

ELŻBIETA DMYTERKO, ARKADIUSZ BRUCHWALD

## Zastosowanie modelu ryzyka uszkodzenia drzewostanu przez wiatr do oceny procesu śmiertelności drzew w Sudetach w latach 2015-2017\*

Application of the wind damage risk model for the assessment of tree mortality in the Sudety Mts. in 2015-2017 period

### ABSTRACT

Dmyterko E., Bruchwald A. 2019. Zastosowanie modelu ryzyka uszkodzenia drzewostanu przez wiatr do oceny procesu śmiertelności drzew w Sudetach w latach 2015-2017. Sylwan 163 (11): 903-912. DOI: <https://doi.org/10.26202/sylwan.2019049>.

A dynamic process of mortality of Norway spruce stands in south-west Poland, mainly in the Sudety Mts. was observed in 2015. It was associated with an insufficient amount of precipitation in the growing season. This process was intensified by the outbreak of insects, especially bark beetles. The aim of the paper was to verify the hypothesis that the application of the stand damage risk model allows to identify stands, which may possibly be predisposed to mortality, after a long-lasting drought in the growing season. The studies concerned the forests of the Wrocław Regional Directorate of State Forests (tab. 1). Their area covers 245,000 ha, the timber volume amounts to 83 million m<sup>3</sup> (338 m<sup>3</sup>/ha) and the volume increment to 2.3 million m<sup>3</sup> (9.4 m<sup>3</sup>/year/ha). The fraction of spruce is the largest (50.3%), ranging from 7.1% (Pieńsk Forest District) to 84.8% (Lądek-Zdrój Forest District). The average age of stands is 74 years, ranging from 56 (Pieńsk Forest District) to 85 years (Jawor Forest District). The drought in 2015 caused an increase in the dynamics of spruce decline. The ratio of harvested to model deadwood volume at a level of up to 5% was assumed the 'norm' that characterizes the process of natural spruce mortality. Values higher than normal mean a more intense process of tree mortality caused by external factors (e.g. hurricane winds, floods, droughts). In 2014, the harvested deadwood was below the norm in 15 forest districts (fig. 1). In 2015, the highest ratio values (above 20%) were reported in the Wałbrzych and Szklarska Poręba forest districts (fig. 1). In 2016, the harvest of deadwood in each forest district exceeded the norm, and the highest values were found in the Jawor (102.3%), Bardo Śląskie (83.3%) and Świdnica (69.7%) forest districts. In 2017, the highest ratios of harvested to model deadwood volume were reported in the Bardo Śląskie (117.2%), Jawor (83.6%), Henryków (83.5%) and Świdnica (67.1%) forest districts. The model was found to identify also the stands that are most threatened by droughts. These are stands in the highest damage risk factor  $W_r$  class. The highest percentage of deadwood in this damage class was in Jawor (88.8%), Bardo Śląskie (81.9%), Miękinia (79.4%), Świdnica (76.7%), Henryków (73.8) and Złotoryja (73.6%) forest districts. It was also shown that the average value of the measure of threat to forests  $M_s$  was 35, qualifying them as highly threatened (fig. 3). Forests characterized by the highest level of threat  $M_s > 40$  was found in five forest districts, while in nine others the level of threat was high. The forests of the Sudety Mts. are threatened by the decline and the main direct causes of this process was the long-lasting drought in the growing season, causing damage to the stands earlier weakened by wind and other factors.

\*Praca powstała w ramach projektu „Model składu gatunkowego drzewostanu Karpat i Sudetów” finansowanego z Funduszu Badań Własnych IBL.

**KEY WORDS**

tree mortality, critical value of deadwood harvest, wind damage risk model, forest threat measure

**ADDRESSES**

Elżbieta Dmyterko – e-mail: E.Dmyterko@ibles.waw.pl

Arkadiusz Bruchwald – e-mail: A.Bruchwald@ibles.waw.pl

Zakład Zarządzania Zasobami Leśnymi, Instytut Badawczy Leśnictwa; Sękocin Stary, ul. Braci Leśnej 3, 05-090 Raszyn

**Wstęp**

W Sudetach zachodzi intensywny proces usychania drzew, przeważnie świerka, w niektórych nadleśnictwach o charakterze wielkopowierzchniowym. Rozpoczął się on w 2015 roku i trwa nadal, co koreluje z niedostateczną ilością opadów atmosferycznych w sezonie wegetacyjnym tego roku. Proces ten nasila rozwijająca się gradacja owadów, zwłaszcza kornika drukarza, żerującego głównie na świerku.

W 2010 roku powstał model ryzyka uszkodzenia drzewostanu przez wiatr, doskonalony w następnych latach [Bruchwald, Dmyterko 2010a, 2013]. Za jego pomocą oblicza się dla każdego drzewostanu współczynnik ryzyka uszkodzenia drzewostanu przez wiatr  $W_p$ , określający prawdopodobieństwo uszkodzenia w przypadku wystąpienia silnego wiatru. Tezę zweryfikowano na podstawie badań, wykorzystujących zarówno szkody spowodowane przez wiatry lokalne, jak i międzykontynentalne orkany [Bruchwald, Dmyterko 2011, 2012; Ciesielski i in. 2016; Bruchwald i in. 2018].

