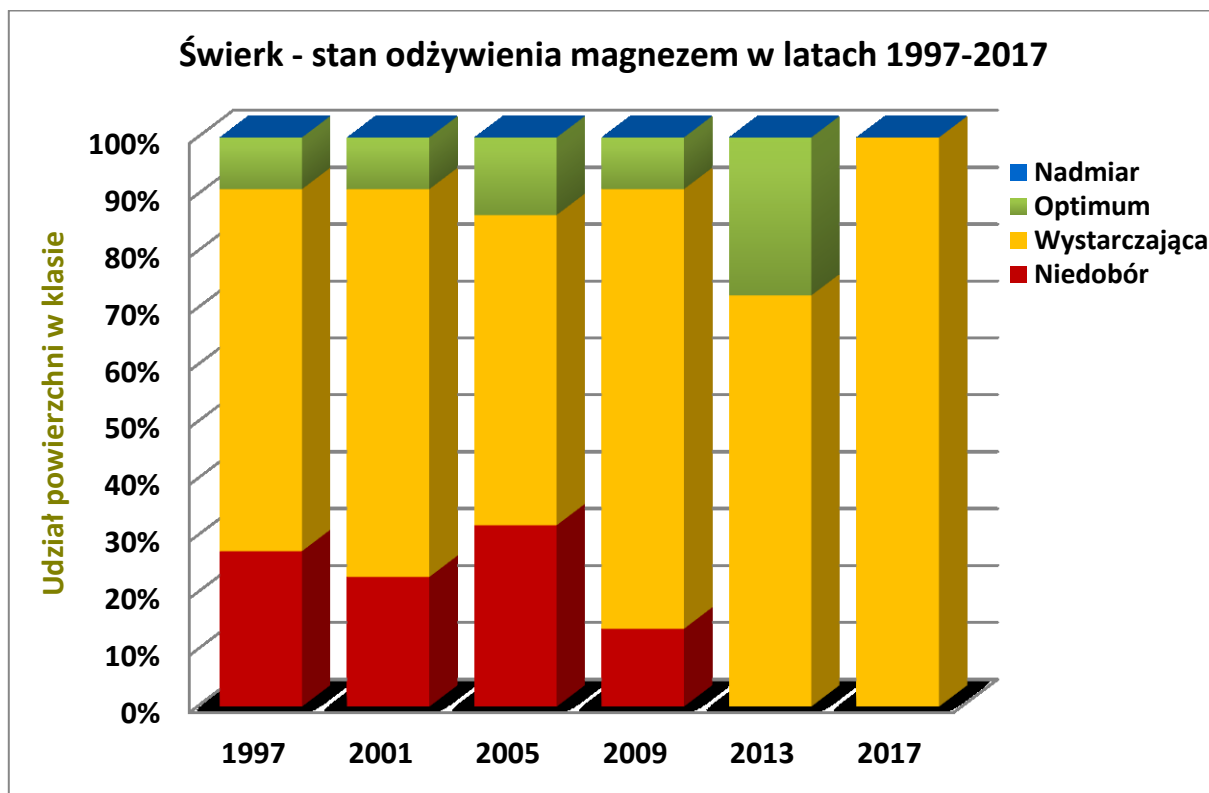
Rycina 58. Stan odżywienia drzewostanów świerkowych fosforem w latach 1997–2017



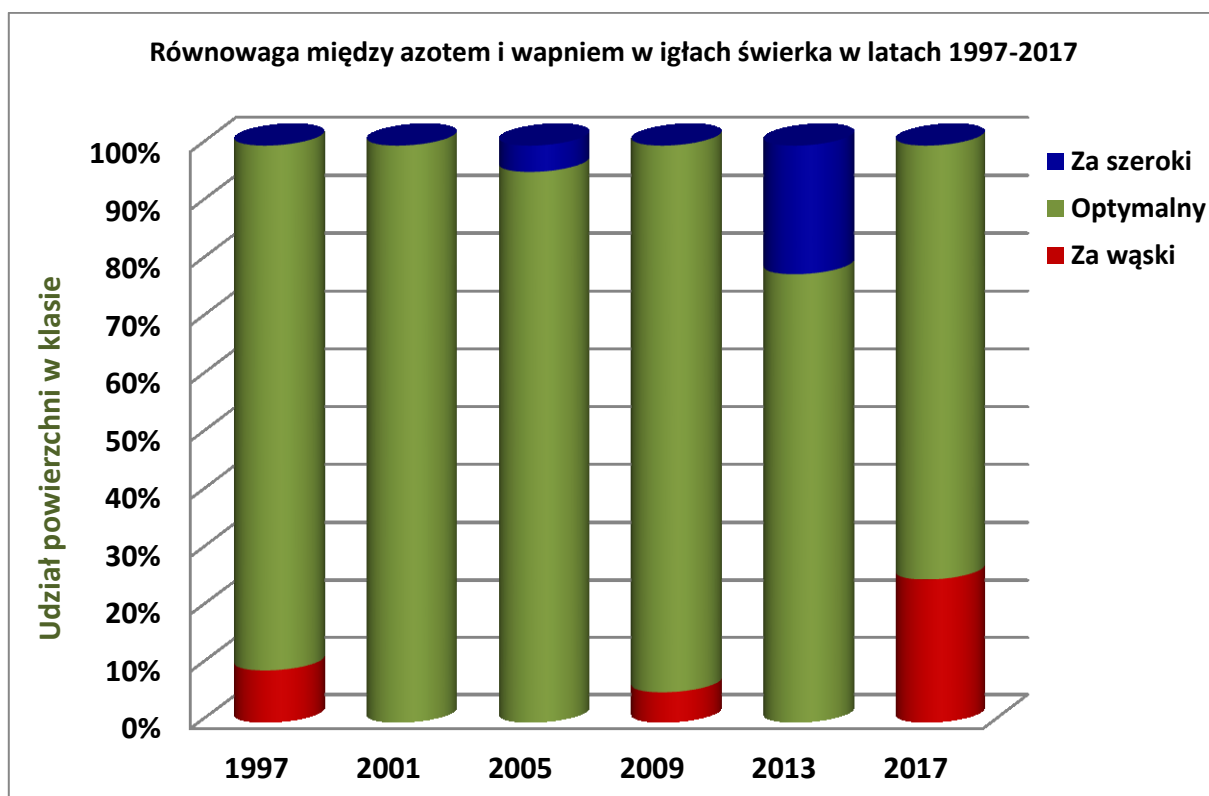
Rycina 59. Stan odżywienia drzewostanów świerkowych potasem w latach 1997–2017



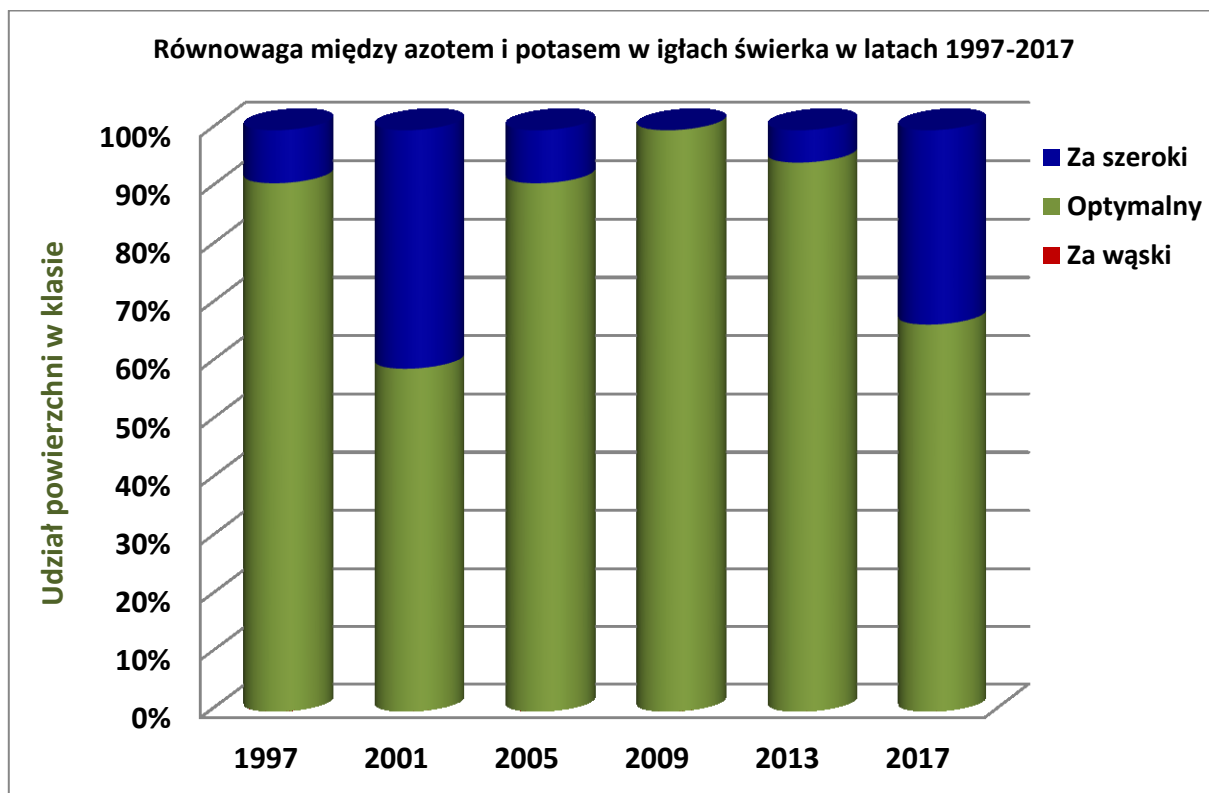
Rycina 60. Stan odżywienia drzewostanów świerkowych wapniem w latach 1997–2017



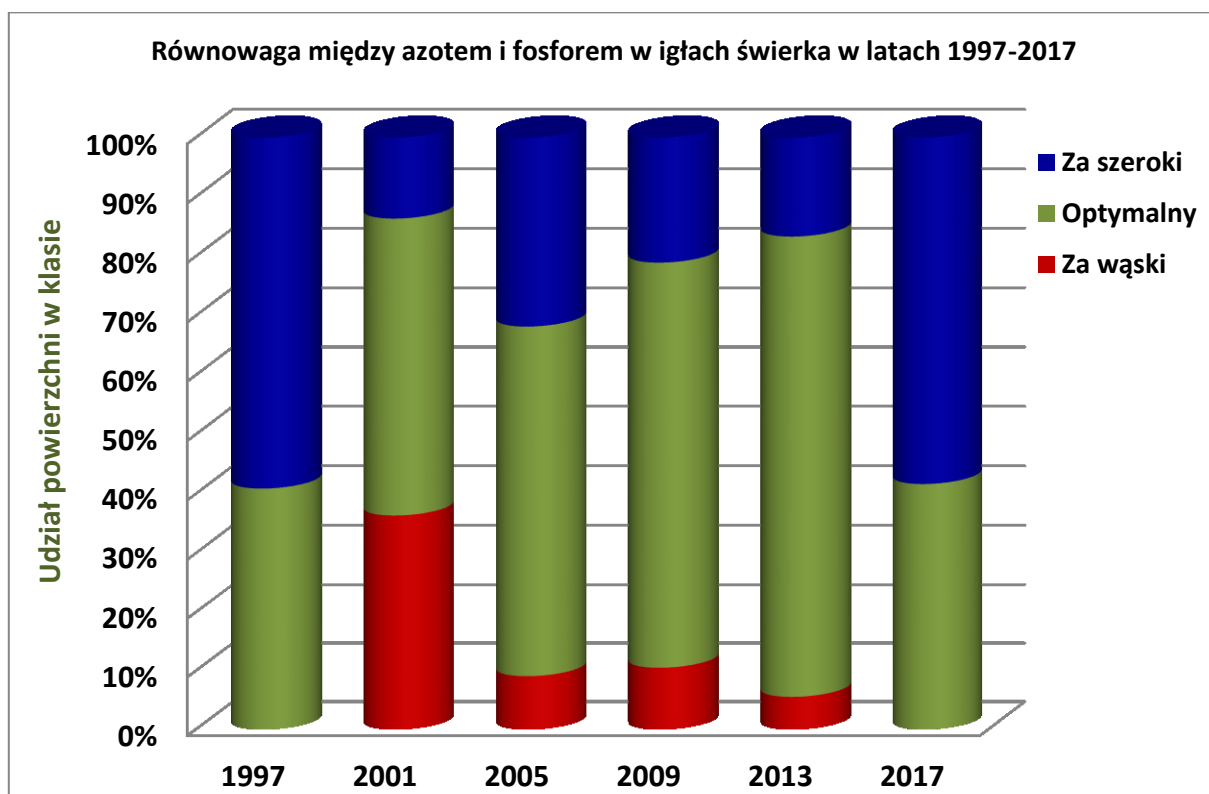
Rycina 61. Stan odżywienia drzewostanów świerkowych magnezem w latach 1997–2017



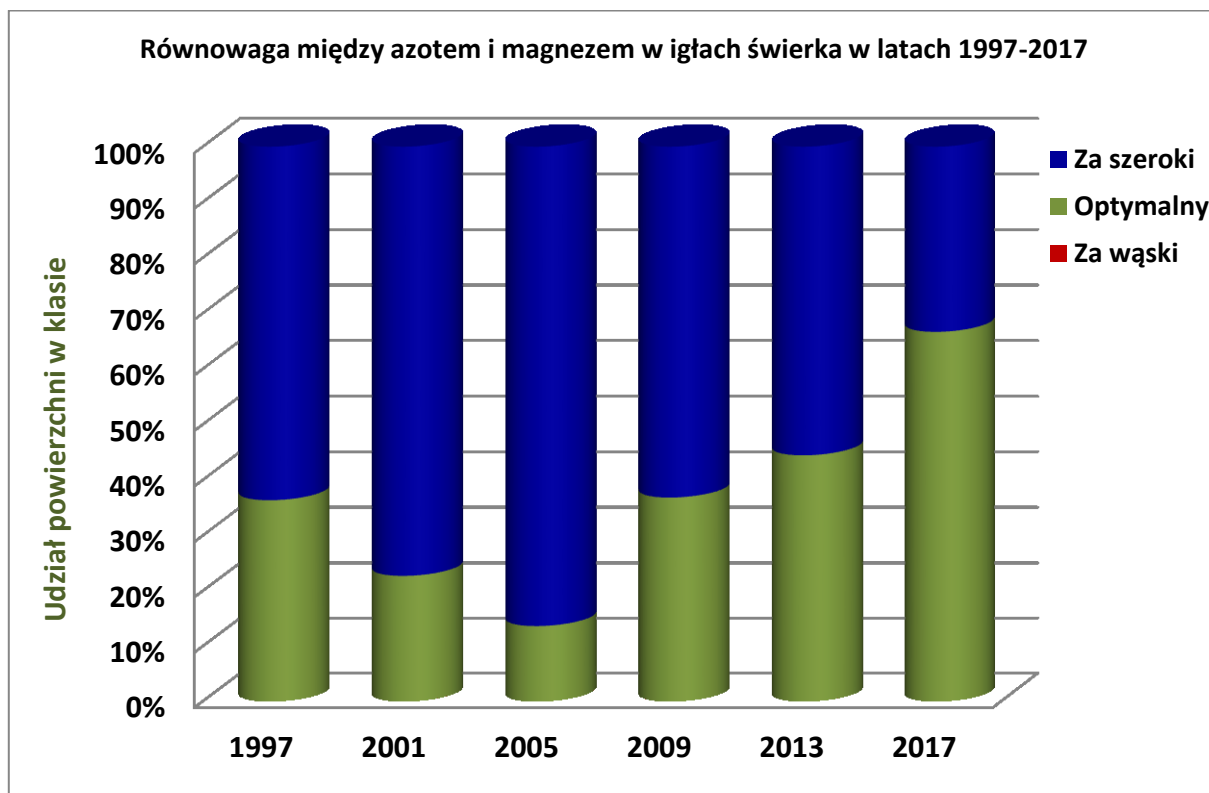
Rycina 62. Równowaga między azotem i wapniem w igłach świerka w latach 1997–2017



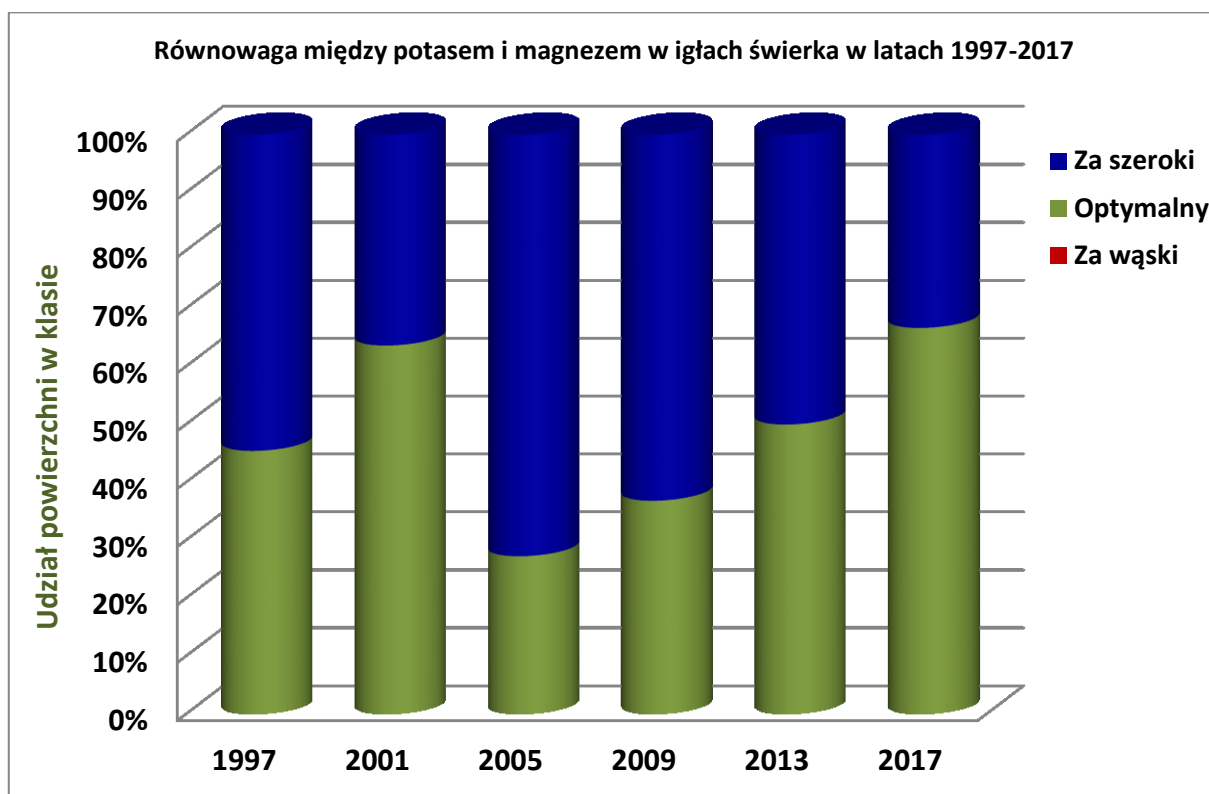
Rycina 63. Równowaga między azotem i potasem w igłach świerka w latach 1997–2017



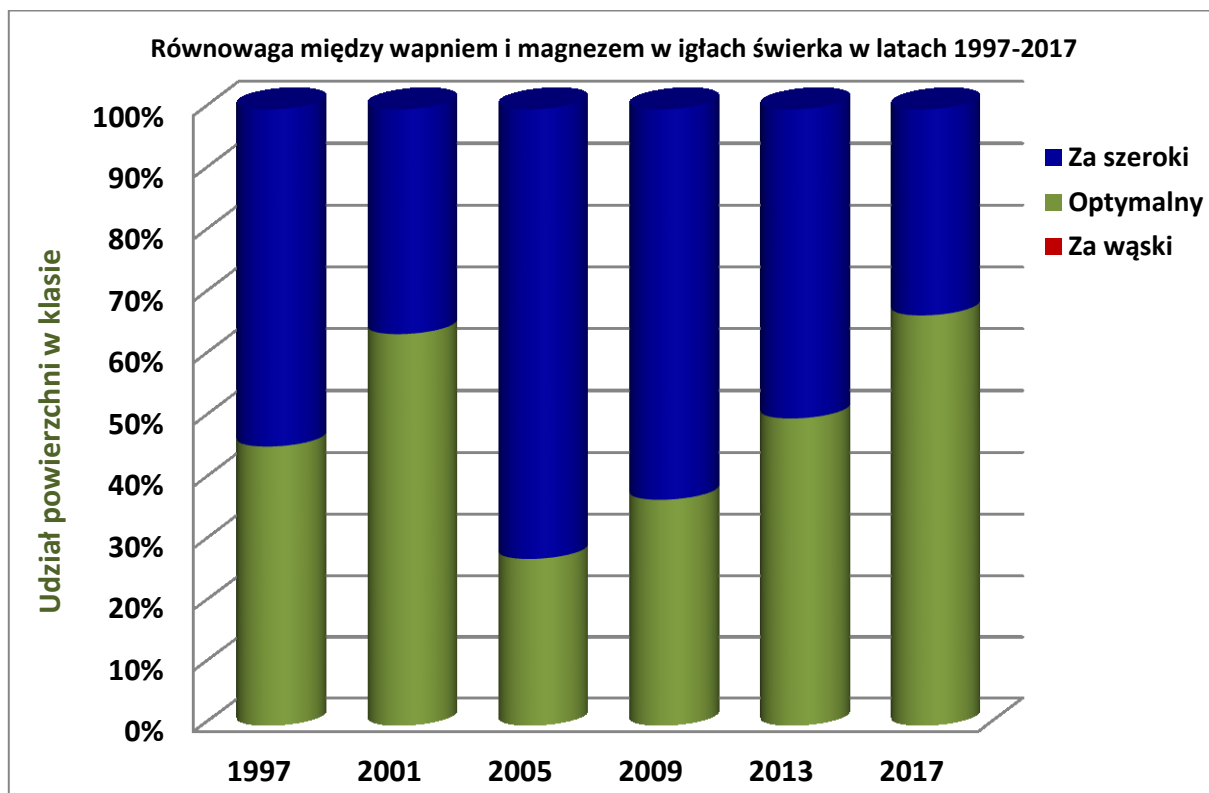
Rycina 64. Równowaga między azotem i fosforem w igłach świerka w latach 1997–2017



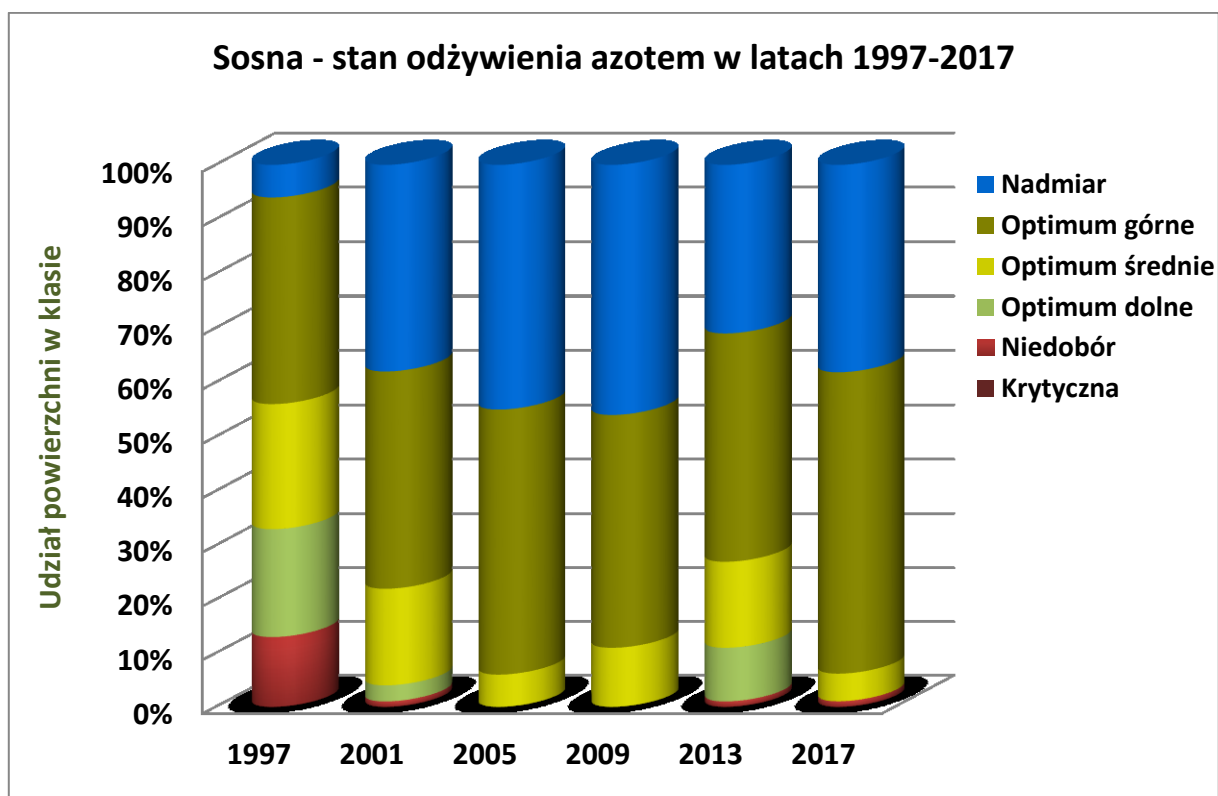
Rycina 65. Równowaga między azotem i magnezem w igłach świerka w latach 1997–2017



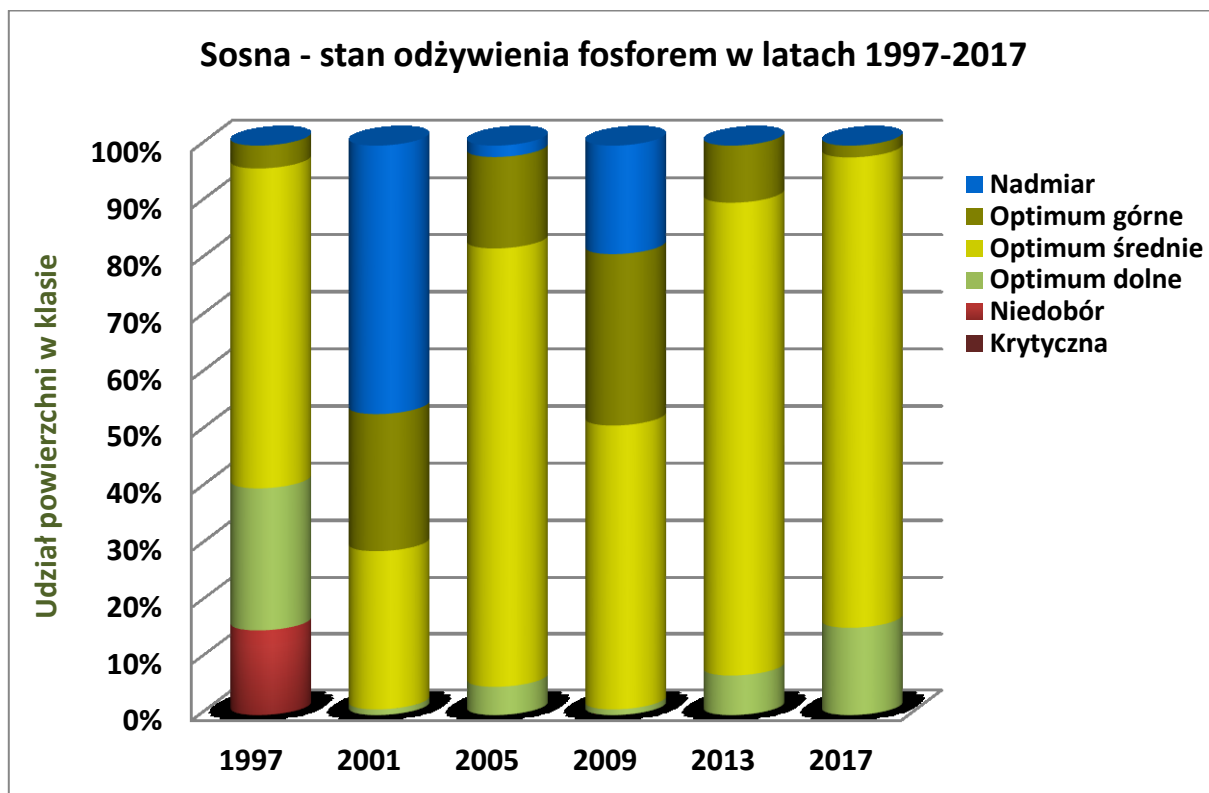
Rycina 66. Równowaga między potasem i magnezem w igłach świerka w latach 1997–2017



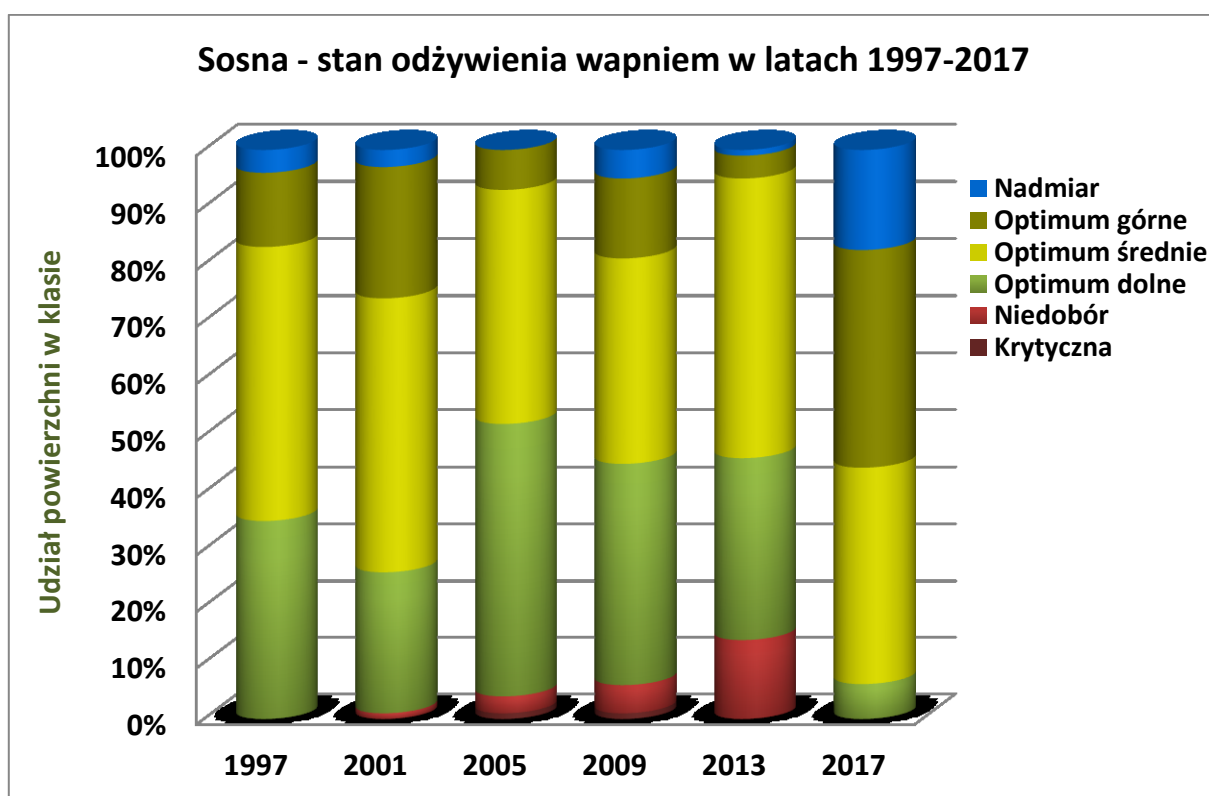
Rycina 67. Równowaga między wapniem i magnezem w igłach świerka w latach 1997–2017



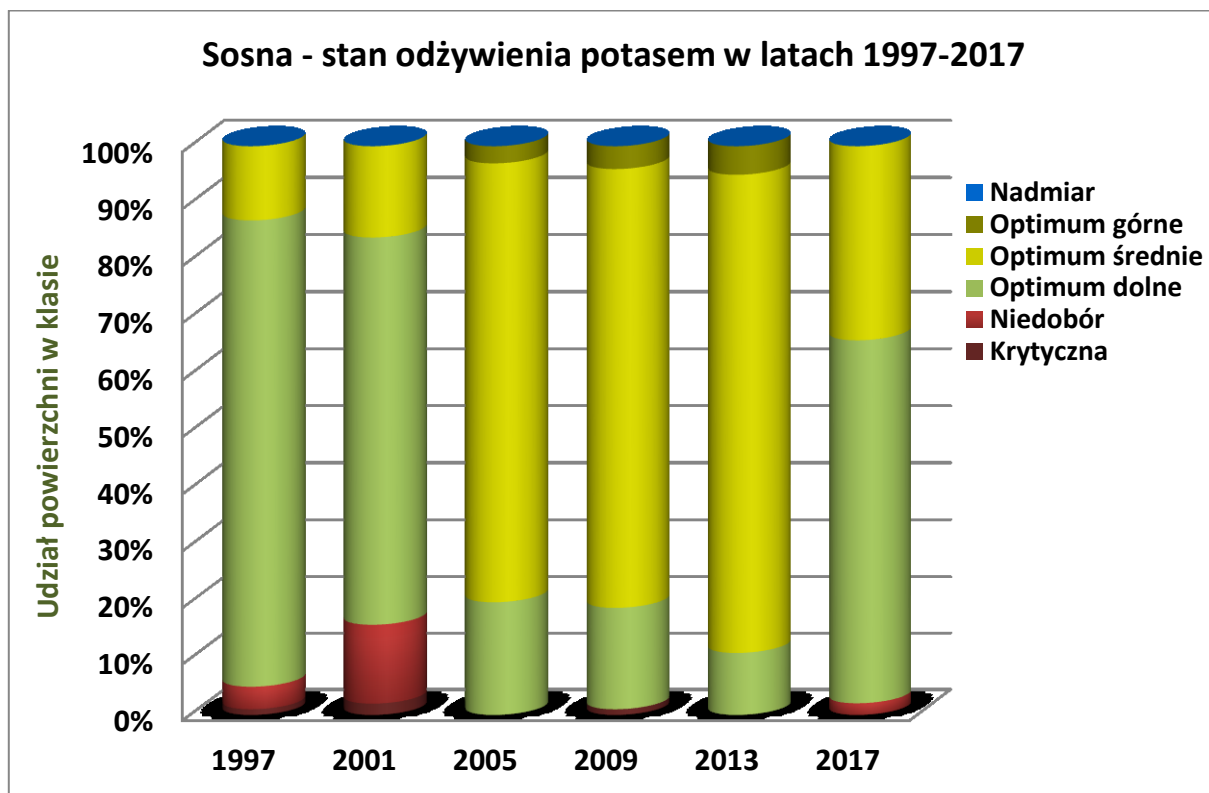
Rycina 68. Stan odżywienia drzewostanów sosnowych azotem w latach 1997–2017



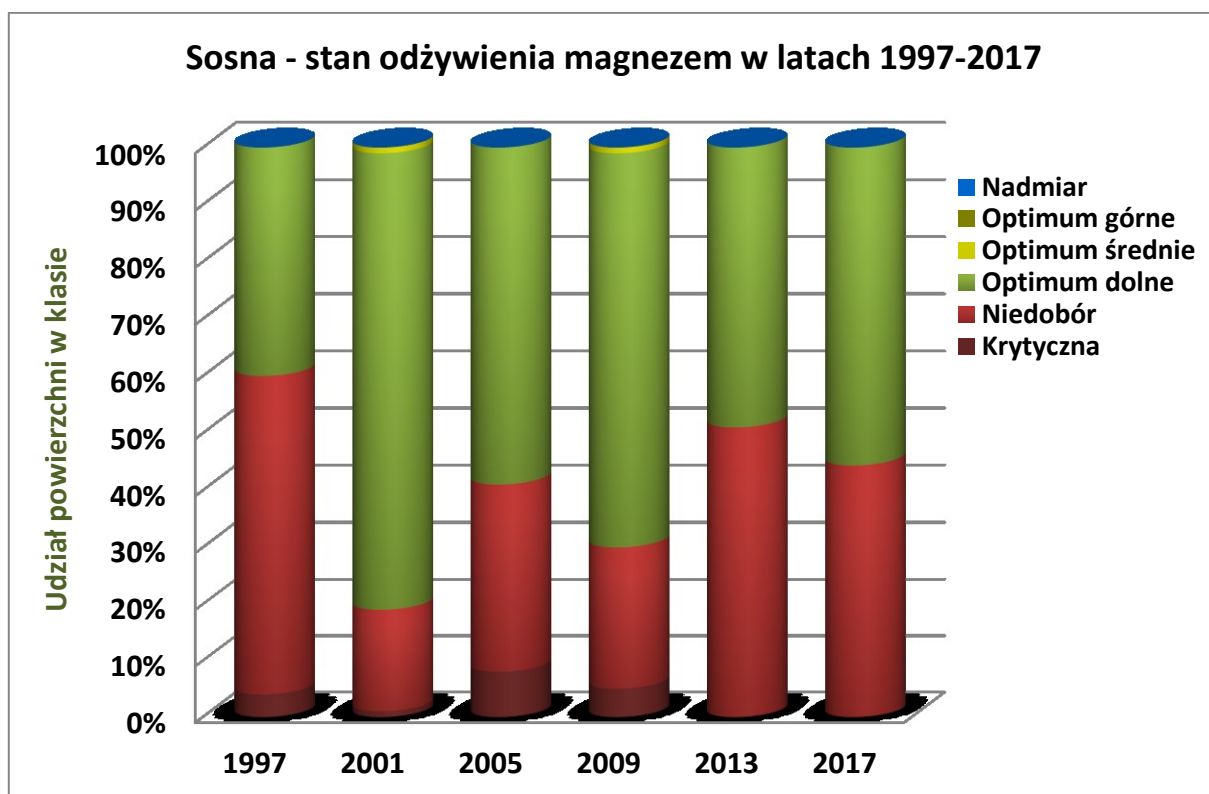
Rycina 69. Stan odżywienia drzewostanów sosnowych fosforem w latach 1997–2017



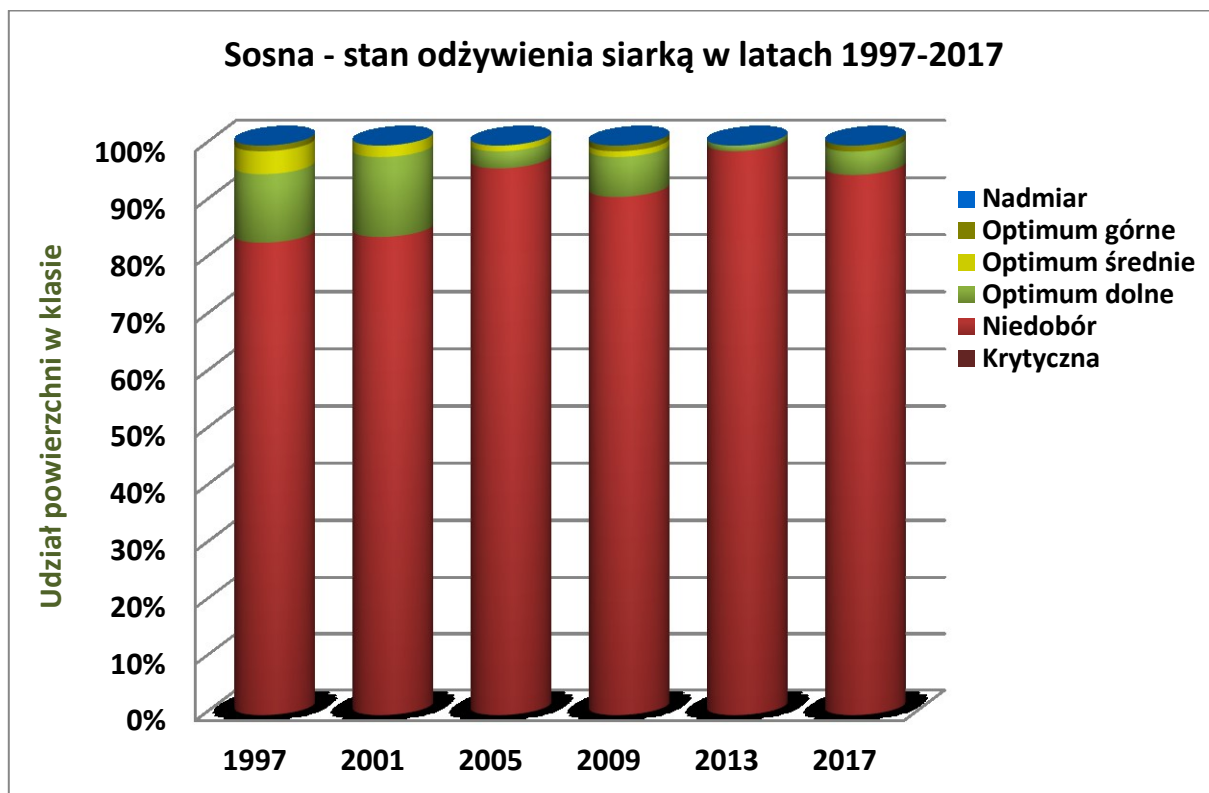
Rycina 70. Stan odżywienia drzewostanów sosnowych wapniem w latach 1997–2017



