

Ocena stopnia uszkodzenia liści drzewostanów dębowych Nadleśnictwa Wołów dotkniętych klęską powodzi*

Assessment of leaf damage in oak stands in the flood-affected Wołów Forest Division*

Robert Kuźmiński^{1**}, Wojciech Szewczyk², Ignacy Korczyński¹, Piotr Łakomy²

Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, Wydział Leśny, ¹Katedra Entomologii Leśnej,

²Katedra Fitopatologii Leśnej, ul. Wojska Polskiego 71C, 60-625 Poznań

**Tel. +48 61 8487677, fax +48 61 8487679, e-mail: robertk@up.poznan.pl

Abstract. This study examines the effect of flood on oak stands in the Wołów Forest Division by assessing the loss of leaf area due to insect feeding as determined in laboratory analyses of samples collected from standing trees. We compared stands, in which water stagnated for at least one month and stands with no water stagnation. It was found that the mean damage to the carbon assimilating organs of stands with stagnating water was lowered by approximately 6% compared to stands that were not affected by flood. Thus, no definite effect of flood contributing to losses of carbon assimilating organs in oak trees could be shown.

Keywords: flood, defoliation, Wołów Forest Division, oak die-back, pest insects, oak stands

*Tezy zawarte w niniejszym artykule zostały zaprezentowane na konferencji ekonomiczno-leśnej „Ekonomiczne problemy realizacji wielofunkcyjnej gospodarki leśnej w Polsce” – Kołobrzeg, 4–6 grudnia 2013 r.

1. Wstęp

Woda istotnie wpływa na wzrost, rozwój i egzystencję roślin. Jej niedostatek, spowodowany np. długotrwałymi suszami czy wahaniami poziomu wód gruntowych, wymienia się często wśród przyczyn zamierania drzewostanów dębowych (Oszako 2000, 2002; Bernadzi, Gryniewicz 2006; Oszako 2007).

Susza, jako jeden z czynników stresu, osłabia drzewa, które stają się bardziej podatne na działanie patogenów grzybowych i szkodników wtórnych (Sierota 2001; Łakomy 2004; Dobrowolska 2010 za Drenkhan, Hanso 2004; Hill et al. 2005; Bendel et al. 2006; Jabłoński et al. 2013). Brak wody, poprzez wpływ na stan fizjologiczny drzew, pośrednio oddziałuje również na owady. Osłabia m.in. oddychanie drzew, zwiększając zawartość cukrów w liściach, co skutkuje zmniejszeniem śmiertelności fitofagów i większą płodnością samic (Szujewski 1980).

Wśród czynników negatywnie wpływających na drzewa wymienia się także powódzie. Zaliczane są one do grupy tzw. zakłóceń naturalnych, abiotycznych (Dobrowolska 2010). Mimo że ich występowanie jest znacznie rzadsze niż okresów suszy, to negatywny wpływ może się okazać znacznie bar-

dziej niebezpieczny i długotrwały. Zależy on przede wszystkim od pory roku, w jakiej miała miejsce powódź oraz od czasu stagnowania wody.

Oddziałując na drzewa, powódzie wpływają także na owady, a przede wszystkim na ich stadia związane ze środowiskiem glebowym. Mogą być bezpośrednią przyczyną zwiększonej śmiertelności w wyniku zatopienia owadów np. w stadium zimującym (Oprychałowa 1994). Zbyt wilgotna, mokra gleba, przylegając do ciała owadów, utrudnia im oddychanie, co może prowadzić do ich śmierci (Szujewski 1980). Powódzie wpływają na owady również w sposób pośredni. W wilgotnej glebie uaktywniają się niekorzystne dla owadów czynniki, np. grzyby patogeniczne i nicienie (Oprychałowa 1994). Tym samym powódź może wpływać niekorzystnie na drzewa i drzewostany, powodując ich zamieranie, bądź korzystnie – ograniczając szkodliwe gatunki owadów, które znajdują się w tym czasie w glebie.

Celem pracy była ocena wpływu stagnowania wody na stopień uszkodzenia aparatu asymilacyjnego dębów przez owady. Pracę zrealizowano na wybranych powierzchniach Nadleśnictwa Wołów, dwukrotnie dotkniętych klęską powodzi w latach 1997 i 2010.

Wpłynęło: 26.08.2014 r., zrecenzowano: 29.09.2014 r., zaakceptowano: 8.04.2015 r.

2. Metodyka

Na terenie Nadleśnictwa Wołów (RDLP Wrocław) wybrano 10 powierzchni badawczych zlokalizowanych w drzewostanach dębowych (tab. 1). Przy ich doborze kierowano się czasem stagnowania wody, wybierając powierzchnie, na których w trakcie powodzi w 1997 roku woda stagnowała około 3 miesiące, natomiast w roku 2010 około miesiąca. Na każdej powierzchni wytypowano i trwale oznakowano po 25 drzew (Db) oraz dokonano oceny wyjściowej każdego z nich na podstawie szczegółowej analizy stanu korony (uwzględniając m.in. zamierające konary, usychające wierzchołki pędów, przerzedzenie korony) i pni (występowanie „wilków”, pęknięć, plam, owocników grzybów, zerowisk owadów, zabitek).

Drzewa na powierzchniach badawczych podzielono na trzy grupy: przeciętne, słabsze i silniejsze od przeciętnych. Z każdej grupy wybrano losowo po jednym drzewie, z którego pobierano fragmenty gałęzi ze środkowych (dobrze nasłonecznionych) części koron (ryc. 1). Następnie laboratoryjnie określano

procent uszkodzonych przez owady liści i rozkład uszkodzeń według ich stopnia: nieuszkodzone oraz uszkodzone w następujących przedziałach: do 5%, 6–12 %, 13–25%, 26–50%, 51–75% i ponad 75%. Określono również rodzaj uszkodzeń.

W ramach pojedynczej próby poddawano kontroli co najmniej 200 liści. Następnie uzyskane wyniki posłużyły do oceny stopnia uszkodzenia aparatu asymilacyjnego drzew. W tym celu wykorzystano metodę Towsenda-Haubergera (Czerniakowski 2008):

$$S_u = \frac{\sum nh}{HN} \times 100$$

gdzie:

S_u – stopień uszkodzenia liści, %,

n – liczba liści w poszczególnych stopniach uszkodzenia,

h – stopień uszkodzenia liści od najmniejszego do największego, %,

H – najwyższy stopień skali porażenia,

N – całkowita liczba badanych liści w próbie.