Postawiono hipotezę, że stosując model ryzyka uszkodzenia drzewostanu przez wiatr, można wskazać drzewostany, w których powstaną szkody nie tylko w wyniku silnego wiatru, ale również długotrwałej suszy, szczególnie w sezonie wegetacyjnym.

Celem pracy było zweryfikowanie postawionej hipotezy. Wymagało to poznania zasięgu i nasilenia procesu śmiertelności drzew na terenie badań oraz struktury drzewostanów, zwłaszcza ich składu gatunkowego, wieku oraz stopnia zagrożenia przez czynniki abiotyczne. Badania te stanowią podstawę planowania zabiegów hodowlanych o charakterze profilaktycznym, zmierzających do obniżenia prawdopodobieństwa powstawania szkód w lasach.

**Materiał i metody**

Badania dotyczą lasów 18 nadleśnictw o dominującym udziale siedlisk górskich i wyżynnych, położonych w południowo-zachodniej Polsce, w RDLP we Wrocławiu (tab. 1). Teren obejmuje zatem całą VII Krainę Sudecką i południe V Krainy Śląskiej [Trampler i in. 1990], czyli głównie polskie Sudety wraz z Przedgórzem Sudeckim [Kondracki 2002].

Wykorzystując dane z Systemu Informatycznego Lasów Państwowych (SILP) i oprogramowanie modelu wzrostu drzewostanu, oszacowano powierzchnię analizowanych lasów na około 245 tys. ha, natomiast miąższość drzewostanów na około 83 mln m<sup>3</sup>, co odpowiada średniej miąższości 338 m<sup>3</sup>/ha [Bruchwald 1986] (dla całego kraju wartość ta wynosi 277 m<sup>3</sup>/ha). Każdego roku odkłada się w tych lasach około 2,3 mln m<sup>3</sup> drewna, osiągając – w przeliczeniu na 1 ha i 1 rok – 9,4 m<sup>3</sup> przyrostu miąższości.

Gatunkiem o największym (50,3%) udziale w badanych lasach jest świerk, z zakresem wahań od 7,1% w Nadleśnictwie Pieńsk do 84,8% w Nadleśnictwie Lądek-Zdrój. Powierzchnia drzewostanów świerkowych wynosi 124 tys. ha, a miąższość około 51,5 mln m<sup>3</sup>. Przeważają drzewo-

Tabela 1.

Powierzchnia (A [ha]), średni wiek (W [lata]), miąższość (V [ $\text{m}^3/\text{ha}$ ]), przyrost miąższości (Zv [ $\text{m}^3/\text{ha}/\text{rok}$ ]) i udział świerka (Św [%]) w lasach badanych nadleśnictw (dane z 2017 roku)

Area (A [ha]), average age (W [years]), volume (V [ $\text{m}^3/\text{ha}$ ]), volume increment (Zv [ $\text{m}^3/\text{ha}/\text{year}$ ]) and Norway spruce fraction (Św [%]) in forests of analysed forest districts

	A	W	V	Zv	Św
Bardo Śląskie	12 121	77	337	9,2	39,0
Henryków	8 940	76	285	8,2	13,5
Lądek-Zdrój	15 841	83	399	10,0	84,8
Międzyzlesie	9 810	80	402	10,4	81,8
Bystrzyca Kłodzka	12 270	79	426	10,8	81,4
Zdroje	9 882	83	419	10,9	76,0
Jugów	8 983	73	389	10,8	65,3
Wałbrzych	14 759	79	349	8,9	65,2
Świdnica	16 082	81	362	9,0	37,4
Miękinia	17 075	79	282	7,2	10,0
Jawor	13 799	85	298	7,5	33,4
Kamienna Góra	15 378	72	387	10,8	81,4
Śnieżka	12 389	73	370	10,4	71,4
Złotoryja	18 041	71	284	8,0	20,6
Szklarska Poręba	13 540	67	322	10,5	81,9
Lwówek Śląski	17 537	71	307	8,8	31,1
Świeradów	14 590	59	281	10,5	56,2
Pieńsk	16 450	56	263	9,1	7,1
Razem					
In total	245 486	74	338	9,4	50,3

stany stare – ich średni wiek osiąga 74 lat i waha się od 56 lat w Nadleśnictwie Pieńsk do 85 lat w Nadleśnictwie Jawor.

Przeprowadzona w niniejszej pracy analiza obejmuje lata 2015-2017. W okresie tym nie stwierdzono na obszarze badań istotnych szkód spowodowanych przez wiatr (złomy, wywroty), wystąpił natomiast proces intensywnego zamierania świerka. Do jego oceny zastosowano model ryzyka uszkodzenia drzewostanu przez wiatr [Bruchwald, Dmyterko 2010a, 2013] i model wzrostu drzewostanu [Bruchwald 1986].

