



Łęgi jesionowo-wiązowe w dolinie środkowej Wisły – stan ekosystemów pozbawionych zalewów i wytyczne do działań ochronnych

Riparian hardwood forests in the valley of the middle Vistula – ecosystem condition in the absence of flooding, and guidelines for protection

Anna Kowalska¹ Andrzej Affek¹ Edyta Regulska¹ Jacek Wolski¹
Bogusława Kruczkowska² Ewa Kołaczkowska¹ Izabela Zawiska¹
Jarosław Baranowski¹

¹Institut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania im. Stanisława Leszczyckiego PAN

ul. Twarda 51/55, 00-818 Warszawa

aniak@twarda.pan.pl • a.affek@twarda.pan.pl • j.wolski@twarda.pan.pl • eregulska@twarda.pan.pl • j.bar@twarda.pan.pl • ekolaczk@twarda.pan.pl • izawiska@twarda.pan.pl

²Katedra Nauk o Środowisku Glebowym, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego

ul. Nowoursynowska 166, 02-787 Warszawa

boguslawa_kruczkowska@sggw.pl

Zarys treści. W pracy przedstawiono wyniki wieloaspektowych badań prowadzonych w łągach jesionowo-wiązowych w dolinie środkowej Wisły. Ich celem była ocena stanu ekosystemów pozbawionych przeszło 50 lat zalewów oraz przygotowanie wytycznych do działań, koniecznych do utrzymania lub odbudowy ich różnorodności oraz prawidłowych funkcji ekologicznych i biologicznych. Szukano odpowiedzi na pytania, które elementy ekosystemów lasów łągowych zostały najmocniej przekształcone i jakie czynniki na to wpłynęły. Prace były realizowane z wykorzystaniem metodyki monitoringu przyrodniczego, ale zostały rozszerzone o analizy, pozwalające szczegółowo scharakteryzować warunki glebowe, topoklimatyczne i wodne oraz bogactwo gatunkowe wybranych grup bezkręgowców (Hymenoptera: Apidae: *Bombus* i Haplotaxida: Lumbricidae). Wybrane do badań łągi reprezentują wielofunkcyjne i bogate gatunkowo ekosystemy, wpływające łąguząco na lokalny klimat, z żyznymi i aktywnymi biologicznie glebami oraz znacznymi zasobami martwego drewna. W części zbiorowisk obserwowano jednak przekształcenia związane z osuszeniem siedliska, rozluźnieniem drzewostanu, zaburzeniami wierzchniej warstwy gleby i runa. Odnotowano znaczący udział gatunków obcych w runie (głównie niecierpka drobnokwiatowego), sporadyczne występowanie gatunków Lumbricidae związanych z terenami wilgotnymi i zalewowymi oraz skład zgrupowania *Bombus* z przewagą gatunków preferujących siedliska nieleśne. Działania ochronne powinny koncentrować się na zapewnieniu odpowiednich warunków wilgotnościowych oraz przywróceniu naturalnej struktury roślinności.

Słowa kluczowe: roślinność, *Bombus* i Lumbricidae, martwe drewno, pokrywa glebowa, wody gruntowe, topoklimat.

Wstęp

Łęgowe lasy jesionowo-wiązowe (*Ficario-Ulmetum minoris* – kod 91F0) są cennymi zbiorowiskami leśnymi chronionymi ustawą z dnia 16 kwietnia 2004 r. o ochronie przyrody, która implementuje zapisy Dyrektywy Siedliskowej (92/43/EEC). Unijna dyrektywa oraz stosowne postanowienia Komisji Europejskiej i międzynarodowe konwencje obligują państwa członkowskie do prowadzenia monitoringu przyrodniczego tych siedlisk (*Program ...*, 2015). Pozyskane w ten sposób informacje służą wspomagananiu działań na rzecz ochrony środowiska. Pozwalają określić stan zachowania badanych zbiorowisk oraz zmiany zachodzące w ich strukturze i funkcjonowaniu.

Głównym czynnikiem ekologicznym decydującym o specyfice łęgów są warunki wodne, w tym w szczególności związane z częstotliwością i długotrwałością zalewów powierzchniowych, a także ruchem wód gruntowych. Łęgi jesionowo-wiązowe związane są przeważnie z dolinami dużych rzek i zajmują najczęściej siedliska na współczesnych rzecznych terasach akumulacyjnych znajdujących się ponad poziomem zalewów corocznych i położonych w zasięgu zalewów epizodycznych. W miejscach takich wytworzyły się gleby napływowe, typu mad rzecznych. Jednak zbiorowisko to spotykane jest także na glebach gruntowo-glejowych i innych (Wanic i inni, 2011).

Łęgi jesionowo-wiązowe są zbiorowiskami leśnymi o zróżnicowanej strukturze pionowej i przestrzennej z wyraźnie zaznaczoną zmiennością sezonową. Dobrze zachowane fitocenozy łęgowe są bardzo bogate florystycznie. Drzewostan ma na ogół znaczne zwarcie i składa się z dwóch lub trzech warstw, w których dominują: dąb szypułkowy *Quercus robur*, jesion wyniosły *Fraxinus excelsior* oraz wiązy: szypułkowy *Ulmus laevis*, polny *U. minor* i górski *U. glabra*. Warstwa krzewów jest również silnie rozwinięta i bogata w gatunki. W runie występują głównie byliny o dużych wymaganiach glebowych. Wśród nich liczną grupę stanowią rozwijające się wczesną wiosną geofity. Warstwa mszaków jest zwykle słabo reprezentowana (Matuszkiewicz, 2001). Łęgi należą również do ekosystemów leśnych, z którymi związana jest najwyższa różnorodność żyjących w nich gatunków ornitofauny oraz różnych grup bezkręgowców (Tomiałojć, 1993; Jankowski i Świerkosz, 1995). Okresowe zalewy sprzyjają występowaniu zarówno amfibiicznych gatunków dżdżownic, czyli takich, które mogą żyć w wodzie i w glebie (np. *Eiseniella tetraedra*, *Octolasion lacteum*, rodzaj *Helodrilus*), jak i tych, które mogą przetrwać w glebie zalanej wodą przez 31–50 tygodni (np. *Allolobophora chlorotica*, *Aporrectodea longa*, *Lumbricus terrestris*, *L. rubellus* i *Dendrodrilus rubidus*) (Edwards i Lofty, 1977; Chudzicka i inni, 2000).

Siedliska łęgu jesionowo-wiązowego występują na całym niżu oraz na niektórych obszarach wyżynnych Polski. W większości zostały one wylesione, osuszone i zamienione na łąki lub grunty orne, dlatego naturalne lasy łęgowe zachowały się do dziś jedynie fragmentarycznie. Obecnie, są to zbiorowiska rzadko spotykane w Polsce i całej Europie (Sienkiewicz i inni, 2001; Tockner i Stanford, 2002). Znaczna część pozostawionych lasów łęgowych straciła swoją specyfikę w następstwie pogłębiania i regulacji koryt rzecznych, a przede wszystkim budowy wałów przeciwpowodziowych, które ograniczyły zalewy i procesy aluwialne, przyczyniając się do zmian warunków glebowych i roślinności. Lasy w dolinie Odry są przykładem tego, jak w efekcie braku zalewów i obniżenia poziomu wód gruntowych zubożeniu ulega skład gatunkowy, co przejawia się m.in. ustępowaniem gatunków higrofilnych (Stefańska-Krzaczek, 2013; Kawałko i inni, 2015). Na zubożenie wielogatunkowych drzewostanów łęgowych wpłynęła także dawna gospodarka leśna, w ra-

mach której zastępowano je monokulturami dębowymi, olszowymi, topolowymi, a nawet sosnowymi (Härdtle i inni, 1996). Efektem gospodarczego użytkowania lasu jest również uproszczenie jego struktury, a także zubożenie w istotne z przyrodniczego punktu widzenia elementy, jak np. martwe drzewa (Danielewicz i Pawlaczyk, 2004).

Siedliska łągowe są szczególnie podatne na inwazje gatunków obcych, którym sprzyjają te same czynniki (transport propagul, zaburzenia powodziowe, dostępność wody), które wspierają ich dużą różnorodność (Pysek i Prach, 1993). Dotychczasowe badania monitoringowe prowadzone w Polsce wskazują na pogarszający się stan blisko 50% obserwowanych zbiorowisk, a tylko 46% stanowisk posiada kategorię określoną jako stan właściwy. Dominujące oddziaływania negatywne obejmują obecność obcych gatunków inwazyjnych, usuwanie martwych i zamierających drzew, zmiany stosunków wodnych (brak zalewów i modyfikacje funkcjonowania wód) oraz pozbywanie się odpadów z gospodarstw domowych (*Sprawozdanie...*, 2018). Podobne zagrożenia odnotowano w całej Europie (Janssen i inni, 2016).

W dolinie Wisły większość zachowanych płatów łągów jesionowo-wiązowych znajduje się obecnie w zmienionych warunkach siedliskowych, co zagraża utratą ich łągowej specyfiki.

Artykuł przedstawia wybrane wyniki projektu badawczego *Świadczenia łągów jesionowo-wiązowych w dolinie środkowej Wisły*¹. Jednym z jego celów była ocena stanu lasów łągowych pozbawionych przeszło 50 lat zalewów oraz przygotowanie wytycznych do działań, koniecznych do utrzymania lub odbudowy ich różnorodności oraz prawidłowych funkcji ekologicznych i biologicznych. Prowadząc interdyscyplinarne badania, szukano odpowiedzi na pytania, które elementy ekosystemów lasów łągowych zostały najmocniej przekształcone i jakie czynniki na to wpłynęły.

Teren badań

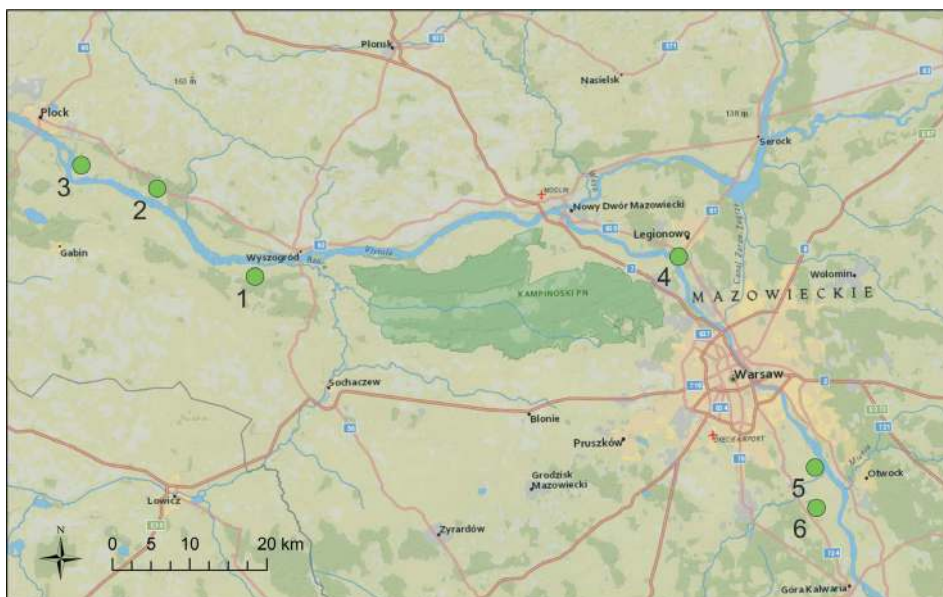
Badania prowadzono w dolinie środkowej Wisły, na terenie województwa mazowieckiego. Wybrane zbiorowiska (6 powierzchni badawczych dotychczas niemonitorowanych – ryc. 1) zostały wyselekcjonowane spośród ponad 50 płatów łągów jesionowo-wiązowych zwizytowanych podczas zwiadu terenowego przeprowadzonego w sierpniu 2016 r. Zwiad był poprzedzony analizą aktualnych zdjęć lotniczych², map leśnych³ i mapy roślinności doliny Wisły (Matuszkiewicz i inni, 2005), na podstawie której zlokalizowano położenie wszystkich płatów na wytypowanym odcinku doliny Wisły i wybrano te o powierzchni min. 0,2 ha. Wizja terenowa umożliwiła następnie wyeliminowanie drzewostanów najsilniej odkształconych (często niemożliwych do zakwalifikowania jako łąg jesionowo-wiązowy, choć położonych na siedlisku *Ficario-Ulmetum minoris*) i poddanych bardzo silnej presji antropogenicznej (niebezpieczeństwo częstej ingerencji człowieka). Przy selekcji uwzględniany był także wiek drzewostanu. Wybrano drzewostany starsze: dojrzewające i dojrzałe (60–110 lat).

Wszystkie powierzchnie badawcze położone są w zasięgu wezbrań $Q_{1\%}$ (przeływ maksymalny stuletni), w części równiny zalewowej chronionej wałami przeciwpowodziowymi. Wały te powstały w okolicach Warszawy w okresie międzywojennym lub podczas okupacji

¹ Projekt nr 99/2017/Wn-07/MN-PO/D finansowany przez Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej.

² Zasoby geoportal.gov.pl – lokalizacja lasów na równinie zalewowej w dolinie Wisły.

³ Bank Danych o Lasach – www.bdl.lasy.gov.pl – typ siedliskowy lasu, wiek drzewostanu.



