

OCENA RODZAJÓW USZKODZEŃ DRZEWOSTANÓW PRZEZ PORYWISTY WIATR W NADLEŚNICTWIE KRASNYSTAW (RDLP LUBLIN) NA PODSTAWIE SIECI POWIERZCHNI PRÓBNYCH

Leszek Bujoczek¹✉, Aleksandra Szewczyk^{1,3}, Robert Zygmunt¹, Anna Kożuch¹, Małgorzata Bujoczek², Jan Banaś¹, Stanisław Zięba¹

¹Zakład Urządzania Lasu, Geomatyki i Ekonomiki Leśnictwa, Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie
al. 29 Listopada 46, 31-425 Kraków

²Zakład Bioróżnorodności Leśnej, Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie
al. 29 Listopada 46, 31-425 Kraków

³Nadleśnictwo Krasnystaw
ul. Leśna 1, 22-300 Krasnystaw

ABSTRAKT

W drzewostanach uszkodzonych przez porywisty wiatr założono siatkę powierzchni próbnych w celu charakterystyki stopnia uszkodzenia drzew. Prędkości wiatru określono w skali Fujity na F1 (117–180 km/h). Uszkodzenia klasyfikowano do dziewięciu grup. Określano gatunek i pierśnicę drzewa. Wichura uszkodziła około połowę drzew. Co piąte drzewo miało uszkodzoną koronę, od połamanych pojedynczych gałęzi do uszkodzeń przekraczających $\frac{3}{4}$ jej objętości. Około co dziesiąte drzewo zostało złamane poniżej korony, podobna liczba drzew wyrwała się wraz z korzeniami. Uszkodzeniom uległy drzewa z pełnego zakresu pierśnic, udział uszkodzonych drzew wzrastał wraz z pierśnicą. W najcieńszym stopniu grubości, tj. do 10 cm pierśnicy uszkodzonych było nieco ponad $\frac{1}{3}$ drzew. Z kolei wśród drzew o pierśnicy powyżej 63 cm, udział ten wynosił 85%. Ze względu na dość dużą niejednorodność obszaru po przejściu wichury trudno przyjąć schematyczne postępowanie gospodarcze. Na większości powierzchni obok drzew uszkodzonych rosły drzewa, które nie wykazywały zewnętrznych uszkodzeń. Postępowanie gospodarcze wymaga więc indywidualnego podejścia do każdego drzewostanu.

Słowa kluczowe: uszkodzenia od wiatru, złomy, wykroty, użytkowanie pokłeskowe, czynniki abiotyczne

WSTĘP

Wiatrowały, złomy, uszkodzenia koron, pni, zamieranie poszczególnych drzew czy całych drzewostanów powstają często w wyniku zjawisk o charakterze abiotycznym. To zjawiska naturalne, trudne do przewidzenia. Rozmiary uszkodzeń zależą zarówno od nasilenia czynnika stresowego, jak i od podatności

drzewostanów (Urban i in., 2011). Zjawiska te dotyczą znacznych obszarów leśnych. W 2014 roku stwierdzono szkody spowodowane przez co najmniej jeden czynnik abiotyczny na terenie 85% nadleśnictw. Uszkodzenia na skutek zakłóceń stosunków wodnych wystąpiły na 21 tys. ha, wywołane okiścią śniegową

Badania zostały sfinansowane z dotacji przyznanej przez MNiSW na działalność statutową.

✉leszek.bujoczek@ur.krakow.pl

i lodową – na 4,5 tys. ha, spowodowane przez silne wiatry – na blisko 9 tys. ha (Milewski, 2015). Skala oddziaływania porywistych wiatrów czy trąb powietrznych może być jednak dużo większa i zmienić planowaną gospodarkę na znacznych obszarach w kolejnych latach (Heinonen i in., 2009; Kosin, 2011). Świadczy o tym 2017 rok, gdy w wyniku huraganowych wiatrów o prędkości 100–150 km/h w kilkudziesięciu nadleśnictwach zostało uszkodzonych 79,7 tys. ha lasu, a ilość powalonych i połamanych drzew oszacowano na 9,8 mln m³ (Trębski, 2017).

Zjawiska te o różnym zasięgu i skali są notowane w Europie często, ale ze względu na ich specyfikę i czasem lokalny charakter informacje o ich liczbie i cechach nie są pełne. Ich charakterystyka dotyczy na ogół siły wiatru, kierunku jego przemieszczania się czy szerokości pasa zniszczeń (Antonescu i in., 2016; Niedźwiedz i in., 2003; Taszarek i Brooks, 2015). Występowanie tych zjawisk nie jest przestrzennie równomierne. Według potwierdzonych raportów dotyczących trąb powietrznych w latach 1998–2013 w Polsce największa liczba zgłoszeń pochodziła z centrum oraz południa kraju, głównie z okresu od maja do sierpnia. W skali Fujity najczęściej odnotowywano trąby o sile (Wieczorek, 2016): F1 (117–180 km/h) – 31%, F2 (181–253 km/h) – 24%, F3 (254–332 km/h) – 9%.