Stosując model ryzyka uszkodzenia drzewostanu przez wiatr, określono dla każdego drzewostanu poszczególnych nadleśnictw współczynnik ryzyka uszkodzenia drzewostanu przez wiatr  $W_r$ . Na podstawie wartości współczynnika, z zakresu od 0 do 3 (0 – prawdopodobieństwo 0, 3 – prawdopodobieństwo 1), utworzono 6 klas o jednakowej szerokości i do nich zaliczono poszczególne drzewostany nadleśnictw. Drzewostany należące do wyższej klasy współczynnika charakteryzują się zatem większym prawdopodobieństwem powstania szkód spowodowanych przez wiatr. Podział ten umożliwił określenie powierzchni drzewostanów w klasach oraz ich udziału w stosunku do powierzchni lasów całego nadleśnictwa.

Z bazy danych SILP uzyskano dla każdego drzewostanu informacje o miąższości pozyskanego surowca drzewnego w analizowanym okresie, z uwzględnieniem drzew żywych, posuszu oraz złomów i wywrotów. Wielkości te wyrażono w procentach określonego modelem wzrostu drzewostanu rozmiaru użytkowania, nazwanego modelowym. Oznacza on rozmiar użytkowania ustalony dla niezakłóconych warunków wzrostu drzew obszaru badań [Dmyterko, Bruchwald 2018a, b, 2019a; Dmyterko i in. 2019].

Przyjęto następującą definicję drzewostanu uszkodzonego, wyrażoną wzorem [Bruchwald, Dmyterko 2010a]:

$$V_k = 1 + \frac{H}{12} \quad [1]$$

gdzie:

$V_k$  – krytyczna miąższość złomów, wywrotów i posuszu, powyżej której drzewostan uznaje się za uszkodzony [ $\text{m}^3/\text{ha}$ ],

$H$  – średnia wysokość drzewostanu [m].

Zdefiniowanie drzewostanu uszkodzonego umożliwiło także obliczenie powierzchni drzewostanów uszkodzonych w klasach współczynnika  $W_r$  oraz ich udziału w powierzchni lasów całego nadleśnictwa.

Dla poszczególnych nadleśnictw obliczono miernik zagrożenia lasu ( $M_s$ ):

$$M_s = \frac{2p_5 + 3p_6}{5} \quad [2]$$

gdzie:

$p_5$  ( $p_6$ ) – udziały powierzchni drzewostanów w 5 (6) klasie współczynnika ryzyka uszkodzenia  $W_r$

Wyższej wartości miernika odpowiada większe prawdopodobieństwo powstania szkód w drzewostanach nadleśnictwa. Wyróżniono 5 stopni zagrożenia lasu:

stopień 1:  $M_s \leq 10$  – zagrożenie niskie,

stopień 2:  $10 < M_s \leq 20$  – podwyższone,

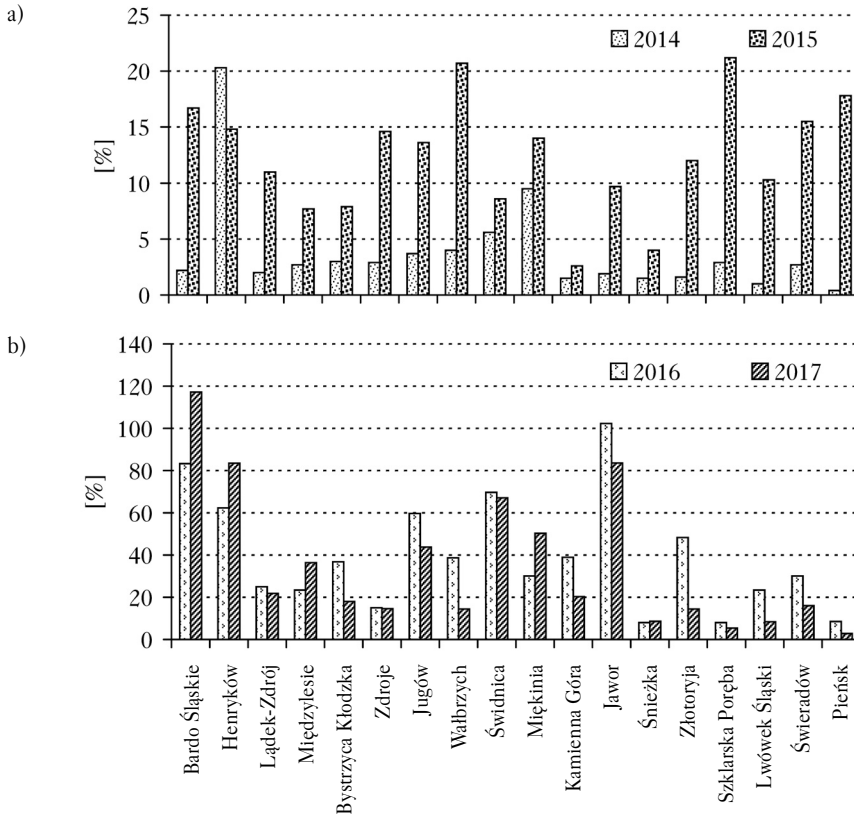
stopień 3:  $20 < M_s \leq 30$  – średnie,

stopień 4:  $30 < M_s \leq 40$  – wysokie,

stopień 5:  $M_s > 40$  – bardzo wysokie.