Tabela 1. Charakterystyka powierzchni badawczych*

Table 1. Characteristics of experimental sites*

Oddział Compartment	Skład gatunkowy Species composition	Typ siedliskowy lasu Forest site type	Powierzchnia Area [ha]	Zwarcie Closure	Zadrze- wienie Stocking	Bonitacja Quality class	Wiek Age	Wpływ powodzi The effect of flood
321a	Db	Lł	11,08	umiarkowane moderate	0,8	II	71	woda stagnująca stagnating water
331a	8Db 2Lp	Lł	20,58	umiarkowane moderate	1,1	II	81	woda stagnująca stagnating water
249c	4Db 2Db 2Ol 1Brz	Lw	3,69	umiarkowane moderate	1,0	II I II II	85	poza obszarem powodzi outside flood area
50b	Db	Lł	7,6	przerwane broken	0,8	II	96	woda stagnująca stagnating water
144k	9Db 1Lp	Lł	3,92	umiarkowane moderate	1	I	81	woda stagnująca stagnating water
144f	Db	Lł	2,5	przerwane broken	0,8	III	126/86	woda stagnująca stagnating water
334b	7Db 3Lp	Lł	2,9	umiarkowane moderate	0,9	II	101	woda stagnująca stagnating water
41i	5Db 5Lp	Lśw	1,37	przerwane broken	1,1	II	91	bez stagnowania wody outside flood area
143m	8Db 2Lp	Lł	1,68	umiarkowane moderate	0,9	I	86	woda stagnująca stagnating water
19a	9Db 1Św	Lśw	5,32	umiarkowane moderate	0,8	II	101	poza obszarem powodzi outside flood area

Objaśnienia / Explanations: Brz – brzoza / beech, Db – dąb / oak, Lp – lipa / linden, Św – świerk / spruce; Lł – las łęgowy / flood plain forest, Lśw – las świeży / fresh hardwood forest, Lw – las wilgotny / moist hardwood forest.

*źródło / source: Plan Urządzania Lasu Nadleśnictwa Wołów..., 2005

Na bazie pobranego materiału (ryc. 1) dokonano laboratoryjnej oceny rozmiaru uszkodzeń aparatu asymilacyjnego wybranych drzew, a następnie na tej podstawie określono przeciętny stopień uszkodzenia liści. W celu przeprowadzenia analizy statystycznej wyniki procentowe przekształcono przy pomocy formuły Bliss'a (Snedecor, Cochran 1976).

3. Wyniki

Ślady żeru owadów znajdowały się na większości liści. Na każdej powierzchni badawczej przeciętny procent uszkodzonych blaszek liściowych oscylował w granicach 90–100%. Tylko w jednym przypadku (oddz. 144k) był niższy i wynosił 85% (tab. 2).

W ujęciu ogólnym stwierdzono podobny procent uszkodzonych liści w obu grupach drzewostanów (popowodziowych i kontrolnych). Przeprowadzona analiza (test t dla grup niezależnych) nie wykazała statystycznie istotnych różnic na poziomie istotności $\alpha=0,05$ ($p=0,484414$). Porównując odse-

tek liści uszkodzonych w poszczególnych stopniach, można zauważyć, że w zakresie powyżej 25% uszkodzenia blaszki liściowej było ich więcej w drzewostanach, w których woda nie stagnowała (ryc. 2).

Mimo porównywalnej przeciętnej liczby uszkodzonych liści w drzewostanach popowodziowych i bez wpływu powodzi średni ubytek powierzchni aparatu asymilacyjnego ($S_{u(pow.)}$) określony na podstawie metody Townsenda-Haubergera był niższy w drzewostanach, w których woda stagnowała (ryc. 3). Wynosił on dla tych powierzchni około 56%, natomiast w drzewostanach kontrolnych – 62%.

W zakresie rodzaju uszkodzeń zarysowały się pewne prawidłowości (ryc. 4). Liście bez uszkodzeń, podobnie jak te z otworami w blaszkach, stanowiły w obu grupach drzewostanów poniżej 5%. Poza minowaniem, które było większe w drzewostanach ze stagnującą wodą, pozostałe rodzaje uszkodzeń przeciętnie częściej występowały w drzewostanach kontrolnych. Jednak nawet minowanie charakteryzowało się stosunkowo dużą zmiennością w ramach danej grupy drzewostanów.

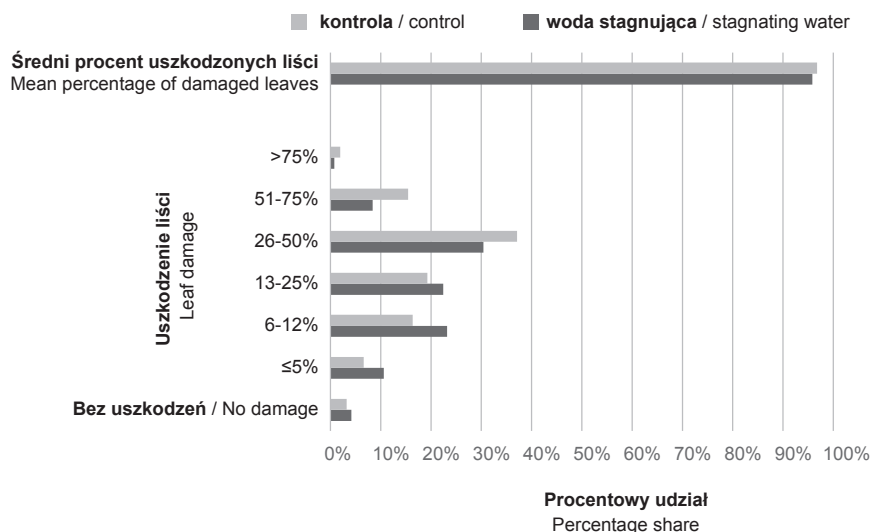


Rycina 1. Pobieranie materiału badawczego z drzew (Nadleśnictwo Wołów)
Figure 1. Collection of experimental material from trees (Wołów Forest Division)

Tabela 2. Stopień uszkodzenia aparatu asymilacyjnego drzew na powierzchniach badawczych

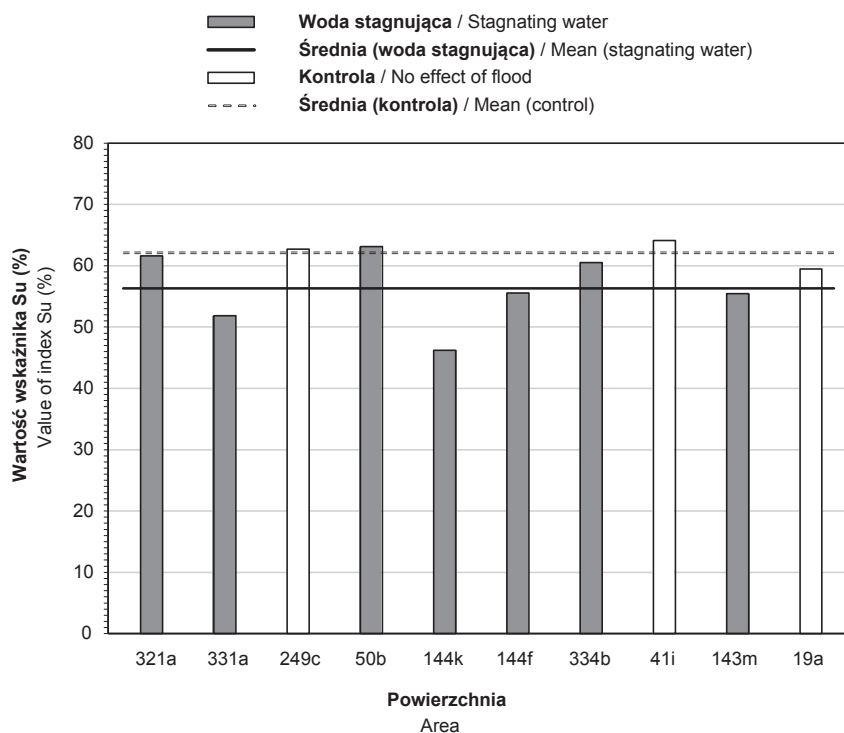
Table 2. The degree of assimilating organ damage in trees growing on experimental sites