Badania koncentrują się zarówno na odporności całych zbiorowisk leśnych, jak i na poszczególnych drzewach. Dotyczą wymiarów i proporcji drzew, cech ich koron, składu gatunkowego, odpowiedniej więźby i zabiegów pielęgnacyjnych wykonywanych na kolejnych etapach rozwoju drzewostanu, zwarcia oraz ekspozycji drzewostanów, odległości danego drzewostanu od granicy lasu, topografii terenu (Jelonek i in., 2013; Ruel i in., 1998; Zachara, 2006; Zajączkowski, 1991). Zwraca się także uwagę na zmiany zachodzące w budowie i właściwościach drewna pod wpływem naprężeń wywoływanych obciążeniem przez wiatr, które zazwyczaj są reakcją o charakterze adaptacyjnym (Tomczak i in., 2012a). Wielkopowierzchniowość występowania skutków wichur skłania także do stosowania technik geomatycznych analizujących rozmieszczenie i rozmiar szkód spowodowanych przez wiatr (Będkowski i Norman, 2002). Opracowano więc modele bazujące na wybranych cechach siedlisk

i drzewostanów opisując ich podatność na wiatr (Bruchwald i Dmyterko, 2010; 2011). Kolejne prace rozwijają te zagadnienia, weryfikując przydatność stosowanych kryteriów w różnych warunkach (Dmyterko i Bruchwald, 2014; Zięba i in., 2016). Niemniej jednak zwraca się uwagę na trudności w monitoringu tego typu zjawisk, szacowaniu wielkości uszkodzeń czy wyznaczaniu stref zagrożenia. Podkreśla się potrzebę pomiarów i obserwacji na określonej liczbie stałych powierzchni, stanowiących podstawową sieć monitoringu (Gołojuch i Beker, 2015).

Oddziaływanie czynników abiotycznych jest istotnym zagadnieniem również w planowaniu urządzeniowym. W Instrukcji urządzania lasu (IUL, 2012) nie wskazano jednak szczegółowo zasad planowania wielkości użytków przygodnych, związanych z uprzętaniami wywrotów, złomów i posuszu. Na etapie tworzenia planu nie jesteśmy w stanie przewidzieć wszystkich okoliczności, które będą miały wpływ na pozyskanie drewna. W planie urządzenia lasu nie wyodrębnia się więc specyficznych kategorii cięć rębnych lub przedrębnych, które są możliwe do jednoznacznego określenia tylko w chwili wykonywania zabiegu. Dotyczy to między innymi cięć sanitarno-selekcyjnych w gospodarczych drzewostanach nasiennych, kierunku trzebieży selekcyjnych oraz właśnie użytkowania przygodnego, będącego tylko formą pozyskania, a nie rodzajem zabiegu. O ile wielkość rocznego użytkowania przygodnego możemy oszacować z grubsza na podstawie danych z poprzednich lat dla danego obszaru, o tyle praktycznie niemożliwe jest ujęcie użytkowania kłęskowego.

Ocena potencjalnych szkód w połączeniu z znajomością cech drzewostanów oraz zwiększającą się bazą informacji na temat częstości, siły i rozmieszczenia zjawisk uszkadzających drzewostany jest istotna do opracowania odpowiedniej strategii postępowania w planowaniu zabiegów hodowlano-pielęgnacyjnych i ochronnych, ale także planowania wielkości użytkowania na danym obszarze. Celem pracy była więc charakterystyka wpływu porywistego wiatru na drzewostan poprzez klasyfikację uszkodzeń w odniesieniu do wybranych cech drzewostanu. Do inwentaryzacji uszkodzeń wykorzystano sieć powierzchni próbných, rozmieszczonych na terenie objętym uszkodzeniami.

METODYKA

Na podstawie European Severe Weather Database (Dotzek i in., 2009; raport z oznaczeniem QC1 – tj. potwierdzony przez wiarygodne źródła) wichura miała miejsce 30 czerwca 2014 roku około godziny 14.00 w okolicach leśnictwa Niemienice i około 14.20 w leśnictwie Żulin (Nadleśnictwo Krasnystaw). Przesuwała się z SW w kierunku NE. Wicherze towarzyszył silny deszcz. Intensywność wichury określono jako F1 w skali Fujity (117–180 km/h) i jako T3 w skali TORRO (148–184 km/h). Oprócz uszkodzeń lasu zostały pozrywane dachy z domów i budynków gospodarczych oraz zniszczone uprawy rolne. Teren lasu, na którym wystąpiły szkody obejmował powierzchnię ponad 100 ha. Zasobność w wydzieleniach uszkodzonych wynosiła od 48 m³/ha do 529 m³/ha, wskaźnik zadrzewienia 0,5–1,2. W większości wydzieleń (12 z 22) dominowało zwarcie przerywane, w pozostałych umiarkowane (9) oraz pełne (1). W kilku wydzieleniach występowała warstwa podrostu, natomiast we wszystkich – warstwa podszytu. Drzewostany rosły głównie na siedlisku lasu mieszanego świeżego i glebach rdzawych właściwych lub rdzawych bielicowych. Głównym gatunkiem tworzącym drzewostan była sosna, której udział wahał się od 60% do 100%, drugim gatunkiem pod względem udziału był dąb. Wiek gatunku panującego w poszczególnych wydzieleniach wynosił 13–128 lat.