## Wyniki

Susza w Sudetach w 2015 roku wpłynęła na intensywniejszy proces zamierania drzew, głównie świerka. W obszarze badań pozyskano wówczas 226 tys.  $\text{m}^3$  posuszu, w 2016 roku – 723 tys.  $\text{m}^3$ , a w 2017 roku – 519 tys.  $\text{m}^3$ . W 2013 roku pozyskano 76 tys.  $\text{m}^3$ , a w 2014 roku tylko 59 tys.  $\text{m}^3$ . W 2014 roku, w którym pozyskanie posuszu było niskie, w większości nadleśnictw kształtowało się ono na poziomie poniżej 5% etatu modelowego, a jego najniższa wartość wynosiła 0,4% (ryc. 1). Iloraz miąższości posuszu pozyskanego i modelowego o poziomie do 5% przyjęto za „normę” (wartość graniczną), charakteryzującą proces naturalnej śmiertelności świerka wynikającej z konkurencji drzew. Wartości wyższe od normy oznaczają intensywniejszy proces śmiertelności drzew, spowodowany przyczynami zewnętrznymi (huraganowe wiatry, powódzie, susze). W 2014 roku w 15 nadleśnictwach pozyskanie posuszu kształtowało się poniżej przyjętej normy (ryc. 1). Najniższą (0,4%) wartość ilorazu pozyskanego i modelowego posuszu stwierdzono w Nadleśnictwie Pieńsk, a najwyższą (20,3%) w Nadleśnictwie Henryków. W roku 2015, o małej ilości opadów w obszarze badań, w 16 nadleśnictwach iloraz pozyskania rzeczywistego i modelowego przekroczył przyjętą normę do 5%, a najwyższe wartości, powyżej 20%, wystąpiły w nadleśnictwach Wałbrzych i Szklarska Poręba (ryc. 1). W 2016 roku w poszczególnych nadleśnictwach zwiększono pozyskanie posuszu. W każdym nadleśnictwie pozyskanie przekroczyło przyjętą normę do 5% ilorazu miąższości posuszu pozyskanego i modelowego, w 14 nadleśnictwach iloraz ten przekroczył 20%, a jego najwyższe wartości stwierdzono w nadleśnictwach Jawor (102,3%), Bardo Śląskie (83,3%) i Świdnica (69,7%). W 2017 roku wysokie pozyskanie posuszu również realizowały nad-



Ryc. 1.

Iloraz miąższości posuszu pozyskanego i modelowego w nadleśnictwach w latach 2014-2015 (a) i 2016-2017 (b)

Ratio of the harvested to model deadwood volume in forest districts for 2014-2015 (a) and 2016-2017 (b) periods

leśnictwa obszaru badań (ryc. 1). W 17 nadleśnictwach pozyskanie przekroczyło przyjętą normę ilorazu miąższości do 5%, a najwyższe wartości wystąpiły w nadleśnictwach: Bardo Śląskie (117,2%), Jawor (83,6%), Henryków (83,5%) i Świdnica (67,1%). W latach 2015-2017 pozyskanie posuszu w badanych nadleśnictwach wyniosło około 1,5 mln m<sup>3</sup>, a najwięcej suchych drzew pozyskano w nadleśnictwach: Bardo Śląskie, Jawor, Henryków i Świdnica. W posuszu tym dominował świerk, którego udział w miąższości wynosił 91,3%, a następnie sosna (2,9%), modrzew (1,4%) i buk (1,2%). Udział innych gatunków drzew kształtował się poniżej 1%.

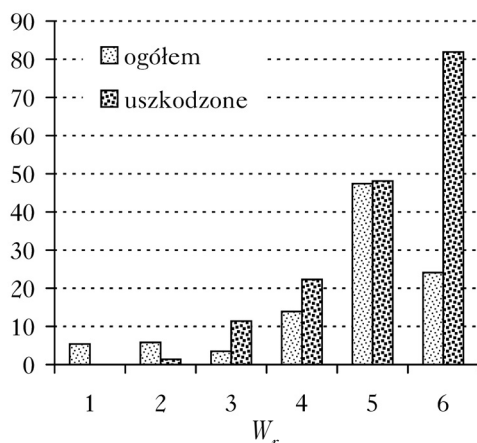
W 2015 roku największy (39,2%) udział drzewostanów we wszystkich analizowanych nadleśnictwach wystąpił w piątej klasie współczynnika ryzyka uszkodzenia drzewostanu przez wiatr  $W_r$  (tab. 2). Nieco mniejszy (32,3%) był on w klasie szóstej. Bardzo mały udział powierzchni drzewostanów stwierdzono w trzech pierwszych klasach współczynnika ryzyka. Im wyższa klasa współczynnika  $W_r$  w drzewostanach obszaru badań, tym większy udział powierzchni drzewostanów uszkodzonych. Największy udział powierzchni tych drzewostanów wystąpił w szóstej klasie  $W_r$  (tab. 2). Udział powierzchni drzewostanów uszkodzonych w klasach współczynnika ryzyka określono również dla Nadleśnictwa Bardo Śląskie (ryc. 2). W każdym nadleśnictwie stwierdzono wzrost udziału tych drzewostanów wraz ze wzrostem współczynnika  $W_r$ . Największy udział drze-