Oddział Compartment	Nr drzewa No. of tree	Stopień uszkodzenia liści-drzew kontrolnych $S_{u(1-3)}$ (%) Degree of leaf damage in control trees $S_{u(1-3)}$ (%)	Wielkość uszkodzeń Damage volume (%)							Średni stopień uszkodzenia liści $S_{u(100)}$ (%) Mean degree of leaf damage $S_{u(100)}$ (%)	Procent uszkodzonych liści Percentage of damaged leaves (%)	
			bez uszkodzeń no damage	≤ 5	6–12	13–25	26–50	51–75	>75		drzewa kontrolne control trees	średnio mean
321a	12	58,18									100,00	
	1	66,50	0,16	6,49	19,16	21,59	42,05	10,23	0,32	61,61	100,00	99,84
	5	60,14									99,52	
331a	7	55,32									98,58	
	1	46,11	3,50	12,18	33,33	24,81	22,68	3,50	0,00	51,82	92,27	96,50
	13	54,04									99,06	
249c	2	72,11									100,00	
	22	53,32	1,29	5,83	18,61	19,09	39,32	14,24	1,62	62,70	96,24	98,71
	23	62,68									100,00	
50b	2	67,93									99,78	
	5	59,29	2,57	4,08	16,31	21,60	38,37	15,71	1,36	63,11	95,72	97,43
	17	62,21									96,79	
144k	15	45,76									92,39	
	10	41,50	10,49	20,26	30,75	19,11	15,09	4,17	0,14	46,19	85,40	89,51
	1	51,30									92,00	
144f	23	58,98									93,36	
	6	51,39	5,91	11,15	20,44	25,17	26,69	8,95	1,69	55,54	90,29	94,09
	1	56,25									100,00	
334b	2	58,05									98,31	
	13	65,32	1,64	5,06	18,90	26,19	40,33	7,29	0,60	60,49	99,07	98,36
	10	58,12									97,73	
41i	24	58,73									97,36	
	14	73,18	1,89	6,36	14,91	19,09	36,88	18,29	2,58	64,10	98,78	98,11
	20	60,40									98,22	
143m	4	67,23									98,97	
	15	42,75	4,90	14,97	23,64	18,60	27,69	8,95	1,26	55,44	89,80	95,10
	20	56,34									97,37	
19a	1	54,26									90,22	
	12	63,36	6,49	7,68	15,57	19,66	35,13	13,77	1,70	59,46	95,20	93,51
	24	60,77									94,86	



Rycina 2. Procentowy rozkład średnich uszkodzeń aparatu asymilacyjnego drzew

Figure 2. Percentage distribution of mean assimilating organ damage in trees



Rycina 3. Przeciętny ubytek powierzchni aparatu asymilacyjnego określony metodą laboratoryjną

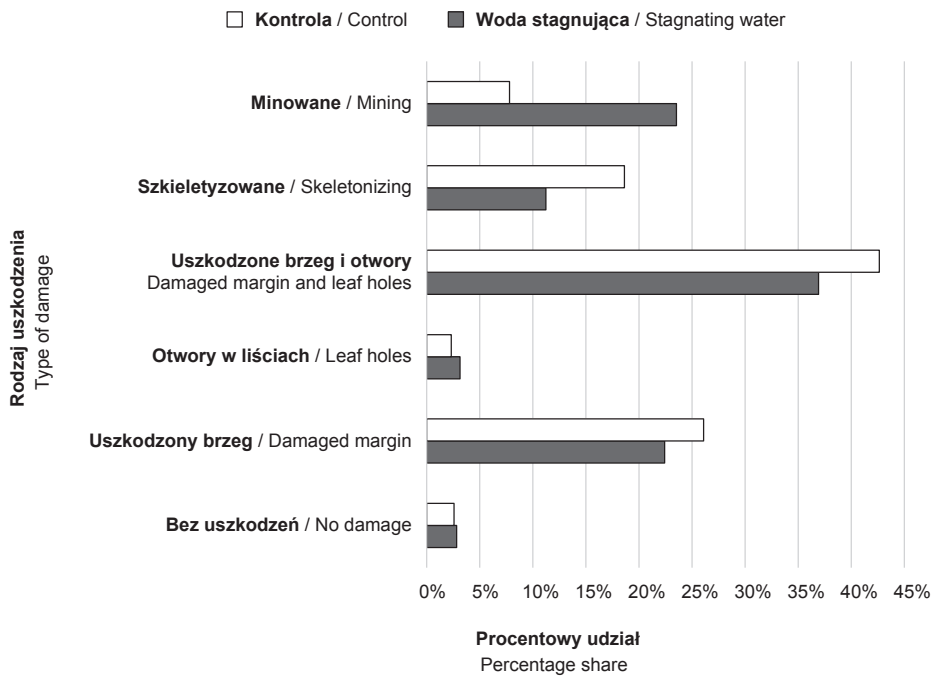
Figure 3. Average loss of assimilating organ area determined in laboratory analyses

4. Dyskusja

Drzewostany dębowe Nadleśnictwa Wołów od dłuższego czasu zaliczane były do drzewostanów o wysokim stopniu uszkodzenia (Szewczyk, Czeryba 2010). Badania prowadzone w latach dziewięćdziesiątych XX wieku wykazały średnią defoliację drzew wynoszącą ok. 45%, spowodowaną prawdopodobnie obniżeniem poziomu wód gruntowych tego obszaru (Dmyterko, Bruchwald 1998). W roku 1997 teren ten dotknęła powódź. Woda stagnowała miejscami nawet około trzech miesięcy, powodując zamieranie drzew (Praca zbiorowa 2001). Kolejne badania przeprowadzone w latach 2001–2002 wykazały średnią defoliację na poziomie 21,9%, przy czym więk-

szkość drzew znalazła się w klasie defoliacji 10–25%, a nie jak poprzednio 30–40%. Stwierdzono, że po powodzi nastąpiła poprawa witalności koron (Dobrowolska 2007). Z kolei badania prowadzone na wybranych powierzchniach Nadleśnictwa Wołów w latach 2001–2003 wykazały średnią defoliację rzędu 46% i 56%, przy czym prawie 97% dębów analizowanych na tych powierzchniach zaliczonych zostało do 2. lub 3. klasy defoliacji, co odpowiada uszkodzeniu aparatu asymilacyjnego powyżej 25% (Tarasiuk, Szczepkowski 2006).