Dane na temat uszkodzeń spowodowanych porywistym wiatrem zebrano na terenie wydzieleń, w których wystąpiły uszkodzenia. Została założona siatka powierzchni próbnych o boku kwadratu 50 m. Pomiary przeprowadzono na 155 czteroarowych powierzchniach próbnych. Zinventaryzowano wszystkie drzewa, zarówno bez uszkodzeń, jak i uszkodzone, klasyfikując je jako:

- bez uszkodzeń
- połamane gałęzie – połamane pojedyncze gałęzie
- lekko uszkodzona korona – uszkodzenia korony drzewa nieprzekraczające 25% jej objętości
- średnio uszkodzona korona – uszkodzenia w koronie drzewa w przedziale od 26% do 50% całkowitej jej objętości
- silnie uszkodzona korona – uszkodzenia w koronie drzewa w przedziale od 51% do 75% całkowitej jej objętości

- bardzo silnie uszkodzona korona – uszkodzenia w koronie drzewa przekraczające 76% jej objętości
- posusz lub drzewa zamierające – drzewa całkowicie pozbawione liści, igieł lub zamierające (jednak w przypadku tej grupy ich stan niekoniecznie był wynikiem wichury)
- pochylone – widoczne odchylenie od pozycji pionowej)
- wykroty, wiatrowały – drzewa wywrócone z widocznym systemem korzeniowym lub złamane bardzo blisko podstawy
- wiatrołomy – stojące fragmenty pni, złamanie poniżej korony drzewa.

Dodatkowo określano gatunek drzewa oraz mierzone pierśnicę lub dla niskich złomów średnicę w miejscu złamania i na jej podstawie oszacowywano przybliżoną pierśnicę drzewa. Gdy drzewa miały cechy pozwalające zaliczyć je do kilku kategorii uszkodzeń, klasyfikowano je pod względem tej, która w większym stopniu uniemożliwiała rozwój lub zagrażała prawidłowemu rozwojowi drzewa w kolejnych latach. Łącznie inwentaryzacja objęła 2365 drzew (sosna – 1468 szt., dąb – 392, czereśnia – 253, buk – 159, świerk – 39, grab – 19, brzoza – 15, lipa – 14, pozostałe gatunki – 6).

Analizy danych wykonano na podstawie liczby uszkodzonych drzew i głównego rodzaju uszkodzenia. Przeanalizowano statystycznie różnice w liczebności w zależności od zaklasyfikowania uszkodzenia. Za podstawą jednostkę statystyczną przyjmowano powierzchnię próbną. Następnie przedstawiono udział drzew uszkodzonych w zależności od gatunku oraz wymiarów drzew. W tym celu pogrupowano drzewa z powierzchni próbnych w czterocentymetrowe stopnie grubości, podając średni udział drzew uszkodzonych na powierzchni oraz przedziały ufności. Pod uwagę wzięto wyłącznie powierzchnie, na których występował analizowany przypadek (gatunek lub stopień grubości). Udziały z poszczególnych powierzchni ważono liczbą drzew danego przypadku.

Dla gatunków najliczniejszych, tj. sosny, dębu i czereśni, wykonano dodatkową analizę uwzględniającą klasyfikację uszkodzeń i wymiary drzew na podstawie klas grubości. Utworzono cztery klasy: I klasa grubości – drzewa o pierśnicach do 14 cm, II – 15–34 cm, III – 35–54 cm, IV – powyżej 55 cm.

WYNIKI

Uszkodzenia zaobserwowano na blisko połowie drzew rosnących na powierzchniach próbnych (tab. 1). Różna była liczba drzew zaklasyfikowanych do poszczególnych grup uszkodzeń (test Kruskala-Wallisa, $p < 0,001$). Co piąte drzewo miało uszkodzoną koronę – od połamanych pojedynczych gałęzi po uszkodzenia przekraczające $\frac{3}{4}$ jej objętości. Około co dziesiąte drzewo zostało złamane poniżej korony, podobna liczba drzew wywróciła się wraz z korzeniami. Jednak na zdecydowanej większości powierzchni (95%) w różnych piętrach drzewostanu pozostało przynajmniej jedno nieuszkodzone drzewo. Natomiast wśród rodzajów uszkodzeń największą frekwencję miały wiatrolomy oraz wykroty i wiatrowały, które występowały na $\frac{3}{4}$ powierzchni próbnych.

Wśród gatunków liczniej występujących na powierzchniach próbnych najwyższy procent uszkodzonych drzew stwierdzono w przypadku czereśni – 60%.

Mniej o 10% uszkodzonych było sosen i dębów. Dla buka procent uszkodzonych drzew wynosił 35. Gatunki mniej liczne miały uszkodzonych od 36% do 63% drzew. Pomiędzy udziałami uszkodzonych drzew analizowanych gatunków występowały istotne statystyczne różnice (test Kruskala-Wallisa, $p < 0,001$; rys. 1).

Uszkodzeniom uległy drzewa z pełnego zakresu pierśnic występującego na powierzchniach próbnych. Udział uszkodzeń był zależny od pierśnicy i wzrastał wraz z wymiarami drzew. W najcieńszym stopniu grubości (do 11 cm) było uszkodzonych nieco ponad $\frac{1}{3}$ drzew. Z kolei udział ten wynosił 85% wśród drzew o pierśnicy powyżej 62 cm (rys. 2).