Tabela 2.

Sredni (M), najmniejszy (Min) i największy (Max) udział [%] powierzchni drzewostanów ogółem i drzewostanów uszkodzonych w klasach współczynnika ryzyka uszkodzenia drzewostanu przez wiatr  $W_r$

Mean (M), minimum (Min) and maximum (Max) fraction (M) [%] of area of stands in wind damage risk factor  $W_r$  classes in general (Ogółem) and for damaged stands (Uszkodzone)

$W_r$	Ogółem			Uszkodzone		
	M	Min	Max	M	Min	Max
1	4,9	1,4	12,8	0	0	0
2	5,2	3,2	10,0	0,6	0	2,9
3	3,9	2,3	2,8	6,4	0	0
4	14,2	6,8	27,2	12,9	1,7	38,6
5	39,2	25,3	55,0	25,3	9,9	48,1
6	32,3	3,9	55,5	57,9	29,3	88,8



Ryc. 2.

Udział [%] powierzchni drzewostanów ogółem i drzewostanów uszkodzonych w klasach współczynnika ryzyka uszkodzenia drzewostanu przez wiatr  $W_r$  w lasach Nadleśnictwa Bardo Śląskie

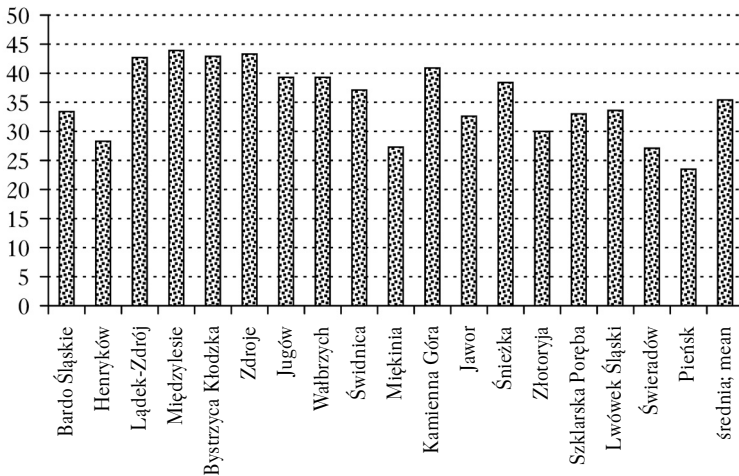
Fraction [%] of area of stands in wind damage risk factor  $W_r$  classes in general (ogółem) and for damaged stands (uszkodzone) in forests of the Bardo Śląskie Forest District

wostanów uszkodzonych w obszarze badań wystąpił w najwyższej, szóstej klasie współczynnika i wahał się od 29,3 do 88,8%, a nadleśnictwami o największym udziale takich drzewostanów były: Jawor (88,8%), Bardo Śląskie (81,9%), Miękinia (79,4%), Świdnica (76,7%), Henryków (73,8) i Złotoryja (73,6%).

Średnia wartość miernika zagrożenia lasu  $M_s$  (obliczonego wzorem 2) obszaru badań wynosiła 35, kwalifikując te lasy do wysokiego stopnia zagrożenia (ryc. 3). Lasy pięciu nadleśnictw charakteryzowały się miernikiem zagrożenia większym od 40, oznaczającym najwyższy stopień zagrożenia, natomiast dziewięciu nadleśnictw – zawartym w przedziale od 30 do 40, co oznacza wysoki stopień zagrożenia. Na tej podstawie stwierdzono, że lasy obszaru badań, w tym Sudetów, są zagrożone rozpadem, a jedną z głównych, bezpośrednich przyczyn tego procesu jest intensywna susza występująca w sezonie wegetacyjnym, niszcząca drzewostany osłabione wcześniej przez wiatr i inne czynniki.

## Dyskusja

Czynniki klimatyczne, a wśród nich huraganowe wiatry i intensywne susze, są najczęściej przyczyną zagrożeń lasów. Pierwszy z czynników powoduje szkody polegające na przedwczesnym ubywaniu drzew. Ich wartość rynkowa jest mała, ponieważ są to złomy i wywroty, a więc w dużej części stanowią drewno opałowe. Wiatr, podrywając system korzeniowy niektórych drzew stojących, w tym głównie świerka, charakteryzującego się płaskim systemem korzeniowym, nasila



Ryc. 3.