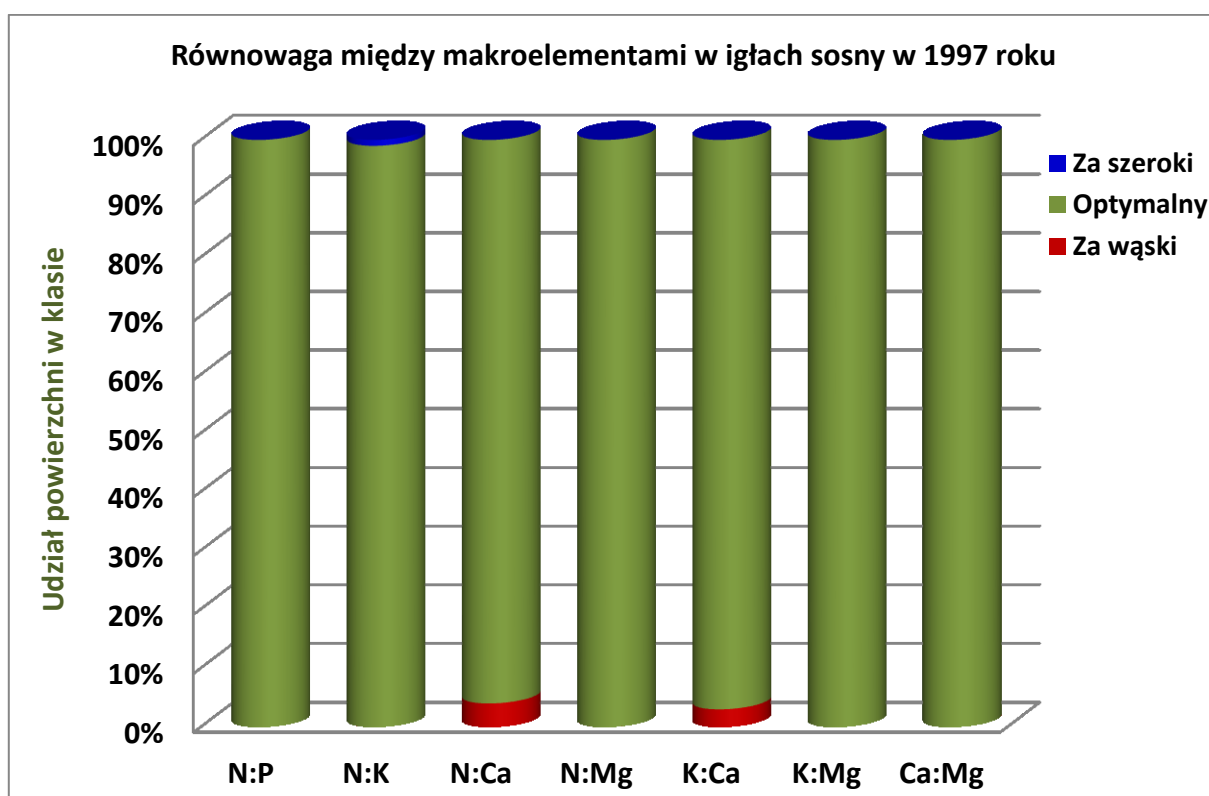
Rycina 71. Stan odżywienia drzewostanów sosnowych potasem w latach 1997–2017



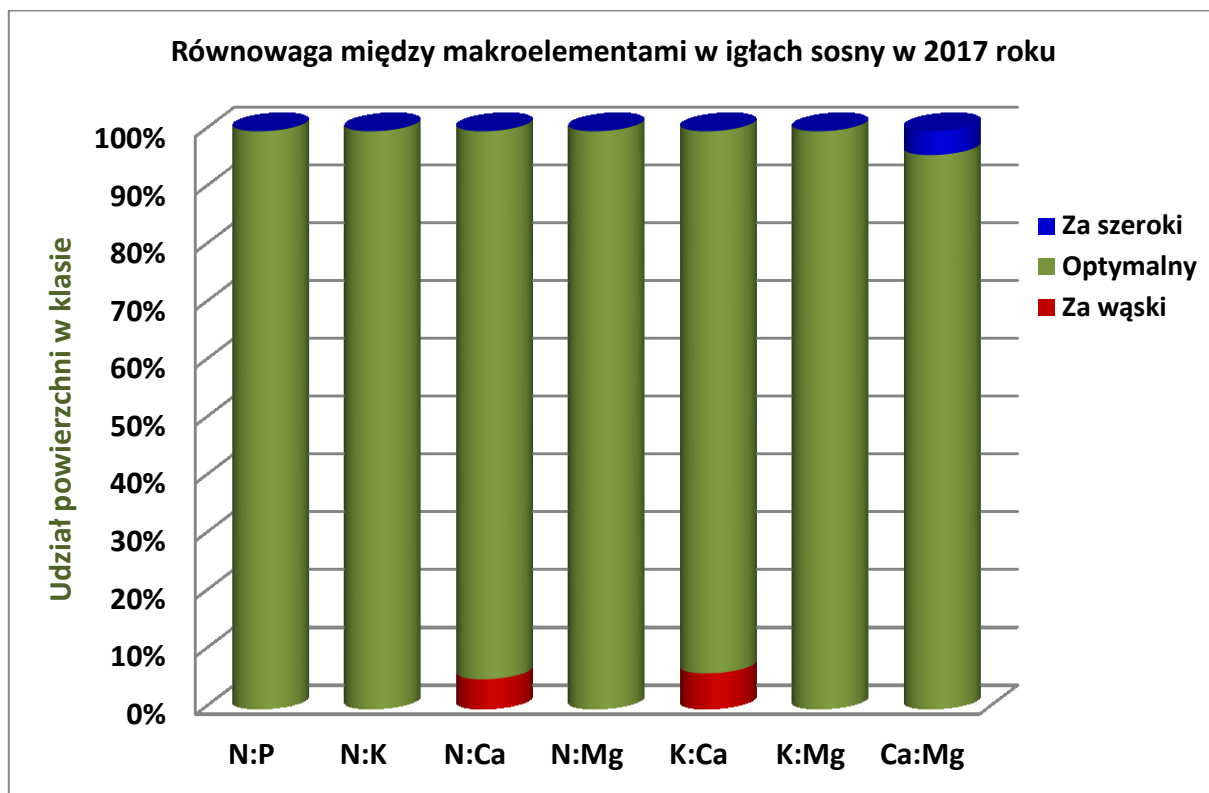
Rycina 72. Stan odżywienia drzewostanów sosnowych magnezem w latach 1997–2017



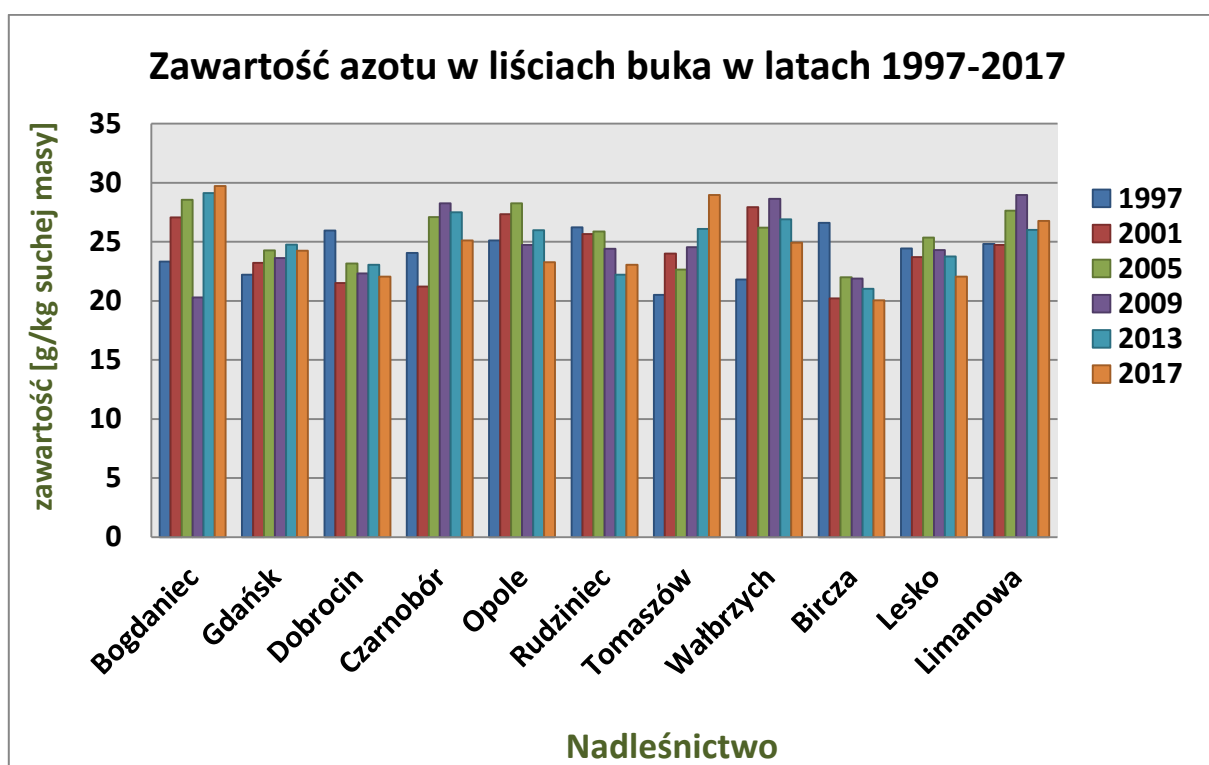
Rycina 73. Stan odżywienia drzewostanów sosnowych siarką w latach 1997–2017



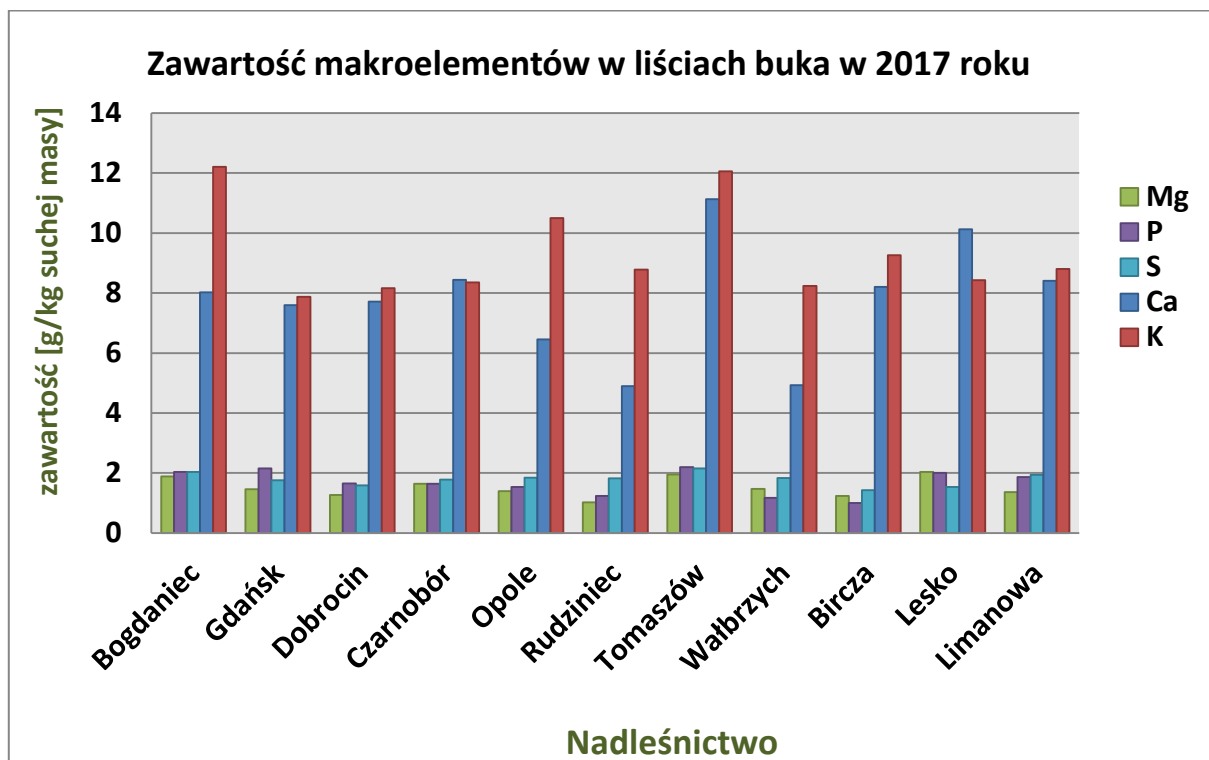
Rycina 74. Równowaga między makroelementami w igłach sosny w 1997 roku



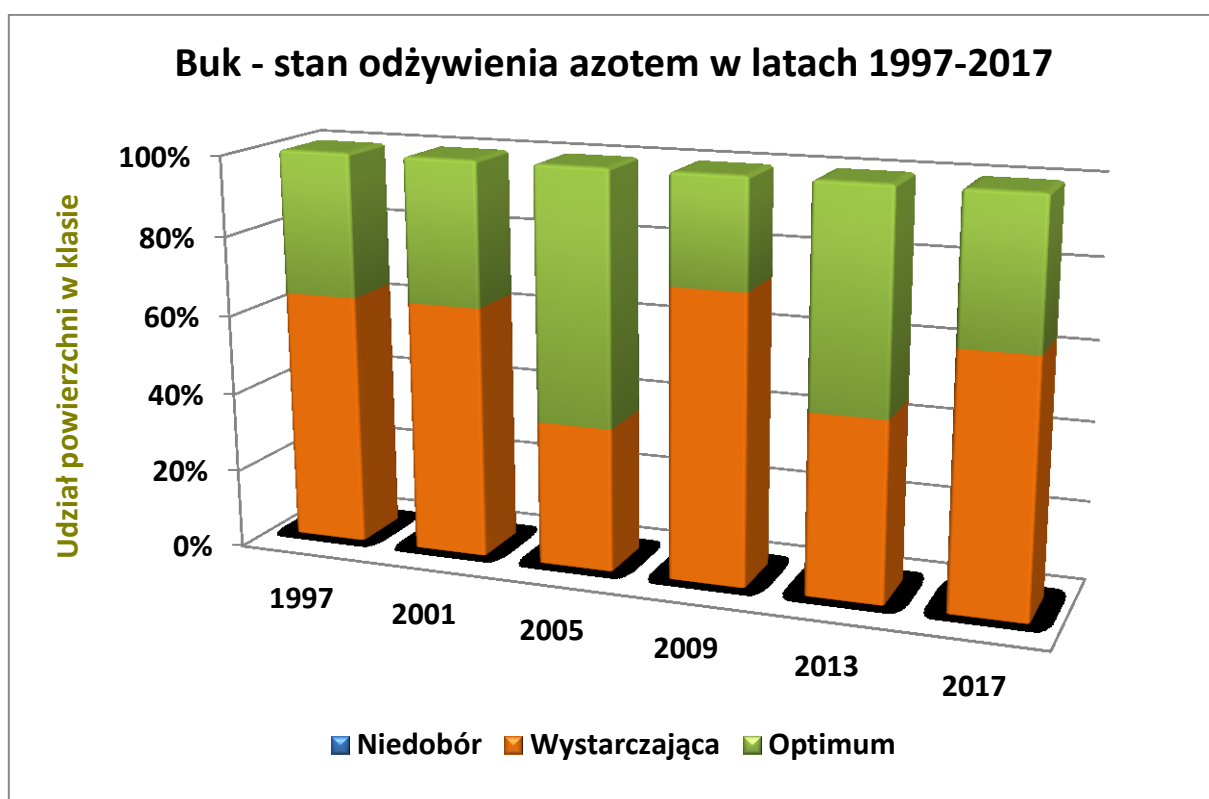
Rycina 75. Równowaga między makroelementami w igłach sosny w 2017 roku



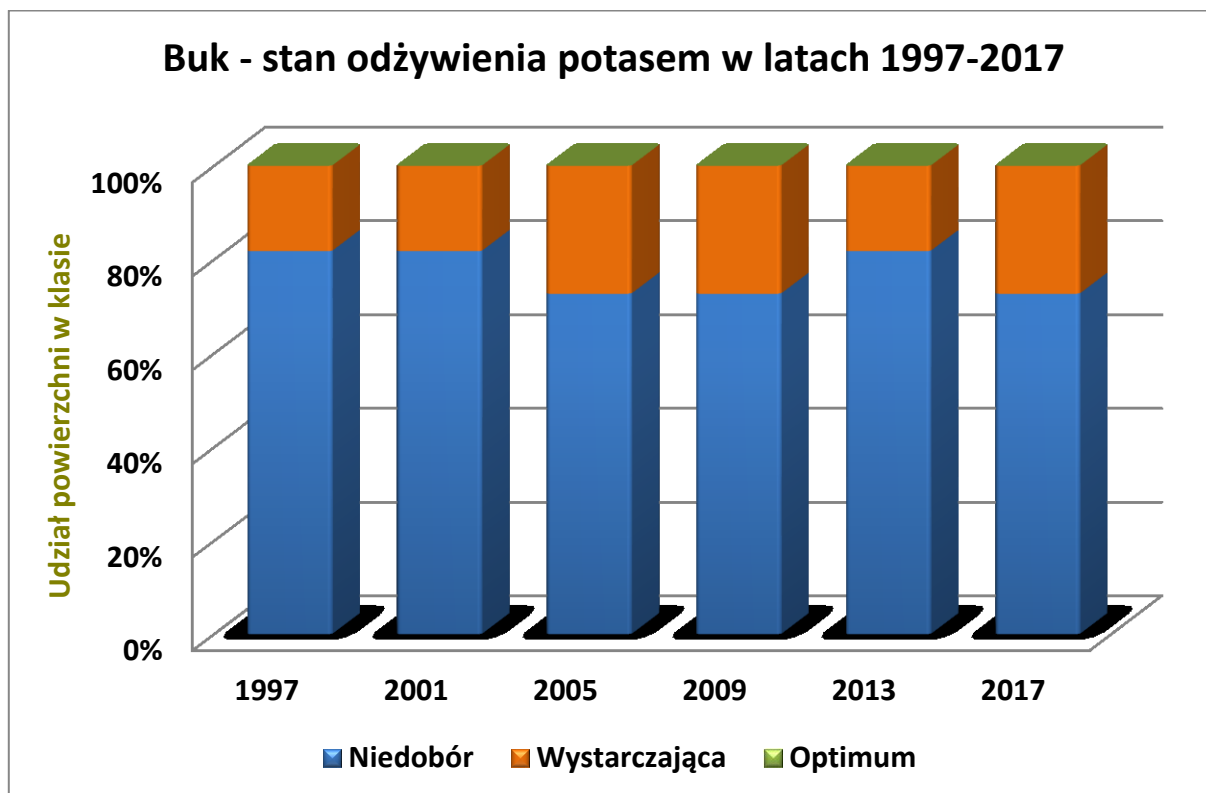
Rycina 76. Zawartość azotu w liściach buka w latach 1997–2017



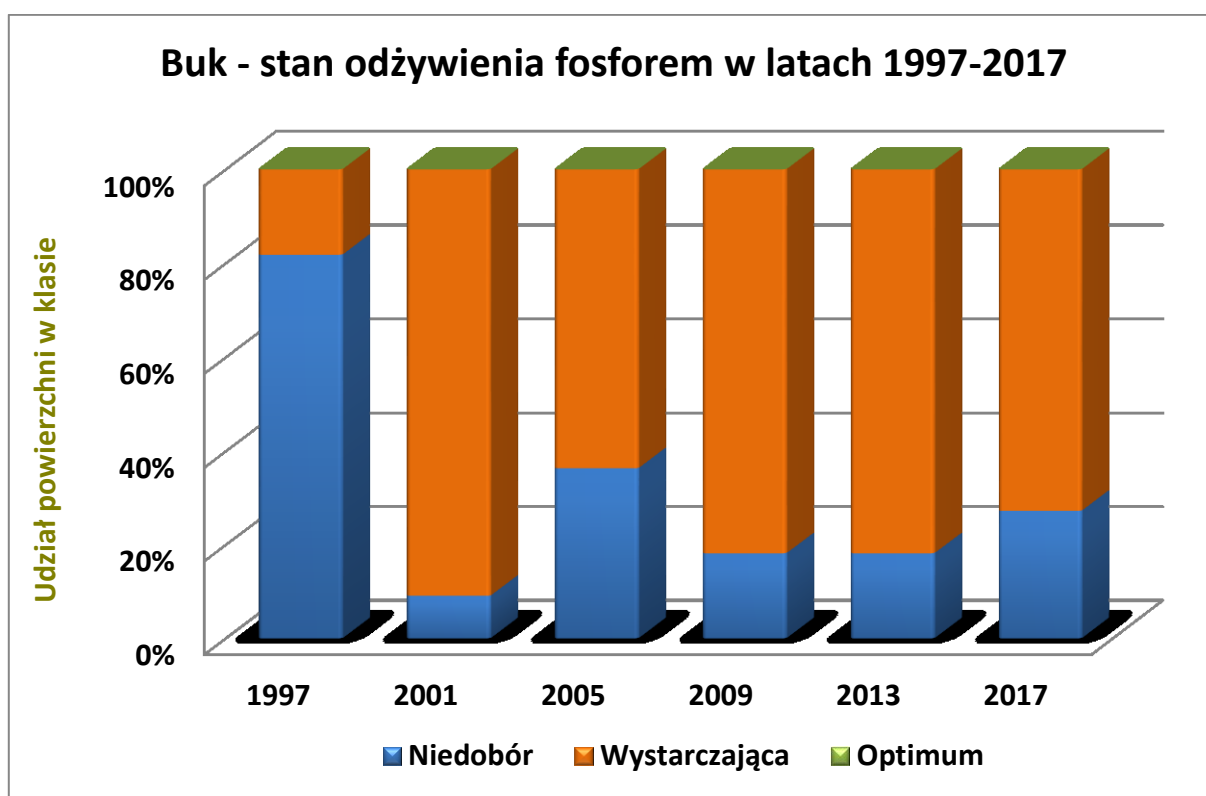
Rycina 77. Zawartość makroelementów w liściach buka w 2017 roku



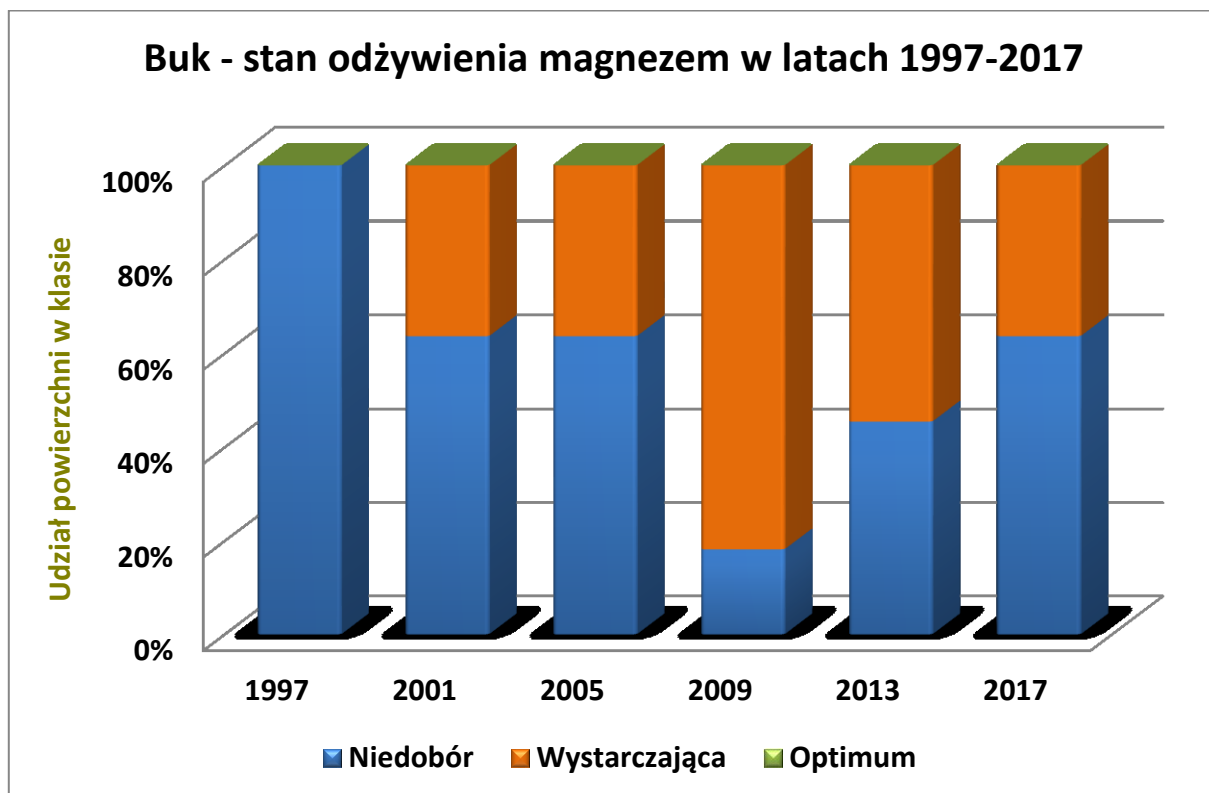
Rycina 78. Stan odżywienia drzewostanów bukowych azotem w latach 1997–2017



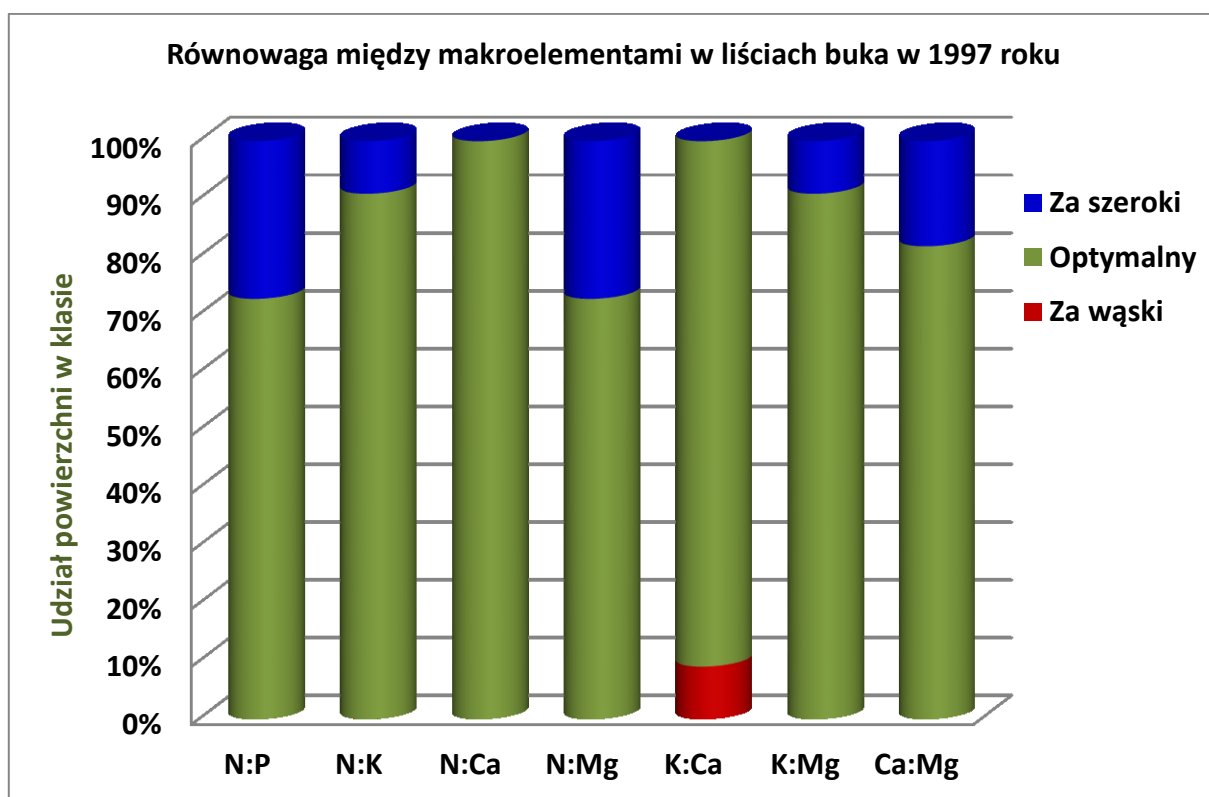
Rycina 79. Stan odżywienia drzewostanów bukowych potasem w latach 1997–2017



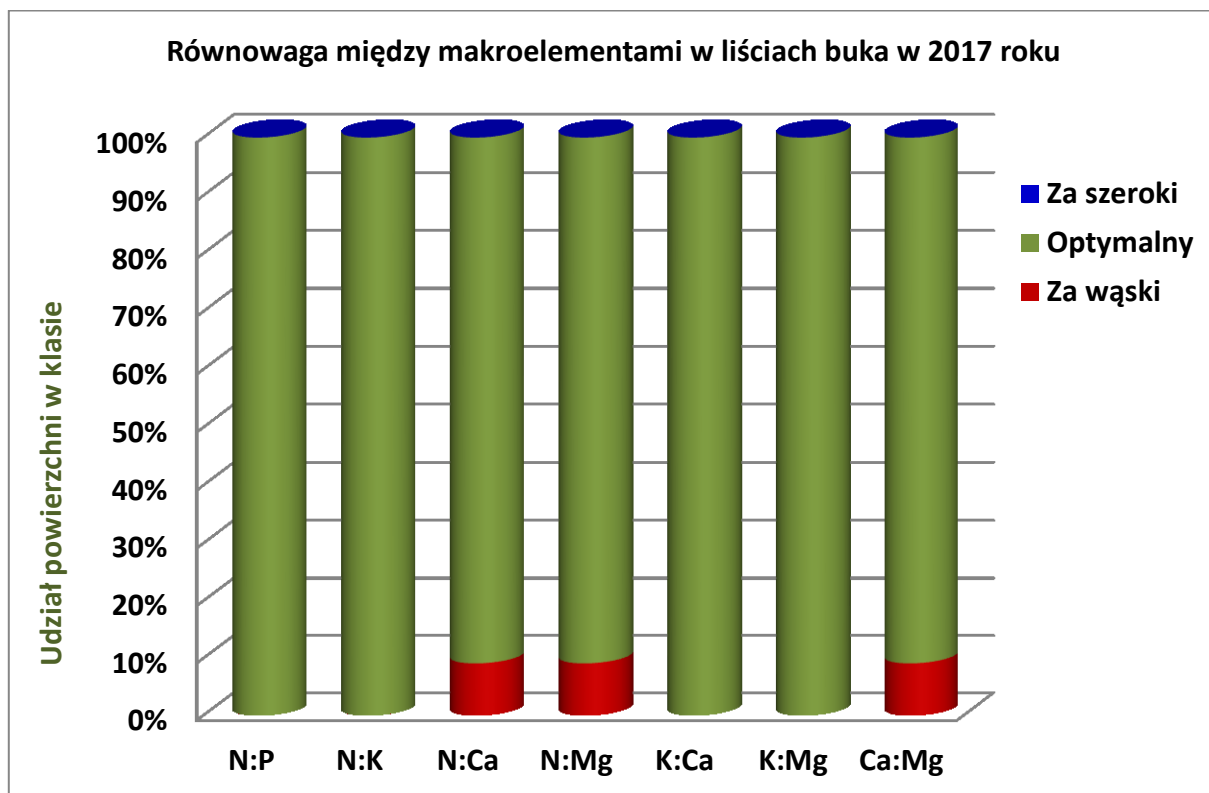
Rycina 80. Stan odżywienia drzewostanów bukowych fosforem w latach 1997–2017



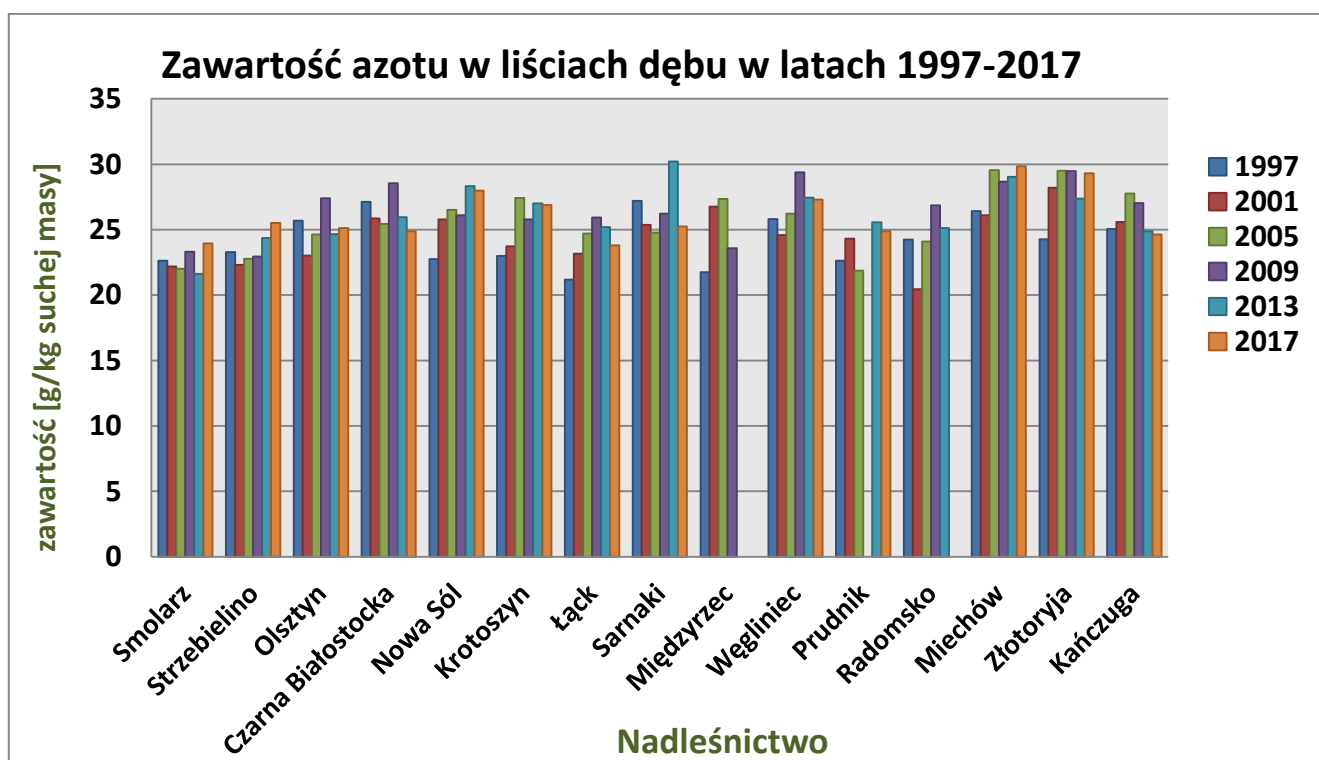
Rycina 81. Stan odżywienia drzewostanów bukowych magnezem w latach 1997–2017



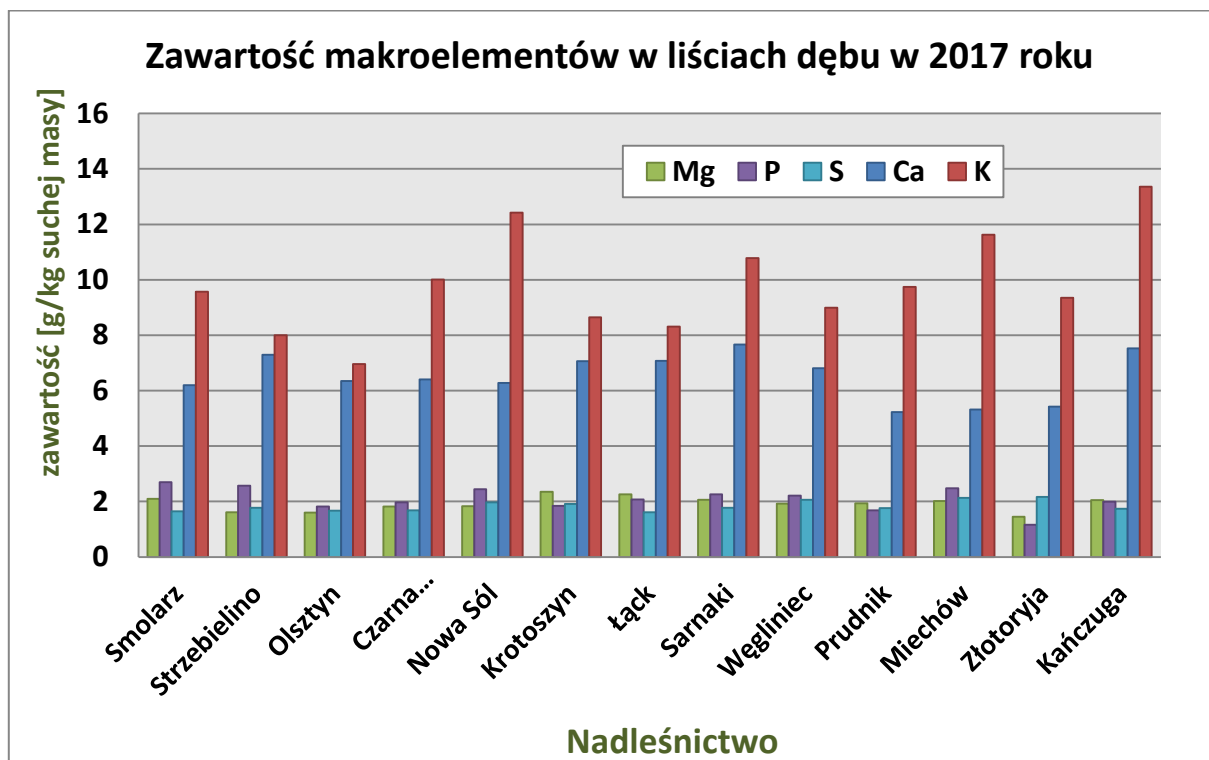
Rycina 82. Równowaga między makroelementami w liściach buka w 1997 roku



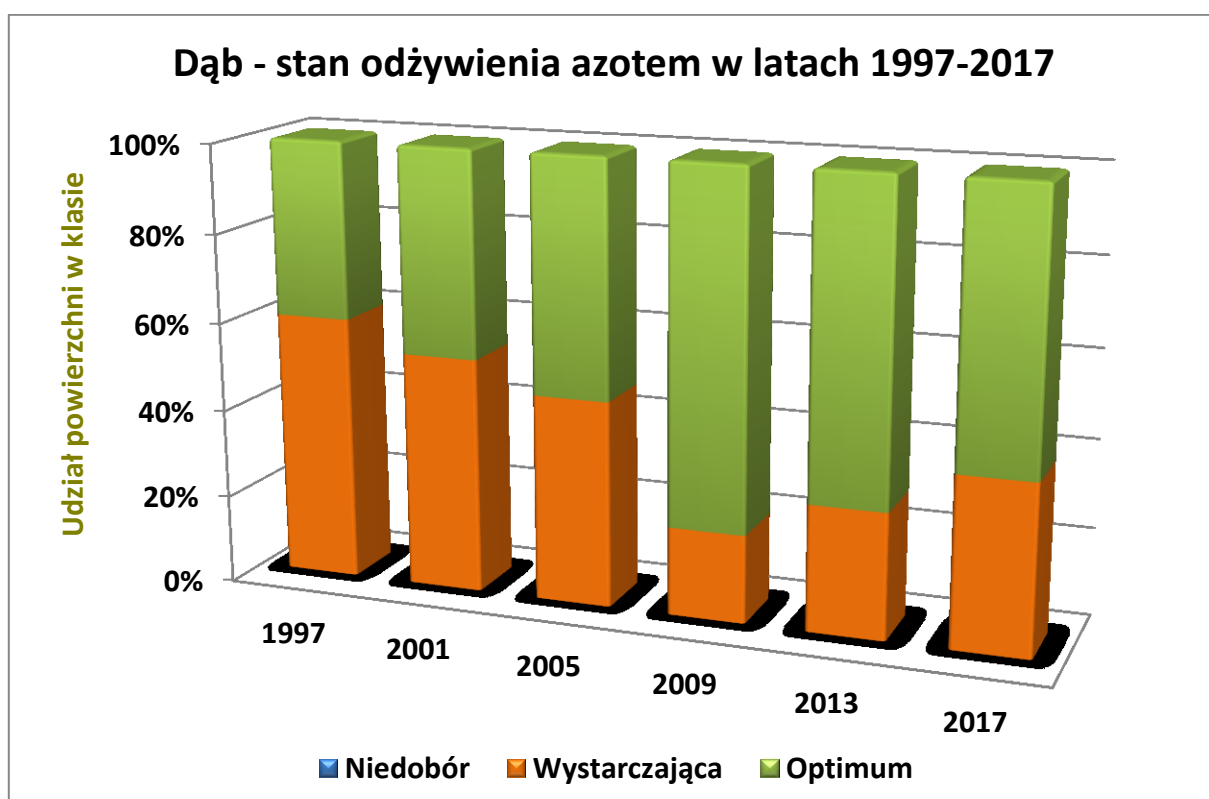
Rycina 83. Równowaga między makroelementami w liściach buka w 2017 roku



