

ELŻBIETA DMYTERKO, ARKADIUSZ BRUCHWALD

Ocena szkód w lasach Polski spowodowanych przez huragan w sierpniu 2017 roku

Assessment of the damage to Polish forests caused by a hurricane in August 2017

ABSTRACT

Dmyterko E., Bruchwald A. 2020. Ocena szkód w lasach Polski spowodowanych przez huragan w sierpniu 2017 roku. Sylwan 164 (5): 355-364. DOI: <https://doi.org/10.26202/sylwan.2019073>.

On August 11-12, 2017, a hurricane passed from south to north of Poland causing considerable damage to forests, especially in regional directorates of the State Forests in Wrocław, Poznań, Toruń, Szczecinek and Gdańsk. By the end of 2018, the volume of wind-broken and wind-fallen trees and deadwood approximated to 9 million m³. In 9 forest districts the harvested volume exceeded 440 thousand m³, including two entities with over 1 million m³ each. The harvested volume was expressed as a percentage of allowable cut, calculated from the stand growth model. It showed possible timber harvest in final and intermediate cuts in the absence of natural disasters (strong wind, intense drought, heavy snowfall, insect outbreaks, etc.). In many forest districts, timber harvest accounted for 100% of the allowable cut, with the maximum value approximated to 1100% of the allowable cut. The high salvage harvest of post-hurricane timber prevents the execution of other economic tasks, including plans of stand rebuilding. On the example of forest districts with the largest damage, the possibilities of selecting forests classified as the most threatened by wind were examined. The wind damage risk model for the stand was used to determine the value of wind damage risk factor Wr for each stand (values from 0 to 3; the higher value, the higher risk). The damage risk factor allowed to create six damage risk classes of a span of 0.5 each and to assign individual stands to one of the damage classes. The share of the area of stands and damaged stands in Wr classes was also determined. In the Lipusz Forest District the share of stands in VI class of Wr was 9.8%, and the area of damaged stands in this class was 98.3%. In the Rytel and Przymuszewo forest districts, the areal share of such stands was 10.7% and 5.1%, respectively, and almost all stands in this class were damaged by the hurricane. The areal share of forests in the highest Wr class was reported in the Gniezno Forest District accounting for 4.8% and the hurricane damaged 85% of their area. The wind damage risk model for the stand allows to identify forests where damage is very likely to occur. It is, therefore, possible to take action on the rebuilding of stands before the wind comes and thus reduce its negative effects. The cutting plan should include, in the first place, stands classified to the high wind damage risk factor.

KEY WORDS

wind-caused damage, risk model, stand growth model, allowable cut

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

Zmiany klimatu wpływają na zagrożenia zarówno o charakterze globalnym, jak i lokalnym. Konsekwencją tych zmian są m.in. huraganowe wiatry niszczące przyrodę (w tym kompleksy leśne) i infrastrukturę oraz powodujące śmierć ludzi i zwierząt. W Polsce tragiczny w skutkach był huragan z 11 i 12 sierpnia 2017 roku, podczas którego z powodu upadających drzew śmierć poniosły dwie uczestniczki obozu harcerskiego w lasach Nadleśnictwa Rytel. Huragan z sierpnia 2017 roku należał do rodzaju „bow echo”, charakteryzującego się prędkością wiatru do 150 km/godz., co nie wyklucza przekraczania w porywach tej wartości. Wiatr taki powoduje duże zniszczenia w lasach, przewracając i łamiąc drzewa, a po jego przejściu dominują w krajobrazie połamane pnie drzew. Huragan ten, zaliczony do najtragiczniejszych, spowodował największe szkody w lasach Polski, oceniane wstępnie na około 12 mln m³ miąższości złomów i wywrotów. Na precyzyjniejszą ocenę szkód należy jeszcze poczekać kilka lat, do całkowitego pozyskania surowca drzewnego i wprowadzenia odpowiednich informacji do bazy danych Systemu Informatycznego Lasów Państwowych (SILP), w tym miąższości posuszu, który wydziela się nadmiernie również po ustąpieniu żywiołu.

Celem pracy jest przedstawienie wstępnej oceny wysokości szkód w lasach spowodowanych przez huragan z 11 i 12 sierpnia 2017 roku. Zaprezentowana będzie nie tylko pozyskana miąższość drzew w wartościach bezwzględnych, ale również w stosunku do miąższości możliwej do pozyskania w przypadku, gdyby wiatr nie wystąpił. Oceniona zostanie możliwość lokalizacji potencjalnych szkód, prognozowanych przed wystąpieniem huraganu.

Materiał i metody

Z bazy danych SILP uzyskano informację dotyczącą miąższości pozyskanych dłużyc, kłód, wyrzynków oraz innych grup surowca drzewnego, z uwzględnieniem drzew żywych, posuszu oraz złomów i wywrotów. Miąższość tych grup drzew pozyskaną ogółem w latach 2017 i 2018 określono dla każdego z 430 nadleśnictw Lasów Państwowych.

