



Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kollątaja w Krakowie
Wydział Leśny

Karol Gielarowiec

Nr albumu: 692

**Wpływ technologii pozyskiwania drewna na zmiany
wartości użytkowej surowca z terenów pohuraganowych**

Rozprawa doktorska
na kierunku Leśnictwo

Praca wykonana pod kierunkiem
dr hab. inż. Grzegorza Szewczyka, prof. URK
Wydział Leśny

Kraków, maj 2022

Streszczenie

Wpływ technologii pozyskiwania drewna na zmiany wartości użytkowej surowca z terenów pohuraganowych

Szkody abiotyczne w lasach, spowodowane głównie huraganowymi wiatrami, przybierają formy wiatrołomów i wiatrowałów. W ostatnich latach szkody te przybierają formy katastroficzne i coraz częściej występują cyklicznie. Uszkodzenia drewna oraz specyfika stosowania harwesterów sprawiają, że można spodziewać się odmiennej od optymalnej, zaplanowanej wcześniej struktury sortymentowej pozyskiwanego drewna na terenach pohuraganowych. Surowiec drzewny pochodzący z drzewostanów pokłeskowych różni się co do struktury od drewna pozyskiwanego w ramach cięć planowych. Odnotowuje się przesunięcie surowca z wyższych do niższych klas jakości. Jakość surowca drzewnego na powierzchniach pokłeskowych może zmieniać się w krótkim czasie, co wiąże się z działaniem czynników atmosferycznych i rodzajem uszkodzenia drewna.

Celem pracy było określenie zmian w strukturze sortymentowej pozyskanego oraz sprzedanego drewna na powierzchniach pohuraganowych w stosunku do pozyskiwania prowadzonego w warunkach standardowych. Różnice określono w porównaniu do roku poprzedzającego rok, w którym wystąpiły szkody od wiatru, biorąc pod uwagę stopień wykorzystania maszyn wielooperacyjnych na powierzchniach pokłeskowych.

Wykorzystane w pracy dane zostały uzyskane etapowo z regionalnych dyrekcji Lasów Państwowych oraz z Generalnej Dyrekcji Lasów Państwowych. Dane z systemów informatycznych LP zostały poddane klasyfikacji i analizie statystycznej.

Łącznie na przestrzeni lat 2005 – 2017 w PGL LP pozyskano 433 310 tys. m³ drewna. Szkody powierzchniowe, w których uszkodzenia przekraczały 5000 m³ drewna wyniosły, na przestrzeni wskazanych wyżej lat, 18 534 453 m³, co stanowi ponad 4% drewna pozyskiwanego w ramach uprzątania dużych powierzchni kłeskowych po wystąpieniu silnych wiatrów. Określono oryginalny współczynnik wielkości uszkodzeń W , który został obliczony dla wszystkich uszkodzeń od wiatru powyżej 5 tys. m³. Przeciętna wielkość takiej szkody, w badanych latach w Polsce, wyrażona współczynnikiem W wyniosła 0,76.

Stwierdzono istotne zmiany w strukturze pozyskania i sprzedaży drewna w roku gospodarczym, w którym wystąpił wiatr huraganowy w zakresie

- zmiany udziału kategorii drewna małowymiarowego (M) z 5,94% do 4,38 % w roku szkody od wiatru;
- zmiany udziału drewna wyższych klas jakości w drewnie wielkowymiarowym - średni roczny udział pozyskania drewna wyższych klas jakości w drewnie wielkowymiarowym zmniejszył się z poziomu 13,49 % do poziomu 10,74 % w roku wystąpienia huraganu.
- zmiany średniej ceny drewna SO WC0 1 w roku przed wystąpieniem szkody wyniosła 186,93 zł/m³, w roku szkody, po zastosowaniu współczynnika korekty ceny (KC), spadła do poziomu 185,06 zł/m³.

Stwierdzono, że różnica średnich liczebności grup sprzedaży w roku przed wystąpieniem huraganu (162,60) i w roku wystąpienia szkody od wiatru (158,30) była niewielka i wyniosła 3% - nie jest istotna statystycznie. Nie stwierdzono, że na powierzchniach pohuraganowych struktura wyrabianych oraz sprzedawanych sortymentów jest upraszczana. Nie stwierdzono zmian w przeciętnej cenie drewna ogółem oraz w cenie drewna krótkiego (kłodowanego oraz średniowymiarowego). Zmiany w udziale drewna wielkowymiarowego i średniowymiarowego pozostają na podobnym poziomie – różnice nie były istotne.

Odnotowano większy spadek drewna wyższych klas jakości pozyskiwanego na terenach pohuraganowych z wykorzystaniem maszyn wielooperacyjnych (-4,05 %) w porównaniu do powierzchni, na których stosowano technologie ręczno-maszynową (-1,53 %). Ponadto określono zależności zmian udziału drewna wyższych klas jakości w drewnie wielkowymiarowym od współczynnika wielkości szkody (W) (korelacja ujemna) oraz od udziału w sprzedaży strategicznych odbiorców drewna (korelacja dodatnia).

Rozprawa ujmuje kompleksowo problemy jakości surowca drzewnego pozyskiwanego w Polsce na powierzchniach pohuraganowych w okresie transformacji technologii pozyskania drewna, przejścia z technologii ręczno-maszynowej do technologii maszynowej z wykorzystaniem harwesterów.

Słowa kluczowe: pozyskanie drewna, harwester, maszynowy model pozyskiwania drewna, jakość drewna, struktura pozyskania drewna, wiatr.

Abstract

Influence of timber harvesting technology on changes in utility value of wood from post-hurricane areas

Abiotic damage to forests which are caused mainly by hurricane winds, takes the form of windbreaks and windfalls. In recent years, these damages have become catastrophic and they are cyclical. Timber damage and the specificity of harvesters using may result in something other than optimal, previously planned wood structure of the timber in the post-hurricane areas. The structure of the timber from disaster stands differs from the timber structure as part of planned cuttings. There is a shift in a timber from higher to lower quality classes. The quality of timber on disaster areas may change in a short time, which is related to the influence of weather conditions and the type of damage to the wood.

The aim of the study was to determine the changes in the timber structure of harvested and sold wood material on post-hurricane plots in relation to wood harvesting carried out under standard conditions. The differences were determined in comparison to the year preceding the year with the wind damage occurred, taking into account the level of use of multi-operational machines on post-disaster areas.

Original data were obtained in stages. It was from the regional directorates of State Forests and the General Directorate of State Forests. Data from the information systems of the State Forests (SILP) were subject to classification and statistical analysis.

In total, over the years 2005 - 2017, the State Forests made 433 310 thousand. m³ of wood. Surface damages which damage exceeded 5,000 m³ of wood, amounted to 18,534,453 m³ over the above-mentioned years, which is over 4% of wood obtained as part of cleaning up large areas of disaster after hurricane winds. The original damage size factor W was determined, which was calculated for all wind damage over 5,000. m³. The average amount of such damage in the analyzed years in Poland, expressed by the W factor has been specified as 0.76.

Significant changes were found in the structure of timber harvesting and sold wood in the marketing year in which there was a hurricane wind in the scope of:

- change in the category of small-sized timber share (M) from 5.94% to 4.38% in the year of wind damage;
- changes in the share of wood of higher quality classes in large-sized timber - the average annual share of timber in higher quality classes in large-sized wood decreased from 13.49% to 10.74% in the year of the hurricane.
- changes in the average price of SO WC0 1 wood in the year before the occurrence of the damage amounted to PLN 186.93 / m³, in the year of damage, after applying the price adjustment factor (KC), it decreased to the level of PLN 185.06 / m³.

It was found that the difference in the average size of the sales groups in the year before the hurricane (162.60) and in the year of wind damage (158.30) was small and amounted to 3% - it was not statistically significant. It has not been found that the structure of wood harvesting and sold timber is simplified on the post-hurricane surfaces. No changes were found in the average price of total timber and the price of short timber (logs and medium-sized timber). Changes in the share of large and medium-sized wood remain at a similar level - the differences were not significant.

There was a greater decrease in wood of higher quality classes harvested in post-hurricane areas with the use of multi-operational machines (-4.05%) compared to the areas where motor-manual technology was used (-1.53%). Moreover, the dependence of changes in the share of wood of higher quality classes in large-size wood on the damage size factor (W) (negative correlation) and on the share in sales of strategic timber buyers (positive correlation) were determined.

The dissertation comprehensively presents the problems of the quality of wood obtained in Poland on post-hurricane surfaces during the transformation of the wood harvesting technology, the transition from motor-manual technology to fully mechanised technology with the use of harvesters.

Keywords: timber harvesting, harvester, fully mechanised model of wood harvesting, wood quality, wood harvesting structure, wind.

Składam serdeczne podziękowania

Promotorowi Panu dr hab. inż. Grzegorzowi Szewczykowi za wszystkie wskazówki, uwagi, za wszelką pomoc i wsparcie na każdym etapie niniejszej pracy,

Panu Prof. dr hab. inż. Januszowi M. Sowie za umożliwienie podjęcia studiów III stopnia oraz za wszelką pomoc w realizacji pracy,

Helence, Jasiowi i Dominice za wsparcie i motywację do pracy.

Spis treści

Wstęp	4
Przegląd literatury	8
Szkody w lasach, ich wpływ destrukcyjny i stymulujący stabilność drzewostanów.....	8
Wiatr, mechanizm powstania i związane z nim zjawiska klęskowe.....	10
Problemy usuwania szkód od wiatru, ich logistyka	13
Rozwój maszynowego pozyskania drewna	16
Technologie pozyskiwania drewna stosowane na powierzchniach pokłeskowych.....	20
Zmiany jakości i wartości drewna na powierzchniach pokłeskowych	24
Cel pracy i hipotezy badawcze	27
Metodyka badań	29
1. Określenie wielkości szkód od wiatru w latach 2005-2017 w drzewostanach będących w zarządzie Lasów Państwowych.....	29
2. Określenie współczynnika wielkości uszkodzeń	33
2.1 Wybór nadleśnictw do szczegółowych analiz struktury surowca drzewnego pozyskanego na powierzchniach z pohuraganowych.....	34
2.2 Baza danych opisujących struktury pozyskanego surowca drzewnego	37
2.3 Charakterystyka terenu badań	38
3. Analizy i określenie istotności różnic w strukturze pozyskania i sprzedaży drewna (w porównaniu do roku przed wystąpieniem szkody) dla wylosowanych powierzchni badawczych.....	42
3.1 Analizy cenowe	45
3.2 Analizy statystyczne	47
4. Badanie wpływu wybranych składników otoczenia na strukturę pozyskanego drewna na powierzchniach pohuraganowych.....	49

Wyniki badań	50
I Struktura szkód od wiatru.....	50
II Wybór powierzchni badawczych.....	53
III Różnice w strukturze pozyskania i sprzedaży drewna w porównaniu do roku przed wystąpieniem szkody dla analizowanych nadleśnictw	56
Pozyskanie drewna ogółem.....	56
Struktura pozyskanego drewna w kategoriach drewna W, S, M.....	58
Struktura pozyskanego drewna w wyższych klasach jakości	64
Grupy sprzedaży drewna - grupy sortymentowe.....	66
Analizy cenowe – średnie ceny sprzedanego drewna.....	68
IV Badanie wpływu czynników otoczenia na strukturę pozyskanego drewna na powierzchniach pohuraganowych	78
Dyskusja	89
Stwierdzenia i wnioski	95
Literatura	98
Aneks	108

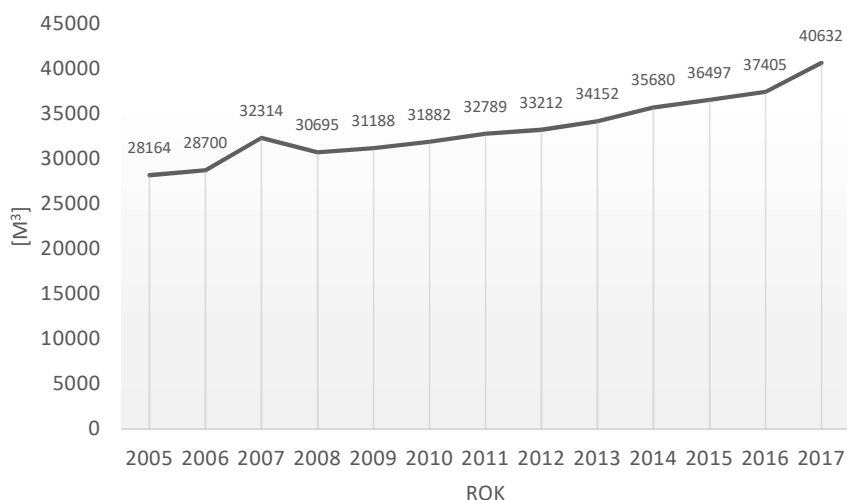
Wstęp

Spowodowane głównie huraganowymi wiatrami szkody abiotyczne w lasach przybierają formy wiatrołomów i wiatrowałów. Wprawdzie w ostatnich latach szkody te narastają do form katastrofalnych i coraz częściej występują cyklicznie, jednak nie są domeną tylko naszych czasów. Udokumentowane zjawiska klęskowe mają w naszych szerokościach geograficznych długą historię [Schelhass i in. 2003]. Teraz jednak, zapewne z powodu globalnej industrializacji i urbanizacji, uszkodzenia drzewostanów mają większe niż kiedyś znaczenie gospodarcze i ekologiczne.

Skupienie szkód na stosunkowo niewielkich obszarach powoduje całkowite wylesienia całych obrębów leśnych a ich rozmiar stanowi niejednokrotnie kilkuletni etat całych nadleśnictw, co stwarza zagrożenia trwałości drzewostanów i może powodować zachwiania na rynku drzewnym. W przypadku szkód od wiatru często należy liczyć się z deprecjacją surowca. Strzały mogą być popękane czy rozłupane, przy czym wady mogą obejmować najbardziej wartościową, odziomkową część drzewa. Wspomniane uszkodzenia mogą powodować przesunięcia wymanipulowanych sortymentów do niższych klas jakości w stosunku do tych, które mogłyby być potencjalnie możliwe do uzyskania. Najczęściej spotykane jest przesunięcie klas surowca z drewna wielkowymiarowego w kierunku drewna średniowymiarowego oraz przesunięcie drewna długiego w kierunku drewna krótkiego w ramach drewna wielkowymiarowego. Zmiany jakościowe drewna pokłeskowego nie są jednak zawsze równoznaczne ze stratą wartości użytkowej surowca, która przekłada się także na wartość rynkową drewna.

Łącznie na przestrzeni lat 2005 – 2017 w PGL LP pozyskano 433 310 tys. m³ drewna [GUS 2010, 2015, 2018], przy czym proces ten we wskazanych latach miał tendencję wzrostową (ryc. 1). W związku z coraz częstszym występowaniem klęsk żywiołowych wzrastają również zagrożenia biotyczne i zwiększa się udział pozyskania drewna z cięć sanitarnych [Leśnictwo w górach 2009]. Pozyskanie drewna na terenach pokłeskowych, w których szkody jednorazowe wyniosły co najmniej 5000 m³ drewna, osiąga poziom 4% pozyskania w Państwowym Gospodarstwie Leśnym Lasy Państwowe. Nieprzekraczanie pozyskania ponad wartość przyrostu rocznego wpływa na stałe zwiększanie się zasobów drzewnych na pniu. W 2016 roku grubizna brutto pozostająca na pniu w Lasach Państwowych przekroczyła zapas 2 mld m³ drewna [GUS Leśnictwo 2021]. Wprawdzie w dłuższym horyzoncie czasowym pozyskuje się tylko 55% przyrostu rocznego na pniu, jednak właśnie

szkody w drzewostanach mogły spowodować wzrost pozyskania drewna do poziomu 74% przyrostu w 2019 r. i 75% w roku 2020 [GUS Leśnictwo 2021].



Ryc. 1. Pozyskanie drewna w PGL LP w latach 2005-2017

Wiatry huraganowe występują cyklicznie. Od połowy XX wieku w Europie zaobserwowano około 130 zdarzeń huraganowych różnej genezy, a średnie roczne szkody w lasach do roku 2000 objęły ok. 35 mln m³ drewna [Schelhaas i in., 2003]. W 1990 roku w Europie przeszły huragany „Vivian” i „Wiebke” [Wójcik i Orzechowski, 2014]. W Szwecji w 2006 roku huragan „Gudrun” uszkodził drzewostany o miąższości 75 mln m³. W roku 1999 w zachodniej Europie wiał „Anatol”. Kilka dni później pojawił się silniejszy „Lothar” [Pilzek, 2000], w 2007 roku „Cyryl” w Polsce uszkodził 2,5 mln m³ drewna [Grabowski 2008]. Rok 2017 to uszkodzenia drzewostanów powstałe w trakcie tzw. huraganu stulecia, sięgające w Państwowym Gospodarstwie Leśnym Lasy Państwowe poziomu 10 mln m³ pozyskanego drewna.

Uszkodzenia drzewostanów związane są z coraz częściej występującymi załamaniami pogody, których źródła doszukuje się we wzroście średniej temperatury na świecie [Gardiner, Quine 2000]. W ostatnich latach obserwuje się występowanie intensywnych zmian i wahań pogodowych. Modele służące do przewidywania pogody wskazują, że huragany będą w przyszłości jeszcze silniejsze - w symulacjach prowadzonych nad cyklonami tropikalnymi stwierdza się, że parametr maksymalnej prędkości wiatru będzie w przyszłości przyjmował większe wartości [Gutmann i in. 2018; Ornes 2018]. Odsetek huraganów wyższych kategorii

(kategorii 4 oraz 5) w ostatnich latach wzrósł, a zrównoważenie tego zjawiska widoczne w spadku liczby słabszych huraganów kategorii 1,2 może być związane ze zmianami klimatu pochodzenia antropogenicznego [Holland, Bruyere 2014].

Coraz więcej mówi się również o szkodach od wiatru w lasach w kontekście niewłaściwie prowadzonej już od XIX w. gospodarki, która doprowadziła do widocznego po latach osłabienia jednowiekowych monokultur [Nyrek 1975; Zajączkowski 1991]. Występowanie monokultur, najczęściej sosnowych lub świerkowych, wynika z zaszłości historycznych. Istotne zalesienia gruntów porolnych w okresie powojennym miały miejsce na terenach północnej i zachodniej Polski. W południowej Polsce wprowadzono monokultury świerkowe również dużo wcześniej, jeszcze w XIX wieku [Wójcik, Orzechowski 2014].

Pozyskiwanie drewna z wiatrołomów i wiatrowałów może być prowadzone z wykorzystaniem maszyn i urządzeń stosowanych w ramach planowo prowadzonych cięć pielęgnacyjnych i rębnych, zwłaszcza jeżeli szkody mają charakter jednostkowy lub obejmują mniejsze powierzchnie. Pozyskanie drewna może być wtedy prowadzone zarówno na ręczno-maszynowym jak i maszynowym poziomie techniki z wykorzystaniem maszyn wielooperacyjnych. Z uwagi na występujące zagrożenia oraz konieczność zapewnienia dużej wydajności prac optymalnym rozwiązaniem jest stosowanie maszyn wielooperacyjnych, zwłaszcza, gdy szkody od wiatru mają charakter wielkopowierzchniowy. Na przełomie pierwszej i drugiej dekady XXI wieku obserwowaliśmy w Polsce intensywny rozwój technologii pozyskania drewna z wykorzystaniem maszyn wielooperacyjnych. Szacuje się, że na powierzchniach użytkowanych planowo maszynowe pozyskanie drewna w Polsce wyniosło 23,1% w 2016 r., 30,0% w 2017 r. i 36,4% w roku 2018 [Bodył 2019]. Na powierzchniach pohuraganowych odsetek ten był znacznie wyższy, w drzewostanach uszkodzonych (w których wiodącą technologią było maszynowe pozyskanie drewna) objętych niniejszymi badaniami było to nawet 81,9%.

Uszkodzenia drewna oraz specyfika stosowania harwesterów sprawiają, że można spodziewać się odmiennej od optymalnej, zaplanowanej wcześniej, struktury sortymentowej pozyskiwanego drewna [Nagadowski 2008; Grobelny 2010; Piszczek 2013; Wysocka-Fijorek; Lachowicz 2018; Gejdoš i in. 2019]. W dotychczas przeprowadzonych badaniach koncentrowano się na niewielkiej liczbie powierzchni badawczych. Uzyskane wyniki były zbyt ogólne a duża liczba czynników kształtujących procesy pozyskiwania drewna uzewnętrzniała się w ogromnej zmienności praktycznie wszystkich parametrów technologicznych. Wprawdzie zauważono, że na powierzchniach pokłeskowych występuje wzrost udziału drewna wielkowymiarowego z jednoczesnym przesunięciem drewna do niższych klas jakości, brak jest

jednak nadal usystematyzowanych danych w zakresie zmian jakościowo-wartościowych takiego surowca drzewnego, zwłaszcza w odniesieniu do promowanego obecnie maszynowego modelu pozyskania. W niniejszej dysertacji przedstawiono problem zmian w strukturze sortymentowej oraz wartości użytkowej drewna pozyskiwanego harwesterami na powierzchniach pohuraganowych oraz podjęto próbę określania wpływu na nią czynników wynikających z rozmiaru szkody i otoczenia gospodarczego. Rozprawa ujmuje kompleksowo problemy jakości surowca drzewnego pozyskiwanego w Polsce na powierzchniach pohuraganowych w okresie transformacji technologii pozyskania drewna, przejścia z technologii ręczno-maszynowej do technologii maszynowej z wykorzystaniem harwesterów. Zebrany w toku prac materiał obejmuje zdarzenia klęskowe powstałe w okresie od 2005 r. do 2017 r. o zróżnicowanym zasięgu, od minimalnego przyjętego w analizach poziomu uszkodzenia drewna 5 tys. m³ do katastrofalnych szkód w północnych RDLP, których rozmiar przekroczył 10 mln. m³.

Przegląd literatury

Szkody w lasach, ich wpływ destrukcyjny i stymulujący stabilność drzewostanów

W Polsce do czynników atmosferycznych, które powodują największe szkody w drzewostanach zalicza się przede wszystkim wiatr oraz śnieg [Brzózko 2010]. Czynniki te, które ostatnio podlegają istotnym zmianom [Zajączkowski 1991; Peltola i in. 1997; Nykänen i in. 1997] powodują często zaburzenia w funkcjonowaniu całych ekosystemów leśnych [Zachara 2006]. Wiatry huraganowe dotykają środkową Europę, w tym Polskę, z dużą regularnością. W Polsce odnotowuje się w ciągu roku ok. 8-14 trąb powietrza, które najczęściej występują od maja do sierpnia w godzinach popołudniowych [Taszarek, Brooks 2015]. Coraz częściej można spotkać się z opinią, że wiatry huraganowe będą występować nadal lub nawet mówi się o ich nasileniu [Gardiner, Quine 2000; Mikułowski 2002b; Puchniarski 2003; Beatty i Owen 2005; Dobrowolska 2007; Brzózko 2014]. Prognozy przewidują, że taka sytuacja związana jest z ocieplaniem się klimatu i w związku z tym zjawiska te mogą zdarzać się coraz częściej [Extreme Weather Events 2013; Seidl i in. 2017; Knutson i in. 2021].

W przypadku szkód od wiatru znaczący wpływ ma gatunek drzewa [Konôpka i in. 1987; Zajączkowski 1991; Peltola i in. 2000]. Do najbardziej wrażliwych gatunków podatnych na działanie wiatru należą gatunki iglaste, głównie świerk na stanowiskach wilgotnych [Jewuła 1975, Zajączkowski 2005, Słodičak 1995; Peltola i in. 2000] oraz brzoza [Zajączkowski 1991]. Do gatunków, które wykazują dużą stabilność w stosunku do wiatrów zalicza się jodłę, sosnę, modrzewia, dęba szypułkowego oraz dęba bezszypułkowego [Jewuła 1974, Zajączkowski 1991, Szewczyk 2012]. Nie bez znaczenia jest również sposób odnowienia lasu. Drzewa z naturalnych odnowień są często dobrze rozwinięte i stabilniejsze w porównaniu z drzewami pochodzącymi z odnowień sztucznych. Drzewostany pochodzenia naturalnego, odpowiednio pielęgnowane w całym cyklu życiowym, są względnie odporne na działanie silnego wiatru [Zajączkowski 2005].

Szkody od wiatru należą, obok gradacji owadów, powodzi, pożarów i suszy, do najważniejszych zaburzeń ekologicznych. Często w większym stopniu niż przeciętna temperatura czy średnie opady mogą charakteryzować i kształtować ekosystemy. Naturalne zaburzenia są ważnym procesem w środowisku leśnym. Występują we wszystkich ekosystemach leśnych i są niezbędną siłą odnawiającą, która wpływa na zmienność

i różnorodność lasów [White i Pickett 1985]. Zaburzenia mogą występować jako naturalne procesy – np. powodzie, wiatrołomy, mogą być wywołane jednak również działalnością człowieka – np. wylesienia, zręby. Wśród zaburzeń naturalnych wyróżnia się zaburzenia abiotyczne (pożary, wiatrołomy, powodzie, oberwania chmury, szadź, lawiny, susze, procesy aluwialne) oraz biotyczne (gradacje owadów, choroby grzybowe, zgryzanie). Zaburzenia abiotyczne występują najczęściej jako gwałtowne procesy, inaczej niż stopniowo pojawiające się zaburzenia biotyczne.

Ekosystemy można klasyfikować pod względem rodzaju, wielkości i częstotliwości występujących zaburzeń na dwie grupy. Do pierwszej należą lasy, w których zaburzenia występują często, ale na małym obszarze. Druga grupa to lasy, w których zaburzenia mają charakter katastrofalny, występują rzadko, ale na rozległym obszarze – lasy borealne [Dobrowolska 2010 za Runkle 1990]. Istnieje również pogląd, że człowiek jest tylko kolejnym zaburzeniem, które porównywane jest z pożarami czy gradacjami owadów [Dobrowolska 2010 za Attiwill 1994]. Naturalne zakłócenia są nieodłączną i konieczną częścią funkcjonowania ekosystemów lądowych – mechanizmem, który wpływa na obieg pierwiastków lub inicjuje zmiany w drzewostanie [Dobrowolska 2010 za Aber i Melillo 1991]. W wyniku wystąpienia zaburzeń naturalnych najczęściej maleje ilość biomasy występującej w danym zbiorowisku oraz zmniejsza się ilość występujących gatunków. Wzrasta natomiast ilość docierającego do zbiorowiska światła [Dobrowolska 2010].

W Polsce dominuje pogląd, iż występujące zaburzenia naturalne w ekosystemach leśnych są katastrofami. Ma to związek przede wszystkim z funkcją gospodarczą lasów, a co za tym idzie dążeniem do zminimalizowania strat ekonomicznych, czyli jak najszybszym uprzątnięciu zalegającego surowca oraz wprowadzeniu odnowienia. W Ameryce Północnej w latach 60. XX wieku naukowcy i leśnicy dostrzegli, że gaszenie pożarów w zarodku może nieść za sobą również niekorzystne zmiany ekologiczne takie jak inwazje egzotycznych gatunków roślin, zanik gatunków rodzimych czy też zmiany w strukturze lasów [Zwolak 2007 za Convington 2000; Stephen i Ruth 2005]. W świadomości leśników utrwalony jest dyskusyjny pogląd, że skutki zaburzeń należy usuwać jak najszybciej, ponieważ fragment takiego lasu zostawiony samemu sobie nie tylko zginie, ale wpłynie negatywnie na drzewostany sąsiednie [Dobrowolska 2010 za Szwagrzyk 1991]. Huragan powoduje jednak często powstawanie nowych struktur i dostarcza organizmom leśnym nowych siedlisk. Tworzy się mozaika siedliskowa, do dna lasu dociera więcej światła, miejscami jest odkryta gleba mineralna [Schaetel i in. 1989; Waide 1991; Bouget Duelli 2004; Ulanova 2000; Lindenmayer i in. 2008; Stokland i in. 2012]. Powoduje to, że bilans zmian biologicznych, które zachodzą

w ekosystemie leśnym po przejściu huraganu może być dodatni. Struktura lasów, zwłaszcza na dużych powierzchniach, może być odpowiednio kształtowana przez naturalne zaburzenia, które mogą inicjować i stymulować rozwój roślin i zwierząt, np. populacji chrząszczy Ciemników [Zwolak 2007 za Schutz i in. 1999], dzięciołów północnych [Zwolak 2007 za Hutto 1995], czy myszaka amerykańskiego [Zwolak 2007 za Zwolak i Foresman 2007].

Niejako zatem w opozycji do „gospodarczego modelu leśnictwa” funkcjonuje koncepcja użytkowania lasu stymulowanego przez naturalne zaburzenia – *emulation forestry*. Zgodnie z nim użytkowanie powinno zachodzić w fazach o częstotliwościach zbliżonych do występujących pożarów lasu, na zbliżonych obszarach i o zbliżonej intensywności [Zwolak 2007 za Ehnes i Keenan 2002]. Przy tej skali zapotrzebowania na drewno jakie obserwujemy obecnie oraz konieczności prowadzenia przebudowy w drzewostanach wprowadzonych w przeszłości jako monokultury i na niewłaściwe siedliska takie postępowanie jest jednak niemożliwe.

Wiatr, mechanizm powstania i związane z nim zjawiska klęskowe

Wiatr powstaje w efekcie różnicy temperatur powierzchni Ziemi, co powoduje powstanie różnic ciśnień powietrza. Powietrze przemieszcza się wtedy z obszaru o wyższym ciśnieniu do obszaru niższego ciśnienia do momentu ich wyrównania [Zajązkowski 1991].

Do określenia siły wiatru można wykorzystać skalę Beauforta (tab. 1), która przedstawia wpływ siły wiatru na człowieka i jego otoczenie.

Tab. 1. Skala Beauforta [Beaufort scale 2014]

Siła wiatru w stopniach Beauforta	Nazwa wiatru		Prędkość		Charakterystyka działania wiatru na łódzie
			[m/s]	[km/h]	
0	Cisza	calm	0 – 0,2	< 1	dym wznosi się pionowo, bezruch powietrza
1	Powiew	light air	0,2 – 1,5	1 – 5	dym wznosi się prawie pionowo
2	Słaby wiatr	light breeze	1,6 – 3,3	6 – 11	odczuwalny na twarzy, liście szeleszczą
3	Łagodny wiatr	gentle breeze	3,4 – 5,4	12 – 19	wiatr porusza liście i małe gałązki
4	Umiarkowany wiatr	moderate breeze	5,5 – 7,9	20 – 28	wiatr porywa pył i kartki papieru, porusza cienkie bezlistne gałęzie
5	Dość silny wiatr	fresh breeze	8 – 10,7	29 – 38	wiatr porusza większe gałęzie
6	Silny wiatr	strong breeze	10,8 – 13,8	39 – 49	wiatr porusza grube gałęzie
7	Bardzo silny wiatr	near gale	13,9 – 17,1	50 – 61	wiatr porusza całymi drzewami, utrudnia ruch pieszy pod wiatr
8	Gwałtowny wiatr	gale	17,2 – 20,7	62 – 74	wiatr porusza cieńsze pnie
9	Wichura	strong gale	20,8 – 24,4	75 – 88	wiatr unosi drobne przedmioty
10	Silna wichura	storm	24,5 – 28,4	89 – 102	wiatr łamie i wywraca grube pnie, silnie uszkodza budynki
11	Gwałtowna burza	violent storm	28,5 – 32,6	103 – 117	wiatr wyrządza wielkie szkody w lasach i domach, wiatr łamie pnie drzew
12	Huragan, orkan	hurricane	>32,6	> 117	Wiatr uszkodza, niszczy wszystkie napotkane przeszkody

Silne oraz rozległe układy konwekcyjne, które powodują powstanie silnych wiatrów określane są jako:

- ✓ *superkomórka burzowa* – jest jednym z najgroźniejszych rodzajów burzy. Do jej utworzenia niezbędne są odpowiednie warunki meteorologiczne - kierunkowy i prędkościowy uskok wiatru oraz co najmniej umiarkowana energia potencjalnie dostępna drogą konwekcji. Superkomórka występuje zawsze z mezocyklonem

(rotujący, wstępujący prąd powietrza). Wewnątrz takiej burzy ruchy powietrza są ściśle uporządkowane, dochodzi do oddzielania się prądów wstępujących i zstępujących. Taka burza może trwać przez kilka godzin i przemieszczać się na duże obszary i odległości. Z superkomórkami burzowymi związane są silne wiatry. Mogą one mieć charakter wirowy (tornado), jak i prostoliniowy (downburst). Superkomórka burzowa może się też przekształcić w układ bow echo, w wyniku występowania silnego tylnego prądu zstępującego [Piasecki 2018];

- ✓ *bow echo* – to mezoskalowe układy konwekcyjne, których struktura widoczna na obrazach radarowych przypomina charakterystyczny kształt łuku [Klimowski i in. 2004]. Taki układ może istnieć kilka godzin. Jego wymiary mogą wahać się od 20 do 120 a nawet kilkuset kilometrów [Fujita 1978]. Gdy układ ten osiągnie 400 km długości, wraz ze spełnieniem innych warunków, uznawany jest za *derecho*;
- ✓ *derecho* – jest to długo istniejący i rozległy układ konwekcyjny z bardzo silnymi prądami zstępującymi w linii prostej. Może zawierać jeden lub kilka segmentów *bow echo*. Komórki (klastry) burzowe spełniają określone kryteria dotyczące wielkości (co najmniej 400 km), chronologii rozwoju oraz ciągłości czasowej (pomiędzy kolejnymi raportami o silnym wietrze nie może upłynąć więcej czasu niż 2-2,5 godziny) [Celiński-Mysław 2014].