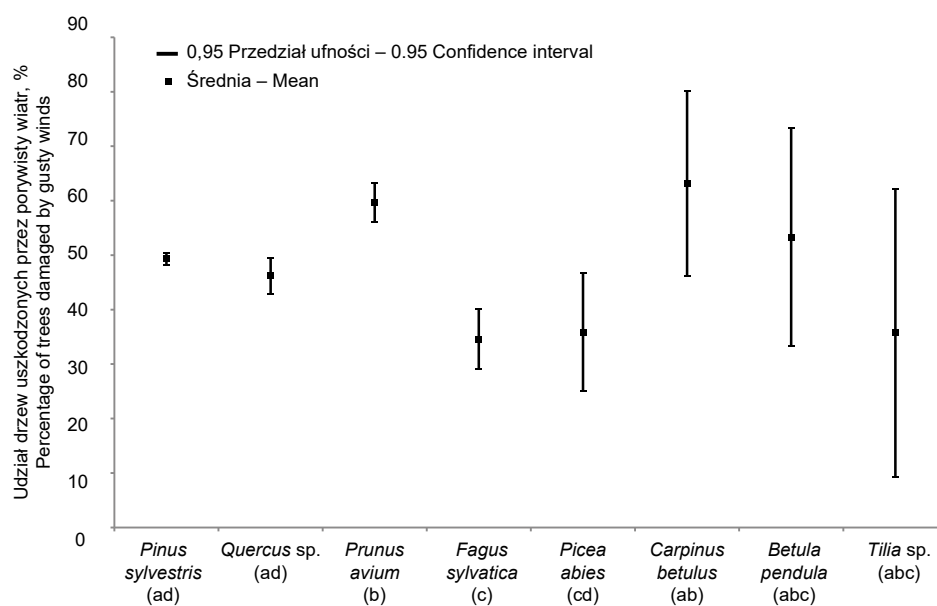
Analizując łącznie wszystkie gatunki, można stwierdzić, że silniej uszkodzone były drzewa najgrubsze. W IV klasie wymiarowej dominowały wykroty i wywały. W III klasie rósł udział drzew nieuszkodzonych, ale wśród uszkodzonych dominowały także wykroty, wiatrowały i wiatrolomy. W I klasie grubości

Tabela 1. Stan zinwentaryzowanych drzew na powierzchniach próbnych

Table 1. Condition of trees inventoried on sample plots

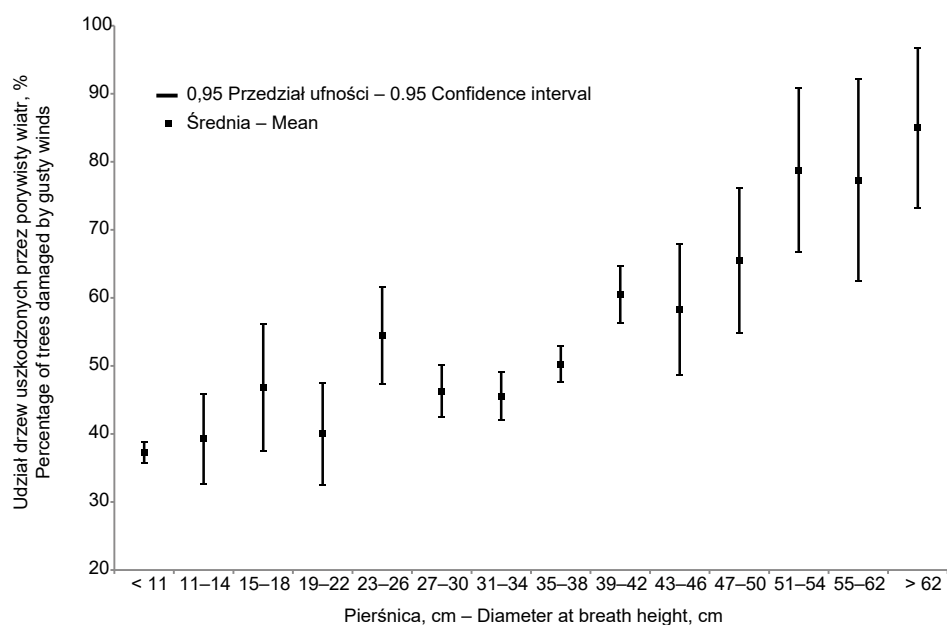
Rodzaj uszkodzenia Type of damage	Liczba drzew Number of trees	Udział procentowy powierzchni, na których zanotowano dany rodzaj Percentage of sampling plot area with a given type of damage
Brak uszkodzeń – Intact trees	1 212	95
Uszkodzone – Damaged		
Połamane gałęzie – Broken branches	132 c	52
Lekko uszkodzona korona – Slight crown damage	23 a	6
Średnio uszkodzona korona – Moderate crown damage	171 cd	63
Silnie uszkodzona korona – Severe crown damage	67 b	33
Bardzo silnie uszkodzona korona – Very severe crown damage	89 bc	41
Drzewo martwe lub zamierające – Standing dead or dying trees	73 bc	34
Pochylone – Leaning trees	98 ab	23
Wykrot, wiatrował – Uprooted trees	237 d	73
Wiatrołom – Snapped stems	263 d	76
Razem – Total	2 365	

Małe litery oznaczają wyniki testu Kruskala-Wallisa dla porównań wielokrotnych. W teście pominięto grupę bez uszkodzeń. Small letters denote results of the Kruskal-Wallis test for multiple comparisons. The test did not include the group of intact trees.