Miernik zagrożenia lasu  $M_s$  w nadleśnictwach  
Threat measure  $M_s$  for the forest districts

zatem proces ich wydzielania w późniejszym okresie. Intensywna susza, szczególnie w sezonie wegetacyjnym, jest często bezpośrednią przyczyną zahamowania wzrostu i rozwoju drzew, a tym samym ich zamierania. Intensywność tego procesu zależy od liczby dni bez opadów atmosferycznych oraz z wysoką temperaturą powietrza atmosferycznego, a ściślej od klimatycznego bilansu wodnego, będącego wypadkową sumy opadów atmosferycznych i parowania [Durło 2007]. Zjawisko to opisano w świerczynach Beskidów Zachodnich [Szabla 2009, 2017; Bruchwald, Dmyterko 2010b].

Wypadanie drzew z drzewostanu jest procesem naturalnym, wynikającym z powiększania się z wiekiem przestrzeni niezbędnej do wzrostu drzew. Na skutek wiatru lub suszy tworzą się luki w drzewostanie, wypełniające się z czasem młodym pokoleniem drzew. Luki często powiększane są przez następny wiatr, a tworzące je ściany lasu zasiedlane są przez niektóre gatunki owadów, co osłabia drzewa. Osłabione drzewa z kolei częściej zasiedlają owady (w przypadku świerka głównie kornik drukarz) oraz grzyby, zwłaszcza korzeniowe, powodujące śmierć drzewa. Proces zamierania poszczególnych drzew nasila się wówczas i często kończy rozpadem drzewostanu.

W XX wieku niesprzyjające dla wzrostu i rozwoju drzew czynniki wielokrotnie uszkadzały drzewostany Sudetów, a na przełomie lat 70. i 80. spowodowały wielkopowierzchniowy rozpad drzewostanów świerkowych w Górach Izerskich [Capecki i in. 1989, 1991]. W XXI wieku na obszarze badań wystąpiły 3 huragany powodujące duże szkody. W 2002 roku jeden z nich silnie uszkodził lasy nadleśnictw Międzyzlesie i Bystrzyca Kłodzka, w styczniu 2007 roku międzykontynentalny orkan „Cyryl” wyrządził także duże szkody w kilku nadleśnictwach Sudetów, a w 2015 roku huragan zniszczył część drzewostanów Nadleśnictwa Międzyzlesie, gdzie pozyskano ponad 200 tys. m<sup>3</sup> złomów, wywrotów i posuszu [Ciesielski i in. 2016; Dmyterko, Bruchwald 2019b]. Uszkodzenie drzewostanów bukowych w 3 nadleśnictwach obszaru badań (Bystrzyca Kłodzka, Międzyzlesie i Zdroje) opisano w innej pracy [Dmyterko 2017], natomiast zmiany zachodzące w lasach tych nadleśnictw oraz Nadleśnictwa Lądek-Zdrój w latach 2001-2017 przedstawiono w publikacji Dmyterko i Bruchwalda [2019b].

Bezpośrednią przyczyną opisanego w pracy procesu intensywnego zamierania drzew w obszarze badań była susza sezonu wegetacyjnego 2015 roku, powodująca rozpad drzewostanów usz-

kodzonych wcześniej przez wiatr i inne czynniki. W latach 2015-2017 pozyskano 1,34 mln m<sup>3</sup> posuszu świerkowego, co stanowi 2,3% łącznej miąższości drzewostanów świerkowych obszaru badań. Wielkość pozyskanego posuszu świerkowego w tym okresie w niektórych nadleśnictwach była znacznie wyższa, np. w Henrykowie (14,7% udziału miąższości świerka), Bardzie Śląskim (8,2%), Jaworze (8,0%) i Świdnicy (6,5%).

Czy można ograniczyć intensywność procesu zamierania świerka? Odpowiedzi na to pytanie poszukiwano, analizując wyniki uzyskane za pomocą modelu ryzyka uszkodzenia drzewostanu przez wiatr, zastosowanego do lokalizacji drzewostanów świerkowych o zróżnicowanym nasileniu potencjalnego procesu śmiertelności drzew. Stwierdzono, że proces ten obejmuje większość drzewostanów zaliczonych do szóstej – najwyższej klasy współczynnika ryzyka  $W_r$ , czyli o największym potencjalnym zagrożeniu, w przypadku gdy ono nastąpi. Do głównych cech tych drzewostanów należą wysoki wiek, duża wysokość drzew i właściwości ekologiczne dominującego świerka. Wyniki niniejszej pracy dowodzą, że drzewostany te są mało odporne nie tylko na działanie silnych wiatrów, ale również intensywnej suszy, szczególnie w sezonie wegetacyjnym. Obniżenie udziału wysokości szkód w takich drzewostanach może nastąpić poprzez stosowanie niższego od obecnie przyjętego wieku rębności i pełną realizację etatu wynikającego z zasad obliczania rozmiaru użytkowania rębnego.