W Polsce występują zarówno układy o charakterze *bow echo* jak i *derecho*. Silne burze, które wystąpiły w Polsce w latach 2002, 2007, 2009, 2015 oraz 2017 sklasyfikowane zostały właśnie jako te układy. Silny układ konwekcyjny miał miejsce 4 lipca 2002 r. na obszarze Puszczy Piskiej [Mikułowski 2002a]. Zniszczone zostało wówczas ponad 3 mln m³ drewna. Była to wtedy największa klęska żywiołowa w historii polskiego leśnictwa. W roku 2007 nad południową częścią Polski pojawił się katafront Cyryl, który był najsilniejszym zarejestrowanym w chłodnym półroczu *derecho* nad Europą. Mówi się również o przejściu trąby powietrznej. W 2009 roku układ *derecho* o bardzo dużym zasięgu przeszedł przez terytorium Polski, poważnie poszkodowanym miastem była Legnica i tereny Dolnego Śląska. Układ konwekcyjny, który wystąpił 19 lipca 2015 r. został również sklasyfikowany jako *derecho*. W 2017 roku wystąpiły warunki atmosferyczne, które spowodowały wytworzenie się mezoskalowego układu konwekcyjnego sklasyfikowanego jako *derecho*. W efekcie nawałnicy uszkodzonych zostało ponad 10 mln m³ drewna w Lasach Państwowych. Huragan doprowadził do śmierci 6 osób, 60 osób zostało rannych oraz uszkodzonych zostało 4 893 budynków. Nawałnica ta została określona jako huragan stulecia [Piasecki 2018].

W gospodarce leśnej szkody od wiatru są zjawiskiem ciągłym, podejmowane są zatem działania wyprzedzające, które polegają na ocenie zagrożenia oraz na wyrażeniu tych zagrożeń wartością mierzalną [Lekes, Dandul 2000; Heinonen i in. 2009; Bruchwald, Dmyterko 2010, 2011]. W modelach Bruchwalda i Dmyterko [2010, 2013] określono ryzyko uszkodzenia drzewostanu przez silny wiatr w zakresie 0-3. W modelu uwzględniono aż 11 czynników, m.in.: wysokość, wiek i smukłość głównego gatunku w drzewostanie, skład gatunkowy drzewostanu, wskaźnik zadrzewienia, siedliskowy typ lasu, współczynnik regionalnego ryzyka uszkodzenia drzewostanów, rzeźbę terenu: wysokość powierzchni n.p.m., nachylenie i wystawę stoku. Taka wielokryterialna ocena czynników ryzyka zagrożenia wiatrem umożliwia przyjęcie odpowiedniej strategii działań gospodarczych.

Problemy usuwania szkód od wiatru, ich logistyka

Punktem wyjścia w projektowaniu systemów technologicznych stosowanych na powierzchniach pokłeskowych jest oszacowanie rozmiaru szkód. Szkody od wiatru występują jako szkody pojedyncze, grupowe (do kilku uszkodzonych drzew obok siebie) oraz powierzchniowe (co najmniej kilkanaście uszkodzonych drzew obok siebie) [Suwała 2002]. Szkody pojedyncze oraz grupowe występują często, jednak nie mają takiego znaczenia gospodarczego jak powierzchniowe, które określa się jako zjawiska klęskowe.

Dokładność szacowania miąższości drewna na powierzchniach pokłeskowych jest zmienna i zależy przede wszystkim od koncentracji uszkodzeń i dostępności drzewostanu [Szewczyk i in. 2017]. W drzewostanach pohuraganowych, w których szkody od wiatru mają charakter pojedynczy lub grupowy, błąd szacowania jest duży i może wynosić nawet 50%. W przypadku szkód powierzchniowych dokładność ta jest większa i miąższość drewna oszacowana do pozyskania może być realizowana w 87. procentach [Szewczyk i in. 2017]. Podobne wyniki uzyskano w badaniach przeprowadzonych na powierzchniach pokłeskowych w Nadleśnictwie Przedbórz. Wójcik i Orzechowski [2014] stwierdzili niedoszacowanie pozyskania drewna na poziomie 12% (4 tys. m³). Osiemnaście procentowe niedoszacowanie pomiędzy planowaną a pozyskaną miąższością drewna z terenów pohuraganowych określono na terenie RDLP Poznań po wicherze z 2009 roku [Piskonowicz i in. 2010].

W zależności od wielkości uszkodzeń stosowane są różne metody określenia ich rozmiaru. Na powierzchniach z mniejszymi szkodami (szkody pojedyncze) przewidywana

do pozyskania wielkość uszkodzeń może być obliczona na podstawie przeciętnej miąższości jednego drzewa oraz określeniu posztucznym ich liczby. W przypadku wystąpienia większych uszkodzeń (duże szkody grupowe, szkody powierzchniowe) miąższość uszkodzonego drewna może być określona na podstawie zasobności drzewostanu określonej z Planu Urządzenia Lasu i powierzchni zniszczeń określonej przy pomocy urządzeń GPS po zdefiniowaniu zasięgu uszkodzeń w terenie [Szewczyk i in. 2017]. W coraz większym stopniu w monitorowaniu rozmiaru klęsk żywiołowych stosuje się metody geomatyczne. Polegają one na powiązaniu mapy numerycznej z danymi teledetekcyjnymi obrazującymi obszary pokłeskowe, co pozwala na dokładne i szybkie wykonywanie analiz zasięgu i rozmiaru uszkodzeń [Zawiła-Niedźwiedzki 2010]. Wykorzystywane są również dane geoprzestrzenne w celu określania zmian pokrywy leśnej na obszarach klęskowych lub zdjęcia lotnicze [Wężyk i in. 2016, 2018]. W procesie określania zasięgu szkód od wiatru wykorzystuje się również zobrazowania satelitarne. Metoda ta stosowana była na terenie Nadleśnictwa Czerniejewo po huraganie z 2017 roku [Krawczyk, Wężyk 2020]. Równolegle trwają prace na temat możliwości wykorzystania bezzałogowych statków powietrznych (UAV), które mogą być wykorzystywane do inwentaryzacji obszarów pohuraganowych [Brzózko i in. 2016].

Kolejnym etapem prac na powierzchniach pokłeskowych jest określenie pilności wykonania prac, która zazwyczaj przedstawia się następująco: uprzątanie powierzchni wzdłuż ciągów komunikacyjnych, pozyskiwanie w pierwszym rzędzie najcenniejszego drewna, usuwanie posuszu czynnego. Terminarz usuwania szkód wynika z możliwych do zastosowania metod konserwacji surowca, które planowane są z uwzględnieniem długości okresu składowania drewna przy zastosowaniu wybranej metody (czas trwania składowania zależy od metody, np. „na sucho” – do kilku miesięcy, „na mokro” do kilku lat), miejsca składowania drewna, gatunku drewna, wpływu na środowisko naturalne (np. metody z zastosowaniem wody, metody chemiczne), konieczności monitorowania jakości drewna w trakcie konserwacji [Projekt Storm 2005]. Przykładowo w trakcie usuwania szkód od wiatru w drzewostanach RDLP Olsztyn, które spowodował huragan w 1999 r., prace uprzątające rozpoczęto od drewna sosnowego w obrębie szkód wielkopowierzchniowych. W drzewostanach świerkowych usuwano najpierw pojedyncze wywroty i złomy. Zgodnie z zasadami opisanymi w Projekt Storm Damaged Forest [2005] wykorzystywano konserwację in situ, polegającą na wydłużeniu okresu uprzątania fragmentów drzewostanów z wykrotami o takim kontakcie systemów korzeniowych z glebą, który gwarantuje trwałość funkcji życiowych drzewa. Najpierw usuwano drzewa złamane lub wyrwane z ziemi, następnie drzewa z częściowym kontaktem z podłożem natomiast drzewa pochylone usuwano w ostatniej kolejności. Kolejność taka miała

na celu utrzymanie higieny lasu na wysokim poziomie [Pampuch 2000]. W RDLP Szczecinek po szkodach od wiatru z 1999 roku najpierw rozpoczęto pozyskanie drewna na zrębach zupełnych i w drzewostanach starszych klas wieku, na powierzchniach na których występują sortymenty najcenniejsze [Pilzek 2000].

Prace logistyczne prowadzone na powierzchniach pokłeskowych obejmują również ocenę warunków gospodarczych, która obejmuje zmiany w obsadzie leśnictw, ocenę możliwości zbytu, przyjęcie określonych zasad wyróbki drewna, określenie sposobów i miejsca składowania drewna czy określenie finansowania pozyskania drewna [Suwała 2002, 2004; Henderson i in. 2022].

Pozyskanie drewna na powierzchniach pokłeskowych jest zdecydowanie trudniejsze w porównaniu do prac na powierzchniach wolnych od uszkodzeń. Podstawowym celem gospodarki leśnej na uszkodzonych powierzchniach jest pozyskanie drewna w ilości możliwej do odzyskania oraz zminimalizowanie strat i ograniczenie deprecjacji surowca z zachowaniem odpowiedniej wydajności pracy oraz, co najważniejsze, przy zapewnieniu bezpieczeństwa pracy [Brzózko 2014]. Największe zagrożenie związane z prowadzeniem prac w zakresie bezpieczeństwa pracy na terenach pokłeskowych występuje na terenach pohuraganowych [Brzózko 2010]. Zasadniczym czynnikiem wzmagającym wypadkowość przy pracy pilarką jest miąższość pozyskiwanych drzew oraz praca w bezpośrednim kontakcie z obrabianym drewnem. Trudności przy pracy na uszkodzonych powierzchniach polegają na odpowiednim rozpoznaniu zagrożeń, likwidacji występujących w drewnie naprężeń oraz na odciąganiu grup obalonych drzew [Muszyński Z., Muszyński J. 1999; Gliszczyński 1999], co również wpływa na wydłużony czas formowania ładunku w porównaniu ze standardowymi zabiegami [Szewczyk, Stańczykiewicz 2012]. Największą czasochłonność obserwuje się przy ścinie drzew pochylonych oraz wywrotów. Przy pozyskaniu drewna w takich warunkach pilarką najbardziej pracochłonna jest czynność okrzesywania [Brzózko, Błaszczuk 2010]. Usuwanie kłesk wiatrołomów może przebiegać podobnie do planowego pozyskania drewna, jednak występują różnice dotyczące większego obciążenia fizycznego pracowników [Gliszczyński 1999]. Do tego dochodzą trudności w dostępie do uszkodzonych powierzchni, zmieniony harmonogram prac oraz nacisk na zachowanie norm bezpieczeństwa i higieny pracy [Wieteska 2011]. Standardowe obecnie stosowanie harwesterów na powierzchniach pokłeskowych wynika w pierwszym rzędzie właśnie z konieczności redukcji zagrożeń [Olszewski 2000, Brzózko 2010].

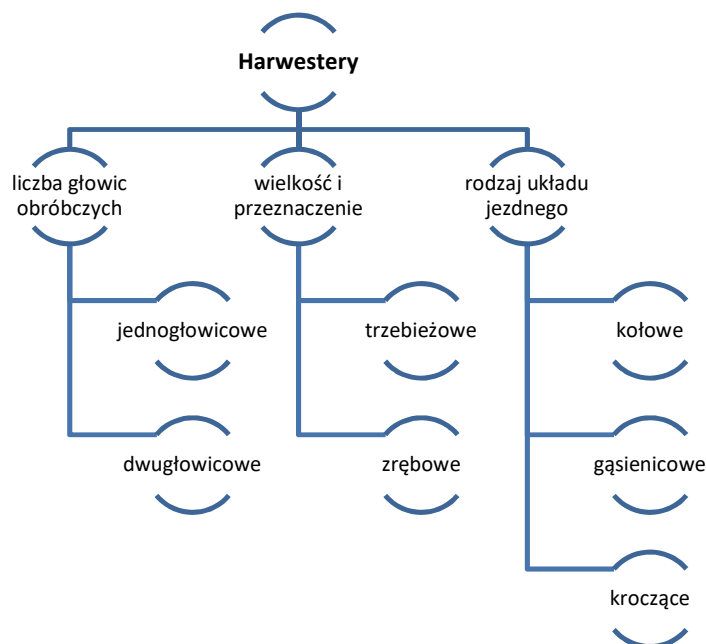
W technologiach wykorzystujących harwestery liczba wypadków spada prawie do zera. Miejsce obróbki drewna jest znacznie oddalone od operatora harwestera. Jednocześnie konstrukcja kabiny maszyny wielooperacyjnej zabezpiecza operatora przed skutkami obalenia się na nią drzewa. W kabinie harwestera są stosowane systemy zwiększające bezpieczeństwo pracy, do których należą ROPS (dot. przewrócenia się maszyny na kabinę), FOBS (dot. upadku obiektu na kabinę), OPS (dot. penetracji obiektu przez ściany kabiny) [Brzózko 2009, Brzózko 2010]. Na uwagę zasługuje fakt, że w literaturze brak jest informacji o ciężkich wypadkach operatorów nowoczesnych maszyn wielooperacyjnych [Brzózko 2014]. Nieporównywalnie duży w porównaniu z pracą pilarza jest poziom bezpieczeństwa operatora harwestera, trudności na powierzchniach pokłeskowych są jednak tak znaczne, że widoczne są przy pracy obciążenia psychiczne wyższe od standardowych [Szewczyk i in. 2021].

Rozwój maszynowego pozyskania drewna

Wraz z rozpowszechnieniem się w Polsce harwesterów, pod pojęciem maszynowego pozyskania drewna rozumie się pozyskanie drewna z wykorzystaniem maszyn wielooperacyjnych, harwesterów [Brzózko 2014]. Rozwój maszynowej technologii pozyskiwania drewna był zdeterminowany przez wiele czynników. Podstawowym było bezpieczeństwo pracy, wysoce niewystarczające przy pracy pilarką [Heinimann 2007]. Jednocześnie obserwowano od dawna rosnące zapotrzebowanie rynku na surowiec drzewny, na które odpowiedzią było stale zwiększające się pozyskanie drewna - w 2019 roku niemal 39 mln m³ pozyskanego drewna [GUS Leśnictwo 2020]. Zwiększony etat pozyskania drewna przy jednoczesnym odpływie kadr z sektora usług leśnych w kierunku innych gałęzi gospodarki wymusił rozwój pozyskania drewna na półautomatycznym poziomie techniki z wykorzystaniem harwesterów do ścinki drzew i wyróbki drewna [Strategia 2013].

Harwester jest maszyną samojezdną składającą się z trzech głównych podzespołów: nośnika, żurawia hydraulicznego oraz głowicy tnącej [Więsik 2015]. W procesie technologicznym pozyskania drewna maszyna ta wykonuje trzy operacje: ścinkę, okrzesanie i przerzynkę. Harwester jest następcą ścinarki i procesora, które wykonywały odpowiednio ścinkę i obalanie oraz okrzesywanie i przerzynkę [Więsik 2015].

Więsik [2015] zaproponował podział harwesterów na kilka typów, uzależnionych od liczby głowic obróbczych, przeznaczenia oraz rodzaju układu jezdnego (ryc. 2).



Ryc. 2. Podział harwesterów ze względu na liczbę głowic obróbczych, przeznaczenie, rodzaj układu jezdniego [Więsik 2015]

Harwestery dwugłowicowe były użytkowane w początkowym okresie rozwoju tych maszyn. Obecnie nie są już stosowane ze względu na większe możliwości harwesterów jednogłowicowych w zakresie dostosowania do warunków pracy oraz swobody w wyrabianiu sortymentów drzewnych. Harwestery są tworzone na bazie ciągników uniwersalnych, ciągników leśnych lub na nośnikach specjalnych. Te pierwsze są mniej wydajne i mogą być wykorzystywane do ścinki niewielkich drzew. Harwestery na bazie ciągników leśnych są dedykowane do pracy w trudnym, nierównym lub pochyłym terenie. Harwestery na nośnikach specjalnych mogą być wykorzystywane w najtrudniejszych warunkach np. w terenie o dużym pochyleniu. Mogą być osadzone na gąsienicowym układzie jezdnym lub na bazie nośnika koparki. W przeszłości podejmowane były próby tworzenia harwestera na sześcionożnym nośniku [Więsik 2015].

Inną klasyfikację maszyn wielooperacyjnych przedstawił Dvořák [2011] oraz Kováč i in [2017]. Zaproponowany przez nich podział harwesterów zobrazował moc maszyn oraz rodzaj trąkci:

A. moc i przeznaczenie

- małe – *small* (przeznaczone do drzewostanów młodszych klas wieku) – do 70 kW mocy silnika,
- średniej wielkości – *medium-sized* (przeznaczone do wykonywania trzebieży) – 70-140 kW mocy silnika,
- duże - *big* (przeznaczone do starszych klas wieku i cięć rębnych) – ponad 140 kW mocy silnika.

B. system trakcyjny:

- kołowe – *wheeled*,
- gąsienicowe – *tracked*,
- chodzące (kroczące) – *walking*,
- mieszane – *combined*.

Najczęstszym typem harwestera są maszyny kołowe wśród których w zależności od gabarytów wyróżnia się maszyny cztero-, sześćo-, oraz ośmiokołowe [Suwała 2000].

Moskalik [2004] zaproponował podział harwesterów ze względu na masę własną i wysięg żurawia:

- mały harwester (masa własna 4-8 t., wysięg żurawia 6 m),
- średni harwester (masa własna 9-13 t., wysięg żurawia 8,5-10 m),
- duży harwester (masa własna 13-18 t., wysięg żurawia 10-11 m).

Po raz pierwszy harwestery zostały wykorzystane w późnych latach 60. dwudziestego wieku w Finlandii [Hakkila 1989]. W Polsce pierwsze maszyny wielooperacyjne zaczęły pracę w latach 80. ubiegłego wieku [Moskalik 2004]. Szacuje się, że aktualnie w Polsce wykorzystuje się około 500 maszyn wielooperacyjnych typu harwester [Mederski i in. 2016]. Ich rozmieszczenie jest nierównomierne, w RDLP Krosno i RDLP Kraków pracuje po 1 harwesterze, największa natomiast koncentracja maszyn wielooperacyjnych to północna oraz zachodnia część kraju. Najwięcej tego typu maszyn pracuje w regionalnej dyrekcji Lasów Państwowych w Szczecinie – 56 szt. Kluczowe znaczenie dla osiągnięcia odpowiedniej rentowności stosowania harwesterów mają duża koncentracja cięć, rodzaj zabiegu (trzebież późna i cięcia rębne), cechy drzewostanu i terenu (siedliska borowe na obszarach o niewielkim spadku). Największą dynamikę wzrostu harwesterów odnotowano w latach 2008-2014, w roku 2008 liczba maszyn wielooperacyjnych w Polsce przekroczyła 100 sztuk [Mederski i in. 2016].

Obecnie w polskim leśnictwie wyróżnia się następujące poziomy mechanizacji prac [Laurow 1999]:

- ręczny – w pozyskaniu drewna stosuje się narzędzia poruszane siłą mięśni (piła ręczna, siekiera) a do zrywki wykorzystuje się zwierzęta (zrywka konna);
- ręczno-maszynowy – do napędzania narzędzi służą silniki spalinowe, a przemieszczenie narzędzi następuje ręcznie (pilarka, zrywka ciągnikami, skiderami);
- maszynowy – człowiek nie ma kontaktu z obrabianym przedmiotem i nie przenosi maszyny siłą swoich mięśni, kieruje pracą maszyny (ścinarka, skider lub forwarder);
- półautomatyczny – człowiek kieruje częściowo pracą maszyny, część operacji odbywa się automatycznie (przerzynka w harvesterze);

W Polsce jeszcze na początku XXI wieku w pozyskiwaniu drewna dominował poziom ręczno-maszynowy, zarówno w pozyskaniu drewna na powierzchniach wolnych od uszkodzeń jak i na powierzchniach pokłeskowych. Wraz z rozwojem mechanizacji leśnictwa i stopniowym wprowadzaniu do polskich lasów maszyn wielooperacyjnych nastąpiła zmiana wiodącego poziomu mechanizacji prac do poziomu potocznie zwanego maszynowym (dokładniej półautomatycznym). Obecnie, zwłaszcza w drzewostanach uszkodzonych, zaleca się i stosuje się technologie z wykorzystaniem maszyn wielooperacyjnych [Zasady Użytkowania Lasu 2020].

Systemy pozyskiwania drewna klasyfikuje się ze względu na postać drewna, które jest zrywane z powierzchni roboczej na składnicę. Według Pulkki [2004] oraz Kováč i in [2017] wyróżnia się następujące systemy pozyskiwania drewna:

- system drewna krótkiego (CTL *cut-to-length system*) system drewna kłodowanego - na składnicę zrywane jest drewno w postaci kłód lub wałków, system optymalny przy wykorzystaniu maszyn wielooperacyjnych;
- system drewna długiego (TLS *tree-length-system*) system całej strzały – na składnicę zrywane jest drewno w postaci dłużyć w całej długości;
- system drewna dłuźcowego (LLS *long-length system*) – na składnicę transportowane jest drewno dłuźcowe maksymalnie do długości 14 m;
- system drewna rozdrobnionego (CWS *chips wood system*) – drewno transportowane w postaci zrębków;

- system całego drzewa (FTS *full tree system*) system nadziemnej części drzewa – z powierzchni transportowane są całe drzewa.
- system drzewa w częściach (PTS *part tree system*) – drewno jest przerywane na część ugałęzioną oraz na część nieugałęzioną. Część ugałęzioną może być zrębkowana, część nie ugałęzioną może być okrzesywana i układana w stosy lub mygły.

Systemy pozyskania pozyskiwania drewna są ściśle związane ze stosowanym poziomem mechanizacji prac. W poprzednim wieku dominującym systemem pozyskiwania drewna był system, w którym drewno było wyrabiane przez pilarza jako drewno dłużycowe i wtedy transportowane na składnicę. Jest to system LLS (wcześniej LWS). Dzisiaj coraz więcej pozyskiwanego drewna stanowi drewno krótkie, wyrabiane w systemie CTL (wcześniej SWS), w którym to najczęściej maszyny wielooperacyjne wyrabiają drewno w postaci kłód lub wałków, a drewno jest zrywane nasiębiernie do składnic. Ten system jest również powszechnie stosowany na powierzchniach pokłeskowych.

Technologie pozyskiwania drewna stosowane na powierzchniach pokłeskowych

Szczególnie na powierzchniach pokłeskowych pozyskiwanie drewna na ręczno-maszynowym poziomie techniki ze ścinką drzew i wyróbką drewna prowadzoną przez pilarza może charakteryzować się często niewystarczającym poziomem zachowania bezpieczeństwa pracy. Przyczyną są ograniczenia techniczne możliwych do zastosowania sposobów likwidacji zawieszonych drzew czy wykrotów. Najczęściej pilarz odcina karpę lub ścina złom przy ograniczonej widoczności i trudnym dostępie do naprężonego pnia. Cięcie jest często wykonywane w większej odległości od miejsca złamania lub wyżej niż prawidłowa maksymalna wysokość pniaka. Kolejne operacje, tj. okrzesywanie i przerywanie leżącego surowca pilarką, są wykonywane z dużą dokładnością a wykonywana manipulacja surowca zakłada wyróbkę sortymentów z uwzględnieniem maksymalizacji jakości i zachowania wartości drewna.

Z uwagi na większe bezpieczeństwo pracy oraz większą wydajność pozyskania drewna w warunkach prac w drzewostanach pohuraganowych zalecane jest stosowanie półautomatycznego poziomu techniki ścinki i wyróbki drewna z wykorzystywaniem

harwesterów [PGL Lasy Państwowe 2020]. Tutaj odcinanie systemów korzeniowych powalonych drzew, z uwagi na potencjalne uszkodzenia urządzenia tnącego i ograniczenie widoczności miejsca przerzynki, odbywa się zazwyczaj dalej od odziomków pni, co może powodować zwiększony udział odpadów lub drewna najniższej jakości. Wysoki poziom bezpieczeństwa operatorów sprawia, że sortymentacja drewna odbywa się ze zwiększoną dokładnością i bliżej uszkodzeń i złamań niż w przypadku pracy pilarką. Optymalnym rozwiązaniem z punktu widzenia organizacji pracy na poziomie półautomatycznym jest stosowanie metody drewna krótkiego ze zrywką drewna nasiębierną – forwarderami z równoczesnym maksymalnym uproszczeniem struktury sortymentowej pozyskania drewna [PGL Lasy Państwowe 2020].

W krajach europejskich stosuje się następujące systemy pozyskiwania drewna na powierzchniach uszkodzonych przez wiatr [STODAFOR 2004]:

1. Systemy pozyskiwania drewna stosowane w drzewostanach dostępnych dla środków technicznych poruszających się po uszkodzonym terenie:

ręczno-maszynowy w obrębie uszkodzonej powierzchni – operacje technologiczne prowadzone są w obrębie uszkodzonej powierzchni. System stosowany jest przy uszkodzeniach pojedynczych lub niewielkich powierzchniowo, w terenie płaskim. Ścinka i okrzesanie odbywa się za pomocą pilarki, zrywkę prowadzi się ciągnikami lub forwarderami;

ręczno-maszynowy w uprzątniętych fragmentach drzewostanu – ścinka lub odcinanie karp wykonywane są pilarkami, sortowanie i rozsuwanie drewna jest mechaniczne, okrzesywanie i przerzynka pilarkami odbywa się w uprzątniętych fragmentach drzewostanu. System ten stosowany jest przy uszkodzeniach powierzchniowych na płaskich terenach. Zrywka odbywa się za pomocy ciągników specjalistycznych lub forwarderów;

częściowo zmechanizowany z wykorzystaniem harwesterów – ścinka lub odcinanie karp wykonywane jest pilarkami, sortowanie, okrzesywanie i przerzynka odbywa się mechanicznie w obrębie uszkodzonych powierzchni np. harwesterami. System stosowany na powierzchniach uszkodzonych pojedynczo i powierzchniowo na terenie płaskim lub lekko pofałdowanym. Zrywka odbywa się za pomocy ciągników specjalistycznych lub forwarderów;

zmechanizowany - ścinka lub odcinanie karp, sortowanie, okrzesywanie i przerzynka odbywa się mechanicznie w obrębie powierzchni uszkodzonych np. harwesterami. System ten stosowany jest na powierzchniach uszkodzonych pojedynczo i powierzchniowo na terenie płaskim lub lekko pofałdowanym. Zrywka odbywa się za pomocy ciągników specjalistycznych lub forwarderów;

częściowo zmechanizowany - ścinka lub odcinanie karp wykonywane jest pilarkami, sortowanie i rozsuwanie drewna wykonywane jest mechanicznie, okrzesywanie i przerzynka odbywa się również mechanicznie w obrębie powierzchni uszkodzonych. System ten stosowany jest przy uszkodzeniach powierzchniowych na terenach płaskich lub lekko pofałdowanych. Zrywka odbywa się za pomocy ciągników specjalistycznych lub forwarderów.

2. Systemy pozyskiwania drewna stosowane w drzewostanach dostępnych dla kolejek linowych:

ręčno-maszynowy – wszystkie prace prowadzone są w obrębie uszkodzonej powierzchni, ścinka odbywa się pilarką. System ten stosowany jest na powierzchniach o różnym nachyleniu, o dalekiej zrywce >500 m;

ręčno-maszynowy na składnicach – ścinka lub odcinanie karp odbywa się pilarkami w obrębie uszkodzonych powierzchni, okrzesywanie i przerzynka wykonywana jest pilarkami na składnicach. System ten stosowany jest na powierzchniach o różnym nachyleniu, przy zrywce na dystansie przekraczającym 500 m;

częściowo zmechanizowany – ścinka lub odcinanie karp odbywa się pilarkami w obrębie uszkodzonych powierzchni, okrzesywanie i przerzynka wykonywane są mechanicznie na drogach lub składnicach. System ten stosowany jest na powierzchniach o różnym nachyleniu, przy zrywce nie przekraczającej 500 m.

3. Systemy pozyskiwania drewna stosowane w drzewostanach przeznaczonych do zrębkowania na powierzchni uszkodzonej lub na składnicy drewna. Systemy te są stosowane na powierzchniach płaskich ze wsparciem maszyn przy ścinie lub odcinaniu karp.

Jeszcze na początku lat 90. XX w. usuwanie skutków klęsk żywiołowych prowadzono w Europie w oparciu technologie na ręčno-maszynowym poziomie techniki z pilarkami do ścinki drzew i wyróbki surowca drzewnego i skiderami czy ciągnikami rolniczymi do zrywki drewna długiego. Huragan, który wystąpił w Niemczech w 1990 roku uszkodził ponad 60 mln

m³ drewna, co stanowiło ponad dwukrotność wielkości rocznego pozyskania drewna w tym kraju. Przy likwidacji szkód zastosowano wtedy technologię ręczno-maszynową opartą na pozyskaniu drewna pilarką z pozyskaniem drewna głównie dłużycowego i zrywką skiderami. W pracach brały jednak również udział przedsiębiorstwa szwedzkie, które wykorzystywały maszyny wielooperacyjne i forwardery. Od tego momentu w niemieckim leśnictwie, zwłaszcza w drzewostanach pokłeskowych, stosuje się technologie wykorzystujące harwestery i forwardery pracujące w systemie pozyskania CTL [Bort i in. 1990; Mahler, Bort 1990; Pulkki 2004]. Decyzje o zastosowaniu właśnie takich rozwiązań związane były z koniecznością zachowania odpowiedniego poziomu bezpieczeństwa pracy i potrzebą sprawnego usuwania uszkodzonych drzew w celu niedopuszczenia do deprecjacji surowca [Bort i in. 1990; Mahler i Bort 1990; Moskalik i Stampfer 2003; Pulkki 2004; Frutig i in. 2007]. Oprócz bezspornie lepszych i bezpieczniejszych warunków pracy w porównaniu do technologii ręczno-maszynowej z użyciem pilarki spalinowej, widoczne są jednak również negatywne strony stosowania maszyn wielooperacyjnych. W maszynowej technologii pozyskiwania drewna występują różnice w jakości prac, które dotyczą jakości okrzesywania oraz zachowania wymiarów długości drewna [Giefing 1995]. W Europie wykorzystywanie harwesterów na uszkodzonych powierzchniach stało się standardem od lat dziewięćdziesiątych XX wieku [Moskalik 2004; Frutig i in. 2007; Sowa 2009; Sowa i in. 2009; Grodecki, Stempski 2010; Dvořák i in 2011; Szewczyk i in. 2014].

W Polsce również systematycznie zwiększa się udział maszynowego pozyskania drewna. Jeszcze na powierzchniach pokłeskowych w Puszczy Piskiej w 2002 r. stosowano technologie na ręczno-maszynowym poziomie techniki. W technologiach ręczno-maszynowych (systemy TLS, LLS) wyrabiane było głównie drewno długie (75%) i stosowe. W Nadleśnictwie Przedbórz w roku 2007 zastosowano już na dużą skalę harwestery a zrywkę prowadzono głównie w oparciu o forwardery. W tym nadleśnictwie 40% surowca wyrabiane było jako drewno długie a 60% jako drewno krótkie [Wójcik, Orzechowski 2014]. Udział maszynowych technologii w usuwaniu skutków klęsk zaznaczył się silnie już pod koniec pierwszej dekady XXI wieku, stosowana wtedy była technologia maszynowa poprzedzona wykonaniem rzazu odcinającego strzałę od karpy przez pilarza [Brzózko, Kaługa 2010]. Aktualnie, zgodnie z obowiązującymi Zasadami Użytkowania Lasu [2020], powszechnie stosowaną na powierzchniach pokłeskowych technologią jest technologia maszynowa z wykorzystaniem harwesterów i forwarderów i wyróbką w systemie pozyskania CTL głównie drewna krótkiego - kłody oraz drewna stosowego. Struktura pozyskania drewna w Borach Tucholskich z 2017 r. to w 70 % pozyskanie kłody oraz 30 % drewna średniowymiarowego.

Zmiany jakości i wartości drewna na powierzchniach pokłeskowych

Surowiec drzewny pochodzący z drzewostanów pokłeskowych różni się co do struktury od drewna pozyskiwanego w ramach cięć planowych. Odnotowuje się np. przesunięcie surowca z wyższych do niższych klas jakości [Nagadowski 2008]. Jakość surowca drzewnego na powierzchniach pokłeskowych może zmieniać się w krótkim czasie, co wiąże się z działaniem czynników atmosferycznych i rodzajem uszkodzenia drewna [Paschalis, Porter 1995; Szewczyk i in. 2020; Jankowiak i in. 2021]. Jednocześnie występują pewne różnice w strukturze pozyskanych sortymentów pomiędzy technologiami ręczno-maszynowymi i maszynowymi. Większe zróżnicowanie wyrabianych sortymentów można odnotować przy wyrobce drewna pilarką spalinową [Nagadowski 2008; Grobelny 2010]. W przypadku stosowania technologii ręczno-maszynowej zwiększa się udział surowca średniowymiarowego, natomiast maszynowe pozyskanie drewna wpływa na zwiększenie udziału drewna wielkowymiarowego, co wpływa korzystniej na wynik finansowy [Grobelny 2010].