Wykorzystując model wzrostu drzewostanu, obliczono rozmiar użytkowania rębnego i przedrębego dla każdego nadleśnictwa [Bruchwald 1986]. Wartość ta, dotycząca 2017 roku i nazwana etatem modelowym, stanowiła podstawę wyrażenia szkód spowodowanych przez huragan w jednostkach względnych. Do analizy wykorzystano zatem miąższość pozyskanych złomów, wywrotów i posuszu wyrażoną w procentach etatu modelowego (miąższości modelowej).

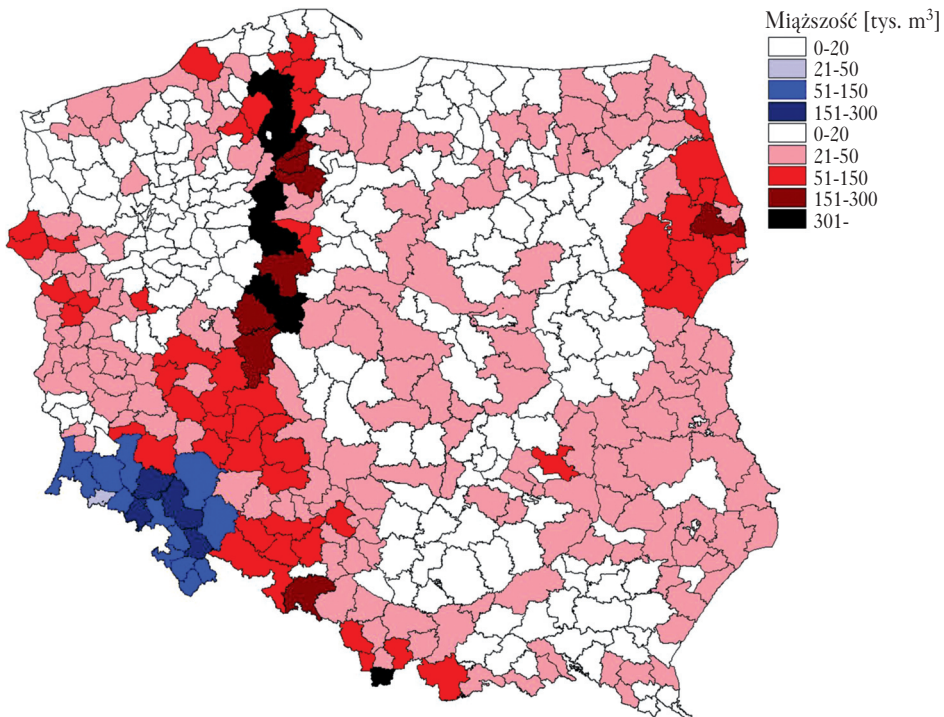
Do określenia przewidywanej lokalizacji prognozowanych szkód powodowanych przez huragan zastosowano model ryzyka uszkodzenia drzewostanu przez wiatr [Bruchwald, Dmyterko 2010; Bruchwald i in. 2018]. Za jego pomocą określono dla każdego drzewostanu nadleśnictwa współczynnik ryzyka uszkodzenia Wr , o wartościach od 0 do 3, co koreluje z prawdopodobieństwem wystąpienia szkody w drzewostanie – tym większym, im wyższa jest wartość współczynnika ryzyka. W celu wytypowania drzewostanów najbardziej zagrożonych przez wiatr utworzono za pomocą modelu 6 klas współczynnika ryzyka uszkodzenia Wr o jednakowej szerokości, a następnie przyporządkowano każdy drzewostan do odpowiedniej klasy współczynnika Wr i określono udział powierzchni drzewostanów w klasie, w tym również udział powierzchni drzewostanów uszkodzonych.

Za drzewostan uszkodzony przyjęto drzewostan, w którym pozyskana miąższość złomów, wywrotów i posuszu [m³/ha] jest większa od $1+h/12$, gdzie h jest średnią wysokością gatunku głównego drzewostanu [Bruchwald, Dmyterko 2010].

Wyniki

W latach 2017-2018 pozyskano w Lasach Państwowych około 21 mln m³ miąższości złomów, wywrotów i posuszu. Na tak wysokie pozyskanie wpłynęła głównie susza w sezonie wegetacyjnym 2015 roku oraz huragan z 2017 roku. Pozyskanie wymienionych rodzajów surowca drzewnego prezentuje mapa nadleśnictw Polski (ryc. 1). W południowo-zachodniej części kraju położone są nadleśnictwa Sudetów (zróżnicowane kolorem niebieskim), w których dominuje pozyskanie posuszu. Na północ od Sudetów, aż po Morze Bałtyckie, znajdują się nadleśnictwa tworzące stosunkowo wąski pas, w których szkody spowodował huragan z 2017 roku. Nadleśnictwa te podlegają 5 regionalnym dyrekcjom LP: we Wrocławiu, Poznaniu, Toruniu, Szczecinku i w Gdańsku. Pozyskana w nich dotychczas miąższość złomów, wywrotów i posuszu wyniosła łącznie około 9 mln m³ (tab. 1).