Rys. 1. Udział drzew uszkodzonych w zależności od gatunku, %. Małe litery oznaczają wyniki testu Kruskala-Wallisa dla porównań wielokrotnych

Fig. 1. Percentage of damaged trees by species. Small letters denote results of the Kruskal-Wallis test for multiple comparisons



Rys. 2. Udział drzew uszkodzonych w zależności od pierśnicy (wszystkie gatunki), %

Fig. 2. Percentage of damaged trees by diameter at breast height (all species)

Tabela 2. Udział rodzajów uszkodzeń w zależności od piersnicy drzewa dla wszystkich gatunków łącznie oraz najliczniej występujących na powierzchniach próbných, %

Table 2. Percentage shares of wind damage types by dimensional class (DBH) for all tree species in aggregate and for the most abundant species on the sampling plots individually

Klasa grubości Dimensional class	Łączna liczba drzew szt. Total trees number	Bez uszkodzeń Intact	Połamane gałęzie Broken branches	Lekko uszkodzona korona Slight crown damage	Średnio uszkodzona korona Moderate crown damage	Silnie uszkodzona korona Severe crown damage	Bardzo silnie uszkodzona korona Very severe crown damage	Posusz lub drzewa zamierające Standing dead or dying trees	Drzewo pochylone Leaning trees	Wykrotły, wiatrowały Uprooted trees	Wiatrolomy Snapped stems
Udział drzew w ogólnej liczbie danej klasy grubości, % Percentage shares of damage types in the various dimensional classes											
<i>Pinus sylvestris</i> – I	436	63	5	3	0	0	2	5	7	8	7
<i>Pinus sylvestris</i> – II	464	50	5	1	6	2	3	3	4	12	14
<i>Pinus sylvestris</i> – III	540	43	3	1	5	2	5	2	6	16	17
<i>Pinus sylvestris</i> – IV	28	14	0	0	0	7	4	0	11	57	7
<i>Quercus</i> sp. – I	19	48	16	0	26	0	5	0	0	5	0
<i>Quercus</i> sp. – II	251	58	6	0	14	2	3	2	2	4	9
<i>Quercus</i> sp. – III	116	47	7	3	14	7	3	3	1	4	11
<i>Quercus</i> sp. – IV	6	50	0	0	0	0	0	0	0	33	17
<i>Prunus avium</i> – I	5	40	0	0	20	20	0	20	0	0	0
<i>Prunus avium</i> – II	92	45	7	0	13	5	7	2	0	4	17
<i>Prunus avium</i> – III	150	38	7	0	14	15	8	1	1	11	5
<i>Prunus avium</i> – IV	6	16	0	0	33	0	0	0	17	17	17
Wszystkie gatunki występujące na powierzchniach próbných – All species growing on sampling plots											
I	493	62	7	3	1	1	2	4	6	8	6
II	985	54	6	1	9	2	3	3	3	7	12
III	845	44	4	1	9	5	5	2	4	13	13
IV	42	19	0	0	7	5	5	0	9	45	10

Klasa grubości: I – drzewa o piersnicy do 14 cm, II – 15–34 cm, III – 35–55 cm, IV – powyżej 55 cm.

Dimensional classes: class I – trees with a DBH up to 14 cm, class II – 15–34 cm, class III – 35–55 cm, class IV – more than 55 cm.

nadal zwiększał się udział drzew nieuszkodzonych, natomiast część drzew cieńszych miała uszkodzenia wyłącznie mniejsze, jak połamane pojedyncze gałęzie lub lekkie uszkodzenia korony (tab. 2).

DYSKUSJA

Huraganowe wiatry, intensywne opady śniegu (okiść śniegowa i lodowa), zakłócenia stosunków wodnych (zarówno zalania, podtopienia, jak i susze) należały w 2014 roku do czynników abiotycznych o charakterze kłęskowym, mających największy wpływ na poziom uszkodzeń drzewostanów w Polsce. Należy jednak podkreślić, że w większości zjawiska te miały charakter lokalny lub regionalny (Milewski, 2015). Wynika to ze zmienności czasowo-przestrzennej zjawisk mogących wyrządzać znaczne szkody (Wieczorek, 2016). Uwaga ta odnosi się również do obszaru niniejszych badań, gdyż użytkowanie stanu szkód wyższych (pokłękowe) w dziesięcioleciu 2006–2015 jest wykazane w tym nadleśnictwie tylko w 2014 roku (Szewczyk, 2016).