Powierzchnia drzewostanów obszaru badań w najwyższej klasie współczynnika ryzyka  $W_r$  jest bardzo duża – stanowi prawie  $\frac{1}{3}$  badanych lasów. Zmniejszenie tej powierzchni w planowaniu urzędziowym może trwać wiele lat, tym bardziej że do szóstej klasy współczynnika ryzyka będą co roku „przechodziły” drzewostany z piątej klasy. Ubywanie drzewostanów z szóstej klasy powinno więc przeważać nad ich przybywaniem do tej klasy, a to wymaga znacznego zwiększenia rozmiaru cięć rębnych.

Lasy południowo-zachodniej Polski, w tym Sudetów należą do najbardziej zagrożonych w naszym kraju przez wiatr i suszę [Bruchwald, Dmyterko 2011]. Wynika to m.in. z dużego udziału świerka o wysokim średnim wieku i wysokiej średniej wysokości (które trudno obniżyć w krótkim okresie) oraz z właściwości tego gatunku drzewa (o wysokich wymaganiach wodnych i płaskim systemie korzeniowym), niesprzyjających obecnie jego wzrostowi w naszych lasach, szczególnie w warunkach zmian klimatu naszego globu [Feliksik, Wilczyński 2003; Wilczyński, Feliksik 2005; Dobrowolska 2010].

## Wnioski

- ✦ W lasach południowo-zachodniej Polski zachodzi proces rozpadu drzewostanów, głównie świerkowych, przejawiający się masowym wydzielaniem się posuszu. Bezpośrednią przyczyną tego procesu była najprawdopodobniej susza w sezonie wegetacyjnym 2015 roku, która spowodowała śmierć tych drzewostanów, osłabionych wcześniej przez silne wiatry i inne czynniki.
- ✦ Pozyskiwanie posuszu na dużą skalę rozpoczęto w lasach obszaru badań w 2016 roku. W niektórych nadleśnictwach miąższość tego posuszu była zbliżona do miąższości zatwierdzonego etatu (obejmującego głównie drzewa żywe). Zakłóciło to realizację planowych zadań związanych z przebudową tych lasów.
- ✦ Najwięcej posuszu na obszarze badań pozyskano w czterech nadleśnictwach: Bardo Śląskie, Henryków, Jawor i Świdnica. Rozpadające się drzewostany występowały przeważnie w roślinno-wysokościowym piętrze pogórza.
- ✦ Za pomocą modelu ryzyka uszkodzenia drzewostanu przez wiatr można wskazać drzewostany, które zostaną uszkodzone, gdy zawieje silny wiatr. Są to najczęściej drzewostany świerkowe starszych klas wieku, wysokie, należące do szóstej – najwyższej klasy współczynnika



ryzyka uszkodzenia przez wiatr  $W_p$ . W takich drzewostanach stwierdzono także intensywny proces wydzielania się posuszu w przypadku intensywnej suszy, co świadczy o przydatności modelu ryzyka uszkodzenia drzewostanu przez wiatr do typowania drzewostanów z potencjalnymi szkodami, które powstaną, gdy nastąpi susza.

- ✦ Około  $1/3$  powierzchni lasów obszaru badań należy do najwyższej, szóstej klasy współczynnika ryzyka uszkodzenia drzewostanu przez wiatr. Z latami ubywa drzewostanów w tej klasie w związku z realizacją planu cięć rębnych, a przybywa z klasy niższej. W planowaniu urzędzeniowym należy podjąć działania zmierzające do obniżania udziału drzewostanów w szóstej klasie współczynnika  $W_p$ . W tym celu należałoby zwiększyć rozmiar użytkowania rębnego, co wymaga obniżenia wieku rębności drzewostanów świerkowych obszaru badań i pełnej realizacji zadań gospodarczych wynikających z przyjętych zasad.