Na szczególną uwagę zasługuje 9 nadleśnictw, w których huragan z 2017 roku spowodował największe szkody. W każdym z nich pozyskanie przekroczyło 440 tys. m³, a największa miąższość złomów, wywrotów i posuszu, wynosząca ponad 1 mln m³, dotyczy nadleśnictw Rytel i Lipusz (ryc. 1). Na wschodzie występują nadleśnictwa, w których las został uszkodzony przez huragan z 2016 roku – w dużym stopniu dotyczy to drzewostanów Puszczy Knyszyńskiej, gdzie pozyskanie surowca trwało jeszcze w 2018 roku. Na południu kraju, w nadleśnictwach położonych na wschód od Sudetów, wysokie pozyskanie dotyczyło głównie posuszu, co związane było przede wszystkim z suszą w sezonie wegetacyjnym 2015 roku. Na południu kraju wyróżnia się również



Ryc. 1.

Pozyskana miąższość złomów, wywrotów i posuszu w nadleśnictwach w latach 2017 i 2018

Volume of wind-broken and wind-fallen trees and deadwood harvested in forest districts in 2017 and 2018

Tabela 1.

Liczba nadleśnictw (N) i miąższość [tys. m³] surowca pozyskanego w latach 2017 i 2018 po huraganie z sierpnia 2017 roku według RDLP

Number of forest districts (N) and volume [$\times 1000$ m³] of timber harvested in 2017 and 2018 after the hurricane in August 2017 by regional directorates of the State Forests

	N	P	ZiW	Σ
Wrocław	12	142	650	792
Poznań	13	177	1390	1567
Toruń	13	52	4659	4711
Szczecinek	3	42	533	575
Gdańsk	6	35	1343	1378
Razem	47	448	8875	9023

P – posusz, ZiW – złomy i wywroty, Σ – razem

P – deadwood, ZiW – wind-broken and wind-fallen, Σ – in total

Tabela 2.

Miąższość [tys. m³] surowca drzewnego pozyskanego w latach 2017 i 2018 w nadleśnictwach najbardziej uszkodzonych przez huragan z sierpnia 2017 roku

Volume [$\times 1000$ m³] of timber harvested in 2017 and 2018 in forest districts which were the most damaged by the hurricane of August 2017

	P	ZiW	Σ
Gniezno	14	517	531
Bytów	18	440	558
Czersk	3	741	744
Przymuszewo	3	491	494
Runowo	3	468	471
Rytel	3	1350	1353
Szubin	3	550	553
Lipusz	6	1045	1051

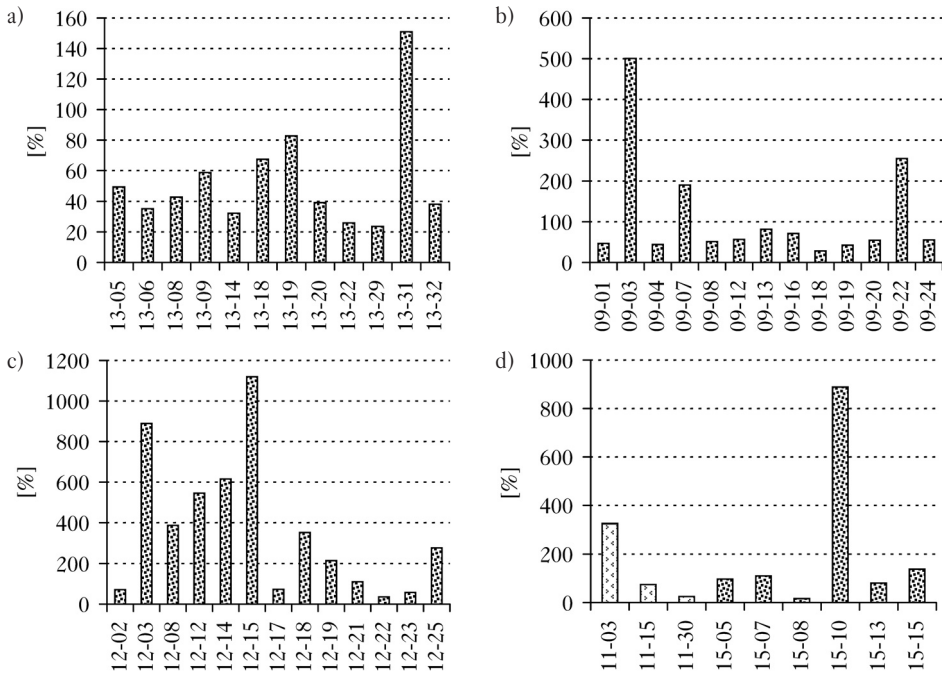
P – posusz, ZiW – złomy i wywroty, Σ – razem

P – deadwood, ZiW – wind-broken and wind-fallen, Σ – in total

Nadleśnictwo Rudy Raciborskie, w którym lasy zniszczone zostały przez lokalny huragan z 2016 roku, oraz Nadleśnictwo Ujsoły, w którym od wielu lat zachodzi proces rozpadu drzewostanów świerkowych, a jego przyczynami są m.in. wiatr, susza oraz rozwój owadów i grzybów.