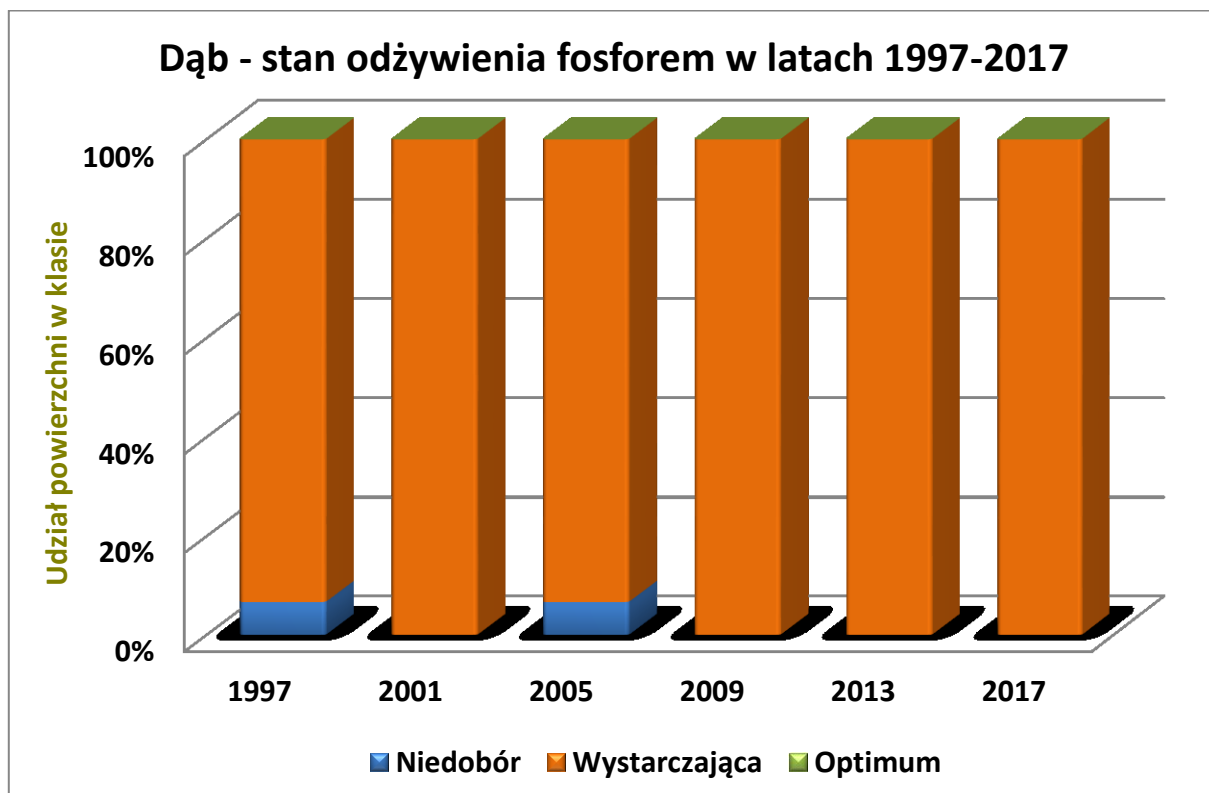
Rycina 84. Zawartość azotu w liściach dębu w latach 1997–2017



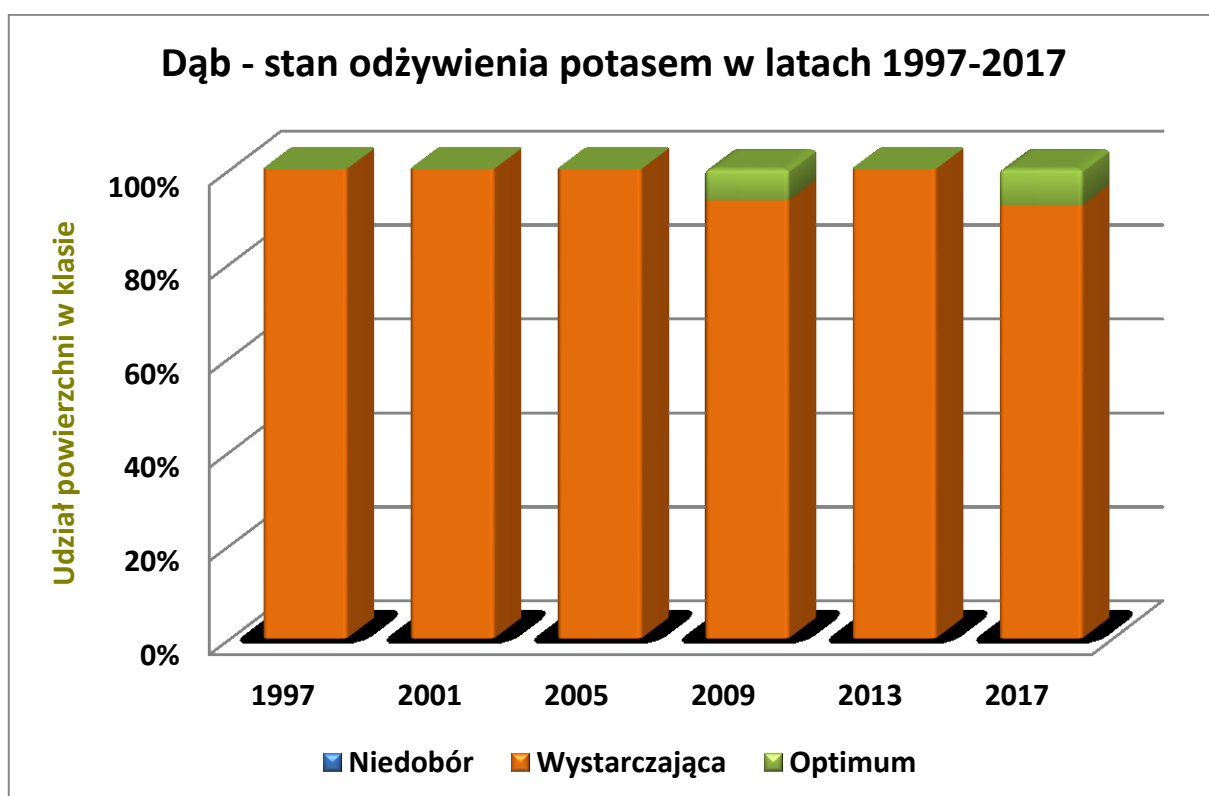
Rycina 85. Zawartość makroelementów w liściach dębu w 2017 roku



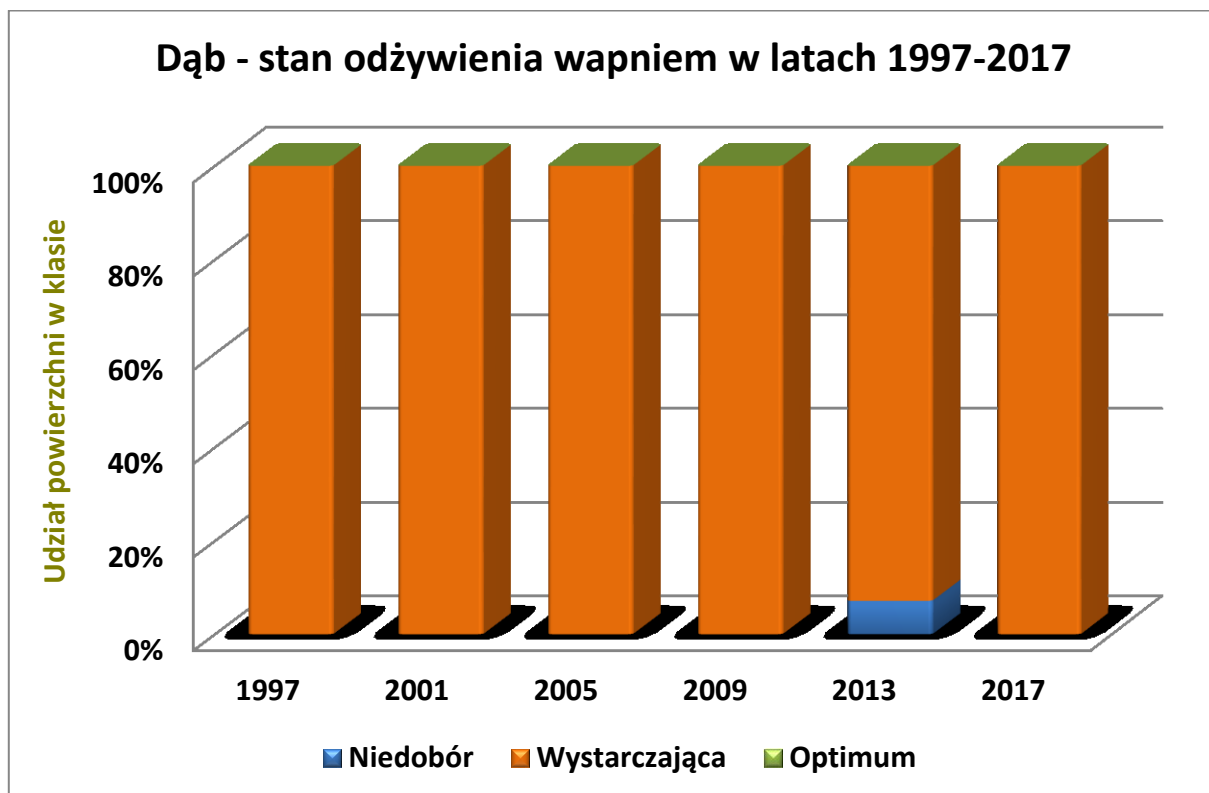
Rycina 86. Stan odżywienia drzewostanów dębowych azotem w latach 1997–2017



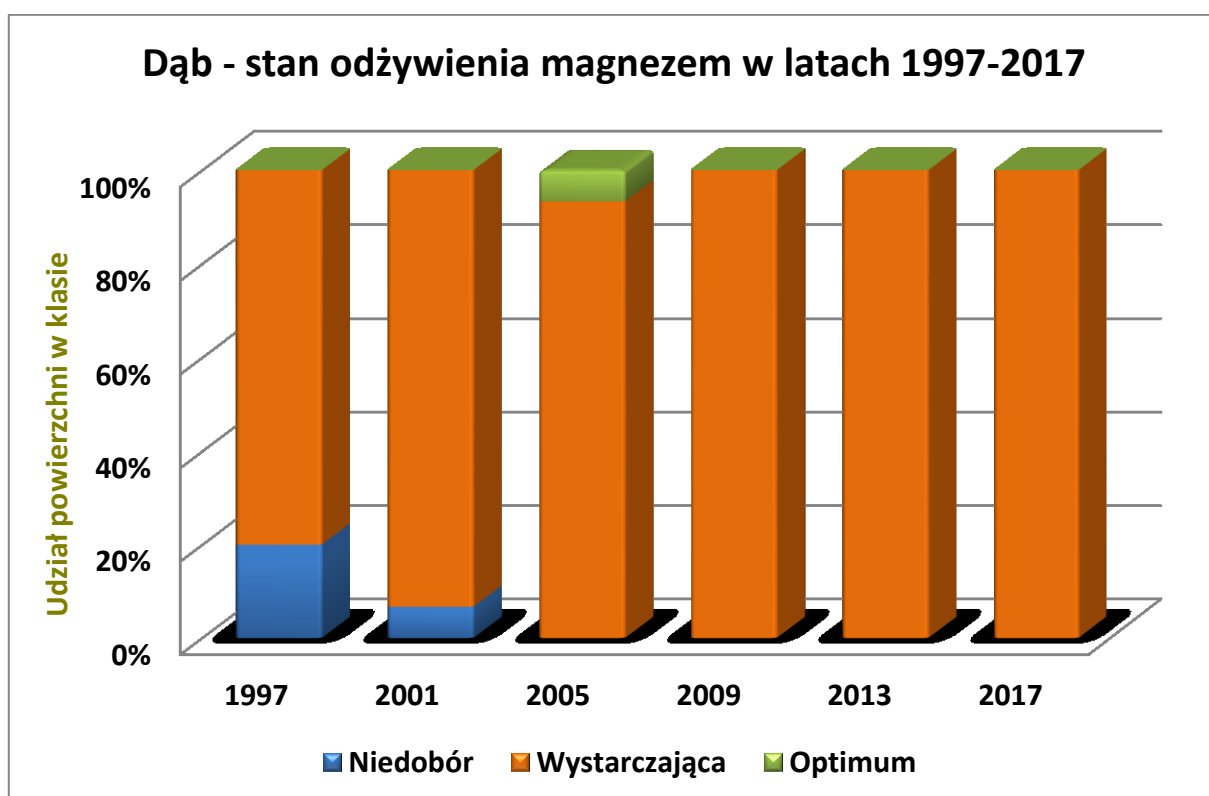
Rycina 87. Stan odżywienia drzewostanów dębowych fosforem w latach 1997–2017



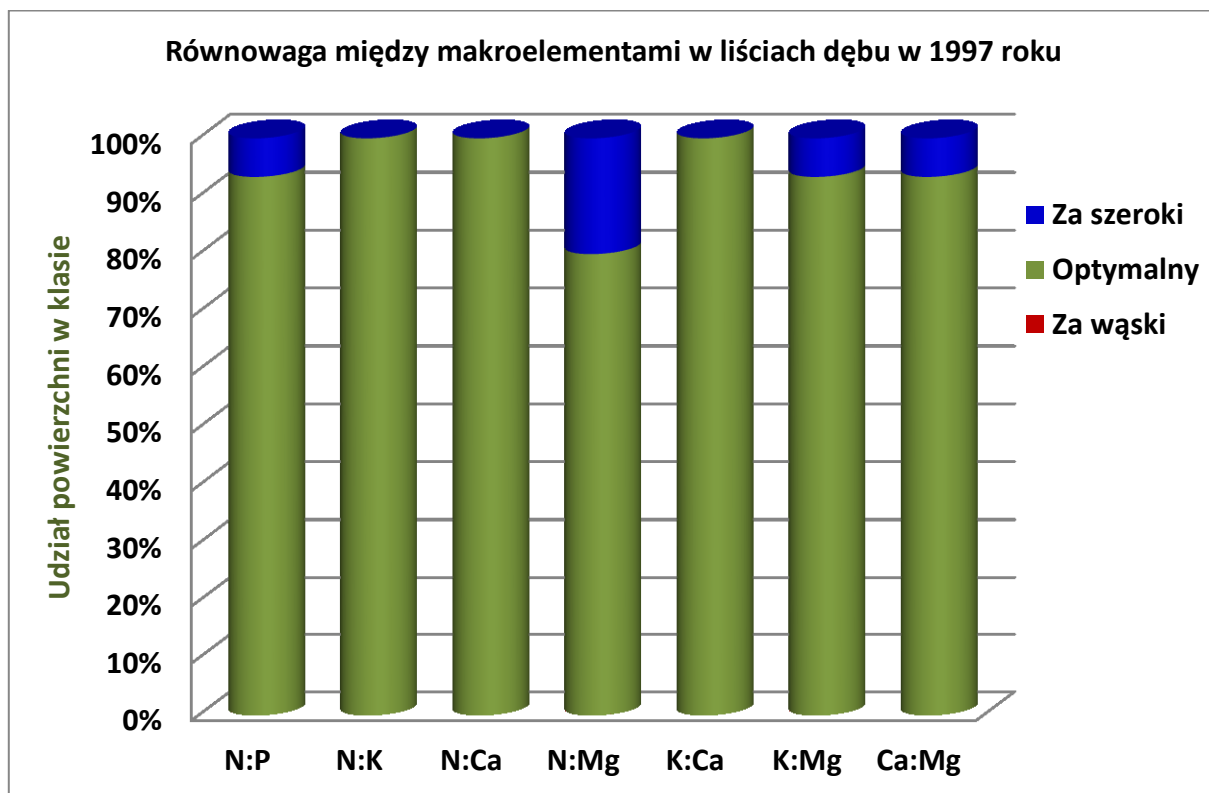
Rycina 88. Stan odżywienia drzewostanów dębowych potasem w latach 1997–2017



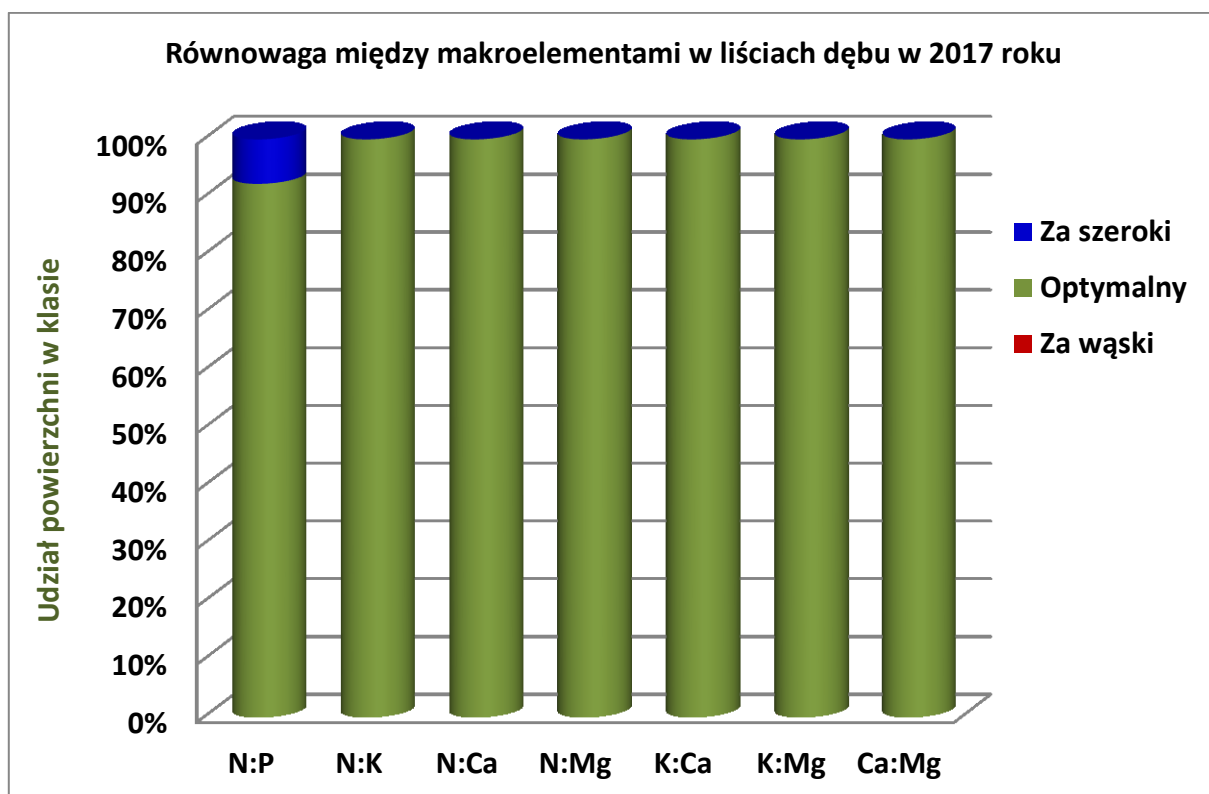
Rycina 89. Stan odżywienia drzewostanów dębowych wapniem w latach 1997–2017



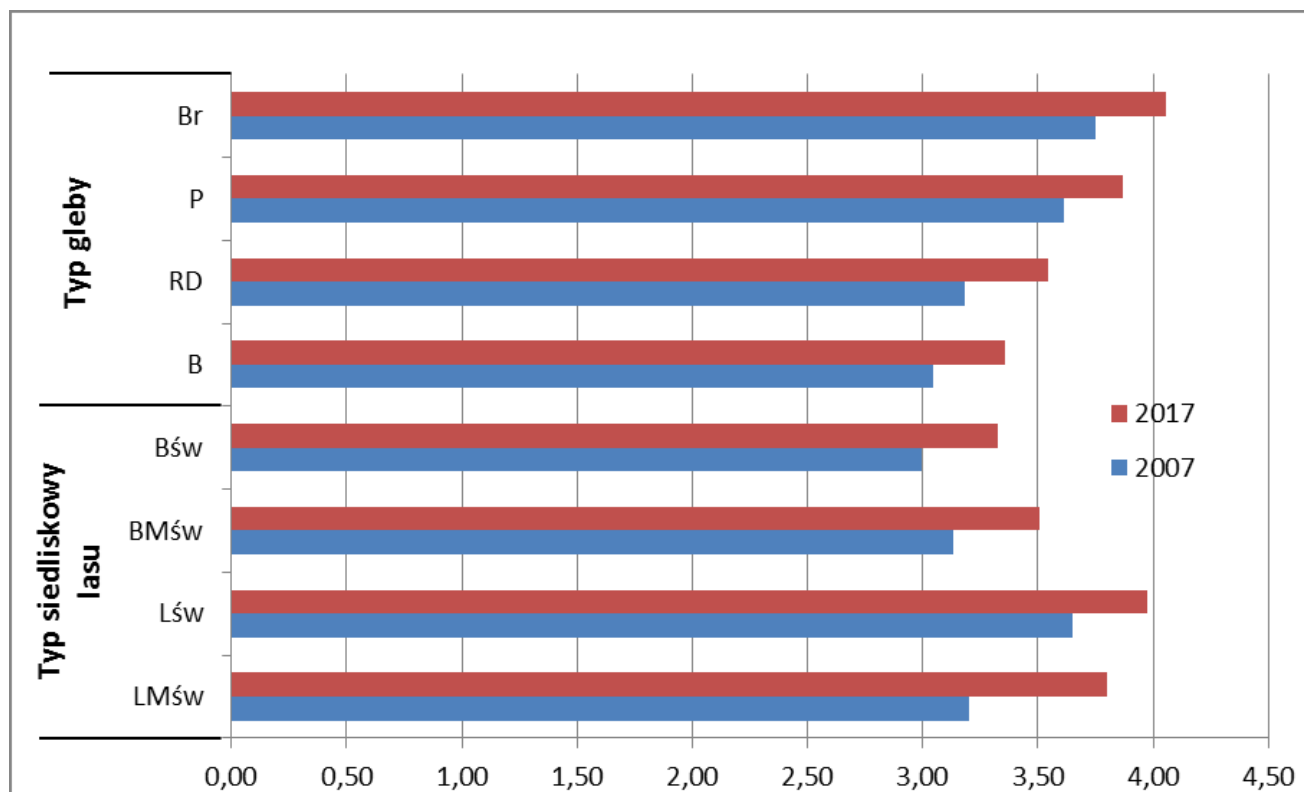
Rycina 90. Stan odżywienia drzewostanów dębowych magnezem w latach 1997–2017



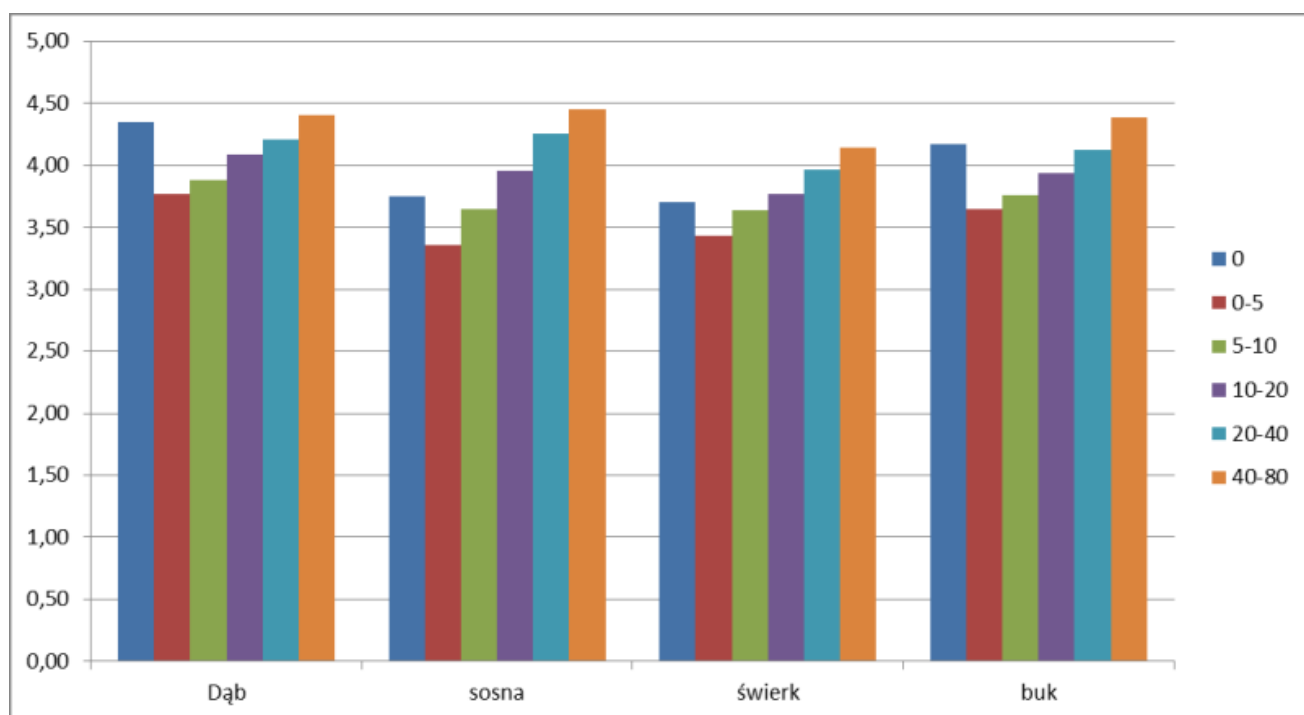
Rycina 91. Równowaga między makroelementami w liściach dębu w 1997 roku



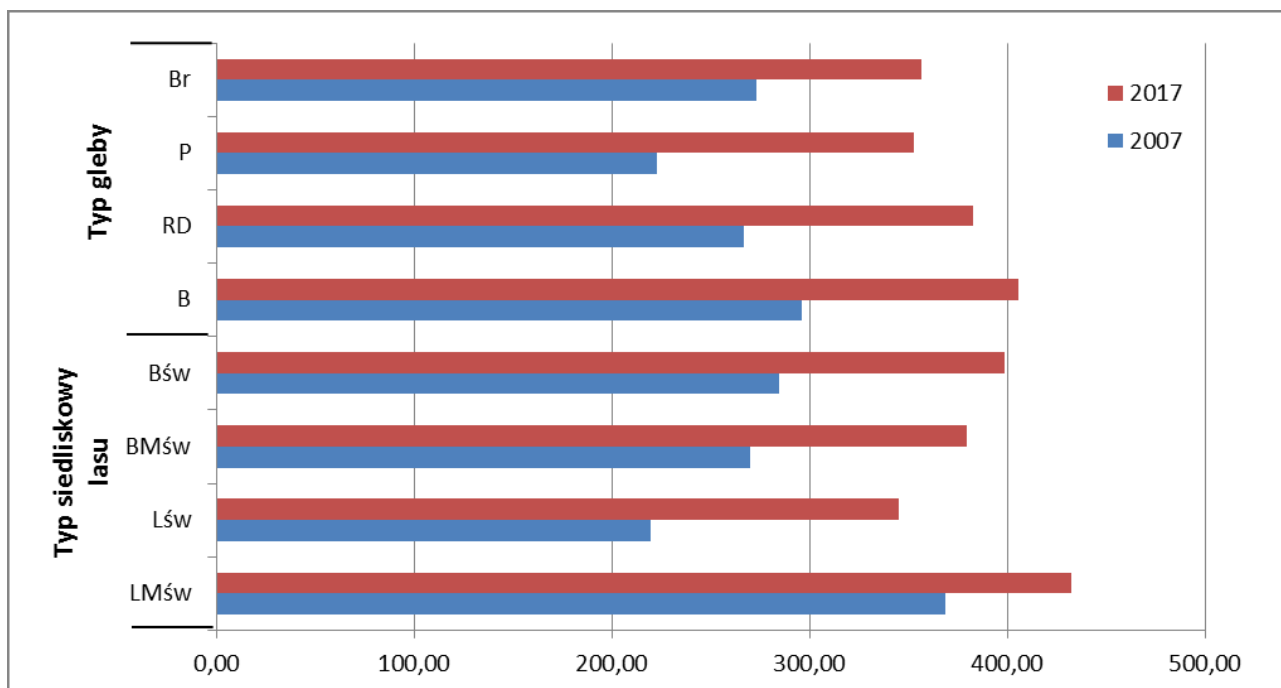
Rycina 92. Równowaga między makroelementami w liściach dębu w 2017 roku



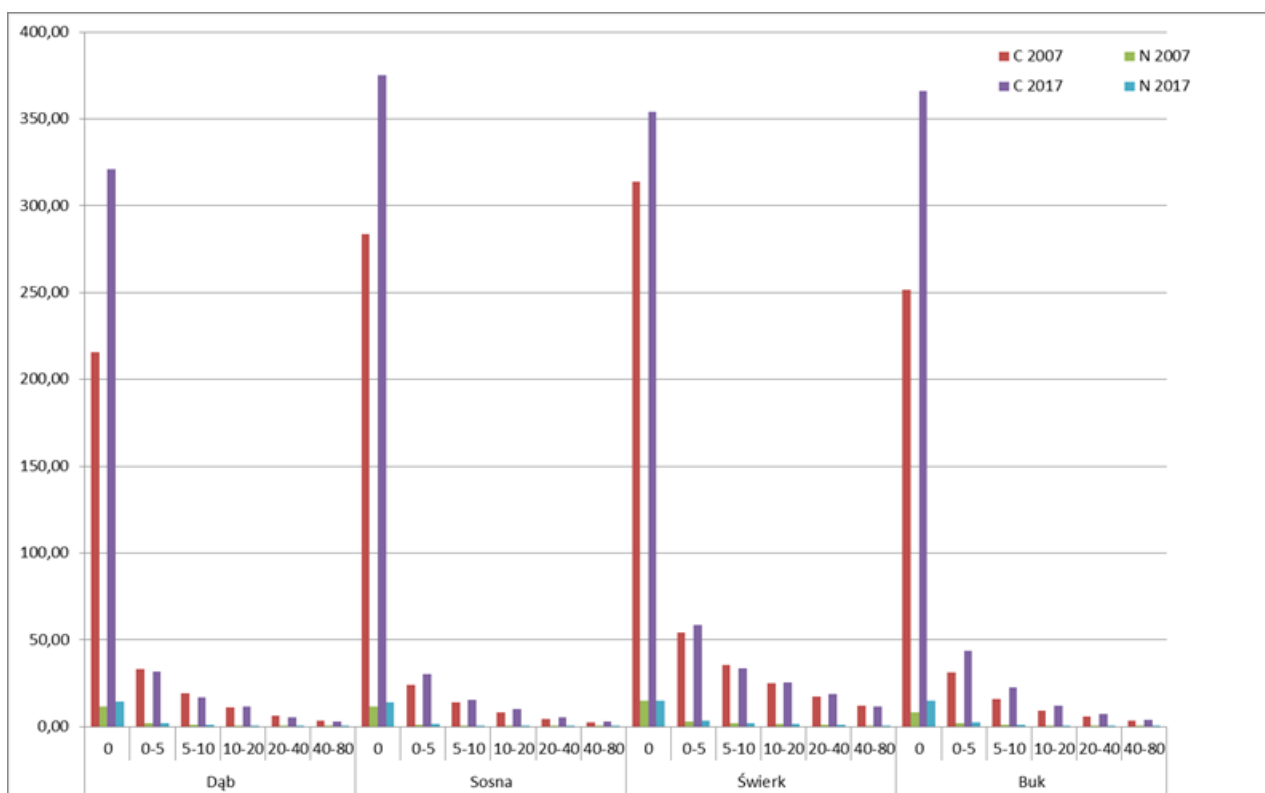
Rycina 93. Zmienność odczynu na przestrzeni 10 lat w zależności od siedliska i typu gleby



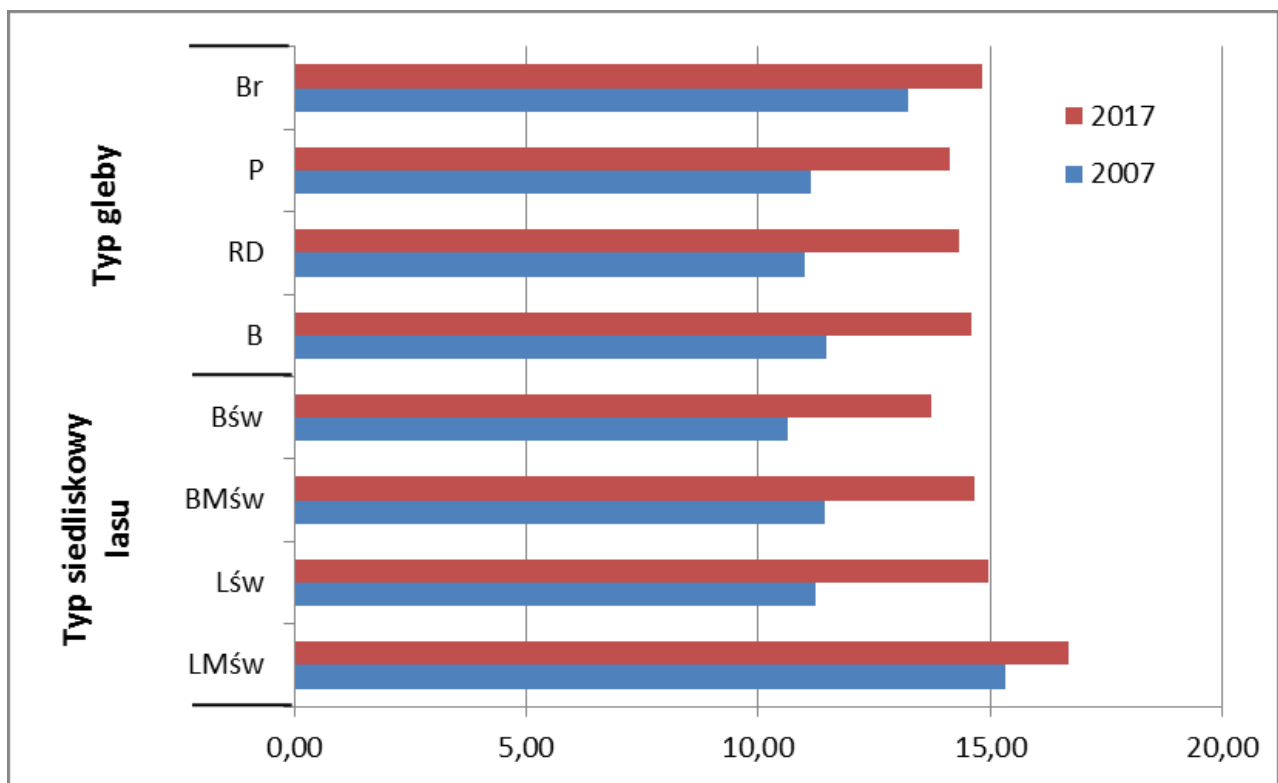
Rycina 94. Odczyn gleb w zależności od gatunku panującego



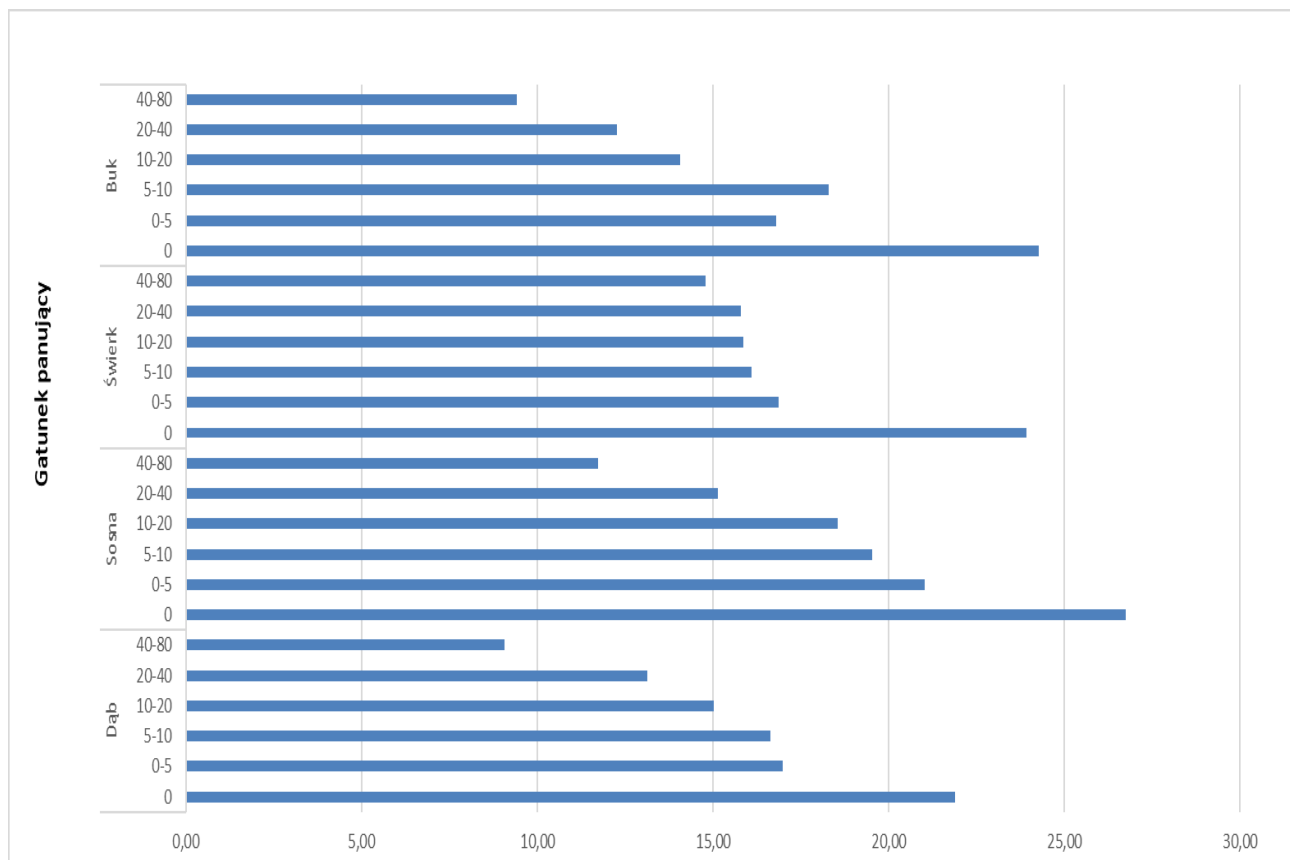
Rycina 95. Zawartość węgla (C) [g/kg] w ektopróchnicach w zależności od typu siedliskowego lasu i typu gleby



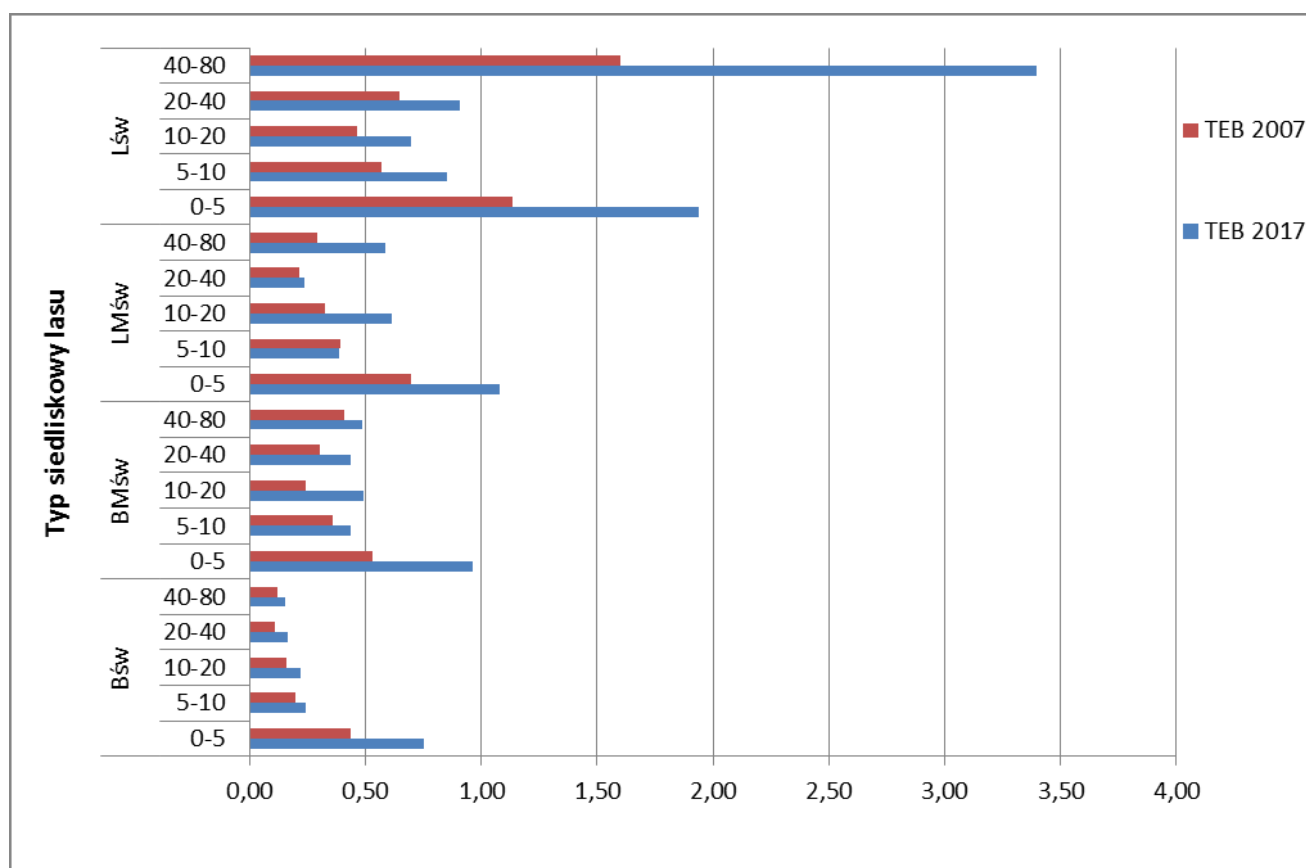
Rycina 96. Średnie zawartości węgla (C) i azotu (N) [g/kg] pod różnymi gatunkami drzewostanów w latach 2007–2017