Badania przeprowadzone 2 lata po powodzi z 2010 r. pozwoliły na bezpośrednie porównanie stopnia uszkodzenia liści drzewostanów, w których woda stagnowała w trakcie powodzi z lat 1997 i 2010 z drzewostanami, gdzie to zjawi-



Rycina 4. Procentowy udział poszczególnych rodzajów uszkodzeń liści

Figure 4. Percentage share of individual leaf damage types

sko nie wystąpiło. Mimo krótszego okresu stagnowania wody i dwóch lat jakie upłynęły od ostatniej powodzi na tym terenie a okresem prowadzonych badań daje się zauważyć pewną prawidłowość. Przeciętnie mniejsze uszkodzenie liści przez owady określone metodą Towsenda-Haubergera wystąpiło w drzewostanach, w których woda stagnowała, wyższe natomiast w drzewostanach, które nie były poddane wpływom powodzi. Tym samym nadal utrzymuje się przeciętnie mniejsze uszkodzenie aparatu asymilacyjnego drzewostanów popowodziowych w porównaniu z drzewostanami kontrolnymi. To potwierdza wyniki uzyskane przez Dobrowolską (2007). Ten zarysowujący się podział można np. tłumaczyć zmniejszeniem liczby foliofagów, których obszar występowania ulega powolnym zmianom. Chodzi tu o gatunki, których nielotne samice mają ograniczone możliwości migracyjne. Stagnująca przez dłuższy czas woda, w przypadku powodzi z lipca 1997 roku, która wystąpiła w okresie letnim mogła być przyczyną dużej śmiertelności wśród gatunków przechodzących w tym czasie przeobrażenie pod ściółą. Podobny, choć nieco mniejszy jej wpływ mógł się zaznaczyć w roku 2010 z uwagi na wcześniejszy termin powodzi. Co prawda mała liczba powtórzeń w drzewostanach bez wpływu powodzi, jak i tych w których woda nie stagnowała nie pozwala na wyciągnięcie jednoznacznych i pewnych wniosków. Niemniej zarysowująca się zależność skłania ku takim przypuszczeniom. Tym bardziej, że znany jest negatywny wpływ nadmiernej wilgotności gleby na owady. Dotyczy to gatunków, dla których gleba stanowi środowisko życia lub miejsce diapauzy czy zimowania. Przykładowo, w glebach próchnicznych – lepiej utrzymujących wilgoć – procent pędaków porażonych przez kłębczaka *Beauveria brongniartii* (Sacc.) jest większy (Szujewski 1980). Stonka ziemniaczana, zimując w nadmiernej wilgotnej glebie, może charakteryzować się obniżoną

plodnością lub bezplodnością (Oprychałowa 1994), a zatapanie może skutecznie zlikwidować niektóre gatunki żerujące w glebie (Oprychałowa 1994). Jednak należy zauważyć, że wykazana 6% różnica w ubytku powierzchni aparatu asymilacyjnego między drzewostanami popowodziowymi ze stagnującą wodą i drzewostanami kontrolnymi została stwierdzona laboratoryjnie. Ocena defoliacji prowadzona w warunkach terenowych przy pomocy atlasu opracowanego przez Boreckiego i Keczyńskiego (1992), zarówno według skali np. Instrukcji Ochrony Lasu (2012), jak i klasyfikacji europejskiej (Wyrzykowski i Zajaczkowski 1995) może nie wykazać tak małych różnic. Tym samym prawdopodobne jest, że niemożliwe będzie wykazanie wpływu stagnującej wody na defoliację kontrolowanych drzewostanów dębowych dwa lata po ostatniej powodzi na tym terenie.

5. Wnioski

1. Drzewostany popowodziowe i kontrolne charakteryzuje wysoki i porównywalny udział uszkodzonych liści, odpowiednio 96% i 97%.

2. W drzewostanach ze stagnującą wodą stwierdzono nieco większy udział liści bez uszkodzeń oraz uszkodzonych w przedziale do 25% ubytku blaszki liściowej. Liście uszkodzone w stopniu powyżej 25% powierzchni częściej występowały w drzewostanach kontrolnych.

3. W drzewostanach, w których woda stagnowała, przeciętny ubytek powierzchni aparatu asymilacyjnego był niższy niż w drzewostanach kontrolnych.

4. Wykazana 6% różnica w ubytku powierzchni aparatu asymilacyjnego między drzewostanami popowodziowymi ze stagnującą wodą i drzewostanami kontrolnymi może być wynikiem wpływu powodzi i stagnującej wody na stadia dia-

pauzujące pod ściolą i w glebie. Jednak wielkość ta może być trudna do stwierdzenia w przypadku prowadzenia naziemnej oceny defoliacji drzewostanów.

Konflikt interesów

Autorzy deklarują brak potencjalnych konfliktów.

Podziękowania i źródła finansowania

Praca stanowi część badań realizowanych w ramach tematu finansowanego przez Narodowe Centrum Nauki nr NN309712140, pt. „Ekologiczne uwarunkowania zdrowotności drzewostanów dębowych dotkniętych klęską powodzi”.

Literatura

- Bendel M., Kienast, F., Bugmann, H., Rigling, D. 2006. Incidence and distribution of Heterobasidion and Armillaria and their influence on canopy gap formation in unmanaged mountain pine forests in the Swiss Alps. *European Journal of Plant Pathology* 116(2): 85–93. DOI 10.1007/s10658-006-9028-1.
- Bernadzki E., Gryniewicz J. 2006. Konsekwencje hodowlane obumierania dębów. *Sylvan* 150(8): 61–69.
- Borecki T., Keczyński A. 1992. Atlas ubytku aparatu asymilacyjnego drzew leśnych. Agencja ATUT. Warszawa. ISBN 3-8001-3308-3.
- Czerniakowski Z.W. 2008. Wizualna metoda oceny zdrowotności drzew. Zeszyty Naukowe Południowo-Wschodniego Oddziału Polskiego Towarzystwa Inżynierii Ekologicznej z siedzibą w Rzeszowie i Polskiego Towarzystwa Gleboznawczego. Oddział w Rzeszowie, nr 10: 21–26. ISSN: 1642-3828
- Dmyterko E., Bruchwald A. 1998. Weryfikacja metod określania uszkodzenia drzewostanów dębowych. *Sylvan* 142(12): 11–21.
- Dobrowolska D. 2007. Witalność drzewostanów dębowych w dolinie środkowej Odry uszkodzonych podczas powodzi w 1997 r. *Sylvan* 151(7): 39–48.
- Dobrowolska D. 2010. Rola zaburzeń w regeneracji lasu. *Leśne Prace Badawcze* 71(4): 391–405. DOI 10.2478/v10111-010-0034-x.
- Drenkhan R., Hanso M. 2004. Recent natural disturbances in Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) plantations and stands of South-East Estonia: Causes and consequences. *Transactions of the Faculty of Forestry, Estonian Agricultural University*, 37: 17–22. ISSN 1406-5894
- Hill S.B., Mallik A.U., Chen H.Y.H. 2005. Canopy gap disturbance and succession in trembling aspen dominated boreal forests in northeastern Ontario. *Canadian Journal of Forest Research* 35(8): 1942–1951. DOI 10.1139/X05-126
- Instrukcja Ochrony Lasu. 2012. CILP, Warszawa.
- Jabłoński T., Tarwacki G., Ślusarski S. 2013. Określenie stref zagrożenia lasów Polski przez wybrane czynniki abiotyczne i biotyczne, w: *Zagrożenie lasów zależne od stanu atmosfery*. P. Lech, M. Kwiatkowski, T. Zachara (red.) Instytut Badawczy Leśnictwa, Warszawa, 137–154. ISBN 978-83-62830-21-3
- Łakomy P. 2004. Środowiskowe uwarunkowania zasiedlenia pnin drzew liściastych przez wybrane gatunki grzybów saprotroficznych oraz grzyby rodzaju *Armillaria*. *Roczniki Akademii Rolniczej w Poznaniu, Rozprawy Naukowe* 355.
- Oprychałowa J. 1994. Wybrane działy ekologii owadów z uwzględnieniem tematyki dotyczącej ochrony środowiska rolniczego. Wydawnictwo Uniwersytetu Opolskiego.
- Oszako T. 2000. Oak declines in Europe's forests – history, causes and hypothesis, w: *Recent advances on oak health in Europe*. T. Oszako, C. Delatour (red.). Instytut Badawczy Leśnictwa, Warszawa, 11–41.
- Oszako T. 2002. Zamieranie dębów w Europie. CILP, Warszawa.
- Oszako T. 2007. Przyczyny masowego zamierania drzewostanów dębowych. *Sylvan* 151(6): 62–72.
- Plan Urządzania Lasu Nadleśnictwa Wołów na lata 2005-2014. 2005. Biuro Urządzania Lasu i Geodezji Leśnej Oddział w Brzegu.
- Sierota Z. 2001. Choroby lasu. CILP, Warszawa.
- Snedecor W., Cochran W.G. 1976. *Statistical methods*. 6th ed. Ames, Iowa, USA: The Iowa State University Press.
- Sprawozdanie końcowe z realizacji tematu pt. „Zagospodarowanie lasów na terenach popowodziowych w Dolinie Środkowej Odry” 2001. Instytut Badawczy Leśnictwa, Warszawa.
- Szewczyk W., Czeryba Z. 2010. Ocena zdrowotności dębu na podstawie stopnia ubytku aparatu asymilacyjnego wybranych drzewostanów dębowych Nadleśnictwa Wołów. *Sylvan* 154(2): 100–106.
- Szujecki A. 1980. *Ekologia owadów leśnych*. PWN, Warszawa. ISBN 83-01-00692-7.
- Tarasiuk S., Szczepkowski A. 2006. The health status of endangered oak stands in Poland. *Acta Scientiarum Polonorum Silvarum Colendarum Ratio et Industria Lignaria* 5(1): 91–106.
- Wyrzykowski S., Zajączkowski S. 1995. Wskazówki metodyczne w sprawie sporządzania ocen stanu lasu. PIOŚ Bibl. Monit. Środ. Warszawa.