Uszkodzone przez huragan z 2017 roku nadleśnictwa RDLP we Wrocławiu charakteryzują się wielkością ilorazu miąższości pozyskanej i modelowej od 24 do 151% (ryc. 2a). Iloraz tych miąższości przekraczający 100% oznacza konieczność wstrzymania zabiegów związanych nie tylko z przebudową drzewostanów, ale również z realizacją cięć pielęgnacyjnych. Nadleśnictwa o wartości ilorazu miąższości pozyskanej i modelowej w granicach 50-100% mają ograniczone możliwości realizacji tych zadań w ciągu roku lub 2 lat. W 3 nadleśnictwach zarządzanych przez RDLP w Poznaniu, a zwłaszcza w Nadleśnictwie Gniezno, występują bardzo wysokie wartości ilorazu miąższości. Uporządkowanie powierzchni drzewostanów uszkodzonych, a następnie jej odnowienie może potrwać kilka lat. Huragan z 2017 roku najbardziej uszkodził lasy RDLP w Toruniu (ryc. 2c). Aż w 8 nadleśnictwach iloraz miąższości pozyskanej i modelowej przekroczył 200%, co świadczy o bardzo dużych szkodach. Bardzo duży zakres zadań związanych z usuwaniem szkód po tym huraganie zrealizowano zwłaszcza w nadleśnictwach Rytel (gdzie pozyskano 11 etatów modelowych) i Czersk (z pozyskanymi 9 etatami).

Jako najsilniejsze zaklasyfikowano szkody w Nadleśnictwie Lipusz, oszacowane zaraz po wystąpieniu huraganu w 2017 roku na około 2,2 mln m³ surowca drzewnego. Dotychczas pozyskano



Ryc. 2.

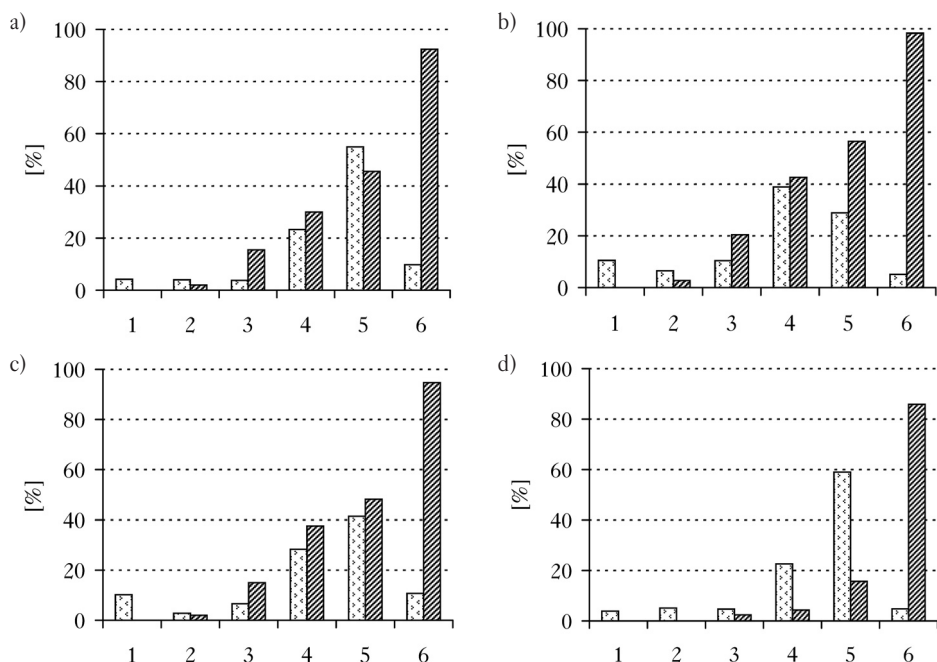
Pozyskana miąższość złomów, wywrotów i posuzu wyrażona w procentach etatu modelowego w nadleśnictwach RDLP we Wrocławiu (a), Poznaniu (b), Toruniu (c) oraz Szczecinku i Gdańsku (d)

Harvested volume of wind-broken and wind-fallen trees and deadwood expressed as a percentage of the model volume for forest districts in regional directorates of the State Forests in Wrocław (a), Poznań (b), Toruń (c) as well as Szczecinek and Gdańsk (d)