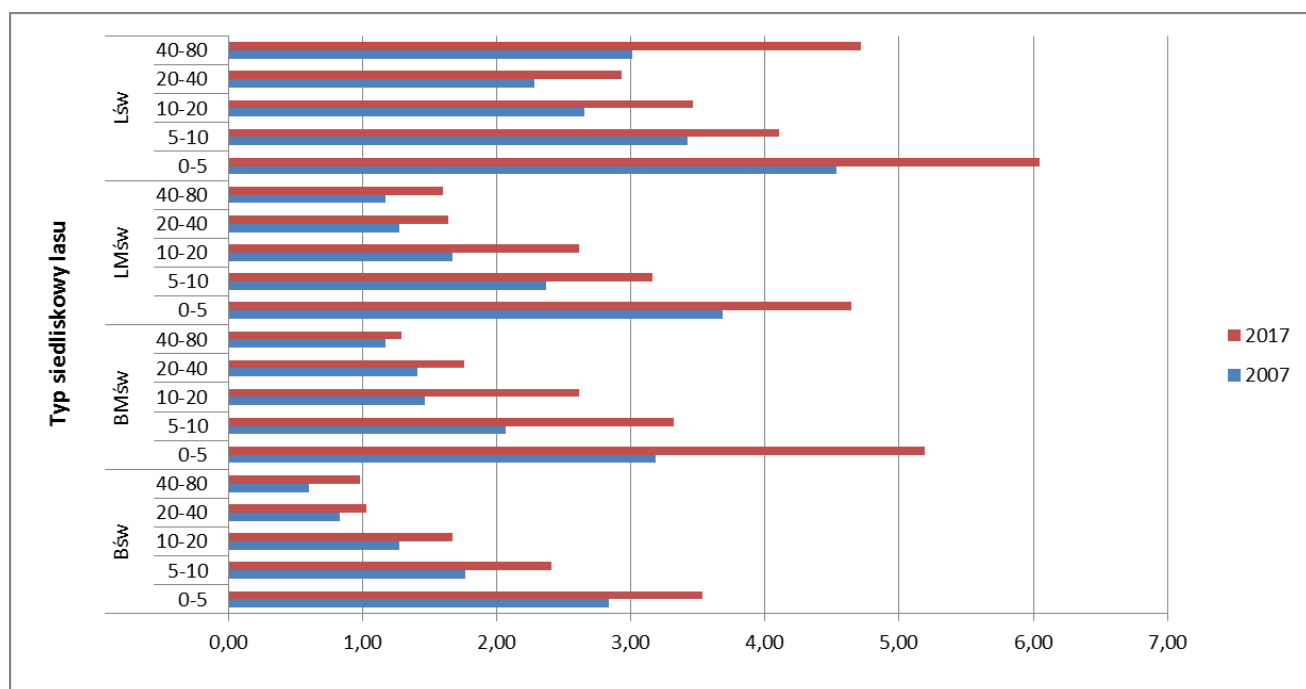
Rycina 97. Zawartość azotu (N) [g/kg] w ektopróchnicach w zależności od typu siedliskowego lasu i typu gleby



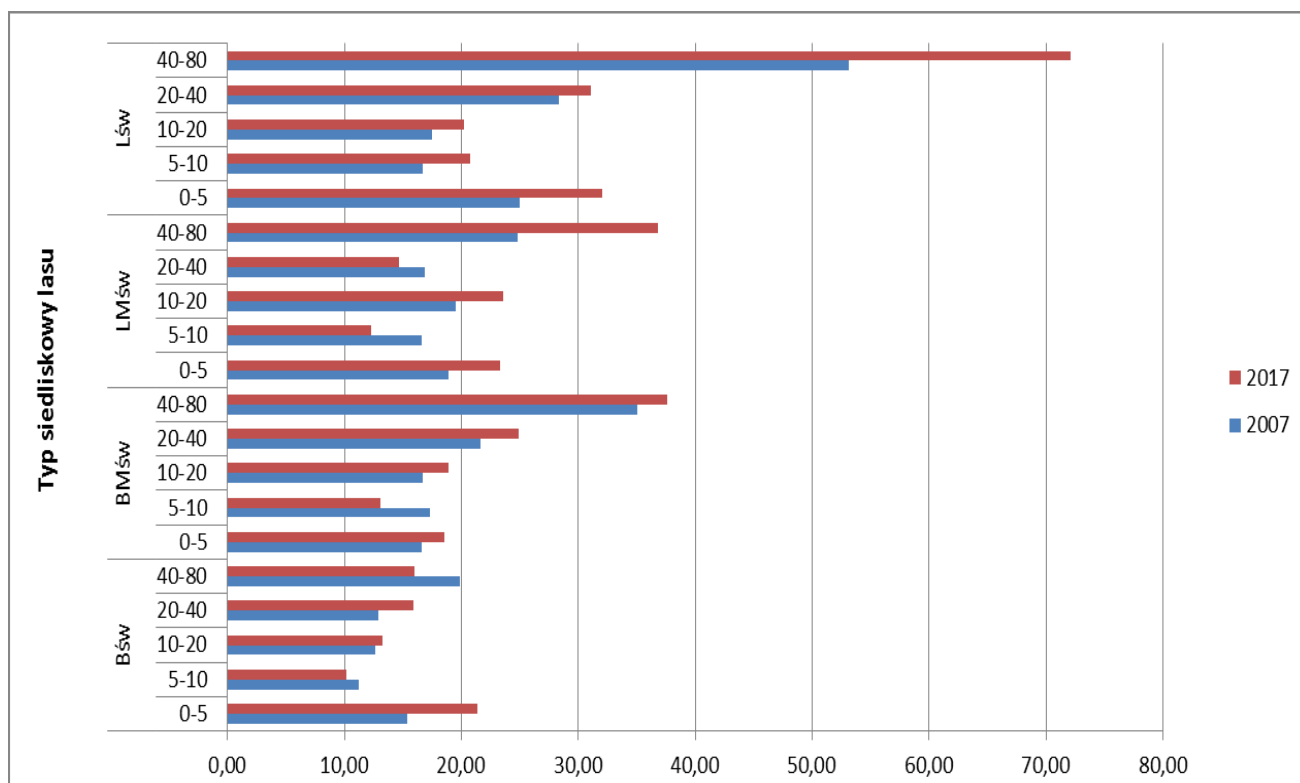
Rycina 98. Średni dla gatunku stosunek C:N w glebach



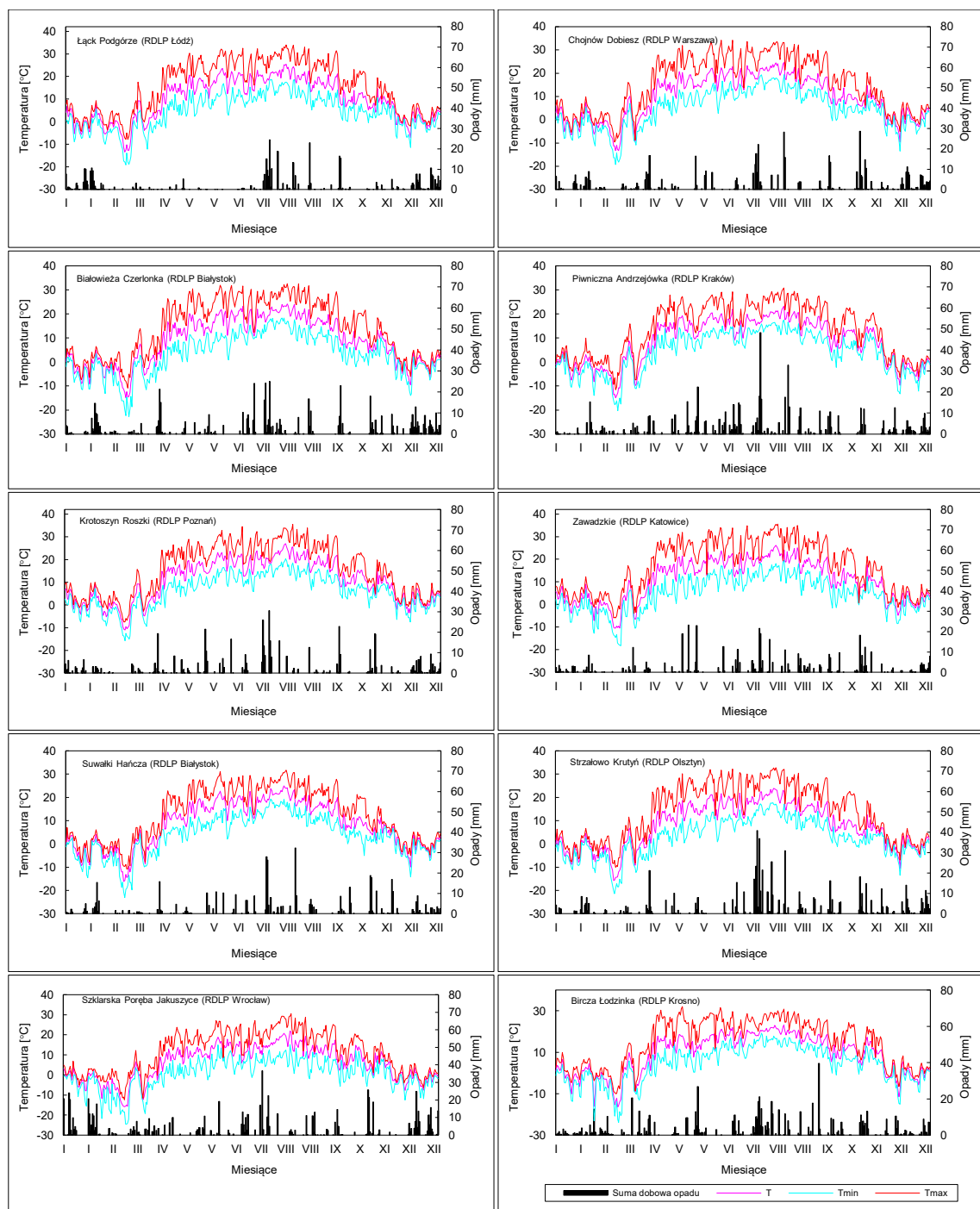
Rycina 99. Średnie sumy zasad (TEB) [cmol+/kg] w latach 2007–2017



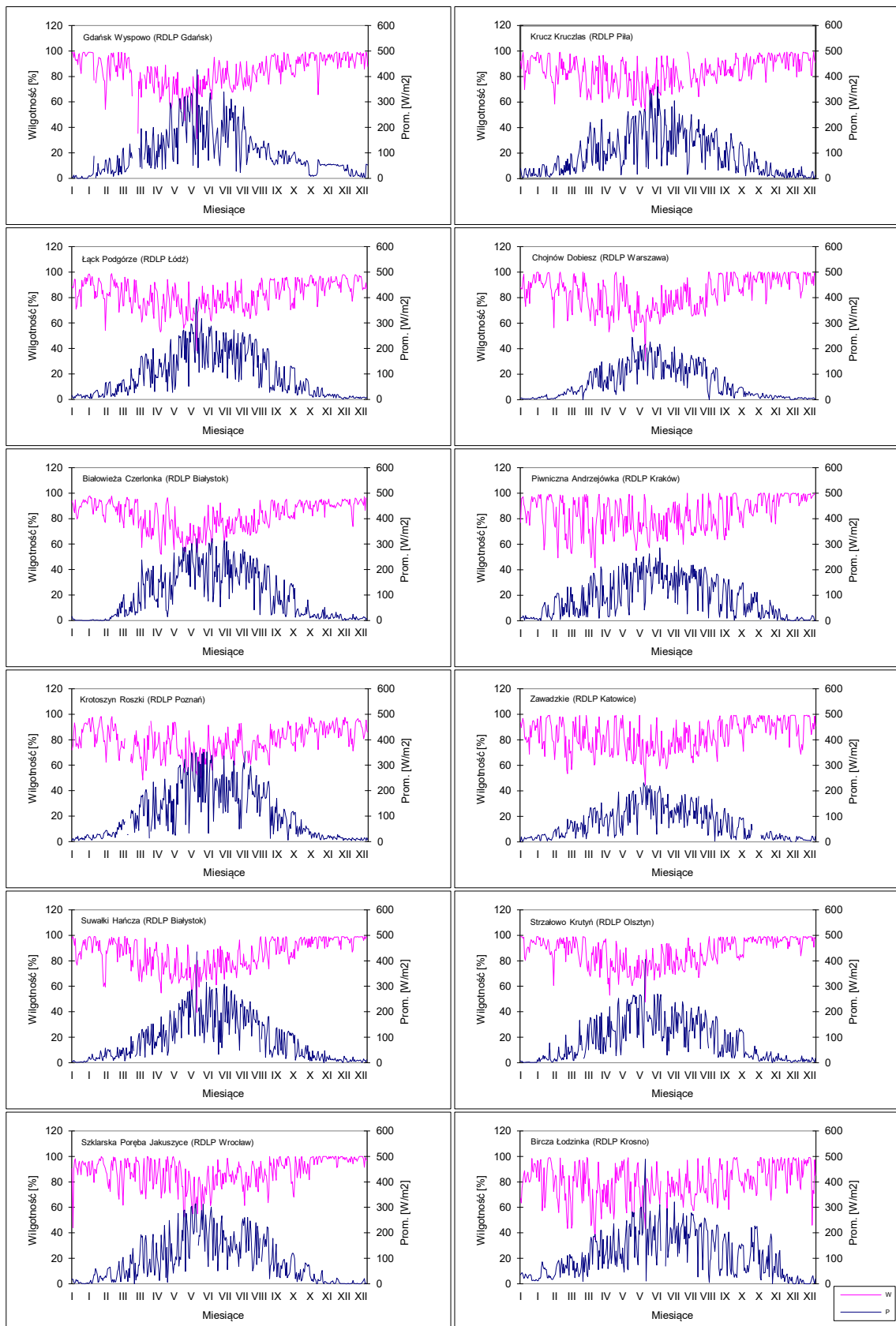
Rycina 100. Średnia zawartość pojemności sorpcyjnej (CEC) [cmol+/kg] w siedliskach świeżych nizinnych



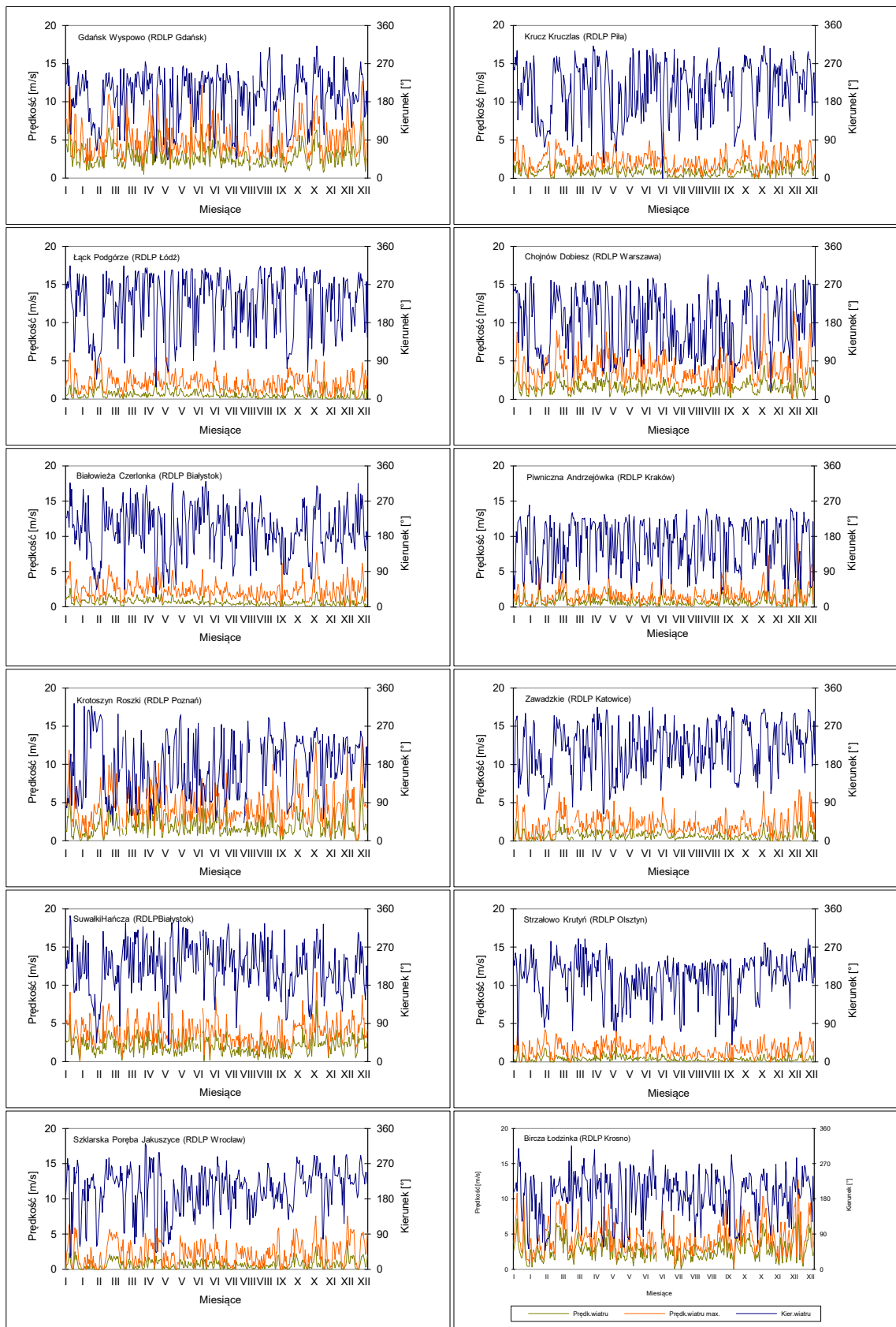
Rycina 101. Średnie wartości stopnia wysycenia kompleksu sorpcyjnego (BS) [%] w siedliskach świeżych nizinnych



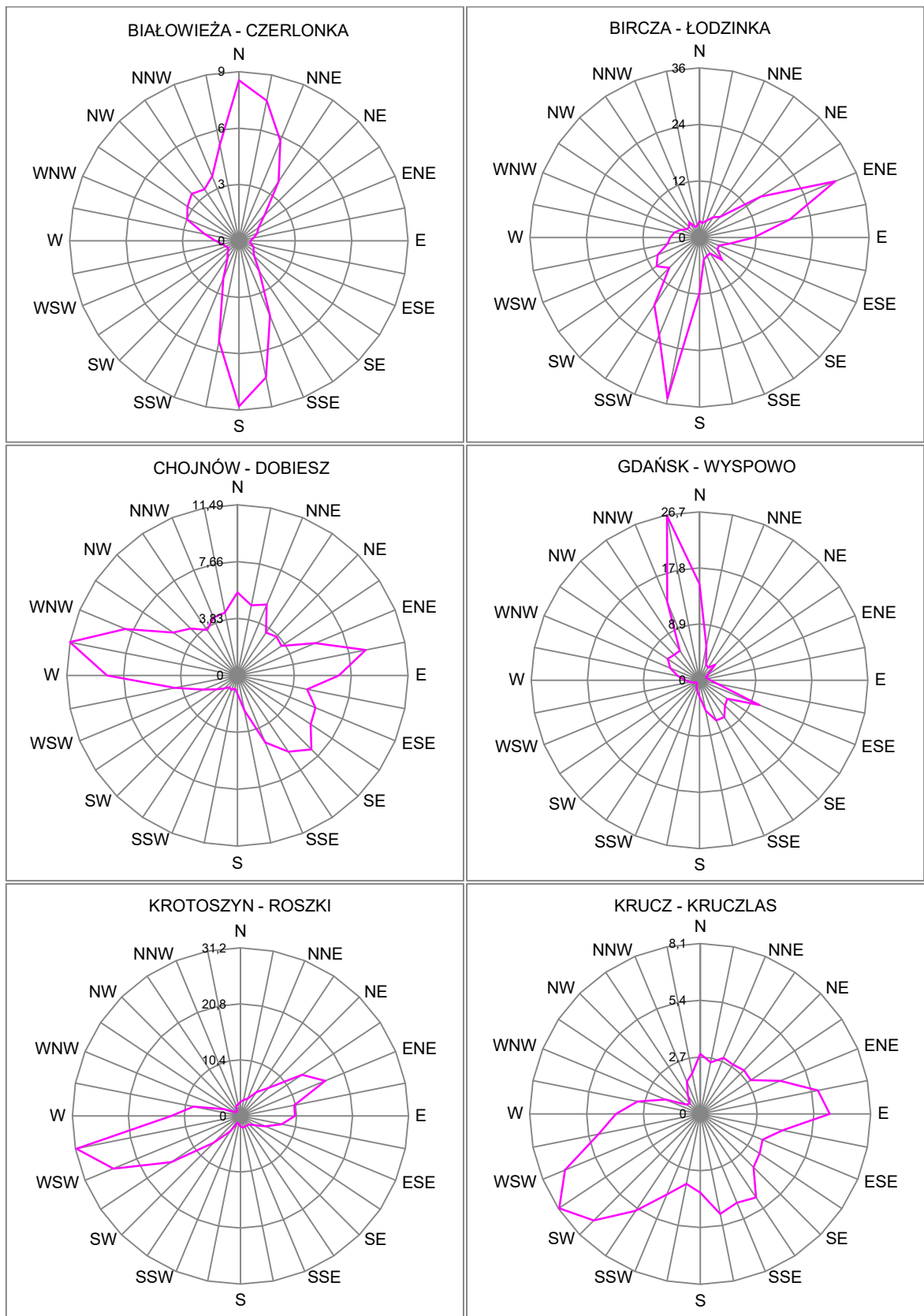
Rycina 102. Średnie dobowe i ekstremalne temperatury powietrza (na wys. 2 m nad ziemią) oraz dobowe sumy opadów atmosferycznych mierzone na stacjach meteorologicznych monitoringu lasu w 2018 r.

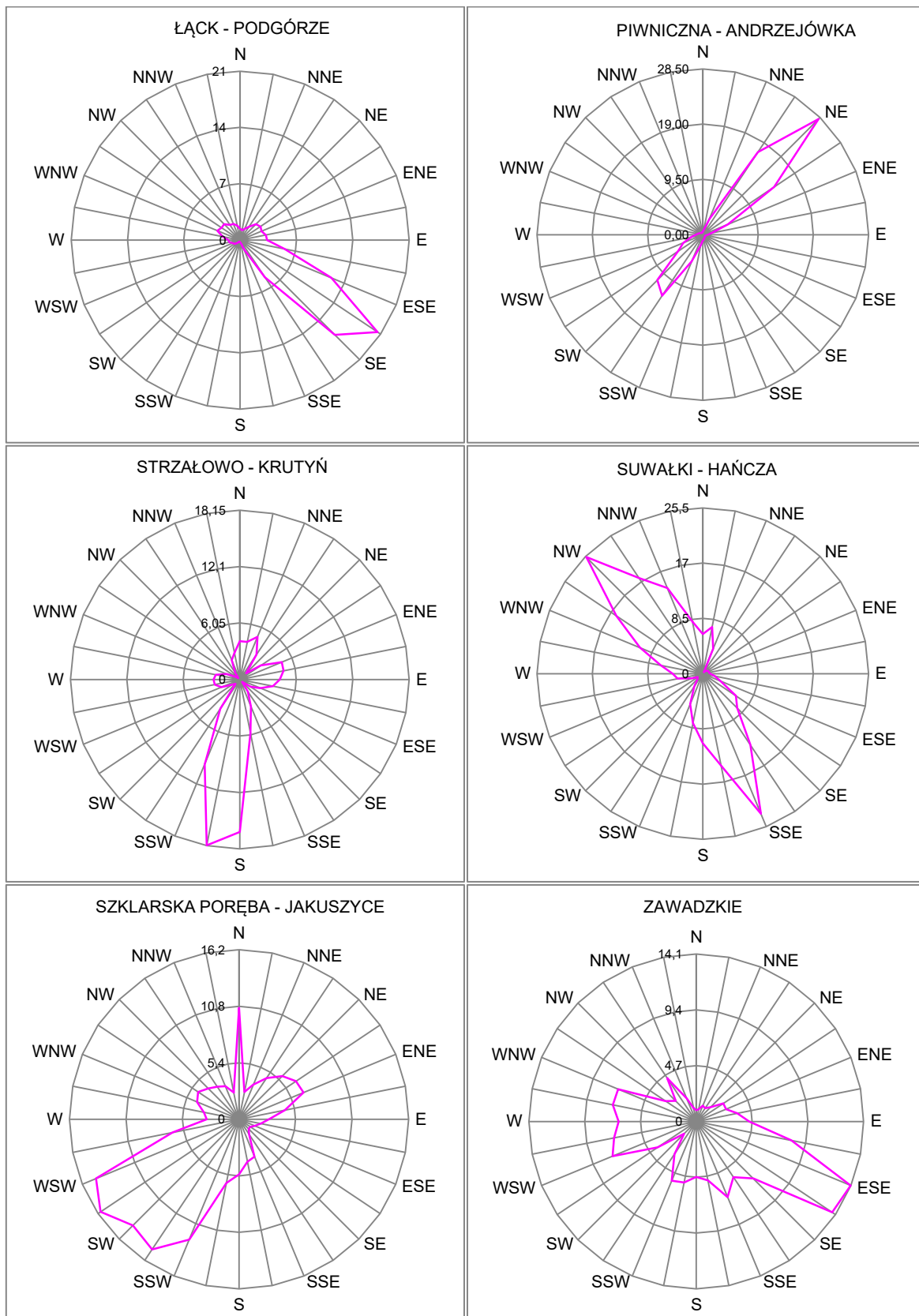


Rycina 103. Wilgotność względna powietrza na wysokości 2 m nad ziemią oraz całkowite promieniowanie padające, mierzone na stacjach meteorologicznych monitoringu lasu w 2018 r.

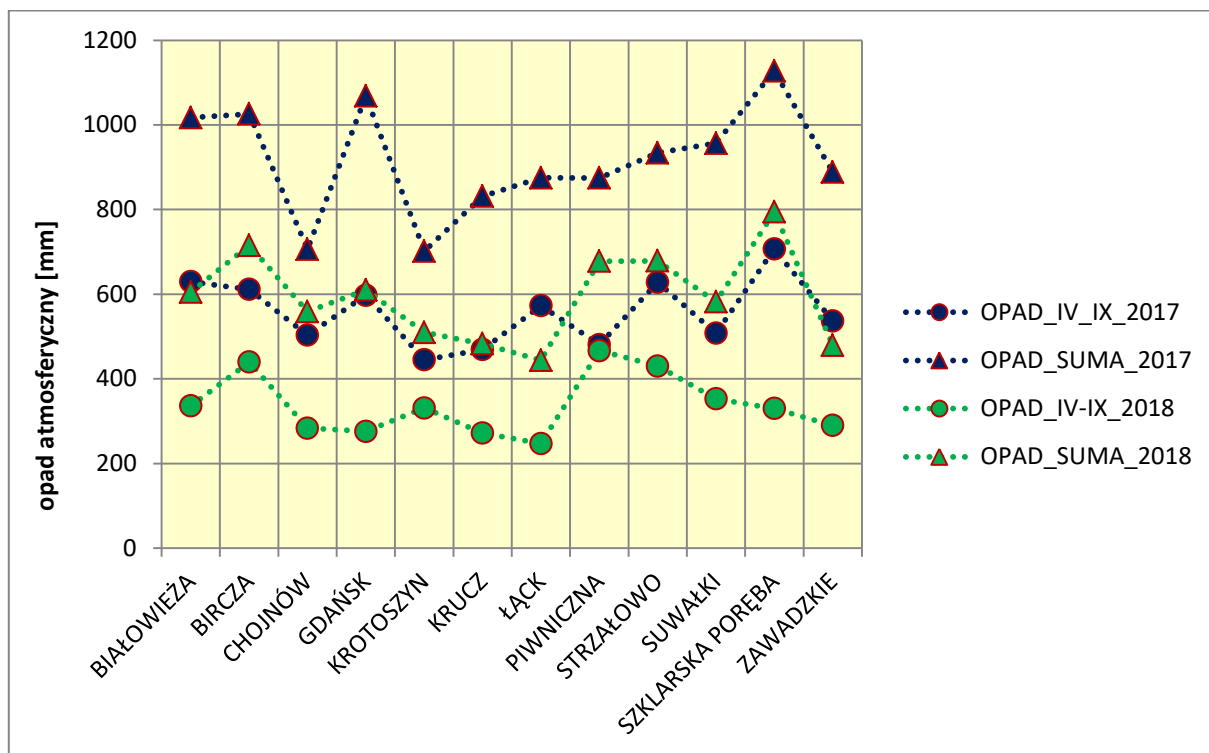


Rycina 104. Prędkość wiatru średnia dobowa i maksymalna oraz kierunek wiatru mierzone na stacjach meteorologicznych monitoringu lasu w 2018 r.

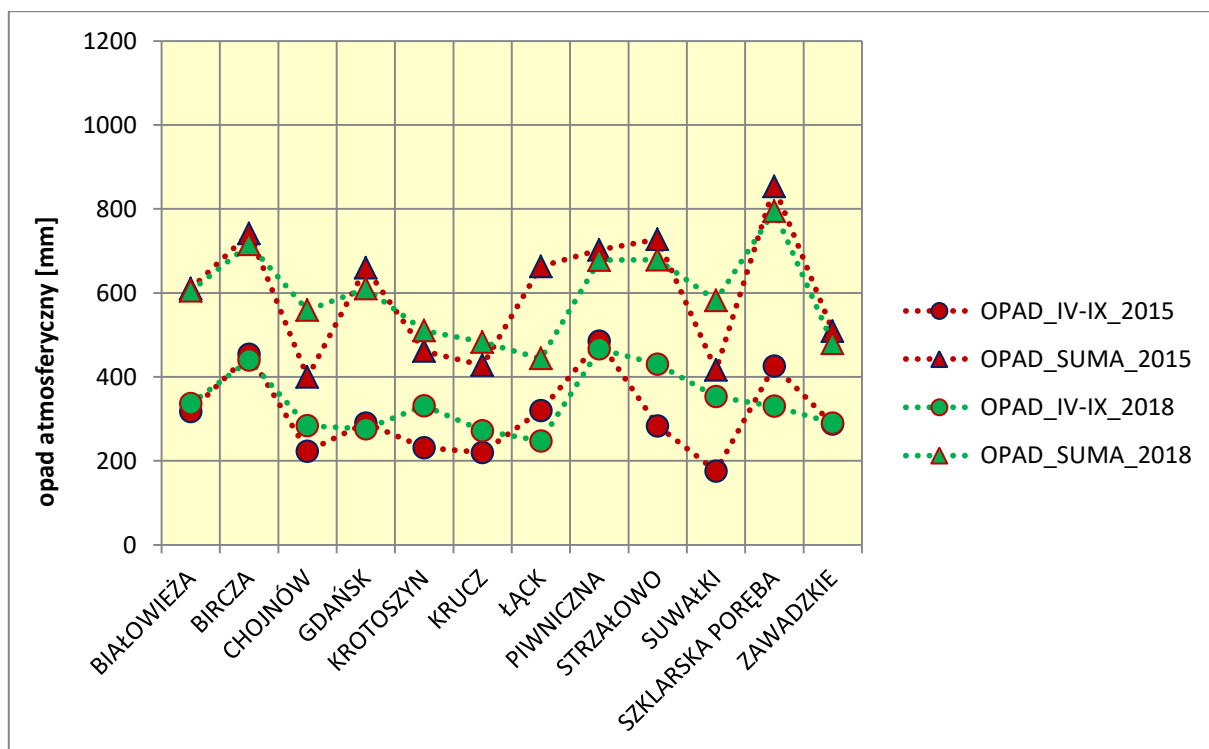




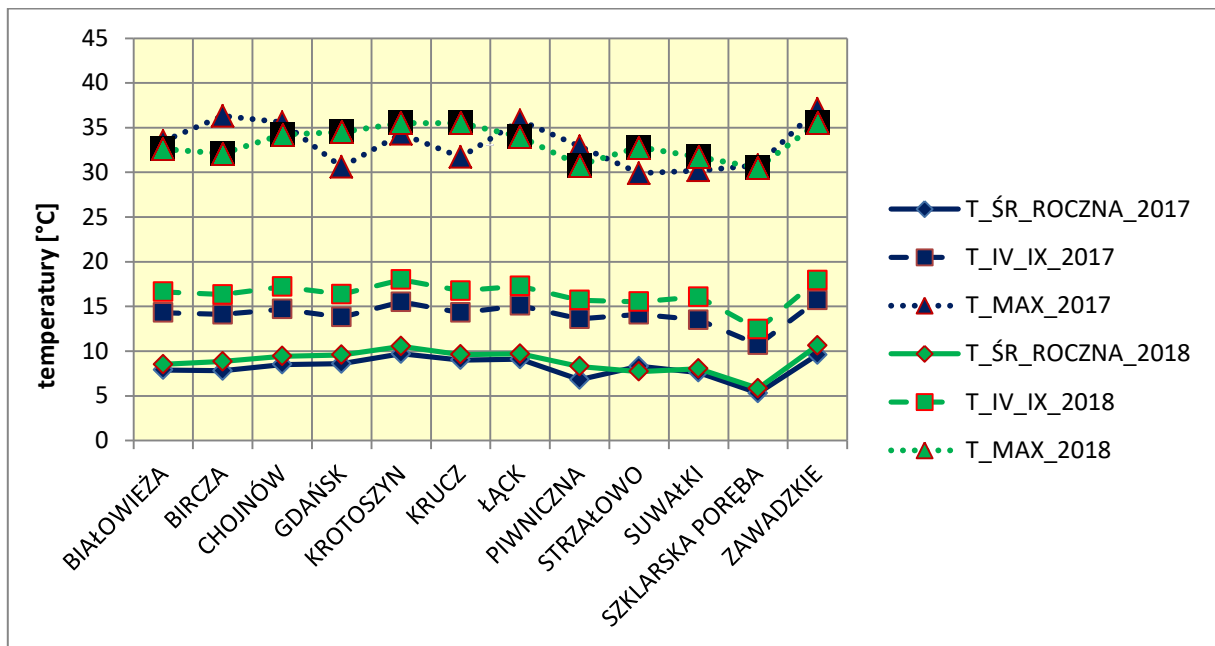
Rycina 105. Róża wiatrów mierzonych na automatycznych stacjach meteorologicznych MI w 2018 r.