Ryc. 1. Lokalizacja powierzchni badawczych: 1 – Arciechówek, 2 – Białobrzegi, 3 – Bielino, 4 – Jabłonna, 5 – Kępa Oborska, 6 – Łyczyńskie Olszyny

Location of the study sites: 1 – Arciechówek, 2 – Białobrzegi, 3 – Bielino, 4 – Jabłonna, 5 – Kępa Oborska, 6 – Łyczyńskie Olszyny

Opracowanie własne, tak samo pozostałe ryciny / Authors' own elaboration, like remaining figures.

(Majewski i Tilinger, 1932; dane z Nadzoru Wodnego w Górze Kalwarii), a w okolicach Wyszogrodu i Płocka w latach 50. i 60. XX w. (dane z Nadzoru Wodnego w Płocku).

Badane płaty łągowe stanowią część większych kompleksów leśnych. Zajmują powierzchnie od 0,4 do 4 ha (tab. 1) i są położone na niewielkich wyniesieniach terenu (ok. 0,5 m). Sąsiadują z innymi zbiorowiskami leśnymi i terenami rolniczymi: łąkami oraz uprawami zbóż i warzyw, odwadnianymi w wielu miejscach rowami melioracyjnymi.

W żadnym z badanych łągów nie jest prowadzona typowa gospodarka leśna. Cztery z nich są własnością prywatną. Ich użytkowanie jest obecnie ekstensywne; z lasu ściągane są drzewa powalone podczas letnich wichur, jedynie w kilku miejscach widoczne są również ślady po wycince pojedynczych drzew. Dwie pozostałe powierzchnie są wyłączone z użytkowania z powodu ochrony rezerwatowej (Łyczyńskie Olszyny) lub parkowej (park przy pałacu w Jabłonie).

Analiza map topograficznych z XIX i XX w.⁴ pokazała, że w pierwszej połowie XX w. na miejscu badanych powierzchni występowały głównie podmokłe łąki z pojedynczymi drzewami, natomiast zwarty las pojawił się w drugiej połowie XX w.

⁴ Mapa rosyjska dwuwiorstówka (Новая Топографическая Карта Западной России) 1:84 000, 1838, 1890; Topograficzna Karta Królestwa Polskiego (Mapa kwatremistrzostwa) 1:126 000, ok. 1840; Spezialkarte der österreichisch-ungarischen Monarchie 1:75 000, 1911; Karte des westlichen Russlands 1:100 000, 1911–1915; Mapa topograficzna WIG 1:25 000, 1929–1935; Bodenschätzungskarte 1:25 000, 1941–1943; Mapa topograficzna wojskowa 1:10 000, 1949–1950; Mapa topograficzna układ Borowa Góra 1:50 000, 1948, 1951; Mapa obrębowa powiatów 1:25 000, 1959–1960; Mapa topograficzna 1:10 000, 1972–1973; Mapa topograficzna układ 1965 1:25 000, 1972–1980.

Tabela 1. Charakterystyka powierzchni badawczych
Characteristics of the research sites

Nr No.	Lokalizacja Location	Gmina Municipality	Powierzchnia [ha] Area [ha]	Odległość od rzeki [km] Distance from the Vistula River [km]	Własność Ownership	Użytkowanie Land-use	Sąsiedztwo Vicinity	Wiek drzewostanu [lata] Stand age [years]
1	Arciechówek	Iłów	0,4	1,70	Prywatna (3 działki własnościowe)	Obecnie brak śladów, zarastająca droga gospodarcza	Las olszowy, droga gruntowa, koszone łąki, pola z uprawami zbóż	80
2	Białobrzegi	Bodzanów	0,5	1,40	Prywatna (10 działek własnościowych)	Brak śladów po wycince, usuwanie drzew powalonych siłami natury, ślady dawnego wypasu (odroślowy pokrój części drzew)	Las olszowy, mały ciek, koszone łąki, pola z uprawami zbóż, gorczycy, odwadniane kilkoma rowami melioracyjnymi z lat 70.	60
3	Bielino	Słupno	0,6	1,40	Prywatna (6 działek własnościowych)	Usuwanie drzew powalonych siłami natury, zarastająca droga gospodarcza	Las olszowy, duże obniżenie z wodą, rów melioracyjny z lat 70., koszone łąki, uprawy zbóż	95
4	Jabłonna	Jabłonna	2,6	0,25	Park przypałacowy (ośrodek konferencyjno-wypoczynkowy PAN) od 1959 r. wpisany do rejestru zabytków	Udostępniony dla zwiedzających, usuwane/przesuwane są jedynie drzewa powalone na alejki spacerowe	Drzewostan parkowy o charakterze grądowym, wał przeciwpowodziowy, zieleni parkowa, nieużytki (zarastające łąki, sady)	110
5	Kępa Oborska	Konstancin Jeziorna	4,0	1,00	Prywatna (6 działek własnościowych)	Wycinka drzew, wyraźne drogi gospodarcze, składowanie odpadków z gospodarstw i śmieci	Rozlewisko rzeki Wilanówki, droga gruntowa i asfaltowa, przy której stoi zabudowa jednorodzinna, pola z uprawami warzyw i zarastające łąki	85
6	Łęczyńskie Olszyny	Konstancin Jeziorna	2,6	3,30	Rezerwat przyrody od 1982 r., działka jest własnością SGGW	Brak użytkowania, wewnątrz nieudostępnione do zwiedzania	Las olszowy, rów melioracyjny z lat 70., wzdłuż którego wytyczony jest turystyczny szlak pieszy, intensywnie użytkowane łąki	70

Opracowanie własne/Authors' own elaboration.

Metody badań

Badania terenowe były prowadzone na wybranych powierzchniach łągowych w okresie od maja 2017 r. do końca października 2018 r. Prace były realizowane z wykorzystaniem metodyki monitoringu przyrodniczego, ale zostały rozszerzone o analizy, pozwalające szczegółowo scharakteryzować warunki glebowe, topoklimatyczne i wodne oraz bogactwo gatunkowe wybranych grup bezkręgowców. Zakres prac obejmował sześć głównych zadań badawczych.

Badania fitosocjologiczne

W każdym z badanych płatów wykonano trzy zdjęcia fitosocjologiczne o powierzchni 100 m², zgodnie z wytycznymi monitoringu siedlisk przyrodniczych (Pawlaczyk, 2012). Na każdej powierzchni oszacowano pokrycie warstw drzew (A), krzewów (B) oraz warstwy runa z podziałem na rośliny zielne (C) i mszaki (D). Dla każdej warstwy zanotowano wszystkie gatunki określając ich pokrycie według zmodyfikowanej skali Braun-Blanqueta (Wysoki i Sikorski, 2009). Zdjęcia wykonano w dwóch terminach: w maju 2017 r., aby uchwycić aspekt wczesnowiosenny oraz w lipcu, by zarejestrować aspekt letni.

Materiały ze zdjęć fitosocjologicznych posłużyły do określenia bogactwa gatunkowego badanych lasów i oceny stanu siedliska, jego struktury i funkcji. Były również wykorzystane do inwentaryzacji inwazyjnych gatunków obcych (kenofitów), uzupełnionej dodatkowymi danymi zebranymi w lipcu i sierpniu 2017 r. na prostokątnych powierzchniach próbnych o powierzchni 100 m² każda, założonych wewnątrz płatów oraz poza nimi. Powierzchnie wewnętrzne zlokalizowano przy ich granicach, zaś zewnętrzne sąsiadowały z przygranicznymi. Wykonano spisy florystyczne uwzględniające gatunki rodzime występujące z pokryciem co najmniej „1” w skali Braun-Blanqueta (1964) oraz wszystkie gatunki obce (wg listy Tokarskiej-Guzik, 2005). Dla uzupełnienia szczegółowych spisów florystycznych, w 2018 r. skartowano metodą marszrutową otoczenie płatów w promieniu około 100 m, tak, by objąć badaniem możliwie pełne spektrum ekosystemów, z których obce gatunki roślin mogłyby wnikać bezpośrednio do łągów.

Badania faunistyczne – zgrupowania: *Bombus* i *Lumbricidae*

Zgrupowanie *Bombus*

Do szacowania bogactwa gatunkowego trzmielowatych (*Bombini*) (trzmieci i trzmielców) wykorzystano dwie metody badawcze: 1) metodę na upatrzonego i 2) pułapki barwne (por. Borański, 2015). Metoda na upatrzonego polegała na przyżyciowym oznaczaniu wszystkich osobników trzmielowatych napotkanych w czasie 20-minutowego przemarszu w warunkach optymalnych (słonecznie, powyżej 15°C). Do oznaczania osobników trudniejszych do rozpoznania stosowano odławianie siatką entomologiczną. Pomiarów wykonywano w trakcie dwóch sezonów wegetacyjnych (lata 2017 i 2018); powierzchnie Jabłonna, Kępa Oborska i Łyczynskie Olszyny odwiedziono 10 razy, a pozostałe – 7 razy. Jako metodę uzupełniającą zastosowano pułapki Moerickego w schemacie badawczym zgodnym z rekomendacjami FAO⁵. Pułapkami były kolorowe plastikowe miski o średnicy 22 cm

⁵ <https://www.slideshare.net/sdroege/fao-bee-survey-design-talk>.

i głębokości 10 cm wypełnione 5% roztworem wodnym glikolu propylenowego z dodatkiem substancji redukującej napięcie powierzchniowe. Na każdej powierzchni badawczej na transekcie przebiegającym wzdłuż dłuższej osi powierzchni badawczej, w odległości 50 m od siebie rozłożono 3 miski – po jednej białej, żółtej i niebieskiej. Miski przymocowano do pni drzew na wysokości ok. 1,8 m. Opróżnianie i wymiana płynu następowała średnio co 2 tygodnie. Łącznie zebrano 144 próbki. Trzmielę oznaczano korzystając z kluczy barwnych (Pawlikowski i Pawlikowski, 2012).

Zgrupowanie *Lumbricidae*

Do szacowania bogactwa gatunkowego dżdżownic *Lumbricidae* wykorzystano metodę mechaniczną – kopania i ręcznego przebiegania. Przy pomocy szpadła pobierano próbkę z powierzchni 25×25 cm i 30 cm w głąb profilu (Rundgren, 1975). Taka wielkość próbki jest optymalna, a jej pozyskanie nie powoduje znacznych uszkodzeń profilu glebowego (Schmidt, 2001; Valckx i inni, 2011). W pierwszym etapie ręcznie przeszukiwano ściółkę, by wychwycić osobniki żyjące w warstwie powierzchniowej. *Lumbricidae* z odcinkiem głowowym zostały *in situ* oznaczone do gatunku (Plisko, 1973; Kasprzak, 1986), zważone i sklasyfikowane ze względu na miejsce występowania, rodzaj spożywanego pokarmu i strategię życiową (Bouché, 1972, 1977). Nieliczne okazy pobrano do oznaczeń z użyciem mikroskopu optycznego.

W każdym z badanych płatów pobrano łącznie po siedem próbek w dwóch sezonach o największej aktywności *Lumbricidae* – wiosennym i jesiennym (2017 r.). Stanowiska poboru w sezonie jesiennym były zlokalizowane w odległości jednego metra od stanowisk wiosennych.

Pomiary martwego drewna

Do określenia zasobu martwego drewna wykorzystano metodę linii siecznej, której autorami są W.G. Warren i P.F. Olsen (1964), C.E. Van Wagner (1968) oraz J.K. Brown (1974). Zgodnie z jej założeniami w pomiarach uwzględnia się powalone pnie, pniaki, gałęzie (od konarów po drobnicę), wierzchołki drzew (w tym suchoczuby), korzenie (w postaci karp i osobno) oraz fragmenty oderwane, np. wskutek uderzenia pioruna. Inwentaryzuje się zarówno materiał świeży, jak i prawie całkowicie zbutwiały. Pomiarom poddaje się: złomy i wywroty, osobniki chore i osłabione, porażone piorunem, ścięte przez człowieka oraz te, które powaliła fizjologiczna starość. Nie uwzględnia się jedynie leżących osobno fragmentów kory, szyszek, żadnych części roślin runa i materiału celowo przemieszczonego; pomija się także stojący posusz (Wolski, 2012).

Podczas prac terenowych wykorzystano schemat postępowania przedstawiony przez J.K. Browna (1974), w modyfikacji J. Wolskiego (2002). Zgodnie z tą procedurą na 5 z 6 stanowisk wytyczono 10 pomiarowych linii siecznych o długościach jednostkowych 10,5 m (10×10,5 m = 105 m); jedynie na stanowisku Arciechówek wytyczono 5 linii, co było warunkowane niewielką powierzchnią i małą szerokością płata lasu. Następnie wykonano inwentaryzację wszystkich kawałków martwego drewna leżących na poszczególnych liniach siecznych: o średnicy >7,6 cm na całej ich długości, 2,5–7,6 cm na odcinku 0–3 m, zaś 0–2,5 cm na odcinku 0–1,8 m. Materiał najdrobniejszy (<0,6 cm) jedynie zliczano, zaś grubszy zliczano i mierzono (długość z dokładnością do 1 cm, średnicę przekroju poprzecznego z dokładnością do 0,1 cm). Stopień rozkładu kawałków grubizny (>7,6 cm)

określono według pięciostopniowej skali, w której głównym miernikiem jest struktura drewna, a pomocnicze charakterystyki dotyczą kory, drobnych gałązek, kształtu, porcji drewna zalegającej na ziemi, koloru oraz korzeni przerastających (Maser i inni, 1979).