Wkład autorów

R.K – opracowanie koncepcji badawczej, obserwacje terenowe i analiza materiału badawczego, przygotowanie maszynopisu, W.S – obserwacje terenowe i analiza materiału badawczego, przygotowanie maszynopisu, I.K. – analiza materiału badawczego oraz udział w omówieniu wyników, P.Ł. – obserwacje terenowe oraz udział w dyskusji.

Assessment of leaf damage in oak stands in the flood-affected Wołów Forest Division**

Robert Kuźmiński^{1**}, Wojciech Szewczyk², Ignacy Korczyński¹, Piotr Łakomy²

Poznań University of Life Sciences, ¹Department of Forest Entomology, ²Department of Forest Pathology,
ul. Wojska Polskiego 71c, 60–625 Poznań, Poland

**Tel. +48 61 8487677, fax +48 61 8487679, e-mail: robertk@up.poznan.pl

Abstract. This study examines the effect of flood on oak stands in the Wołów Forest Division by assessing the loss of leaf area due to insect feeding as determined in laboratory analyses of samples collected from standing trees. We compared stands, in which water stagnated for at least one month and stands with no water stagnation. It was found that the mean damage to the carbon assimilating organs of stands with stagnating water was lowered by approximately 6% compared to stands that were not affected by flood. Thus, no definite effect of flood contributing to losses of carbon assimilating organs in oak trees could be shown.

Keywords: flood, defoliation, Wołów Forest Division, oak die-back, pest insects, oak stands

*Thesis of following article was presented at the economic-forest conference in Kołobrzeg on December 4–6th, 2013. Conference was titled ‘Economic issues of executing multifunctional forests economy in Poland’.

1. Introduction

Water influences significantly on growth, development and existence of plants. Lack of water caused by, for example, long-term droughts or fluctuations in the level of groundwater, is often listed among causes of decay of oak forest stands (Oszako 2000, 2002; Bernadzki, Gryniewicz 2006; Oszako 2007).

Drought, as one of the stress factors, weakens the trees which become more susceptible to activity of fungi pathogens and secondary invaders (Sierota 2001; Łakomy 2004; Dobrowolska 2010 za Drenkhan, Hanso 2004; Hill et al. 2005; Bendel et al. 2006; Jabłoński et al. 2013). Lack of water, through impact on physiological condition of trees, indirectly influences insects also. It weakens e.g. trees respiration what increases the content of sugars in leaves, what results in smaller mortality of phytophagous and greater fertility of females (Szujewski 1980).

Floods are also listed among factors negatively influencing trees. They are included in a group of so-called natural, abiotic disruptions, (Dobrowolska 2010). Despite the fact

that they occur more rarely than periods of droughts, the negative influence of flood can turn out to be more dangerous and long-lasting. It depends mainly on the season of the year in which flood occurred and on the time of water stagnation.

Floods not only have impact on trees, but they influence on insects in different stages, also in the stage connected with soil environment. Floods can be a direct cause of increased mortality as a result of insect drowning, for example, in hibernating stage (Oprychałowa 1994). Soil that is too moist and wet soil sticks to insects' bodies making it difficult for them to breathe. This can lead to their death (Szujewski 1980). Flood also influences insects in indirect way. In moist soil, activated are factors disadvantageous for insects such as pathogenic fungi and nematodes (Oprychałowa 1994). At the same time, flood can influence trees and forest stands favourably or unfavourably by limiting harmful insect species that are in the soil at the time.

The aim of the study is to evaluate the influence of water stagnation on the degree of oaks assimilation apparatus damage done by insects. The study was realised on chosen areas of Wołów Forest Inspectorate that was twice affected by floods in years 1997 and 2010.

Received: 26.08.2014, reviewed: 29.09.2014, accepted after revision: 08.04.2015.

2. Methodology

On the area of Wołów Forest Inspectorate (Regional Directorate of State Forests in Wrocław), chosen were 10 experimental areas localised in oak forest stands (Table 1). The selection of experimental areas depended on the time of water stagnation. Chosen were areas on which during flood in 1997, the water stagnated for around 3 months while in 2010, for around a month. On each area chosen and permanently marked were 25 trees (Db - oak) and initial evaluation of each of the trees was performed on the basis of detailed analysis of crown condition (including e.g. decaying branches, withering tops of shoots, canopy opening) and trunks condition (occurrence of 'wild sprouts', cracks, stains, fruit bodies of fungi, feeding grounds of insects, galls).

Trees on experimental areas were divided into three groups: average, weaker and stronger than average trees. From each group, randomly selected was one tree, from which were collected fragments of branches from the middle (well exposed to sunlight) parts of crowns (Fig. 1). Then, the percentage of leaves damaged by insects and distribution of the damage according to damage degree were defined: undamaged and damaged in following sections: up to 5%, 6–12 %, 13–25%, 26–50%, 51–75% and over 75%. Also, the type of damage was defined.

Within single sample, controlled were at least 200 leaves. Obtained results were used for evaluation of trees' assimilation apparatus damage degree. Townsend-Hauberger method was used for this purpose (Czerniakowski 2008):

$$S_u = \frac{\sum nh}{HN} \times 100$$

where:

S_u – degree of leaf damage, %,

n – number of leaves in particular damage degree,

h – degree of leaves damage from the smallest to the highest, %

H – the highest degree of infection scale,

N – total number of leaves examined in the sample.

On the basis of collected material (Fig. 1), performed was laboratory evaluation of the volume of the damage of assimilation apparatus of chosen trees. On the basis of this evaluation, defined was average degree of leaves damage. In order to conduct statistical analysis, percentage results were transformed with the use of Bliss formula (Snedecor, Cochran 1976).