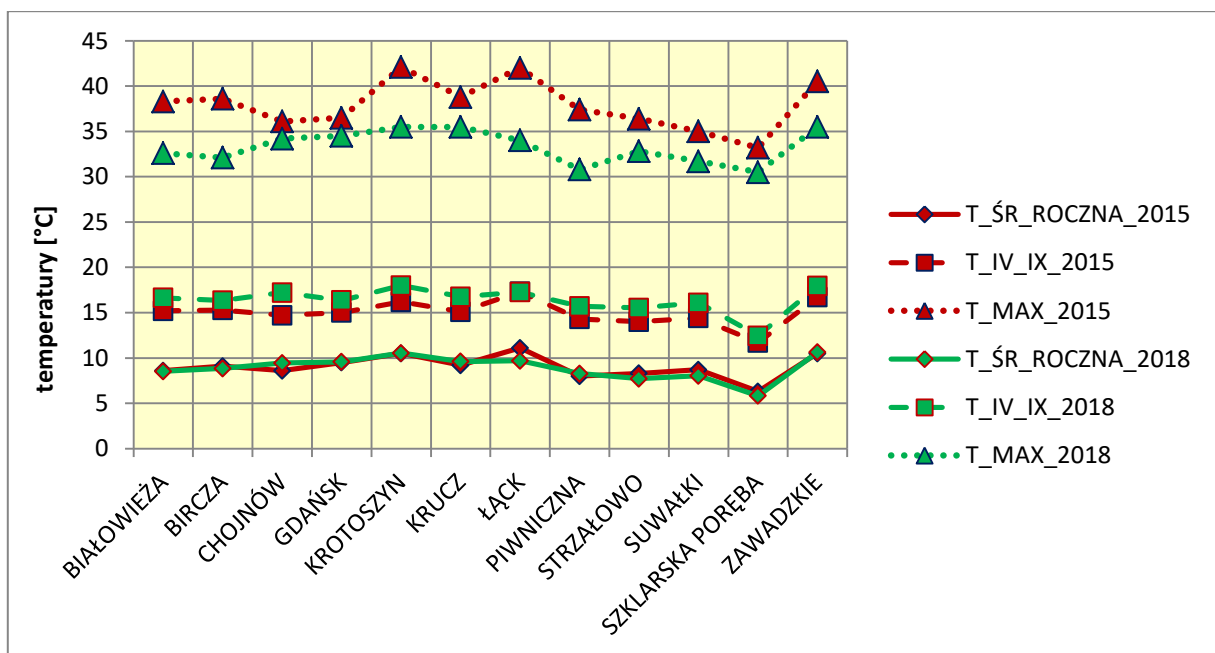
Rycina 106. Sumy opadów całego roku i okresu wegetacyjnego z lat 2017 i 2018 dla SPO MI



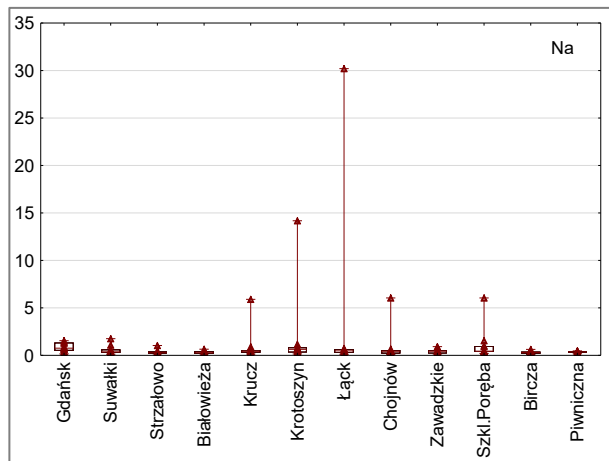
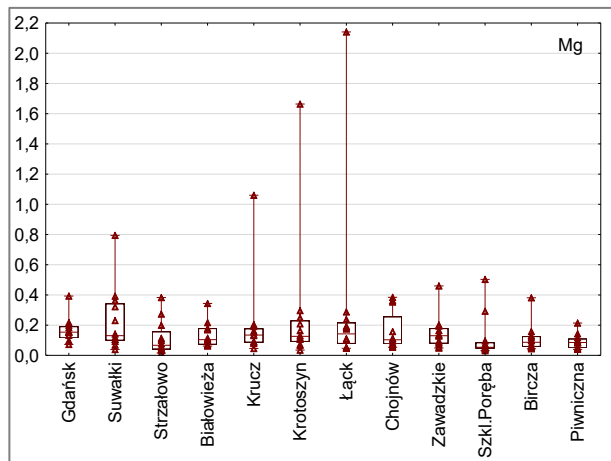
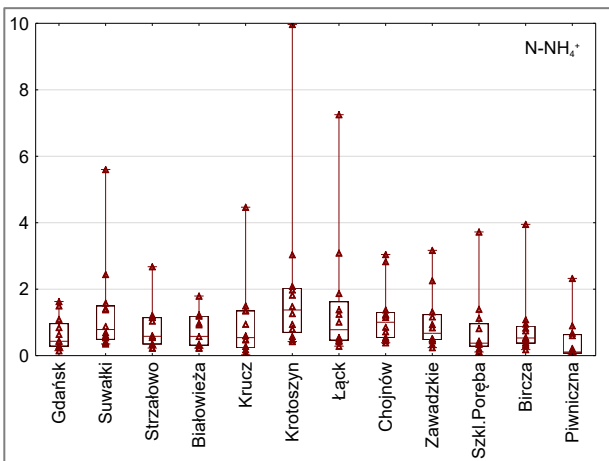
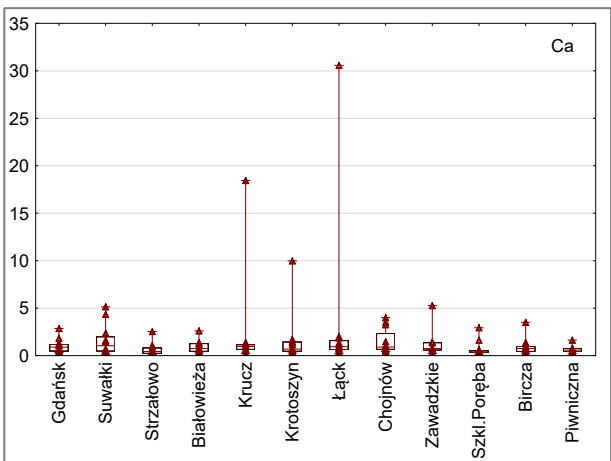
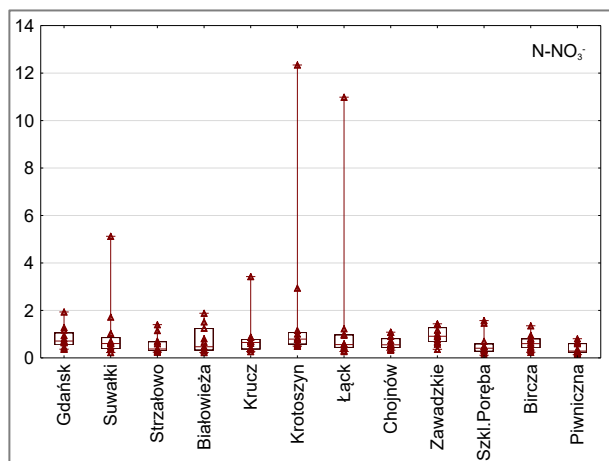
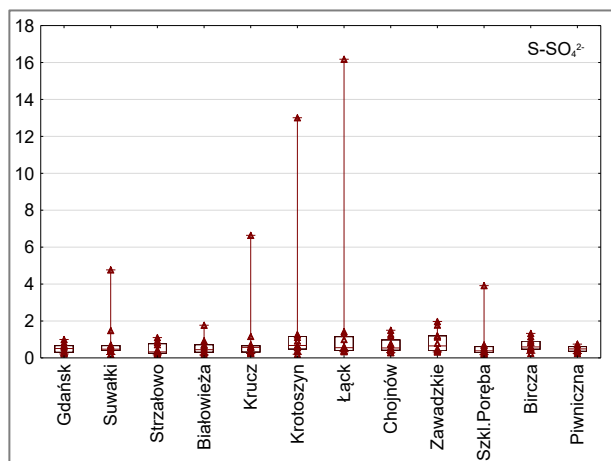
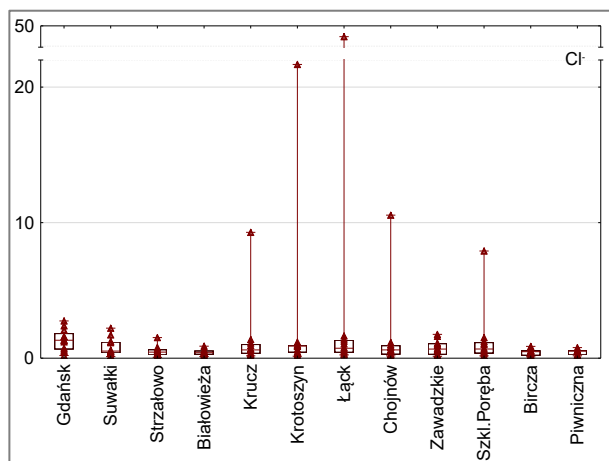
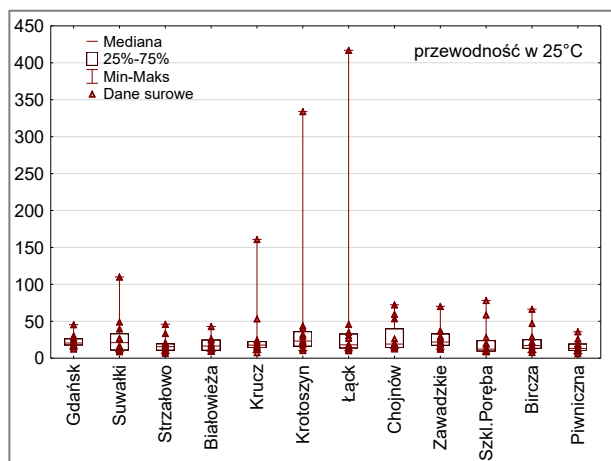
Rycina 107. Sumy opadów całego roku i okresu wegetacyjnego z lat 2015 i 2018 dla SPO MI

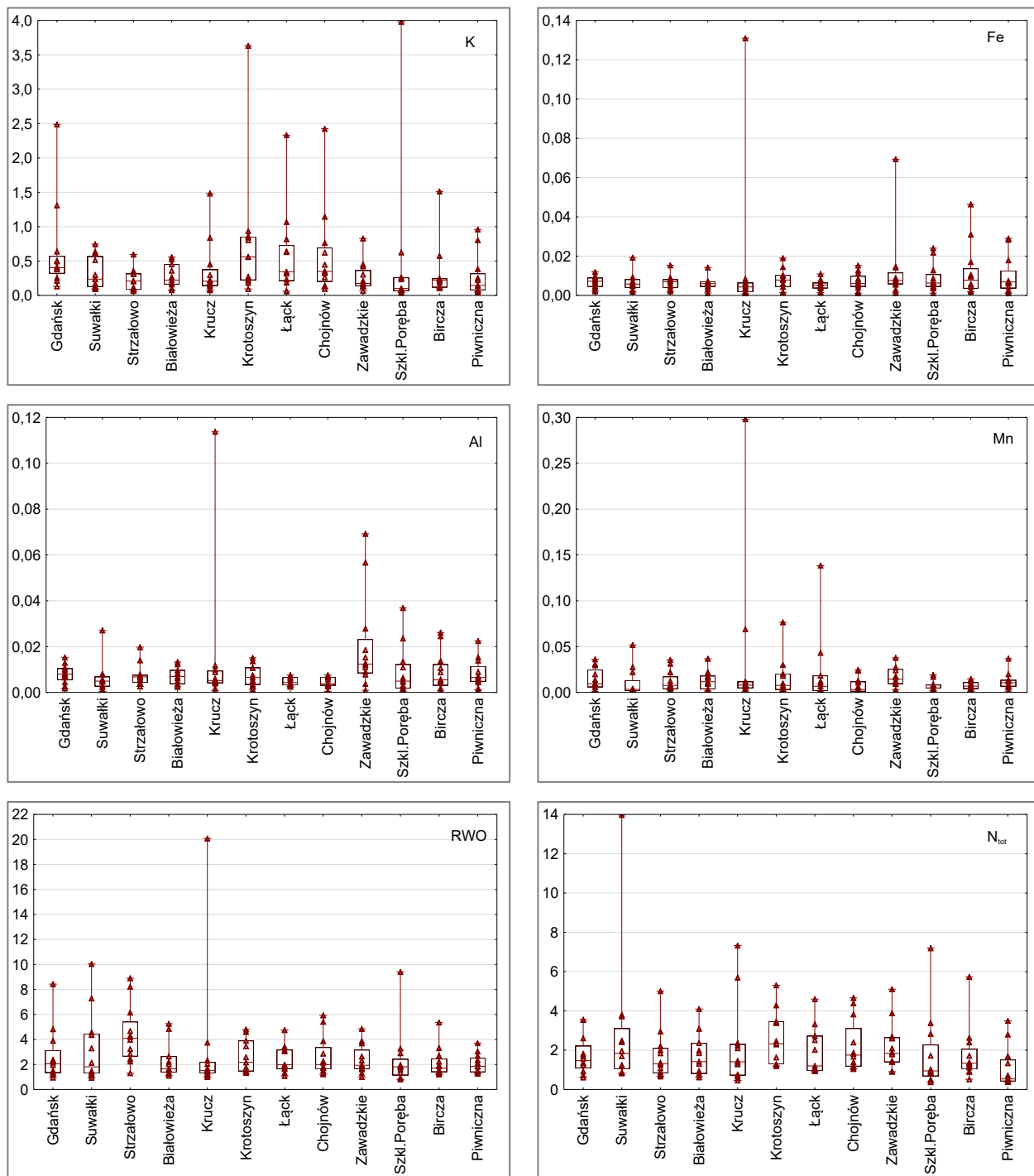


Rycina 108. Temperatury średnie roczne, okresu wegetacyjnego i maksymalne dla SPO MI w latach 2017 i 2018

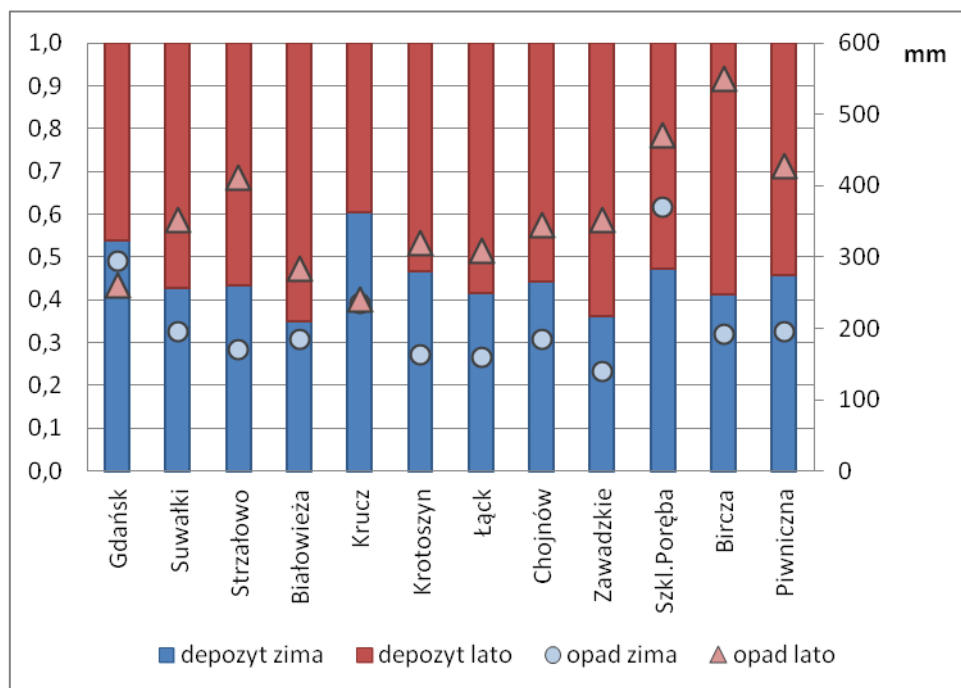


Rycina 109. Temperatury średnie roczne, okresu wegetacyjnego i maksymalne dla SPO MI w latach 2015 i 2018

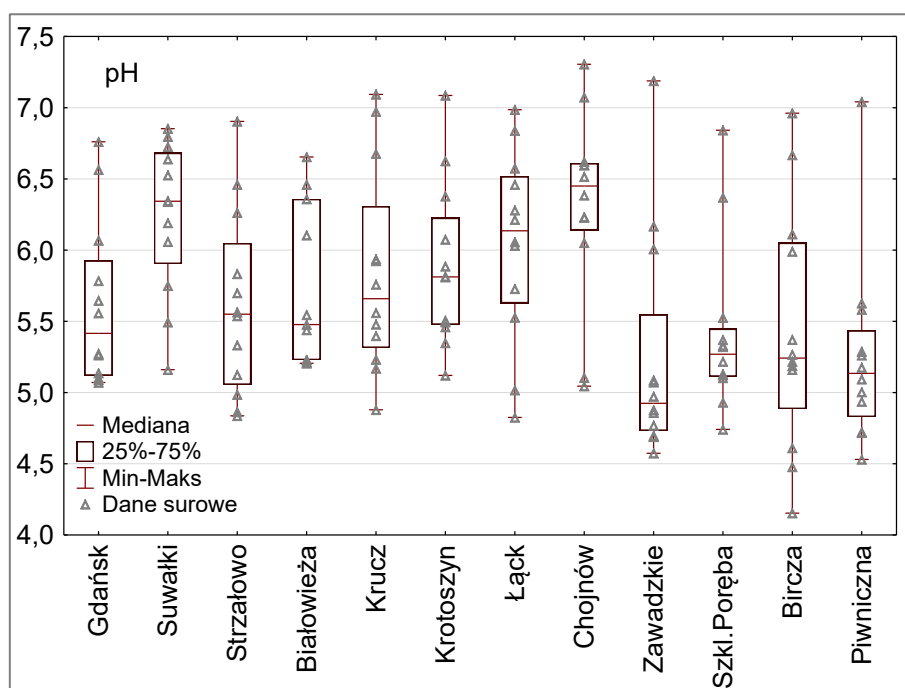




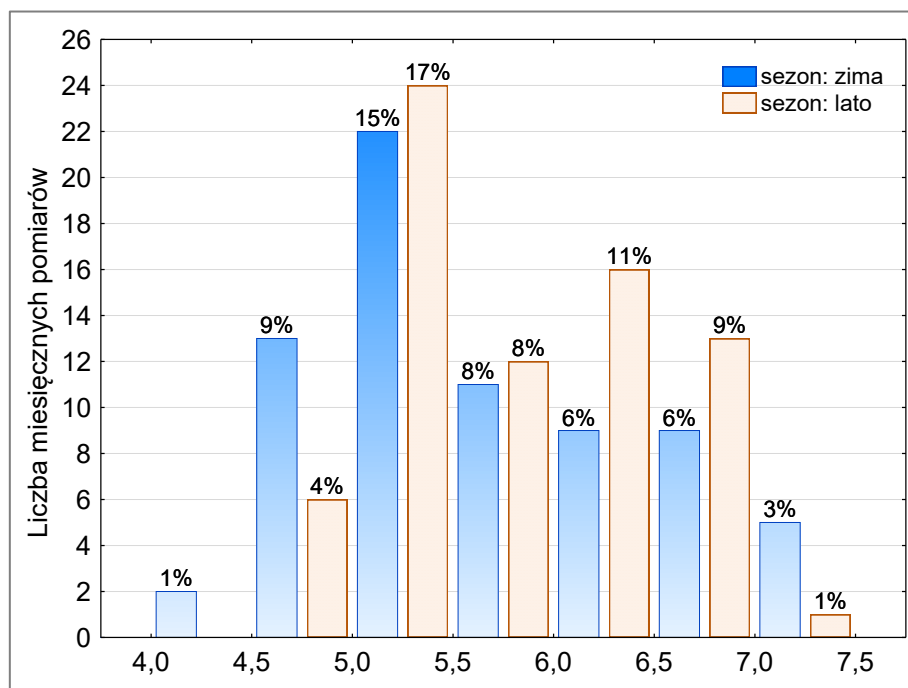
Rycina 110. Przewodność [$\mu\text{S cm}^{-1}$] i stężenie składników: Cl^- , S-SO_4^{2-} , N-NO_3^- , N-NH_4^+ , Ca, Mg, Na, K, Fe, Al, Mn, rozpuszczonego węgla organicznego RWO i azotu całkowitego N_{tot} [mg dm^{-3}] w opadach na otwartej przestrzeni na SPO MI w 2018 roku



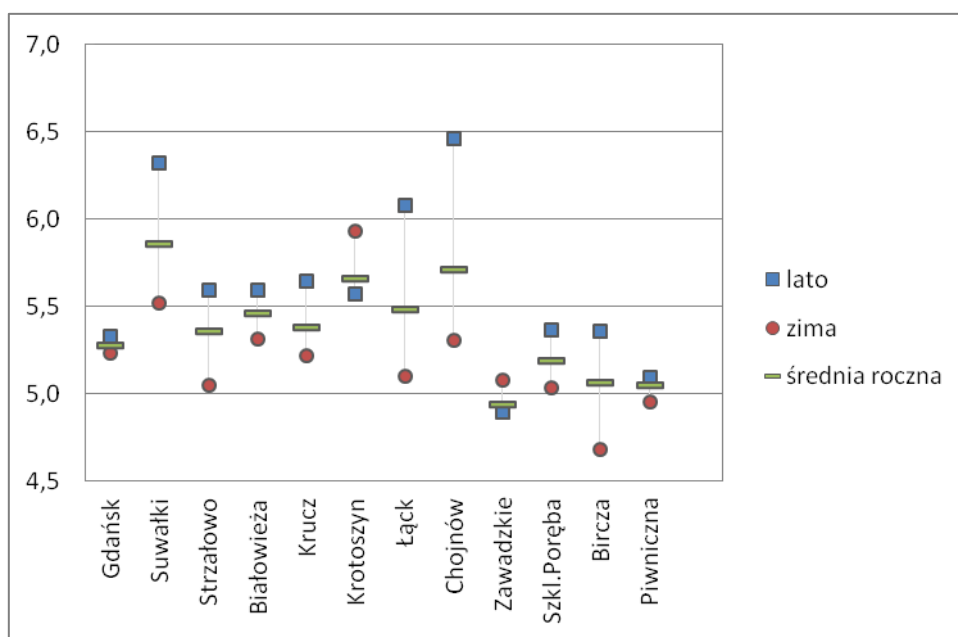
Rycina 111. Suma opadu bezpośredniego [mm] (prawa oś) oraz udział depozytu w sezonie letnim (V–X) i zimowym (I–IV, XI–XII) na SPO MI w 2018 roku



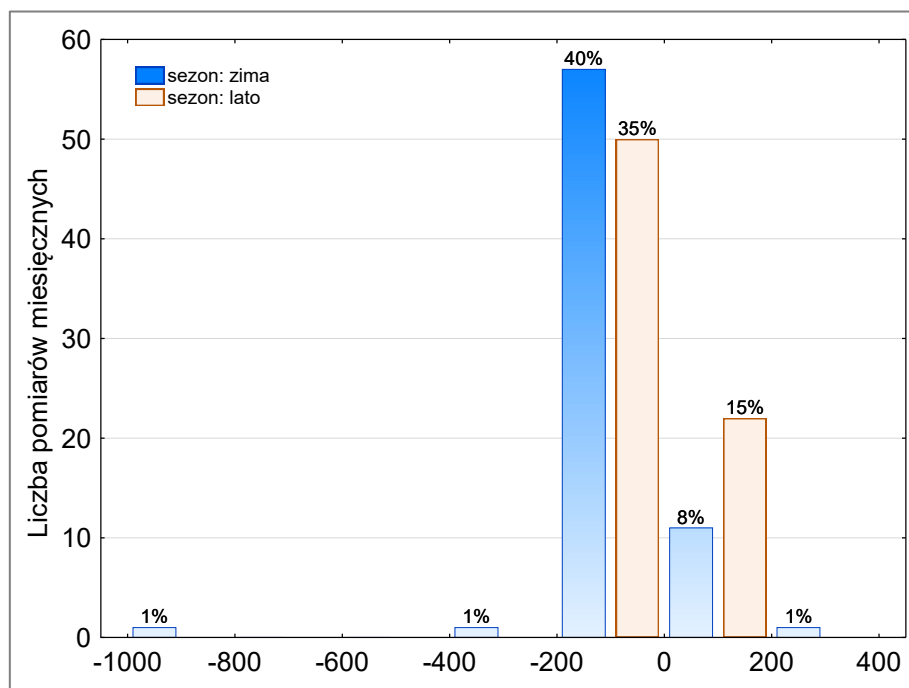
Rycina 112. pH opadów na otwartej przestrzeni na SPO MI w 2018 r.



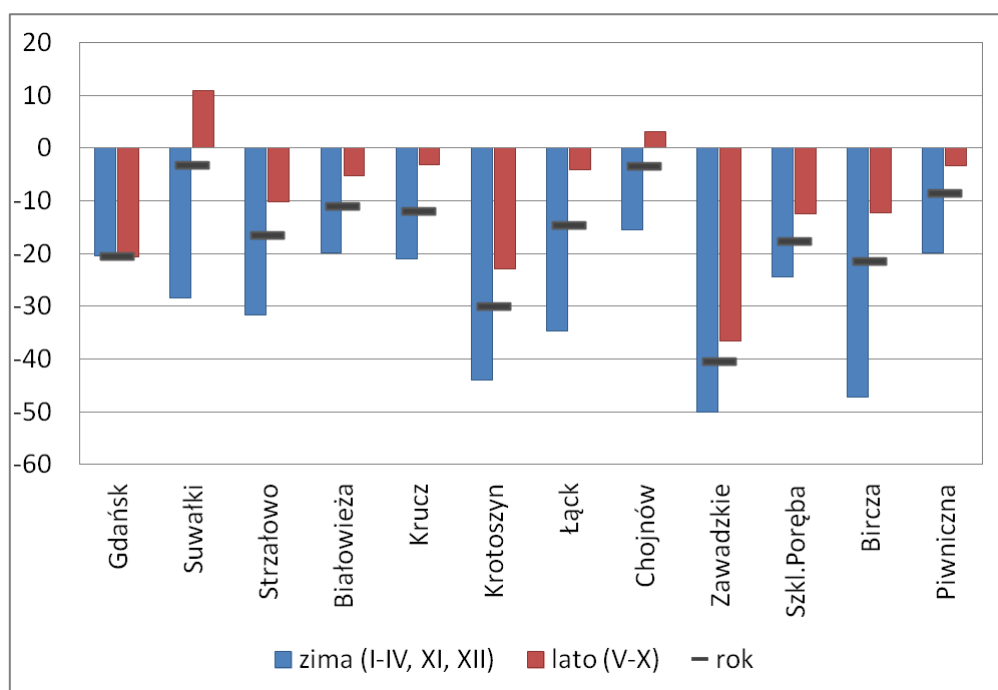
Rycina 113. Histogram pH opadów na otwartej przestrzeni na SPO MI w sezonie letnim (maj–październik) i zimowym (styczeń–kwiecień, listopad–grudzień) w 2018 roku, na osi odciętych znaczniki pokazują środki przedziałów



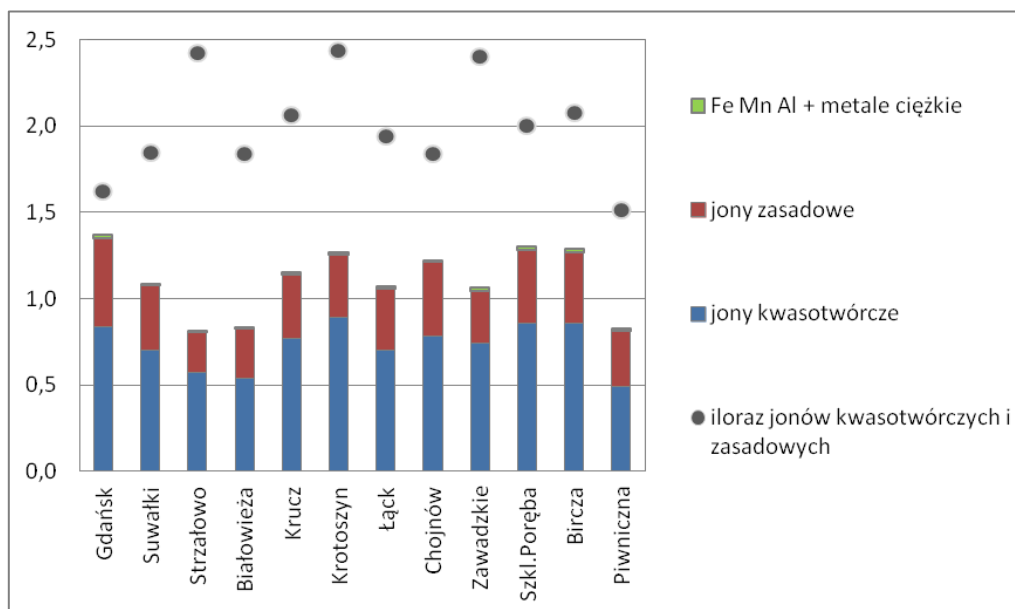
Rycina 114. Średnie pH roczne, sezonu letniego (V–X) i zimowego (I–IV i XI–XII) na SPO MI w 2018 roku w opadach na otwartej przestrzeni



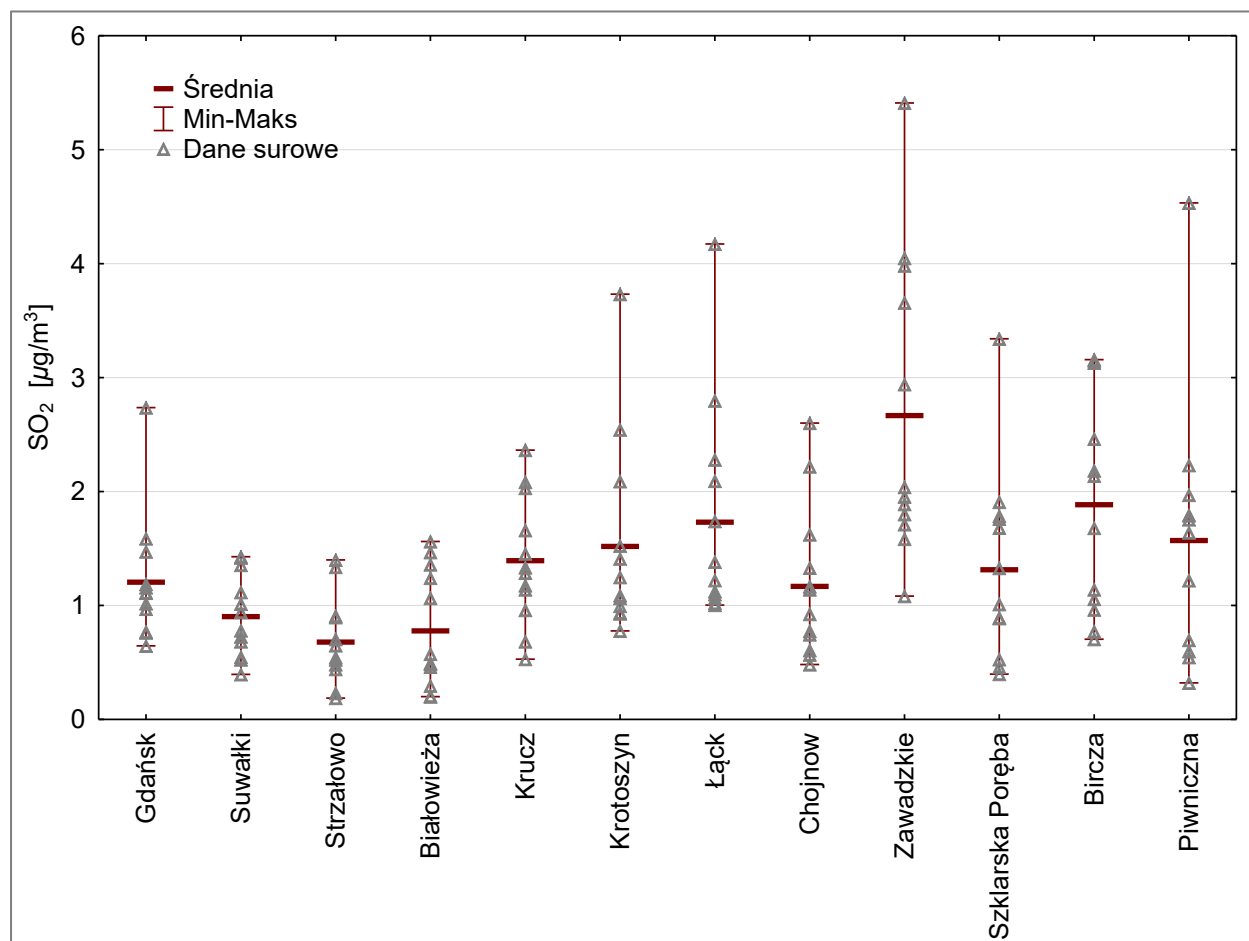
Rycina 115. Histogram ANC [$\mu\text{eq dm}^{-3}$] w opadach na otwartej przestrzeni w sezonie letnim (maj–październik) i zimowym (styczeń–kwiecień, listopad–grudzień) w 2018 roku



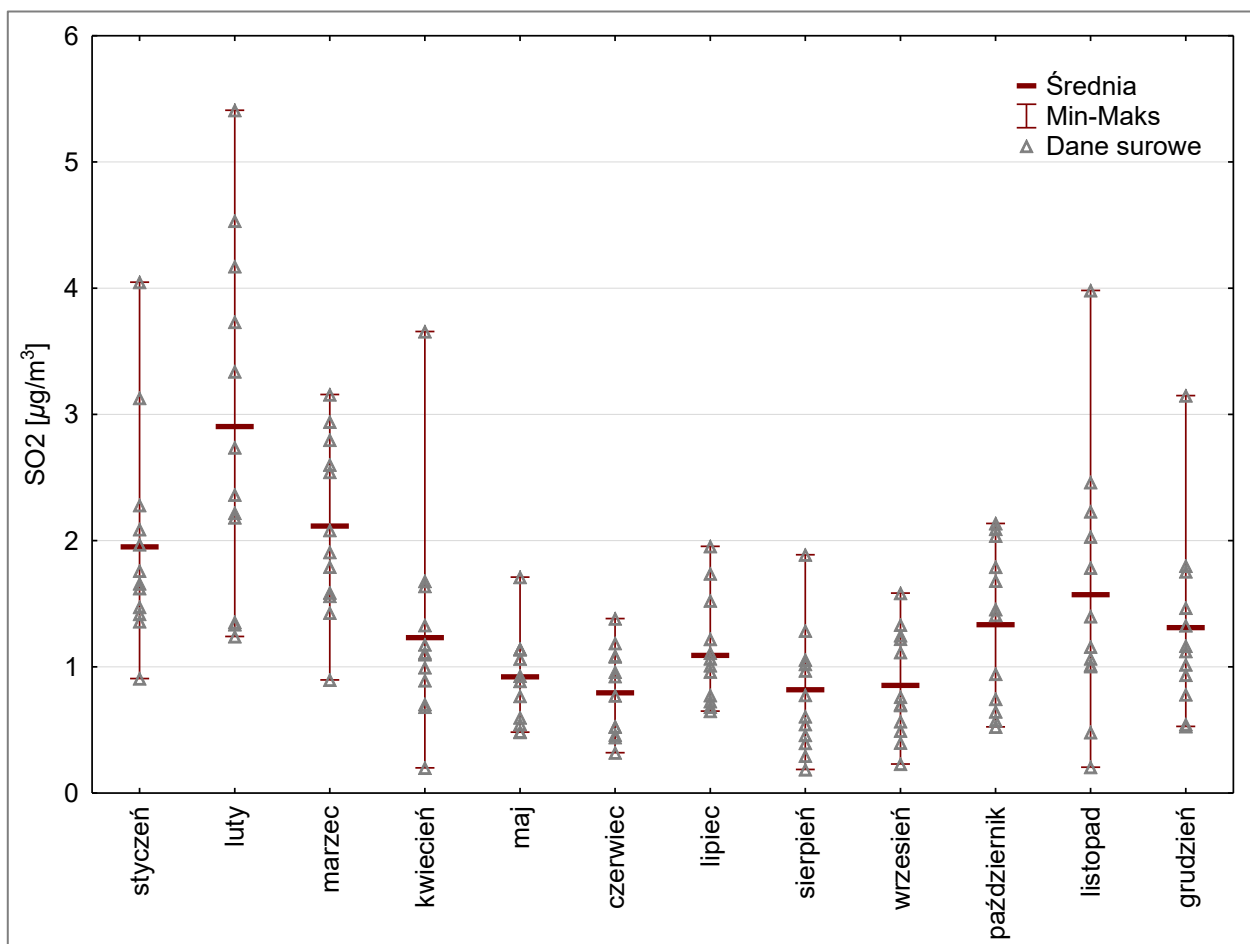
Rycina 116. Pojemność zobojętniania kwasów (ANC) [$\mu\text{eq dm}^{-3}$] w opadach na otwartej przestrzeni na SPO MI średnio od stycznia do grudnia, średnio w okresie zimowym (miesiące I–IV i XI–XII) i letnim (V–X) w 2018 roku



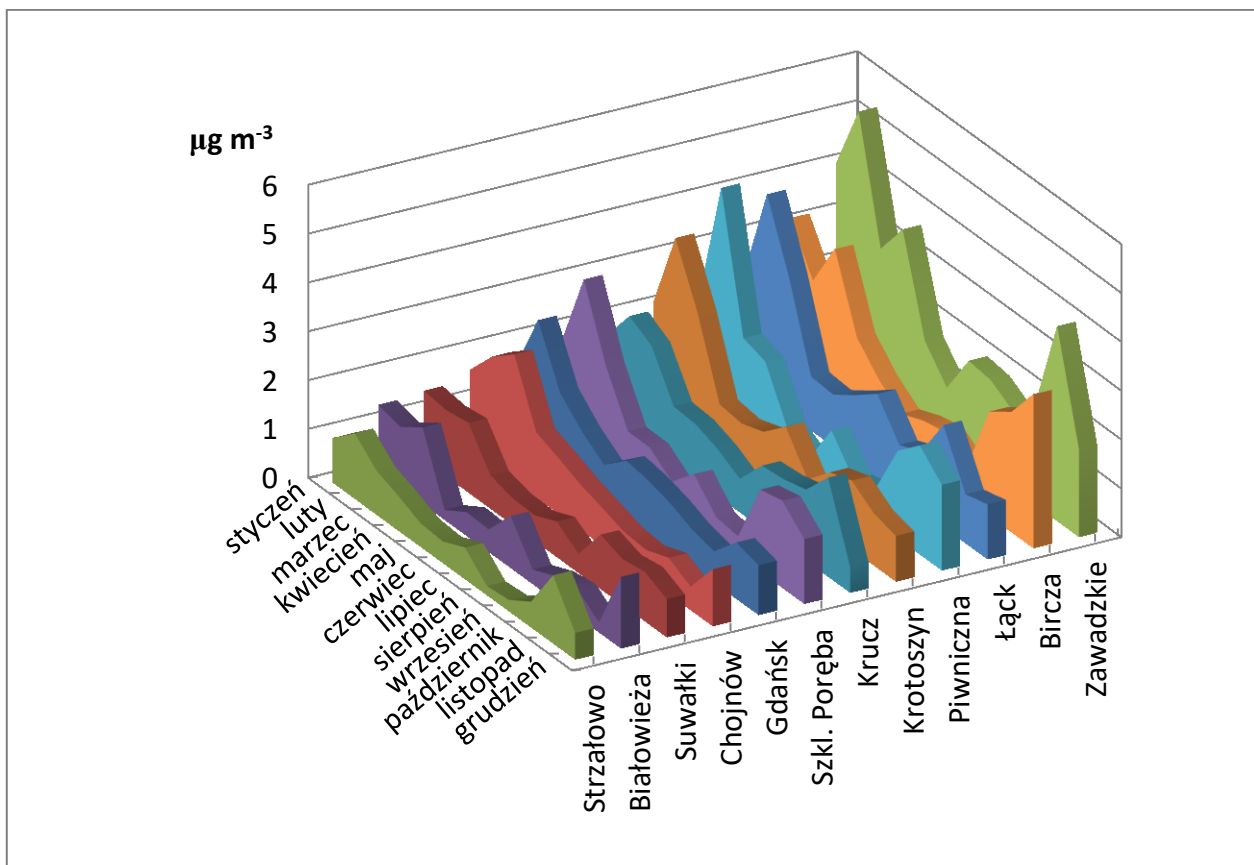
Rycina 117. Ładunek jonów [$\text{kmol}_e \text{ ha}^{-1}$] oraz stosunek depozytu jonów kwasotwórczych do zasadowych w opadach na otwartej przestrzeni na SPO MI w 2018 roku



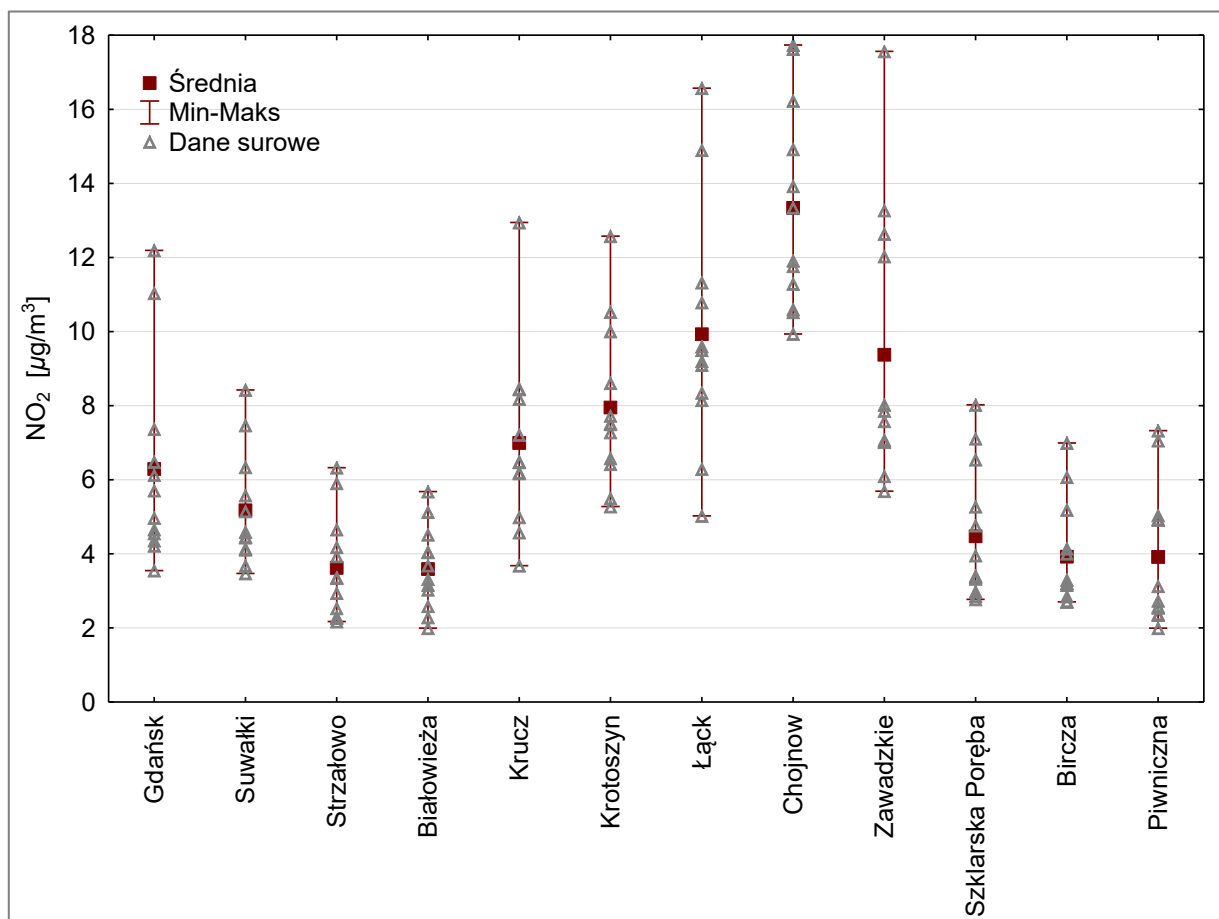
Rycina 118. Stężenie dwutlenku siarki w powietrzu na SPO MI. Słupki błędów przedstawiają minima i maksima wartości stężenia z poszczególnych miesięcy roku 2018



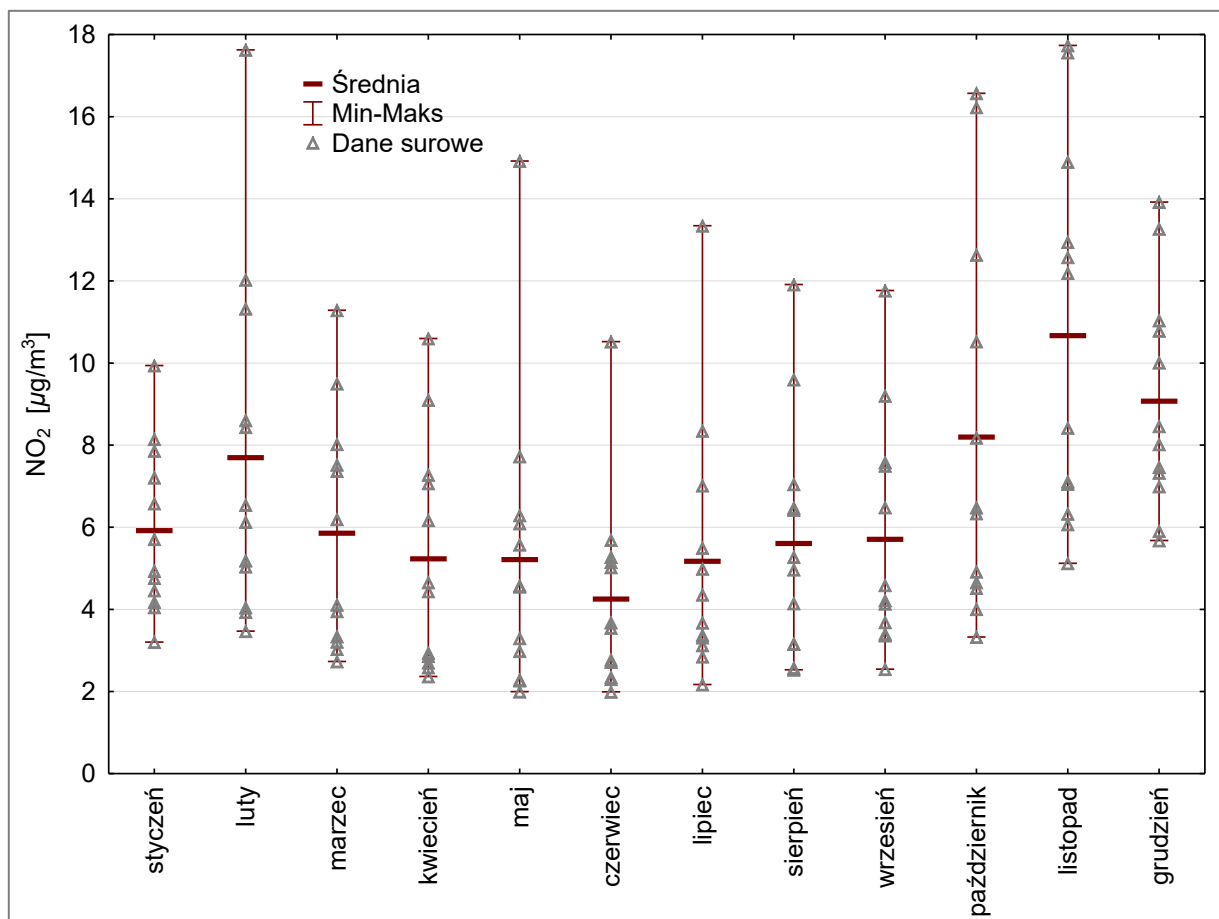
Rycina 119. Mediana oraz rozstęp stężenia SO_2 na SPO MI dla poszczególnych miesięcy 2018 r.