Całkowity zasób leżącego martwego drewna y_i [$\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$] wyliczono na podstawie wzoru:

$$y_i = \frac{\pi^2}{8 \cdot L} \cdot \sum_{j=1}^{m_i} d_{ij}^2$$

gdzie: L – długość linii siecznej i , d_{ij} – średnica kawałka leżaniny j w miejscu przecięcia przez linię sieczną i , m_i – liczba wszystkich fragmentów martwego drewna leżących na linii siecznej i .

W przypadku frakcji $<0,6$ cm przyjęto średnicę reprezentatywną dla tej klasy wielkości ($d_{sr} = 0,3$ cm). Szczegółowy wywód teoretyczny zawarty jest w publikacjach P.G. de Vriesa (1973), P.L. Marshalla i in. (2000, 2003) oraz J. Wolskiego (2002).

Przy przeliczeniach miąższości martwego drewna [$\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$] na masę [$\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$] bazowano na szacunkach procentowego udziału gatunków dominujących. Przyjęto dwa skrajne parametry gęstości materiału [$\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$]: dla drewna świeżo ściętego i w stanie zupełnie suchym.

Badania gleboznawcze

Wstępny etap prac gleboznawczych obejmował wykonanie sieci odwiertów sondażowych w celu określenia typów oraz zasięgów przestrzennych gleb występujących na stanowiskach badawczych. Następnie wytypowano najbardziej reprezentatywne miejsca, w których wykonano pełne odkrywki glebowe. Wszystkie profile szczegółowo opisano według standardów dokumentacji wskazanych przez PTG (*Systematyka...*, 2011) uwzględniając warunki środowiska, w jakich znajduje się dana gleba oraz właściwości materiału glebowego: uziarnienie (metoda organoleptyczna), stan uwilgotnienia, barwę w stanie suchym i wilgotnym przy użyciu atlasu barw Munsella (*Revised ...*, 1992) oraz przybliżoną wartość pH za pomocą płynu Hellige'a. W celu uwzględnienia zmienności pokrywy glebowej, na każdym stanowisku wykonano dodatkowe wkopy kontrolne o głębokości około 50 cm. Próbkę glebową do dalszych analiz laboratoryjnych pobrano z poszczególnych poziomów genetycznych w stanie naruszonym oraz nienaruszonym do stalowych cylindrów o pojemności 100 cm^3 .

W odpowiednio przygotowanych próbkach oznaczono szereg właściwości fizycznych i chemicznych. Straty prażenia oznaczono w temperaturze 550°C . Skład granulometryczny ustalono według wytycznych Polskiego Towarzystwa Gleboznawczego (2009) stosując metodę sitową i pipetową. Odczyn gleby pH oznaczano metodą potencjometryczną w zawieszinie z wodą i roztworze KCl o stężeniu $1 \text{ mol} \cdot \text{l}^{-1}$, stosując proporcje gleba: woda/KCl 1:10 dla próbek organicznych i 1:2,5 dla próbek mineralnych. Zawartość węglanów zmierzono metodą Scheiblera. Oznaczono również zawartość węgla organicznego C_{org} (metodą Tiurina dla próbek mineralnych, metodą Alтена dla próbek organicznych) i azotu ogółem (metoda Kjeldahla z użyciem destylarki VELD UDK 127).

W próbkach o nienaruszonej strukturze oznaczono gęstość objętościową, porowatość oraz wilgotność aktualną w procentach objętościowych i wagowych metodą suszarkowo-wagową.

Badania zmian poziomu wód gruntowych

Badania zmian poziomu wód gruntowych przeprowadzono na podstawie pomiarów piezometrycznych. Otwory pod instalację piezometrów wywiercone zostały z wykorzystaniem świdra geologicznego ($\varnothing 100$ mm) oraz świdra glebowego Edelmana ($\varnothing 70$ mm). W otworach montowane były rury studzienne o średnicy 60 mm. W każdym z nich zainstalowano rejestrator Onset HOBO U20–001–04 z zakresem pomiarowym 0–4 m głębokości, który mierzył ciśnienie słupa wody z częstotliwością co 1 godzinę. Rzeczywisty poziom wody w badanych powierzchniach otrzymano zestawiając wartości zarejestrowanego ciśnienia z wartościami ciśnienia atmosferycznego. Konieczne do przeliczeń dane zostały pozyskane ze stacji IMGW: Płock (powierzchnie Bielino, Białostrzegi, Arciechówek) oraz Legionowo (powierzchnia Jabłonna). Do przeliczeń danych z powierzchni Kępa Oborska i Łyczyńskie Olszyny wykorzystano dane ze stacji klimatycznej należącej do IGiPZ PAN, zlokalizowanej w Konstancinie Jeziornie.

Badania topoklimatyczne

Pomiary prowadzono z wykorzystaniem rejestratorów HOBO Pro (Onset Computer Corporation) pozwalających na automatyczny zapis mierzonych parametrów: temperatury i wilgotności powietrza. Czujniki umieszczone były na wysokości 2 m nad poziomem gruntu, parami, jeden w centralnej części płata, drugi w terenie otwartym w niewielkiej odległości od badanej powierzchni łąkowej.

Uzyskane wartości stanowiły bazę do obliczeń charakterystyk temperatury i wilgotności powietrza. Średnią dobową temperaturę powietrza (t_{sr}), podobnie jak i średnią dobową wartość wilgotności względnej powietrza (f), obliczono jako średnią ze 144 10-minutowych wartości rejestrowanych w każdej dobie. Jako maksymalną (t_{max}) i minimalną (t_{min}) dobową temperaturę powietrza przyjęto najwyższą i najniższą temperaturę z wartości zarejestrowanych każdego dnia. W celu określenia specyfiki temperatury powietrza w poszczególnych płatach odniesiono jej wartości dobowe (średnie, maksymalne i minimalne) do tzw. warunków standardowych (zbliżonych do tych panujących na stacjach meteorologicznych). Jako warunki standardowe przyjęto te, które występowały na terenie otwartym, sąsiadującym z płatem leśnym. Pozwoliło to na rozpoznanie, na ile ogólne cechy atmosfery wpływają na warunki termiczne w rejonie badań oraz na określenie roli czynników lokalnych w kształtowaniu temperatury i wilgotności powietrza na badanych powierzchniach leśnych.

Wyniki

Bogatwo gatunkowe roślin

Ogólna liczba gatunków roślin obserwowanych w badanych łągach waha się od 44 do 53. Na wszystkich powierzchniach – w drzewostanie, podszycie i runie, przeważają gatunki typowe dla łągów jesionowo-wiązowych (stanowią 60–75% wszystkich gatunków). Drzewostany są wielogatunkowe (6–11 gatunków) i zróżnicowane pod względem struktury pionowej i poziomej. Na większości powierzchni (poza Łyczyńskimi Olszynami) starodrzew ma udział $>10\%$. Dominują wiązy *Ulmus spp.*, dąb szypułkowy *Quercus robur* i czerem-

cha zwyczajna *Padus avium*. Rzadko występuje jesion wyniosły *Fraxinus excelsior*, choć nie zaobserwowano zamierania tego gatunku. Jesion pojawia się natomiast dość licznie w nalocie. Na dwóch powierzchniach (najbardziej prześwietlonej w Kępie Oborskiej i najmniej w Arciechówku) stwierdzono występowanie gatunku obcego geograficznie – klonu jesionolistnego *Acer negundo*. Jest to gatunek światłożądny, dlatego jego obecność w łęgu powinna zostać ograniczona przy zwiększeniu zacielenia przez zwartą warstwę koron drzew. Na wszystkich powierzchniach większość typowych dla łęgów gatunków drzew odnawia się naturalnie i o ile sytuacja się nie pogorszy (np. w wyniku masowej wycinki), klon jesionolistny powinien zostać wyeliminowany lub utrzymać się na poziomie domieszkowym, a więc nie będzie zagrażał rodzimej różnorodności biologicznej.

Podszyt w badanych łęgach jest silnie rozwinięty i bogaty w gatunki (7–14) charakterystyczne dla tych lasów (bez czarny *Sambucus nigra*, dereń świdwa *Cornus sanguinea*, porzeczka czerwona *Ribes spicatum*, czeremcha zwyczajna *Padus avium*, malina właściwa *Rubus idaeus*), choć sporadycznie występują także gatunki obce ekologicznie (grab zwyczajny *Carpinus betulus*, lipa drobnolistna *Tilia cordata*). Ich liczniejsze pojawienie się (powierzchnia w Jabłonninie) może być przejawem procesu grądowienia zbiorowiska.

W runie badanych zbiorowisk występują 38–44 gatunki i daje się zauważyć bardzo wyraźną zmienność aspektów sezonowych. Wiosną dominują liczne geofity: piżmaczek wiosenny *Adoxa moschatellina*, zawilec gajowy *Anemone nemorosa*, ziarnopłon wiosenny *Ficaria verna*, złoć żółta *Gagea lutea*. W aspekcie letnim runo tworzą przede wszystkim zróżnicowane pod względem wysokości zioła: podagrycznik pospolity *Aegopodium podagraria*, bluszczyk kurdybanek *Glechoma hederacea*, jasnota plamista *Lamium maculatum*, miódunka ćma *Pulmonaria obscura*, pokrzywa zwyczajna *Urtica dioica*, przytulia czepna *Galium aparine*, możylinek trójnerwowy *Moehringia trinervia*, czosnaczek pospolity *Alliaria petiolata*. Warstwa mszaków jest słabo rozwinięta. Najczęściej spotykane mchy to: żurawiec falisty *Atrichum undulatum*, krótkosz szorstki *Brachythecium rutabulum*, dzióbek rozarty *Oxyrrhynchium hians* oraz płózymerzyk falisty *Plagiomnium undulatum*.

Pomimo sąsiedztwa terenów otwartych i synantropijnych, apofity takie jak: rdestówka powojowata *Fallopia convolvulus*, poziewnik miękkowłosa *Galeopsis pubescens*, bniec dwudzielny *Melandrium noctiflorum* występują nielicznie i nie wykazują tendencji ekspansyjnych. W części zbiorowisk (Jabłonna, Kępa Oborska, Łyczyńskie Olszyny, w mniejszym stopniu Bielino) stwierdzono natomiast wyraźne przejawy inwazji dwóch gatunków obcych: niecierpka drobnokwiatowego *Impatiens parviflora* i nawłoci późnej *Solidago gigantea*.

Fakt, że badane łęgi mają niewielką powierzchnię, a ich otoczenie jest urozmaicone, powoduje mnogość dogodnych przyczółków dla gatunków inwazyjnych o różnych wymaganiach siedliskowych. Na przylegających do łęgów terenach otwartych, szczególnie na odłogach czy zarastających łąkach, występowały licznie amerykańskie nawłocie i klon jesionolistny. Wokół trwałych i na dnie okresowych zbiorników wodnych notowano masową obecność uczezu amerykańskiego *Bidens frondosa*. Stwierdzono ponadto sporadyczną obecność takich gatunków, jak niecierpek gruczołowaty *Impatiens glandulifera*, przymiotno białe *Erigeron annuus* i przymiotno kanadyjskie *Conyza canadensis* (tab. 2).

Tabela 2. Liczba powierzchni próbnych z obcymi inwazyjnymi gatunkami roślin w podziale na: zlokalizowane w płatach (A) i poza płatami (B); N – liczba wszystkich powierzchni próbnych, w tym N_(i) – liczba powierzchni próbnych z gatunkami inwazyjnymi
The number of sample plots with invasive alien plant species located within (A) and beyond (B) the forest patches; N – number of all sample plots, therein N_(i) – number of sample plots with invasive alien species

Nr No.	Stanowisko badawcze Study site		Gatunek inwazyjny (warstwa) Species name (layer)									
			Klon jesionolistny <i>Acer negundo</i> (A3)	Klon jesionolistny (B)	Klon jesionolistny (C)	Nawłóć kanadyjska <i>Solidago canadensis</i>	Nawłóć późna <i>Solidago gigantea</i>	Niecierpek drobnokwiatowy <i>Impatiens parviflora</i>	Niecierpek gruczołowaty <i>Impatiens grandiflora</i>	Przymiotno białe <i>Erigeron annuus</i>	Przymiotno kanadyjskie <i>Erigeron canadensis</i>	Uczep amerykański <i>Bidens frondosa</i>
1	A	N=5; N _(i) =4	1	2	–	–	1	3	–	–	–	–
	B	N=4; N _(i) =4	1	2	–	–	2	–	–	–	–	4
2	A	N=8; N _(i) =2	–	–	–	–	2	–	–	–	–	–
	B	N=5; N _(i) =4	1	1	–	–	2	1	–	–	–	1
3	A	N=12; N _(i) =10	–	–	–	–	9	2	–	–	–	3
	B	N=6; N _(i) =2	–	–	–	–	2	–	–	–	–	–
4	A	N=9; N _(i) =8	–	1	–	–	3	8	–	–	–	–
	B	N=5; N _(i) =5	–	–	–	–	2	4	–	–	1	–
5	A	N=9; N _(i) =9	1	3	1	–	4	9	–	–	–	–
	B	N=4; N _(i) =3	–	–	1	1	3	3	1	1	–	–
6	A	N=9; N _(i) =8	–	–	–	–	–	8	–	–	–	1
	B	N=6; N _(i) =5	1	1	–	–	–	4	–	–	–	3

Opracowanie własne/Authors' own elaboration.