Silny wiatr powoduje często uszkodzenia mechaniczne pni drzew, obserwowane są złamania strzał, gałęzi oraz wywroty. Szkody w drzewostanach spowodowane przez wiatr poprzedzane są wielokrotnymi drganiami. Przyczyną tych drgań są obciążenia wiatrowe. Wyjątek stanowią szkody, które występują w wyniku jednorazowego i bardzo gwałtownego porywu wiatru. W przypadku drzew, które są ciałami elastycznymi drgania mają charakter głównie drgań zginających. W trakcie wiatru wychylenia koron drzew mają tory kołowe lub eliptyczne. Wektor przyspieszenia poziomego osiąga maksymalną wartość, gdy wychylenie drzewa osiąga swoje maksimum. W punktach tych prędkość wychylenia drzewa równa jest 0 m/s, a swoje maksimum osiąga podczas przemieszczania wierzchołka drzewa przez oś pionową strzały drzewa. W sytuacji kiedy kolejny poryw wiatru uderzy w drzewo, gdy jest ono wychylone maksymalnie po stronie nawietrznej, powstaje wtedy tzw. drganie wymuszone, kierunki wektora oddziałującego na drzewo wiatru oraz poziomego przyspieszenia korony są ze sobą zgodne, a ich siły sumują się co prowadzi najczęściej do powstania uszkodzeń [Mayer 1987].

Uszkodzenia drewna widoczne gołym okiem na pobocznicach strzał oraz w obrębie koron czy systemów korzeniowych drzew dają możliwość przeprowadzenia optymalnej w danych warunkach manipulacji surowca. Przy połamanych drzewach jest uszkodzana struktura drewna (spękania, skręt włókien), stąd takiego drewna nie można na ogół wykorzystać do celów konstrukcyjnych, raczej do produkcji palet, płyt lub na opał. Wartość takiego drewna jest oczywiście niższa. Sytuacja się komplikuje wobec prawdopodobnego występowania

mikrouszkodzeń drewna poddawane znacznym obciążeniom podczas działania wiatru. W badaniach Jakubowskiego i in. [2014] wykazano wprawdzie, że nie występują różnice między wytrzymałością na ściskanie drzew złamanych przez wiatr i sąsiadujących z nimi drzew stojących, jednak pomiary wykonywane były na wysokości pierśnicy czyli w strefie pnia potencjalnie najbardziej narażonej na złamanie ze względu na duże ramię siły i znaczny moment obalający. Jak wskazują badania Tomczaka i in. [2012] drzewa często ulegają jednak złamaniom w pobliżu nasady korony co wiązać można ze zróżnicowanym na długości pnia udziałem drewna juwenilnego o niższej wytrzymałości. Na złamania pnia drzewa mają oczywisty wpływ również wady drewna obniżające jego wytrzymałość: pęknięcia, zrosty, zgnilizny czy specyficzne cechy biometryczne drzewa [Siewniak, Kusche 2002; Jakubowski i in. 2014; Wessolly, Erb 2016].

Złamania drzew mogą być również powodowane przez inne czynniki biotyczne - rak oraz czyreń Hartiga. W Nadleśnictwie Kołaczyce grzyby te wywołały istotny spadek wartości jodłowego surowca drzewnego. Straty określono na ponad 6 tys. zł na powierzchniach badawczych [Bilański i in. 2014]. Obniżenie wartości surowca jest również możliwe na skutek rozprzestrzeniania się grzybów z rodzaju *Ceratocystis* powodujących siniznę drewna. Wada ta powoduje przesunięcie surowca z wyższych klas jakości do co najwyżej klasy C. Pozyskanie drewna w okresie letnim niesie ryzyko nadmiernego pęknięcia drewna ze względu na gwałtowne przesychanie surowca drzewnego, co również wpływa na jego jakość, a w konsekwencji wartość. Struktura drewna, które było pozyskiwane na powierzchniach z gradacją kornika drukarza była inna od tej, która zostałaby uzyskana z planowanej realizacji planu urządzenia lasu. Dominowało pozyskanie drewna w klasie jakości C, pozyskiwano również w niewielkiej ilości drewno w klasie A i B. Udział drewna z grupy S2a pozostał na podobnym poziomie [Piszczek 2013]. Z badań Szewczyka i in. [2017] oraz Jankowiaka i in. [2021] wynika, że rozwój grzybów siniznowych w drewnie sosnowym jest ściśle uzależniony od warunków mikroklimatycznych miejsca składowania surowca, jak również od zastosowanych metod okrzesywania drewna. W tym przypadku stosowanie harwesterów z rolkowym systemem posuwu drewna w głowicach okrzesywających powoduje liczne uszkodzenia pobocznie obrabianych pni drzew, co sprzyja rozwojowi sinizny.

Gospodarowanie zasobami drzewnymi wymaga odpowiedniego planowania ilości i struktury sortymentowej na pierwotnym rynku drzewnym z odpowiednim uwzględnieniem warunków gospodarczych. Wiatry huraganowe powodują zawirowania w standardowych modelach planowania pozyskania i sprzedaży drewna. Jest to związane z utratą przyrostu drzew i zmianą potencjalnego zysku [Lindenmayer i in. 2008]. Zmiana cen drewna oraz jego struktura

sortymentowa determinowana jest przez wiele czynników, w sytuacji klęskowej jednak na pierwszy plan wybijają się obniżenie jakości technicznej drewna, zwiększona podaż i ewentualna zmiana struktury sortymentowej oferowanego surowca, odmienna od standardowej [Wysocka-Fijorek, Lachowicz 2018; Gejdoś i in. 2019].

Ceny drewna uzależnione są również od sytuacji w przemyśle drzewnym, która wynika z kondycji gospodarczej kraju i świata, podaży surowca drzewnego według określonych sortymentów oferowanych według grup handlowo-gatunkowych, od przyjętych w PGL LP zasad sprzedaży drewna w zakresie trybu i form sprzedaży drewna oraz ustalania cen wyjściowych. Wieloczynnikowe analizy opisujące funkcjonowanie mechanizmu rynkowego oraz zmiany cen drewna w czasie na pierwotnym rynku drzewnym były już przedmiotem wielu badań [Zajac 1999; Adamowicz 2010; Paschalis-Jakubowicz i in. 2015; Kozuch i in. 2016; Lachowicz, Wysocka-Fijorek 2016]. Zgodnie z obowiązującymi przepisami, na cenę drewna może nie wpływać jego podaż, która jest dostępna i oferowana przez PGL LP na rynku w danym roku [Adamowicz 2011]. Z reguły wahania sprzedaży drewna są związane z cyklem koniunkturalnym w gospodarce wolnorynkowej. W okresie słabej koniunktury amplituda wahań jest większa – sprzedaż drewna jest mniej stabilna i słabiej przewidywalna w porównaniu do okresu z dobrą koniunkturą gospodarczą. Ilość drewna na rynku cechuje się sezonowością w roku w zależności od gatunku drewna. Jednak w badaniach Banasia i in. [2019] wykazano, że ceny drewna są istotnie ujemnie skorelowane z jego podażą. Ceny drewna sosnowego są najwyższe w pierwszym kwartale, drewna dębowego w drugim – są to pory roku o najniższej podaży drewna tych gatunków. Jednocześnie najniższe ceny drewna zostały odnotowane w okresach o największej podaży surowca – drewna sosnowego w trzecim kwartale a dębowego w czwartym kwartale.

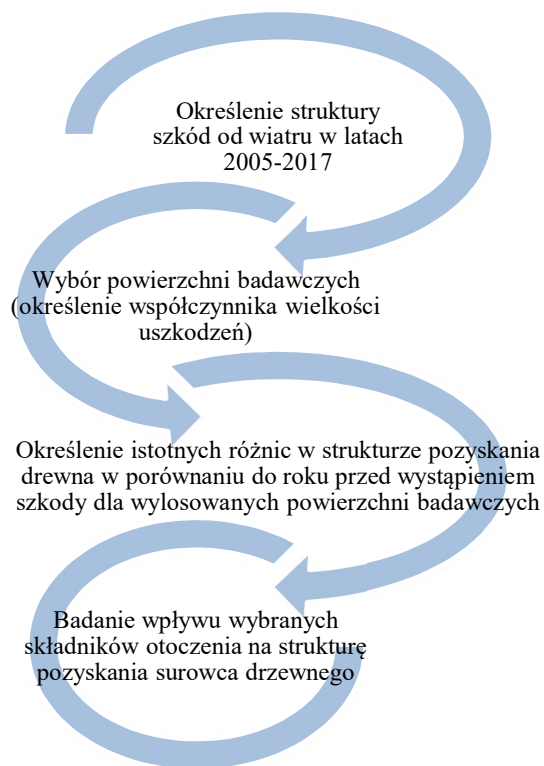
Pozyskanie drewna ze złomów i wywrotów, pomimo dodatkowych nakładów poniesionych na pozyskanie drewna, jest opłacalne (w tym rachunku nie uwzględnia się jednak kosztów zagospodarowania lasu). Sprzedaż drewna z terenów pohuraganowych przekłada się na minimalizację niekorzystnych skutków ekonomicznych działania wiatru oraz na późniejsze przywrócenie drzewostanu w miejscach pokłękowych. Wprawdzie z niektórych badań wynika, że surowiec z wiatrowałów może być pozyskiwany bez strat i wyrabiany tak jak drewno pozyskane z powierzchni planowych [Ankudo-Jankowska i in. 2009], jednak z upływem czasu opłacalność pozyskania drewna maleje. Znaczenie ma postępująca deprecjacja drewna i spadek jego wartości, zmniejszająca się wydajność prac związana z odległością zrywki, a ponadto w dalszej kolejności pozyskuje się drewno mniej cenne [Suwała 2004].

Cel pracy i hipotezy badawcze

Celem pracy było określenie zmian w strukturze sortymentowej pozyskanego oraz sprzedanego drewna na powierzchniach pohuraganowych w stosunku do pozyskiwania prowadzonego w warunkach standardowych. Różnice określono w porównaniu do roku poprzedzającego rok, w którym wystąpiły szkody od wiatru.

W toku prac wyodrębniono kilka zagadnień badawczych, których realizacja wymagała odrębnego podejścia metodycznego: określenie rozmiaru wielkopowierzchniowych szkód od wiatru oraz wybór powierzchni badawczych, określenie struktury jakościowo-wymiarowej surowca drzewnego pozyskanego na tych powierzchniach, opisanie różnic pomiędzy pozyskaniem i sprzedażą drewna w roku kłęski w porównaniu do roku poprzedniego, określenie wpływu wybranych elementów środowiska pracy (technologia pozyskania drewna), rozmiaru uszkodzeń oraz otoczenia ekonomicznego (sąsiedztwo zakładów przerobu drewna) na strukturę sortymentową surowca drzewnego pozyskanego na powierzchniach pokłeskowych.

Określone powyżej bloki zadaniowe przedstawione na rycinie 3 były kolejnymi, powiązаныmi ze sobą krokami badawczymi.



Ryc. 3. Schemat postępowania badawczego

W obrębie wymienionych powyżej bloków zadaniowych wyróżniono szczegółowe cele badawcze:

1. określenie wielkości i ilości uszkodzeń drzewostanów od wiatru w latach 2005-2017 w PGL LP;
2. określenie jakościowo-wymiarowych zmian strukturalnych pozyskanego surowca drzewnego oraz jego cen w zakresie:
 - wielkości pozyskania drewna;
 - struktury sortymentowej pozyskanego drewna z podziałem na kategorie drewna (W, S, M);
 - udziału sortymentów wyższych klas jakości (WA0, WB0, WA1, WB1, WAK, WBK);
 - udziału drewna kłodowanego;
 - ceny średniej jednostkowej drewna dla nadleśnictwa;
 - cen jednostkowych głównych sortymentów sosnowych (SO WC0 1, SO WCK 1, So S2a);
 - ilości wyrabianych sortymentów drewna wyrażonych grupami sprzedażowymi;
3. określenie tendencji zmian strukturalnych pozyskanego surowca drzewnego w zależności od:
 - technologii pozyskania drewna;
 - wielkości szkody;
 - sąsiedztwa terenów przemysłowych (obecności większego zakładu przerobu drewna).

W toku prac zweryfikowano następujące hipotezy badawcze:

- struktura kategorii pozyskanego i sprzedanego surowca drzewnego (W, S, M) w roku klęski oraz w roku poprzedzającym różni się istotnie;
- udział sortymentów w klasach jakości A, B w roku szkody i w roku poprzedzającym różni się istotnie;
- liczebność oferowanych grup sprzedaży drewna jest istotnie uproszczona w roku wystąpienia klęski w porównaniu do roku poprzedniego;
- osiągnięte wartości sprzedanego drewna (dla drewna ogółem, dla drewna SO WC0 1, dla drewna SO WCK 1, dla drewna SO S2a) w roku klęski oraz w roku poprzedzającym różnią się istotnie.

Metodyka badań

1. Określenie wielkości szkód od wiatru w latach 2005-2017 w drzewostanach będących w zarządzie Lasów Państwowych

Analizę rozmieszczenia i rozmiaru szkód spowodowanych przez wiatry huraganowe określono na podstawie danych pobranych z baz SILP pochodzących z Lasów Państwowych. Przeanalizowano uszkodzenia drzewostanów zaobserwowane w latach 2005-2017 w poszczególnych nadleśnictwach na terenie wszystkich Regionalnych Dyrekcji Lasów Państwowych w Polsce. W ten sposób w analizach ujęto okres od wystąpienia pierwszego znacznego zjawiska kłęskowego, którego skutki były likwidowane z zastosowaniem na dużą skalę technologii maszynowych (2007 r., Nadleśnictwo Przedbórz) do momentu wystąpienia największych w historii polskiego leśnictwa szkód wielkopowierzchniowych na terenie Borów Tucholskich (2017 r., RDLP Gdańsk, Toruń). W celu ujednoczenia zebranych danych o szkodach od wiatru, w analizie uwzględniono zniszczenia, które przekraczały 5 tys. m³ i zostały zgłoszone do właściwej RDLP. Próg ten został przyjęty w celu odrzucenia szkód od wiatru, które są małe z gospodarczego punktu widzenia, występują często i nie muszą być osobno ewidencjonowane. Uszkodzenia większe niż 5 tys. m³ są obligatoryjnie zgłaszane do właściwej regionalnej dyrekcji Lasów Państwowych, co wpływa na ujednoczenie ewidencji i ułatwia pozyskanie danych o uszkodzeniach. Zgodnie z obowiązującą w Polsce Instrukcją Ochrony Lasu (§ 108 Tom II) [Instrukcja Ochrony Lasów 2012], nadleśnictwa składają meldunek o uszkodzeniach drzewostanów w sytuacji gdy uszkodzenia jednorazowo przekraczają 5000 m³ drewna. Meldunek jest przekazywany do RDLP i ZOL w ciągu 7 dni od powstania szkód. Obowiązek ten dotyczy również sytuacji, gdy szkody w uprawach i młodnikach występują na powierzchni co najmniej 50 ha.

Na tym etapie badań wykorzystano karty sygnalizacyjne, które stanowią podstawowe źródło informacji o zagrożeniach lasu. Sporządzane są na poziomie nadleśnictw, dalej przesyłane do regionalnych dyrekcji Lasów Państwowych i właściwych terytorialnie zakładów ochrony lasu (ryc. 4).

Ważny formularz obowiązujący w Lasach Państwowych

KARTA SYGNALIZACYJNA Formularz nr 1

Karta sygnalizacyjna (informacyjna) o występowaniu szkodników, chorób i szkód

Adres leśny: SILP _____ z dnia _____

Załącznik – karta zbiorcza** _____ dzień _____ m-c _____ rok _____ Nie karty _____

KOD

RDLP		4	Odmział
Nadlesnictwo		5	Pododział – wydzielenie
Obiekt		6	Kawata – pole siewne
Leśnictwo		7	Gatunek uszkodzony
1 Szkoda		8	Powierzchnia całkowita
2 Sotwica		9	Powierzchnia uszkodzona
3 Data zaszkodzenia szkód		10	Stopień uszkodzenia***

11 Charakterystyka drzewostanu: gleba _____
 typ siedliskowy lasu _____
 skład gatunkowy (symb. prot.) _____
 ukształtowanie terenu _____
 wiek _____

12 Opis uszkodzenia:

13 Poprzednie szkodniki, choroby, szkody:

14 Wykonane zabiegi hodowlane i ochronne:

15 Informacje dodatkowe:

16 Data, miejsce oraz rodzaj pobranej i załączonej próbki:

Leśniczy: _____ Nadlesniczy: _____

Otrzymują: RDLP* _____
 Instytut Badawczy Leśnictwa* _____
 Zespół Ochrony Lasu* _____

* Niepotrzebno skreślić.

*** W przypadku wystąpienia szkód powierzchniowych formularz wypełnia się w formie uproszczonej.
 **** Dotyczy rozmiarów egzemplarzy:
 (1) słaby – od przysięszeń do 30%, (2) średni – 31–60%, (3) silny – powyżej 60%.

51

INSTRUKCJA OCHRONY LASU

KARTA SYGNALIZACYJNA Formularz nr 1 cd.

Ekspertyza Instytutu Badawczego Leśnictwa* _____
 Ekspertyza Zespołu Ochrony Lasu* _____
 Ekspertyza: _____*

A. Numer ewidencyjny _____

B. Data wpływu karty (informacji) _____

C. Ekspertyza została wykonana i opisana dnia: _____
 laboratoryjnie / na terenie występowania szkód*

D. Opis stwierdzonych szkód _____

E. Sprawa (sprawy) szkód lub choroby _____

E. Zalecenia i uwagi _____

G. Ekspertyzę wykonał(a): _____
 Porady telefonicznej udzielono dnia _____

Otrzymują: Nadlesnictwo* _____
 Zespół Ochrony Lasu* _____
 RDLP* _____

* Niepotrzebno skreślić.

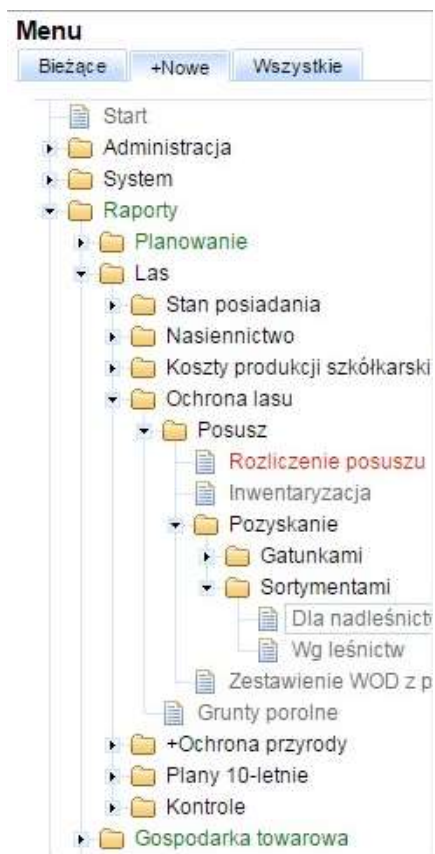
Funckja karty:	Cel:	Termin:	Liczba egzemplarzy:	Odłożenie:	Forma przekazania:
sygnalizacyjna	wyskazywanie rozpoznania (diagnozy) na podstawie przesłanego materiału do analizy oraz zaleceń	na bieżąco	1	ZDL lub specjalistyczna placówka	analogowa
informacyjna	zgłoszenie szkody powierzchniowej	w ciągu 7 dni od powstania	nie dotyczy	RDLP, ZDL	elektronika

52

Ryc. 4. Formularz nr 1 z Instrukcji Ochrony Lasu – karta sygnalizacyjna.

Nadleśnictwa mają obowiązek ewidencjonowania pochodzenia drewna, które zostało pozyskane z cięć innych niż cięcia planowe. Dotyczy to cięć przygodnych oraz cięć w ramach tzw. rębni kłeskowych. Ewidencji podlegają również przyczyny, które spowodowały potrzebę usunięcia drzewa lub drzewostanu. Dane źródłowe do ewidencji wprowadza leśniczy lub podleśniczy przy tworzeniu rejestru odebranego drewna ROD - w polu uszkodzenie wybierany jest ze słownika odpowiedni rodzaj uszkodzenia np. PZ (posusz zasiedlony, wywroty, złomy). Oprócz tego w polu uwagi określa się szczegóły uszkodzenia np. IPSA, IPST odpowiednio dla kornika ostrożebnego i kornika drukarza.

Raporty SILPweb (Raporty > Las > Ochrona lasu > Posusz > Pozyskanie > Sortymentami > Dla nadleśnictwa) (ryc. 5) umożliwiły wygenerowanie danych wprowadzonych uprzednio przez pracowników terenowych służby leśnej. Dane te (dla potrzeb niniejszej pracy - wielkość i rodzaj szkód od wiatru), są agregowane do poziomu leśnictwa lub nadleśnictwa z określeniem miąższości pozyskania drewna z poszczególnych uszkodzeń (ryc. 6).



Ryc. 5. Ścieżka dostępu w aplikacji SILPweb do raportu dotyczącego pozyskania posuszu, złomów i wywrotów.

16	RDLP	
12	Nadleśnictwo	
	Obręb	
	Leśnictwo	

Rozliczenie inwentaryzacji i pozyskania posuszu, złomów i wywrotów w m³ (grubizny)
w okresie od 1.1.2016 do 31.12.2016
Baza podstawowa

Sumy dla gatunków: wazydkie

Nr leśnictwa	Pozyskanie posuszu w I kw. 2016 roku			Pozyskanie posuszu w II kw. 2016 roku			Pozyskanie posuszu w III kw. 2016 roku			Pozyskanie posuszu w IV kw. 2016 roku		
	Posusz	Złomy i wywroty	Razem	Posusz	Złomy i wywroty	Razem	Posusz	Złomy i wywroty	Razem	Posusz	Złomy i wywroty	Razem
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
02	84,66	172,65	257,31	29,46	253,57	283,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
03	3,25	49,69	52,94	0,00	4,29	4,29	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
04	10,85	22,49	33,34	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
05	9,75	0,78	10,53	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
06	75,61	45,93	121,54	0,00	37,41	37,41	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
07	0,00	0,00	0,00	2,73	26,16	28,89	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
08	106,46	282,93	489,39	35,43	1,06	36,51	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
09	7,02	231,25	238,27	5,30	24,06	29,36	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
10	91,63	67,24	158,87	9,36	35,50	44,86	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
26	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
27	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
28	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
29	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

27 maj 2016, 09:18

Panel Leśniczego Raporty

Strona

1 z 2

Ryc. 6. Przykład raportu wygenerowanego w SILPweb dotyczącego pozyskania posuszu, złomów i wywrotów [m³ grubizny].

W rezultacie przeprowadzonych badań, wykorzystując przedstawione powyżej ścieżki dostępu, określono strukturę szkód od wiatru, które wystąpiły w Lasach Państwowych w Polsce w latach 2005-2017, z uwzględnieniem podziału na poszczególne regionalne dyrekcje Lasów Państwowych oraz nadleśnictwa. Łącznie wystąpiły 302 przypadki wystąpienia szkody od wiatru o ww. charakterystyce.

2. Określenie współczynnika wielkości uszkodzeń

Dla każdego analizowanego uszkodzenia od wiatru w nadleśnictwie określono współczynnik wielkości uszkodzeń W (1).

$$W = \frac{E}{U} \quad (1)$$

gdzie:

W – współczynnik wielkości uszkodzeń [m^3]

E – średnioroczna wielkość pozyskania drewna w nadleśnictwie (jako 1/10 etatu miąższościowego z Planu Urządzenia Lasu) obliczona dla dziesięciolecia, w którym wystąpiła szkoda od wiatru [m^3]

U – wielkość uszkodzenia drzewostanów od wiatru w danym nadleśnictwie w danym roku [m^3]

Dane dotyczące średniorocznej wielkości pozyskania (E) uzyskano z dokumentów zatwierdzających Plany Urządzenia Lasu dla poszczególnych nadleśnictw zamieszczonych w Biuletynach Informacji Publicznej (BIP). Część danych z BIP została pozyskana z wersji archiwalnych serwisu.

Dane dotyczące wielkości uszkodzeń od wiatru (U) wykorzystane do realizacji problemów badawczych były to oryginalne dane źródłowe pochodzące z wszystkich regionalnych dyrekcji Lasów Państwowych.

Współczynnik wielkości uszkodzeń W został obliczony w celu przeprowadzenia klasyfikacji uszkodzenia od wiatru w danym roku w określonym nadleśnictwie i wyboru jednostek Lasów Państwowych do kolejnego etapu analizy. Współczynnik ten wyraża wielkość szkody w jednostkach niemianowanych. Przykładowo, w przypadku gdyby współczynnik wielkości uszkodzeń wyniósł 1 oznaczałoby to, że w danym roku w wyniku działania wiatru została uszkodzona taka miąższość surowca drzewnego, która jest pozyskiwana średniorocznie w danym dziesięcioleciu.

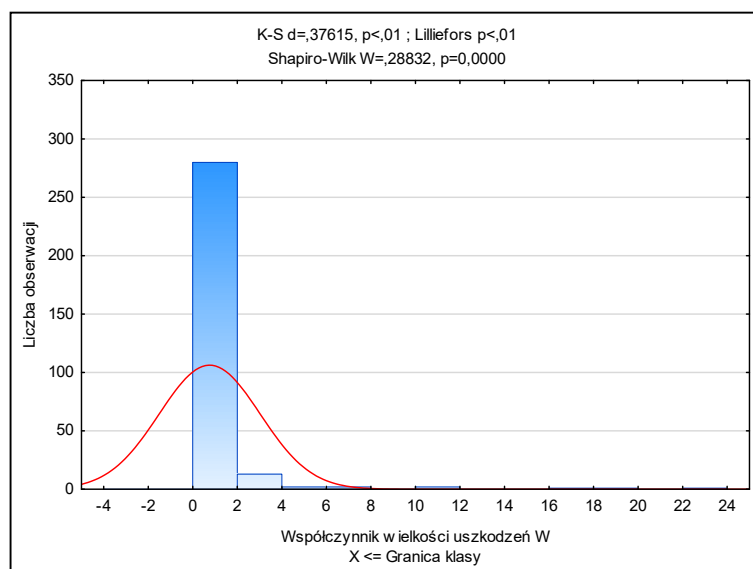
2.1 Wybór nadleśnictw do szczegółowych analiz struktury surowca drzewnego pozyskanego na powierzchniach z pohuraganowych

Kompletne dane dotyczące poziomu szkód od wiatru z terenu Lasów Państwowych zestawiono w celu wyboru nadleśnictw, w których prowadzone były szczegółowe analizy struktury pozyskanego i sprzedanego surowca drzewnego. Losowanie nadleśnictw zostało przeprowadzone, z uwagi na skośny rozkład, w przedziałach o nierównej liczebności. Po przeprowadzeniu logarytmowania obliczonego współczynnika wielkości uszkodzeń W uzyskano normalizację wyjściowego rozkładu do rozkładu normalnego o odchyleniu standardowym od -1,5 do +1,5. Skonfrontowano wartości z tablicami rozkładu normalnego, a następnie dobrano taką wartość testu t-Studenta, dla którego prawdopodobieństwo zmienia się co 1/10. Powrót do danych wyjściowych otrzymano poprzez potęgowanie. W rezultacie uzyskano 10 przedziałów wartości współczynnika W , w obrębie których przeprowadzono losowanie nadleśnictw do szczegółowych analiz.

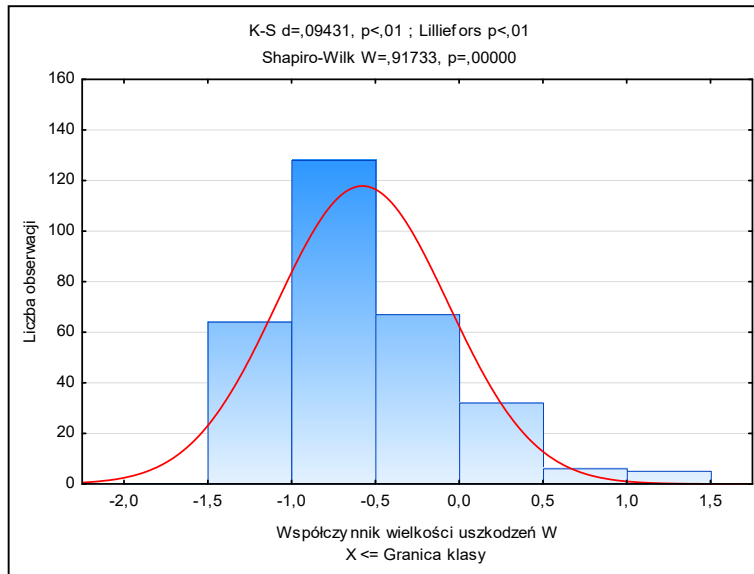
Podstawą koncepcji doboru nadleśnictw do przeprowadzenia dalszych prac badawczych było określenie rzeczywistych przedziałów współczynnika wielkości uszkodzeń do średniorocznego etatu pozyskania W , tak żeby prawdopodobieństwo wystąpienia tego współczynnika w danym przedziale było identyczne. Założono, że podział całego rozkładu przeprowadzony będzie dla 10 przedziałów.

Zadanie zrealizowano w 5. etapach:

1. Znormalizowano dane wyjściowe poprzez ich zlogarytmowanie (ryc. 7, ryc. 8)



Ryc. 7. Histogram wartości współczynnika wielkości uszkodzeń W przed zlogarytmowaniem danych wyjściowych



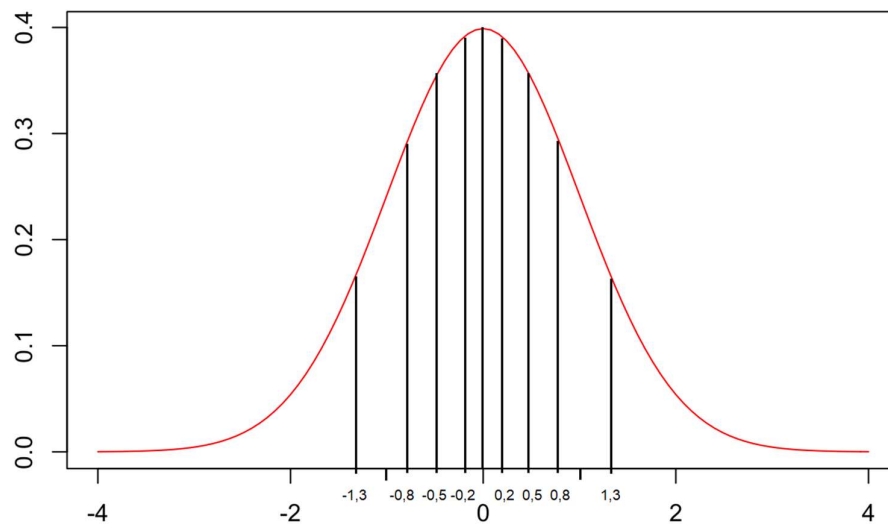
Ryc. 8. Histogram wartości współczynnika wielkości uszkodzeń W po zlogarytmowaniu danych wyjściowych

2. Dla otrzymanego znormalizowanego rozkładu obliczono średnią i odchylenie standardowe.

$$\sigma = 0,51$$

$$x = -0,58$$

3. Z tablic rozkładu normalnego odczytano granice równych pod względem powierzchni przedziałów (po 1/10 powierzchni): -1,3; -0,8; -0,5; -0,2; 0; 0,2; 0,5; 0,8; 1,3 (ryc. 9)



Ryc. 9. Granice równych pod względem powierzchni przedziałów

4. Ze wzoru na standaryzowanie rozkładu normalnego (2) obliczono wartość logarytmu współczynnika x odpowiadającą granicy przedziału (3)

$$Y = \frac{x - \bar{x}}{\sigma_x} \quad (2)$$

$$x = (Y \times \sigma_x) + \bar{x} \quad (3)$$

5. Otrzymane wartości zamieniono na rzeczywiste graniczne wartości współczynnika wielkości uszkodzeń do średniorocznego etatu pozyskania W poprzez zastosowanie wzoru:

$$z = e^Y \quad (4)$$

Szczegółowe analizy struktury pozyskanego i sprzedanego drewna z uwzględnieniem kategorii drewna, drewna wyższych klas jakości oraz cen drewna, które zostało pozyskane w latach 2005-2017 w drzewostanach, w których poziom szkód przekroczył 5 tys. m³ zostały przeprowadzone na wylosowanej próbie nadleśnictw.

Z ogólnej liczby 302 przypadków wystąpienia szkód od wiatru założono analizę czterech zjawisk klęskowych z każdego z 10. przedziałów. Losowanie przeprowadzono w arkuszu kalkulacyjnym Excel przy wykorzystaniu formuły: =INDEKS(.....;LOS.ZAKR(.....)). Funkcja INDEKS zwraca wartość lub odwołanie do wartości, która znajduje się w tabeli lub zakresie – zakres współczynników wielkości uszkodzeń w jednym przedziale. Funkcja LOS. ZAKR zwraca losową liczbę całkowitą z wybranego zakresu liczb [<https://support.microsoft.com/>] (w tym przypadku ze wskazanego przedziału z współczynnikiem wielkości uszkodzeń). Przy każdym odświeżeniu arkusza jest wskazywana nowa losowa liczba całkowita. W przypadku gdy wylosowany przypadek uszkodzenia od wiatru został wylosowany już wcześniej, losowanie było wykonywane po raz kolejny. Miało to miejsce w przedziałach o niskiej liczebności zjawisk klęskowych uszkodzeń. Ze względu na niewielką liczebność jednego z przedziałów (2), wylosowano ogółem 38 przypadków.