## Literatura

- Bruchwald A. 1986. Simulation growth model MDI-1 for Scots pine. Ann. Warsaw Agricult. Univ. SGGW-AR, For. And Wood Technol. 34: 47-52.
- Bruchwald A., Dmyterko E. 2010a. Metoda określania ryzyka uszkodzenia drzewostanu. Leś. Pr. Bad. 2: 165-148.
- Bruchwald A., Dmyterko E. 2010b. Lasy Beskidu Śląskiego i Żywieckiego – zagrożenia, nadzieja. Instytut Badawczy Leśnictwa, Sękocin Stary.
- Bruchwald A., Dmyterko E. 2011. Zastosowanie modeli ryzyka uszkodzenia drzewostanu przez wiatr do oceny zagrożenia lasów nadleśnictwa. Sylwan 155 (7): 459-471. DOI: <https://doi.org/10.26202/sylvan.2011035>.
- Bruchwald A., Dmyterko E. 2012. Ryzyko powstawania szkód w drzewostanach poszczególnych nadleśnictw Polski. Sylwan 156 (1): 19-27. DOI: <https://doi.org/10.26202/sylvan.2011054>.
- Bruchwald A., Dmyterko E. 2013. Model ryzyka uszkodzenia drzewostanu przez wiatr z uwzględnieniem cech rzeźby terenu. W: Okła K. [red.]. Geomatyka Lasów Państwowych – poradnik praktyczny. CILP, Warszawa. 261-281.
- Bruchwald A., Dmyterko E., Bałazy R. 2018. Risk model of tree stand damage by winds and its evaluation based on damage caused by cyclone „Xaver”. Forest Systems 27 (2): e014. DOI: <https://doi.org/10.5424/fs/2018272-11731>.
- Capecki Z., Głaz J., Gorzelak A., Hawryś Z., Król A., Łopusiewicz R., Sierota A., Rykowski K., Szukiel E., Trampler T., Walendzik R., Tyszcza J., Zwoliński A. 1991. Stan lasów w Sudetach (przyczyny, przebieg i konsekwencje zamierania lasów oraz zadania dla gospodarki leśnej). Instytut Badawczy Leśnictwa, Warszawa. 1-44.
- Capecki Z., Grodzki W., Zwoliński A. 1989. Gradacja wskaźnicy modrzewianeczki *Zeiraphera griseana* Hb. (Lepidoptera, Tortricidae) w Polsce w latach 1977-83. Prace Inst. Bad. Leśn. 689: 95-152.
- Ciesielski M., Bałazy R., Hycza T., Bruchwald A., Dmyterko E. 2016. Szacowanie szkód spowodowanych przez wiatr w drzewostanach przy wykorzystaniu obrazowań satelitarnych i danych Systemu Informatycznego Lasów Państwowych. Sylwan 160 (5): 371-377. DOI: <https://doi.org/10.26202/sylvan.2015129>.
- Dmyterko E. 2017. Stopień uszkodzenia drzewostanów bukowych Ziemi Kłodzkiej. Sylwan 161 (5): 430-439. DOI: <https://doi.org/10.26202/sylvan.2017042>.
- Dmyterko E., Bruchwald A. 2018a. Dynamika rozpadu drzewostanów świerkowych w Beskidzie Śląskim. Sylwan 162 (3): 189-199. DOI: <https://doi.org/10.26202/sylvan.2017120>.
- Dmyterko E., Bruchwald A. 2018b. Zmiany zachodzące w drzewostanach Bieszczadów. Sylwan 162 (5): 355-364. DOI: <https://doi.org/10.26202/sylvan.2018038>.
- Dmyterko E., Bruchwald A. 2019a. Zmiany zachodzące w lasach Beskidu Małego. Sylwan 163 (3): 237-247. DOI: <https://doi.org/10.26202/sylvan.2018113>.
- Dmyterko E., Bruchwald A. 2019b. Zmiany zachodzące w lasach Ziemi Kłodzkiej w latach 2001-2017. Sylwan 163 (8): 675-684. DOI: <https://doi.org/10.26202/sylvan.2019020>.
- Dmyterko E., Bruchwald A., Mionskowski M. 2019. Rozpad drzewostanów świerkowych w Beskidzie Żywieckim. Sylwan 163 (2): 130-140. DOI: <https://doi.org/10.26202/sylvan.2018103>.
- Dobrowolska D. 2010. Rola zaburzeń w regeneracji lasu. Leś. Pr. Bad. 71 (4): 391-405.
- Durło G. B. 2007. Klimatyczny bilans wodny okresów wegetacyjnych w Beskidach Zachodnich. Acta Agrophysica 19 (3): 553-562.
- Feliksik E., Wileczyński S. 2003. Termiczne uwarunkowania przyrostu tkanki drzewnej świerka pospolitego [*Picea abies* (L.) Karst.] w reglu dolnym Beskidu Żywieckiego. Acta Agrar. Silv. Ser. Silv. 41: 15-25.
- Kondracki J. 2002. Geografia regionalna Polski. PWN, Warszawa.
- Szabla K. 2009. Aktualny stan drzewostanów świerkowych w Beskidach i ich geneza. W: Starzyk J. [red.]. Problem zamierania drzewostanów świerkowych w Beskidzie Śląskim i Żywieckim. Oficyna Wydawniczo-Drukarska „Secesja”, Kraków. 13-43.

- Szabla K. 2017.** Proces rozpadu drzewostanów świerkowych w Beskidzie Śląskim i Żywieckim w następstwie gradacji owadów kambiofagicznych i grzybów patogenicznych oraz sposób zagospodarowania tych drzewostanów w latach 2003-2015. *Postępy Techniki w Leśnictwie* 137: 23-31.
- Trampl T., Kliczkowska A., Dmyterko E., Sierpińska A. 1990.** Regionalizacja przyrodniczo-leśna na podstawach ekologiczno-fizjograficznych. PWRiL, Warszawa.
- Wilezyński S., Feliksik E. 2005.** Disturbances in variation of the annual ring width of Norway spruce in Polish Western Beskids Mountains. *Jour. For. Sci.* 51: 539-547.