Bogactwo gatunkowe bezkręgowców

Zgrupowanie *Bombus*

Na badanych powierzchniach zanotowano występowanie łącznie 9 gatunków trzmieli: *Bombus hortorum* (Linnaeus, 1758), *B. hypnorum* (Linnaeus, 1758), *B. lapidarius* (Linnaeus, 1758), *B. lucorum* (Linnaeus, 1761), *B. pascuorum* (Scopoli, 1763), *B. pratorum* (Linnaeus, 1758), *B. ruderarius* (Müller, 1776), *B. sylvarum* (Linnaeus, 1761), *B. terrestris* (Linnaeus, 1758) oraz 1 gatunku trzmielca *B. bohemicus* (Seidl, 1837). Na poszczególnych powierzchniach odnotowano od 5 do 6 gatunków (tab. 3).

Największą ogólną liczebnością wyróżniały się *B. terrestris*, *B. pascuorum* i *B. pratorum*, z kolei jedynie pojedyncze sztuki zaobserwowano w przypadku *B. ruderarius*, *B. lapidarius*, *B. sylvarum* i *B. bohemicus*.

Wszystkie odnotowane osobniki należą do gatunków pospolicie lub bardzo pospolicie występujących w Polsce, o zróżnicowanych preferencjach siedliskowych: od muraw i łąk zaczynając, przez ogrody i parki, na lasach i borach kończąc (tab. 4). Samice zakładają gniazda podziemne lub napowierzchniowe, głównie w opuszczonych norach gryzoni

i gniazdach ptaków. Aktywność sezonowa imago rozpoczyna się od marca do maja i kończy od sierpnia do października.

Tabela 3. Gatunki z rodzaju *Bombus* występujące na badanych powierzchniach
Bombus species found at the study sites

Nr No.	Stanowisko badawcze <i>Study site</i>	Gatunek/ <i>Species</i>								
		<i>B. hortorum</i>	<i>B. hypnorum</i>	<i>B. lapidarius</i>	<i>B. lucorum</i>	<i>B. pascuorum</i>	<i>B. pratorum</i>	<i>B. ruderarius</i>	<i>B. sylvarum</i>	<i>B. terrestris</i>
1	Arciechówek	+	+	-	+	+	+	-	-	+
2	Białobrzegi	+	-	-	-	+	+	+	-	+
3	Bielino	+	-	-	+	+	+	-	-	+
4	Jabłonna	+	+	+	-	+	+	-	-	+
5	Kępa Oborska	+	-	-	+	+	+	-	+	+
6	Łyczyńskie Olszyny	+	+	-	-	+	+	-	+	+

Opracowanie własne / *Authors' own elaboration.*

Tabela 4. Rozsiedlenie i bionomia gatunków trzmieli odnotowanych na powierzchniach badawczych
Occurrence and ecology of bumblebee species recorded at study sites

Gatunek <i>Species</i>	Rozprzestrzenienie <i>Range</i>	Występowanie w Polsce <i>Occurrence in Poland</i>	Preferowane siedliska <i>Preferred habitats</i>	Gniazda <i>Nests</i>	Aktywność imago <i>Imago activity</i>
<i>B. hortorum</i>	palearktyczny region	pospolity	świeże łąki, wiejskie ogrody	podziemne i napowierzchniowe w gniazdach ptaków	IV–IX
<i>B. hypnorum</i>	palearktyczny i orientalny region oraz na skraju Arktyki	pospolity	antropogeniczne	napowierzchniowe	IV–VIII
<i>B. lapidarius</i>	palearktyczny region	b. pospolity	Murawy	podziemne, rzadko napowierzchniowe	III–X
<i>B. lucorum</i>	arktyczny, palearktyczny, orientalny i nearktyczny region	pospolity	lasy, parki i zadrzewienia	podziemne w norach gryzoni	IV–IX
<i>B. pascuorum</i>	palearktyczny region	b. pospolity	antropogeniczne	napowierzchniowe lub podziemne	IV–X
<i>B. pratorum</i>	palearktyczny region i na skraju Arktyki	pospolity	bory mieszane	podziemne lub napowierzchniowe w gniazdach ptaków	III–X
<i>B. ruderarius</i>	palearktyczny region	pospolity	Murawy	podziemne	IV–IX
<i>B. sylvarum</i>	palearktyczny region	pospolity	parki oraz ekotony z borami i lasami	podziemne lub napowierzchniowe w gniazdach gryzoni	IV–IX
<i>B. terrestris</i>	palearktyczny region	b. pospolity	antropogeniczne	podziemne w norach gryzoni	III–X
<i>B. bohemicus</i>	palearktyczny i orientalny region oraz na skraju Arktyki	pospolity	lasy, zadrzewienia	Pasożytuje w gniazdach <i>B. lucorum</i>	V–IX

Opracowano na podstawie: Pawlikowski i Pawlikowski (2012)/*Source: elaborated after Pawlikowski and Pawlikowski (2012).*

Trzmiele na powierzchniach badawczych obserwowane były najczęściej w czasie zdobywania pokarmu, przede wszystkim w trakcie oblatywania kwiatów roślin zielnych runa (głównie jasnoty purpurowej, miodunki 6mej i bluszczyka kurdybanka). Obserwowano także pojedyncze osobniki żerujące na spadzi wytworzonej przez mszyce na liściach i gałęziach czeremchy zwyczajnej. Wyjątkiem były królowe *B. terrestris*, które wczesną wiosną (kwiecień–maj) pojawiały się na powierzchniach w poszukiwaniu odpowiedniego miejsca do założenia gniazda.

Zgrupowanie *Lumbricidae*

W badanych płatach łągu jesionowo-wiązowego stwierdzono występowanie łącznie 8 gatunków dżdżownic, tj. *Aporrectodea caliginosa* (Savigny, 1826), *A. rosea* (Savigny, 1826), *Allolobophora chlorotica* (Savigny, 1826), *Octolasion lacteum* (Örley, 1885), *Lumbricus rubellus* (Hoffmeister, 1843), *L. castaneus* (Savigny, 1826), *L. terrestris* (Linnaeus, 1758) oraz *Helodrilus antipai* (Cernosvitov, 1934). W poszczególnych płatach zanotowano występowanie od 1 do 7 gatunków, które reprezentują trzy grupy ekologiczne⁶: epigeic (powierzchniowe, ściółkowe), endogeic (glebowe) i anecic (głębokodrążące) – tab. 5.

Największym ogólnym zagęszczeniem cechowały się gatunki o szerokiej amplitudzie ekologicznej: *A. caliginosa*, *L. castaneus* i *L. terrestris*. Nielicznie występowały dwa gatunki szczególnie związane z glebami wilgotnymi i terenami okresowo zalewanymi – *H. antipai* i *O. lacteum*. Pierwszy wystąpił tylko w Białobrzegach, a drugi również w łyczyńskich Olszynach.

Tabela 5. Charakterystyka badanych płatów łągowych pod względem występowania gatunków *Lumbricidae* wraz z ich przynależnością do grup ekologicznych
Characteristics of the studied riparian forest patches in terms of Lumbricidae species and ecological groups

Nr No.	Stanowisko badawcze <i>Study site</i>	Grupa ekologiczna/ <i>Ecological group</i>							
		Epigeic		Endogeic					Anecic
		Gatunek/ <i>Species</i>							
		<i>L. rubellus</i>	<i>L. castaneus</i>	<i>A. caliginosa</i>	<i>A. chlorotica</i>	<i>A. rosea</i>	<i>O. lacteum</i>	<i>H. antipai</i>	<i>L. terrestris</i>
1	Arciechówek	-	+	-	-	-	-	-	-
2	Białobrzegi	+	+	+	-	+	+	+	+
3	Bielino	-	+	+	-	-	-	-	+
4	Jabłonna	+	+	+	+	+	-	-	+
5	Kępa Oborska	-	+	+	-	-	-	-	+
6	łyczyńskie Olszyny	-	-	+	-	+	+	-	-

Opracowanie własne, tak samo pozostałe tabele / *Authors' own elaboration, like remaining tables.*

⁶ Grupa epigeiczna – gatunki niedrążące kanałów, żyjące nad warstwą mineralną gleby, głównie zamieszkujące ściółkę, odżywiające się słabo rozdrobnionym pokarmem bogatym w materię organiczną. Grupa endogeiczna – gatunki żyjące w warstwie mineralnej gleby (głównie do 15 cm), drążące rozległe, nietrwałe kanały głównie o przebiegu poziomym; żywią się pod powierzchnią gleby pobierając materię organiczną wymieszaną z materią nieorganiczną. Grupa anecigeiczna – gatunki żerujące głównie na powierzchni, ale żyjące w warstwie mineralnej gleby w wydrążonych głębokich (nawet poniżej 3 m), trwałych kanałach o przebiegu pionowym, do których wciągają zdeponowaną na powierzchni materię organiczną.

Na stanowiskach w Białobrzegach i Jabłonie stwierdzono największą liczbę gatunków dżdżownic spośród wszystkich badanych powierzchni, odpowiednio 7 i 6 gatunków (tab. 5). Z kolei stanowisko w Arciechówku charakteryzowało się najniższym bogactwem gatunkowym. Odłowiono tylko jeden gatunek – *L. castaneus*, związany z glebą i ściółką lasów liściastych, parków, ugorów i obrzeży terenów uprawnych, ale notowany również na brzegach zbiorników wodnych w gliniastych i piaszczystych glebach. W sumie, we wszystkich płatach łągu jesionowo-wiązowego, pozyskano 510 osobników Lumbricidae o łącznej biomasy 507,3 g; średnia biomasa wyniosła 193,3 g·m⁻² a zagęszczenie 194,3 osob.·m⁻².

Zasoby martwego drewna

Sumaryczna miąższość martwego drewna wahała się od 16,24 m³·ha⁻¹ na stanowisku Kępa Oborska do 161,40 m³·ha⁻¹ na stanowisku Jabłonna (tab. 6). Waga leżaniny w stanie suchym mieściła się w przedziale 7,39–74,40 t·ha⁻¹. W łągach, w których najgrubszego materiału jest niewiele, odnotowano znaczący udział kawałków martwego drewna o średnicy <7,6 cm – przykładowo na stanowiskach Kępa Oborska i Bielino ich udział w sumarycznej miąższości leżaniny wynosił ponad 75%.

Porównanie zasobów martwego drewna w sześciu badanych drzewostanach różniących się wiekiem (60–110 lat) wskazuje na istnienie zależności, która przybiera postać hiperboli z minimum w przedziale wiekowym 80–100 lat, na co ma wpływ przede wszystkim grubizna. Wyraźne zróżnicowanie związane z wiekiem drzewostanu widać także w przypadku udziału ilościowego poszczególnych frakcji w sumarycznej ilości leżaniny na poszczególnych stanowiskach (ryc. 2). Może to oznaczać, że bez względu na rodzaj i nasilenie presji człowieka ogólne tendencje zmian ilości martwego drewna wraz z wiekiem drzewostanu pozostają niezmiennie i są zgodne z przebiegiem i następstwem procesów naturalnych. W tym przypadku najważniejszą rolę odgrywają fazy rozwojowe, składające się na cykl życiowy drzewostanu. Jednak na większości badanych powierzchni wpływ działalności człowieka jest również bardzo istotny.

Stanowiska Białobrzegi i Łęczyńskie Olszyny reprezentują drzewostan dojrzewający (50–80 lat) z wciąż widocznymi pozostałościami okresu młodocianego (15–50 lat), w którym ma miejsce silne oczyszczanie się strzał z gałęzi i intensywne wydzielanie słabych drzewek. Taki przebieg naturalnych procesów tłumaczy duży udział grubizny (ryc. 2), która nie uległa jeszcze rozkładowi. Na obu stanowiskach nie widać prawie żadnych śladów aktualnej ingerencji człowieka. Posusz jest połamany z przyczyn naturalnych, zaś złomy i wywroty zalegają *in situ*. W płacie łągu w Białobrzegach znajduje się dużo młodych drzew rosnących kępowo, co może być świadectwem wypasu i podgryzania (drzewa popastwiskowe).