Zastosowanie sieci powierzchni kołowych pozwoliło scharakteryzować drzewostany, na które oddziaływał porywisty wiatr. Badany obszar po przejściu wichury był mozaiką drzew o różnym stopniu uszkodzenia. Uszkodzenia były związane między innymi z wymiarami drzew. Na znacznej większości powierzchni próbných pozostały także drzewa, na których nie zauważono uszkodzeń zewnętrznych. Mogły one mieć jednak naderwane korzenie lub wewnętrzne spękania drewna w obrębie strzały. Natomiast stosunkowo niewielkie uszkodzenia stwierdzone u niektórych drzew mogą być także przyczyną ich osłabienia oraz zwiększonej podatności na infekcje grzybowe i działalność owadów. Niejednorodność obszaru pod względem rodzaju uszkodzeń utrudnia więc wybór dalszego postępowania gospodarczego. Prace uprzętające mogą prowadzić do uszkodzania drzew nieuszkodzonych, jednocześnie przyjęcie postępowania opartego na uzupełnieniach i dolesieniach nie zawsze jest uzasadnione gospodarczo.

Częstotliwość huraganowych wiatrów na badanym obszarze nie była do tej pory duża, na co wskazują zestawienia użytkowania stanu szkód wyższych (Szewczyk, 2016). Jednak jeśli te zjawiska będą się nasilać, należy skoncentrować się na wprowadzeniu

znanych metod ograniczania ich wpływu na drzewostan. Wiatr należy do czynników trudno przewidywalnych, a zakres możliwości ochrony drzewostanu jest ograniczony (Talkkari i in., 2000; Zachara, 2006). Wywoływane przez wiatr obciążenia o wartości niższej od krytycznej indukują zmiany w budowie drewna, a przekraczające tę wartość prowadzą do uszkodzeń mechanicznych (Tomczak i in., 2012a). Siła wiatrów huraganowych jest na tyle duża, że można jedynie poszukiwać sposobów ograniczania uszkodzeń. Odpowiednie działania muszą więc być wykonywane z wyprzedzeniem i rozplanowane przestrzennie. Płytkie ukorzenie uważa się za zasadniczą przyczynę zwiększonej podatności pewnych gatunków na szkody. Za bardziej wrażliwe są uznawane gatunki iglaste, przede wszystkim świerki (Zajączkowski, 1991; Peltola i in., 2000). Na badanych powierzchniach uszkodzeniom uległy drzewa wszystkich gatunków w pełnym zakresie pierśnic, choć różnice są widoczne szczególnie po uwzględnieniu ich wymiarów. Gatunkiem najliczniejszym na badanym obszarze była sosna. Jelonek i in. (2013) podają, że w takich drzewostanach do predykcji uszkodzeń powodowanych przez wiatr najbardziej odpowiednie wydają się nieskorelowane z sobą współczynniki smukłości i długości korony. Zwraca się także uwagę, że szczelnie zamknięty brzeg drzewostanu powoduje zwiększoną turbulencję powietrza w strefie koron poza skrajem, co może być powodem nasilenia szkód wewnątrz drzewostanu. Ukształtowany brzeg lasu powinien więc zawierać drzewa silne i zbieżyste, których korony przepuszczają strumienie powietrza w głąb drzewostanu, gdzie są stopniowo wyhamowywane i następuje równomierne rozdzielanie mas powietrza. Ten postulat dotyczy całej szerokości strefy ekotonowej, aż do drzewostanu właściwego (IOL, 2012; Zajączkowski, 1991). Drzewa na brzegu lasu są odporniejsze, z kolei drzewa niepoddane czynnikom stresowym podczas życia nie są zaadaptowane do wiatru. Tomczak i in. (2012b) stwierdzili, że ekscentryczność pni sosny zmniejszała się wraz ze wzrostem odległości od nawietrznego brzegu drzewostanu. Drzewa są też bardziej odporne przy wietrze wiejącym w pewnym przeważającym kierunku. W przypadku zmiany kierunku rośnie ryzyko uszkodzenia (Wood, 1995).

Istotne jest rozplanowanie przestrzenne czynności gospodarczych, gdyż działania gospodarcze w jednych

drzewostanach zmieniają sytuację w drzewostanach sąsiednich. Wpływ jest tym większy, im silniejszy jest zabieg, szczególnie dotyczy to cięć rębnią zupełną lub częściową. Zręby radykalnie zmieniają warunki wzrostu w drzewostanach graniczących, często narażając je na wiatrowały czy wiatrołomy (Poznański, 2005). Po przejściu fazy młodnika późniejsze wykształcenie strefy ekotonowej na ogół nie jest już możliwe i niezbyt uzasadnione z gospodarczego punktu widzenia. Jeśli więc na obrzeżach drzewostanów rębnych występują krzewy i niższe drzewa, to należy je zachować jako element przyszłej strefy ekotonowej (IOL, 2012). Pod uwagę należy również wziąć sposoby lokalizacji cięć rębnych ograniczających możliwe szkody od wiatru. Uwzględniają one dojrzałość rębnią, ale także przestrzenną współzależność drzewostanów (Poznański, 1976).

WNIOSKI

W wyniku wichury uległy uszkodzeniom drzewa wszystkich gatunków w pełnym zakresie występujących pierśnic.