2.2 Baza danych opisujących struktury pozyskanego surowca drzewnego

Wniosek o pozyskanie szczegółowych danych został złożony do Dyrekcji Generalnej Lasów Państwowych w Warszawie, ze wskazaniem 38 wyłosowanych nadleśnictw, w których wystąpiły szkody od wiatru. Finalnie uzyskano informacje, wykorzystane następnie jako parametry w modelach opisujących zmienność miąższościowo-sortymentową sprzedaży drewna. We wniosku sformułowano zapytania o:

- strukturę obrotu drewnem w roku wystąpienia wiatrołomów i wiatrowałów oraz w roku poprzedzającym, zgodnie ze ścieżką dostępu SILP - dane z raportu SILPweb – Raporty – Marketing – Średnie ceny sprzedaży drewna – artykułami dla nadleśnictwa – dla wszystkich kierunków, wszystkich artykułów, wszystkich warunków dostawy;
- strukturę klientów (z zachowaniem anonimowości danych firmowych), którzy kupili drewno w wybranych nadleśnictwach w roku kłęski lub informacja czy na terenie nadleśnictwa lub w bezpośrednim sąsiedztwie znajduje się zakład przerobu drewna, który kupuje więcej niż 10% oferowanego rocznie do sprzedaży w nadleśnictwie surowca drzewnego;
- okres pozyskania drewna z powierzchni pokłeskowych;
- poziom wykorzystania technologii pozyskania drewna na maszynowym i półautomatycznym poziomie techniki.

2.3 Charakterystyka terenu badań

Analizy przeprowadzono dla danych z wylosowanych nadleśnictw w odpowiedzi na wniosek złożony do Dyrekcji Generalnej Lasów Państwowych w Warszawie. We wniosku wskazano 38 wylosowanych nadleśnictw (tab. 2).

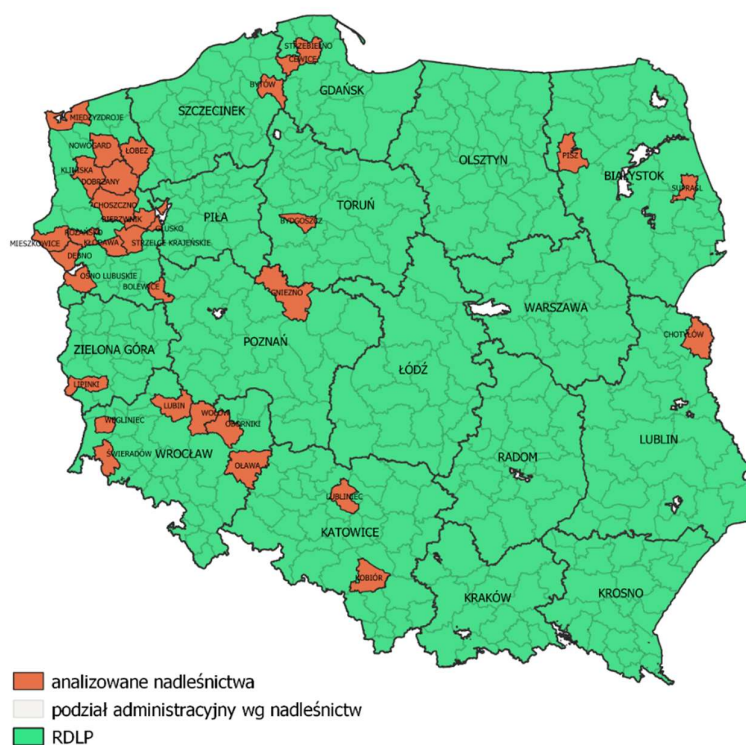
Tab. 2. Wykaz nadleśnictw, z których pozyskano dane z DGLP dotyczące struktury pozyskania i sprzedaży drewna.

RDLP	Nadleśnictwo	Rok wystąpienia szkody od wiatru
Białystok	Pisz	2007
	Supraśl	2016
Gdańsk	Cewice	2017
	Strzebielino	2017
Katowice	Kobiór	2015
	Lubliniec	2016
	Węgierska Górka*	2005
Lublin	Chotyłów	2007
Poznań	Gniezno	2017
	Barlinek*	2011
	Bierzwnik	2007
	Bolewice	2007
	Choszczno	2008
	Dębno Lub.	2007
	Dobrzany	2007
	Głusko	2013
	Kliniska	2008
	Kłodawa	2012
	Łobez	2010
	Mieszkowice	2017
	Międzyzdroje	2008
	Nowogard	2008
	Ośno Lub.	2012
Ośno Lub.	2017	
Różańsko	2007	
Strzelce Kraj.	2015	
Szczecinek	Bytów	2017
Toruń	Bydgoszcz	2017
	Jugów*	2005
	Lubin	2007
	Oborniki Śląskie	2007
	Oleśnica Śląska*	2005
Wrocław	Oława	2007
	Świdnica*	2007
	Świeradów	2007
	Węgliniec	2007
	Wołów	2007
Zielona Góra	Lipinki	2007

* zdarzenia odrzucone ze względu na niekompletne dane

Dane uzyskane dla pięciu nadleśnictw były niepełne i w konsekwencji zostały odrzucone. Mogło to wynikać z faktu, że dotyczyły w większości roku 2005 i mogły mieć charakter archiwalny. W efekcie pozostały do analizy dane z 33 zdarzeń huraganowych zaistniałych w 32 nadleśnictwach (Nadleśnictwo Ośno Lubuskie zostało uwzględnione w roku 2012 oraz 2017).

Szczegółowe analizy przeprowadzono na podstawie danych zgromadzonych w bazach SILP nadleśnictw z 10. Regionalnych Dyrekcji Lasów Państwowych – Białostockiej, Gdańskiej, Katowickiej, Lubelskiej, Poznańskiej, Szczecińskiej, Szczecineckiej, Toruńskiej, Wrocławskiej oraz Zielonogórskiej (ryc. 10).



Ryc. 10. Rozmieszczenie nadleśnictw w których wystąpiły szkody od wiatru – szczegółowa analiza (QGIS 3.16.8. Hannover).

Większa część nadleśnictw objęta badaniami zlokalizowana była w północno-zachodniej i zachodniej części Polski, co było zgodne z częstością występowania szkód od wiatru w Polsce właśnie na zachodzie i północy kraju. Większa częstotliwość i duży rozmiar jednostkowy szkód w nadleśnictwach położonych w tym rejonie wynikały w pierwszym rzędzie z położenia w drugiej strefie wiatrowej, w której zgodnie z normą PN-77/B-02011

"Obciążenia w obliczeniach statycznych. Obciążenie wiatrem" notowane są wiatry o większej prędkości (ryc. 11, tab. 3). Ze wschodniej części Polski zostały wylosowane tylko nadleśnictwa Chotyłów (RDLP Lublin) oraz Pisz i Supraśl (RDLP Białystok).



Ryc. 11. Strefy wiatrowe w Polsce [za: PN-77/B-02011 "Obciążenia w obliczeniach statycznych. Obciążenie wiatrem"]

Tab. 3 Prędkość wiatru w strefach wiatrowych w Polsce [za: PN-77/B-02011 "Obciążenia w obliczeniach statycznych. Obciążenie wiatrem"]

Strefa	v [m/s]	
	A ≤ 300	A > 300
1	22	22*[1+0,0006 (A-300)]
2	26	26
3	22	22*[1+0,0006 (A-300)]

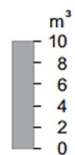
A – wysokość nad poziomem morza

Duże szkody od wiatru odnotowane w nadleśnictwach położonych w północno-zachodniej i zachodniej części Polski wynikają również z ich położenia na obszarze województw o wysokiej lesistości (>25%). Tereny zachodniej polski i RDLP Białystok

są to obszary, które charakteryzują się ponadto intensywnym pozyskaniem surowca drzewnego - przeciętnie od ok. 6 m³ drewna pozyskiwanego na hektar powierzchni lasów ogółem (ryc. 12).

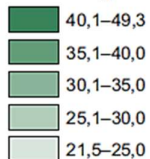
LESISTOŚĆ I POZYSKANIE DREWNA W 2019 R.
FOREST COVER AND REMOVALS IN 2019

Pozyskanie drewna
(grubizny) na 1 ha
powierzchni lasów
Removals (large timber)
per 1 ha of forest areas

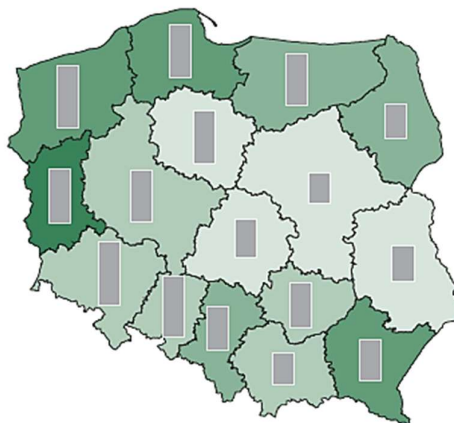


POLSKA POLAND = 4,39 m³

Lesistość
(stan w dniu 31 grudnia)
Forest cover
(as of 31st December)
%



POLSKA POLAND = 29,6%



Ryc. 12. Lesistość i pozyskanie drewna w 2019 r. [za: GUS 2020].

3. Analizy i określenie istotności różnic w strukturze pozyskania i sprzedaży drewna (w porównaniu do roku przed wystąpieniem szkody) dla wylosowanych powierzchni badawczych

Dla każdego z nadleśnictw wytypowanych do szczegółowej analizy wygenerowano dane dotyczące ilości, wartości i ceny poszczególnych grup drewna (grup sprzedażowych), oddzielnie dla roku, w którym wystąpiła szkoda od wiatru oraz dla roku poprzedzającego. W tabeli nr 4 przedstawiono przykładowy fragment powyższych danych zestawionych dla Nadleśnictwa Kobiór z roku 2014, przed szkodą od wiatru, która miała miejsce w 2015 roku.

Tab. 4. Fragment danych szczegółowych opisujących strukturę sortymentową drewna pozyskanego na powierzchniach z wiatrolomami uzyskanych dla Nadleśnictwa Kobiór.

RDLP	RDLP - opis	Jednostka	Jednostka - opis	Rok	Ilość przychodu/ rozchodu	Wartość rozchodu netto	Cena	Grupa sprzedaży	Kategoria drewna	Drewno wyższych klas jakości
n02	RDLP Katowice	n0213	Kobiór	2014	0,89	109,58	123,12	AK S2AC D	S	
n02	RDLP Katowice	n0213	Kobiór	2014	3,48	428,48	123,13	AK S2AC K	S	
n02	RDLP Katowice	n0213	Kobiór	2014	4,36	924,32	212,00	AK S2A K	S	
n02	RDLP Katowice	n0213	Kobiór	2014	67,60	8523,95	126,09	AK S4	S	
n02	RDLP Katowice	n0213	Kobiór	2014	0,18	48,05	266,94	AK WC0 1	W	
n02	RDLP Katowice	n0213	Kobiór	2014	2,37	718,69	303,24	AK WC0 2	W	
n02	RDLP Katowice	n0213	Kobiór	2014	4,44	1524,17	343,28	AK WC0 3	W	
n02	RDLP Katowice	n0213	Kobiór	2014	0,42	91,26	217,29	AK WD 1	W	
n02	RDLP Katowice	n0213	Kobiór	2014	3,70	852,34	230,36	AK WD 2	W	
n02	RDLP Katowice	n0213	Kobiór	2014	1,05	272,15	259,19	AK WD 3	W	
n02	RDLP Katowice	n0213	Kobiór	2014	158,53	22138,66	139,65	BK S2AC D	S	
n02	RDLP Katowice	n0213	Kobiór	2014	10,10	1398,69	138,48	BK S2AC K	S	
n02	RDLP Katowice	n0213	Kobiór	2014	428,27	67218,64	156,95	BK S2A D	S	
n02	RDLP Katowice	n0213	Kobiór	2014	105,70	17812,61	168,52	BK S2A K	S	
n02	RDLP Katowice	n0213	Kobiór	2014	1,26	188,65	149,72	BK S2B GK	S	
n02	RDLP Katowice	n0213	Kobiór	2014	785,05	96955,58	123,50	BK S4	S	
n02	RDLP Katowice	n0213	Kobiór	2014	11,51	3697,02	321,20	BK WB0 3	W	K

Kategoryzacja baz danych objęła (ryc. 13):

1. moment wystąpienia szkody
 - A. rok wystąpienia szkody,
 - B. rok poprzedzający wystąpienie szkody,
2. rozmiar pozyskania drewna [m³]
 - A. ogólny rozmiar pozyskania drewna w danym roku

B. w obrębie kategorii:

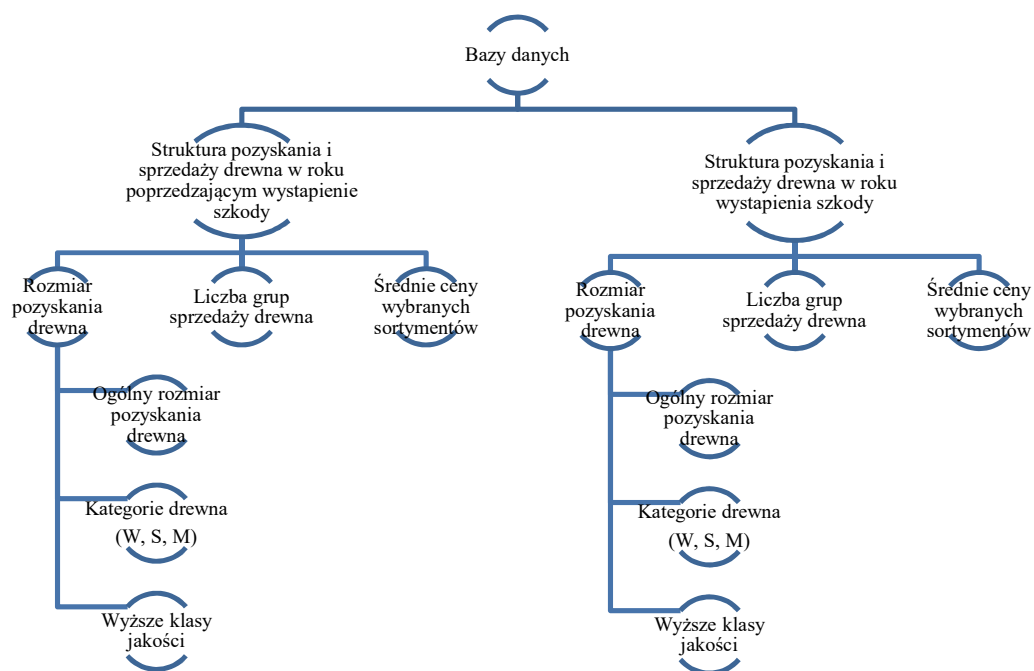
- ✓ W – drewno wielkowymiarowe,
- ✓ S – drewno średniowymiarowe,
- ✓ M – drewno małowymiarowe,

C. w obrębie wyższych klas jakościowych

- ✓ klasa jakości WA0,
- ✓ klasa jakości WB0,
- ✓ drewno specjalne okleinowe WA1,
- ✓ drewno specjalne sklejkowe WB1,
- ✓ drewno kładowane WAK,
- ✓ drewno kładowane WBK.

3. liczbę rodzajów grup sprzedaży drewna,

4. średnie ceny sprzedanego drewna.



Ryc. 13. Schemat przedstawiający kategoryzację danych

Dane szczegółowe w zakresie ilości pozyskanych i sprzedanych sortymentów drewna (przykład w tab. 4) oparte zostały na segmentacji kryteriów według klasyfikacji jakościowo-wymiarowej obowiązującej w PGL LP do końca 2019 roku, na podstawie norm oraz warunków technicznych:

A. Normy na surowiec drzewny

- PN-93/D-02002 Surowiec drzewny. Podział, terminologia i symbole,
- PN-D-95000:2002 Surowiec drzewny. Pomiar, obliczanie miąższości i cechowanie,
- PN-92/D-95008 Surowiec drzewny. Drewno wielkowymiarowe liściaste. Wspólne wymagania i badania,
- PN-91/D-95018 Surowiec drzewny. Drewno średniowymiarowe. Wspólne wymagania i badania,
- PN-90/D-95019 Surowiec drzewny. Drewno małowymiarowe, Wspólne wymagania i badania
- PN-79/D-01011 Drewno okrągłe. Wady,
- PN-D-02006 Surowiec drzewny. Odbiorcza kontrola jakości według metody alternatywnej.

B. Warunki techniczne na surowiec drzewny wprowadzone przez Dyrektora Generalnego Lasów Państwowych

- Zarządzenie nr 41 Dyrektora Generalnego Lasów Państwowych z dnia 26 czerwca 2014 r. w sprawie wprowadzenia warunków technicznych na drewno wielkowymiarowe sklejkowe,
- Zarządzenie nr 72 Dyrektora Generalnego Lasów Państwowych z dnia 27 września 2013 r. w sprawie wprowadzenia warunków technicznych na drewno wielkowymiarowe iglaste,
- Zarządzenie nr 74 Dyrektora Generalnego Lasów Państwowych z dnia 27 września 2013 r. w sprawie zasad odbioru i obrotu drewna iglastego wyrabianego w kłodach w jednostkach organizacyjnych Lasów Państwowych,
- Zarządzenie nr 33 Dyrektora Generalnego Lasów Państwowych z dnia 17 kwietnia 2012 r. w sprawie wprowadzenia Ramowych warunków technicznych na drewno średniowymiarowe ogólnego przeznaczenia – S2AP,

- Zarządzenie nr 34 Dyrektora Generalnego Lasów Państwowych z dnia 17 kwietnia 2012 r. w sprawie wprowadzenia Ramowych warunków technicznych na drewno średniowymiarowe użytkowe - S2B,
- Zarządzenie nr 35 Dyrektora Generalnego Lasów Państwowych z dnia 17 kwietnia 2012 r. w sprawie wprowadzenia Ramowych warunków technicznych na drewno małowymiarowe iglaste do przerobu mechanicznego - M1PO,
- Zarządzenie nr 10 Dyrektora Generalnego Lasów Państwowych z dnia 5 kwietnia 2011 r. w sprawie wprowadzenia do stosowania ramowych warunków technicznych na drewno średniowymiarowe energetyczne,
- Zarządzenie nr 29 Dyrektora Generalnego Lasów Państwowych z dnia 21 czerwca 1993 r. w sprawie wprowadzenia norm na surowiec drzewny obowiązujących w Państwowym Gospodarstwie Leśnym Lasy Państwowe,
- Ramowe warunki techniczne na drewno okleinowe,
- Ramowe warunki techniczne na słupy teletechniczne.

3.1 Analizy cenowe

Analizy cenowe dla wybranych sortymentów zostały oparte na drewnie sosnowym. Założono, że sortymenty sosnowe były pozyskiwane w każdym z analizowanych nadleśnictw w roku kłęski oraz w roku poprzednim. Analizie poddano ceny średnie w analizowanych latach oraz główne sortymenty sosnowe występujące w nadleśnictwach:

- SO WC0 1 – drewno sosnowe wielkowymiarowe ogólnego przeznaczenia w klasie jakości C oraz w 1 klasie grubości;
- SO S2A – drewno sosnowe średniowymiarowe z grupy S2 podgrupy a;
- SO WCK 1 – drewno sosnowe wielkowymiarowe kładowane w klasie jakości C oraz w 1 klasie grubości. Drewno kładowane było wyrabiane w ilościach znaczących po 2013 roku wraz z intensywnym rozwojem maszynowego pozyskania drewna przy użyciu maszyn wielooperacyjnych. W analizowanych nadleśnictwach dotyczy to 9. przypadków, w których szkody od wiatru wystąpiły w roku 2015 i później.

Średnie ceny uzyskiwane w Lasach Państwowych dla poszczególnych grup handlowo-gatunkowych zmieniały się z upływem czasu i w zależności m. in. od wielkości podaży oraz popytu na dany surowiec drzewny podlegały wahaniom w kolejnych latach. W przypadku nadwyżki podaży nad popytem mogły wystąpić spadki cen na sortymenty drzewne lub grupy handlowo-gatunkowe. Dlatego przy analizach cen drewna zostały uwzględnione zmiany cen w poszczególnych latach określone jako współczynniki korekty cen. Współczynniki korekty cen obliczono jako zmianę przeciętnej ceny uzyskanej dla danego sortymentu w PGL LP dla lat, które przypadały na rok wystąpienia szkody od wiatru oraz na rok przed wystąpieniem szkody (5).

$$KC = \left(\frac{C_1}{C_2} \times 100 \right) - 100 \quad (5)$$

gdzie:

KC – współczynnik korekty ceny

C_1 - cena przeciętna sortymentu w roku wystąpienia szkody w PGL LP [zł/m³]

C_2 - cena przeciętna sortymentu w roku przed wystąpieniem szkody w PGL LP [zł/m³]

W ten sposób w dalszych analizach wykluczono różnice w cenie drewna, które mogły wynikać z przyczyn innych niż wystąpienie szkód od wiatru. Ceny poszczególnych sortymentów uzyskane w nadleśnictwach w roku wystąpienia szkody były korygowane o obliczony współczynnik korekty ceny. Skorygowane o te różnice ceny określone zostały jako ceny po korekcie dla danego sortymentu lub dla ceny przeciętnej ogółem w nadleśnictwie.

W obliczeniach zostały przyjęte przeciętne ceny dla sprzedaży drewna w Państwowym Gospodarstwie Leśnym Lasy Państwowe opublikowane przez GUS w Rocznikach Statystycznych Leśnictwa dla:

- przeciętnej ceny drewna ogółem;
- drewna wielkowymiarowego iglastego ogólnego przeznaczenia (SO WC0 1, SO WCK 1);
- drewna stosowego, średniowymiarowe iglastego do przerobu przemysłowego (papierówka – SO S2A).

Analizy cenowe zostały oparte na wartości drewna netto bez podatku od towarów i usług.

3.2 Analizy statystyczne

W toku badań wykorzystano następujące analizy i testy statystyczne [StatSoft 2011]:

A. Test Shapiro-Wilka

Test ten służy do oceny, czy zebrane dane posiadają rozkład normalny, zgodny z krzywą Gaussa. Hipoteza zerowa w tym przypadku zakłada, że próba badawcza pochodzi z populacji o rozkładzie normalnym. Jeżeli test osiąga wartość $p < 0,05$ wtedy rozkład istotnie odbiega od rozkładu normalnego. Testem były testowane wszystkie zmienne w niemiejszym opracowaniu.

B. Test Levene'a (jednorodności wariancji)

Test służący do określenia czy każda z badanych zmiennych charakteryzuje się jednorodnymi wariancjami. Dla zmiennych wykonywane są analizy wariancji wartości bezwzględnych odchyleń od średniej w danej grupie. Jeżeli wynik jest statycznie istotny wtedy należy odrzucić hipotezę o homogeniczności wariancji. Jednorodność wariancji to jeden z warunków możliwości zastosowania testów parametrycznych.

Test Levene'a jest wykonywany standardowo przed wykonaniem obliczeń przy użyciu parametrycznych testów średnich – *t* Studena dla prób niezależnych czy jednoczynnikowej analizie wariancji [<https://pogotowiestatystyczne.pl/slowniczek/test-levene-a>]. W opracowaniu wyniki tego testu zamieszczono przy testowaniu zmiany udziału drewna M rok do roku [%] oraz zmiany udziału drewna wyższej jakości AB rok do roku [%] względem grup (technologii pozyskania drewna).

C. Testy parametryczne

Test *t* Studenta dla prób zależnych

Test ten może być stosowany do grup obserwacji, które zostały oparte na tej samej grupie obiektów zmierzonych dwukrotnie (np. *przed* i *po* zabiegu lub zdarzeniu). Do analizy są brane różnice pomiędzy wynikami (*przed* i *po*) dla każdego z badanych obiektów. Od wyniku *przed* zabiegiem oraz od wyniku *po* zabiegu i analizowania różnic eliminowana jest ta część wariancji, która pochodzi od różnic w wartościach bezwzględnych poszczególnych danych pomiarowych. Przed zastosowaniem testu należy określić zgodność rozkładu zmiennych z rozkładem normalnym.

W opracowaniu test został wykorzystany do badania danych *przed* i *po* wystąpieniu wiatrów huraganowych dla rocznej wielkość pozyskania drewna, dla zmian udziałów

kategoria S [m^3] dla zmian udziałów kategorii drewna M [m^3 i %], udział drewna AB w drewnie W [%], określeniu różnic liczby grup sprzedaży drewna oraz określeniu zmian cen drewna dla SO WCK 1.

Test t Studenta dla zmiennych niezależnych (względem grup)

Test ten pozwala określić różnice między średnimi w dwóch grupach. Warunkiem stosowania testu jest normalność rozkładu zmiennych oraz brak istotności różnic między wariancjami w grupach. Wynik testu t to wartość p, która określa prawdopodobieństwo błędu związanego z przyjęciem hipotezy o różnicach między średnimi. Przy wykonywaniu tego testu wymagana jest co najmniej jedna niezależna grupowa zmienna.

W opracowaniu za pomocą tego testu badana była istotności różnic w udziale drewna M (małowymiarowego) oraz udziale drewna wyższych klas jakości (AB) z uwzględnieniem technologii pozyskania drewna.

D. Testy nieparametryczne

Test znaków

Test ten jest nieparametryczną alternatywą test t dla prób zależnych. Jest używany równoległe dla testu kolejności par Wilcoxon.

Test kolejności par Wilcoxon

Test ten jest nieparametryczną alternatywą test t dla prób zależnych. Test zakłada, że można nadać rangi wielkościom różnic w parach obserwacji. Test ten sprawdza hipotezy o położeniu rozkładu (medianie) z uwzględnieniem wartości dla par przed i po zdarzeniu. Test sprawdza hipotezę o zerowej wartości mediany różnic.

W opracowaniu test znaków oraz test kolejności par Wilcoxon były wykorzystane zawsze razem do badania danych przed i po wystąpieniu wiatrów huraganowych dla zmiennych udział drewna kategorii W oraz S [%], udziałów drewna AB [m^3], dla zmian w cenach drewna (ogółem, SO WC0 1, SO WCK 1, SO S2a).

Test U Manna-Whitneya

Test ten jest nieparametrycznym odpowiednikiem dla testu t Studenta dla prób niezależnych. Test stosowany jest gdy rozkład zmiennych nie jest dopasowany do rozkładu normalnego oraz gdy rozkład danych jest asymetryczny względem średniej. Stosowany może być do zmiennych ilościowych oraz porządkowych. Test Manna-Whitneya porównuje obserwacje względem średnich rang, nie względem średniej. Test

nie wymaga żeby warunek równoliczności grup był spełniony. Może być stosowany natomiast do skrajnie nierównolicznych grup.

W opracowaniu za pomocą tego testu badana była istotności różnic w cenie drewna wielkowymiarowego (SO WC0 1) z uwzględnieniem maszynowego udziału pozyskania drewna.

W testach statystycznych wynik jest uznawany za statystycznie istotny, jeśli określone prawdopodobieństwo jego wystąpienia jest niższe niż założony próg - poziom istotności (α). W analizach został przyjęty poziom istotności wynoszący $\alpha = 0,05$. Analizy przeprowadzono w pakiecie Statistica wersji 13.3.

4. Badanie wpływu wybranych składników otoczenia na strukturę pozyskanego drewna na powierzchniach pohuraganowych

Po określeniu różnic w strukturze pozyskania i sprzedaży drewna w roku zaistnienia szkody oraz w roku poprzedzającym jej wystąpienie określono jej zmienność w zależności od:

- udziału pozyskania drewna w technologii na maszynowym i półautomatycznym poziomie techniki określonego procentowo,
- wielkości uszkodzeń określonych współczynnikiem wielkości uszkodzenia $W(1)$,
- obecności zakładu przerobu drewna, który kupuje więcej niż 10% oferowanego rocznie do sprzedaży w nadleśnictwie surowca drzewnego.

Dane uzyskane z Dyrekcji Generalnej Lasów Państwowych dotyczące udziału maszynowego pozyskania drewna z użyciem harwesterów określone zostały jako udział procentowy. Analizowane nadleśnictwa zostały pogrupowane na:

- nadleśnictwa, w których wykorzystywane były harwestery w czasie pozyskania drewna uszkodzonego przez wiatr - 1;
- nadleśnictwa, w których harwestery w trakcie likwidacji skutków huraganów nie były wykorzystywane - 0.

Wyniki badań

I Struktura szkód od wiatru

Szkody spowodowane przez wiatry w latach 2005-2017 w lasach będących w zarządzie PGL Lasy Państwowe, których jednostkowa wielkość przekraczała 5000 m³, przekroczyły 18 mln m³ drewna. Były to 302 zjawiska klęskowe o średniej miąższości uszkodzonego surowca 61 372 m³ (tab. 5). Uszkodzenia od wiatru wystąpiły w 15. regionalnych dyrekcjach Lasów Państwowych oraz w 151. nadleśnictwach.

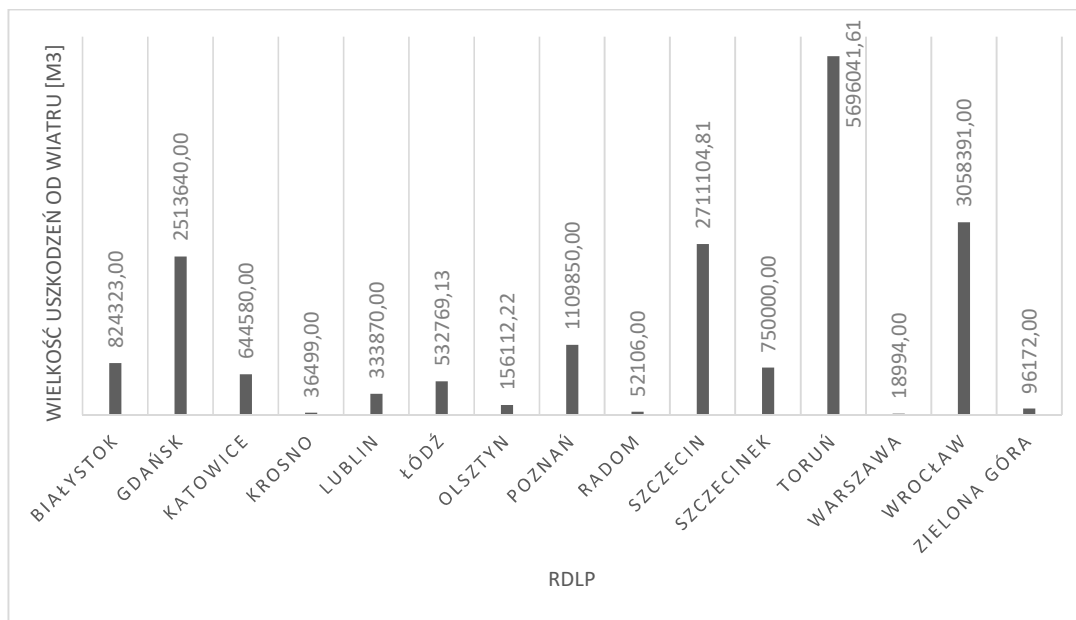
Tab. 5. Uszkodzenia od wiatru w latach 2005-2017 według regionalnych dyrekcji Lasów Państwowych

RDLP	Wielkość uszkodzeń od wiatru w latach 2005-2017 [m ³]	Liczba zdarzeń [szt.]
Białystok	824323,00	18
Gdańsk	2513640,00	6
Katowice	644580,00	8
Krosno	36499,00	3
Lublin	333870,00	18
Łódź	532769,13	8
Olsztyn	156112,22	7
Poznań	1109850,00	9
Radom	52106,00	6
Szczecin	2711104,81	138
Szczecinek	750000,00	2
Toruń	5696041,61	14
Warszawa	18994,00	1
Wrocław	3058391,00	59
Zielona Góra	96172,00	5
Razem	18534452,77	302

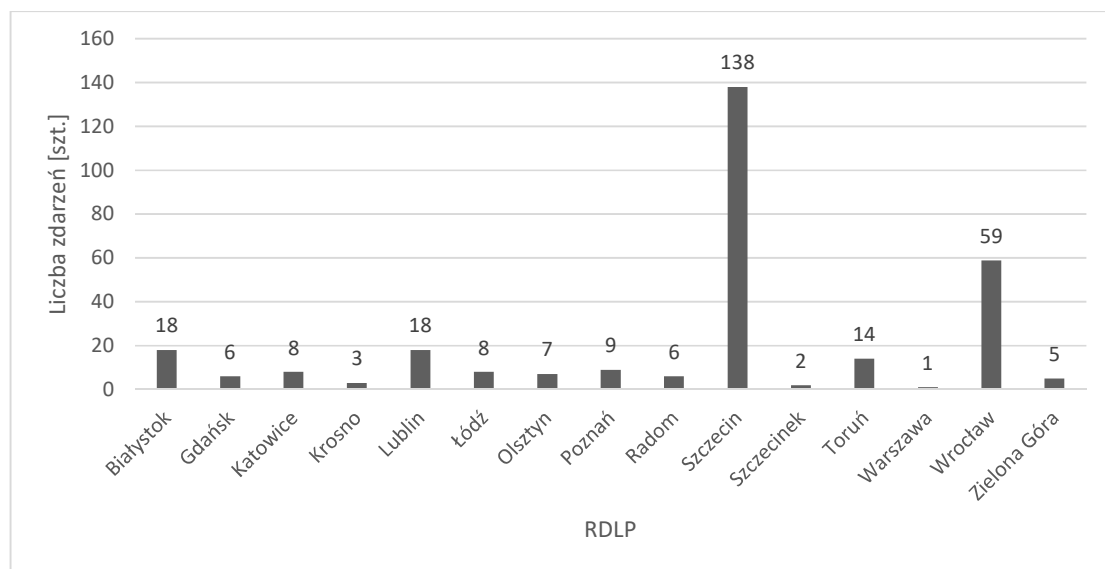
Łącznie na przestrzeni lat 2005 – 2017 w PGL LP pozyskano 433 310 tys. m³ drewna [GUS 2010, 2015, 2018]. Szkody jednorazowe, w których uszkodzenia przekraczały 5000 m³ drewna wyniosły sumarycznie na przestrzeni wskazanych wyżej lat 18 534 453 m³, co stanowi 4,28%. Zatem ponad 4% drewna pozyskiwanego w Państwowym Gospodarstwie Leśnym Lasy Państwowe pozyskiwane jest w ramach uprzątnięcia dużych powierzchni klęskowych po wystąpieniu silnych wiatrów.