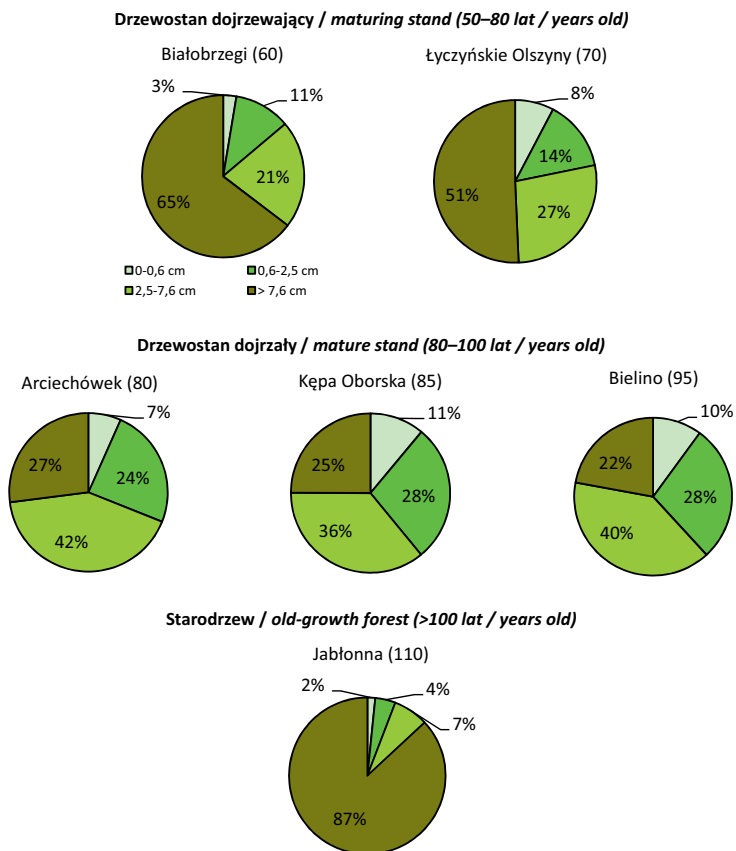
Stanowiska Arciechówek, Kępa Oborska i Bielino reprezentują drzewostan dojrzały (80–100 lat), w którym wydzielanie się drzew jest bardzo wolne, naturalne oczyszczanie się strzał zanika, zaś leżanina z okresu młodocianego jest już w stanie całkowitego lub bardzo dużego rozkładu. W efekcie na dnie lasu dojrzałego relatywnie mało jest leżaniny grubej (ryc. 2), zaś jej całkowita miąższość osiąga wówczas wartość minimalną. Stanowisko Arciechówek jest przykładem lasu intensywnie eksploatowanego w przeszłości, charakteryzującego się największą miąższością leżącej drobnicy gałęziowej (odpad zrębowy). Najmniejszy zasób leżaniny odnotowano na stanowisku Kępa Oborska – najintensywniej eksploatowanym w sposób ciągły przez miejscową ludność. Na podobnie ubogim pod względem ilości

Tabela 6. Miąższość i masa martwego drewna w podziale na klasy grubości
Volume and mass of dead wood by diameter class

Nr No.	Stanowisko badawcze <i>Study site</i>	Klasa grubości <i>Diameter class</i>	Suma cząstkowa <i>Total by diameter class</i>	Suma <i>Total</i>	Drewno świeżo ścięte <i>Fresh wood</i>		Drewno całkiem suche <i>Overdry wood</i>	
					Suma cząstkowa <i>Total by diameter class</i>	Suma <i>Total</i>	Suma cząstkowa <i>Total by diameter class</i>	Suma <i>Total</i>
					cm	m ³ ·ha ⁻¹	m ³ ·ha ⁻¹	t·ha ⁻¹
1	Arciechówek	<0,6	2,24	33,72	2,14	32,24	0,95	14,23
		0,6–2,5	8,22		7,86		3,47	
		2,5–7,6	14,14		13,52		5,97	
		>7,6	9,11		8,71		3,85	
2	Białobrzegi	<0,6	1,40	52,91	1,29	48,63	0,61	23,07
		0,6–2,5	5,92		5,44		2,58	
		2,5–7,6	11,39		10,47		4,97	
		>7,6	34,20		31,43		14,91	
3	Bielino	<0,6	2,32	23,05	2,11	21,00	0,97	9,63
		0,6–2,5	6,48		5,90		2,71	
		2,5–7,6	9,15		8,34		3,83	
		>7,6	5,10		4,64		2,13	
4	Jabłonna	<0,6	2,63	161,40	2,43	149,29	1,21	74,40
		0,6–2,5	6,75		6,25		3,11	
		2,5–7,6	11,74		10,86		5,41	
		>7,6	140,27		129,75		64,66	
5	Kępa Oborska	<0,6	1,79	16,24	1,50	13,27	0,82	7,39
		0,6–2,5	4,55		3,81		2,07	
		2,5–7,6	5,85		4,89		2,66	
		>7,6	4,05		3,08		1,84	
6	Łyczyńskie Olszyny	<0,6	3,96	51,34	3,85	49,90	1,74	22,54
		0,6–2,5	7,23		7,03		3,18	
		2,5–7,6	14,13		13,74		6,20	
		>7,6	26,02		25,29		11,42	

nekromasy stanowisku Bielino nie stwierdzono tak intensywnej działalności człowieka, ale odnotowano dosyć szybką dekompozycję materii organicznej.

Stanowisko Jabłonna reprezentuje starodrzew (>100 lat), w którym część drzew osiąga naturalny kres życia. Tym samym gwałtownie wzrasta zasób martwej grubizny, jak również jej udział w sumarycznej ilości leżaniny (ryc. 2), a zauważalnie, chociaż znacznie słabiej – drobnicy (gałęzie umierających drzew). Na powierzchni znajduje się bardzo dużo pni powalonych z przyczyn naturalnych, przy czym złomy i wywroty zalegają *in situ*. Jest to jedyny płat lasu, w którym licznie reprezentowane są pnie we wszystkich klasach rozkładu.



Ryc. 2. Udział poszczególnych klas wielkości w sumarycznej ilości leżaniny w kolejnych fazach rozwojowych drzewostanu
Percentage share of different diameter class in total dead wood volume depending on stand age

Warunki glebowe

Wśród typów gleb występujących niemalże we wszystkich płatach były gleby rdzawe gruntowo-glejowe oraz gleby glejowe typowe (tab. 7). Dodatkowo zanotowano również obecność gleb brunatnych dystroficznych gruntowo-glejowych, czarnych ziem wylugowanych, mad brunatnych typowych oraz arenosoli. W większości profili oraz we wkopach kontrolnych zaobserwowano rdzawe przebarwienia występujące powyżej strefy glejowej wynikające z utleniania związków żelaza, co jest świadectwem wahań poziomu wód gruntowych uruchamiających proces glejowy. Jedynie w pokrywie glebowej na stanowisku Kępa Oborska nie odnotowano oznak procesu glejowego. Warstwowanie poziome – charakterystyczne dla gleb lasów łęgowych, zaobserwowano tylko na stanowiskach położonych najbliższej rzeki: Jabłonna oraz Kępa Oborska.

Gleby otoczenia poszczególnych stanowisk charakteryzowały się podobieństwem typologicznym do gleb występujących w obrębie płatu.

Tabela 7. Właściwości fizyczne i chemiczne badanych gleb
Physical and chemical properties of the studied soils

Nr No.	Stanowisko badawcze Study site	Poziom genetyczny Genetic horizon	Głębokość Depth (cm)	Gęstość objętościowa Bulk density (g cm^{-3})	Wilgotność Actual soil moisture (%)	$\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$	pH_{KCl}	Podgrupa granulometryczna Soil textural group	C_{org} (g kg^{-1})	N_t (g kg^{-1})	C/N
1	Arciechówek	Typ główny/main type: gleba glejowa typowa; typ towarzyszący/accompanying type: gleba rdzawa gruntowo-glejowa									
		Ol	2–0	0,30*	-	5,98	5,53	-	466,7	22,80	20
		A	0–15	1,05	47,2	3,92	3,13	piasek gliniasty	30,2	2,90	10
		AC	15–27	1,37	15,5	4,29	3,22	piasek gliniasty	11,4	1,20	10
		Cg1	27–45	1,73	11,7	5,05	4,07	piasek luźny	1,6	0,10	16
		Cg2	>45	1,58	15,1	5,36	4,84	piasek luźny	0,8	0,10	8
2	Białobrzegi	Typ główny/main type: gleba brunatna dystroficzna gruntowo-glejowa; typ towarzyszący/accompanying type: gleba glejowa typowa									
		Ol	2–0	0,30*	-	6,51	6,21	-	432,8	23,10	19
		Ofh	1–0	0,30*	-	6,38	6,18	-	401,8	24,10	17
		A	0–7	1,29	34,4	6,32	5,87	pył ilasty	26,3	2,50	11
		Bw	7–60	1,38	31,0	6,20	4,51	pył ilasty	17,9	2,10	9
		2Cg	60–95	1,64	22,6	6,32	5,84	piasek gliniasty	2,3	0,20	10
3Cg	>95	n.o.	n.o.	6,42	5,93	glina piaszczysta	4,6	0,30	13		
3	Bielino	Typ główny/main type: czarna ziemia wylugowana; typ towarzyszący/accompanying type: gleba rdzawa gruntowo-glejowa									
		Ol	0–2	0,30*	-	5,14	4,57	-	488,0	16,20	30
		A	0–50	1,56	20,1	6,51	5,01	glina lekka	15,8	1,20	13
		2BwC	50–70	1,72	3,7	6,79	5,50	piasek luźny	0,7	0,03	23
2Cg	>70	1,74	3,4	6,77	5,65	piasek luźny	0,4	0,04	10		
4	Jablonna	Typ główny i towarzyszący/main and accompanying type: mada brunatna typowa									
		Ol	2–0	0,30*	-	6,26	6,00	-	375	19,00	20
		A	0–4	1,38	23,9	5,27	4,48	glina piaszczysta	30,5	2,50	12
		Bw	4–52	1,62	19,0	5,26	3,72	glina piaszczysta	4,4	0,50	9
		2C	52–75	1,70	7,2	5,94	5,08	piasek luźny	0,6	0,10	6
		3C	75–85	1,50	24,7	6,63	6,04	glina piaszczysta	2,4	0,30	8
4C	>85	1,60	8,6	7,20	6,21	piasek luźny	0,5	0,10	8		
5	Kepa Oborska	Typ główny/main type: arenosol; typ towarzyszący/accompanying type: gleba rdzawa									
		Ol	2–0	0,30*	-	6,12	5,84	-	458,6	26,90	17
		Ofh	1–0	0,30*	-	5,37	5,06	-	402,7	23,80	17
		A1	0–10	0,80	39,1	3,49	2,75	piasek słabogliniasty	45,3	4,00	11
		AC	10–17	1,54	8,0	3,89	3,03	piasek luźny	7,4	0,60	12
		2C	17–34	1,75	5,7	3,95	3,09	glina lekka	5,5	0,50	11
		3C	34–40	1,60	2,7	4,37	3,41	piasek luźny	0,9	0,10	9
4C	>40	1,69	14,5	4,7	3,92	piasek luźny	0,2	0,05	4		

Nr No.	Stanowisko badawcze Study site	Poziom genetyczny Genetic horizon	Głębokość Depth (cm)	Gęstość objętościowa Bulk density (g·cm ⁻³)	Wilgotność Actual soil moisture (%)	pH _{H₂O}	pH _{KCl}	Podgrupa granulometryczna Soil textural group	C _{org} (g·kg ⁻¹)	N _t (g·kg ⁻¹)	C/N	
6	Łyczynskie Olszyny	Typ główny/main type: gleba rdzawa gruntowo-glejowa; typ towarzyszący/accompanying type: gleba glejowa typowa										
		Ol	2–0	0,30*	-	5,97	5,72	-	426,8	26,10	16	
		Ofh	1–0	0,30*	-	4,57	4,03	-	342,9	21,30	16	
		A	0–26	1,46	15,0	3,55	2,89	piasek gliniasty	13,7	1,10	12	
		Bv	26–50	1,75	6,4	4,29	3,61	piasek luźny	1,1	0,10	8	
		Cg1	50–70	1,75	11,8	5,14	4,60	piasek luźny	0,5	0,05	10	
	Cg2	>70	1,68	14,7	5,24	4,86	piasek luźny	0,3	0,03	10		

*wartość przyjęta za Borkiem (1983), Janowską i Czepińską-Kamińską (1983) oraz Karczewską i innymi (2007); Ol – podpoziom surowinowy (poziom organiczny), Ofh – podpoziom detrytusowy (poziom organiczny), A – poziom próchniczny, Bw, Bv – poziom wzbogacania, C – skała macierzysta, Cg – skała macierzysta z cechami oglejenia
after Borek (1983), Janowska and Czepińska-Kamińska (1983) and Karczewska et al. (2007); Ol – litter subhorizon (organic horizon), Ofh – detritus subhorizon (organic horizon), A – humus horizon, Bw, Bv – enrichment horizon, C – parent material, Cg – parent material with gleyic features

Ze względu na uziarnienie, badane gleby podzielono na dwie kategorie: piaszczyste oraz pylaste i gliniaste. Do pierwszej grupy, w której przeważają utwory o uziarnieniu piasków luźnych, piasków słabogliniastych i piasków gliniastych, należą utwory stanowisk: Arciechówek, Kępa Oborska oraz Łyczynskie Olszyny. Do drugiej grupy zaklasyfikowano gleby stanowisk: Białostrzegi, Bielino i Jabłonna. W tych płatach dominowały utwory o uziarnieniu pyłu ilastego, gliny lekkiej oraz gliny piaszczystej z przewarstwieniami piasku luźnego i piasku gliniastego.

Bezpośrednio ze składem granulometrycznym związany jest odczyn gleb, który w przypadku gleb piaszczystych wskazywał na silne zakwaszenie, zwłaszcza w poziomach próchnicznych. Natomiast gleby o uziarnieniu glin oraz pyłów charakteryzowały się odczynem od lekko kwaśnego do niemal obojętnego. Nie zanotowano tam jednak obecności węglanów. Istotną cechą tych gleb jest wysokie pH w przewarstwieńiach o uziarnieniu piasków luźnych, które może być związane z wpływem wód gruntowych.