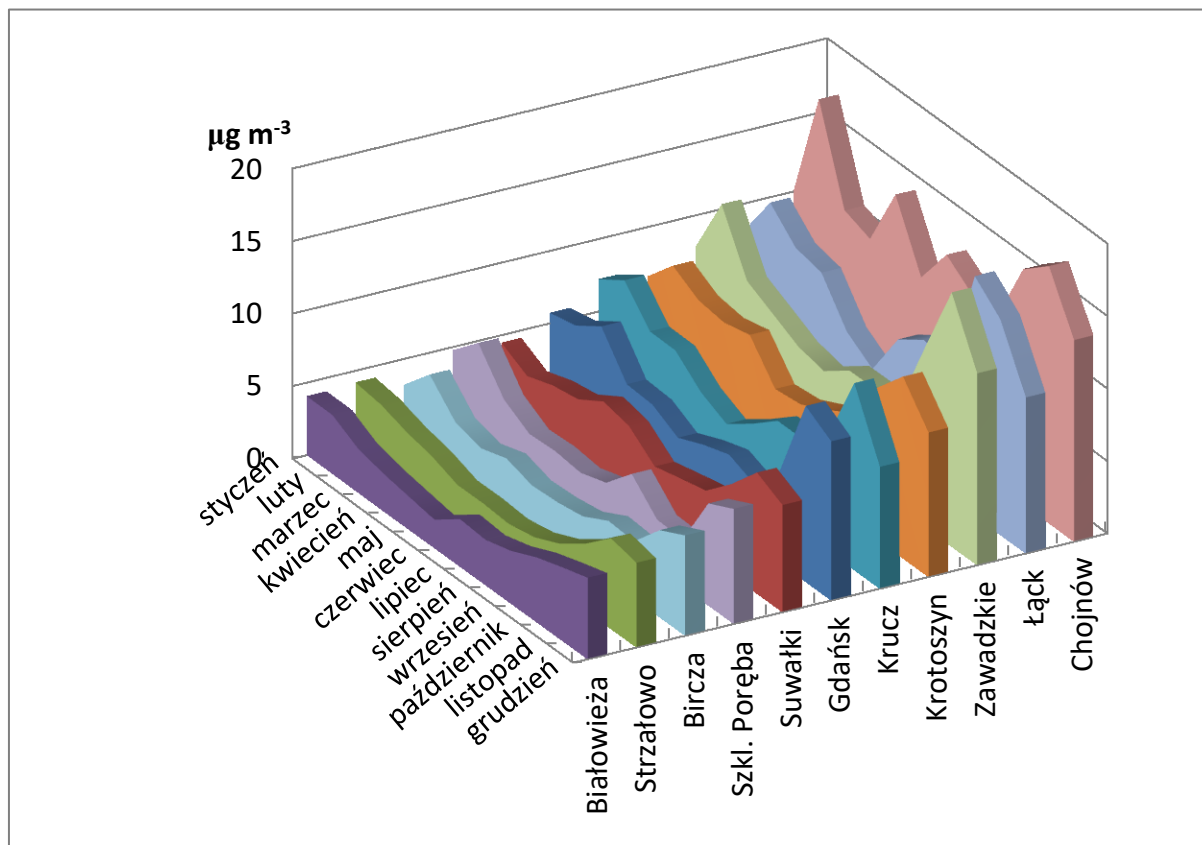
Rycina 120. Roczny przebieg stężenia SO_2 w powietrzu na powierzchniach SPO MI w 2018 r.



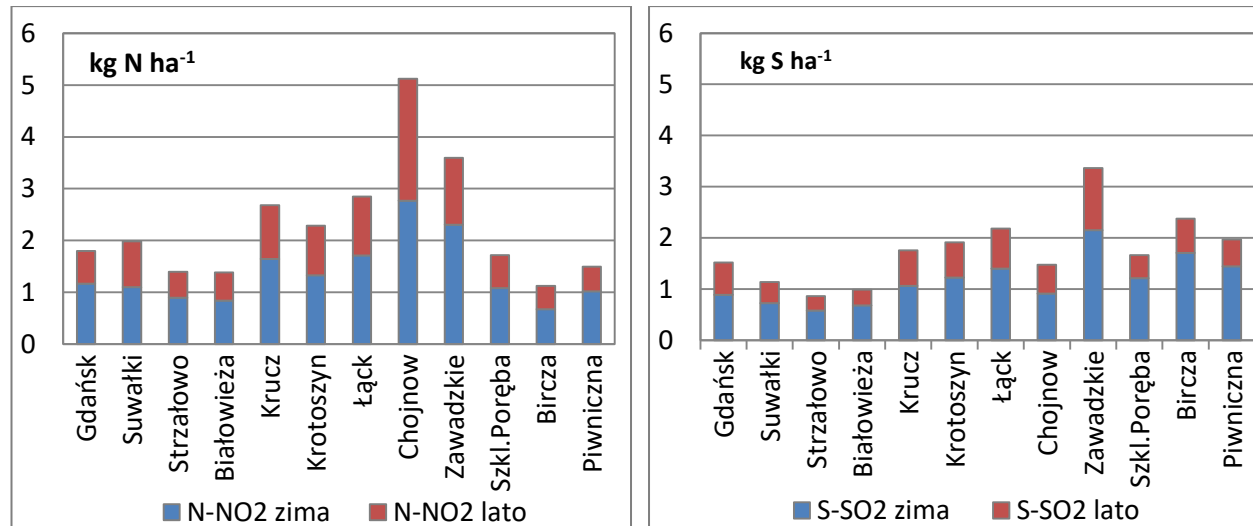
Rycina 121. Stężenie dwutlenku azotu w powietrzu na SPO MI. Słupki błędów przedstawiają minima i maksima wartości stężenia z poszczególnych miesięcy 2018 r.



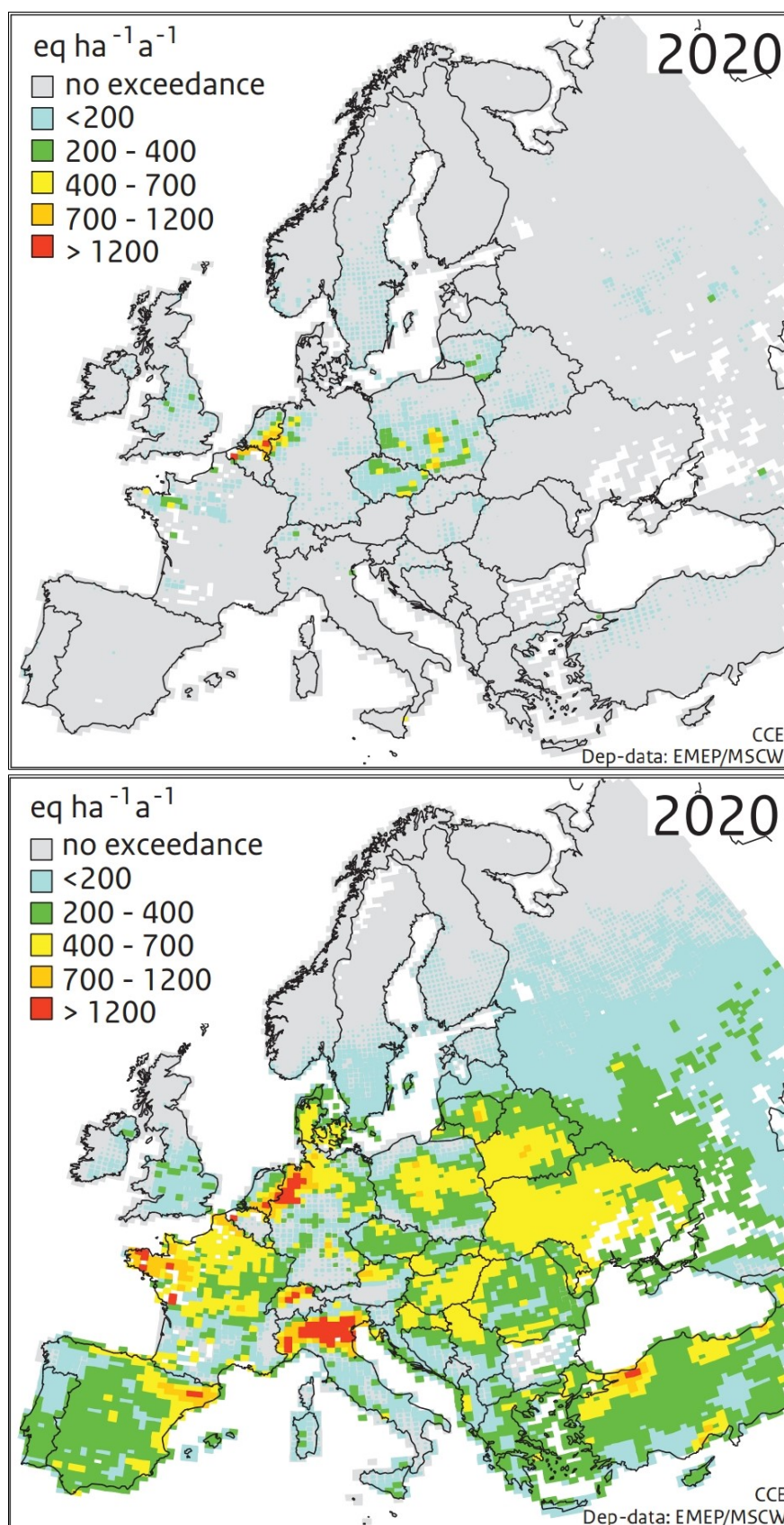
Rycina 122. Mediana oraz rozstęp stężenia NO_2 na SPO MI w poszczególnych miesiącach 2018 r.



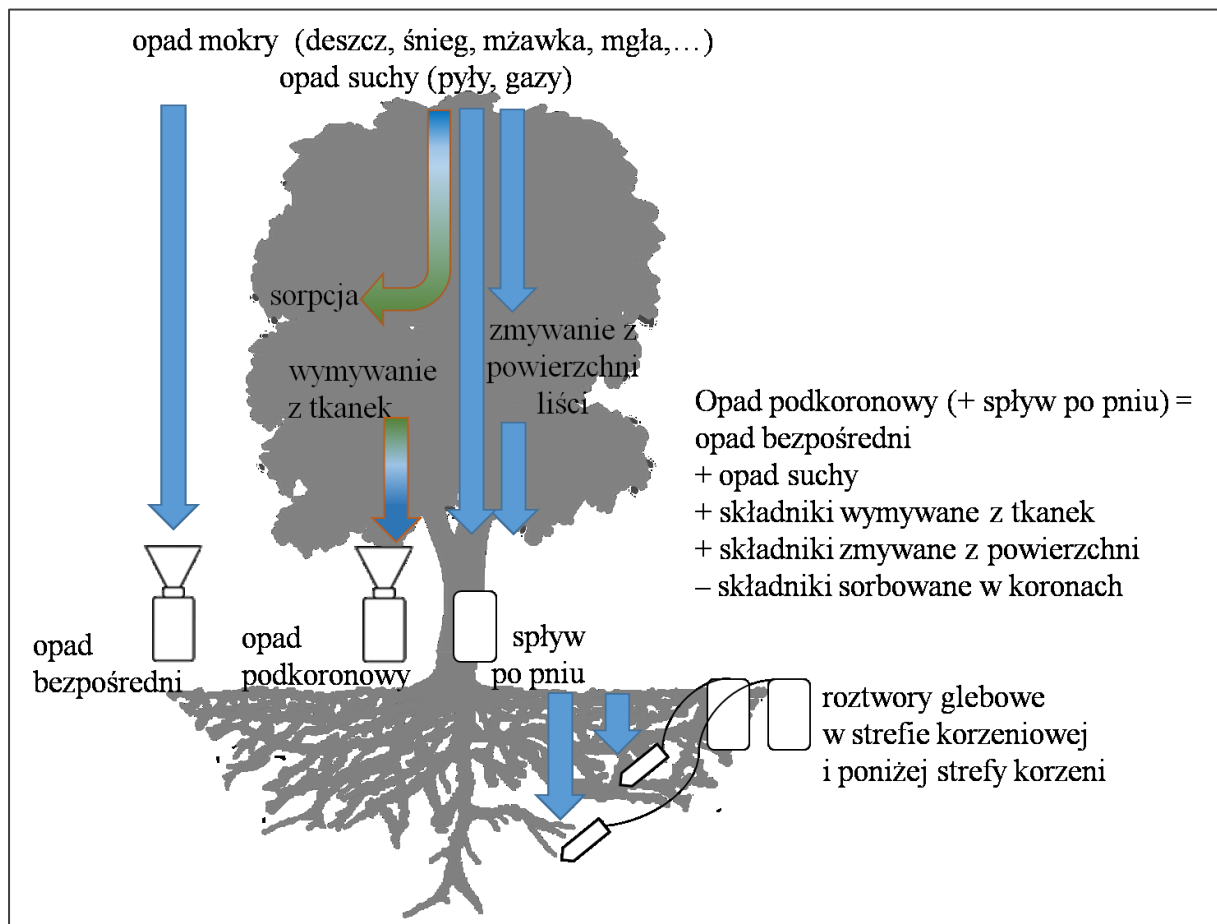
Rycina 123. Roczny przebieg stężenia NO_2 w powietrzu na powierzchniach SPO MI w 2018 r.



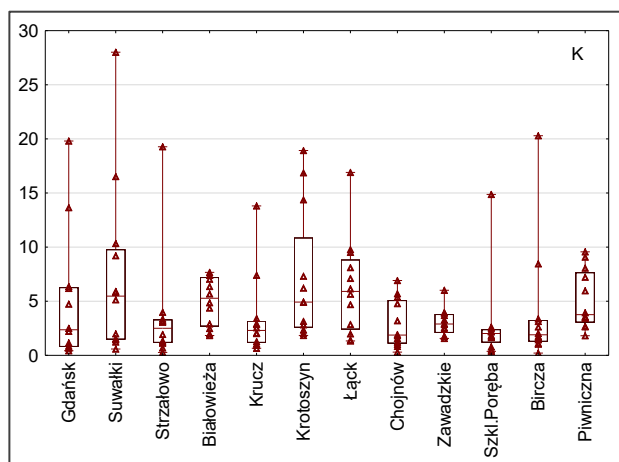
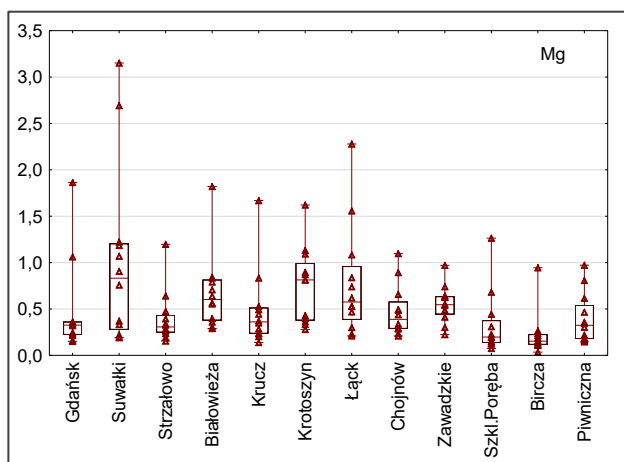
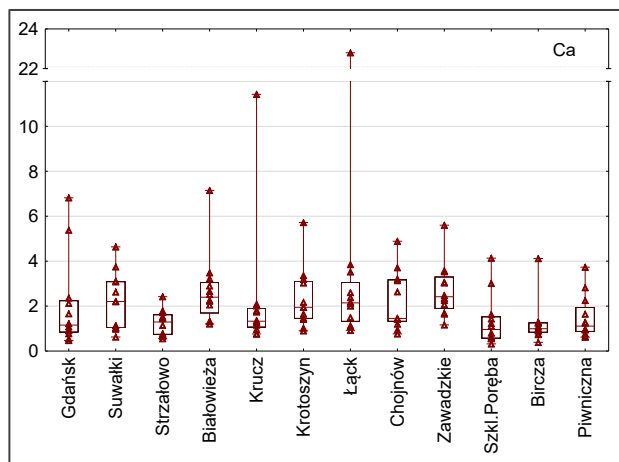
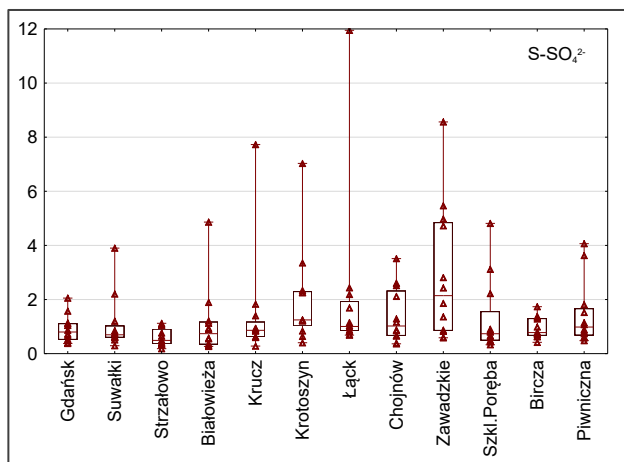
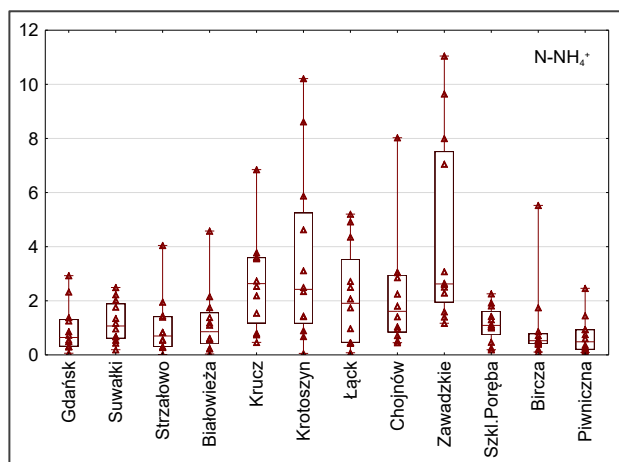
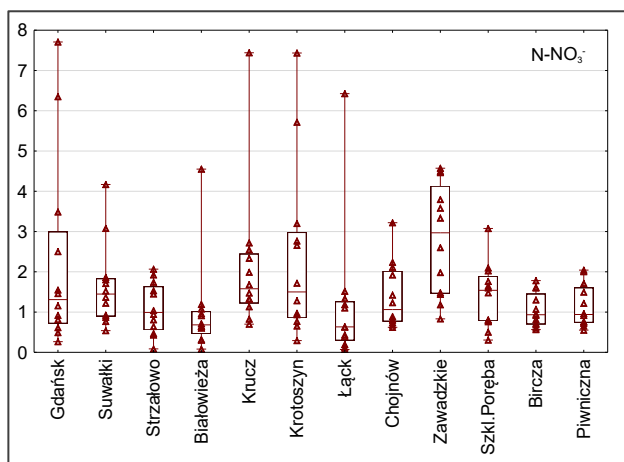
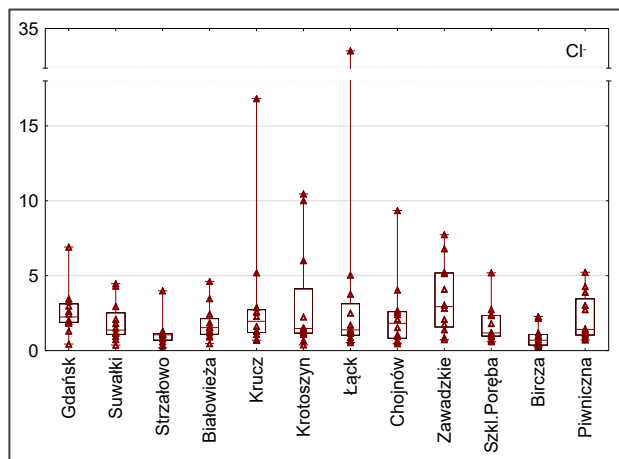
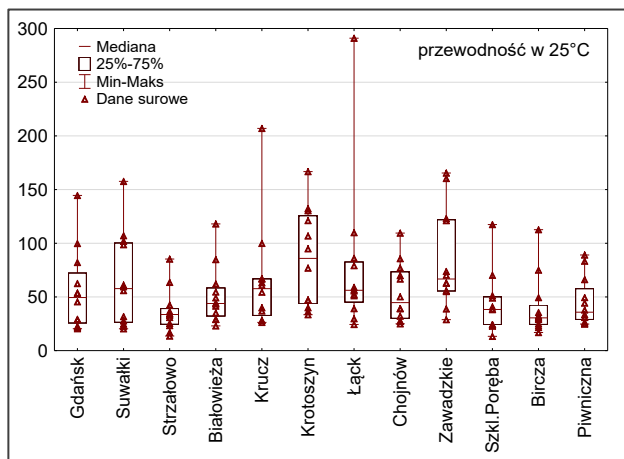
Rycina 124. Szacunkowy roczny depozyt azotu w formie NO_2 i siarki w formie SO_2 na powierzchniach monitoringu intensywnego w 2018 roku

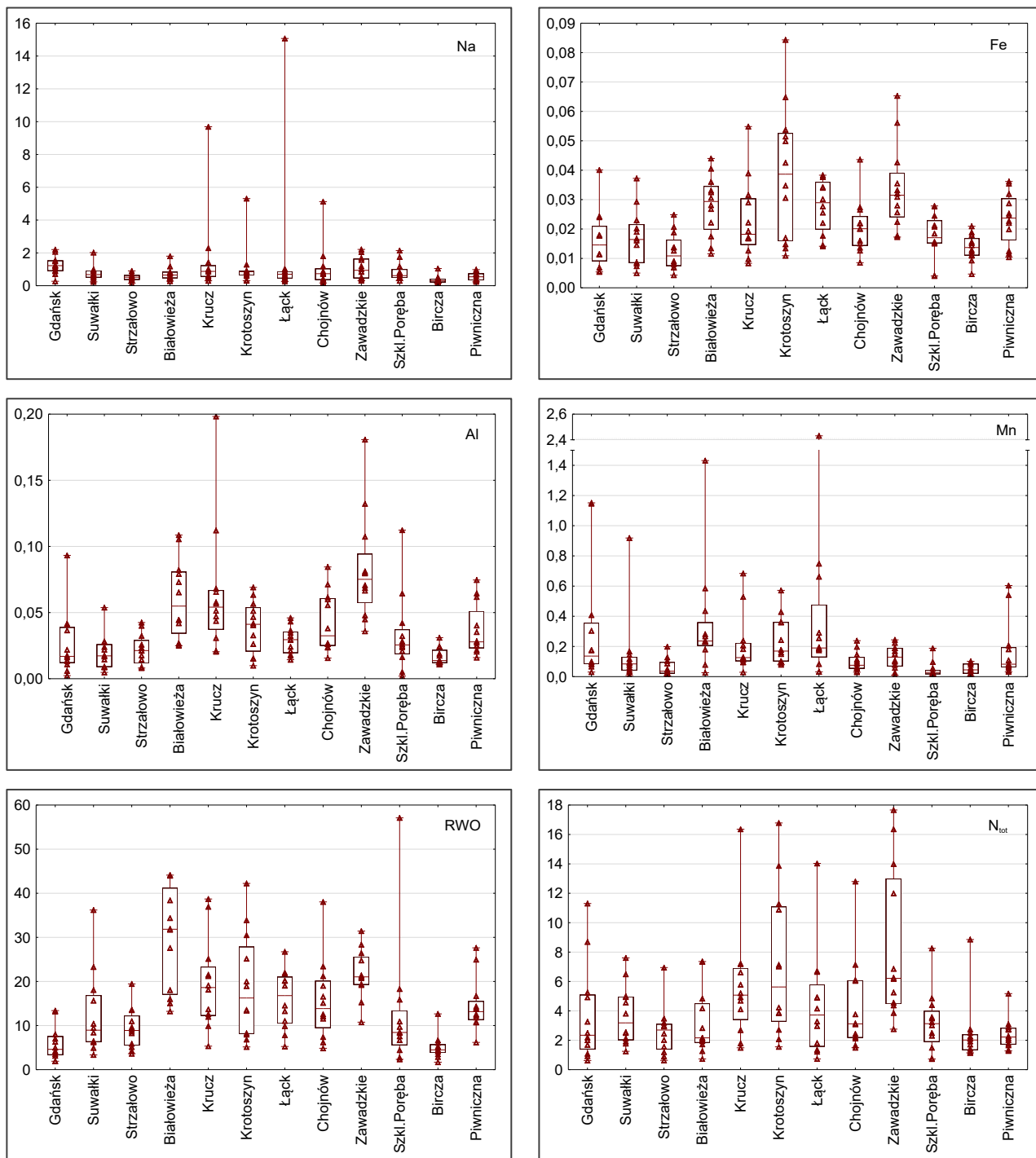


Rycina 125. Przekroczenia ładunków krytycznych kwasowości (góra) i azotu/eutrofizacji (dół) na obszarze Europy w 2020 roku wg Slootweg i in.,

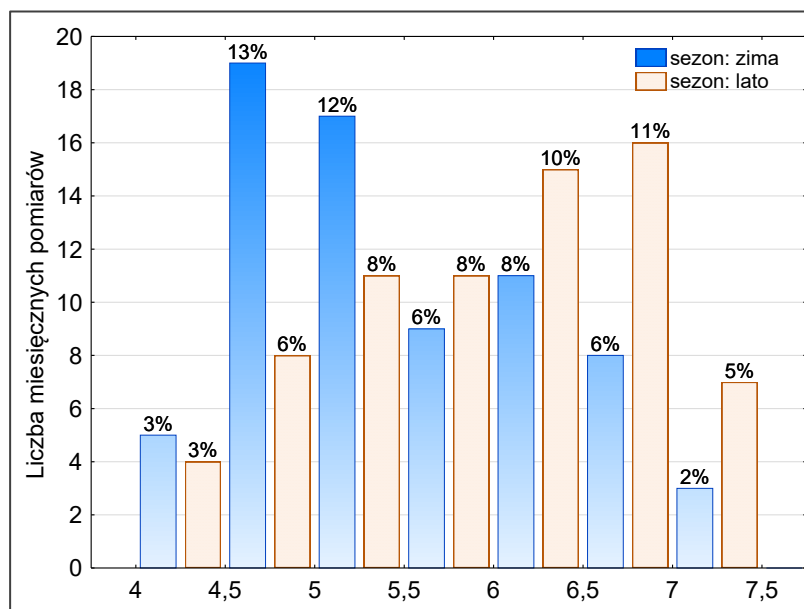


Rycina 126. Schemat koncepcyjny badań depozytu i przepływu składników w środowisku leśnym na SPO MI

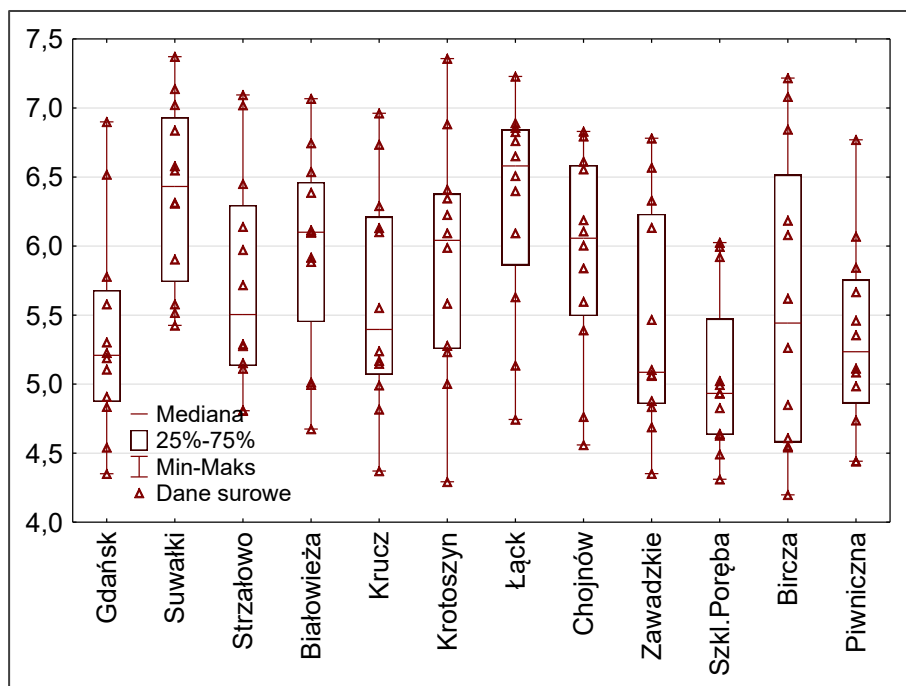




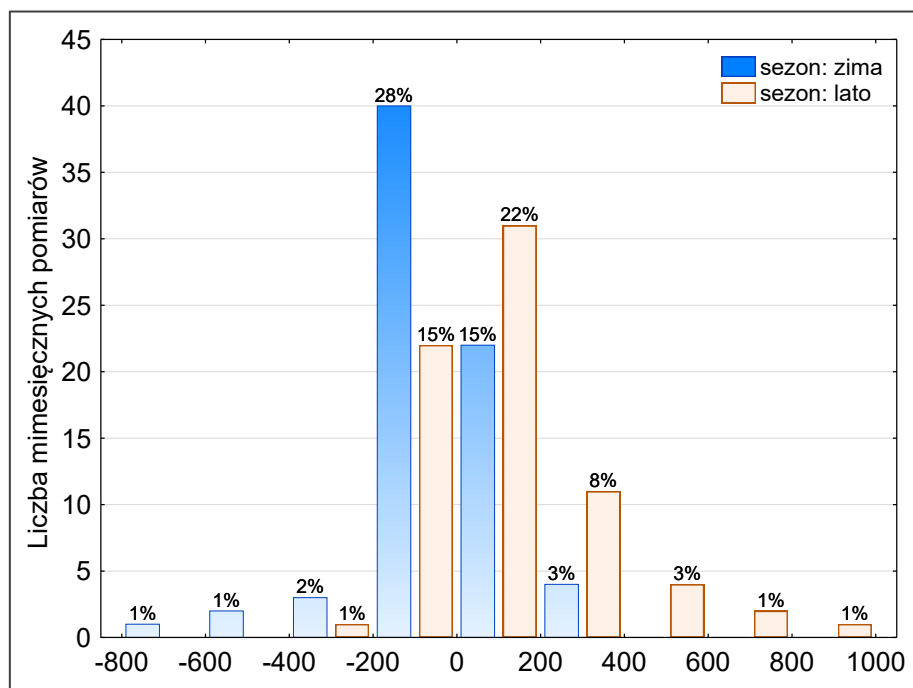
Rycina 127. Przewodność [$\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$] i stężenie głównych składników [$\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$] w opadach podkoronowych na SPO MI w 2018 roku. RWO – rozpuszczony węgiel organiczny, N_{tot} – azot całkowity



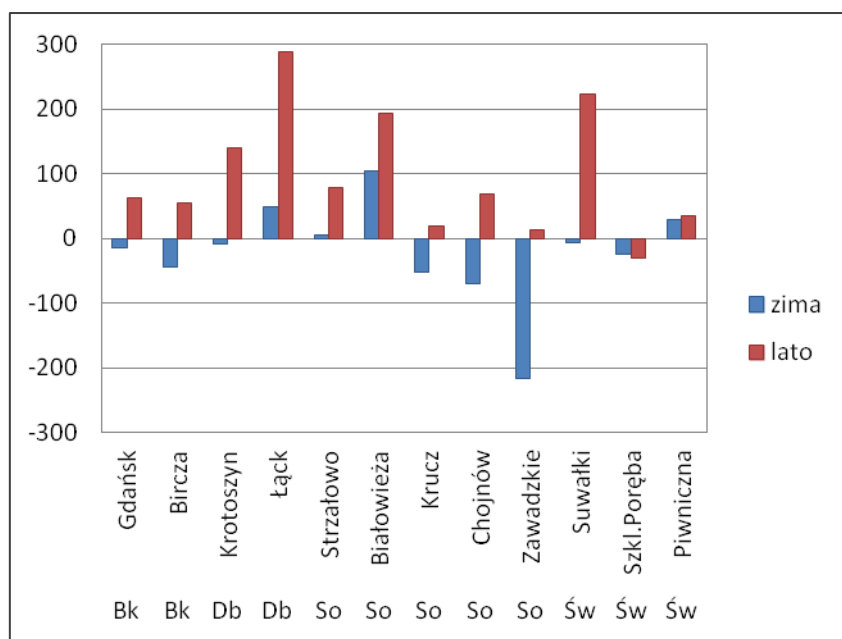
Rycina 128. Histogram pH opadów podkoronowych na SPO MI w okresie letnim oraz zimowym 2018 r.



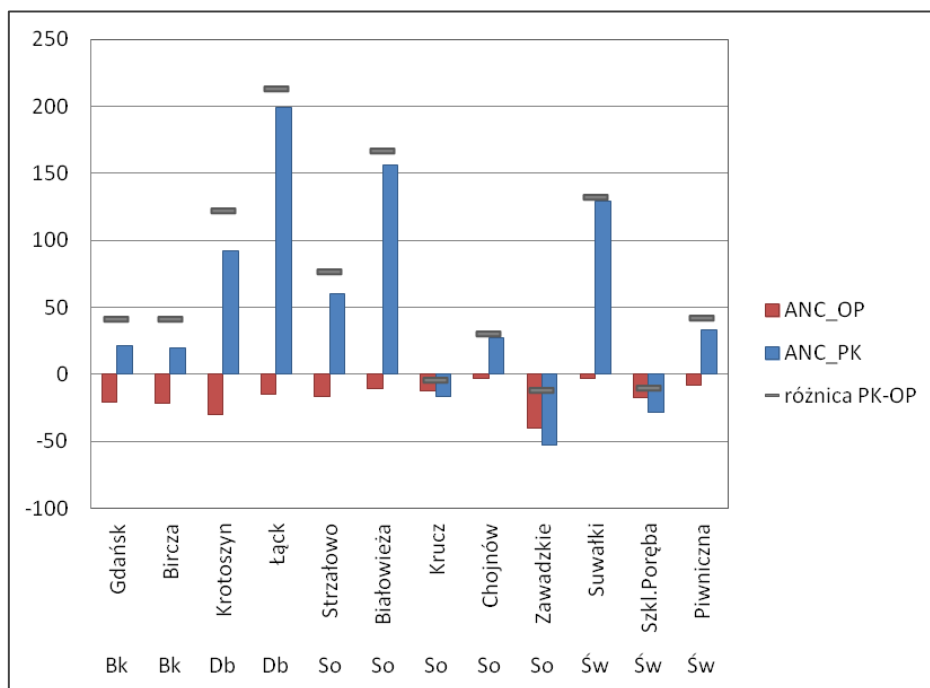
Rycina 129. pH opadów podkoronowych na SPO MI w 2018 roku



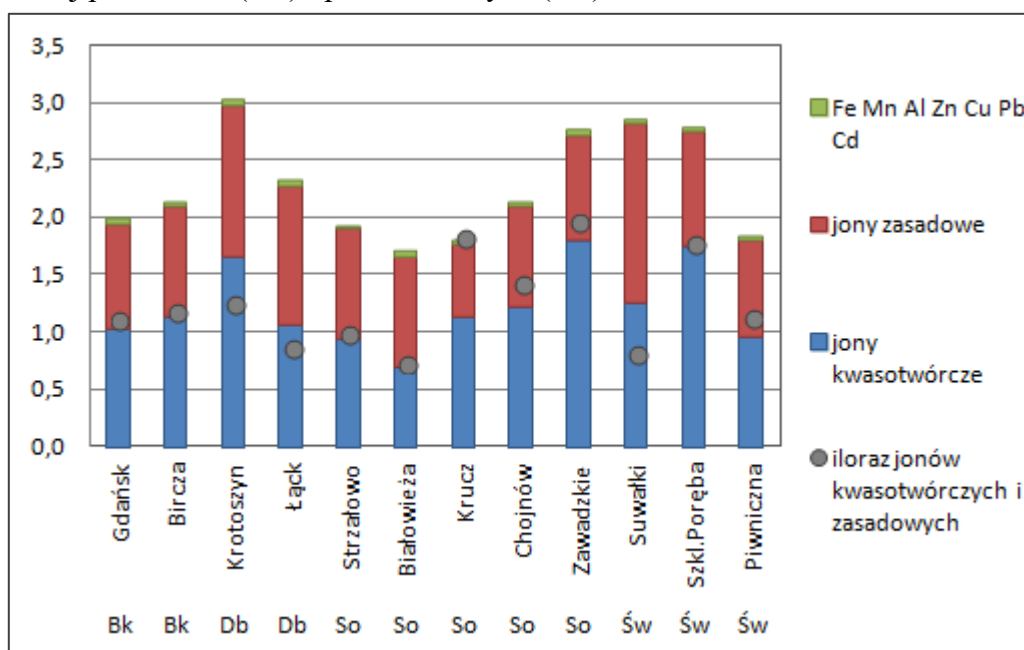
Rycina 130. Histogram pojemności zobojętniania kwasów ANC [$\mu\text{eq dm}^{-3}$] w opadach podkoronowych na SPO MI w sezonie zimowym oraz letnim 2018 roku



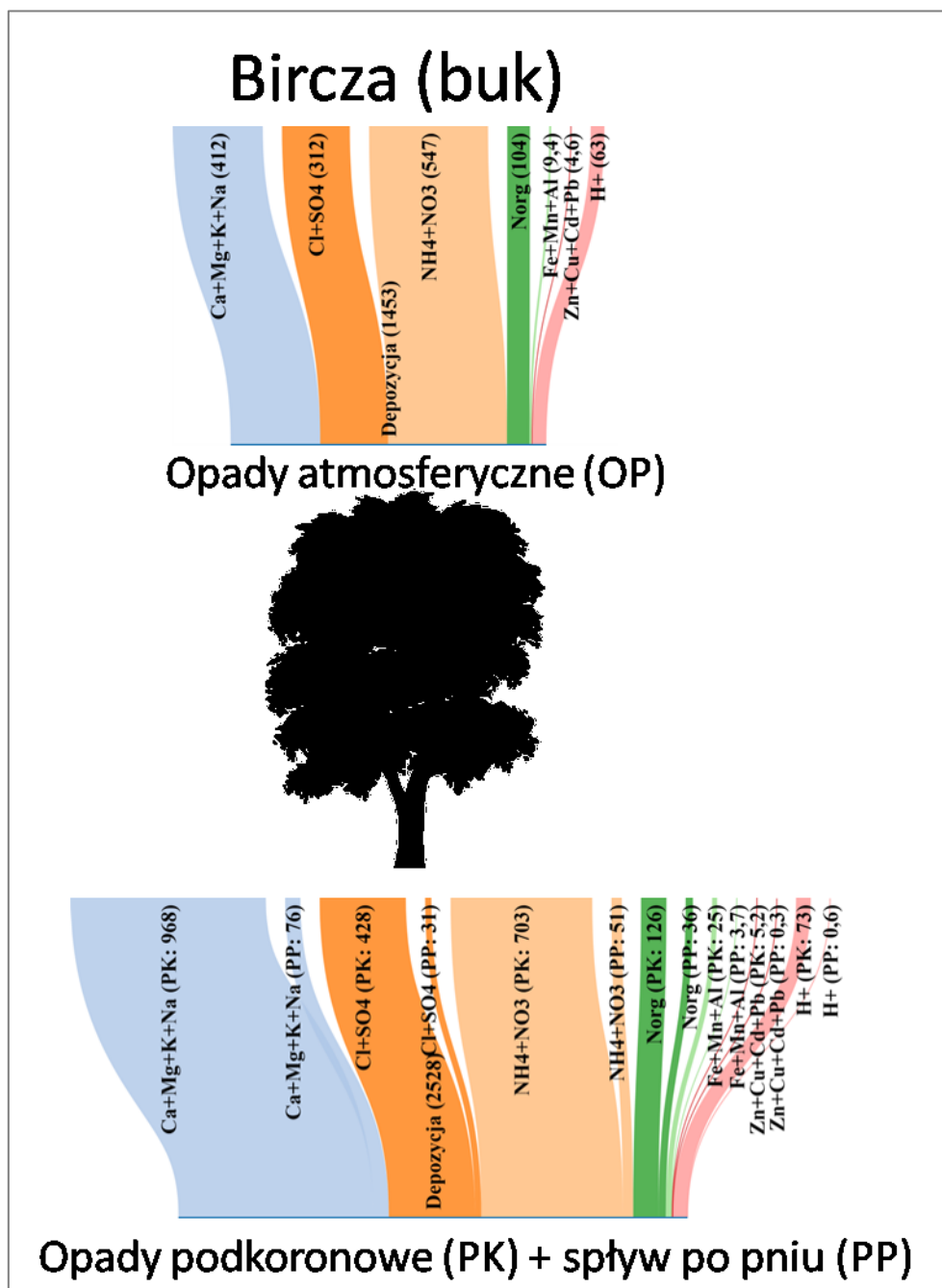
Rycina 131. Pojemność zobojętniania kwasów (ANC) [$\mu\text{eq dm}^{-3}$] w opadach podkoronowych na SPO MI w 2018 roku. Średnie dla okresu zimowego (miesiące I-IV, XI i XII) i letniego (V-X)



Rycina 132. Średnia roczna pojemność zobojętniania kwasów (ANC [$\mu\text{eq dm}^{-3}$]) w opadach na otwartej przestrzeni (OP) i podkoronowych (PK) na SPO MI w 2018 roku

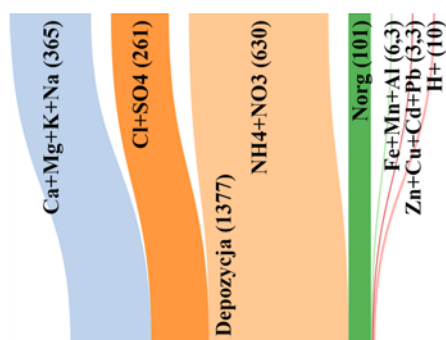


Rycina 133. Ładunek jonów [kmolc ha^{-1}] oraz stosunek depozytu jonów kwasotwórczych do zasadowych w opadach podkoronowych na SPO MI w 2018 roku

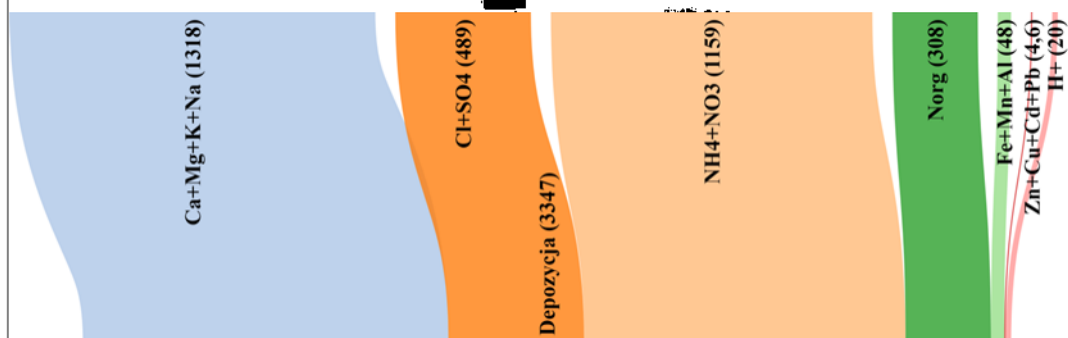
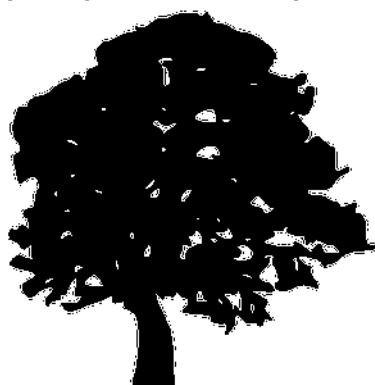


Rycina 134. Przepływ jonów z opadami atmosferycznymi i podkoronowym (i po pniu w drzewostanie bukowym) w $\text{mol}_c \text{ ha}^{-1}$ w 2018 roku na wybranych SPO MI: w drzewostanie bukowym w Nadleśnictwie Bircza, dębowym w Nadleśnictwie Krotoszyn, sosnowym w Nadleśnictwie Zawadzkie i świerkowym w Nadleśnictwie Piwniczna

Krotoszyn (dąb)



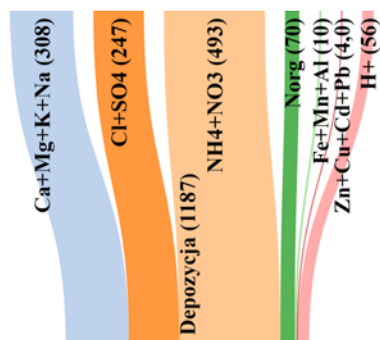
Opady atmosferyczne (OP)



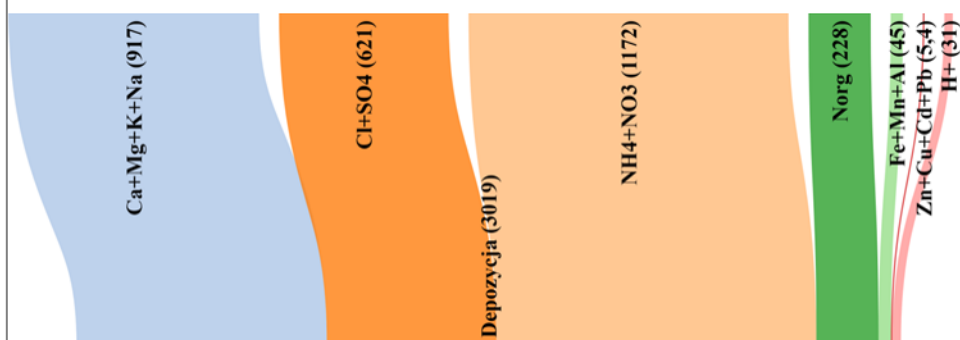
Opady podkoronowe (PK)

Rycina 134. – cd.