Największe uszkodzenia od wiatru na przełomie lat 2005-2017 odnotowano kolejno na terenie RDLP Toruń (5 696 042 m³), Wrocław (3 058 391 m³), Szczecin (2 711 105 m³) i Gdańsk (2 513 640 m³) (ryc. 14). Niewątpliwie największy wpływ na taki rozmiar uszkodzeń miał huragan z sierpnia 2017 roku, który uszkodził około 10 mln m³ surowca drzewnego.

Z kolei najwięcej zdarzeń kłeskowych w wyniku których uszkodzeniu uległo ponad 5 tys. m³ drewna miało miejsce w RDLP Szczecin (138), Wrocław (59), Białystok, Lublin (po 18 zdarzeń) (ryc. 15).

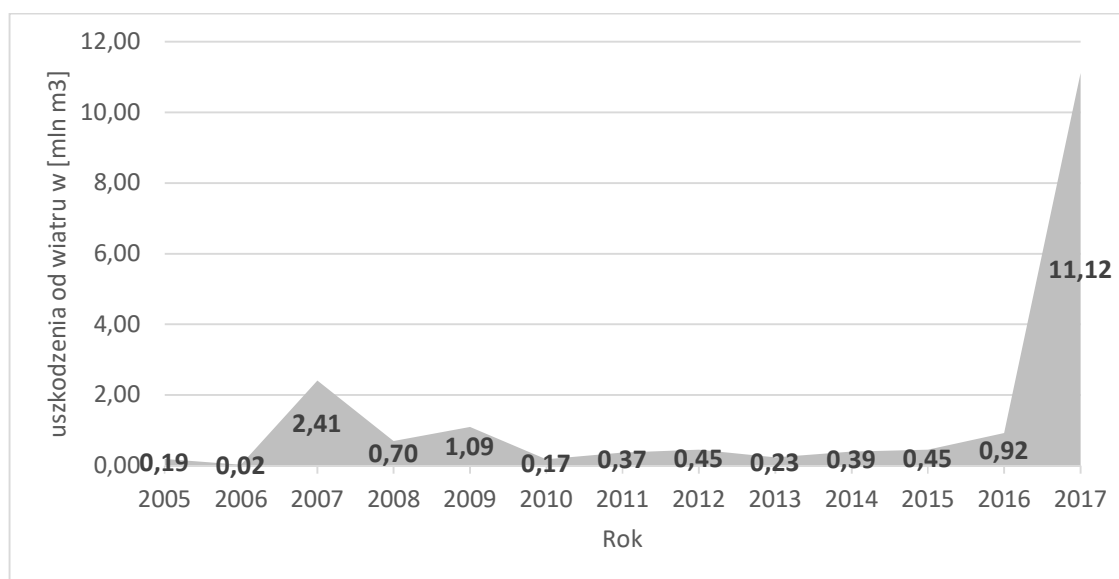


Ryc. 14. Miąższość uszkodzonego drewna w wyniku zjawisk kłeskowych w latach 2005-2017 w RDLP.



Ryc. 15. Liczba zdarzeń kłeskowych w latach 2005-2017 w RDLP.

Szkody wystąpiły ze zróżnicowaną intensywnością w poszczególnych latach. Szczególnie istotne były lata 2007, 2009 i 2017 (ryc. 16). Siedemnastego stycznia 2007 roku w Europie pojawił się orkan Cyryl (inaczej Kirył, Kiryll), następnie w nocy 18/19 stycznia uderzył w centralną Europę w tym w Polskę [<https://dobrapogoda24.pl/arttykul/wichura-fryderyka-polska-niemcy-rocznica-cyryl>]. Szkody w drzewostanach Lasów Państwowych przekroczyły 2,4 mln. m³. W 2009 odnotowano szkody przekraczające 1 mln m³ uszkodzonego surowca drzewnego (huragan w okolicach Legnicy).



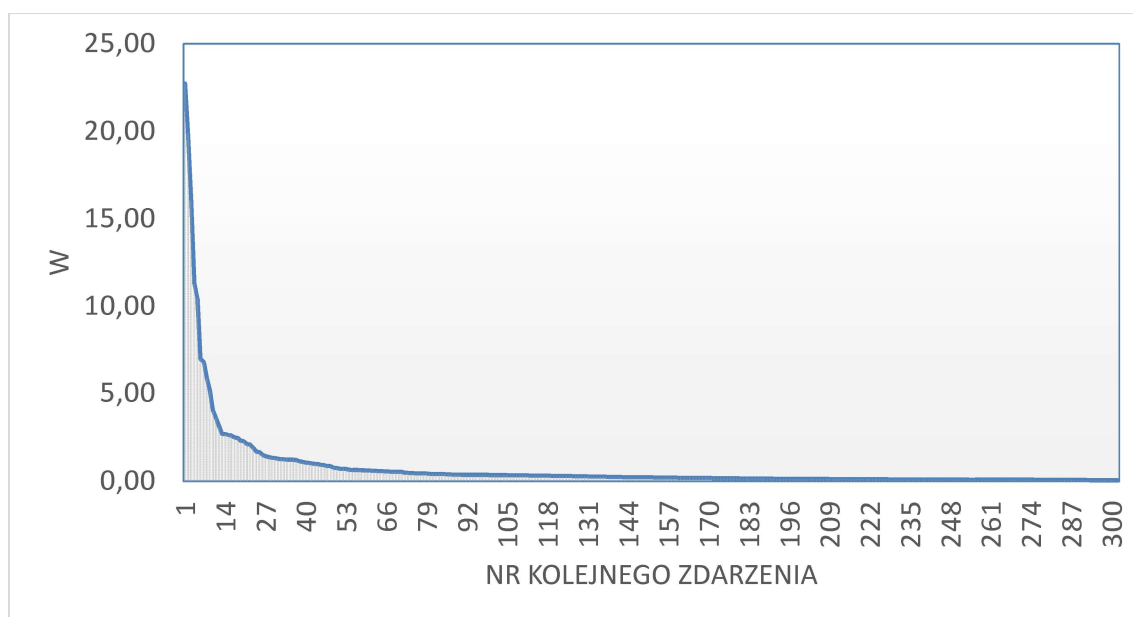
Ryc. 16. Szkody od wiatru w Lasach Państwowych w latach 2005-2017

W roku 2017 największe jak dotąd w Polsce szkody od wiatru w Lasach Państwowych przekroczyły w całym roku 11 mln m³. Układ burzowy wytworzył wiatry o prędkości od 100 do 150 km/h, które doprowadziły do zniszczenia 120 tys. ha drzewostanów. Na terenach najbardziej zniszczonych ogłoszono stan siły wyższej [<https://www.lasy.gov.pl/pl/informacje/aktualnosci/najwieksza-taka-kleska-w-historii-polskich-lasow>].

Szczegółowe zestawienie szkód od wiatru przekraczających 5 tys. m³ w poszczególnych nadleśnictwach w latach 2005-2017 zawiera tabela nr 26, umieszczona w aneksie do niniejszego opracowania.

II Wybór powierzchni badawczych

Wartości współczynnika wielkości uszkodzeń W zawierały się w przedziale od 0,04 do 22,73 (ryc. 17) Maksymalna wartość współczynnika dotyczyła uszkodzenia od huraganu w Nadleśnictwie Lipusz w 2017 roku. Ten ekstremalny poziom współczynnika oznacza, że wielkość szkody stanowiła 22-krotność rocznego planu pozyskania drewna w tym nadleśnictwie.



Ryc. 17. Struktura uszkodzeń od wiatru wyrażona współczynnikiem wielkości uszkodzeń

Średnia wartość współczynnika W wyniosła 0,76, najczęściej natomiast szkody miały taki rozmiar, że wskaźnik W wyniósł 0,1 (tab. 6). Ze względu na skośny rozkład wartości współczynnika W zmienność tego parametru najlepiej opisuje mediana, która wyniosła 0,21. Zarówno wartość średnia jak i mediana współczynnika W wskazują, że wielkopowierzchniowe szkody od wiatru przeważnie nie przekraczały wielkości rocznego planu pozyskania drewna w nadleśnictwie.

Tab. 6. Wartości statystyk pozycyjnych współczynnika wielkości uszkodzeń (W)

średnia	\bar{x}	0,76
mediana	Me	0,21
wartość modalna	Mo	0,10

W tabeli 7 przedstawiono fragment zlogarytmowanych wartości współczynnika W , natomiast w tabeli 8 zestawiono długości przedziałów tego współczynnika, z których losowano następnie nadleśnictwa, w obrębie których przeprowadzono szczegółowe badania.

Tab. 7. Wartości współczynnika wielkości uszkodzeń W , fragment bazy danych przed i po wykonanym logarytmowaniu.

Regionalna Dyrekcja Lasów Państwowych	Nadleśnictwo	Wielkość uszkodzeń od wiatru [m ³]	10-letni etat grubizny netto do pozyskania [m ³]	Współczynnik wielkości uszkodzeń (W)	Współczynnik wielkości uszkodzeń (W_{log})
Gdańsk	Lipusz	2309040	1016013	22,73	1,36
Toruń	Rytel	2000000	1005155	19,90	1,30
Toruń	Czersk	900000	560418	16,06	1,21
Poznań	Gniezno	800000	706910	11,32	1,05
Toruń	Runowo	660000	631245	10,46	1,02
Toruń	Woziwoda	380000	542641	7,00	0,85
Toruń	Przymuszewo	450000	657692	6,84	0,84
Wrocław	Wołów	464930	795718	5,84	0,77
Szczecinek	Bytów	650000	1253351	5,19	0,71
Wrocław	Legnica	330000	825224	4,00	0,60
...

Tab. 8. Parametry wyjściowe do obliczenia długości przedziałów i granice przedziałów z których losowano nadleśnictwa w których przeprowadzono szczegółowe badania struktur sortymentowych surowca drzewnego pozyskanego na powierzchniach pokłękowych

x granice przedziałów	y	z graniczne wartości	Przedział	Długość przedziału	Liczba nadleśnictw w przedziale
-1,3	-1,243	0,288517	(0.0,28)	0,280	178
-0,8	-0,988	0,372321	(0.29,0.37)	0,084	35
-0,5	-0,835	0,433874	(0.38,0.43)	0,062	10
-0,2	-0,682	0,505605	(0.44,0.50)	0,072	8
0	-0,58	0,559898	(0.51,0.56)	0,054	8
0,2	-0,478	0,620022	(0.57,0.62)	0,060	6
0,5	-0,325	0,722527	(0.63,0.72)	0,103	7
0,8	-0,172	0,841979	(0.73,0.84)	0,119	2
1,3	0,083	1,086542	(0.85,1.09)	0,245	9
			(1.1,∞)	...	39
Razem liczba nadleśnictw					302

Z wyjściowej bazy danych współczynnika W wylosowano ogółem 38 nadleśnictw w których przeprowadzono szczegółowe badania struktur sortymentowych surowca drzewnego pozyskanego na powierzchniach pokłeskowych (tab. 9, tab. 10) Na czerwono zaznaczone zostały przypadki, które się powtarzały, stąd wykonywano kolejne losowania.

Tab. 9. Wylosowane nadleśnictwa według współczynników wielkości uszkodzeń.

Losowanie 1	Losowanie 2	Losowanie 3	Losowanie 4	Losowanie 5	Losowanie 6	Losowanie 7
W – współczynnik wielkości uszkodzeń						
0,2569	0,0816	0,1391	0,1855			
0,3549	0,3015	0,3581	0,3549	0,3226		
0,3822	0,3822	0,3822	0,410827	0,3822	0,4155	0,3918
0,4617	0,4356	0,4490	0,4488			
0,5283	0,5527	0,5556	0,5283	0,5283	0,5353	
0,6139	0,6139	0,5978	0,5978	0,5972	0,5972	0,5769
0,7074	0,6314	0,6709	0,7211			
0,7736	0,7736	0,7600	0,7736	liczebność przedziału = 2		
0,9796	0,9226	0,8587	0,8498			
1,2194	2,6747	5,1861	11,3169			

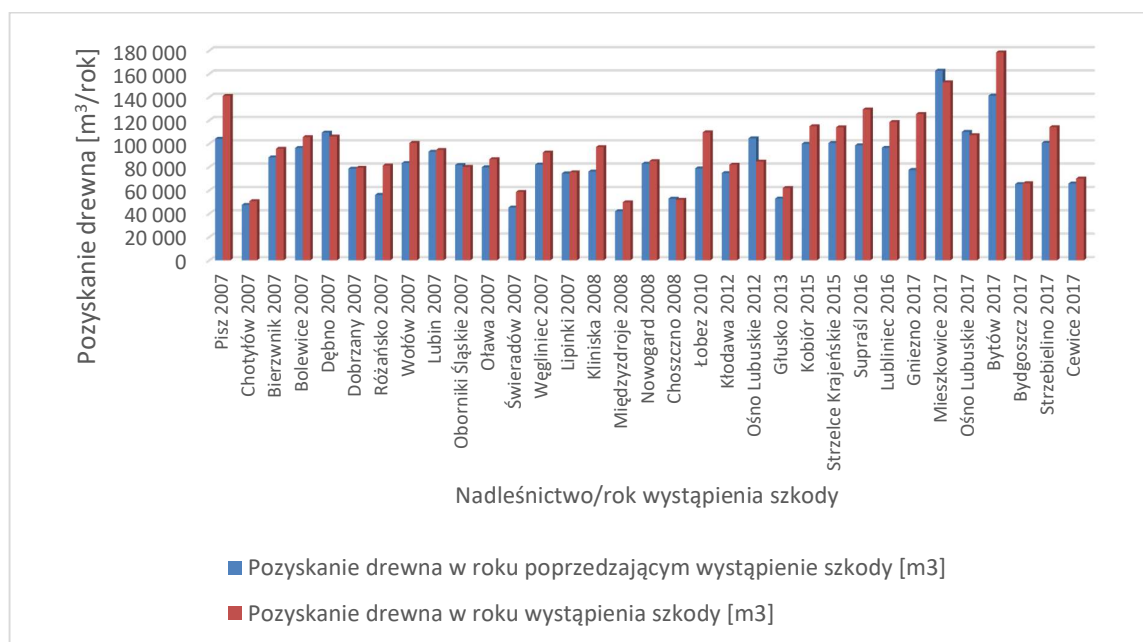
Tab. 10. Zestawienie wylosowanych nadleśnictw

Losowanie 1	Losowanie 2	Losowanie 3	Losowanie 4	Losowanie 5	Losowanie 6	Losowanie 7
Dobrzany	Dębno Lub.	Międzyzdroje	Głusko			
Kliniska	Jugów	Lubin	Kliniska	Nowogard		
Strzebielino	Strzebielino	Strzebielino	Kłodawa	Strzebielino	Różańsko	Chotyłów
Ošno Lub.	Lipinki	Choszczno	Oborniki Śląs.			
Bierzwnik	Łobez	Lubliniec	Bierzwnik	Bierzwnik	Wołów	
Ošno Lub	Ošno Lub	Pisz	Pisz	Węgierska G.	Węgierska G.	Strzelce Kraj.
Węgliniec	Mieszkowice	Barlinek	Bolewice			
Oleśnica Śl.	Oleśnica Śl.	Oława	Oleśnica Śl.	liczebność przedziału = 2		
Świdnica	Cewice	Świeradów	Bydgoszcz			
Kobiór	Supraśl	Bytów	Gnieszno			

III Różnice w strukturze pozyskania i sprzedaży drewna w porównaniu do roku przed wystąpieniem szkody dla analizowanych nadleśnictw

Pozyskanie drewna ogółem

Szkody od wiatru spowodowały zwiększenie rocznego rozmiaru pozyskania drewna w 27. badanych nadleśnictwach. Odnotowano tylko 6 spadków rocznego pozyskania drewna w roku klęski w stosunku do roku poprzedniego (ryc. 18).



Ryc. 18. Roczne rozmiary pozyskania drewna w roku wystąpienia szkody od wiatru oraz w roku poprzedzającym

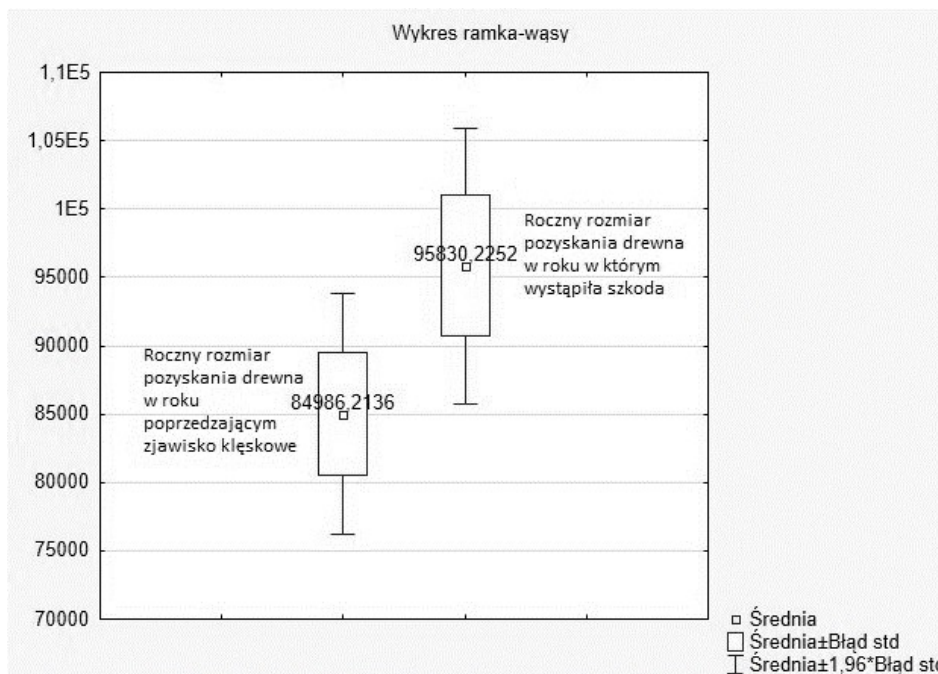
Ponieważ rozkłady wartości rozmiaru pozyskania drewna w analizowanych nadleśnictwach były zgodne z rozkładem normalnym (tab. 11), testowanie istotności różnic pomiędzy pozyskaniem w roku przed wystąpieniem szkody i w roku zdarzenia klęskowego wykonano w oparciu o test t Studenta dla prób zależnych. Stwierdzono, że wielkość pozyskania drewna w roku wystąpienia szkody od wiatru jest istotnie większa od pozyskania w roku poprzednim (tab. 12). Średnie roczne pozyskanie w badanych nadleśnictwach przed wystąpieniem szkody wyniosło 84 986 m³, natomiast w roku wystąpienia szkody zwiększyło się do 95 830 m³ (ryc. 19).

Tab. 11. Analiza zgodności rozkładów rozmiaru pozyskiwania drewna w roku poprzedzającym wystąpienie szkód i w roku w którym wystąpiło zjawisko klęskowe

Zmienna	Testy zgodności z rozkładem normalnym	
	W	p
Pozyskanie drewna w roku poprzedzającym wystąpienie szkody [m ³]	0,940340	0,0694
Pozyskanie drewna w roku wystąpienia szkody [m ³]	0,965667	0,3706

Tab. 12. Analiza różnic rozmiaru pozyskania drewna w roku poprzedzającym wystąpienie szkód i w roku w którym wystąpiło zjawisko klęskowe

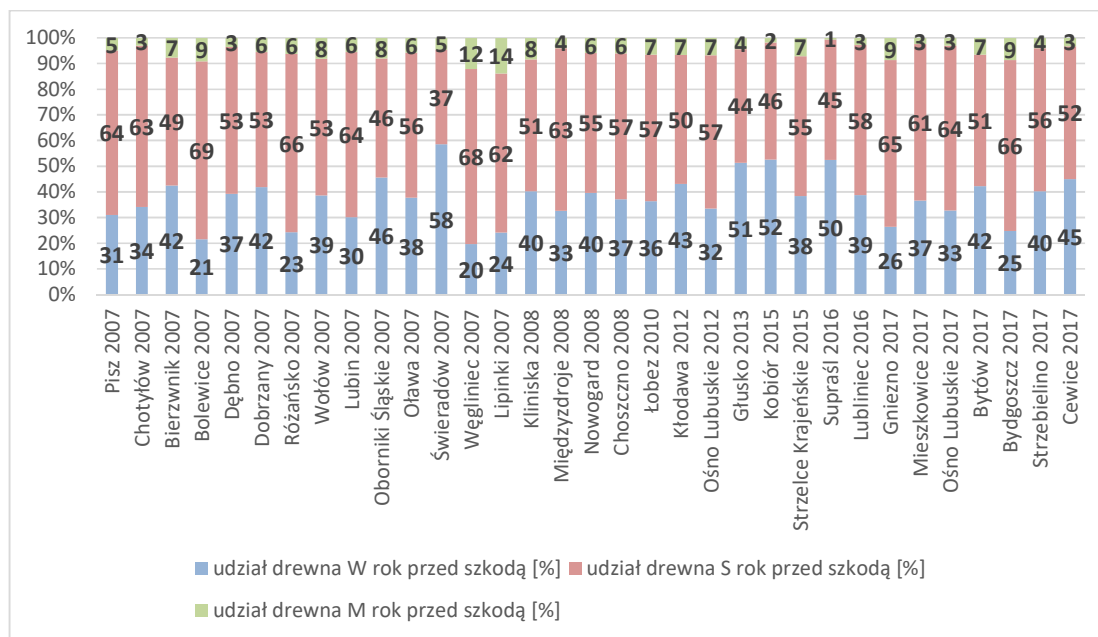
Zmienna	Średnia	Odch.st.	t	p
Roczna wielkość pozyskania drewna rok przed szkodą [m ³]	84986,21	25852,29	4,2866556	0,0002
Roczna wielkość pozyskania drewna w roku szkody [m ³]	95830,23	29612,03		



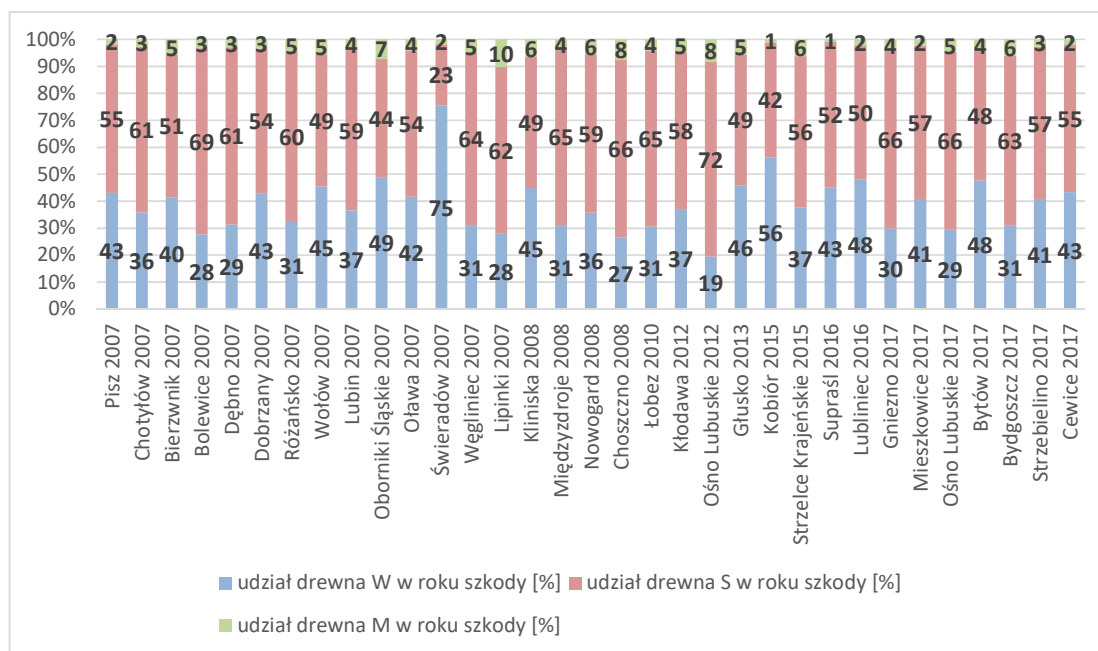
Ryc. 19. Porównanie średnich rozmiarów pozyskania drewna [m³] w analizowanych nadleśnictwach w roku poprzedzającym wystąpienie szkód i w roku w którym wystąpiło zjawisko klęskowe.

Struktura pozyskanego drewna w kategoriach drewna W, S, M

Na rycinie 20 określono strukturę pozyskania drewna w kategoriach drewna wielkowymiarowego, średniowymiarowego oraz małowymiarowego w roku poprzedzającym wystąpienie huraganu. Analogiczną strukturę pozyskania w roku wystąpienia szkody od wiatru przedstawiono na rycinie 21.

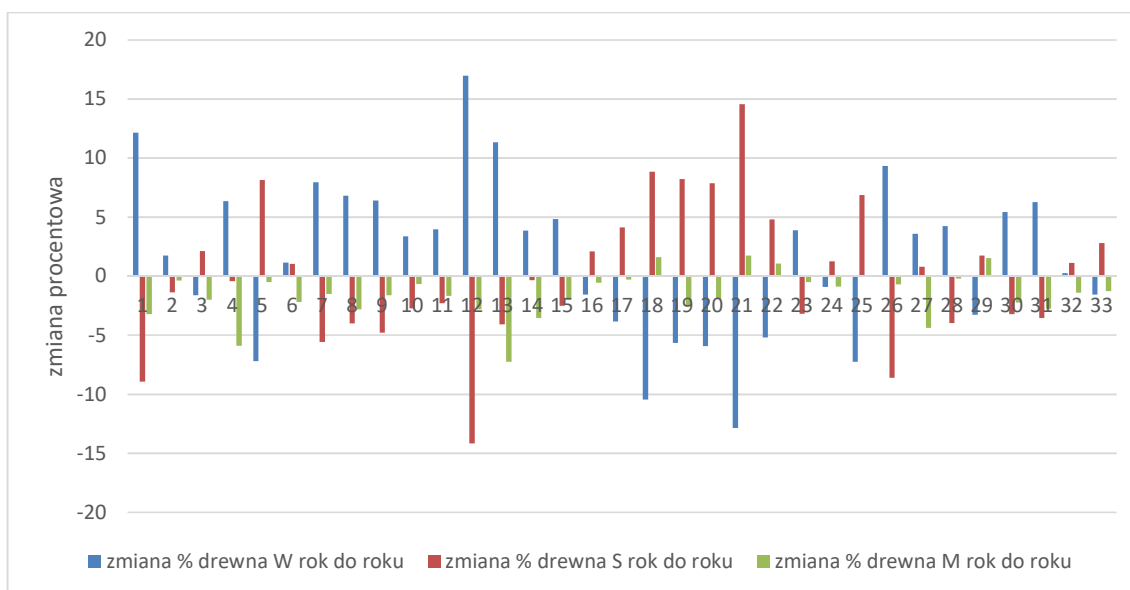


Ryc. 20. Struktura rocznego pozyskania drewna wg kategorii drewna w roku przed wystąpieniem szkody od wiatru



Ryc. 21. Struktura rocznego pozyskania drewna wg kategorii drewna w roku wystąpienia szkody od wiatru

Widoczne są zmiany w strukturze pozyskania drewna rok do roku. Wzrost procentowy udziału drewna wielkowymiarowego wystąpił w 20. nadleśnictwach, spadek został odnotowany w 13. nadleśnictwach. Drewno średniowymiarowe zwiększyło swój udział w 16 przypadkach, zmniejszyło w 15. nadleśnictwach, natomiast w dwóch nadleśnictwach nie odnotowano zmiany struktury. W przypadku drewna małowymiarowego w 4. nadleśnictwach wystąpił procentowy wzrost udziału pozyskania tego drewna, odnotowano 25 spadków, natomiast w 4. nadleśnictwach udział został zachowany (ryc. 22).



Ryc. 22. Procentowe zmiany w strukturze pozyskania drewna według kategorii drewna.

Przeprowadzone analizy zgodności rozkładu zmiennych dla miąższości pozyskania drewna w m^3 dla poszczególnych kategorii drewna oraz dla danych udziałów wyrażonych w procentach wykazały, że w dwóch przypadkach (W [%] oraz udział drewna S [%]) rozkłady zmiennych były niezgodne z rozkładem normalnym (tab. 13). Dla tych zmiennych analizę różnic co do wartości mediany przeprowadzono w oparciu o testy nieparametryczne – test znaków oraz test kolejności par Wilcoxona. W przypadku zgodności rozkładu zmiennych z rozkładem normalnym analizę różnic co do wartości średniej wykonano testem t Studenta dla prób zależnych.

Tab. 13 Analiza zgodności rozkładów zmiennych kategorii drewna (W, S, M) z rozkładem normalnym

Zmienna	W Shapiro-Wilka	p
Kategoria W rok przed szkodą [m ³]	0,940911	0,0722
Kategoria W w roku szkody [m ³]	0,935631	0,0508
udział W rok przed szkodą [%]	0,979285	0,7644
udział W w roku szkody [%]	0,909613	0,0095
Kategoria S rok przed szkodą [m ³]	0,956140	0,2006
Kategoria S w roku szkody [m ³]	0,979240	0,7630
udział S rok przed szkodą [%]	0,972325	0,5470
udział S w roku szkody [%]	0,913946	0,0125
Kategoria M rok przed szkodą [m ³]	0,965366	0,3638
Kategoria M w roku szkody [m ³]	0,963446	0,3225
udział M rok przed szkodą [%]	0,963512	0,3239
udział M w roku szkody [%]	0,970179	0,4851

Stwierdzono, że rozmiar pozyskania drewna wielkowymiarowego, średniowymiarowego oraz małowymiarowego był istotnie różny w roku uszkodzenia od wiatru w porównaniu z rokiem poprzedzającym (tab. 14), zgodnie z wykazaną wcześniej tendencją o istotnie większym pozyskaniu na powierzchniach z uszkodzeniami od wiatru.

Porównania struktur procentowych poszczególnych kategorii drewna dały nieco inne wyniki. Dla kategorii drewna W współczynnik p przyjął wartość 0,2962, dla kategorii drewna S - p wyniósł 0,8793, zatem nie było istotnych różnic co do struktur pozyskania tych sortymentów przed i po wystąpieniu szkód od wiatru. W przypadku pozyskania drewna kategorii M współczynnik p przyjął wartość 0,000066, zatem udział procentowy pozyskania tego sortymentu na powierzchniach pohuraganowych istotnie się zmienił (tab. 14).

Tab. 14. Analiza różnic rozmiaru pozyskania drewna w kategoriach (W, S, M) w roku poprzedzającym wystąpienie szkód i w roku w którym wystąpiło zjawisko kłeskowe

Zmienna	Test T dla prób zależnych			
	Średnia	Odch.st.	t	p
Kategoria W rok przed szkodą [m3]	31471,47	12097,39		
Kategoria W w roku szkody [m3]	37382,01	16010,33	-3,57807	0,0011

Para zmiennych	Test znaków		
	Procent (v < V)	Z	p
udział W rok przed szkodą % & udział W w roku szkody %	60,606061	1,04446594	0,2963
Para zmiennych	Test kolejności par Wilcoxon		
	t	Z	p
udział W rok przed szkodą % & udział W w roku szkody %	204,000000	1,36688893	0,1717

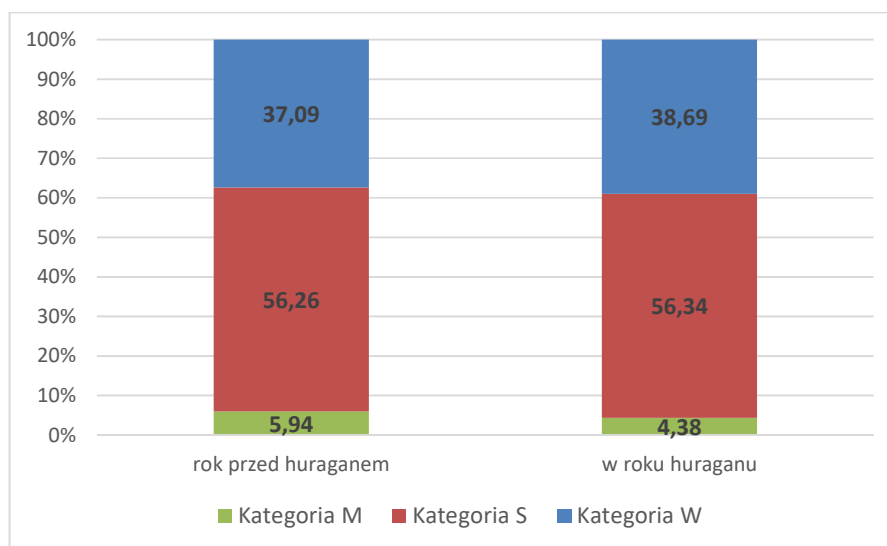
Zmienna	Test T dla prób zależnych			
	Średnia	Odch.st.	t	p
Kategoria S rok przed szkodą [m3]	47942,82	16300,03		
Kategoria S w roku szkody [m3]	53842,54	17506,51	-3,92223	0,0004

Para zmiennych	Test znaków		
	Procent (v < V)	Z	p
udział S rok przed szkodą % & udział S w roku szkody %	48,484848	-1,5944E-16	1,0
Para zmiennych	Test kolejności par Wilcoxon		
	t	Z	p
udział S rok przed szkodą % & udział S w roku szkody %	272,000000	0,15187655	0,8793

Zmienna	Test T dla prób zależnych			
	Średnia	Odch.st.	t	p
Kategoria M rok przed szkodą [m3]	4927,610909	2509,137532		
Kategoria M w roku szkody [m3]	3993,009394	1895,545055	3,62027	0,0010

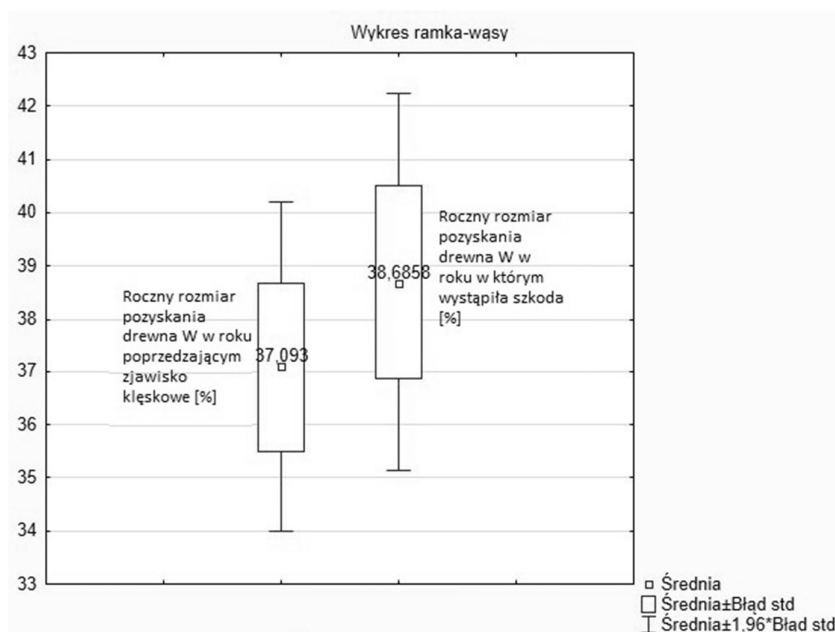
Zmienna	Test T dla prób zależnych			
	Średnia	Odch.st.	t	p
udział M rok przed szkodą %	5,941845	2,832386		
udział M w roku szkody %	4,376816	2,141899	4,587866	0,000066

Opisane powyżej tendencje zostały przedstawione na rycinie 23. Jedynie w przypadku drewna małowymiarowego zauważalna jest istotna różnica w strukturze pozyskania drewna.