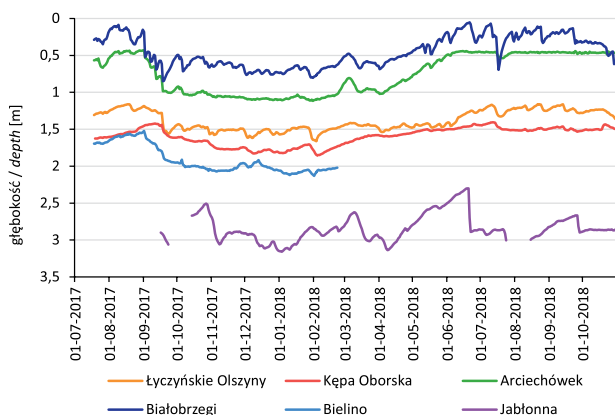
Cechą charakterystyczną profili o uziarnieniu glin i pyłów była wysoka zawartość C_{org} w obrębie poziomów próchnicznych. W porównaniu ze stanowiskami o piaszczystej pokrywie glebowej, poza płatem w Arciechówku, gdzie zawartość C_{org} wynosiła 30,2 g·kg⁻¹, wartości te były wyższe średnio o około 13 g·kg⁻¹. W glebach tych zachodzi szybki proces przemian materii organicznej, co również potwierdza niska wartość wskaźnika C/N w poziomie próchnicznym. Miąższości poziomów próchnicznych na wszystkich stanowiskach wahały się od 4 do 50 cm. Dodatkowo ich wilgotność w porównaniu z pozostałymi poziomami genetycznymi, wykluczając partie profili zlokalizowane poniżej linii wód gruntowych, jest najwyższa, co nawiązuje do zawartości materii organicznej i lokalizacji w górnej części profilu, a w przypadku gleb gliniastych i pylastych również do składu granulometrycznego. Wzrost wartości gęstości objętościowej wraz z głębokością, który za-

obserwowano na poszczególnych stanowiskach jest zjawiskiem naturalnym, wynikającym z malejącej zawartości materii organicznej.

Warunki wodne

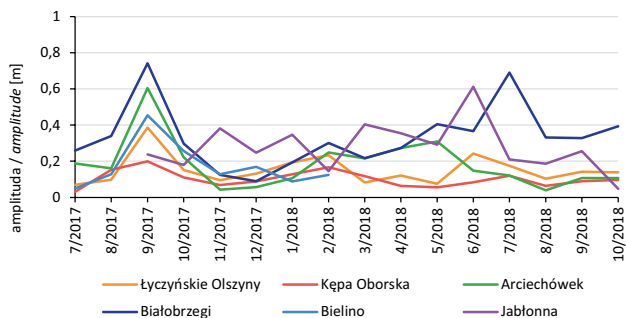
Przeprowadzone pomiary poziomu wód gruntowych pokazały, iż przez cały okres objęty badaniami najpłycej zwierciadło wód gruntowych występowało w Białobrzegach (śr. głębokość 0,46 m), najgłębiej zaś w Jabłtonnie (śr. głębokość 2,85 m) (ryc. 3). Najniższe stany wody w badanym okresie rejestrowane były w miesiącach zimowych; były one niższe o ok. 0,5 m od wartości zarejestrowanych latem.

Największą amplitudę wahań poziomu wody niemal na wszystkich powierzchniach zarejestrowano we wrześniu 2017 r. (ryc. 4). Wyniosła ona od 0,7 m w Białobrzegach do 0,2 w Kępie Oborskiej. Najniższe amplitudy zanotowano w listopadzie i grudniu 2017 r.



Ryc. 3. Wykres średnich dobowych wartości głębokości wód gruntowych na badanych powierzchniach (18.07.2017–30.10.2018)

Diagram of average daily values for groundwater depth in the studied forests (18.07.2017–30.10.2018)



Ryc. 4. Zmiany amplitudy głębokości wód gruntowych dla poszczególnych miesięcy na badanych powierzchniach (18.07.2017–30.10.2018)

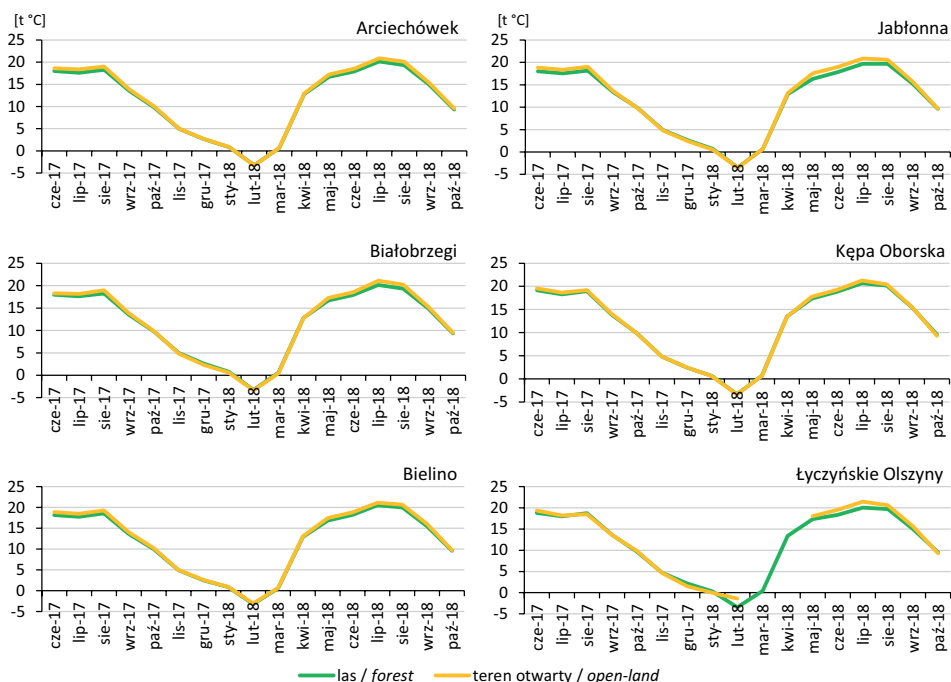
Changes in the amplitude of groundwater depth in the studied forests for each month of the period 18.07.2017–30.10.2018

Warunki topoklimatyczne

Średnia dobowa temperatura powietrza (t_{sr}) w okresie badań na powierzchniach leśnych wahała się od 11,4°C na stanowisku w Jabłonce do 11,8°C w Kępie Oborskiej. Najchłodniejsze stanowisko w terenie otwartym znajdowało się w Białobrzegach (średnia z całego okresu pomiarów 11,7°C). Najcieplejsza była niezadrzewiona powierzchnia w tyczyńskich Olszynach (średnia 12,6°C), gdzie dochodziło do dużego nagrzania w ciągu dnia.

W przypadku średniej temperatury minimalnej (t_{min}) niższe wartości obserwowano w terenie otwartym aniżeli na powierzchniach leśnych. Świadczy to o mniejszym wychładzaniu terenów leśnych, a więc o łagodniejszym klimacie w stosunku do powierzchni niezadrzewionych. W przypadku temperatury maksymalnej (t_{max}) znacznie wyższe wartości notowano w terenie otwartym. Najcieplejsze było eksponowane na promieniowanie słoneczne stanowisko w Kępie Oborskiej, gdzie w terenie otwartym średnia maksymalna wartość temperatury powietrza wyniosła 17,1°C, a w płacie łęgowym 16,6°C. Pozostałe stanowiska leśne były również chłodniejsze. Największe różnice pomiędzy stanowiskami leśnym i nieleśnym zanotowano w Jabłonce, gdzie występuje najstarszy drzewostan – różnica wyniosła tam 1,6°C.

W chłodnej porze roku różnice pomiędzy stanowiskami położonymi w lesie a punktami reprezentującymi teren otwarty (ryc. 5) są niewielkie i kształtują się na poziomie 0,1–0,3°C. Brak szaty roślinnej eliminuje jeden z głównych czynników osłabiających dopływ bezpo-



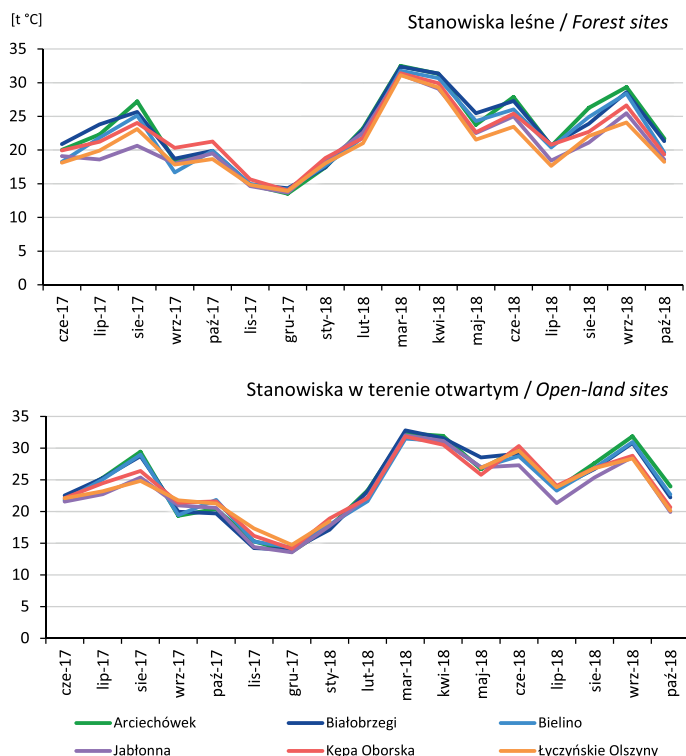
Ryc. 5 Średnia dobowa temperatura powietrza na stanowiskach wewnątrz lasu i w terenie otwartym (06.2017–10.2018)

Mean 24-hour air temperature in forest-interior sites and open areas (06.2017–10.2018)

średniego promieniowania słonecznego, co ma bezpośredni wpływ na nagrzewanie się powierzchni ziemi i oddziaływanie na temperaturę powietrza. W tym okresie istotniejszą rolę odgrywają czynniki makroskalowe – typ cyrkulacji i rodzaj mas powietrza. W momencie pojawienia się pierwszych liści obserwowane są większe różnice w wartościach temperatury powietrza na powierzchniach leśnych w stosunku do terenów otwartych. Nieznacznie cieplejsze są tereny otwarte. Największe różnice wystąpiły w szczycie sezonu wegetacyjnego, tzn. w lipcu na stanowiskach: Białobrzegi (0,97°C), Jabłonna (1,22°C) i Łyczynskie Olszyny (1,4°C).

Średnia wilgotność względna z okresu pomiarów wykazywała dużą zmienność w czasie i niewielkie zróżnicowanie między stanowiskami. Podobnie jak w przypadku przebiegu temperatury powietrza, w chłodnej porze roku (listopad-marzec), pomiędzy stanowiskami obserwowano niewielkie zróżnicowanie wilgotności względnej. W punktach pomiarowych usytuowanych poza płacami łągowymi, również w okresie letnim różnice między stanowiskami były niewielkie.

W przebiegu rocznym (ryc. 6) największe wartości wilgotności (90–95%) odnotowano: na stanowiskach leśnych – od września do grudnia, a na terenach niezadrzewionych – od listopada do grudnia. Najmniejsze wartości wilgotności względnej powietrza wewnątrz płatów notowano od kwietnia do czerwca (70–75%), a na stanowiskach otwartych



Ryc. 6 Przebieg średniej dobowej wilgotności względnej powietrza (06.2017–10.2018)
Mean 24-hour course for relative air humidity (06.2017–10.2018)

w czerwcu (65–70%). Wyższa wilgotność w łęgach dowodzi, że naturalny parasol utworzony z liści skutecznie chronił przed wysuszaniem powietrza i powierzchni ziemi umożliwiając prawidłowy rozwój roślin w szczycie sezonu wegetacyjnego.

Podsumowanie i wytyczne do działań ochronnych

Wybrane do badań łęgi reprezentują bogate gatunkowo zbiorowiska leśne, przy czym – co ważne – większość gatunków stanowią taksony o charakterze łęgowym. Nie potwierdza to spostrzeżeń z badań prowadzonych w łęgach nadodrzańskich (Stefańska-Krzaczek, 2013; Kawałko i inni, 2015; Stefańska-Krzaczek i Podgrudna, 2015), w których odcięcie od zalewów rzecznych spowodowało znaczne zubożenie składu gatunkowego roślin.

Zmiany siedliskowe mają największy wpływ na strukturę i skład gatunkowy runa badanych zbiorowisk. Nie stwierdzono znaczących odkształceń w ich drzewostanach i podszyciu. Długowieczne drzewa są najbardziej trwałymi formami roślin, dlatego skład drzewostanu ulega przeobrażeniom wolniej niż kompozycja gatunkowa runa.

Proces grądowienia, zwykle mocno zaawansowany w łęgach odciętych od zalewów wodami rzeki (wały przeciwpowodziowe) i osuszanych (rowy melioracyjne) jest raczej ograniczony, choć dość liczne są gatunki preferujące siedliska świeże nad wilgotnymi.

Osuszenie siedlisk (niski poziom wody gruntowej, brak okresowych podtopień/zalewów) zdaje się sprzyjać inwazji gatunków obcych, szczególnie niecierpka drobnokwiatowego, bowiem ten gatunek wyraźnie preferuje miejsca świeże nad wilgotnymi, choć na ten proces mogą się składać także inne oddziaływania antropogeniczne. Wyniki monitoringu łęgów jesionowo-wiązowych prowadzonego na terenie całej Polski w latach 2016–2018 pokazują, że niecierpek drobnokwiatowy jest obecny w ponad 75% badanych stanowisk (*Sprawozdanie...*, 2018). Inwazja tego gatunku jest więc dość powszechna w tych zbiorowiskach. Znacznie rzadziej wśród monitorowanych zbiorowisk obserwowano nawłoc późną (5% stanowisk) i inne gatunki.