Obszar po przejściu wichury jest mozaiką drzew zarówno nieuszkodzonych, jak i wykazujących różnego typu uszkodzenia, w dużym stopniu zależne od gatunku oraz wymiarów drzew.

Niejednolitość rodzajów uszkodzeń drzew oraz obecność drzew nieuszkodzonych utrudniają wybór dalszego postępowania gospodarczego. Niezbędna jest więc ocena indywidualna drzewostanów i każdorazowo wybór najkorzystniejszego wariantu postępowania.

PODZIĘKOWANIA

Dziękujemy recenzentom za cenne uwagi wprowadzone do artykułu.

PIŚMIENNICTWO

- Antonescu, B., Schultz, D. M., Lomas, F., Kühne, T. (2016). Tornadoes in Europe: Synthesis of the observational datasets. *Month. Weath. Rev.*, 144(7), 2445–2480. <https://doi.org/10.1175/MWR-D-15-0298.1>
- Będkowski, K., Norman, H. (2002). Zastosowanie technik geomatycznych do analizy rozmiaru i rozmieszczenia

szkód spowodowanych w lasach przez huraganowe wiatry (Applications of geomatic methods for analysis of the distribution and extent of forest damage caused by hurricane-force winds]. *Arch. Fot. Kart. Teled.*, 12a, 37–48 [in Polish].

- Bruchwald, A., Dmyterko, E. (2010). Metoda określania ryzyka uszkodzenia drzewostanu przez wiatr [The method of determining risk of wind damage to tree stands]. *Leśn. Pr. Bad.*, 71(2), 165–173 [in Polish]. <https://doi.org/10.2478/v10111-010-0012-3>
- Bruchwald, A., Dmyterko, E. (2011). Zastosowanie modeli ryzyka uszkodzenia drzewostanu przez wiatr do oceny zagrożenia lasów nadleśnictwa [Application of wind damage risk models for the assessment of danger to stands within a forest district]. *Sylvan*, 155(7), 459–471 [in Polish].
- Dmyterko, E., Bruchwald, A. (2014). Nowy wariant modelu ryzyka uszkodzenia drzewostanu przez wiatr [New variant of the wind damage risk model for forest stands]. *Sylvan*, 158(8), 571–578 [in Polish].
- Dotzek, N., Groenemeijer, P., Feuerstein, B., Holzer, A. M. (2009). Overview of ESSLS's severe convective storms research using the European Severe Weather Database ESWD. *Atmosph. Res.*, 93, 575–586. <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2008.10.020>
- Gołojuch, P., Beker, C. (2015). Urządzenie i monitoring lasu a ustalanie stref uszkodzenia lasu i stopni uszkodzenia drzewostanów [Forest management and monitoring versus establishment of forest damage zones and degrees of stand damage]. *Sylvan*, 159(01), 13–21 [in Polish].
- Heinonen, T., Pukkala, T., Ikonen, V. P., Peltola, H., Venäläinen, A., Dupont, S. (2009). Integrating the risk of wind damage into forest planning. *For. Ecol. Manag.*, 258(7), 1567–1577. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2009.07.006>
- IOL (2012). Instrukcja ochrony lasu [Forest protection manual]. Warszawa: ZILP [in Polish].
- IUL (2012). Instrukcja zarządzania lasu [Manual of forest management]. Warszawa: ZILP [in Polish].
- Jelonek, T., Walkowiak, R., Jakubowski, M., Tomczak, A. (2013). Wskaźniki stabilności drzew w drzewostanach sosnowych uszkodzonych przez wiatr [Indices of tree stability in Scots pine stands damaged by wind]. *Sylvan*, 157(5), 323–329 [in Polish].
- Kosin, K. (2011). Skutki przejścia trąby powietrznej przez obszar Parku Krajobrazowego „Lasy nad Górną Liswartą” w dniu 15 sierpnia 2008 roku [Effects of whirlwind passage through the area of the Landscape Park “Lasy nad Górną Liswartą” (“Forests on the Upper Liswarta”)