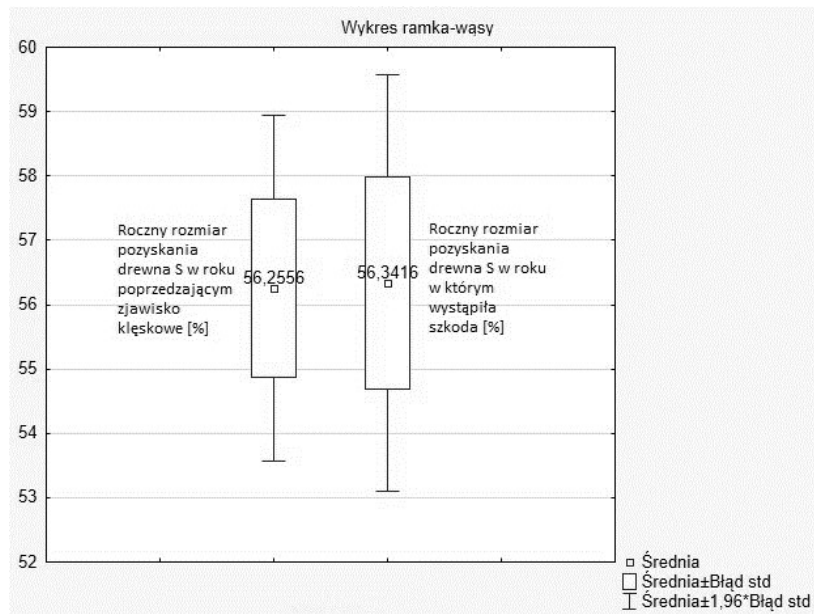
Ryc. 23. Zbiorcze zestawienie struktury drewna według kategorii drewna dla badanych powierzchni

Średni udział drewna wielkowymiarowego pozyskanego w roku przed wystąpieniem huraganu wyniósł 37,09% natomiast w roku szkody zwiększył się i wyniósł 38,69 (ryc. 24.), jednak statystycznie różnica ta nie była istotna.



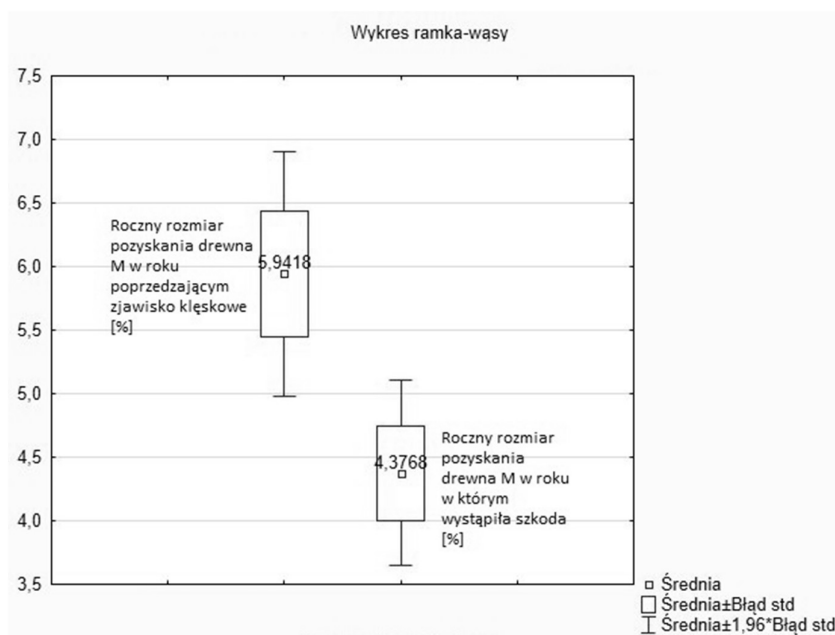
Ryc. 24. Porównanie średnich udziałów pozyskania drewna wielkowymiarowego w analizowanych nadleśnictwach w roku poprzedzającym wystąpienie szkód i w roku szkody

Średni udział drewna średniowymiarowego pozyskanego w roku przed wystąpieniem huraganu wyniósł 56,26%, w roku szkody odnotowano natomiast podobny jego udział - 56,34% (ryc. 25). Różnica ta nie była istotna.



Ryc. 25. Porównanie średnich udziałów pozyskania drewna średniowymiarowego w analizowanych nadleśnictwach w roku poprzedzającym wystąpienie szkód i w roku szkody

Średni udział drewna małowymiarowego pozyskanego w roku przed wystąpieniem huraganu wyniósł 5,94%, natomiast w roku szkody zmniejszył się i wyniósł 4,38 (ryc. 26), różnica ta była statystycznie istotna.

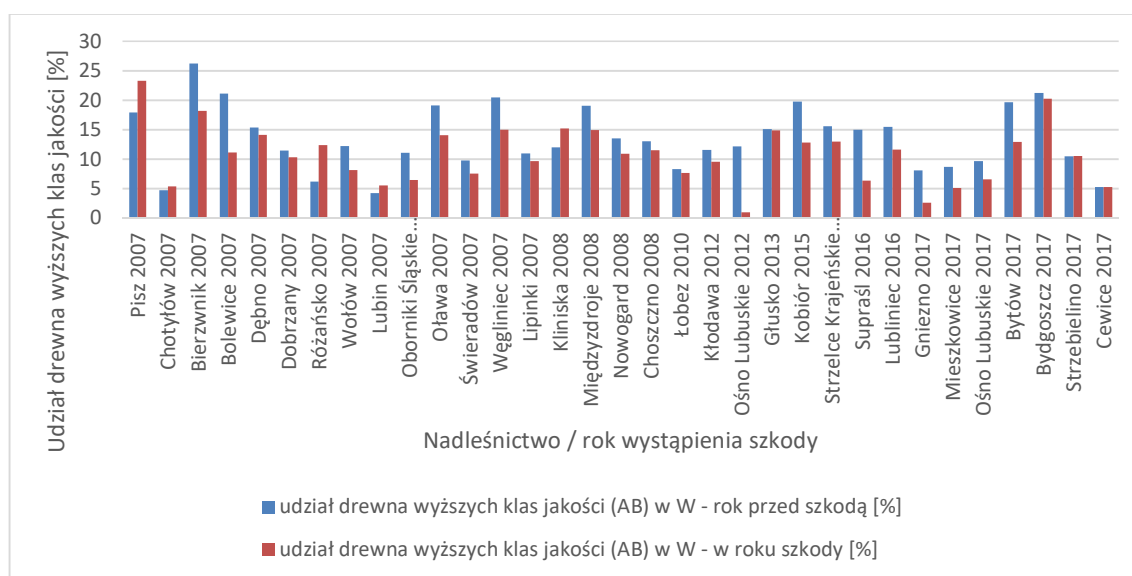


Ryc. 26. Porównanie średnich udziałów pozyskania drewna małowymiarowego w analizowanych nadleśnictwach w roku poprzedzającym wystąpienie szkód i w roku szkody

Drewno w kategorii Z (zrębki) stanowiło do 1% w pozyskanej strukturze drewna w analizowanych nadleśnictwach, nie było to przedmiotem analiz.

Struktura pozyskanego drewna w wyższych klasach jakości

W dwudziestu pięciu nadleśnictwach poddanych analizie odnotowano spadki udziału drewna wyższych klas jakości w roku wystąpienia szkody od wiatru, w 5. nadleśnictwach nastąpił wzrost udziału takiego drewna natomiast w 3. nadleśnictwach struktura została zachowana (ryc. 27).



Ryc. 27. Udział drewna w wyższych klasach jakości (AB) w roku wystąpienia szkody od wiatru oraz w roku poprzednim

Przeprowadzone analizy zgodności rozkładu zmiennych „udziały pozyskania drewna wyższych klas jakości” wykazały, że dla ww. zmiennej wyrażonej w metrach sześciennych rozkład nie był zgodny z rozkładem normalnym. Dla udziałów procentowych rozkład można uznać za zgodny z rozkładem normalnym (tab. 15).

Tab. 15. Analiza zgodności rozkładów zmiennych udziału drewna wyższych klas jakości z rozkładem normalnym

Zmienna	W Shapiro-Wilka	p
udział drewna AB w W w roku przed szkodą [m ³]	0,900815	0,0056
udział drewna AB w W w roku szkody [m ³]	0,849267	0,0003
udział drewna AB w W w roku przed szkodą [%]	0,973678	0,5880
udział drewna AB w W w roku szkody [%]	0,980216	0,7928

Wykonano analizy różnic udziału drewna wyższych klas jakości: testem t Studenta dla prób zależnych dla zmiennej, której rozkład uznano za zgodny z rozkładem normalnym, natomiast dla zmiennej wyrażonej procentowo testy nieparametryczne – testem znaków oraz testem kolejności par Wilcoxon (tab. 16).

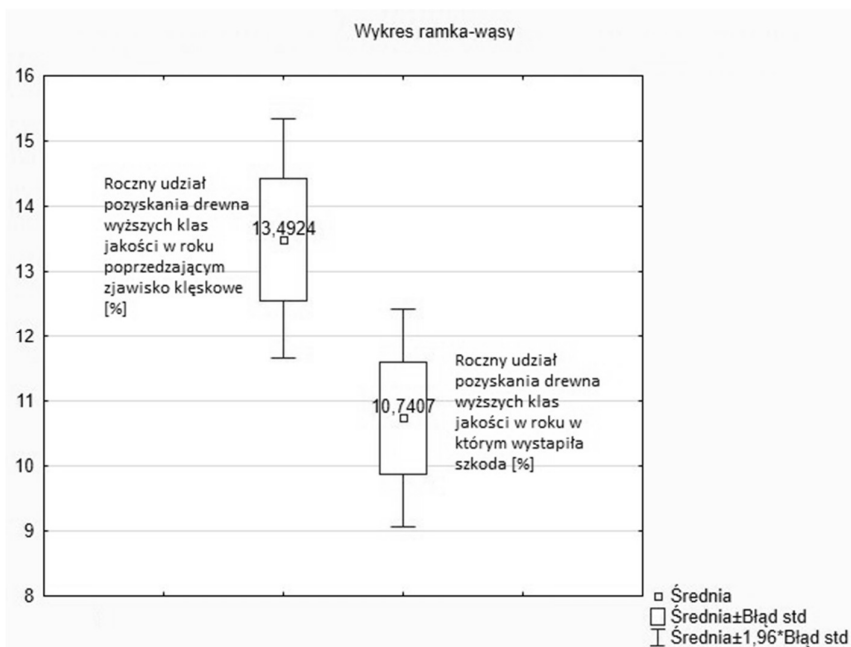
Tab. 16. Analiza różnic rozmiaru pozyskania drewna w wyższych klasach jakości w roku poprzedzającym wystąpienie szkód i w roku w którym wystąpiło zjawisko kłękowe

Para zmiennych	Test znaków		
	Procent ($v < V$)	Z	p
udział drewna AB rok przed szkodą [m ³] & udział drewna AB w roku szkody [m ³]	42,424242	0,69631062	0,4862
Para zmiennych	Test kolejności par Wilcoxon		
	t	Z	P
udział drewna AB rok przed szkodą [m ³] & udział drewna AB w roku szkody [m ³]	199,000000	1,45622808	0,1453

Zmienna	Test T dla prób zależnych			
	Średnia	Odech.st.	t	p
udział drewna AB w W w roku przed szkodą [%]	13,492380	5,39739186	4,00804972	0,0003
udział drewna AB w W w roku szkody [%]	10,740734	4,94244166		

Nie wykazano występowania istotnych różnic pomiędzy miąższościami drewna wyższych klas jakości pozyskiwanego w badanych nadleśnictwach w roku poprzedzającym wystąpienie szkody i w roku w którym miały miejsce uszkodzenia. W przypadku procentowego

udziału drewna wyższych klas jakości wykazano występowanie istotnych różnic ($p = 0,0003$). Udział drewna wyższych klas jakości wyrażony procentowo w roku wystąpienia szkody od wiatru był istotnie mniejszy od udziału takiego drewna w roku poprzedzającym, w którym szkody od wiatru nie wystąpiły. Średni roczny udział pozyskania drewna wyższych klas jakości w drewnie wielkowymiarowym przed wystąpieniem szkody wyniósł 13,49%, natomiast w roku wystąpienia szkody udział ten zmniejszył się do 10,74%, czyli o 2,75% (ryc. 28).

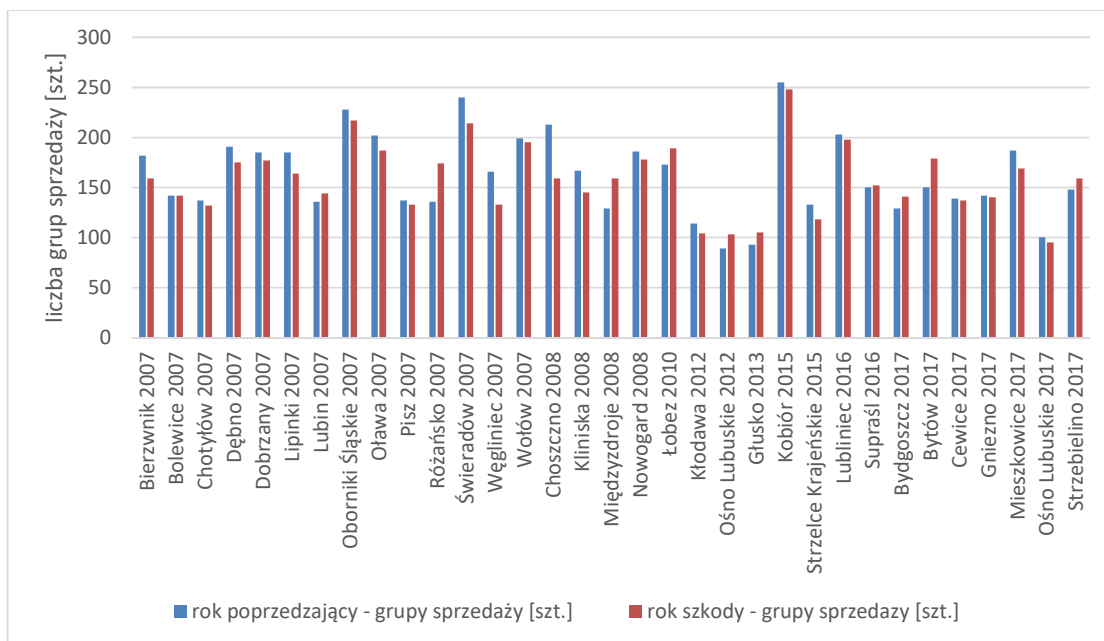


Ryc. 28. Porównanie średnich udziałów pozyskania drewna wyższych klas jakości w analizowanych nadleśnictwach w roku poprzedzającym wystąpienie szkód i w roku w którym wystąpiło zjawisko klęskowe

Grupy sprzedaży drewna - grupy sortymentowe

Drewno w czasie odbiórki surowca kwalifikowane jest do poszczególnych sortymentów o danej jakości oraz według cech wymiarowych do danej klasy grubości. W systemie informatycznym Lasów Państwowych SILP takie drewno funkcjonuje pod nazwą grupa sprzedaży.

W analizowanych nadleśnictwach wzrost liczebności grup sprzedaży wystąpił w 10. jednostkach, spadek odnotowano w 22 przypadkach, natomiast w jednym z nadleśnictw liczba grup sprzedaży pozostała na niezmiennym poziomie (ryc. 29).



Ryc. 29. Liczba grup sprzedaży drewna w badanych nadleśnictwach

Rozkłady liczebności grup sprzedaży drewna w analizowanych nadleśnictwach w roku poprzedzającym wystąpienie szkody i w roku wystąpienia szkody były zgodne z rozkładem normalnym (tab. 17), zatem istotność różnic co do wartości średnich testowano w oparciu o test t-Studenta, który nie wykazał zróżnicowania badanych zmiennych (tab. 18).

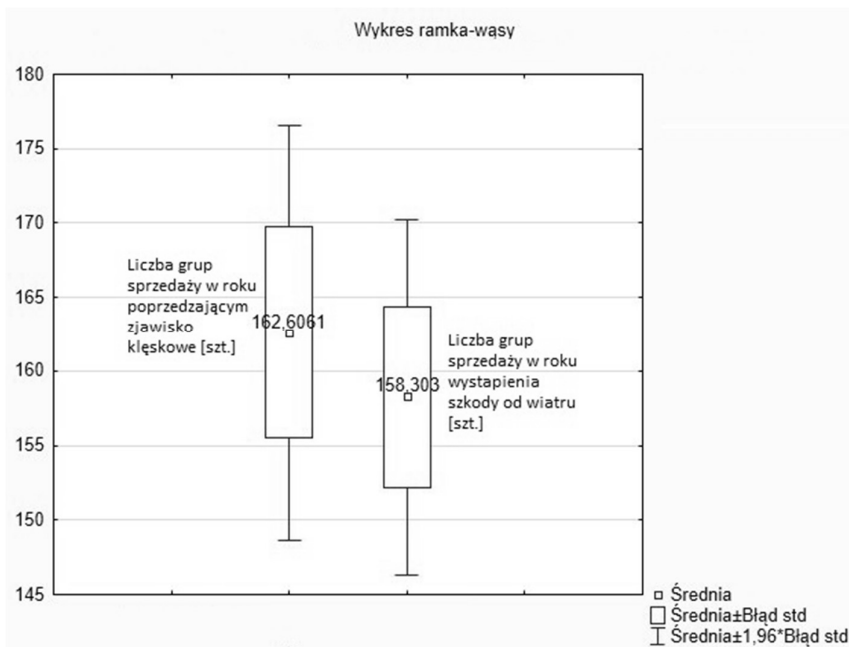
Tab. 17. Analiza zgodności rozkładów zmiennych liczby grup sprzedaży drewna z rozkładem normalnym

Zmienna	W Shapiro-Wilka	p
rok poprzedzający - grupy sprzedaży [szt.]	0,9719	0,5354
rok szkody - grupy sprzedaży [szt.]	0,9801	0,7881

Tab. 18. Analiza różnic średniej liczebności grup sprzedaży drewna w roku poprzedzającym wystąpienie szkód i w roku w którym wystąpiło zjawisko klęskowe

	Test t dla prób zależnych			
	Średnia	Odch.st.	t	p
rok poprzedzający - grupy sprzedaży [szt.]	162,6061	40,95038	1,322412	0,1954
rok szkody - grupy sprzedaży [szt.]	158,3030	35,06644		

Różnica średnich liczebności grup sprzedaży w roku przed wystąpieniem huraganu (162,60) i w roku wystąpienia szkody od wiatru (158,30) była niewielka i wyniosła 3%. (ryc. 30).



Ryc. 30. Statystyki pozycyjne liczebności grup sprzedaży drewna w analizowanych nadleśnictwach w roku poprzedzającym wystąpienie szkód i w roku w którym wystąpiło zjawisko klęskowe

Analizy cenowe – średnie ceny sprzedanego drewna

Zmiany cen drewna w badanych nadleśnictwach w kolejnych latach dla przeciętnej ceny drewna ogółem, drewna wielkowymiarowego iglastego ogólnego przeznaczenia (SO WC0 1, SO WCK 1) oraz dla drewna stosowego - średniowymiarowe iglastego do przerobu przemysłowego (papierówka – SO S2A) zostały przedstawione w tabeli nr 19. Korekta ceny (KC) wyraża zmianę ceny pomiędzy rokiem szkody a rokiem poprzedzającym. Zmiana została określona na podstawie cen uzyskanych w PGL LP we wskazanych latach.

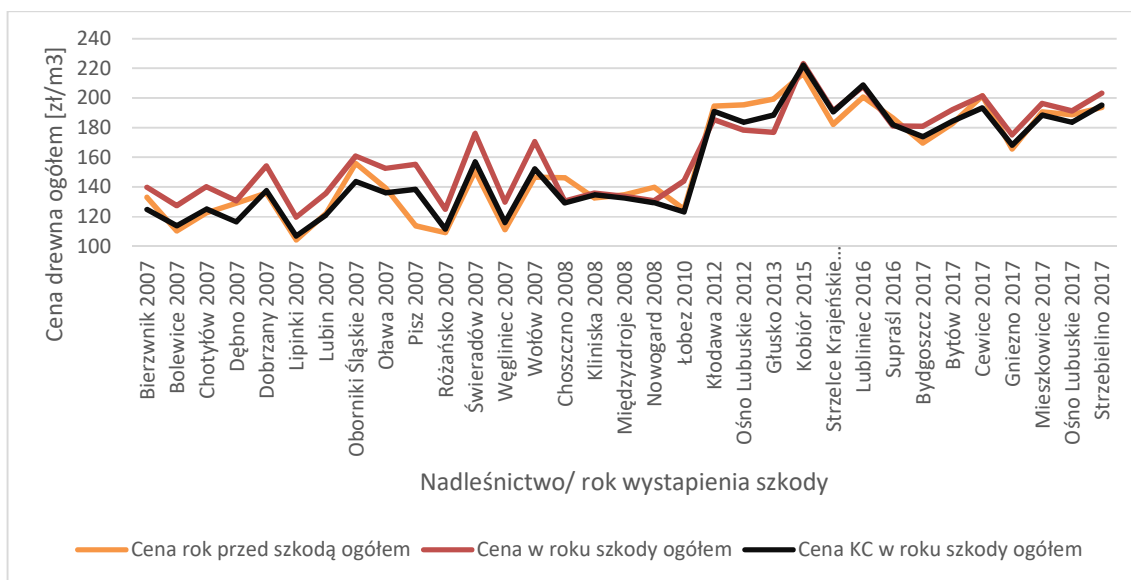
Tab. 19. Korekty ceny (KC) dla badanych sortymentów sosnowych [dane o przeciętnej cenie wg GUS. Leśnictwo 2006-2018]

Rok	Przeciętna cena drewna ogółem		Drewno wielkowymiarowe iglaste ogólnego przeznaczenia		Średniowymiarowe iglaste do przerobu przemysłowego stosowe (papierówka)	
	cena przeciętna [zł/m ³]	KC ogółem [%]	cena przeciętna [zł/m ³]	KC wielkowymiarowe iglaste ogólnego przezn. [%]	cena przeciętna [zł/m ³]	KC średniowymiarowe iglaste do przerobu [%]
2005	131,42	-	186,21	-	102,81	-
2006	133,25	1,39	187,65	0,77	103,49	0,66
2007	147,55	10,73	202,7	8,02	112,38	8,59
2008	148,95	0,95	208,11	2,67	115,89	3,12
2009	136,83	-8,14	183,4	-11,87	112,15	-3,23
2010	156,64	14,48	201,89	10,08	141,66	26,31
2011	188,27	20,19	254,86	26,24	170,16	20,12
2012	182,61	-3,01	247,32	-2,96	157,55	-7,41
2013	170,73	-6,51	229,41	-7,24	146,77	-6,84
2014	188,99	10,70	253,85	10,65	163,33	11,28
2015	189,75	0,40	254,61	0,30	160,74	-1,59
2016	188,92	-0,44	250,06	-1,79	157,71	-1,89
2017	196,47	4,00	258,46	3,36	163,65	3,77
Średnia	166,18	3,73	224,50	3,19	139,10	4,41

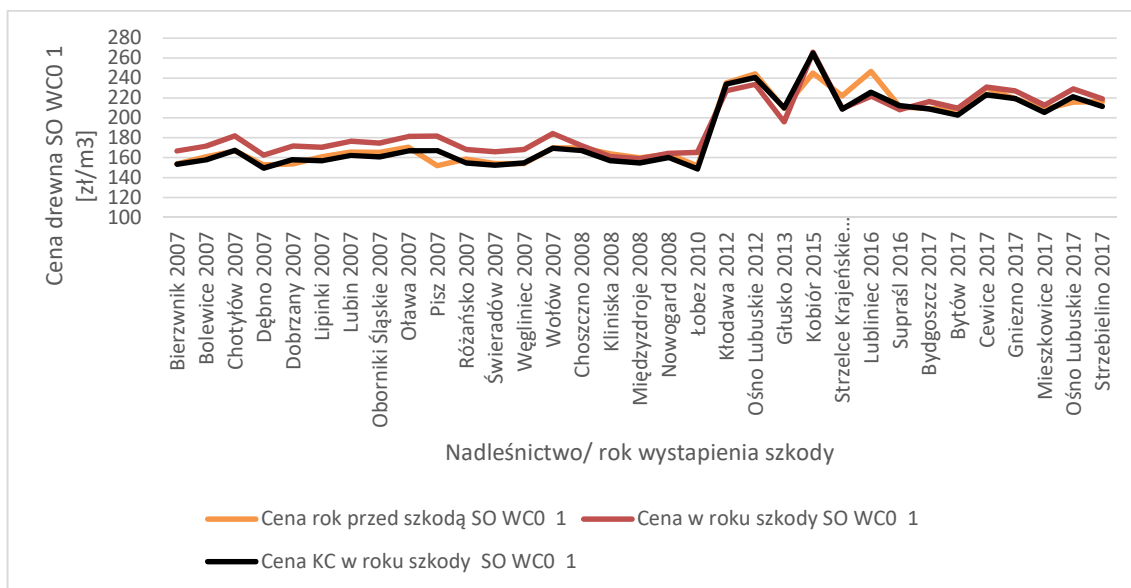
Średnia cena drewna ogółem w roku wystąpienia szkody w porównaniu do roku poprzedzającego wzrosła w analizowanych latach na 52% powierzchni badawczych, porównując ceny drewna w roku szkody z zastosowaną korektą ceny oraz w roku poprzednim. W przypadku 48% powierzchni badawczych odnotowano spadek ceny przeciętnej uzyskanej w skali roku (ryc. 31).

W przypadku surowca dłużycowego SO WC0 1 odnotowano wzrosty w 27% badanych nadleśnictwach w roku szkody z zastosowaną korektą ceny w porównaniu do roku poprzedniego. W 73% nadleśnictw zaobserwowano spadek przeciętnej ceny drewna dłużycowego (ryc. 32).

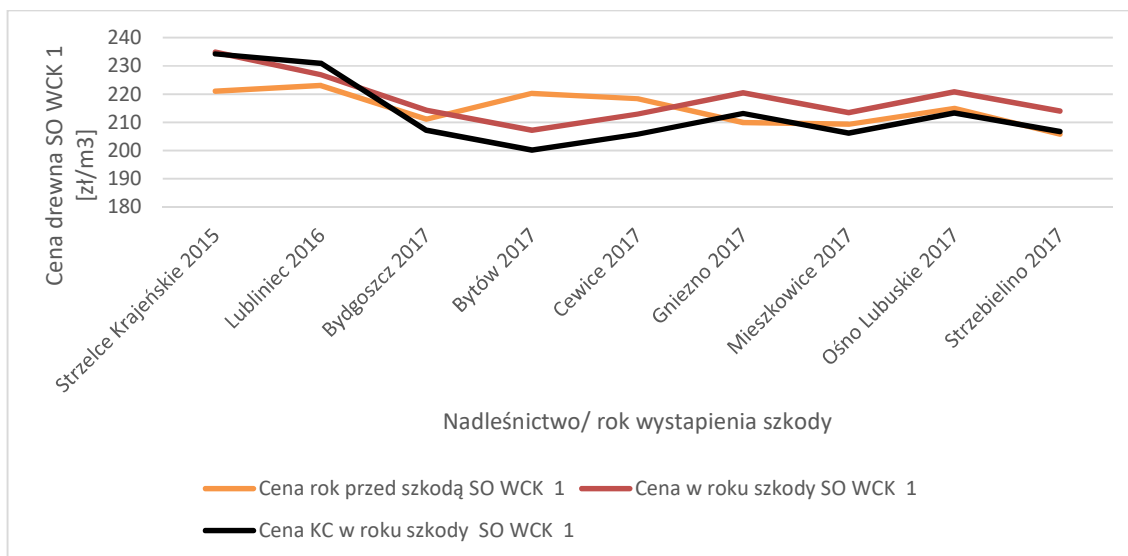
W cenach drewna kładowanego SO WCK 1 wystąpiły wzrosty cen w 44% nadleśnictw, spadki w pozostałych 56% przypadków. Drewno kładowane w praktyce zaczęto wyrabiać w drugiej dekadzie XXI wieku, w związku z tym analiza mogła zostać przeprowadzona dla 9. nadleśnictw (ryc. 33).



Ryc. 31. Zmiany cen drewna ogółem w roku wystąpienia uszkodzeń od wiatru dla badanych powierzchni

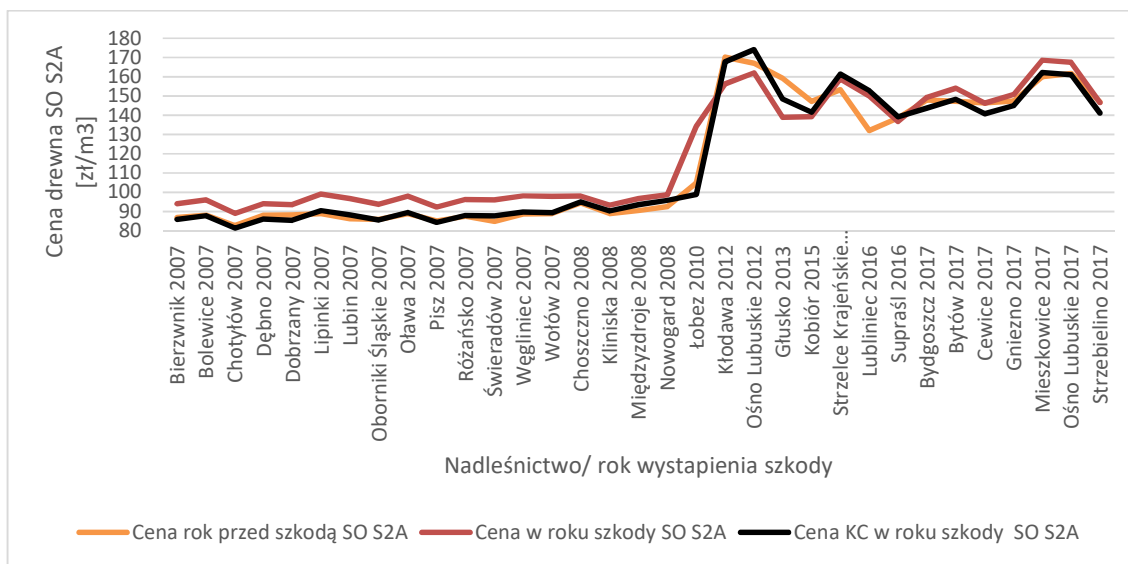


Ryc. 32. Zmiany cen drewna SO WC01 w roku wystąpienia uszkodzeń od wiatru dla badanych powierzchni



Ryc. 33. Zmiany cen drewna SO WCK 1 w roku wystąpienia uszkodzeń od wiatru dla badanych powierzchni

W przypadku cen drewna średniowymiarowego SO S2a odnotowano wzrosty ceny drewna dla 52% nadleśnictw w roku szkody z zastosowaną korektą ceny w porównaniu do roku poprzedniego. W 16. nadleśnictwach (48% ogólnej liczby badanych nadleśnictw) zaobserwowano spadek przeciętnej ceny drewna (ryc. 34).