13-05 – Chocianów, 13-06 – Wołów, 13-08 – Głogówko, 13-09 – Oleśnica Śl., 13-14 – Lubin, 13-18 – Milicz, 13-19 – Oborniki Śl., 13-20 – Olawa, 13-22 – Ruszków, 13-29 – Węgliniec, 13-31 – Żmigród, 13-32 – Przemków, 09-01 – Antonin, 09-03 – Gniezno, 09-04 – Góra Śl., 09-07 – Jarocin, 09-08 – Karczma Borowa, 09-12 – Kościan, 09-13 – Krotoszyn, 09-16 – Piaski, 09-18 – Przedbórz, 09-19 – Syców, 09-20 – Taczanów, 09-22 – Czerniejewo, 09-24 – Włokaszowice, 12-02 – Bydgoszcz, 12-03 – Czersk, 12-08 – Gołębki, 12-12 – Przymuszewo, 12-14 – Runowo, 12-15 – Ryteł, 12-17 – Solec Kujawski, 12-18 – Szubin, 12-19 – Tuchola, 12-21 – Zamrzemica, 12-22 – Żółędowo, 12-23 – Lutówko, 12-25 – Wóziwoda, 11-03 – Bytów, 11-15 – Osusznica, 11-30 – Czarnobór, 15-05 – Kartuzy, 15-07 – Kościerzyna, 15-08 – Kwidziń, 15-10 – Lipusz, 15-13 – Strzebielno, 15-15 Cewice

tam 1,05 mln m³, co jest wielkością bardzo dużą, jednak stanowi tylko połowę oszacowanych szkód – 9 etatów modelowych. Duże pozyskanie dotyczyło również Nadleśnictwa Bytów – wynosiło ponad 3 etaty modelowe.

Sposób wytypowania drzewostanów najbardziej zagrożonych przez wiatr i inne czynniki przedstawiono na przykładzie nadleśnictw, w których powstały największe szkody w lasach po huraganie z 2017 roku. Nadleśnictwo Lipusz charakteryzowało się w 2017 roku bardzo małym udziałem powierzchni drzewostanów w pierwszej, drugiej i trzeciej klasie współczynnika Wr , a wysokim udziałem w klasie piątej (ryc. 3a). W klasie szóstej – oznaczającej największe prawdopodobieństwo uszkodzenia – udział drzewostanów wynosił 9,8%. Wyższej klasie współczynnika ryzyka Wr odpowiada wyższy udział powierzchni uszkodzonych drzewostanów. W szóstej klasie współczynnika ryzyka udział ten wynosi 98,3%, a więc prawie wszystkie drzewostany tej klasy zostały uszkodzone przez huragan. Każdy z tych drzewostanów opisany jest adresem leśnym, można więc go zlokalizować i ewentualnie przed wystąpieniem huraganu odpowiednio przebudować. Zbliżonym rozkładem udziału drzewostanów w klasach współczynnika Wr do Nadleśnictwa Lipusz charakteryzowało się Nadleśnictwo Ryteł (ryc. 3b). Największy udział powierzchni drzewostanów dotyczył klasy piątej współczynnika Wr , natomiast udział klasy szóstej stanowił 10,7%.



Ryc. 3.

Udział [%] całkowitej (jasny) i uszkodzonej (ciemny) powierzchni drzewostanów w klasach współczynnika ryzyka uszkodzenia drzewostanu przez wiatr Wr w nadleśnictwach Lipusz (a), Przymuszewo (b), Ryteł (c) i Gniezno (d)

Fraction [%] of the total area of stands (light) and damaged stands (dark) in the wind damage risk factor Wr classes for Lipusz (a), Przymuszewo (b), Ryteł (c) i Gniezno (d) forest districts

Prawie wszystkie drzewostany szóstej klasy zostały uszkodzone przez huragan. W rozkładzie drzewostanów w klasach współczynnika ryzyka uszkodzenia Wr w Nadleśnictwie Przymuszewo dominowała klasa czwarta, a udział drzewostanów w klasie szóstej wynosił tylko 5,1% (ryc. 3c). Drzewostany szóstej klasy zostały prawie całkowicie zniszczone przez wiatr. W Nadleśnictwie Gniezno wysoki jest udział powierzchni drzewostanów zaliczonych do piątej klasy współczynnika ryzyka Wr , mały natomiast do klasy szóstej (4,8%). Około 85% drzewostanów najwyższej klasy współczynnika ryzyka zostało zniszczonych przez wiatr.

Dyskusja

Silny wiatr jest najczęściej pierwotną przyczyną powstawania szkód w lasach Polski. Po przejściu huraganu w drzewostanach występuje duża ilość złomów i wywrotów oraz drzew z poderwanym systemem korzeniowym, które w następnych latach wydzielają się w postaci posuszu. Drzewa takie są atakowane przez owady (co przeważnie powoduje gradacje) oraz grzyby.