- on 15 August 2008]. *Acta Geogr. Siles.*, 9, 23–30 [in Polish].
- Milewski, W. (2015). *Lasy Państwowe w liczbach 2015* [State Forests in numbers 2015]. Warszawa: CILP.
- Niedźwiedz, T., German, K., Sadowski, P. (2003). Synoptic conditions of the tornado occurrence in the Podhale region on 29 May 2001 and its natural and economic impacts. *Pr. Geogr.*, 112, 55–67.
- Peltola, H., Kellomäki, S., Hassinen, A., Granander, M. (2000). Mechanical stability of Scots pine, Norway spruce and birch: an analysis of tree-pulling experiments in Finland. *For. Ecol. Manag.*, 135, 143–153. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(00\)00306-6](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(00)00306-6)
- Poznański, R. (1976). Metoda optymalnego wyboru lokalizacji użytkowania rębego [Method for optimal selection of cutting locations] *Acta Agr. Silv. Ser. Silvestris*, 16, 111–130 [in Polish].
- Poznański, R. (2005). *Problemy regulacji w urzędaniu lasu* [Forest management regulatory problems]. Kraków: Katedra Urządzenia Lasu Akademii Rolniczej [in Polish].
- Ruel, J. C., Pin, D., Cooper, K. (1998). Effect of topography on wind behaviour in a complex terrain. *Forestry*, 71, 261–265. <https://doi.org/10.1093/forestry/71.3.261>
- Szewczyk, A. (2016). Charakterystyka wielkości i przyczyn użytkowania przygodnego w Nadleśnictwie Krasnystaw [Amount and causes of incidental felling in the Krasnystaw Forest Division]. *Pr. magist. Zakł. Urz. Lasu, Geomat. Ekon. Leśn., UR, Kraków* [in Polish].
- Talkkari, A., Peltola, H., Kellomäki, S., Strandman, H. (2000). Integration of component models from the tree, stand and regional levels to assess the risk of wind damage at forest margins. *For. Ecol. Manag.*, 135(1), 303–313. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(00\)00288-7](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(00)00288-7)
- Taszarek, M., Brooks, H. E. (2015). Tornado climatology of Poland. *Monthly Weath. Rev.*, 143(3), 702–717. <https://doi.org/10.1175/MWR-D-14-00185.1>
- Tomczak, A., Jelonek, T., Jakubowski, M. (2012a). Zmiany w budowie i właściwościach drewna jako efekt oddziaływania wiatru na drzewa [Changes in the structure and properties of wood as an effect of the impact of wind on trees]. *Sylvan*, 156(10), 776–783 [in Polish].
- Tomczak, A., Jelonek, T., Pazdrowski, W. (2012b). Ekscentryczność pni sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) z drzewostanów silnie ekspozowanych na wiatr [Pine (*Pinus sylvestris* L.) trunk irregularity due to stand exposure to wind]. *Pr. Kom. Nauk Roln. Kom. Nauk Leśn. PTPN*, 103, 41–46 [in Polish].
- Trębski, K. (2017). Największy kataklizm w historii Lasów Państwowych. Pobrane 14 sierpnia 2017 roku z: <http://www.lasy.gov.pl/pl/informacje/aktualnosci/najwieksza-taka-kleska-w-historii-polskich-lasow>
- Urban, G., Gil, W., Zachara, T. (2011). Szkody wyrządzone przez gołoledź i śnieg na przykładzie Nadleśnictwa Herby, na tle panujących warunków pogodowych w styczniu 2010 roku [Assessment of damage to trees in the Herby Forestry District caused by glazed frosts and snow during severe weather in January 2010]. *Leśn. Pr. Bad.*, 72 (3), 289–295 [in Polish]. <https://doi.org/10.2478/v10111-011-0029-2>
- Wieczorek, L. (2016). Zmienność czasowo-przestrzenna występowania trąb powietrznych w Europie i w Polsce w latach 1998–2013 [The temporal and spatial variability of the occurrence of tornadoes in Europe and in Poland in the years 1998–2013]. *Przeł. Geogr.*, 88(3), 353–368 [in Polish].
- Wood, C. J. (1995). Understanding wind forces on trees. W: M. P. Coutts, I. Grace (red.), *Wind and trees* (s. 133–164). Cambridge: Cambridge Univ. Press.
- Zachara, T. (2006). Problem szkód w lasach powodowanych przez śnieg i wiatr oraz sposoby przeciwdziałania im [Damage to forests caused by snow and wind and the ways of counteracting it]. *Sylvan*, 10, 56–64 [in Polish].
- Zajączkowski, J. (1991). Odporność lasu na szkodliwe działanie wiatru i śniegu [Forest resilience to the adverse effects of wind and snow]. Warszawa: Wyd. Świat [in Polish].
- Zięba, S., Doleżuchowicz, M., Banaś, J., Bujoczek, L. (2016). Ocena funkcjonowania modeli ryzyka uszkodzenia drzewostanów przez wiatr w górach na przykładzie Tatrzańskiego Parku Narodowego [Assessment of the risk models of wind damage to stands in the mountains – the Tatra National Park case study]. *Sylvan*, 160(5), 378–387 [in Polish].

EVALUATION AND CLASSIFICATION OF STAND DAMAGE CAUSED BY SEVERE WIND IN THE KRASNYSTAW FOREST DISTRICT BASED ON A NETWORK OF SAMPLE PLOTS

ABSTRACT

A network of sample plots was established in stands devastated by a hurricane-force wind in order to characterise the degree of tree damage. The wind was classified as F1 in the Fujita scale, which corresponds to wind speeds of 117–180 km/h. Tree damage cases were assigned to nine classes. Tree species and diameter at breast height (DBH) were determined. The wind damaged about half of the trees; every fifth tree exhibited crown damage (from broken individual branches to damage exceeding $\frac{3}{4}$ of the crown volume). Approximately every tenth tree was broken below the crown and a similar proportion of trees were uprooted. The wind damaged trees of all DBH classes, with the percentage of affected trees increasing with DBH: from slightly over $\frac{1}{3}$ for trees with DBH of less than 10 cm to 85% for trees with DBH of more than 63 cm. Due to the high variation of the affected site, it was difficult to adopt a schematic management response. On most plots damaged trees were surrounded by intact ones. Thus, under the circumstances an individualised approach should be applied to each stand.

Keywords: wind damage, snapped stems, uprooted trees, forest management in disaster-affected areas, abiotic factors