Ryc. 34. Zmiany cen drewna SO S2a w roku wystąpienia uszkodzeń od wiatru dla badanych powierzchni

W tabeli 20 zestawiono wyniki testowania zgodności rozkładu ceny drewna ogółem, ceny drewna SO WC011, SO WCK 1, SO S2A w badanych nadleśnictwach. W większości przypadków współczynnik p uzyskał wynik poniżej przyjętego poziomu istotności, zatem analizowane rozkłady były niezgodne z rozkładem normalnym.

Tab. 20. Analiza zgodności rozkładów badanych cen drewna z rozkładem normalnym

Zmienna	W Shapiro-Wilka	p
Cena rok przed szkodą ogółem	0,9257	0,0264
Cena w roku szkody ogółem	0,9356	0,0506
Cena KC w roku szkody ogółem	0,9169	0,0151
Cena rok przed szkodą SO WC0 1	0,8394	0,0002
Cena w roku szkody SO WC0 1	0,8875	0,0026
Cena KC w roku szkody SO WC0 1	0,8559	0,0004
Cena rok przed szkodą SO WCK 1	0,9359	0,5395
Cena w roku szkody SO WCK 1	0,9204	0,3954
Cena KC w roku szkody SO WCK 1	0,8241	0,0384
Cena rok przed szkodą SO S2A	0,7805	0,00001
Cena w roku szkody SO S2A	0,7985	0,00003
Cena KC w roku szkody SO S2A	0,7977	0,00003

W zależności od rodzaju rozkładu w celu porównania różnic średnich cen drewna wykonano test t Studenta dla prób zależnych lub testy nieparametryczne – test znaków oraz test kolejności par Wilcoxon (tab. 21, 22).

Tab. 21. Wyniki testów nieparametrycznych dla prób zależnych przy porównaniu cen średnich ogółem oraz dla sortymentu SO WC0 1.

Para zmiennych	Test znaków		
	Procent ($v < V$)	Z	p
Cena rok przed szkodą ogółem & Cena w roku szkody ogółem	75,7576	2,785242	0,0054
Para zmiennych	Test kolejności par Wilcoxon		
	T	Z	P
Cena rok przed szkodą ogółem & Cena w roku szkody ogółem	111,0000	3,028597	0,0025
Para zmiennych	Test znaków		
	Procent ($v < V$)	Z	P
Cena rok przed szkodą ogółem & Cena po korekcie ogółem	51,5152	0,000000	1,0000
Para zmiennych	Test kolejności par Wilcoxon		
	T	Z	P
Cena rok przed szkodą ogółem & Cena po korekcie ogółem	250,0000	0,544969	0,5858
Para zmiennych	Test znaków		
	Procent ($v < V$)	Z	p
Cena rok przed szkodą SO WC0 1 & Cena w roku szkody SO WC0 1	75,7576	2,785242	0,0054
Para zmiennych	Test kolejności par Wilcoxon		
	T	Z	P
Cena rok przed szkodą SO WC0 1 & Cena w roku szkody SO WC0 1	125,0000	2,778447	0,0055
Para zmiennych	Test znaków		
	Procent ($v < V$)	Z	p
Cena rok przed szkodą SO WC0 1 & Cena po korekcie SO WC0 1	27,2727	2,437087	0,0148
Para zmiennych	Test kolejności par Wilcoxon		
	T	Z	P
Cena rok przed szkodą SO WC0 1 & Cena po korekcie SO WC0 1	138,0000	2,546166	0,0109

Tab. 22. Wyniki testów t Studenta oraz testów nieparametrycznych dla prób zależnych przy porównaniu cen średnich sortymentu SO WCK 1 oraz sortymentu SO S2A.

Zmienna	Test T dla prób zależnych			
	Średnia	Odch.st.	T	p
Cena rok przed szkodą SO WCK 1	214,8787	6,103596		
Cena w roku szkody SO WCK 1	218,3405	8,453501	-1,26099687	0,2428

Para zmiennych	Test znaków		
	Procent (v < V)	Z	p
Cena rok przed szkodą SO WCK 1 & Cena po korekcie SO WCK 1	44,4444	0,000000	1,0000

Para zmiennych	Test kolejności par Wilcoxona		
	T	Z	p
Cena rok przed szkodą SO WCK 1 & Cena po korekcie SO WCK 1	19,0000	0,414644	0,6784

Para zmiennych	Test znaków		
	Procent (v < V)	Z	p
Cena rok przed szkodą SO S2A & Cena w roku szkody SO S2A	78,7879	3,133398	0,0017

Para zmiennych	Test kolejności par Wilcoxona		
	T	Z	p
Cena rok przed szkodą SO S2A & Cena w roku szkody SO S2A	97,0000	3,278747	0,0010

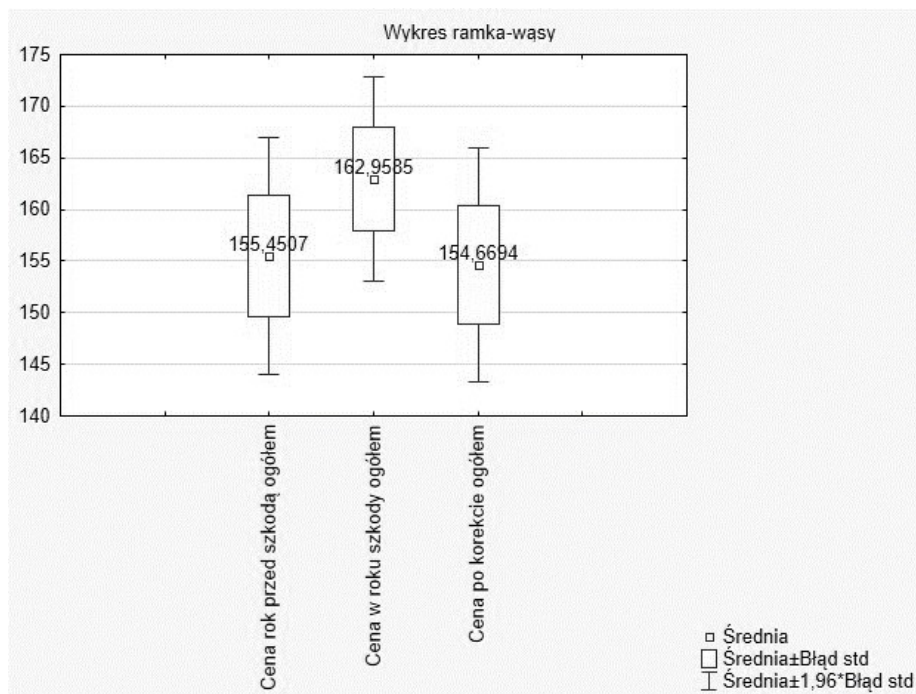
Para zmiennych	Test znaków		
	Procent (v < V)	Z	p
Cena rok przed szkodą SO S2A & Cena po korekcie SO S2A	51,5152	0,000000	1,0000

Para zmiennych	Test kolejności par Wilcoxona		
	T	Z	p
Cena rok przed szkodą SO S2A & Cena po korekcie SO S2A	278,0000	0,044670	0,9644

Uzyskane w badanych nadleśnictwach średnie ceny drewna bez zastosowania współczynnika KC w roku przed szkodą w stosunku do cen drewna w roku szkody w obrębie surowca ogółem, drewna SO WC01 i drewna SO S2A różniły się istotnie statystycznie. W przypadku średniej ceny kłody SO WCK 1 różnica ta nie była statystycznie istotna.

Porównując badane ceny w roku przed szkodami od wiatru do cen w roku szkody z zastosowaniem współczynnika korekty ceny KC, stwierdzono istotność różnic w przypadku drewna SO WC0 1 (współczynnik p przyjął wartości 0,0148 oraz 0,0109 kolejno dla testu znaków i kolejności par Wilcoxona). W pozostałych przypadkach nie stwierdzono istotności różnic średnich cen drewna uzyskanych w rok wystąpienia zjawiska klęskowego po korekcie cenowej KC w porównaniu do roku poprzedzającego.

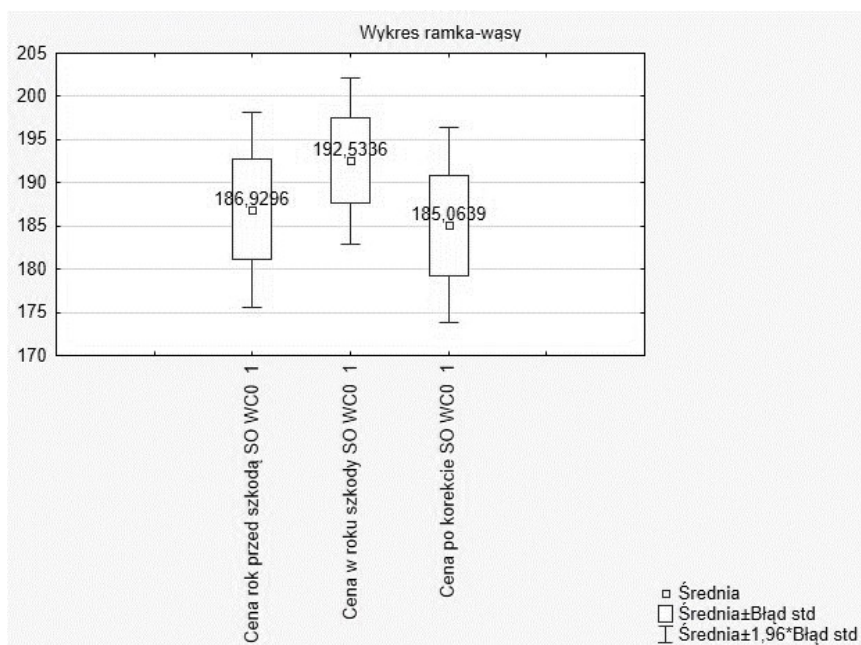
Średnia cena drewna ogółem w roku przed wystąpieniem szkody wyniosła 155,45 zł/m³, w roku szkody 162,96 zł/m³ (wzrost o 4,83 %), po zastosowaniu współczynnika KC w roku szkody odnotowano spadek do poziomu 154,67 zł/m³ (spadek o 0,5 %) (ryc. 35).



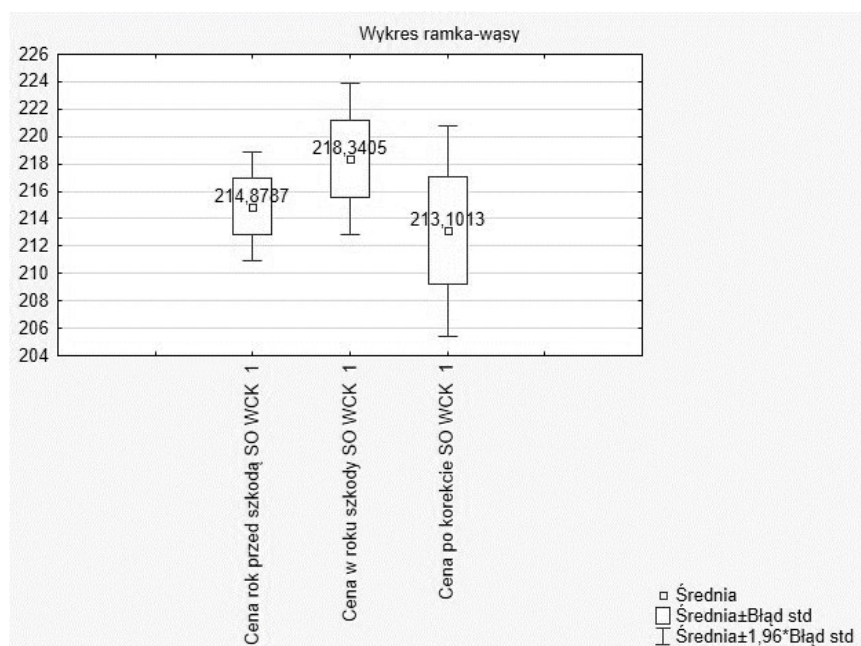
Ryc. 35. Porównanie cen średnich drewna ogółem [zł/m³] w roku wystąpienia zjawiska klęskowego oraz w roku poprzedzającym

Średnia cena SO WC0 1 w roku przed wystąpieniem szkody wyniosła 186,93 zł/m³, w roku szkody 192,53 zł/m³ (wzrost o 3,0 %), po zastosowaniu współczynnika KC w roku szkody odnotowano spadek do poziomu 185,06 zł/m³ (spadek o 1,0 %) (ryc. 36).

Średnia cena SO WCK 1 w roku przed wystąpieniem szkody wyniosła 214,88 zł/m³, w roku szkody 218,34 zł/m³ (wzrost o 1,61 %), po zastosowaniu współczynnika KC w roku szkody odnotowano spadek do poziomu 213,10 zł/m³ (spadek o 0,8%) (ryc. 37).

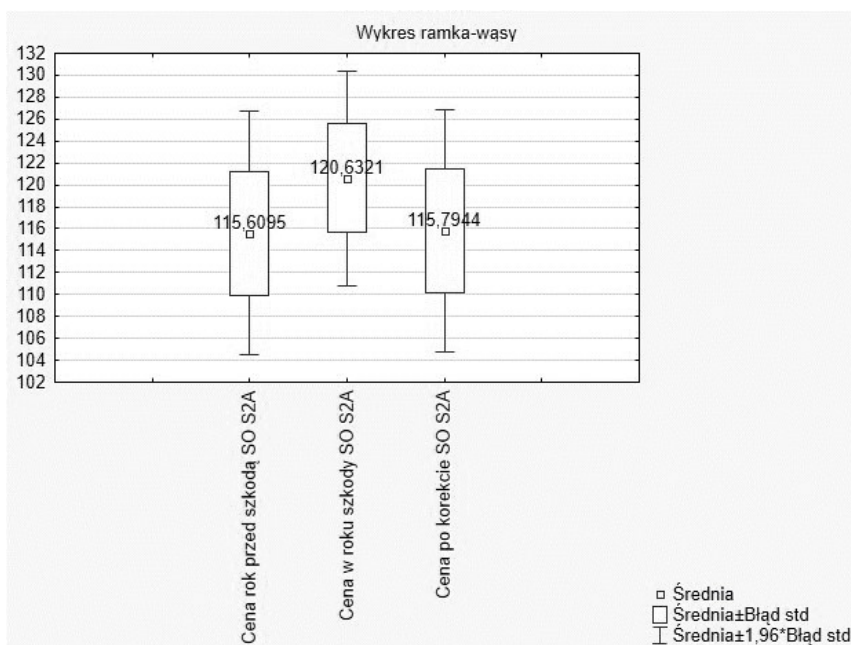


Ryc. 36. Porównanie cen średnich drewna SO WC0 1 [zł/m³] w roku wystąpienia zjawiska kłęskowego oraz w roku poprzedzającym



Ryc. 37. Porównanie cen średnich drewna SO WCK 1 [zł/m³] w roku wystąpienia zjawiska kłęskowego oraz w roku poprzedzającym

Średnia cena SO S2A w roku przed wystąpieniem szkody wyniosła 115,61 zł/m³, w roku szkody 120,63 zł/m³ (wzrost o 4,34 %), po zastosowaniu współczynnika KC w roku szkody odnotowano cenę na podobnym poziomie 115,79 zł/m³ (wzrost o 0,16%) (ryc. 38).



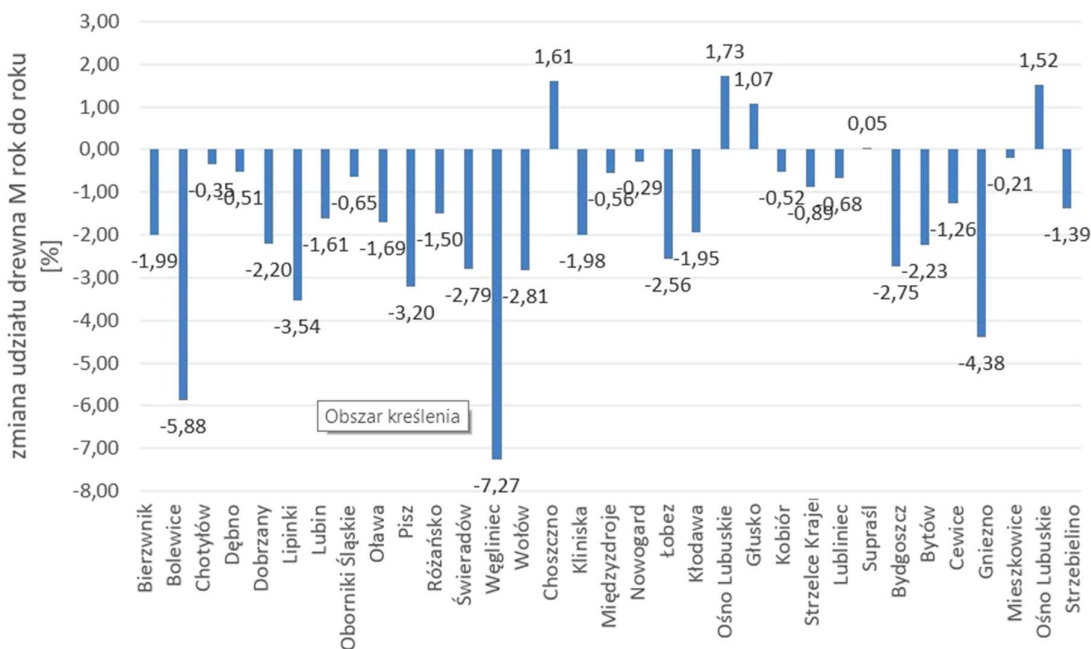
Ryc. 38. Porównanie cen średnich drewna SO S2A [zł/m³] w roku wystąpienia zjawiska klęskowego oraz w roku poprzedzającym

Wszystkie analizowane grupy sortymentowe wykazywały wzrost ceny sprzedaży w roku szkody, jednak po zastosowaniu współczynnika korekty cena osiągała wartości zbliżone do okresu poprzedzającego. Zasada ta nie dotyczy surowca z grupy SO WC0 1, który po zastosowaniu współczynnika KC odnotował istotny spadek wartości ceny poniżej ceny w roku przed wystąpieniem szkody o 1,87 zł/m³. Wartość drewna dłużycowego wyrażona ceną jednostkową na powierzchniach huraganowych była istotnie mniejsza.

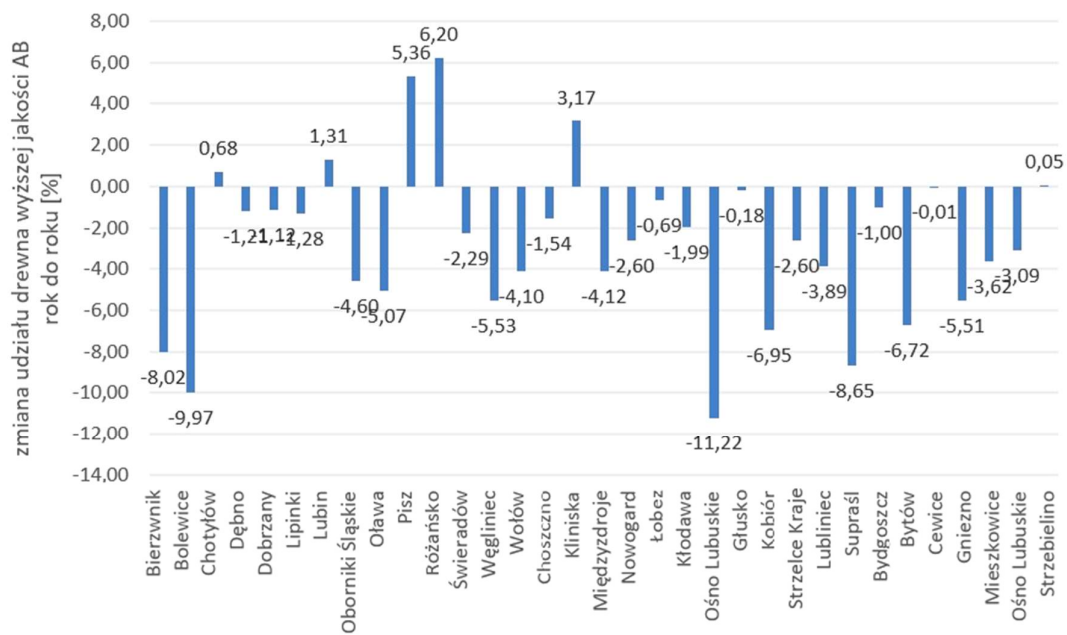
IV Badanie wpływu czynników otoczenia na strukturę pozyskanego drewna na powierzchniach pohuraganowych

Zgodnie z wynikami badań przedstawionymi w rozdziale III *Różnice w strukturze pozyskania i sprzedaży drewna w porównaniu do roku przed wystąpieniem szkody dla analizowanych nadleśnictw* elementami struktury pozyskania i sprzedaży drewna, które wykazały różnice w porównaniu do powierzchni wolnych od uszkodzeń były:

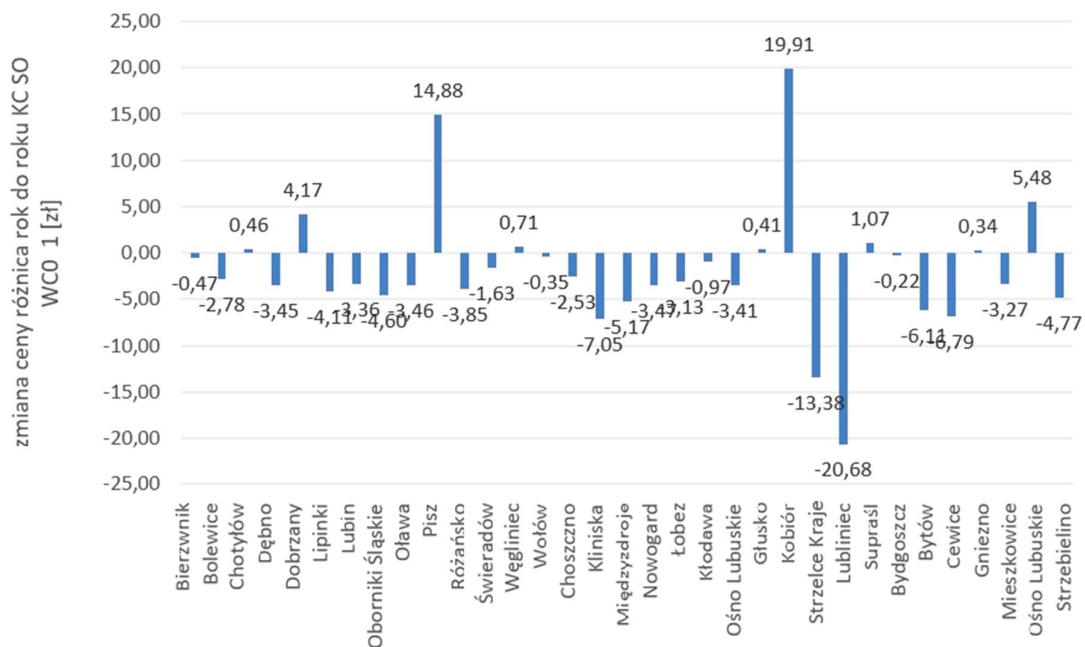
- udział kategorii drewna małowymiarowego M [%] (ryc. 39);
- udział drewna wyższych klas jakości w drewnie wielkowymiarowym [%] (ryc. 40);
- średnia cena drewna SO WC0 1 [zł] (ryc. 41).



Ryc. 39. Zmiana udziału drewna małowymiarowego rok przed szkodą oraz w roku jej wystąpienia

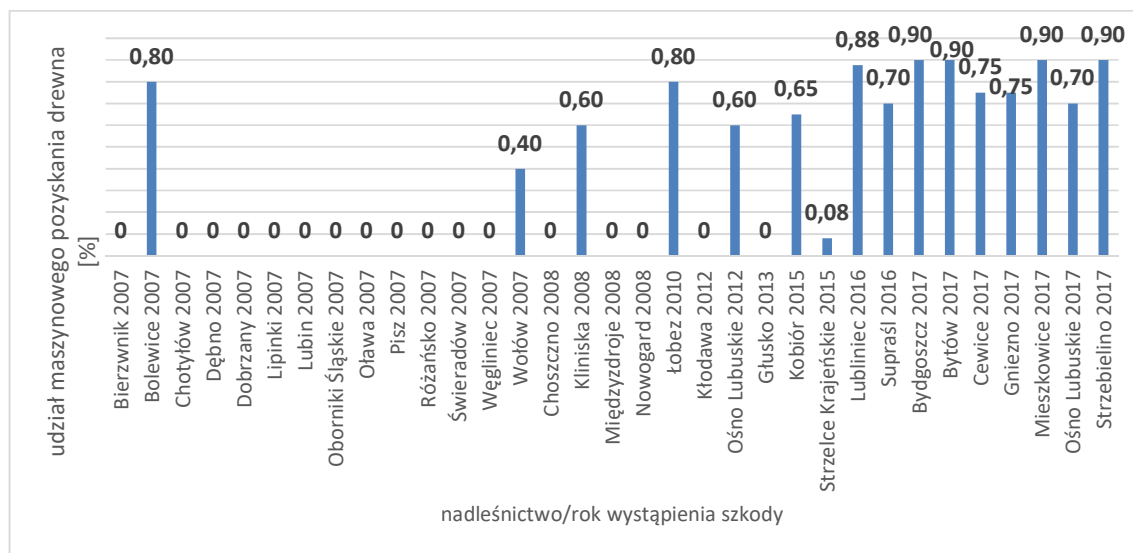


Ryc. 40. Zmiana udziału drewna wyższych klas jakości rok przed szkodą oraz w roku wystąpienia szkody



Ryc. 41. Zmiana ceny drewna SO WC0 1 rok przed szkodą oraz w roku wystąpienia szkody z zastosowaniem korekty cenowej

Stosowanie technologii maszynowego pozyskiwania drewna na powierzchniach pohuraganowych jest powszechne od roku 2015. W latach późniejszych większa część drewna była pozyskiwana z wykorzystaniem harwesterów (ryc. 42).



Ryc. 42. Udział maszynowego pozyskania drewna za pomocą harwesterów w badanych nadleśnictwach

W analizowanym okresie harwestery były wykorzystywane w 16. nadleśnictwach (48% powierzchni badawczych). W 17 jednostkach (52%) harwestery nie były wykorzystywane przy usuwaniu skutków huraganów.

Za podstawową zmienną niezależną, która może wpływać na różnice struktur pozyskanego drewna na powierzchniach pokłękowych w roku huraganu został przyjęty udział technologii maszynowej pozyskania drewna z wykorzystaniem harwesterów.

Dla badanych grup („1” powierzchnie na których wykorzystywano maszyny wielooperacyjne, „0” powierzchnie, na których w trakcie likwidacji skutków huraganów harwestery nie były stosowane) określono różnice w wartościach średnich dla udziału kategorii drewna małowymiarowego M, udziału drewna wyższych klas jakości w drewnie wielkowymiarowym oraz dla średniej ceny drewna dla SO WC0 1.

Dla zmiennych, które wykazały różnicę w porównaniu do roku poprzedniego, wykonano testy statystyczne zgodności rozkładu z rozkładem normalnym. Odrzucono zgodność z rozkładem normalnym dla różnicy ceny SO WC0 1. W pozostałych przypadkach zastosowano test parametryczny (tab. 23).

Tab. 23. Analiza zgodności rozkładów zmiennych, w których określono istotność różnic z rozkładem normalnym

Zmienna	W Shapiro-Wilka	p
różnica po korekcie SO WC0 1 [zł]	0,84517	0,0003
zmiana udziału drewna M rok do roku [%]	0,94687	0,1078
zmiana udziału drewna wyższej jakości AB rok do roku [%]	0,98429	0,9025

Po wykonaniu testów t-studenta oraz nieparametrycznego testu U Manna-Whitneya względem grup (0;1) otrzymano wyniki analizy różnic dla badanych grup (tab. 24):

- Cena KC SO WC0 1 – 0,4824 - średnie różnice ceny nie są statycznie istotne,
- Zmiana udziału drewna M – 0,8890 – różnice średnich udziałów drewna M nie są statycznie istotne,
- Zmiana udziału drewna wyższych klas jakości – 0,0654 – różnice średnich udziałów drewna wyższych klas jakości nie są statycznie istotne.

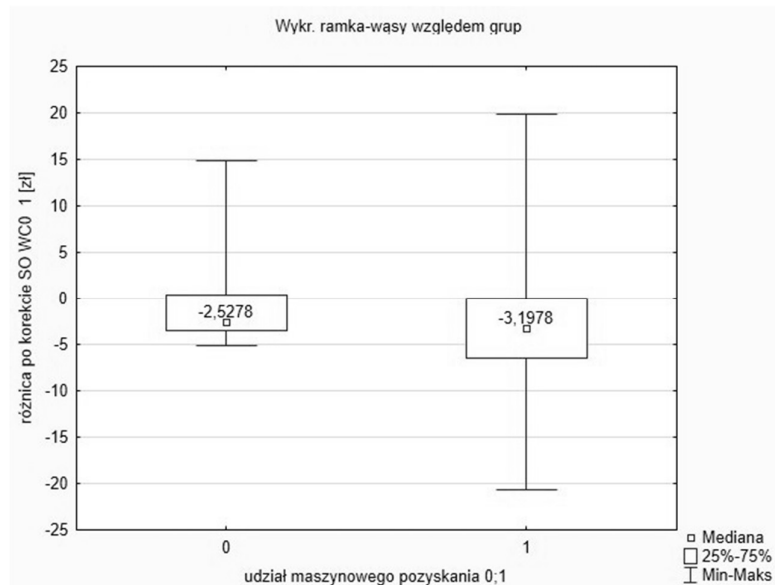
Tab. 24. Wyniki testów t-studenta oraz testu U Manna-Whitneya względem grup z uwzględnieniem technologii pozyskania drewna

Zmienna	Test U Manna-Whitneya (z poprawką na ciągłość)				
	Sum.rang (Grupa 1)	Sum.rang (Grupa 2)	U	Z	p
różnica po korekcie SO WC0 1 [zł]	309,00000	252,00000	116,00000	0,702427	0,4824
	Z (popraw.)	p	N ważn. (Grupa 1)	N ważn. (Grupa 2)	2*Istr. (dokl. p)
	0,702427	0,482413	17	16	0,4875

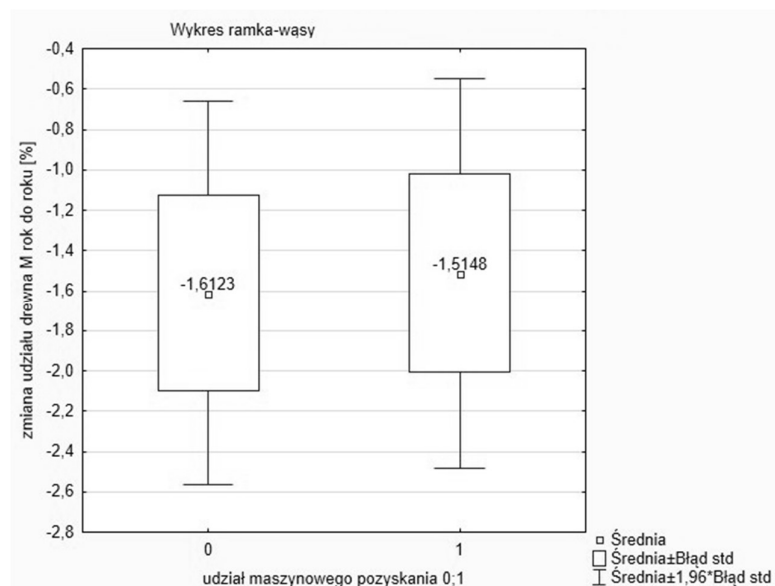
Zmienna	Testy t; Grupująca: udział maszynowego pozyskania 0;1						
	Średnia (0)	Średnia (1)	t	df	p	Nważnych (0)	Nważnych (1)
zmiana udziału drewna M rok do roku [%]	-1,61235	-1,51475	-0,140772	31	0,8890	17	16
	Odch.std (0)	Odch.std (1)	iloraz F (Wariancje)	p (Wariancje)	Levene'a (F(1,df))	df (Levene'a)	p (Levene'a)
	2,006546	1,972876	1,034424	0,9522	0,0676	31	0,7966

Zmienna	Testy t; Grupująca: udział maszynowego pozyskania 0;1						
	Średnia (0)	Średnia (1)	t	df	p	Nważnych (0)	Nważnych (1)
zmiana udziału drewna wyższej jakości AB rok do roku [%]	-1,52895	-4,05076	1,910274	31	0,0654	17	16
	Odch.std (0)	Odch.std (1)	iloraz F (Wariancje)	p (Wariancje)	Levene'a (F(1,df))	df (Levene'a)	p (Levene'a)
	3,631570	3,952100	1,184315	0,7390	0,3708	31	0,5470

Większy spadek wartości drewna wielkowymiarowego SO WC0 1 był odnotowany na powierzchniach pohuraganowych, na których zastosowano harwestery. Zmiana średnich cen (ceny drewna w roku wystąpienia huraganu w porównaniu do roku poprzedzającego) drewna SO WC0 1 w nadleśnictwach w których wykorzystywano maszyny wielooperacyjne wyniosła $-3,20 \text{ zł/m}^3$. W przypadku nadleśnictw w których wykorzystywano harwestery spadek był mniejszy i wyniósł $-2,53 \text{ zł/m}^3$ (ryc. 43). Zmiana udziału drewna małowymiarowego w nadleśnictwach w których stosowano maszyny wielooperacyjne wyniosła $-1,51\%$, w nadleśnictwach, w których nie wykorzystano harwesterów był to spadek o $1,61\%$ (ryc. 44).