Niecierpek drobnokwiatowy ma dość szeroką amplitudę ekologiczną. Może rosnąć zarówno w pełnym świetle, jak i silnym ocienieniu, w dość szerokim zakresie odczynu gleby, dobrze znosi także ugniatanie (Godefroid i Koedam, 2010). Rozprzestrzenianiu niecierpka sprzyja zaburzenie wierzchniej warstwy gleby, takie jak wykroty i buchtowiska dzików, które tworzą mikrosiedliska dogodne do kiełkowania nasion i dalszego rozwoju siewek; może on również kolonizować powalone pnie drzew (Piskorz i Klimko, 2001). Pomimo stwierdzonych oddziaływań alleopatycznych (Vrchotová i inni, 2011) niecierpek wydaje się być raczej wskaźnikiem degradacji siedliska niż jej przyczyną (Chmura i Sierka, 2006). W badaniach prowadzonych w łęgach Lasu Bielańskiego w Warszawie (Obidziński i Symonides, 2000) stwierdzono istotną ujemną korelację pomiędzy bogactwem gatunkowym i pokryciem runa a frekwencją i ilościowością niecierpka. Gatunek ten szybko wnika do odkształconych i zubożonych florystycznie zbiorowisk, natomiast gęste runo stanowi skuteczną barierę dla jego ekspansji.

Wnikaniu gatunków obcych do badanych łęgów sprzyja obserwowane rozluźnienie drzewostanu, zaburzenia wierzchniej warstwy gleby związane z pozyskiwaniem drewna (Kępa Oborska) oraz żerowaniem dzików (przede wszystkim Jabłonna i Łyczyńskie Olszyny), występowanie ścieżek i dróg przechodzących przez płaty oraz zaśmiecanie lasów.

Właściwości gleb badanych łąg wpływające na ich żyzność i aktywność biologiczną uwarunkowane są korzystnymi właściwościami poziomu próchnicznego i skały macierzystej oraz składem granulometrycznym poszczególnych poziomów genetycznych i ich wilgotnością. Sklasyfikowane typy gleb wskazują, że kierunek ich rozwoju w badanych łągach w dużej mierze determinowała wysokość zwierciadła wód gruntowych powodujących uruchomienie procesu glejowego w dolnych częściach profili. Brak warstwowania poziomego na większości powierzchni świadczy o ograniczonym od dawna wpływie zalewów na powstawanie współczesnej pokrywy glebowej badanych lasów.

Zmienność poziomu wód gruntowych w ciągu roku wskazuje natomiast na znaczący wpływ, obok oczywistego oddziaływania rzeki (infiltracja/drenaż), wielkości opadów atmosferycznych. Wyższy poziom wód obserwowano w półroczu letnim, w którym opady są w Polsce generalnie wyższe (Degirmendżić i inni, 2004). Ponadto odnotowano obniżanie się poziomu wód w następstwie pogłębiania rowów odwadniających sąsiadujących z badanymi zbiorowiskami.

Warunki wilgotnościowe mają wpływ na sporadyczne występowanie gatunków dżdżownic Lumbricidae, związanych z terenami wilgotnymi i zalewowymi: *O. lacteum*, *H. antipai*, *A. chlorotica*. Jednak badane ekosystemy nie są zubożone pod względem liczby gatunków. Z naturalnych obszarów Niziny Mazowieckiej znanych jest 12 gatunków dżdżownic, a w łągach w Białoleścu Dworskiej stwierdzono 5 gatunków (Pilipiuk, 1981a, b). Najbogatsze gatunkowo były łągi na glebach lekko kwaśnych, zaliczanych do kategorii pylastych i gliniastych o próchnicy typu mull, co potwierdza ogólne preferencje siedliskowe tej grupy bezkręgowców (Barley, 1961; Lee, 1985). Z kolei specyfika zgrupowania *Bombus*, składającego się w dużej mierze z gatunków preferujących nieleśne siedliska, wskazuje z jednej strony na znaczne prześwietlenie badanych łągów, a z drugiej strony na wyspowy charakter płatów lasu i ich położenie w mozaikowym krajobrazie rolniczym.

Ekstensywne użytkowanie badanych łągów powoduje, że zasoby martwego drewna są w nich znaczne. Z badań prowadzonych w ramach projektu *BioSoil* wynika, że średnia ilość martwego drewna w polskich lasach wynosi $9,6 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$, z czego drewno leżące stanowi $4,2 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ (Czerepko, 2008). Z obserwacji prowadzonych w ramach wielkoobszarowej inwentaryzacji stanu lasu w latach 2005–2009 (BULiGL, 2010) wynika zaś, że przeciętna miąższość martwego drewna w polskich lasach wynosi około $5,7 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$, z czego ok. $3,4 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ to leżanina. Zasób w lasach europejskich oszacowano natomiast na $20,5 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$, przy czym bez uwzględnienia drzewostanów w Federacji Rosyjskiej wielkość ta maleje do $10 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ (Bujoczek i inni, 2018). Na tle tych średnich badane łągi jesionowo-wiązowe prezentują się bardzo korzystnie. Pamiętać jednak należy, że pomiary wykonywane są za pomocą różnych metod i obejmują zazwyczaj drewno wielkometryczne⁷, a nie drobnicę. Przy takim założeniu miąższość samej grubizny na stanowiskach Kępa Oborska ($4,05 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$), Bielino ($5,10 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$) i Arciechówek ($9,11 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$) nieznacznie tylko przekracza średnią krajową i jest wyraźnie niższa od średniej europejskiej.

Obserwowany model zróżnicowania zasobów martwego drewna dobrze odzwierciedla przebieg procesów naturalnych i działalność człowieka (por. Wolski, 2003) i koresponduje z wieloma obserwacjami prowadzonymi w lasach użytkowanych i naturalnych (Spies

⁷ Przykładowo w ramach wielkoobszarowej inwentaryzacji stanu lasu są to martwe drzewa stojące o pierśnicy $\geq 7 \text{ cm}$ w korze oraz martwe drewno leżące o średnicy w grubszym końcu $\geq 10 \text{ cm}$ w korze (Czerepko i inni, 2014).

i Cline, 1988; McCarthy i Bailey, 1994; Harmon i Sexton, 1996; Lofroth, 1998) oraz z koncepcjami trój etapowego rozwoju lasu (Spetich i inni, 1999).

O zróżnicowaniu przestrzennym klimatu decydują warunki lokalne – rzeźba terenu oraz jego zagospodarowanie (w przypadku lasów przede wszystkim skład gatunkowy, struktura i wiek drzewostanu). Istotne są nie tyle wartości poszczególnych elementów meteorologicznych, które są zależne przede wszystkim od ogólnych cech fizycznych zalegającej masy powietrza, ile ich odchylenia od tzw. „warunków standardowych” lub różnic pomiędzy badanymi stanowiskami. Przeprowadzone badania pokazały, że szata roślinna jest istotnym czynnikiem łagodzącym klimat. Temperatura i wilgotność powietrza były mierzone na wysokości 2 m; warunki klimatu na tej wysokości są kształtowane przede wszystkim przez drzewostan i podszyt, które w badanych zbiorowiskach nie uległy znaczącemu odkształceniu. Dodatkowe materiały dokumentujące wyniki badań przedstawione są w raporcie z projektu (Kowalska i inni, 2019).

Stan badanych łąg jest wynikiem wielu czynników. Najistotniejsze dla obserwowanych przekształceń wydają się być zaburzenia warunków wodnych (brak zalewów, odwodnienia) i struktury roślinności (użytkowanie).

Podstawą ochrony łąg jesionowo-wiązowych powinna być ochrona warunków siedliskowych, przede wszystkim wodnych, w których te ekosystemy funkcjonują. W przypadku łąg położonych w dolinie obwałowanej Wisły, przywrócenie zalewów może być bardzo trudne, ale należy zadbać o utrzymanie wysokiego poziomu wód gruntowych, który zagwarantuje odpowiednią wilgotność siedliska. Dobrym sposobem jest zapewnienie optymalnego poziomu wód poprzez regulowanie odpływu z rowów melioracyjnych specjalnymi zastawkami (Żelazo i Popek, 2002).

Aby ograniczyć inwazję gatunków obcych, oprócz zapewnienia odpowiednich warunków wilgotnościowych, należy przywrócić naturalną strukturę roślinności ograniczając presję antropogeniczną. Przy braku ingerencji człowieka (korzystania z dróg przechodzących przez płaty lasu, uszkodzenia pokrywy roślinnej i górnej warstwy gleby w czasie ścinki oraz zaśmiecania) bardzo szybko „unaturalnia się” struktura zbiorowisk, w których obserwowane jest naturalne odnowienie większości gatunków drzew charakterystycznych dla łąg. Ważną kwestią jest także właściwe użytkowanie terenów sąsiadujących z łągami, bowiem na odłogi, niekoszone łąki, nieużytki czy inne „zaburzone” miejsca szybko wkraczają kenofity.

Zwalczanie gatunków inwazyjnych jest procesem kosztownym i czasochłonnym. Próby usuwania tych gatunków prowadzi się obecnie na terenach chronionych. W przypadku niecierpka drobnokwiatowego zaleca się głównie eliminację mechaniczną przez wrywanie lub wykopywanie roślin z całym systemem korzeniowym przed wydaniem owoców, a następnie utylizację zebranego materiału przez spalanie. W przypadku nawłoci późnej, na początku ekspansji skuteczne jest punktowe wrywanie lub wykopywanie roślin. Efektywnym sposobem eliminacji jest też regularne koszenie (przynajmniej dwa razy w roku) oraz wieloletni, intensywny wypas bydła (Obidziński i inni, 2016).

Piśmiennictwo

- Barley K.P., 1961, *The abundance of earthworms in agricultural land and their possible significance in agriculture*, *Advances in Agronomy*, 13, s. 249–268.
- Borański M., 2015, *Metodyka oceny bioróżnorodności owadów zapylających*, Instytut Ogrodnictwa, Skierniewice.
- Borek S., 1983, *Niektóre właściwości fizyczne gleb Rezerwatu Granica w Kampinoskim Parku Narodowym*, [w:] B. Dobrzański, K. Konecka-Betley (red.), *Wpływ działalności człowieka na środowisko glebowe w Kampinoskim Parku Narodowym*, Wyd. SGGW-AR, Warszawa, s. 73–80.
- Bouché M.B., 1972, *Lombriciens de France. Ecologie et Systematique*, Institute National de la Recherche Agronomique, Paris.
- Bouché M.B., 1977, *Strategies Lombriciennes*, *Ecological Bulletins*, 25, s. 122–132.
- Braun-Blanquet J., 1964, *Pflanzensoziologie. Grundzüge der Vegetationskunde*, Springer-Verlag, Wien.
- Brown J.K., 1974, *Handbook for inventorying downed woody material*, General Technical Report INT–16, USDA Forest Service, Intermountain Forest and Range Experiment Station, Ogden.
- Bujoczek L., Szewczyk J., Bujoczek M., 2018, *Deadwood volume in strictly protected, natural, and primeval forests in Poland*, *European Journal of Forest Research*, 137, s. 401–418.
- BULiGL, 2010, *Wielkoobszarowa inwentaryzacja stanu lasów w Polsce. Wyniki I cyklu (lata 2005–2009)*, Sękocin Stary.
- Chmura D., Sierka E., 2006, *Relation between invasive plant *Impatiens parviflora* and species richness in forest floor vegetation*, *Polish Journal of Ecology*, 54, 3, s. 417–428.
- Chudzicka E., Pilipiuk I., Skibińska E., 2000, *Specyfika obszaru międzywala jako środowiska życia bezkręgowców*, [w:] J.M. Matuszkiewicz, E. Roo-Zielińska (red.), *Międzywale Wisły jako swoisty układ przyrodniczy (odcinek Pilica-Narew)*, Dokumentacja Geograficzna, 19, s. 89–95.
- Czerepko J., 2008, *Stan różnorodności biologicznej lasów w Polsce na podstawie powierzchni obserwacyjnych monitoringu. Synteza wyników uzyskanych w ramach realizacji projektu BioSoil Forest Biodiversity*, Instytut Badawczy Leśnictwa, Sękocin Stary.
- Czerepko J., Hilszczański J., Jabłoński M., 2014, *Martwe drewno – żywy problem*, *Studia i Materiały CEPL w Rogowie*, 16, 41, 4, s. 36–45.
- Danielewicz W., Pawlaczek P., 2004, *Łęgowe lasy dębowo-wiązowo-jesionowe (*Ficario-Ulmetum*)*, [w:] J. Herbich (red.), *Lasy i Bory. Poradniki ochrony siedlisk i gatunków Natura 2000 – podręcznik metodyczny*, Tom 5, Ministerstwo Środowiska, Warszawa, s. 242–258.
- Değirmendžić J., Kozuchowski K., Żmudzka E., 2004, *Changes of air temperature and precipitation in Poland in the period 1951–2000 and their relationship to atmospheric circulation*, *International Journal of Climatology*, 24, s. 291–310.
- de Vries P.G., 1973, *A general theory on line intersect sampling: with application to logging residue inventory*, *Med. Landbouw Hogeschool*, s. 73–11.
- Edwards C.A., Lofty J.R., 1977, *Biology of earthworms*, Chapman and Hall, New York, Wiley.
- Godefroid S., Koedam N., 2010, *Comparative ecology and coexistence of introduced and native congeneric forest herbs: *Impatiens parviflora* and *I. noli-tangere**, *Plant Ecology and Evolution*, 143, 2, s. 119–127.
- Härdtle W., Bracht H., Hobohm C., 1996, *Vegetation und Erhaltungszustand von Hartholzauen (*Quercus-Ulmetum* Issl. 1924) im Mittelelbegebiet zwischen Lauenburg und Havelberg*, *Tuexenia*, 16, s. 25–38.