3. Results

Signs of insects' feeding were found on majority of leaves. On each experimental area, the average percentage of damaged leaf blades oscillated between 90–100%. Only with one case (comp. 144k) was smaller and amounted 85% (Table 2).

In general, stated was similar percentage of damaged leaves in both groups of forest stands (post-floods and control ones). Conducted analysis (test t for independent groups) did not show any statistically significant differences at level of significance $\alpha = 0.05$ ($p = 0.484414$). While comparing the share of damaged leaves in particular degrees, it can be

Table 1. Characteristics of experimental sites*

Compartment	Species composition	Forest site type	Area [ha]	Closure	Stocking	Quality class	Age	The effect of flood
321a	Db	Lł	11.08	moderate	0.8	II	71	stagnating water
331a	8Db 2Lp	Lł	20.58	moderate	1.1	II	81	stagnating water
249c	4Db	Lw	3.69	moderate	1.0	II	85	outside flood area
	2Db					I		
	2Ol					II		
	1Brz					II		
50b	Db	Lł	7.6	broken	0.8	II	96	stagnating water
144k	9Db 1Lp	Lł	3.92	moderate	1	I	81	stagnating water
144f	Db	Lł	2.5	broken	0.8	III	126/86	stagnating water
334b	7Db 3Lp	Lł	2.9	moderate	0.9	II	101	stagnating water
41i	5Db 5Lp	Lśw	1.37	broken	1.1	II	91	outside flood area
143m	8Db 2Lp	Lł	1.68	moderate	0.9	I	86	stagnating water
19a	9Db 1św	Lśw	5.32	moderate	0.8	II	101	outside flood area

Explantations: Brz – bearch, Db – oak, Lp – linden, św – spruce; Lł – flood plain forest, Lśw – fresh hardwood forest, Lw – moist hardwood forest.

*źródło / source: Plan Urządzenia Lasu Nadleśnictwa Wołów..., 2005

noticed that in the range of over 25% of leaf blade damage, there were more damaged leaves in the forest stands where water did not stagnate (Fig. 2).

Despite comparable average number of damaged leaves in post-flood forest stands and forest stands with no influence of flood, the average loss of assimilation apparatus ($S_{u(pov.)}$) defined on the base of Townsend-Hauberger method was smaller in forest stands in which the water stagnated (Fig. 3). For those areas, it amounted to around 56%, whereas in control forest stands - 62%.

Certain regularities occurred in terms of types of damages (Fig. 4). Leaves with no damage, same as the ones with holes in their blades, in both groups constituted less than 5%. Besides mining, which was higher in forest stands with stagnating water, remaining types of damages, on average, occurred more often in control forest stands. Still, even mining was characterised by relatively high variability within given group of forest stands.

4. Discussion

For a long time, oak forest stands from Wołów Forest Inspectorate have been considered as forest stands with high degree of damage (Szewczyk, Czeryba 2010). Research conducted in the 1990s showed average trees defoliation on the level of 45%. It was caused probably by the lowering of groundwater levels in this area (Dmyterko, Bruchwald 1998). In 1997, this area was affected by the flood. Water stagnated in some places for even 3 months, causing trees decay (joint publication 2001). Following research conducted in years 2001–2002 showed average defoliation on the level of 21.9%, whereas majority of trees were in defoliation class 10–25%, unlike in previous research, where majority of trees were in defoliation class 30–40%. It was stated that after flood, the vitality of crowns improved (Dobrowolska 2007). On the other hand, research conducted on chosen areas of Wołów Forest Inspectorate in years 2001–2003 sho-

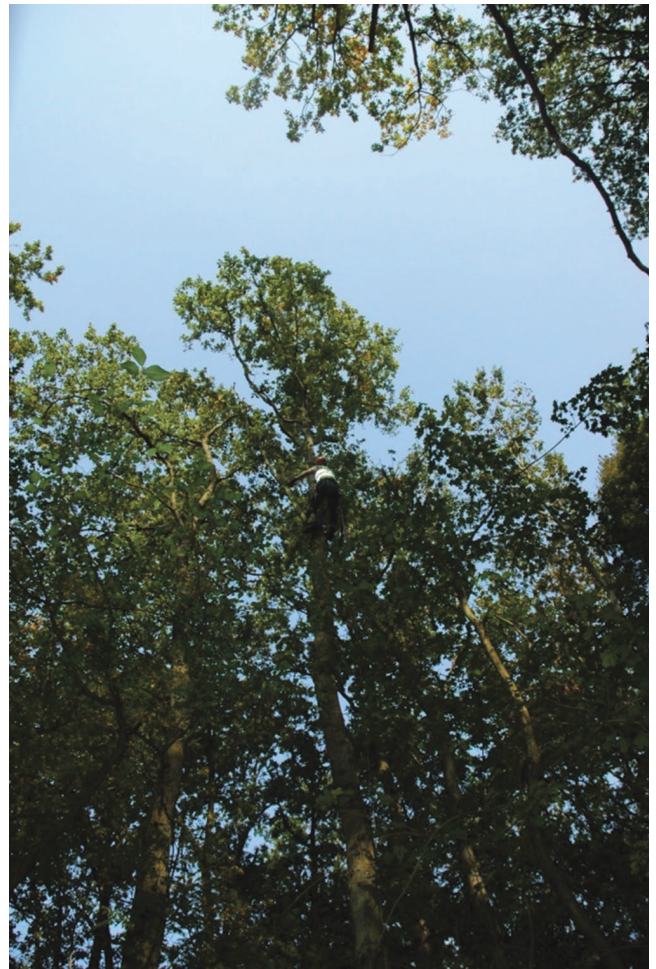


Figure 1. Collection of experimental material from trees (Wołów Forest Division)

Table 2. The degree of assimilating organ damage in trees growing on experimental sites

Compartment	No. of tree	Degree of leaf damage in control trees $S_{(1-3)}$ (%)	Damage volume (%)							Mean degree of leaf damage $S_{(pop.)}$ (%)	Percentage of damaged leaves (%)	
			no damage	≤ 5	6–12	13–25	26–50	51–75	> 75		control trees	mean
321a	12	58.18									100.00	
	1	66.50	0.16	6.49	19.16	21.59	42.05	10.23	0.32	61.61	100.00	99.84
	5	60.14									99.52	
331a	7	55.32									98.58	
	1	46.11	3.50	12.18	33.33	24.81	22.68	3.50	0.00	51.82	92.27	96.50
	13	54.04									99.06	
249c	2	72.11									100.00	
	22	53.32	1.29	5.83	18.61	19.09	39.32	14.24	1.62	62.70	96.24	98.71
	23	62.68									100.00	
50b	2	67.93									99.78	
	5	59.29	2.57	4.08	16.31	21.60	38.37	15.71	1.36	63.11	95.72	97.43
	17	62.21									96.79	
144k	15	45.76									92.39	
	10	41.50	10.49	20.26	30.75	19.11	15.09	4.17	0.14	46.19	85.40	89.51
	1	51.30									92.00	
144f	23	58.98									93.36	
	6	51.39	5.91	11.15	20.44	25.17	26.69	8.95	1.69	55.54	90.29	94.09
	1	56.25									100.00	
334b	2	58.05									98.31	
	13	65.32	1.64	5.06	18.90	26.19	40.33	7.29	0.60	60.49	99.07	98.36
	10	58.12									97.73	
41i	24	58.73									97.36	
	14	73.18	1.89	6.36	14.91	19.09	36.88	18.29	2.58	64.10	98.78	98.11
	20	60.40									98.22	
143m	4	67.23									98.97	
	15	42.75	4.90	14.97	23.64	18.60	27.69	8.95	1.26	55.44	89.80	95.10
	20	56.34									97.37	
19a	1	54.26									90.22	
	12	63.36	6.49	7.68	15.57	19.66	35.13	13.77	1.70	59.46	95.20	93.51
	24	60.77									94.86	