W XXI wieku przez polskie lasy przeszło kilka huraganów, z których największe szkody wyrządziły:

- front szkwałowy z trąbami powietrznym, który przeszedł przez Puszcze Piską, Kurpiowską i Borecką (lipiec 2002 roku),
- burza w Beskidzie Śląskim i Żywieckim (listopad 2004 roku),
- międzykontynentalny orkan „Cyril”, który przeszedł przez południowo-zachodnią Polskę i wyrządził duże szkody, zwłaszcza w Sudetach (styczeń 2007 roku),

- układ burzowy z trąbami powietrznymi, który zawiązał się w Nadleśnictwie Kędzierzyn, wyrządził duże szkody w nadleśnictwach Rudziniec, Koszęcin i Herby, a zakończył się w Nadleśnictwie Gidle (lipiec 2007 roku),
- burza w Puszczy Knyszyńskiej z dużymi szkodami w nadleśnictwach Dojlidy, Supraśl i Żednia (czerwiec 2017 roku),
- opisywana w niniejszej pracy burza z bardzo silnym wiatrem, przechodząca od Sudetów po Morze Bałtyckie (sierpień 2017 roku).

Wymienione wiatry spowodowały duże straty w lasach, ale drzewostany były niszczone również przez opady mokrego śniegu, powodujące śniegołomy, np. na Warmii i Mazurach (grudzień 2006 roku), oraz oblodzenia drzew wywołujące gołoledź (okiść), m.in. w nadleśnictwach Herby, Żłoty Potok, Kłobuck, Oleśno i Gidle (marzec 2010 roku), Lubaczów i Narol (styczeń 2014 roku) oraz Sieniawa i Oleszyce (styczeń 2013 roku). Gołoledź uszkadza głównie drzewostany młode, uprawy i młodniki, co powoduje konieczność ponownego zalesienia powierzchni.

Ważną przyczyną powstawania szkód w lasach są susze, szczególnie w sezonie wegetacyjnym [Bruchwald i in. 2019]. Ujemny klimatyczny bilans wodny w 2006 roku był pierwotną przyczyną rozpadu osłabionych drzewostanów świerkowych w Beskidach Zachodnich [Durło 2007]. Podobny proces zachodzi obecnie w Sudetach po bardzo dużym niedoborze wody, który wystąpił w 2015 roku [Durło 2019].

Huragan z 11 i 12 sierpnia 2015 roku spowodował rekordowe szkody w lasach, ponieważ przez 1,5 roku od jego wystąpienia pozyskano już 9 mln m³ złomów, wywrotów i posuszu. Dla porównania po huraganie w Puszczy Piskiej (2002 roku) pozyskano około 4 mln m³ drewna pokłeskowego, a uprzątnięcie powierzchni i ich zalesianie trwało do 2009 roku. W kilku nadleśnictwach huragan z 2017 roku spowodował rekordowe zniszczenia, przekraczające 1 mln m³ złomów i wywrotów. Zaliczają się do nich Rytel i Lipusz, gdzie dotychczas pozyskano odpowiednio 1,35 i 1,05 mln m³ drewna pokłeskowego. W trzech innych nadleśnictwach – Gniezno, Czersk i Szubin – pozyskanie przekroczyło 0,5 mln m³ surowca drzewnego.

Czy można ograniczyć wielkość szkód w lasach spowodowanych wiatrem? Intensywne badania, prowadzone już od przeszło 20 lat, umożliwiły zbudowanie modeli wyjaśniających m.in. przyczyny powstawania szkód, jak i modeli oceniających ryzyko wystąpienia szkód spowodowanych przez wiatr. Już w 1993 roku Peltola i Kellomäki zbudowali mechanistyczny model określający prędkość wiatru powodującego pęknięcie pnia sosny, stwierdzając, że ma to związek ze smukłością drzewa i z niektórymi cechami korony [Peltola, Kellomäki 1993]. Autorzy ci rozważali możliwość wystąpienia większych szkód w lasach Finlandii wskutek zmian zachodzących w klimacie naszej planety [Peltola i in. 1999]. Stwierdzili, że wzrost temperatury powietrza atmosferycznego skróci okres z zamrożoną glebą, a tym samym obniży stabilność drzew i zwiększy prawdopodobieństwo wystąpienia szkód w lasach położonych na północy kraju. Innego rodzaju modele, również zbudowane w Finlandii, służą do określenia prędkości wiatru, przy której drzewo zostaje przewrócone [Gardiner i in. 2000]. Autorzy wykazali przydatność zastosowania współczynnika smukłości drzew do budowy takich modeli.

Modele ryzyka uszkodzenia borealnych drzewostanów sosnowych przez wiatr i śnieg zbudowano też w Szwecji [Valinger, Fridman 1997]. Wykazano przydatność tych modeli dla regionów, z których pochodził materiał empiryczny zastosowany do ich budowy. Interesujące badania prowadzono również w Irlandii, poszukując stanowisk, w które może uderzyć kolejny wiatr [Ni Dhubhain i in. 2001].