Zawadzkie (sosna)



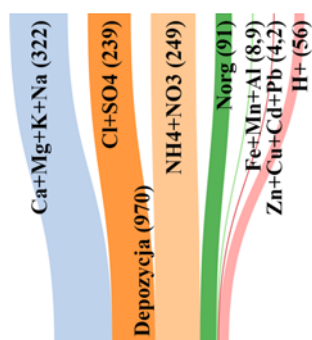
Opady atmosferyczne (OP)



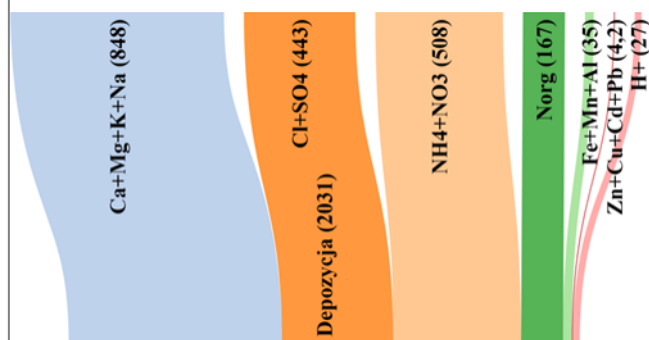
Opady podkoronowe (PK)

Rycina 134. – cd.

Piwniczna (świerk)

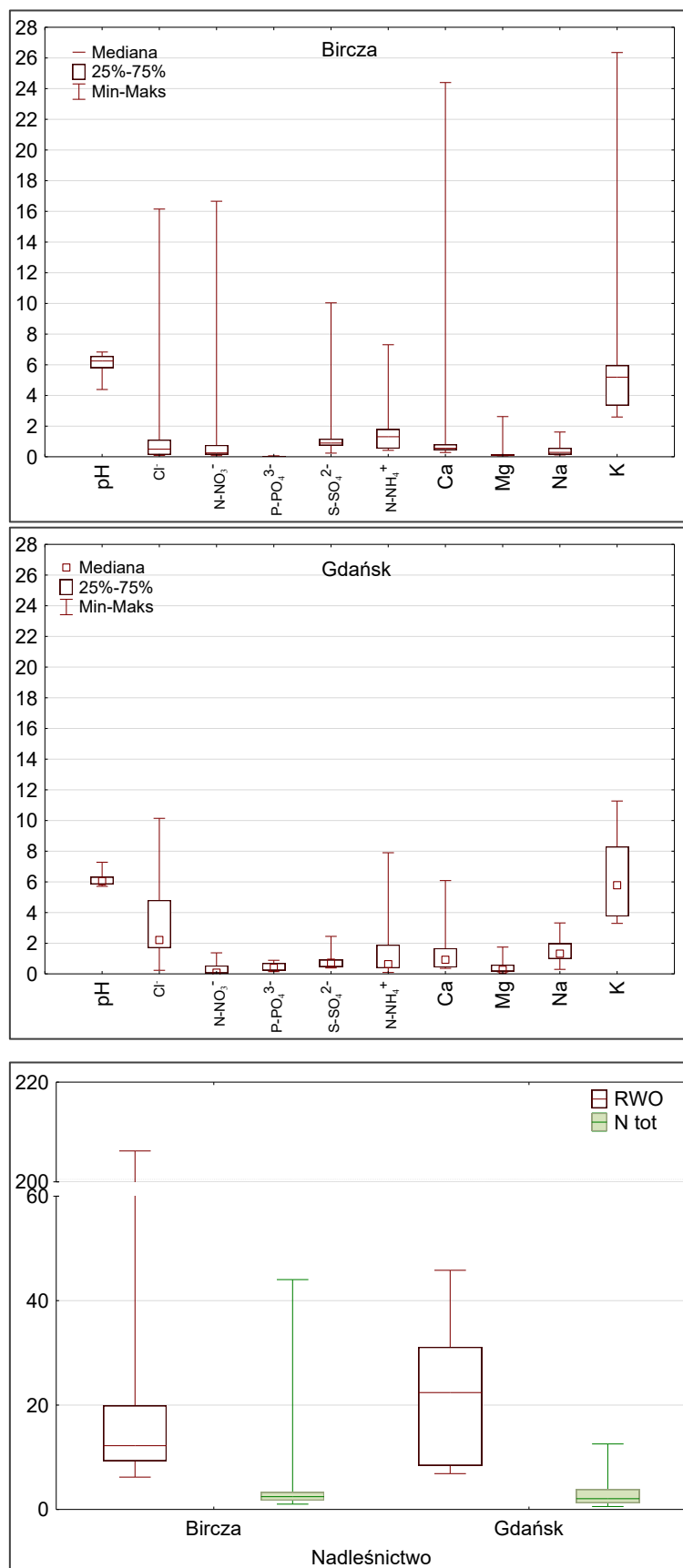


Opady atmosferyczne (OP)

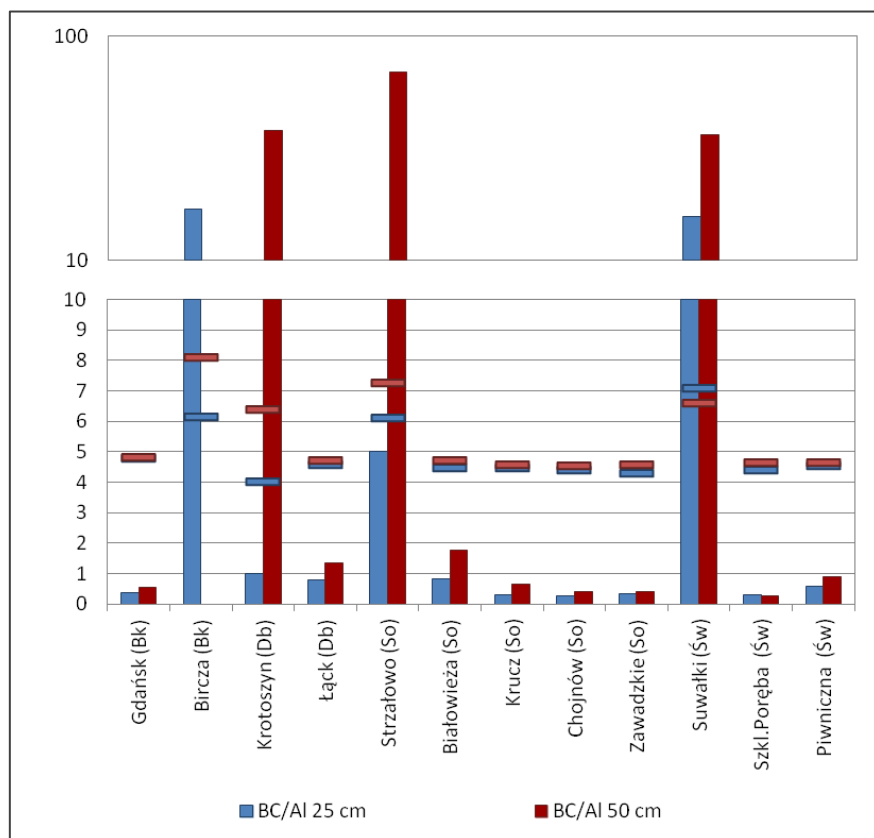


Opady podkoronowe (PK)

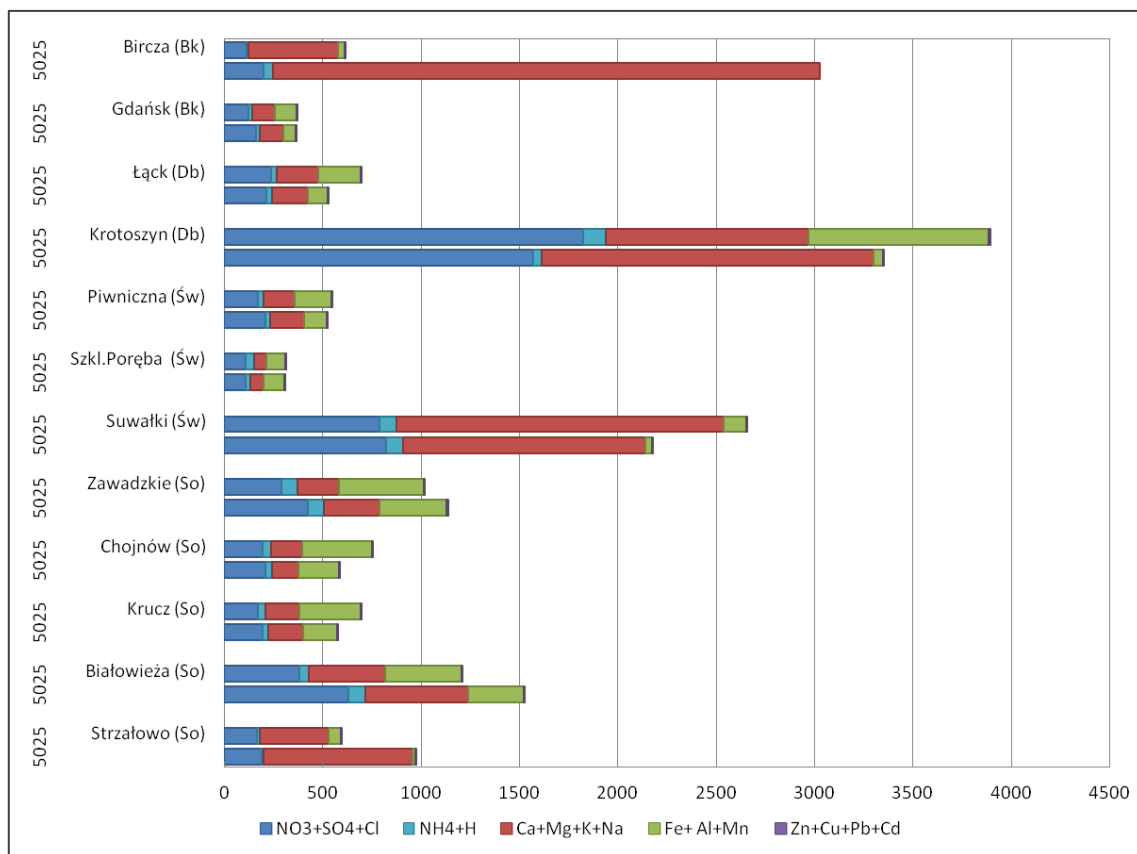
Rycina 134. – cd.



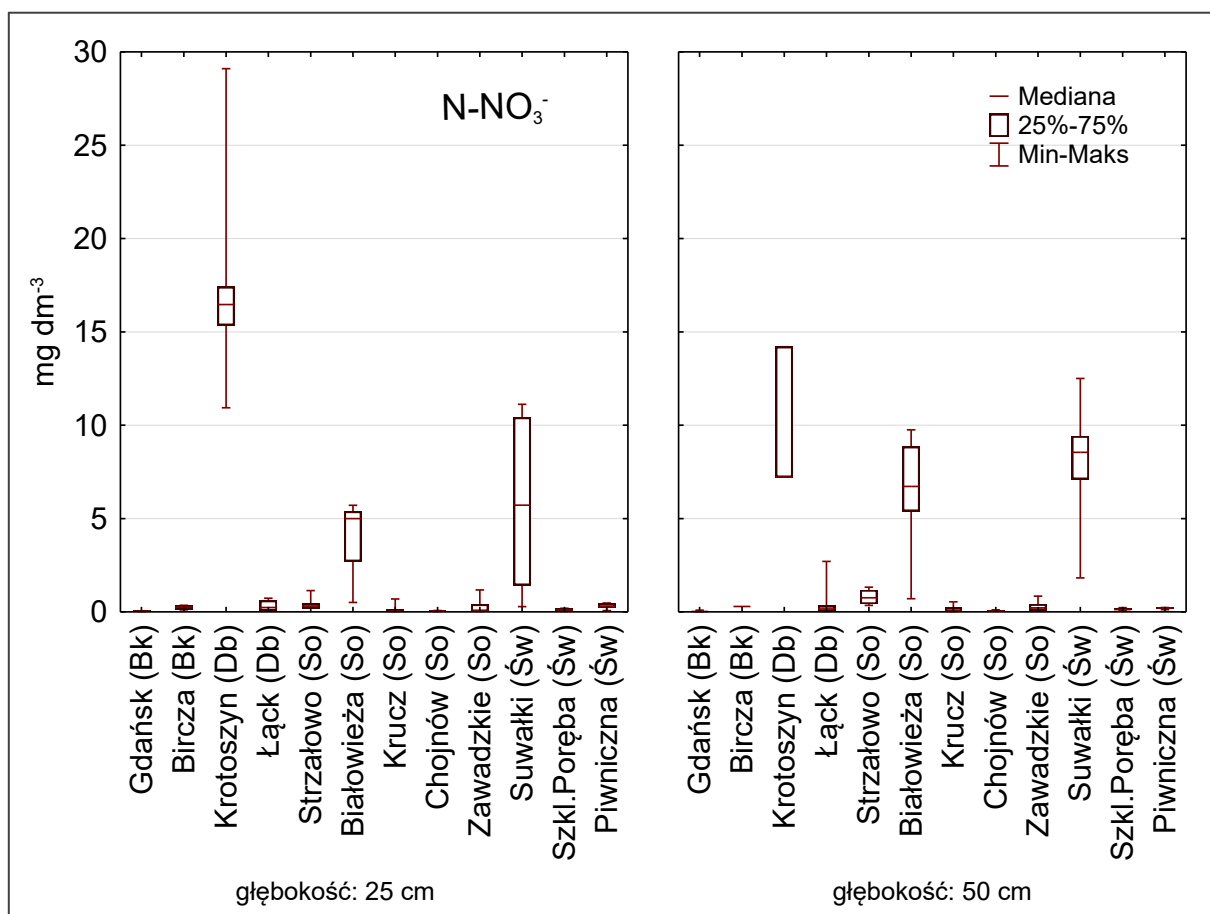
Rycina 135. Stężenie głównych składników w $\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ oraz pH w wodach spływających po pniach drzew w 2018 roku. Poziomą linią zaznaczono medianę, wąsami – zakres wartości miesięcznych oraz ramką – zakres kwartyłowy



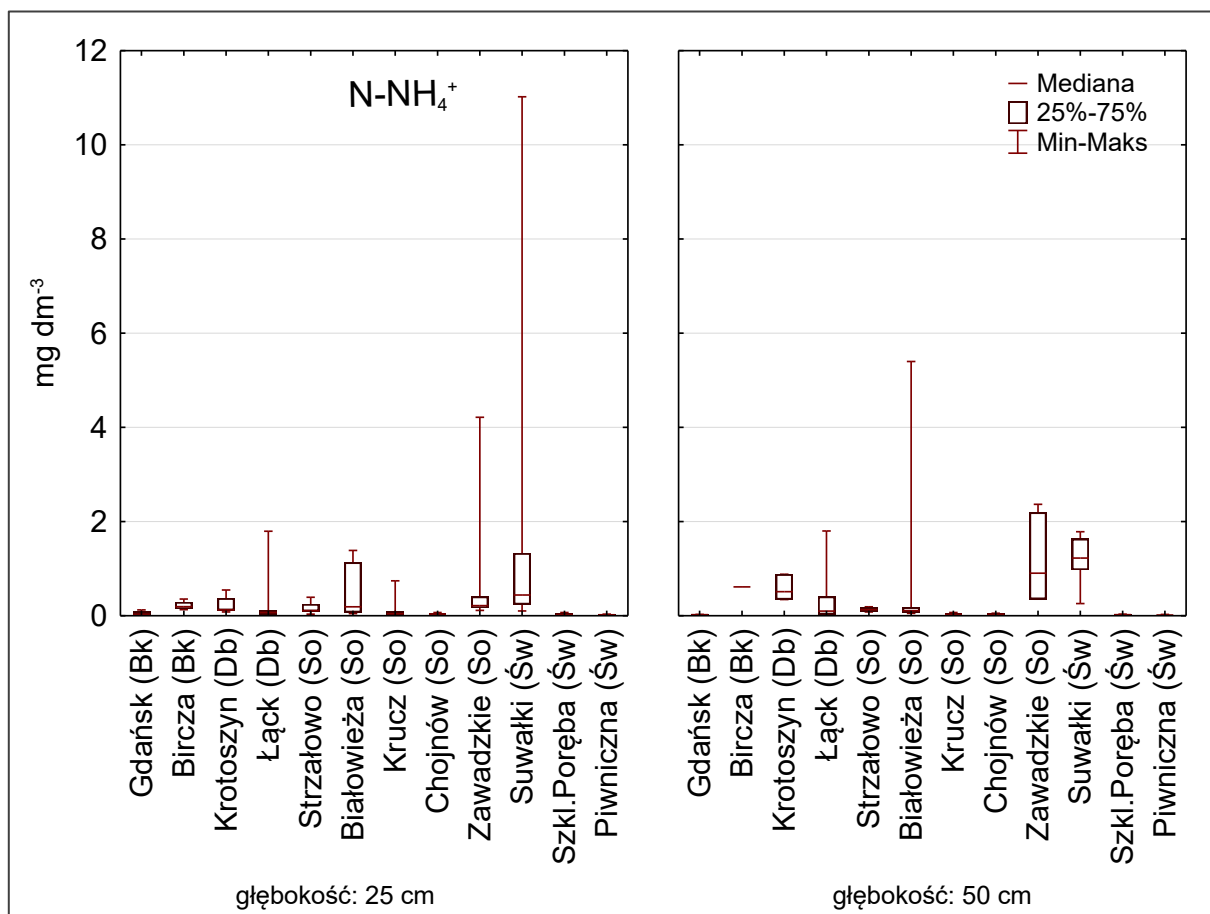
Rycina 136. Stosunek molowy kationów zasadowych do glinu (BC/Al) w roztworach glebowych na SPO MI w 2018 r. Poziomymi kreskami zaznaczono średnią roczną wartość pH na głębokości 25 cm (kolor niebieski) i 50 cm (kolor czerwony)



Rycina 137. 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 2018 roku



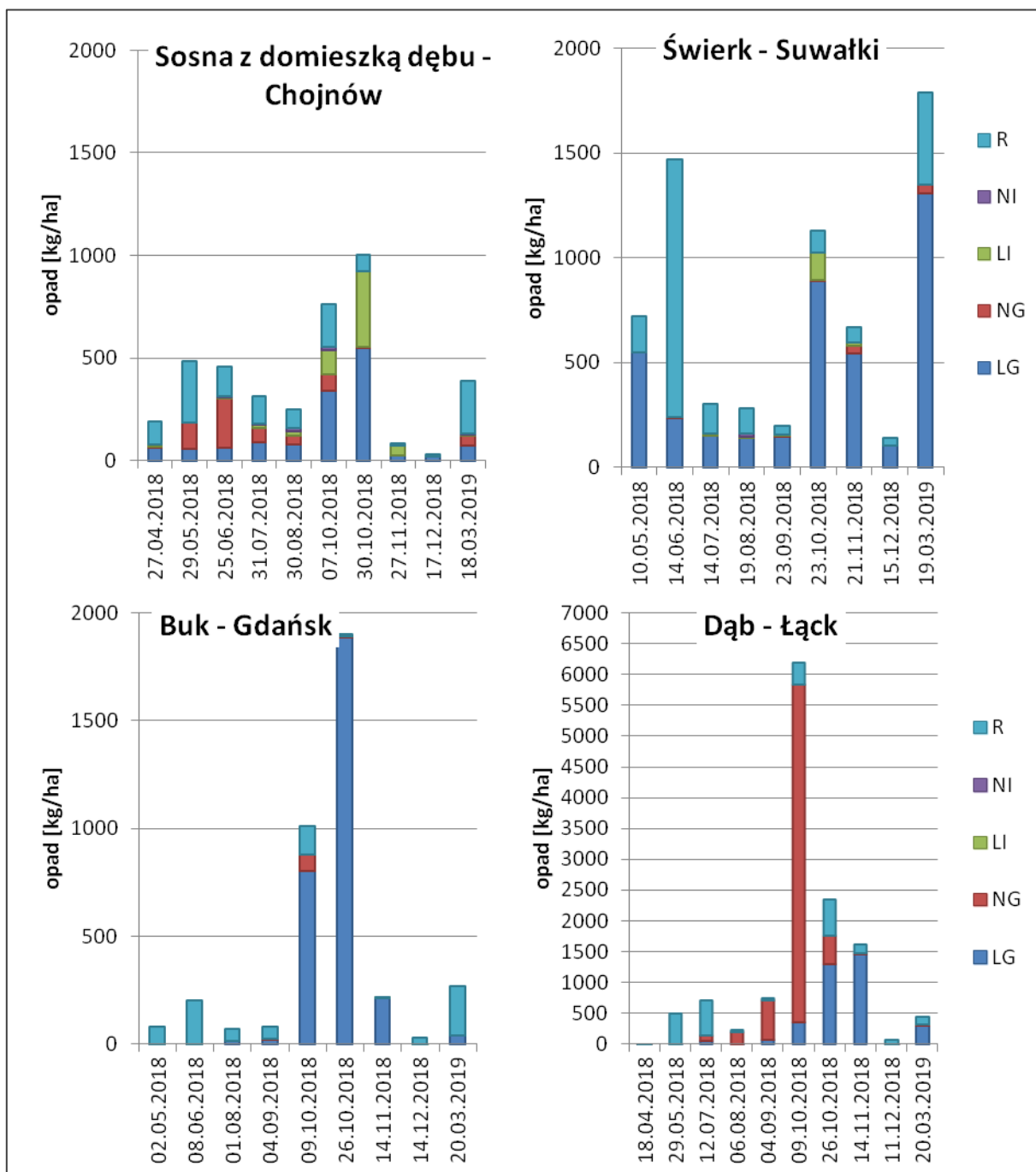
Rycina 138. Stężenia azotanów (V) w roztworach glebowych na głębokości 25 cm i 50 cm na SPO MI w 2018 roku



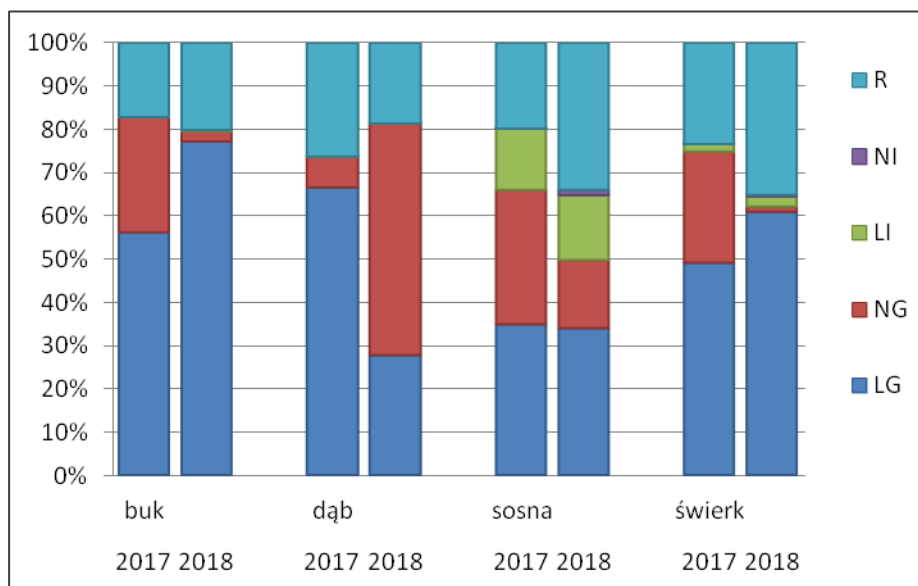
Rycina 139. Stężenia jonów amonowych [mg N dm^{-3}] w roztworach glebowych na głębokości 25 cm i 50 cm na SPO MI w 2018 roku



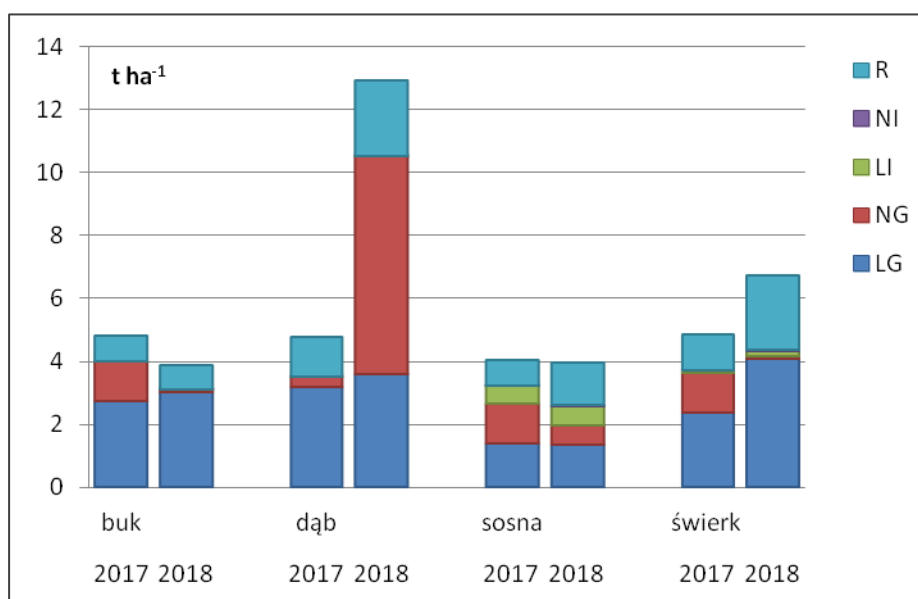
Rycina 140. Kolektory opadu ścióły w drzewostanie dębowym w Nadleśnictwie Łąck



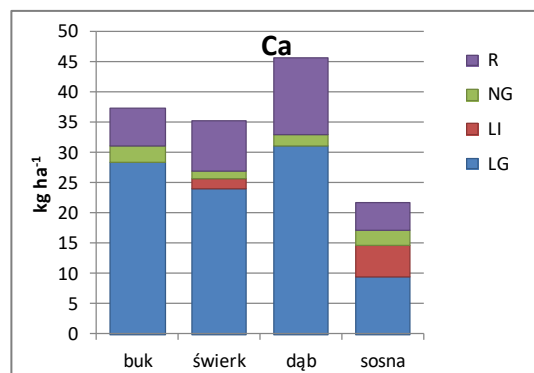
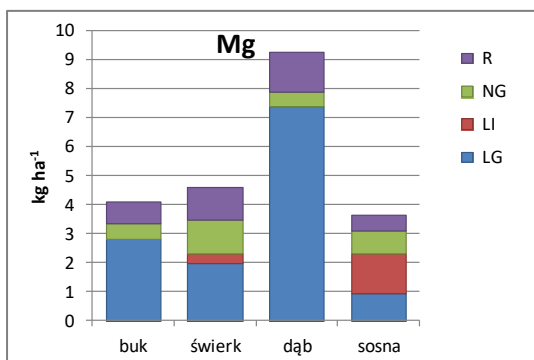
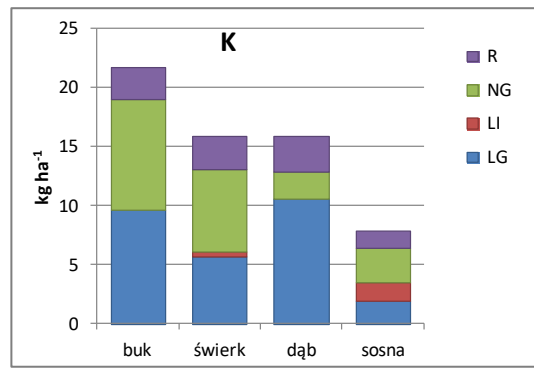
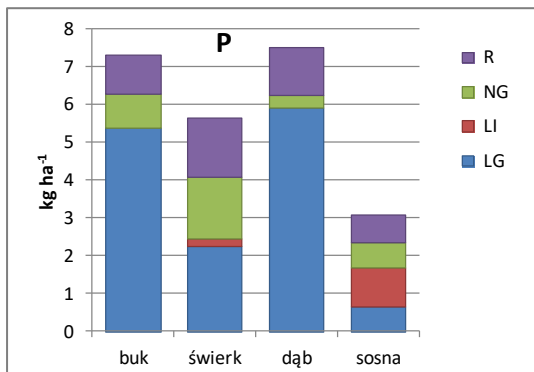
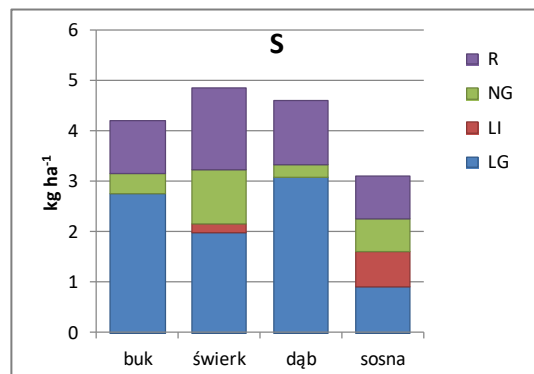
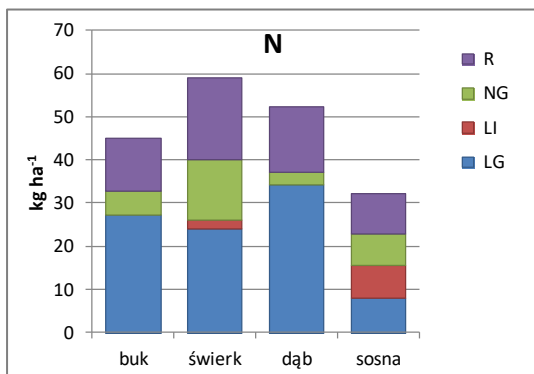
Rycina 141. Opad ścióły [kg ha^{-1}] w sezonie 2018/2019 w drzewostanach sosny (Nadl. Chojnów), świerka (Nadl. Suwałki), buka (Nadl. Gdańsk) i dębu (Nadl. Łąck). LG – liście gatunku głównego, NG – nasiona i owoce gatunku głównego, LI – liście innych gatunków, NI – nasiona innych gatunków, R – pozostałe resztki roślinne



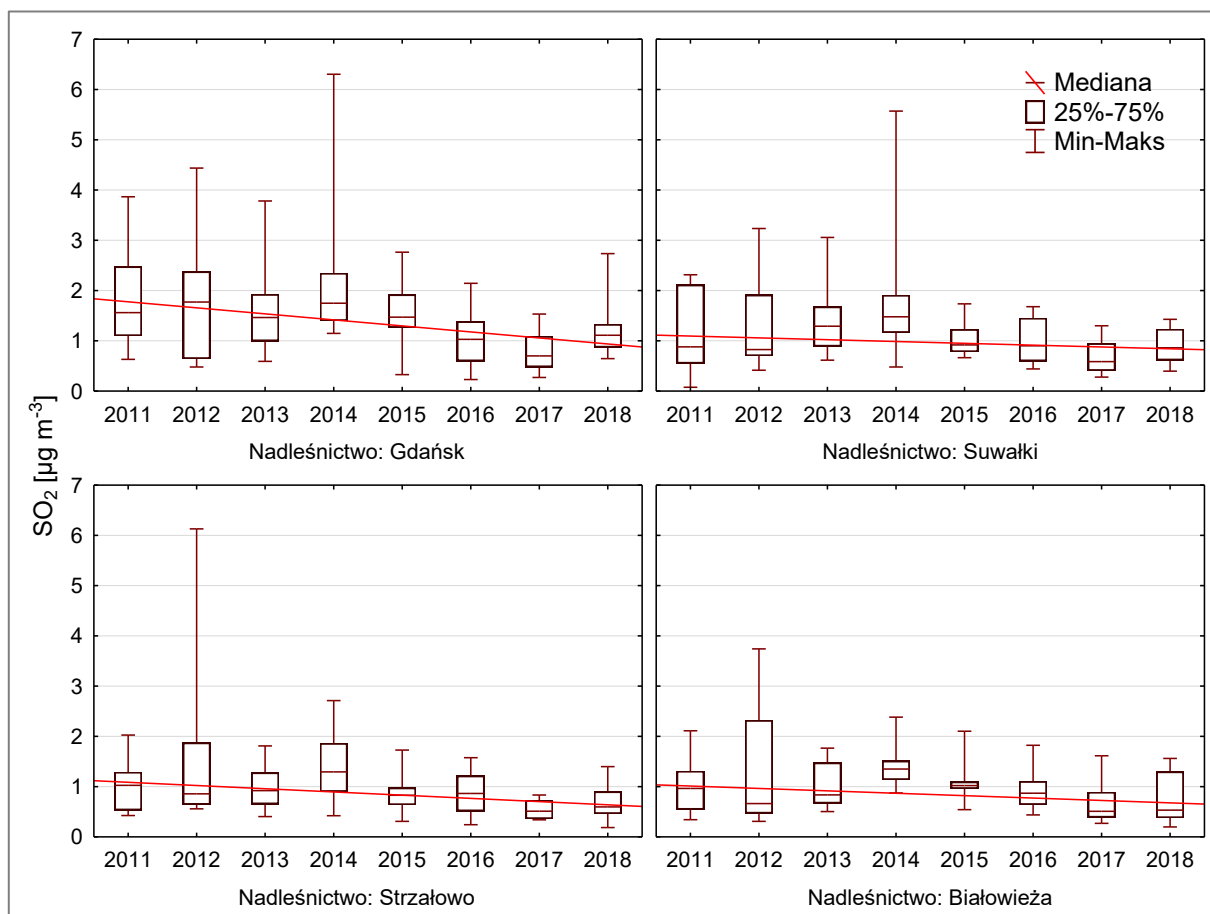
Rycina 142. Procentowy udział suchej masy frakcji ścióły w 2017 i 2018 roku w drzewostanach sosny (Nadl. Chojnów), świerka (Nadl. Suwałki), buka (Nadl. Gdańsk) i dębu (Nadl. Łąck). LG – liście gatunku głównego, NG – nasiona i owoce gatunku głównego, LI – liście innych gatunków, NI – nasiona innych gatunków, R – pozostałe resztki roślinne