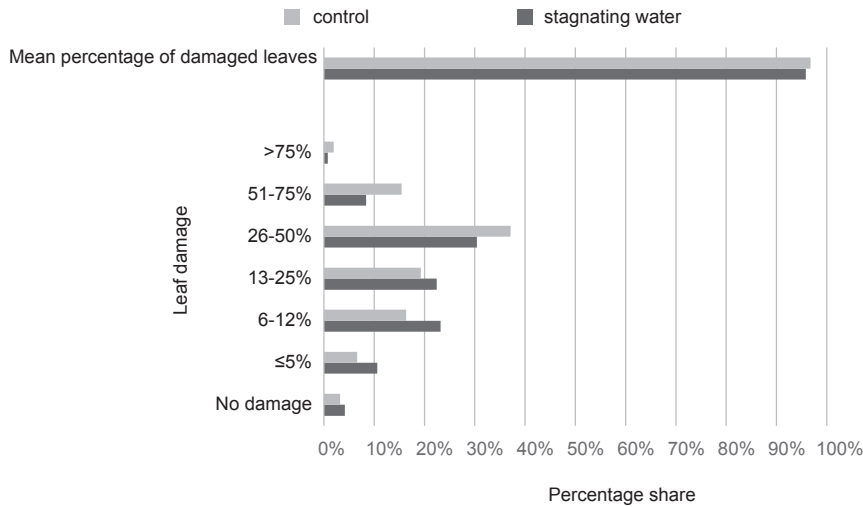


Figure 2. Percentage distribution of mean assimilating organ damage in trees

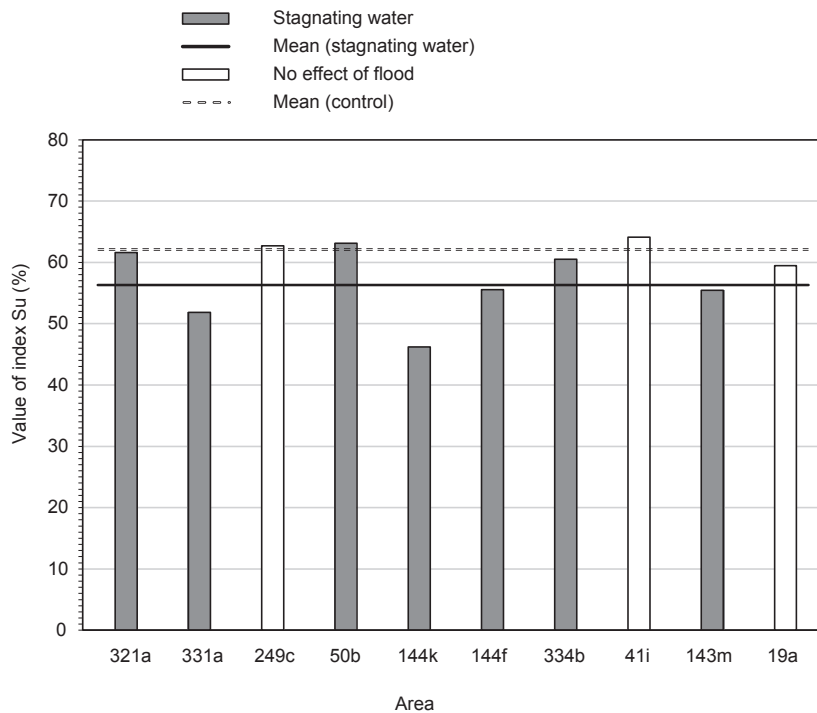


Figure 3. Average loss of assimilating organ area determined in laboratory analyses

wed average defoliation level of 46% and 56%; almost 97% of oaks analysed in those areas were included in two or three defoliation classes that correspond with damage of assimilation apparatus over 25% (Tarasiuk, Szczepkowski 2006).

Research conducted 2 years after flood in 2010 allowed for direct comparison of the degree of leaves damage in forest stands where water stagnated during the flood in 1997 and 2010 and forest stands where flood did not occur. Despite shorter period of water stagnation and 2 years having passed since the last flood in this area and

the period in which the research was conducted, certain regularity can be observed. Moderately smaller leaf damage done by insects, defined by Townsend-Hauberger method, occurred in forest stands where the stagnation of water occurred. Higher leaf damage occurred in forest stands that were not affected by the flood. Thereby, smaller damage of assimilation apparatus appears in post-flood forest stands compared with control forest stands. That confirms results obtained by Dobrowolska (2007). This division can be explained, for example, by smaller number of folivores

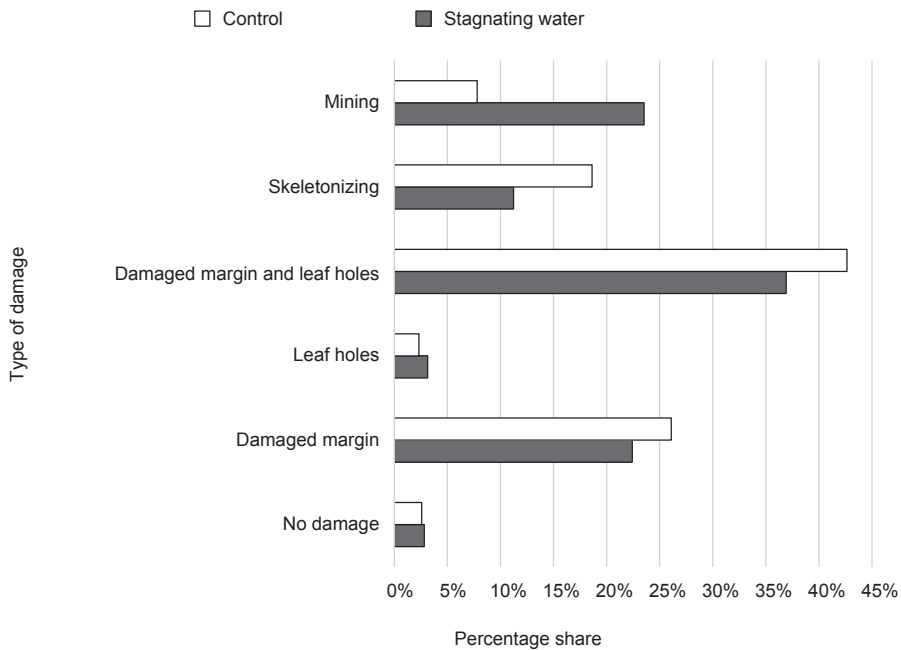


Figure 4. Percentage share of individual leaf damage types

which area of occurrence is slowly changed.. This refers to species where flightless females have limited possibilities of migration. Water stagnating for a long time, in case of flood from July 1997 that occurred in summer season, could have been the cause of high mortality among species that underwent transformation under forest litter at the time. Similar, though slightly smaller, influence of the flood may have occurred in year 2010 due to earlier time of flood appearance. Small number of repetitions in forest stands not affected by the flood and those in which water did not stagnate, does not allow for drawing clear and certain conclusions. Nevertheless, the outlined dependence encourages for such conjectures. Especially, since known is the negative influence of excessive moist soil on insects. It refers to species for which the soil is the environment for life or a place for diapause or hibernation. For example, in humus soil, which better retains moisture, the percentage of cockchafer infected by *Beauveria brongniartii* (Sacc.) is higher (Szujewski 1980). Colorado potato beetle, hibernating in excessively wet soil, can be characterised by lowered fertility or infertility (Oprychałowa 1994) and the flooding can efficiently exterminate some species feeding in soil (Oprychałowa 1994). It should be noticed, however, that 6% difference in loss of assimilation apparatus area between post-flood forest stands with stagnating water and control forest stands was stated in laboratory conditions. Evaluation of defoliation, conducted in terrain conditions, with the use of atlas developed by Borecki and Keczyński (1992), both by, for example, Forest Protection Instruction scale and by European Classification (Wyszykowski and

Zajączkowski 1995) may not show such small differences. Therefore, it is probable that it will be impossible to show the influence of stagnating water on defoliation of controlled oak forest stands, 2 years after last flood in this area.