Model FOREALE jest próbą wyjaśnienia rodzaju uszkodzeń drzewostanu spowodowanych przez wiatr [Ancelin i in. 2004]. Uwzględnia się w nim m.in. wysokość drzewa i długość jego

korony, jednak najsilniejszy związek z wielkością szkód ma prędkość wiatru. Przegląd mechanicznych modeli prognozujących szkody spowodowane przez wiatr, uwzględniających procesy fizyczne związane ze złamaniem lub wyrwaniem drzewa z ziemi, w tym modeli GALES i HWIND, przeprowadzili Gardiner i in. [2008]. Autorzy zwracają uwagę na wzrost ryzyka powstania szkód w drzewostanach przerzedzonych wcześniej przez wiatr.

Niektóre modele służą do przewidywania prędkości wiatru na obszarach górskich [Mitchell i in. 2008]. Cechami przydatnymi do tego celu okazały się wysokość położenia drzewostanu nad poziomem morza i ekspozycja (wystawa) drzewostanu. Interesujące badania nad podatnością liściastych gatunków drzew na uszkodzenia przez wiatr prowadzone były w Kanadzie [Nolet i in. 2012]. W opracowanym tam modelu regresji logistycznej uwzględniono m.in. wskaźnik intensywności wiatru, gatunek drzewa i jego pierśnicę.

Opracowany w Polsce model ryzyka uszkodzenia drzewostanu przez wiatr oparty jest na innych cechach niż modele skandynawskie [Bruchwald, Dmyterko 2010; Bruchwald i in. 2018]. Uwzględnia 6 cech drzewostanu: średnią wysokość, wiek, smukłość (h/d) i zadrzewienie, a dla drzewostanów młodych stopień zagęszczenia oraz skład gatunkowy i typ siedliskowy lasu. Uwzględnienie tych cech w modelu było możliwe dzięki funkcjonowaniu w Lasach Państwowych Systemu Informatycznego (SILP). W jego bazach danych aktualizowane są informacje o każdym drzewostanie, również o pozyskanej miąższości drzew żywych, suchych, wywrotów i posuszu. Ostatnie z tych danych pozwoliły na uwzględnienie w modelu miąższości drewna pokłęskowego pozyskanego w każdym nadleśnictwie. Dla obszarów górskich wykorzystano w modelu ryzyka także podstawowe cechy rzeźby terenu: średnią wysokość położenia drzewostanu nad poziomem morza oraz wystawę i nachylenie stoku. W bazie SILP znajdują się również mapy numeryczne dla każdego nadleśnictwa, co umożliwia graficzne prezentowanie wyników uzyskanych za pomocą modelu.

Model ryzyka uszkodzenia drzewostanu przez wiatr określa z dużym prawdopodobieństwem grupę drzewostanów najbardziej zagrożonych przez działanie wiatru, obejmującą drzewostany o najwyższej wartości współczynnika ryzyka Wr , zaliczane do szóstej, najwyższej klasy tego współczynnika. Potwierdzają to również inne badania przeprowadzone w regionalnych dyrekcjach LP w Szczecinku i Białymstoku [Bruchwald i in. 2018; Bruchwald, Dmyterko 2019].

W cięciach rębnych przebudowuje się co roku około 1% powierzchni drzewostanów nadleśnictwa. Pożądane jest, aby były to drzewostany o najwyższej wartości współczynnika ryzyka Wr . Ze względu na wymogi ładu przestrzennego stawiane cięciom rębnym wybór powinien być dokonywany z większej puli drzewostanów, np. z 5% powierzchni. Jeżeli więc w szóstej klasie współczynnika ryzyka Wr znajduje się więcej niż 5% powierzchni drzewostanów, wówczas ich wybór do planu cięć rębnych może dotyczyć wszystkich drzewostanów należących do tej klasy, z preferowaniem tych, które charakteryzują się najwyższą wartością współczynnika ryzyka. Gdy udział drzewostanów w szóstej klasie współczynnika ryzyka będzie mniejszy od 5%, wybór drzewostanów do planu cięć powinien dotyczyć wszystkich drzewostanów tej klasy i odpowiedniej liczby drzewostanów z klasy piątej, o największych wartościach współczynnika ryzyka uszkodzenia. Postępowanie polegające na wcześniejszej przebudowie drzewostanów o największej wartości współczynnika ryzyka zmierza do zmniejszenia szkód w lesie w przypadku wystąpienia silnego wiatru.

Wnioski

✦ W sierpniu 2017 roku wystąpił w Polsce huragan, który spowodował nienotowane dotychczas szkody w lasach naszego kraju. Od wystąpienia huraganu pozyskano łącznie w latach 2017 i 2018

około 9 mln m³ złomów i wywrotów, a więc surowca drzewnego o obniżonej jakości i tym samym niskiej wartości.