- Harmon M.E., Sexton J., 1996, *Guidelines for measurements of woody detritus in forest ecosystems*, US LTER Publication No. 20. U.S. LTER Network Office, College of Forest Resources, University of Washington, Seattle, Washington.
- Jankowski W., Świerkosz K. (red.), 1995, *Korytarz ekologiczny doliny Odry, stan – funkcjonowanie – zagrożenia*, Fundacja IUCN Poland. Warszawa.
- Janowska E., Czepińska-Kamińska D., 1983, *Kształtowanie się właściwości sorpcyjnych ektopróchnicy niektórych gleb KPN*, [w:] B. Dobrzański, K. Konecka-Betley (red.), *Wpływ działalności człowieka na środowisko glebowe w Kampinoskim Parku Narodowym*, Wyd. SGGW, Warszawa, s. 47–58.
- Janssen J.A.M. i inni, 2016, *European Red List of Habitats. Part 2. Terrestrial and Freshwater habitats*, Publications Office of the European Union, Luxembourg.
- Karczewska A., Szopka K., Bogacz A., Kabała C., Duszyńska D., 2007, *Rozważania nad metodyką monitoringu gleb strefy leśnej Karkonoskiego Parku Narodowego (KPN) – w świetle zróżnicowania właściwości tych gleb*, [w:] J. Śtursa, R. Knapik (red.), *Geoekologicke problémy Krkonoš*, Opera Corcontica, 44, 1, s. 95–105.
- Kasprzak K., 1986, *Skąposzczety glebowe III, Rodzina Dżdżownicy (Lumbricidae), Klucz do oznaczania bezkręgowców Polski*, PWN, Warszawa.
- Kawałko D., Halarewicz A., Pruchniewicz D., 2015, *Stan roślinności nadodrzańskich lasów łęgowych w okolicach Wołowa*, Sylwan, 159, 3, s. 220–226.
- Kowalska A., Affek A., Baranowski J., Gierszewski P., Kaszubski M., Kołaczowska E., Kruczkowska B., Regulska E., Wolski J., Zawiska I., 2019, *Raport z realizacji projektu badawczego Świadczenia łęgów jesionowo-wiązowych w dolinie środkowej Wisły*, Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN, Warszawa.
- Lee K.E., 1985, *Earthworms: Their Ecology and Relationships with Soil and Land Use*, Academic Press, Australia.
- Lofroth E., 1998, *The dead wood cycle*, [w:] J. Voller, S. Harrison (red.), *Conservation biology principles for forested landscapes*, UBC Press, Vancouver, s. 185–214.
- Majewski M., Tilinger T., 1932, *Roboty regulacyjne na Wiśle Środkowej od r. 1919 do 1931 r.*, [w:] M. Majewski, T. Tilinger (red.), *Wisła Środkowa; referaty na I Narodowy Kongres Żeglugi*, Księgarnia Techniczna Przeglądu Technicznego, Warszawa, s. 3–43.
- Marshall P.L., Davis G., LeMay V.M., 2000, *Using line intersect sampling for coarse woody debris*, Forest Research Technical Report TR–003, Vancouver Forest Region, B.C. Ministry of Forests, Nanaimo.
- Marshall P.L., Davis G., Taylor S.W., 2003, *Using Line Intersect Sampling for Coarse Woody Debris: Practitioners' Questions Addressed*, Forest Research Extension Note EN–012, Coast Forest Region, BC Ministry of Forests, Nanaimo.
- Maser C., Anderson R.G., Cromack K., Williams J.T., Martin R.E., 1979, *Dead and down woody material*, [w:] J.W. Thomas (red.), *Wildlife Habitats in Managed Forests: the Blue Mountains of Oregon and Washington*, Agriculture Handbook No. 553, Pacific Northwest Forest and Range Experiment Station, USDA Forest Service, Portland, Oregon, s. 78–95.
- Matuszkiewicz J.M., 2001, *Zespoły leśne Polski*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- Matuszkiewicz J.M. (red.), Kozłowska A., Plit J., Roo-Zielińska E., Solon J., 2005, *Numeryczna mapa roślinności rzeczywistej i potencjalnej w dolinie Wisły*, niepublikowana, w archiwum Zakładu Geoekologii i Klimatologii IGiPZ PAN.
- McCarthy B.C., Bailey R.R., 1994, *Distribution and abundance of coarse woody debris in a managed forest landscape of the central Appalachians*, Canadian Journal of Forest Research, 24, s. 1317–1329.

- Obidziński A., Kołaczowska E., Otręba A., 2016, *Metody zwalczania obcych gatunków roślin występujących na terenie Puszczy Kampinoskiej*, Wydawnictwo BioDar, Izabelin-Kraków.
- Obidziński T., Symonides E., 2000, *The influence of the ground layer structure on the invasion of small balsam (*Impatiens parviflora* DC.) to natural and degraded forests*, Acta Societatis Botanicorum Poloniae, 69, s. 311–318.
- Pawlaczyk P., 2012, *Łęgowe lasy dębowo-wiązowo-jesionowe (Ficario-Ulmetum)*, [w:] W. Mróz (red.), *Monitoring siedlisk przyrodniczych. Przewodnik metodyczny Część III*, GIOŚ, Warszawa, s. 292–315.
- Pawlikowski T., Pawlikowski K., 2012, *Trzmielowate Polski (Hymenoptera: Apoidea: Bombini)*, Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Mikołaja Kopernika, Toruń
- Pilipiuk I., 1981a, *Earthworms (Oligochaeta, Lumbricidae) of Warsaw and Mazovia*, Memorabilia Zoologica, 34, s. 69–77.
- Pilipiuk I., 1981b, *Dżdżownice (Lumbricidae)*, Fragmenta Faunistica, 26, 5, s. 1–8.
- Pisko J.D., 1973, *Lumbricidae – Dżdżownice*, PWN, Warszawa.
- Piskorz R., Klimko M., 2001, *Kolonizacja powalonych drzew i buchtowisk dzików przez *Impatiens parviflora* DC. w zbiorowiskach *Galio silvatici-Carpinetum* wybranych rezerwatów Wielkopolskiego Parku Narodowego*, Roczniki Akademii Rolniczej w Poznaniu, 334, s. 151–163.
- Polskie Towarzystwo Gleboznawcze, 2009, *Particle size distribution and textural classes of soils and mineral materials – classification of Polish Society of Soil Science 2008*. Roczniki Gleboznawcze, 60, 2, s. 5–16.
- Program Państwowego Monitoringu Środowiska na lata 2016–2020*, 2015, Główny Inspektor Ochrony Środowiska, Warszawa.
- Pysek P., Prach K., 1993, *Plant invasion and the role of riparian habitats: a comparison of four species alien to central Europe*, Journal of Biogeography, 20, s. 413–420.
- Revised Standard Soil Color Charts*, 1992, Eijkelkamp Agrisearch Equipment.
- Rundgren S., 1975, *Vertical distribution of lumbricids in southern Sweden*, Oikos, 26, s. 299–306.
- Schmidt O., 2001, *Time-limited soil sorting for long-term monitoring of earthworm populations*, Pedobiologia, 45, s. 69–83.
- Sienkiewicz J., Kloss M., Grzyb M., 2001, *The floodplain forest ecosystems in Poland*, [w:] E. Klimko, H. Hager (red.), *The floodplain Forests in Europe*, The Netherlands Brill, Leiden, s. 249–267.
- Spetich M.A., Shifley S.R., Parker G.R., 1999, *Regional distribution and dynamics of coarse woody debris in midwestern old-growth forests*, Forest Science, 45, 2, s. 302–313.
- Spies T.A., Cline S.P., 1988, *Coarse woody debris in forests and plantations of coastal Oregon*, [w:] C. Maser, R.F. Tarrant, J.M. Trappe, J.F. Franklin (red.), *From the forest to the sea: a story of fallen trees*, General Technical Report PNW-GTR-229, USDA Forest Service, Portland, Oregon, s. 5–24.
- Sprawozdanie...*, 2018, *Monitoring gatunków i siedlisk przyrodniczych ze szczególnym uwzględnieniem obszarów ochrony siedlisk Natura 2000. Wyniki monitoringu w latach 2016–2018. Sprawozdanie z monitoringu siedliska 91F0 łęgowe lasy dębowo-wiązowo-jesionowe (Ficario-Ulmetum)*, Główny Inspektorat Ochrony Środowiska.
- Stefańska-Krzaczek E., 2013, *Bogactwo gatunkowe osuszonych lasów łęgowych w środowisku miejskim Wrocławia*, Sylwan, 157, 5, s. 366–375.
- Stefańska-Krzaczek E., Podgrudna K., 2015, *Florystyczne i fitocenotyczne wskaźniki stanu zachowania lasów zalewowych w miejskiej dolinie rzecznej*, Sylwan, 159, 1, s. 82–88.
- Systematyka gleb Polski*, 2011, Roczniki Gleboznawcze, 62, 3, s. 5–142.
- Tockner K., Stanford J.A., 2002, *Riverine floodplains: present state and future trends*, Environmental Conservation, 29, s. 308–330.

- Tokarska-Guzik B., 2005, *The Establishment and Spread of Alien Plant Species (Kenophytes) in the Flora of Poland*, Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego, Katowice.
- Tomiałojć L. (red.), 1993, *Ochrona przyrody i środowiska w dolinach nizinnych rzek Polski*, Instytut Ochrony Przyrody PAN.
- Valckx J., Govers G., Hermy M., Muys B., 2011, *Optimizing Earthworm Sampling in Ecosystem*, [w:] A. Karaca (red.), *Biology of Earthworm Soil Biology*, 24, s. 19–38.
- Van Wagner C.E., 1968, *The line intersect method in forest fuel sampling*, *Forest Science*, 14, 1, s. 20–26.
- Vrchotová N., Šerá B., Krejčová J., 2011, *Allelopathic activity of extracts from Impatiens species*, *Plant, Soil, Environment*, 57, 2, s. 57–60.
- Wanic T., Brożek S., Lasota J., Zwyczaj M., 2011, *Różnorodność gleb olsów i łęgów*, *Roczniki Gleboznawcze*, 62, 4, s. 109–123.
- Warren W.G., Olsen P.F., 1964, *A line transect technique for assessing logging waste*, *Forest Science*, 10, s. 267–276.
- Wolski J., 2002, *Metoda pomiarów leżącego martwego drewna w lesie – założenia teoretyczne i przebieg prac terenowych*, *Prace IBL, Ser. A*, 2, 932, s. 27–45.
- Wolski J., 2003, *Martwe drewno w lesie: ocena zapasu i propozycje postępowania*, *Prace IBL, Ser. A*, 2, 953, s. 23–45.
- Wolski J., 2012, *Down dead wood in a forest – still an obstacle to forest management or already an ecological issue?* *Geographia Polonica*, 85, 2, s. 97–121.
- Wysocki Cz., Sikorski P., 2009, *Fitosocjologia stosowana w ochronie i kształtowaniu krajobrazu*. Wydawnictwo SGGW, Warszawa.
- Żelazo J., Popek Z., 2002, *Podstawy renaturyzacji rzek*, Wydawnictwo SGGW, Warszawa.

Summary

Riparian hardwood forests of *Quercus robur*, *Ulmus* spp and *Fraxinus* spp that are present along major rivers are valuable communities protected by the EU Habitat Directive and recommended for monitoring. Part of the reason for that is relative rarity on the scale of Europe as a whole, and also in Poland. This in turn reflects the way in which fertile habitats were, in their majority, deforested long ago, drained and changed into grasslands or arable land. Additionally, the greater part of these habitats have lost their specific features, as a result of river engineering and – primarily – the construction of the river embankments that have acted to limit flooding and alluvial processes, in that way also initiating change in the composition of both soils and plant communities.

Specifically, this article presents selected results of the research project: *Riparian hardwood forest services in the middle Vistula river valley*. One of the main objectives thereof was to assess the condition of forest ecosystems from which flooding has now been absent for at least 50 years, as well as to prepare guidelines for actions necessary to maintain or restore their diversity, and proper ecological and biological functions. Our research questions therefore revolved around components of riparian hardwood forest ecosystems have been most changed ... and why? The research was conducted in six riparian hardwood forests (to date unmonitored) located in the valley of the middle Vistula (in Mazowieckie voivodship). Relevant work was carried out using the standard monitoring guidelines – as primarily based on an assessment of vegetation composition and structure together with water conditions. However, in the work in question, these were

augmented by additional analyses allowing for detailed characterisations of soil, the topoclimate, and the species diversity achieved by selected groups of invertebrate (Hymenoptera: Apidae: *Bombus* and Haplotaxida: Lumbricidae).

The communities selected represent multi-functional, species-rich forests. Extensive use of the studied riparian mixed forests ensures that deadwood resources are quite considerable. Moreover, the studied forests exert a strong impact when it comes to mitigation of climate locally. The observed soil types indicate fertile and biologically-active habitats, as well as to soil development largely determined by the height of the groundwater table causing the gleyic process in the lower parts of profiles. However, in some forest patches it is possible to note transformations related to habitat drying, with significant canopy gaps and disturbances of topsoil and the undergrowth. There was a great abundance of invasive alien plant species (mainly *Impatiens parviflora*) in the undergrowth. Moisture conditions have an impact on the occasional occurrence of Lumbricidae associated with wet and flooded areas. In turn, the domination by *Bombus* of open-habitat species indicates a transformation of forest structure, and the patchy nature of riparian forests located in a rural landscape.

The obtained results demonstrate that protective actions should focus on ensuring adequate soil-moisture conditions, and on restoring the natural structure of vegetation with a view to invasions of alien species being hampered. Another important issue is the proper use of land adjacent to forest patches, as fallows prove to be invaded quickly by the kenophytes preferring abandoned and disturbed places.