5. Conclusions

1. Post-flood forest stands and control forest stands are characterised by high and comparable share of damaged leaves of 96% and 97%, respectively.
2. In forest stands with stagnating water, stated was slightly bigger share of leaves with no damage and damaged in the range up to 25% of loss of leaf blade. Leaves damaged in degree over 25% of area occurred more often in control forest stands.
3. In forest stands in which water stagnated, average loss of assimilation apparatus area was smaller than in control forest stands.
4. Stated 6% difference in loss of assimilation apparatus area between post-flood forest stands with stagnating water and control forest stands may be a result of flood impact and stagnating water on stages diapausing under forest litter and in soil. However, this value can be difficult to state in case of conducting on-ground evaluation of forest stands' defoliation.

Conflict of interests

The authors declare lack of potential conflicts.

Gratitude and financial support

This study is a part of research realised within subject financed by National Science Centre no. NN309712140, entitled ‘Ecological conditioning of the health of oak forest stands affected by flood’.

References

- Bendel M., Kienast, F., Bugmann, H., Rigling, D. 2006. Incidence and distribution of Heterobasidion and Armillaria and their influence on canopy gap formation in unmanaged mountain pine forests in the Swiss Alps. *European Journal of Plant Pathology* 116(2): 85–93. DOI 10.1007/s10658-006-9028-1.
- Bernadzki E., Gryniewicz J. 2006. Konsekwencje hodowlane obumierania dębów. *Sylwan* 150(8): 61–69.
- Borecki T., Keczyński A. 1992. Atlas ubytku aparatu asymilacyjnego drzew leśnych. Agencja ATUT. Warszawa. ISBN 3-8001-3308-3.
- Czerniakowski Z.W. 2008. Wizualna metoda oceny zdrowotności drzew. Zeszyty Naukowe Południowo-Wschodniego Oddziału Polskiego Towarzystwa Inżynierii Ekologicznej z siedzibą w Rzeszowie i Polskiego Towarzystwa Gleboznawczego. Oddział w Rzeszowie, nr 10: 21–26. ISSN: 1642-3828
- Dmyterko E., Bruchwald A. 1998. Weryfikacja metod określania uszkodzenia drzewostanów dębowych. *Sylwan* 142(12): 11–21.
- Dobrowolska D. 2007. Witalność drzewostanów dębowych w dolinie środkowej Odry uszkodzonych podczas powodzi w 1997 r. *Sylwan* 151(7): 39–48.
- Dobrowolska D. 2010. Rola zaburzeń w regeneracji lasu. *Leśne Prace Badawcze* 71(4): 391–405. DOI 10.2478/v10111-010-0034-x.
- Drenkhan R., Hanso M. 2004. Recent natural disturbances in Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) plantations and stands of South-East Estonia: Causes and consequences. *Transactions of the Faculty of Forestry, Estonian Agricultural University*, 37: 17–22. ISSN 1406-5894
- Hill S.B., Mallik A.U., Chen H.Y.H. 2005. Canopy gap disturbance and succession in trembling aspen dominated boreal forests in northeastern Ontario. *Canadian Journal of Forest Research* 35(8): 1942–1951. DOI 10.1139/X05-126
- Instrukcja Ochrony Lasu. 2012. CILP, Warszawa.
- Jabłoński T., Tarwacki G., Ślusarski S. 2013. Określenie stref zagrożenia lasów Polski przez wybrane czynniki abiotyczne i biotyczne, in: *Zagrożenie lasów zależne od stanu atmosfery*. P. Lech, M. Kwiatkowski, T. Zachara (eds.) Instytut Badawczy Leśnictwa, Warszawa, 137–154. ISBN 978-83-62830-21-3
- Łakomy P. 2004. Środowiskowe uwarunkowania zasiedlenia pniaków drzew liściastych przez wybrane gatunki grzybów saprotroficznych oraz grzyby rodzaju *Armillaria*. *Roczniki Akademii Rolniczej w Poznaniu, Rozprawy Naukowe* 355.
- Oprychałowa J. 1994. Wybrane działy ekologii owadów z uwzględnieniem tematyki dotyczącej ochrony środowiska rolniczego. Wydawnictwo Uniwersytetu Opolskiego.
- Oszako T. 2000. Oak declines in Europe's forests – history, causes and hypothesis, in: *Recent advances on oak health in Europe*. T. Oszako, C. Delatour (eds.). Instytut Badawczy Leśnictwa, Warszawa, 11–41.
- Oszako T. 2002. Zamieranie dębów w Europie. CILP, Warszawa.
- Oszako T. 2007. Przyczyny masowego zamierania drzewostanów dębowych. *Sylwan* 151(6): 62–72.
- Plan Urządzenia Lasu Nadleśnictwa Wołów na lata 2005-2014. 2005. Biuro Urządzenia Lasu i Geodezji Leśnej Oddział w Brzegu.
- Sierota Z. 2001. Choroby lasu. CILP, Warszawa.
- Snedecor W., Cochran W.G. 1976. *Statistical methods*. 6th ed. Ames, Iowa, USA: The Iowa State University Press.
- Sprawozdanie końcowe z realizacji tematu pt. „Zagospodarowanie lasów na terenach popowodziowych w Dolinie Środkowej Odry” 2001. Instytut Badawczy Leśnictwa, Warszawa.
- Szewczyk W., Czeryba Z. 2010. Ocena zdrowotności dębu na podstawie stopnia ubytku aparatu asymilacyjnego wybranych drzewostanów dębowych Nadleśnictwa Wołów. *Sylwan* 154(2): 100–106.
- Szujecki A. 1980. *Ekologia owadów leśnych*. PWN, Warszawa. ISBN 83-01-00692-7.
- Tarasiuk S., Szczepkowski A. 2006. The health status of endangered oak stands in Poland. *Acta Scientiarum Polonorum Silvarum Colendarum Ratio et Industria Lignaria* 5(1): 91–106.
- Wyrzykowski S., Zajączkowski S. 1995. Wskazówki metodyczne w sprawie sporządzania ocen stanu lasu. PIOŚ Bibl. Monit. Środ. Warszawa.

Author's contribution

R.K. – concept of research methodology, field work and analysis of research samples, manuscript preparation, W.S. – field work and analysis of research samples, manuscript preparation, I.K. – analysis of research samples and research data formulation; P.Ł. – field work and research data formulation.