- ✦ Sierpniowa burza z 2017 roku przesuwała się z południa na północ Polski, a największe szkody wyrządziła w północnej części kraju. W dziewięciu nadleśnictwach w latach 2017 i 2018 pozyskano powyżej 300 tys. m³ surowca drzewnego, a w dwóch nadleśnictwach jego pozyskanie przekroczyło 1 mln m³. Pozyskanie takie stanowi około 10-11 etatów określonych modelem wzrostu drzewostanu.
- ✦ Za pomocą modelu ryzyka uszkodzenia drzewostanu przez wiatr można wcześniej, jeszcze przed wystąpieniem wiatru, zlokalizować drzewostany, które zostaną uszkodzone, również najsilniej, gdy wystąpi wiatr. Istnieje zatem możliwość podjęcia prac nad przebudową drzewostanów przed wystąpieniem silnych wiatrów, a tym samym zmniejszenia ich negatywnych skutków. Wymaga to wprowadzenia do planu cięć rębnych w pierwszej kolejności drzewostanów o najwyższych wartościach współczynnika ryzyka uszkodzenia przez wiatr *Wr*.
- ✦ Model ryzyka uszkodzenia drzewostanów przez wiatr jest napisany w języku JAVA. Korzystając z danych zawartych w bazie SILP, można za jego pomocą uzyskać rozkład drzewostanów o różnych wartościach współczynnika ryzyka *Wr* w postaci tabel i map. Wskazane jest więc wykorzystanie modelu ryzyka uszkodzenia drzewostanu przez wiatr do przebudowy drzewostanów w poszczególnych nadleśnictwach, zwłaszcza na obszarach górskich, w których wiatr wyrządza często duże szkody.

Literatura

- Ancelin P., Courbaud B., Fourcaud T. 2004. Development of an individual tree-based mechanical model to predict wind damage within forest stands. *Forest Ecology and Management* 203 (1-3): 101-121.
- 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. 2010. Metoda określania ryzyka uszkodzenia drzewostanu. *Leś. Pr. Bad.* 2: 165-148.
- Bruchwald A., Dmyterko E. 2019. Zastosowanie modelu ryzyka uszkodzenia drzewostanu przez wiatr do oceny prawdopodobieństwa lokalizacji szkód w lasach Regionalnej Dyrekcji Lasów Państwowych w Białymstoku. *Sylvan* 163 (8): 629-636. DOI: <https://doi.org/10.26202/sylvan.2019014>.
- 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>.
- Bruchwald A., Dmyterko E., Mionskowski M., Wrzesiński P. 2019. Dynamika procesu śmiertelności drzew w Sudech w okresie 2002-2018. *Sylvan* 163 (11): 903-912. DOI: <https://doi.org/10.26202/sylvan.2019049>.
- Dmyterko E., Bruchwald A., Mionskowski M. 2019. Rozpad drzewostanów świerkowych w Beskidzie Żywieckim. *Sylvan* 163 (2): 130-140. DOI: <https://doi.org/10.26202/sylvan.2018103>.
- Durło G. B. 2007. Klimatyczny bilans wodny okresów wegetacyjnych w Beskidach Zachodnich. *Acta Agrophysica* 19 (3): 553-562.
- Durło G. B. 2019. Klimatyczny bilans wodny na obszarze Parku Krajobrazowego Góry Opawskie. *Sylvan* 163 (10): 802-810. DOI: <https://doi.org/10.26202/sylvan.2019050>.
- Gardiner B., Byrne K., Hale S., Kamimura K., Mitchell S. J., Peltola H., Ruel J. C. 2008. A review of mechanistic modelling of wind damage risk to forests. *Forestry* 81 (3): 447-463.
- Gardiner B., Peltola H., Kellomäki S. 2000. Comparison of two models for predicting the critical wind speeds required to damage coniferous trees. *Ecological Modelling* 129 (1): 1-23.
- Mitchell S. J., Lanquaye-Opoku N., Modzelewski H., Shen Y., Stull R., Jackson P., Murphy B., Ruel J.-C. 2008. Comparison of wind speeds obtained using numerical weather prediction models and topographic exposure indices for predicting windthrow in mountainous terrain. *Forest Ecology and Management* 254 (2): 193-204.
- Ni Dhubbain A., Walshe J., Bulfin M., Keane M., Mills P. 2001. The initial development of a windthrow risk model for Sitka spruce in Ireland. *International Journal of Forest Research* 74 (2): 161-170. DOI: <https://doi.org/10.1093/forestry/74.2.161>.
- Nolet P., Doyon E., Bouffard D. 2012. Predicting Stem Windthrow Probability in a Northern Hardwood Forest Using a Wind Intensity Bio-Indicator Approach. *Open Journal of Forestry* 2 (2): 77-87.
- Peltola H., Kellomäki S. 1993. A mechanistic model for calculating windthrow and stem breakage of Scots pines at stand edge. *Silva Fennica* 27 (2): 99-111.

- Peltola H., Kellomäki S., Väisänen H. 1999. Model Computations of the Impact of Climatic Change on the Windthrow Risk of Trees. *Climatic Change* 41 (1): 17-36.
- Valinger E., Fridman, J. 1997. Modelling probability of snow and wind damage in Scots pine stands using tree characteristics. *Forest Ecology and Management* 97 (3): 215-222.