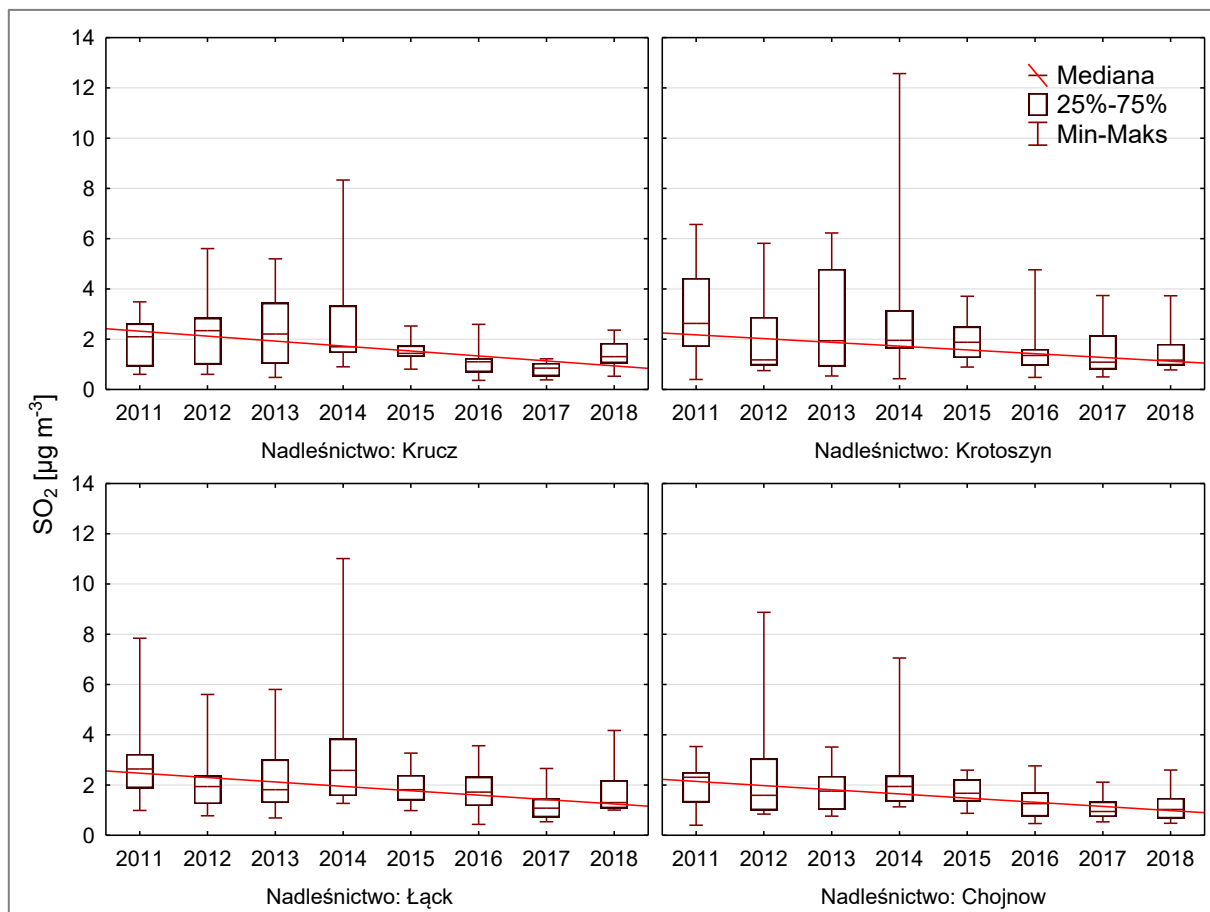
Rycina 143. Roczny opad ścióły w 2017 i 2018 roku w drzewostanach sosny (Nadl. Chojnów), świerka (Nadl. Suwałki), buka (Nadl. Gdańsk) i dębu (Nadl. Łąck). LG – liście gatunku głównego, NG – nasiona i owoce gatunku głównego, LI – liście innych gatunków, NI – nasiona innych gatunków, R – pozostałe resztki roślinne



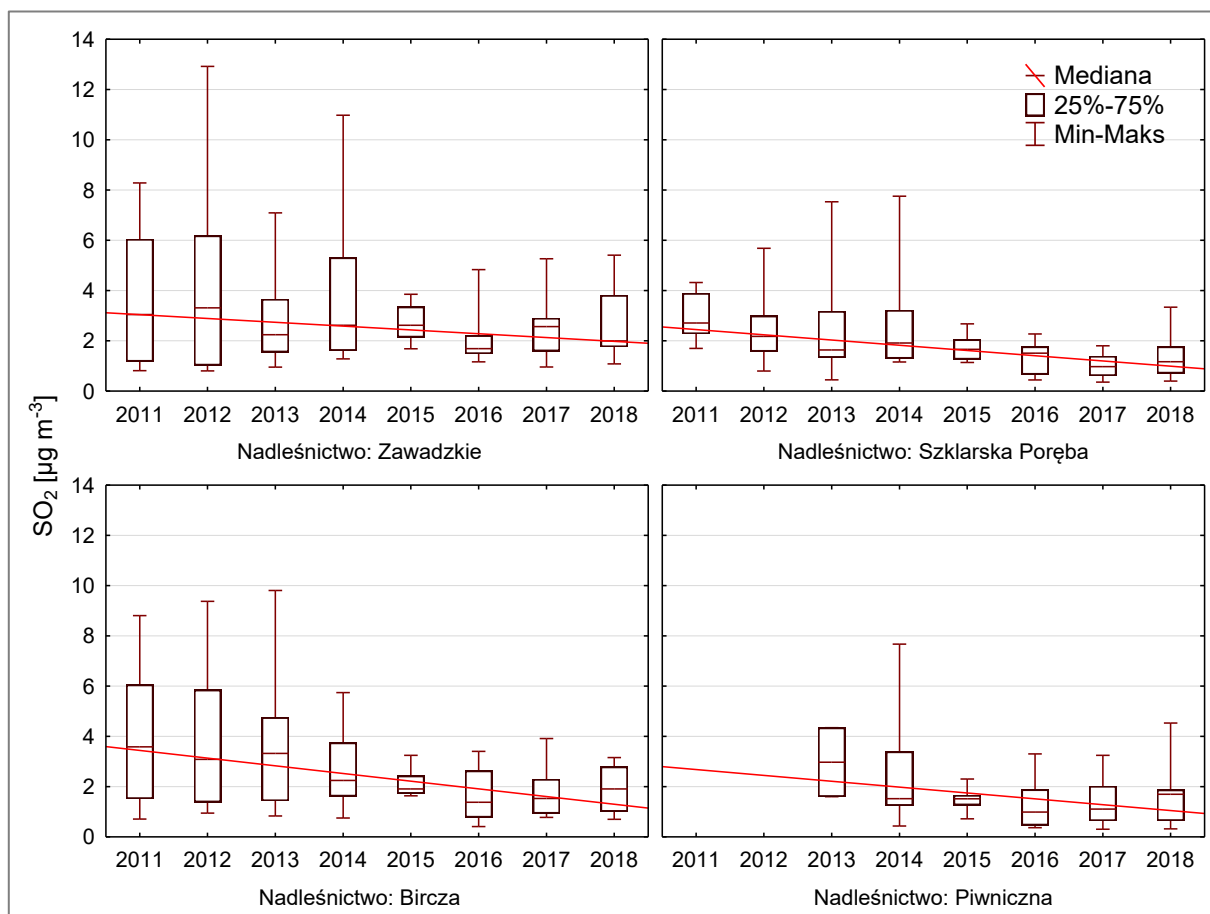
Rycina 144. Przepływ makroelementów (N, S, P, K, Mg, Ca) w opadzie ścióły w drzewostanach buka, świerka, dębu i sosny w 2017 roku



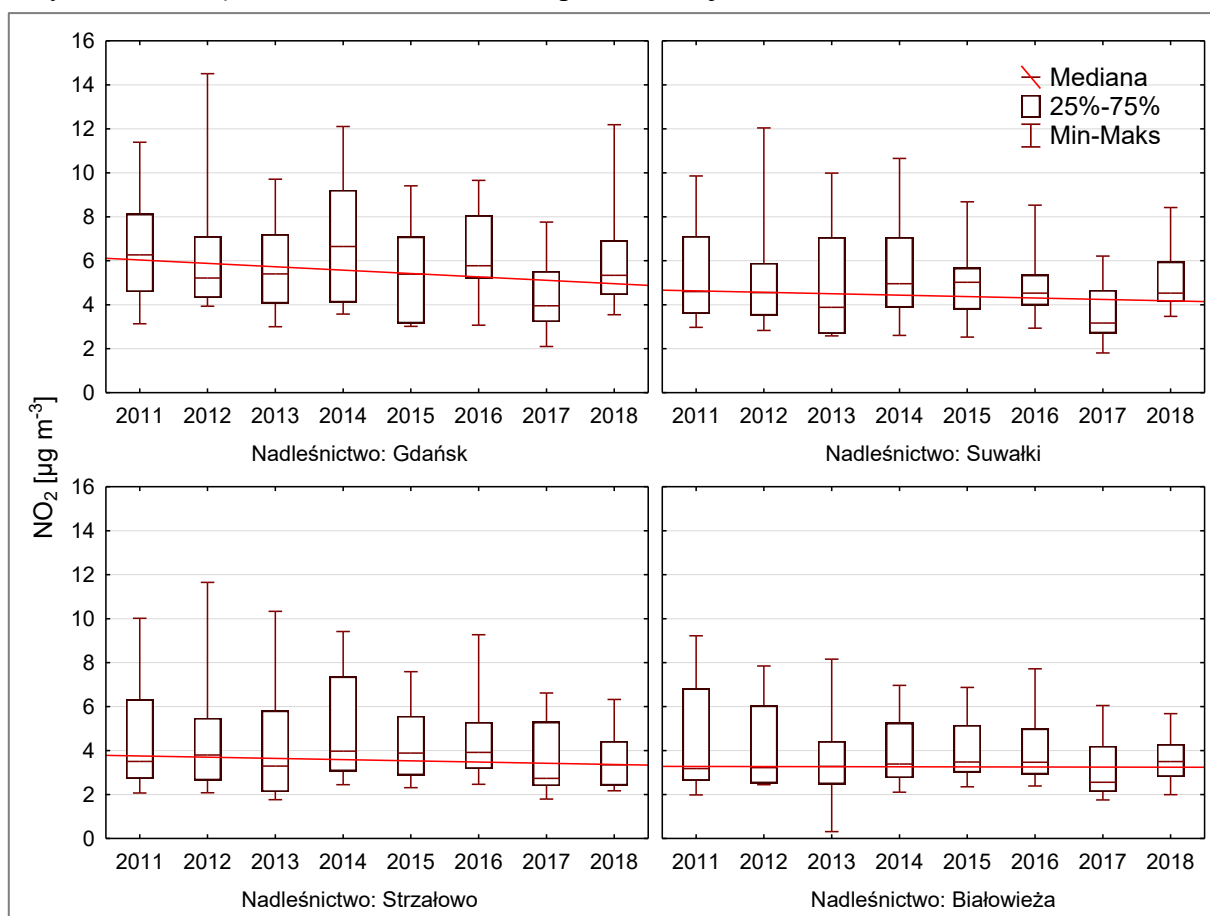
Rycina 145. Stężenia dwutlenku siarki w północnej i północno-wschodniej Polsce w latach 2011–2018



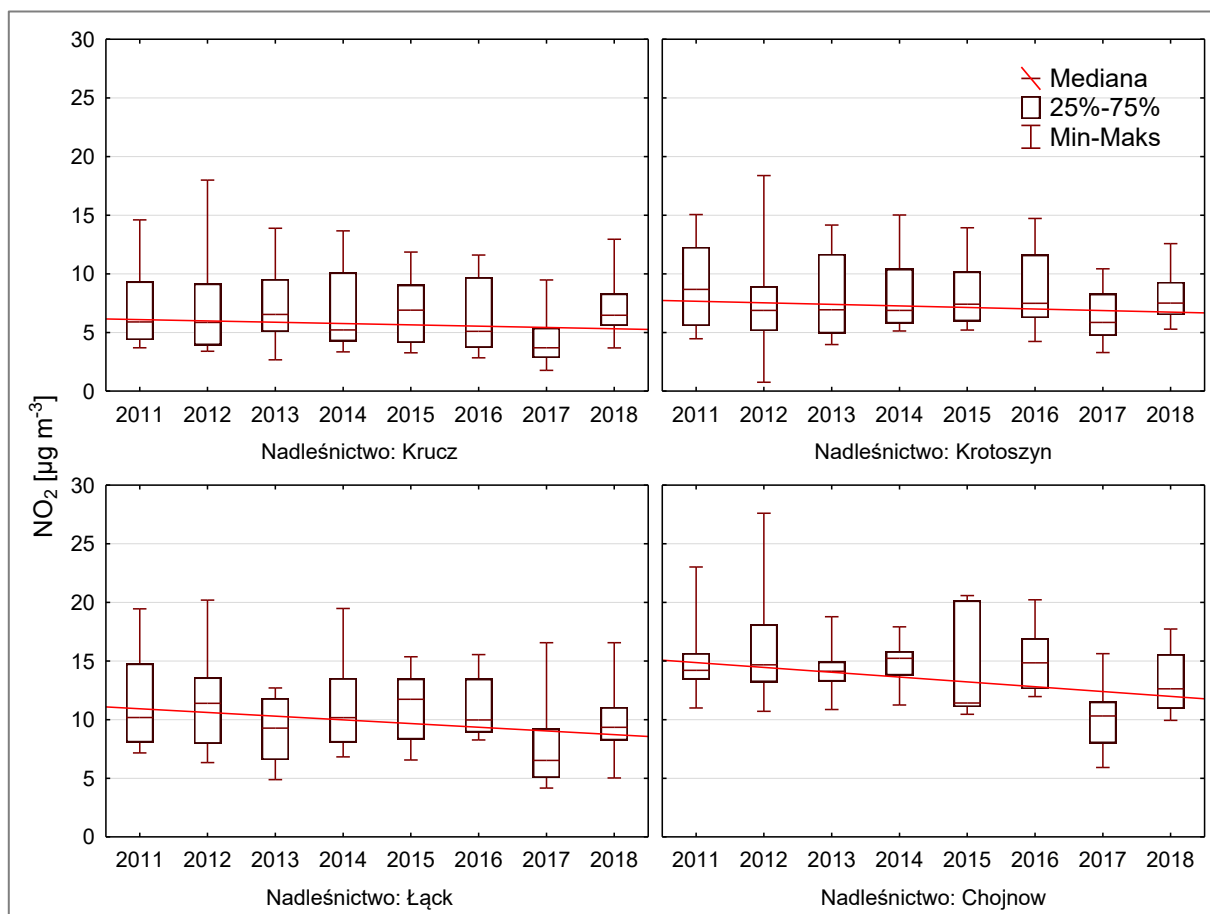
Rycina 146. Stężenia dwutlenku siarki w centralnej Polsce w latach 2011–2018



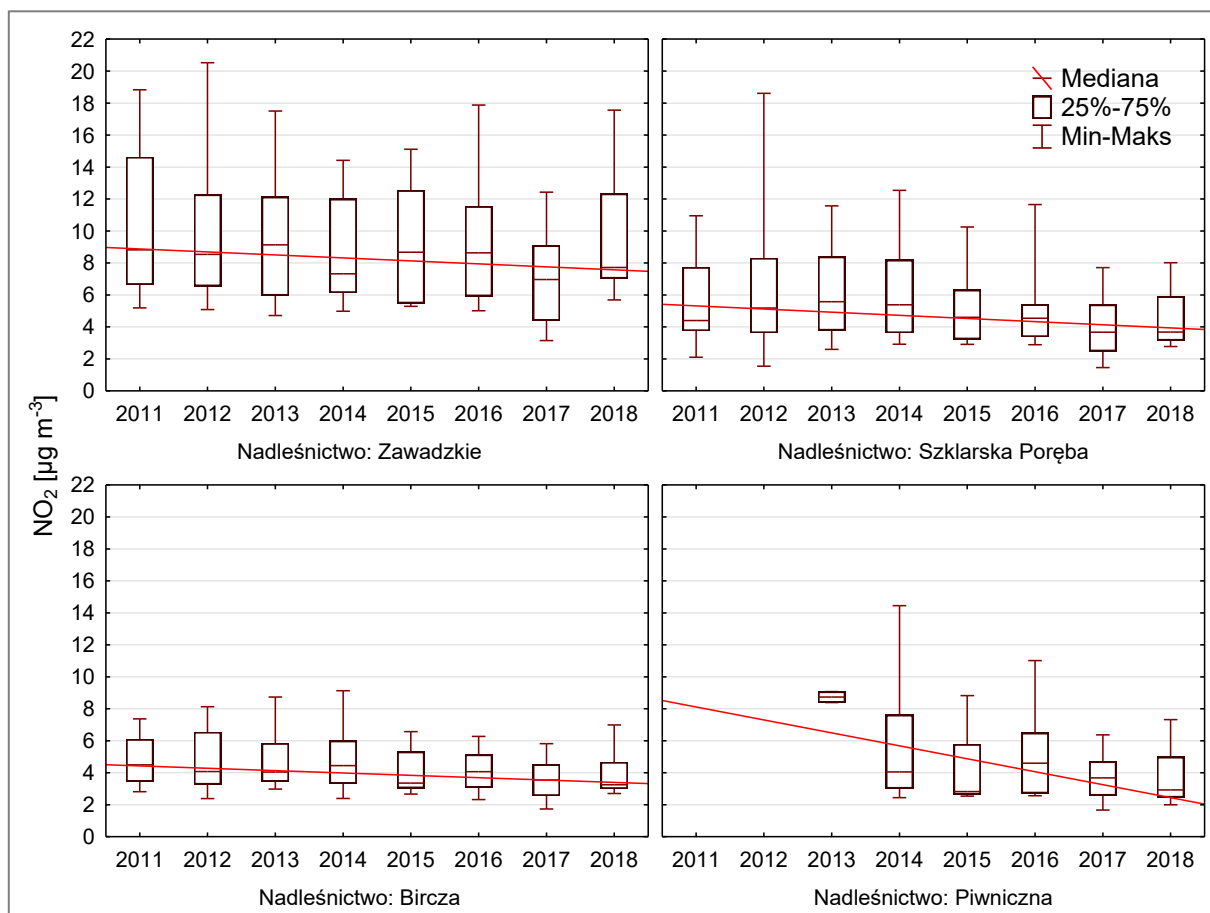
Rycina 147. Stężenia dwutlenku siarki w południowej Polsce w latach 2011–2018



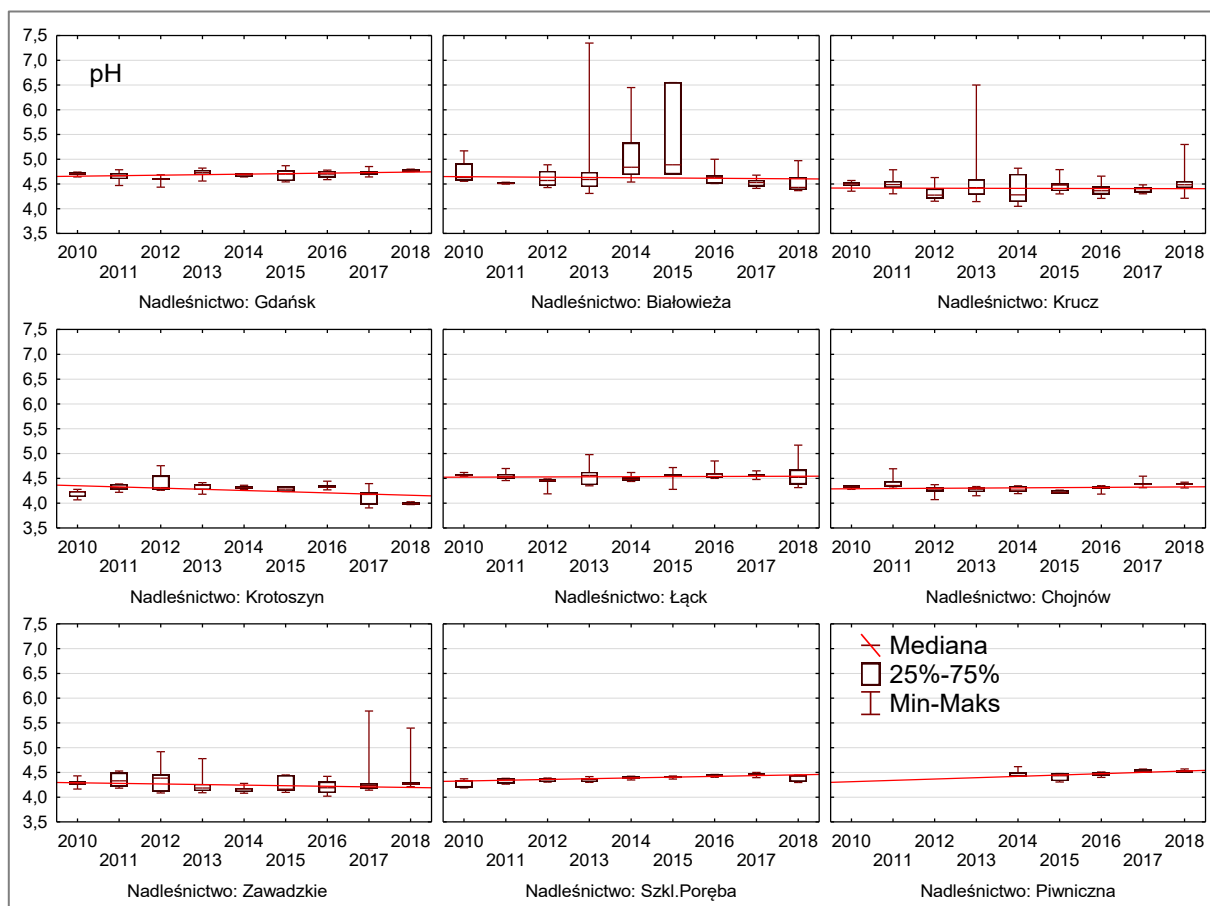
Rycina 148. Stężenia dwutlenku azotu w północnej i północno-wschodniej Polsce w latach 2011–2018



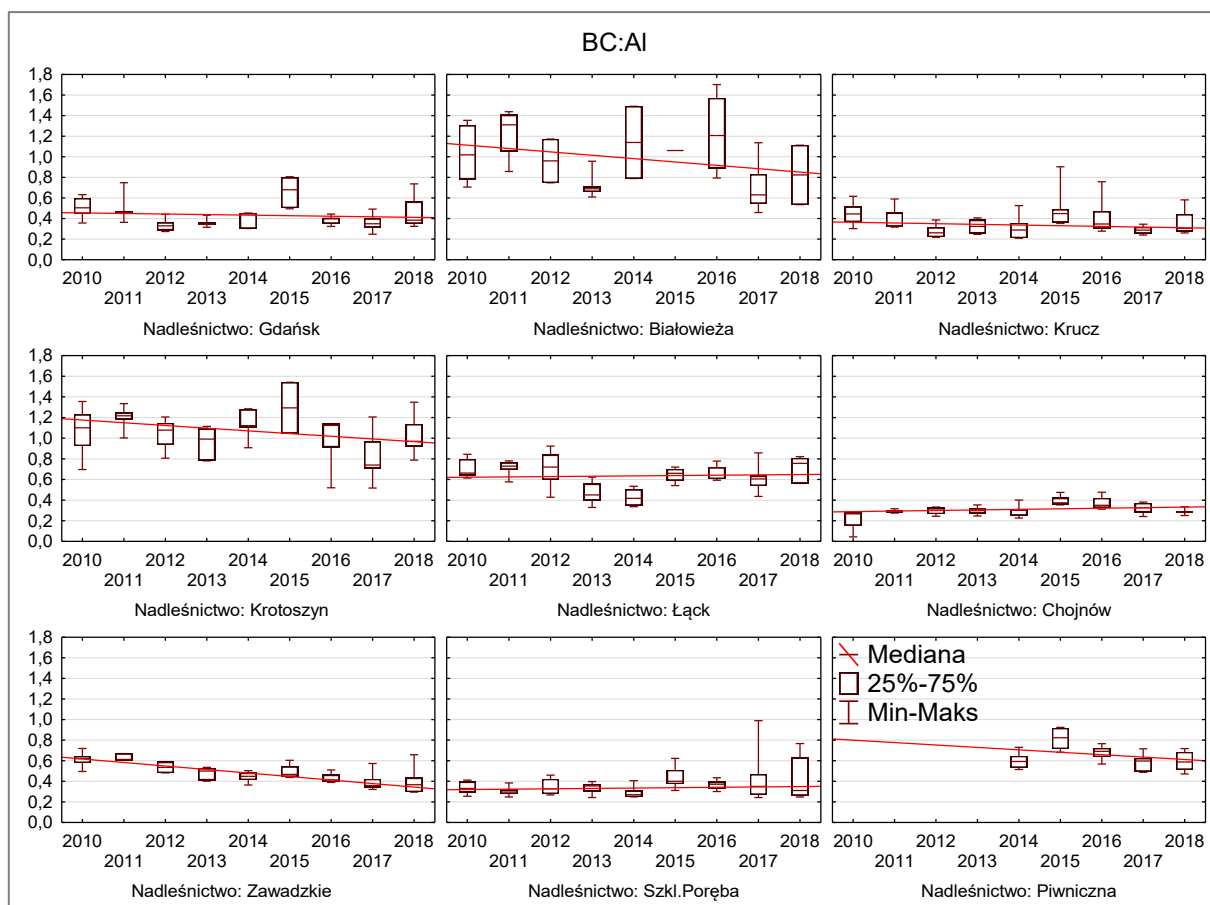
Rycina 149. Stężenia dwutlenku azotu w centralnej Polsce w latach 2011–2018



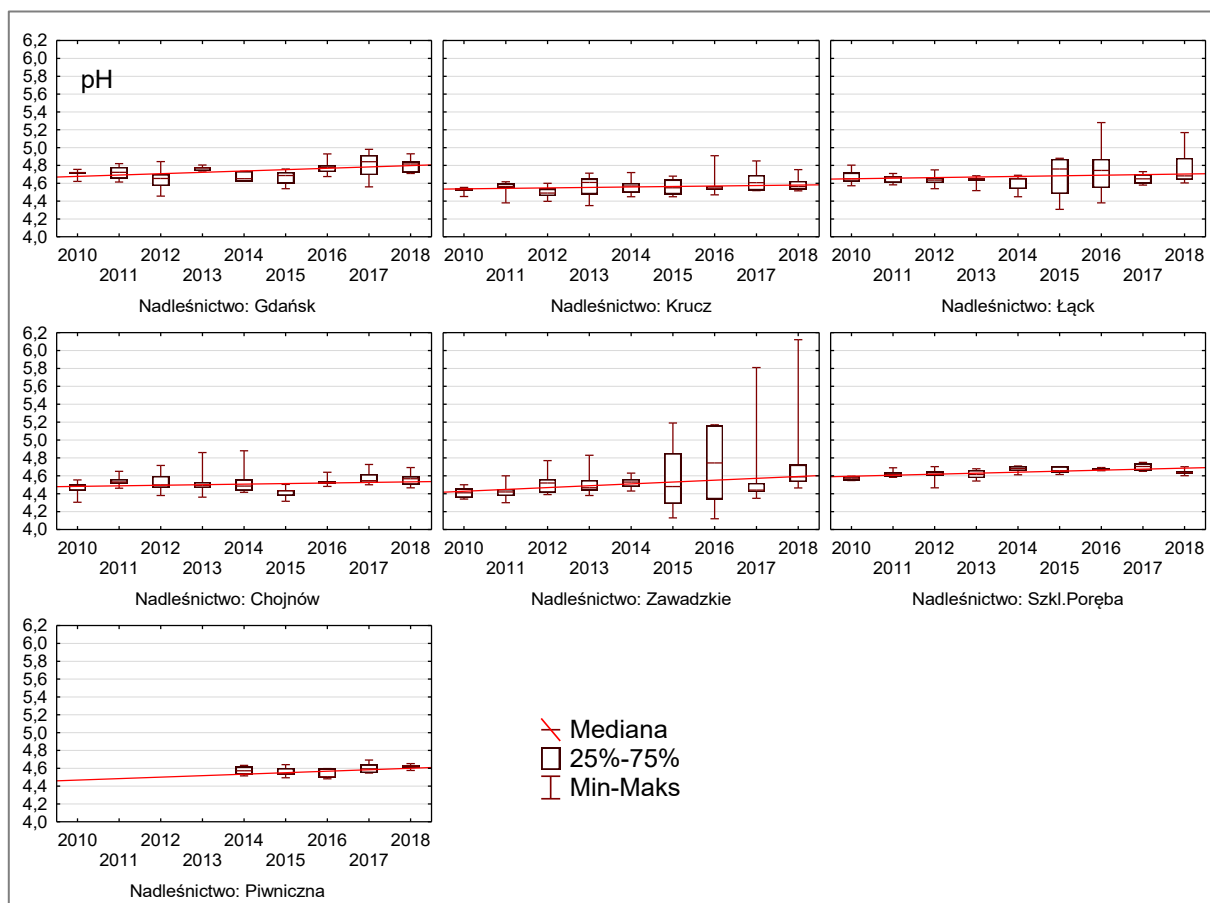
Rycina 150. Stężenia dwutlenku azotu w południowej Polsce w latach 2011–2018



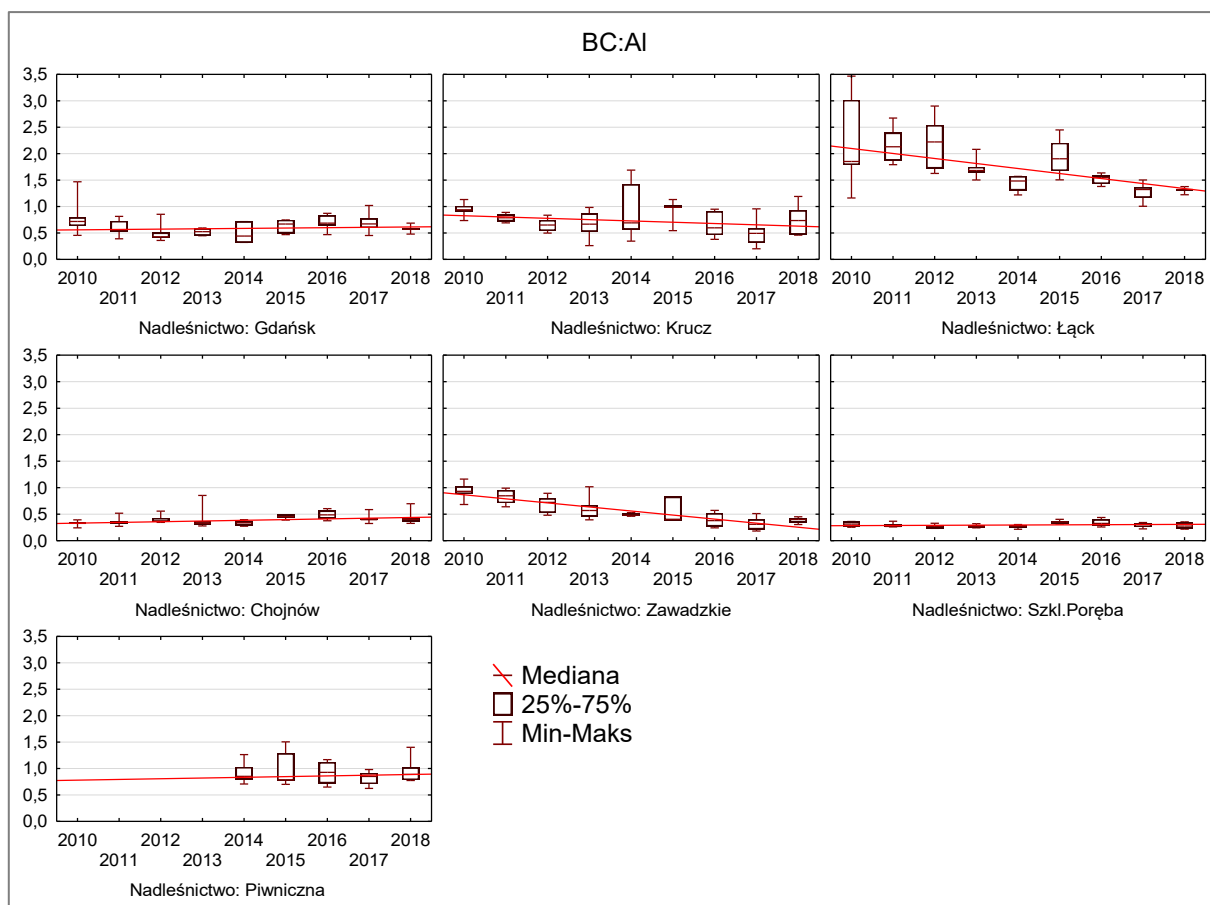
Rycina 151. Roztwory glebowe – pH na głębokości 25 cm w latach 2010–2018



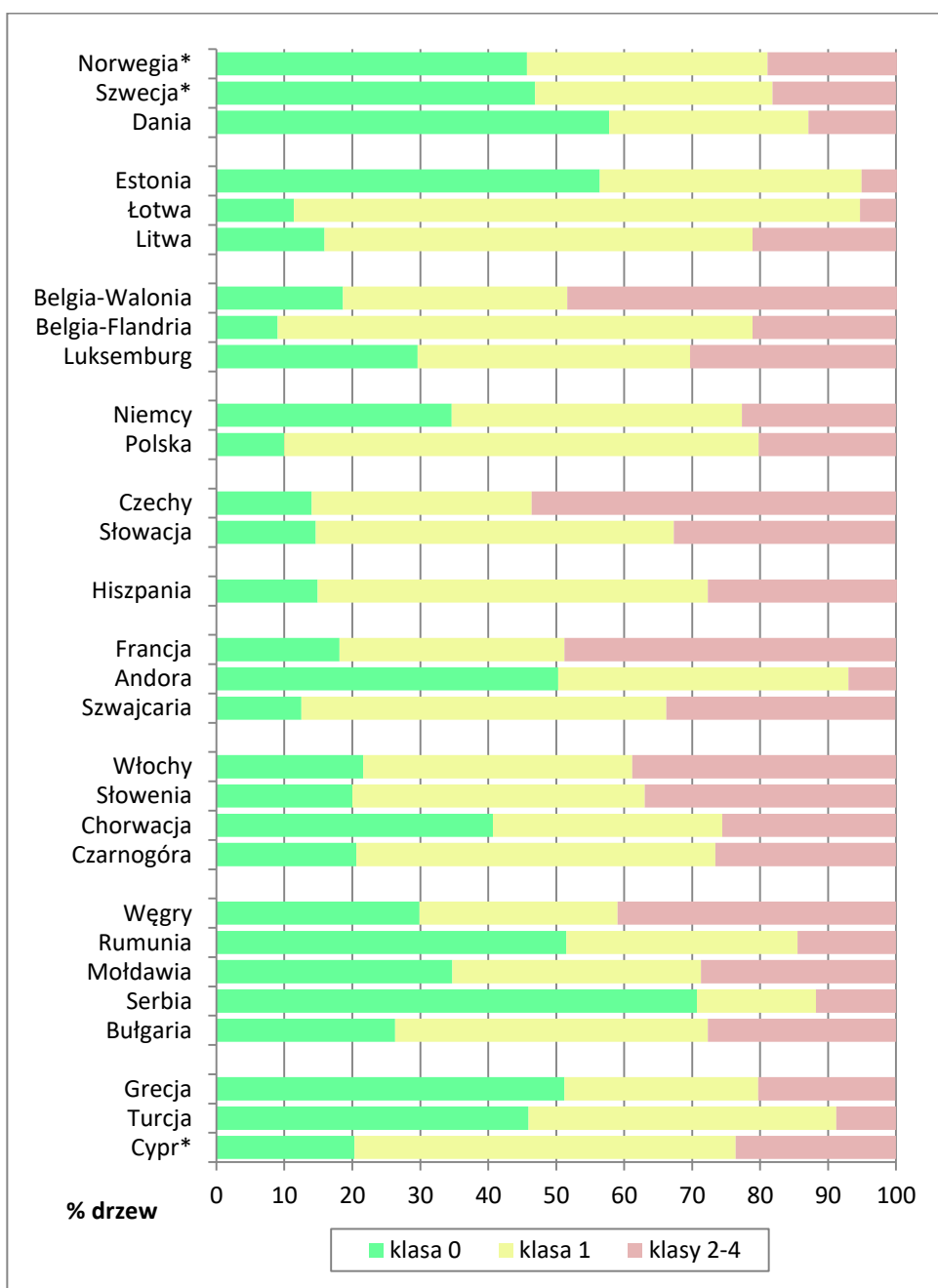
Rycina 152. Stosunek kationów o charakterze zasadowym do glinu (BC:Al) w roztworach glebowych na głębokości 25 cm w latach 2010–2018. Pominięto SPO MI, gdzie BC:Al znacząco przekraczał 2



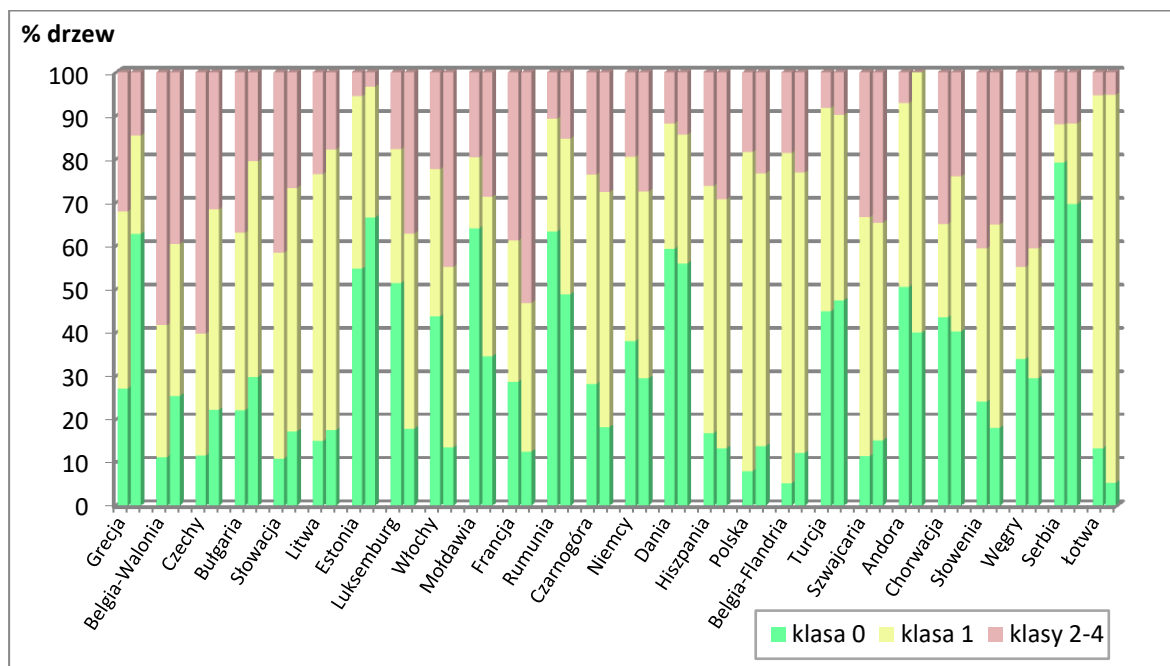
Rycina 153. Roztwory glebowe – pH na głębokości 50 cm w latach 2010–2018



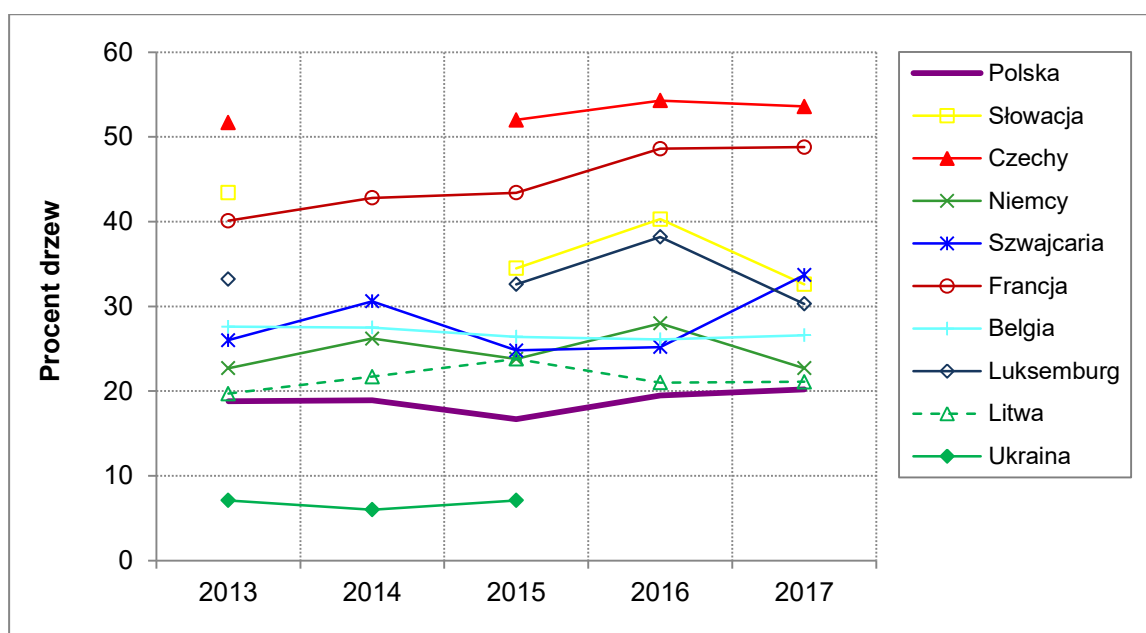
Rycina 154. Stosunek kationów o charakterze zasadowym do glinu (BC:Al) w roztworach glebowych na głębokości 50 cm w latach 2010–2018. Pominięto SPO MI, gdzie BC:Al znacząco przekraczał 2



Rycina 155. Udział drzew (gatunki razem) w klasach defoliacji w krajach Europy w 2017 r., kraje uszeregowane według położenia geograficznego (UNECE, 2018) (* - tylko gatunki iglaste)



Rycina 156. Udział drzew gatunków iglastych (słupki po lewej stronie) i gatunków liściastych (słupki po prawej stronie) w klasach defoliacji w krajach Europy w 2017 r. (UNECE, 2018)



Rycina 157. Udział drzew monitorowanych gatunków w klasach defoliacji 2 do 4 w latach 2013-2017 w krajach Regionu Subatlantyckiego oraz w krajach sąsiadujących z Polską (brak danych: 2014 r. - dla Czech, Słowacji i Luksemburga, lata 2016 i 2017 – dla Ukrainy)