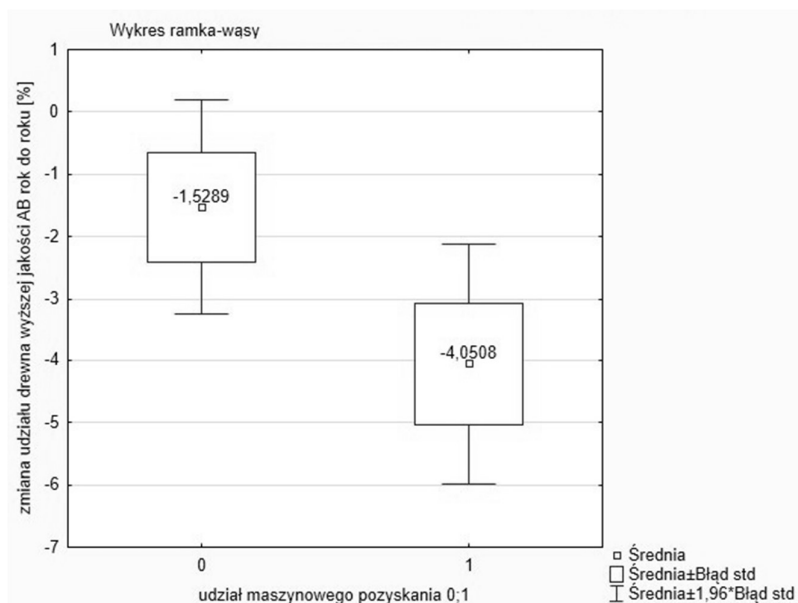


Ryc. 43. Zmiany wartości drewna SO WC0 1 w zależności od zastosowanej technologii pozyskania drewna („0” bez zastosowania harwesterów, „1” z wykorzystaniem harwesterów)



Ryc. 44. Zmiana udziału drewna kategorii M w zależności od zastosowanej technologii pozyskania drewna („0” bez zastosowania harwesterów, „1” z wykorzystaniem harwesterów)

Zmiana udziału drewna wyższych klas jakości w nadleśnictwach w których wykorzystywano maszyny wielooperacyjne wyniosła -4,05%, w nadleśnictwach w których nie zastosowano harwesterów był to spadek o 1,53 %. Poziom p dla zmiany udziału drewna wyższych klas jakości osiągnął wartość 0,0654, która jest zbliżona do założonego poziomu istotności, co może świadczyć o niejednoznaczności różnic (ryc. 45).



Ryc. 45. Zmiana udziału drewna wyższych klas jakości w zależności od zastosowanej technologii pozyskania drewna („0” bez zastosowania harwesterów, „1” z wykorzystaniem harwesterów)

Szczegółowe zestawienie badanych zmiennych zawiera tabela nr 25. Kolumny 4-6 zawierają zmienne zależne, które wykazały istotne różnice w strukturze pozyskanego drewna na powierzchniach pohuraganowych w porównaniu do roku poprzedzającego. Zmienne niezależne zawarte są w kolumnie 7, 9 oraz 10 według założeń pkt. 3 rozdziału *Cel pracy i hipotezy badawcze*.

Tab. 25. Zestawienie zmiennych zależnych oraz niezależnych dla badanych nadleśnictw

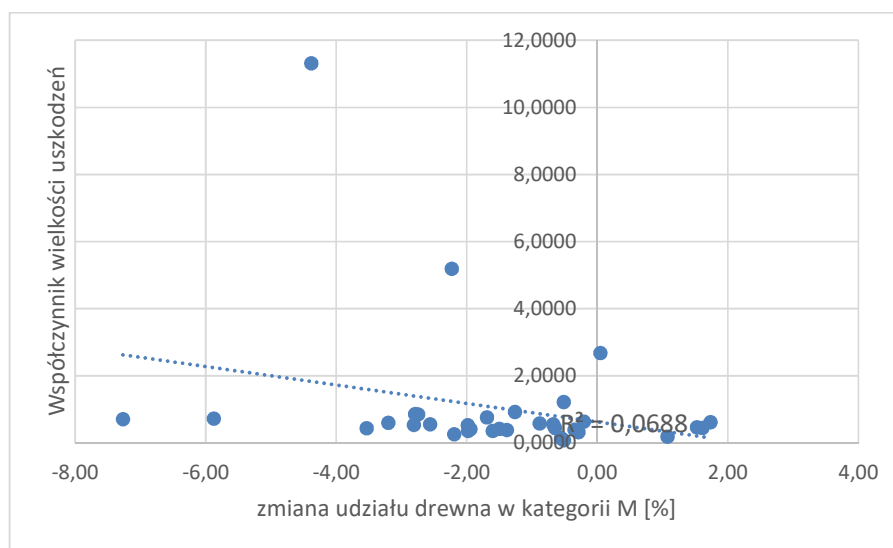
lp	Nadleśnictwo/Rok	Rok szkody	różnica rok do roku KC SO WC0 1 [zł]	zmiana udziału drewna M rok do roku [%]	zmiana udziału drewna wyższej jakości AB rok do roku [%]	udział maszynowego pozyskania drewna z huraganów 1=100%	udział maszynowego pozyskania zmienna grupująca 0;1	Współ. wielkości uszkodzeń (W)	udział strategicznych (> 10%) odbiorców drewna
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Bierzwnik 2007	2007	-0,47	-1,99	-8,02	0,000	0	0,5283	0,00
2	Bolewice 2007	2007	-2,78	-5,88	-9,97	0,800	1	0,7211	53,37
3	Chotyłów 2007	2007	0,46	-0,35	0,68	0,000	0	0,3918	25,48
4	Dębno 2007	2007	-3,45	-0,51	-1,21	0,000	0	0,0816	16,07
5	Dobrzany 2007	2007	4,17	-2,20	-1,12	0,000	0	0,2569	12,25
6	Lipinki 2007	2007	-4,11	-3,54	-1,28	0,000	0	0,4356	41,33
7	Lubin 2007	2007	-3,36	-1,61	1,31	0,000	0	0,3581	0,00
8	Oborniki Śląskie 2007	2007	-4,60	-0,65	-4,60	0,000	0	0,4488	0,00
9	Oława 2007	2007	-3,46	-1,69	-5,07	0,000	0	0,7600	0,00
10	Pisz 2007	2007	14,88	-3,20	5,36	0,000	0	0,5978	20,98
11	Różańsko 2007	2007	-3,85	-1,50	6,20	0,000	0	0,4155	24,56
12	Świeradów 2007	2007	-1,63	-2,79	-2,29	0,000	0	0,8587	0,00
13	Węgliniec 2007	2007	0,71	-7,27	-5,53	0,000	0	0,7074	17,22
14	Wołów 2007	2007	-0,35	-2,81	-4,10	0,400	1	0,5353	0,00
15	Choszczno 2008	2008	-2,53	1,61	-1,54	0,000	0	0,4490	27,96
16	Kliniska 2008	2008	-7,05	-1,98	3,17	0,600	1	0,3549	14,17
17	Międzydroje 2008	2008	-5,17	-0,56	-4,12	0,000	0	0,1391	23,36
18	Nowogard 2008	2008	-3,47	-0,29	-2,60	0,000	0	0,3226	42,53
19	Łobez 2010	2010	-3,13	-2,56	-0,69	0,800	1	0,5527	11,50
20	Kłodawa 2012	2012	-0,97	-1,95	-1,99	0,000	0	0,4108	14,91
21	Ośno Lubuskie 2012	2012	-3,41	1,73	-11,22	0,600	1	0,6139	27,51
22	Głusko 2013	2013	0,41	1,07	-0,18	0,000	0	0,1855	22,78
23	Kobiór 2015	2015	19,91	-0,52	-6,95	0,650	1	1,2194	0,00
24	Strzelce Krajeńskie 2015	2015	-13,38	-0,89	-2,60	0,080	1	0,5769	25,33
25	Lubliniec 2016	2016	-20,68	-0,68	-3,89	0,875	1	0,5556	0,00
26	Supraśl 2016	2016	1,07	0,05	-8,65	0,700	1	2,6747	0,00
27	Bydgoszcz 2017	2017	-0,22	-2,75	-1,00	0,900	1	0,8498	42,21
28	Bytów 2017	2017	-6,11	-2,23	-6,72	0,900	1	5,1861	10,17
29	Cewice 2017	2017	-6,79	-1,26	-0,01	0,750	1	0,9226	11,71
30	Gniezno 2017	2017	0,34	-4,38	-5,51	0,750	1	11,3169	16,18
31	Mieszkowice 2017	2017	-3,27	-0,21	-3,62	0,900	1	0,6314	17,21
32	Ośno Lubuskie 2017	2017	5,48	1,52	-3,09	0,700	1	0,4617	10,40
33	Strzebielino 2017	2017	-4,77	-1,39	0,05	0,900	1	0,3822	0,00

Podjęto próbę określenia zależności wybranych cech struktur sortymentowych surowca drzewnego pozyskiwanego na powierzchniach pokłeskowych:

- udziału kategorii drewna małowymiarowego M;
- udziału drewna wyższych klas jakości w drewnie wielkowymiarowym;
- średniej ceny drewna SO WC0 1

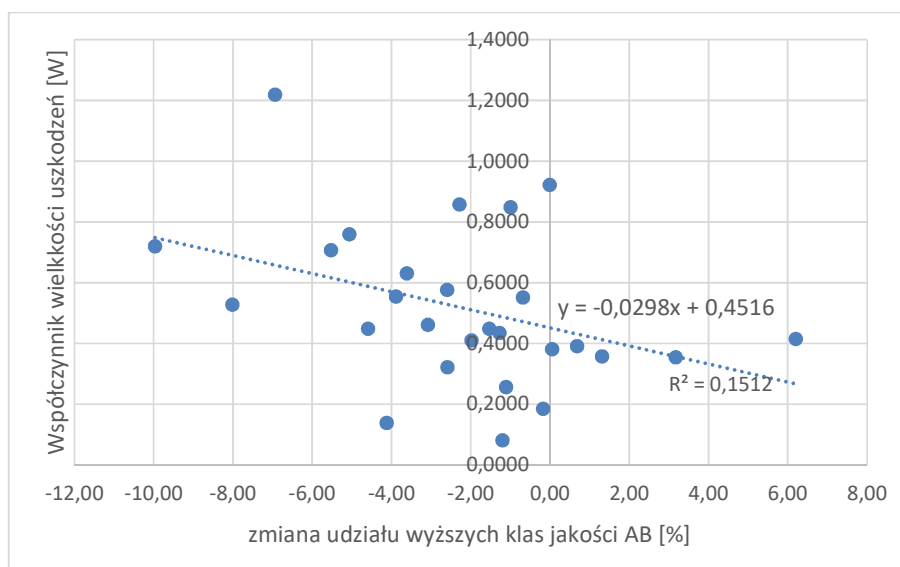
od współczynnika wielkości uszkodzeń W oraz udziału strategicznych ($> 10\%$) odbiorców drewna (zakłady przerobu drewna, których udział w runku drzewnym danego nadleśnictwa przekracza 10% sprzedawanego surowca).

Zależność zmian w udziale drewna kategorii małowymiarowej od współczynnika wielkości szkody (W) określona współczynnikiem determinacji R^2 wynosi $0,0688$ – zatem jest to dopasowanie niezadowalające (ryc. 46).



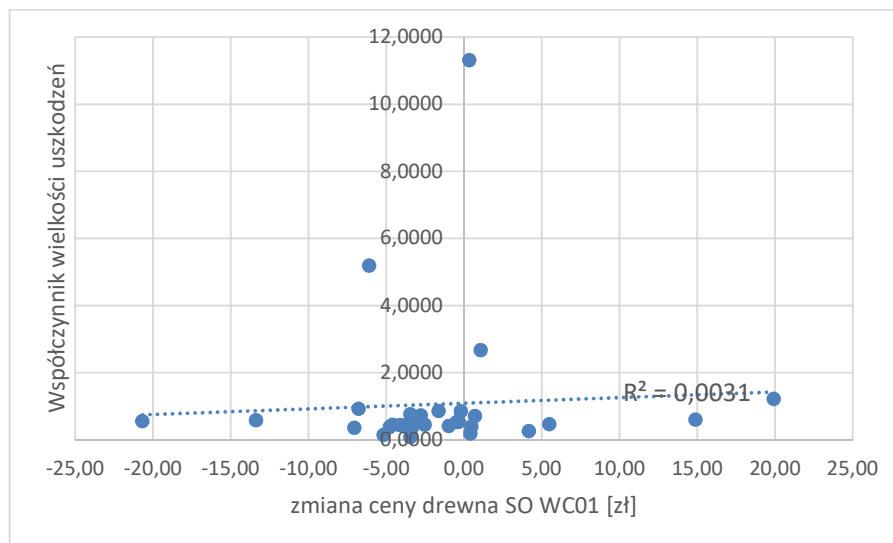
Ryc. 46. Zależność zmian w udziale drewna kategorii małowymiarowej od współczynnika wielkości szkody (W)

Zależność zmian udziału drewna wyższych klas jakości w drewnie wielkowymiarowym od współczynnika wielkości szkody (W) określona współczynnikiem determinacji R^2 wynosi $0,1512$ (ryc. 47). Większe współczynniki wielkości uszkodzeń, czyli większe uszkodzenia w drzewostanach od wiatru wpływają na zmniejszanie się udziału drewna wyższych klas jakości.



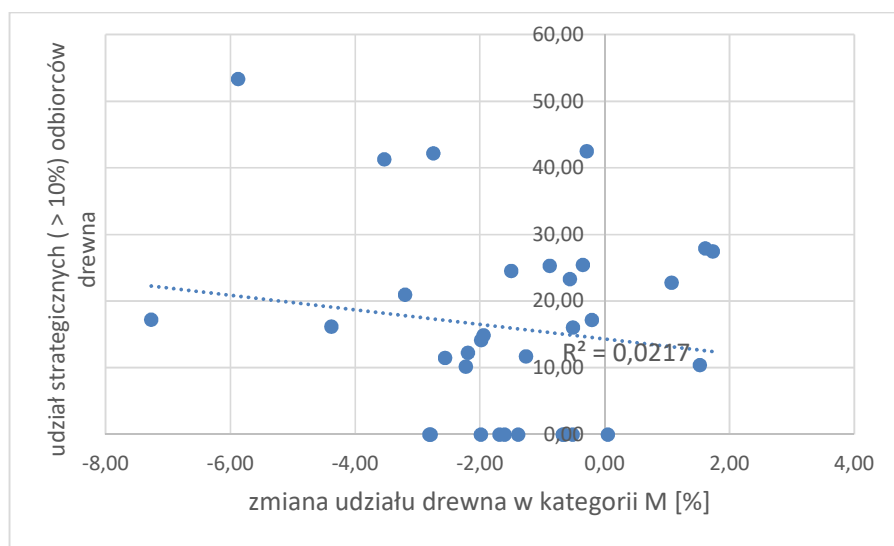
Ryc. 47. Zależność zmian udziału drewna wyższych klas jakości w drewnie wielkowymiarowym od współczynnika wielkości szkody (W)

Nie stwierdzono występowania zależności pomiędzy ceną drewna SO WC0 1 i wielkością szkody wyrażoną współczynnikiem wielkości szkody W (R^2 wyniósł 0,0031) (ryc. 48).



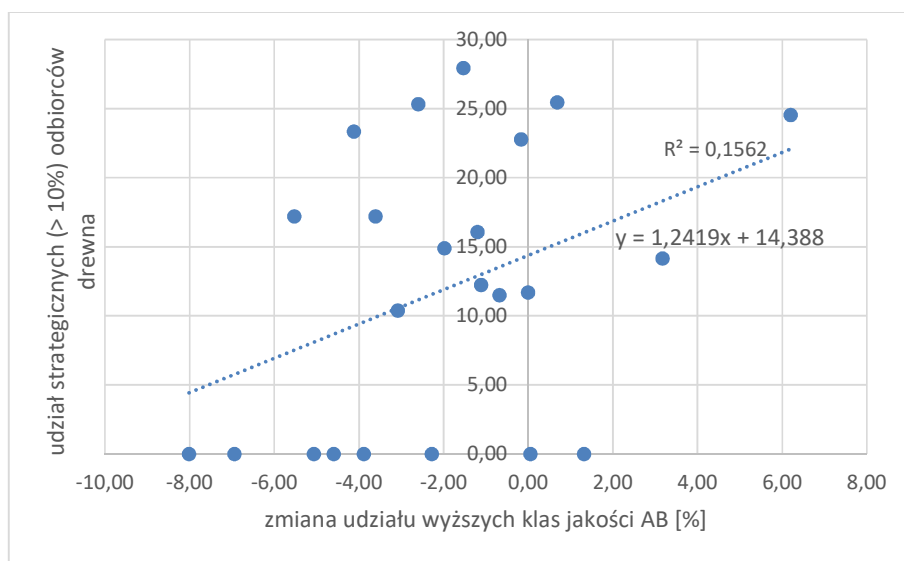
Ryc. 48. Zależność zmian w cenie drewna SO WC01 od współczynnika wielkości szkody (W)

Podobna sytuacja wystąpiła w przypadku badania zależności pomiędzy zmianą udziału drewna kategorii małowymiarowej i udziałem strategicznych (>10%) odbiorców drewna (ryc. 49). Nie stwierdzono występowania istotnych związków tych parametrów, jednak daje się zauważyć słaby trend polegający na tym, że wraz z obniżaniem się różnicy w udziale drewna małowymiarowego wzrasta udział odbiorców strategicznych.



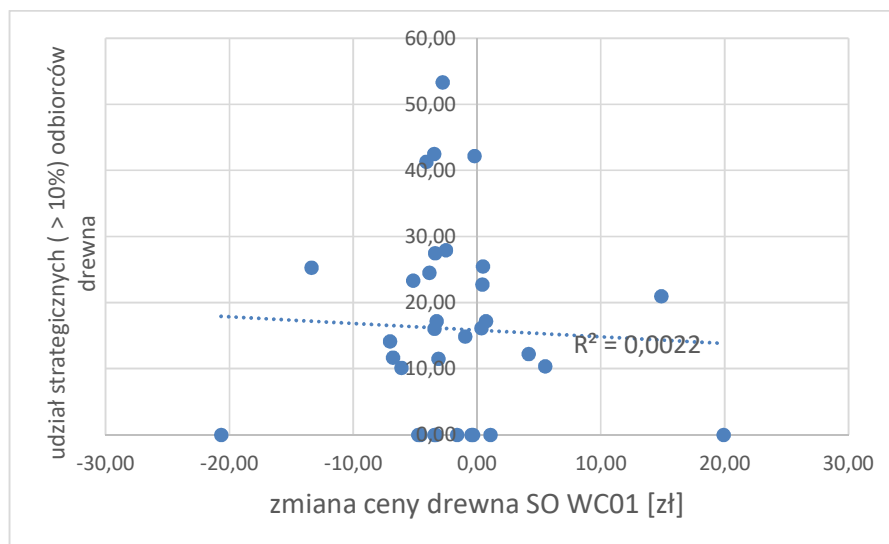
Ryc. 49. Zależność zmian w udziale drewna kategorii małowymiarowej od udziału strategicznych (>10%) odbiorców drewna

Wykazano występowanie dodatniej zależności pomiędzy zmianą udziału drewna wyższych klas jakości w drewnie wielkowymiarowym i udziałem strategicznych (>10%) odbiorców drewna (ryc. 50). Wprawdzie równanie przedstawione na rycinie 50 wyjaśnia zależność ww. parametrów tylko w 16. procentach, jednak widać wyraźny trend polegający na wzroście udziału drewna wyższych klas jakości wraz ze wzrostem udziału w rynku strategicznych odbiorców drewna.



Ryc. 50. Zależność zmian udziału drewna wyższych klas jakości w drewnie wielkowymiarowym od udziału strategicznych (>10%) odbiorców drewna.

Zależność zmian ceny drewna SO WC0 1 od udziału strategicznych (>10%) odbiorców drewna określona współczynnikiem determinacji R^2 wyniosła 0,0022 – jest to dopasowanie niezadowalające (ryc. 51), zatem nie stwierdzono powiązania tych parametrów.



Ryc. 51. Zależność zmian w cenie drewna SO WC0 1 od udziału strategicznych (>10%) odbiorców drewna

Dyskusja

Szkody od wiatru są największymi szkodami abiotycznymi jakie występują nie tylko w lasach Polski, ale i Europy. Sięgają nierzadko poziomu milionów metrów sześciennych. Część strat ponoszona jest również w sposób pośredni przez gospodarkę leśną oraz przez społeczeństwo. Wiatr zakłóca bowiem nie tylko funkcje produkcyjne lasu, ale również funkcje społeczne i ochronne [Zajączkowski 2005]. Paschalis [2011] wymienił ponad trzydzieści pozaprodukcyjnych funkcji lasu. Większość z nich jest trudna do zwaloryzowania i do wycenienia. Nie negując znaczenia wielu pozaprodukcyjnych funkcji lasu stwierdzić należy, że funkcje pozaprodukcyjne pozostają nadal w cieniu tych gospodarczych, przynoszących łatwy do oszacowania dochód, głównie w postaci drewna. Gospodarka drewnem jest dla leśnictwa nadal podstawowym problemem również dlatego, że dochody z niej pochodzące pozwalają na sfinansowanie wielu zadań (często pozornie) pozagospodarczych. Stąd problem pozyskiwania drewna i jego ocena ekonomiczna są zadaniem niezwykle ważnym, zwłaszcza na powierzchniach pokłękowych gdzie procesy te łączą się często z likwidowaniem zagrożeń wtórnych, np. występowania gradacji owadów.

Skutki wiatrów huraganowych mogą być także postrzegane odmiennie. Z perspektywy gospodarczo-ekonomicznej uszkodzenia drzewostanów od wiatru są z pewnością niekorzystne, powodują bowiem straty surowca generujące obniżenie jakości drewna. Z perspektywy ekologicznej huragany nie muszą mieć zawsze charakteru negatywnego. Stanowią naturalne procesy zwiększające bioróżnorodność w lesie [Wesołowski, Żmihorski 2018]. Tak dzieje się jednak w sytuacji wystąpienia ograniczonych przestrzennie uszkodzeń, kiedy większość organizmów przeżywa zjawiska klęskowe lub doznaje małych uszkodzeń [Waide 1991; Ulanova 2000; Lindenmayer i in. 2008; Wesołowski i in. 2018]. Wystąpienie szkód od wiatru może stanowić impuls dla ekosystemów leśnych, dzięki któremu tworzą się naturalne warunki do ich odnowienia.

Produkcja drewna jest specyficznym procesem. Wynika to z długiego okresu produkcji surowca, który wynosi co najmniej kilkadziesiąt, a często powyżej 100 lat. Dlatego, w odróżnieniu od innych działów produkcji, trudno jest raptownie zwiększać lub zmniejszać ilość pozyskiwanego drewna. Planowanie gospodarcze w leśnictwie polega na planowaniu produkcji drewna w taki sposób, żeby w 10-letnim cyklu operatów urządzeniowych dostarczać na rynek większą ilość drewna podczas hossy gospodarczej, nie przekraczając zapotrzebowania

przemysłu drzewnego na ten surowiec [Adamowicz 2010]. Problem „niezaplanowanego” pozyskiwania drewna pojawia się w sytuacji wystąpienia klęsk żywiołowych. Przy notowanym aktualnie poziomie strat przychody ze sprzedaży drewna, które pochodzi z uszkodzonych drzewostanów mogą nie zbilansować kosztów, jakie przypadają na odnowienie i odtworzenie lasu na takich powierzchniach. Problematyczne jest również, czy utrzymanie udziału drewna wyższych klas jakości w technologii ręczno-maszynowej na powierzchniach uszkodzonych od wiatru rekompensuje pozyskiwane drewna z obniżonym udziałem najwyższych klas jakości w trakcie pozyskania drewna przez maszyny wielooperacyjne, jednak ze znacznie większym bezpieczeństwem pracy oraz wydajnością.

Pozyskanie drewna na powierzchniach pokłeskowych jest utrudnione oraz mniej wydajne w porównaniu z pracą w standardowych warunkach. Stopień wydajności pracy na poziomie maszynowym można na takich powierzchniach określić na podstawie rodzaju uszkodzenia drzew oraz kierunkach ich obalenia lub wychylenia [Brzózko 2014]. Wydajność pracy maszyny wielooperacyjnej uzależniona jest według tego autora od rodzaju uszkodzeń drzew i procentowego ich udziału na powierzchni uszkodzonej. Kierunki ułożenia uszkodzonych drzew w większości przypadków nie mają wpływu na całkowity czas pracy maszyny. Parametrem, który najbardziej wpływa na warunki pracy maszyn i ich wydajność jest rodzaj występujących uszkodzeń drzew, w zależności od rodzaju uszkodzeń różnice w wydajności mogą dochodzić do 30%. W zależności od stosowanej technologii pozyskania drewna na powierzchniach uszkodzonych, na których można określić dominujący kierunek ułożenia drzew, stosuje się uproszczoną ocenę uszkodzeń dla maszynowego pozyskania drewna. Natomiast dla ręczno-maszynowego pozyskania drewna oraz dla powierzchni trudnych z maszynowym pozyskaniem drewna uszkodzone powierzchnie opisuje się szczegółowo. Odnotowano także zależność liniową długości cyklu pozyskania drewna od średnicy dolnej pozyskiwanego drewna [Brzózko 2014].

Pozyskanie drewna z powierzchni pohuraganowych prowadzone w okresie jesienno-zimowym, poza okresem wegetacji drzew, daje z pewnością komfort dysponowania większą ilością czasu. Jeżeli jednak do uszkodzenia drzewostanów od wiatru doszło w okresie wiosenno-letnim, kiedy deprecjacja surowca i zagrożenia od szkodników owadzych i grzybowych są zdecydowanie większe, sytuacja jest zdecydowanie trudniejsza. Dodatkowo, licznie występujące zagrożenia na takich powierzchniach powodują, że podstawowym modelem likwidacji skutków klęsk i pozyskiwania w takich warunkach jest model maszynowy z wykorzystaniem maszyn wielooperacyjnych, który ma jednak określoną specyfikę.

Różnice w jakości prac prowadzonych na maszynowym oraz ręczno-maszynowym poziomie techniki zauważono już podczas usuwania skutków klęski huraganu w lasach Niemiec w 1990 roku. Na przykład jakość okrzesywania oraz utrzymanie odpowiednich wymiarów długości drewna na poziomie ręczno-maszynowym zostały określone jako dobre i bardzo dobre, natomiast w technologii zmechanizowanej już jako dostateczne [Giefing 1995]. Niniejsze opracowanie jest pierwszą próbą porównania ze sobą kilkudziesięciu powierzchni uszkodzonych przez wiatr z określeniem zmian w strukturze sortymentowej oraz wartości pozyskanego drewna w porównaniu do struktury drewna w roku bez uszkodzeń od wiatru, z uwzględnieniem maszynowej technologii pozyskania drewna.

Szkody od wiatru w PGL LP stanowią od kilku do kilkudziesięciu procent planowanego rocznego pozyskania drewna. Jest to wielkość, która wpływa wyraźnie na charakter prowadzenia gospodarki leśnej w skali kraju. Zgodnie z przedstawionymi w dysertacji wynikami, szkody od wiatru w większości wpływają na wzrost rocznego planu pozyskania drewna w nadleśnictwie, średnio o 12,76 % w stosunku do wcześniej założonego planu. Podobne wyniki badań uzyskał Piszczyk [2013], który stwierdził, że ogólna ilość pozyskiwanej grubizny była większa wskutek wystąpienia klęski spowodowanej gradacją kornika drukarza. Nadleśnictwa nie są w stanie skompensować pozyskania drewna z powierzchni uszkodzonych od wiatru w ramach przyjętej rocznej wielkości pozyskania drewna. Często wiąże się to z koniecznością zawierania aneksów do obowiązujących Planów Urządzenia Lasów. W niniejszym opracowaniu określono brak zwiększenia rocznego pozyskania drewna w roku wystąpienia huraganu tylko w 6. analizowanych nadleśnictwach. Fakt ten może mieć związek z wielkością szkody, współczynniki wielkości szkody W nie przekroczyły bowiem wartości 0,63. Były to dwie szkody w roku 2007 (Nadleśnictwo Dębno i Oborniki Śląskie), w 2008 (Nadleśnictwo Choszczno), 2012 (Nadleśnictwo Ośno Lubuskie) oraz dwie w 2017 (Nadleśnictwo Mieszkowice oraz Ośno Lubuskie).

Szkody od wiatru powodują koncentrację pozyskania drewna często w jednym kompleksie leśnym. Dzięki skumulowaniu większych ilości drewna w obrębie danego obrębu kupujący może koncentrować zakupy w jednym miejscu a drewno przygotowywane jest w dużych partiach. Ponadto, aktualna sytuacja na rynku drzewnym jest elementem, który w głównym stopniu determinuje popyt na drewno. W badaniach Piszczyka [2013], w analizie sytuacji ekonomicznej nadleśnictw po gradacji kornika drukarza, wzrost zużycia drewna na cele energetyczne również nie pozostawał bez znaczenia i drewno było zagospodarowywane przez rynek. Należy również dodać sąsiedztwo dużych ośrodków przemysłowych, które

generują popyt na surowce w ogóle oraz konkurencyjne ceny surowca drzewnego w Polsce. Są to czynniki w większości o charakterze ekonomicznym, natomiast jakość surowca drzewnego jest bezpośrednio związana z gospodarką leśną. Ceny drewna uzyskiwane w wyniku gradacji kornika drukarza zależą od aktualnej sytuacji na rynku. Ceny mogą być niższe, co jest najczęściej związane z nadwyżką podaży nad popytem oraz słabą jakością drewna. Natomiast przy dobrej koniunkturze na drewno ceny drewna pozyskiwanego z terenów kornikowych mogą pozostać na podobnym poziomie albo nawet wzrastać. W takim przypadku występuje mała elastyczność cenowa popytu, ponieważ przy wysokich cenach popyt również wzrasta. Uwzględnić jednak należy, że przy wzroście przychodów ze sprzedaży drewna, który trwa zazwyczaj 3-5 lat i jest przejściowy, wzrastają również koszty prowadzenia gospodarki leśnej. Należy wtedy podjąć próbę gromadzenia środków finansowych w celach późniejszego długookresowego usuwania skutków klęski oraz poniesienia wydatków na prace z zakresu hodowli i ochrony lasu [Piszczek 2013].

W przeprowadzonych badaniach wykazano, że w roku wystąpienia szkody od wiatru wystąpił wzrost udziału drewna wielkowymiarowego. Udział drewna średniowymiarowego pozostał na tym samym poziomie rok do roku i wyniósł 56%. Podobnie uważał Piszczek [2013], który wskazywał również, że drewno klasy S2b było pozyskiwane w bardzo ograniczonym zakresie, natomiast udział drewna opałowego S4 był wysoki. W pierwszym etapie uprzątnięcia powierzchni pohuraganowych pozyskuje się zazwyczaj cenniejsze drewno wielkowymiarowe, a w dalszej kolejności drewno gorszej jakości [Suwała 2004]. Udział drewna małowymiarowego na powierzchniach pohuraganowych był mniejszy w stosunku do pozyskiwania na powierzchniach standardowych, co było zapewne związane z mniejszym priorytetem pozyskania drewna najmniej cennego. Drewno takie może również zostać na powierzchni do naturalnego rozkładu. W toku niniejszych badań stwierdzono również, że technologia pozyskania drewna nie wpływa na zmianę udziału pozyskania drewna małowymiarowego na powierzchniach pohuraganowych. Grobelny [2010] wskazał, że w przypadku stosowania technologii ręczno-maszynowej udział surowca średniowymiarowego zwiększa się, natomiast maszynowe pozyskanie drewna wpływa na zwiększenie udziału drewna wielkowymiarowego.

Istotną zmianą na badanych powierzchniach pohuraganowych w porównaniu z warunkami standardowymi było pozyskanie drewna wyższych klas jakości w mniejszym udziale niż na powierzchniach planowych. Jest to zbieżne z badaniami Piszczka [2013], który stwierdził, że w warunkach pozyskiwania pokłeskowego udział klas jakości A oraz B był

nieznaczny. W badaniach największą część pozyskanego drewna stanowiło drewno wielkowymiarowe pozyskane w klasie jakości C. Opisana w niniejszej dysertacji sytuacja ze zmianą udziału drewna w wyższych klasach jakości jest niejednoznaczna. Istotność zmiany udziału drewna wyższych klas jakości w zależności o technologii pozyskania drewna była na poziomie błędu statystycznego ($p=0,0654$). Można przypuszczać, że wykorzystanie maszyn wielooperacyjnych na powierzchniach pohuraganowych prawdopodobnie wpływa na mniejszy udział drewna wyrabianego w wyższych klasach jakości. Na powierzchniach, na których nie stosowano maszyn wielooperacyjnych odnotowano spadek takiego drewna o 1,53%, natomiast na powierzchniach pohuraganowych, na których harwestery były wykorzystywane spadek był większy i wyniósł 4,05% .

W wyniku przeprowadzonych badań stwierdzono, że w roku wystąpienia szkód od wiatru średnia struktura sprzedaży drewna tj. liczebność grup sprzedaży spadła ze 163 do 158, tj. o ponad 4 grupy sprzedaży. Podobnie uważali Nagadowski [2008] oraz Grobelny [2010], którzy podkreślali większe zróżnicowanie wyrabianych sortymentów przy wyróbce drewna pilarką spalinową. Stosunkowo niewielka różnica (statystycznie nieistotna) widoczna w moich badaniach świadczyć może o zachowaniu właściwego nadzoru nad pracami z zakresu pozyskania drewna przez służbę leśną oraz rzetelnych wykonawcach prac leśnych.

Niniejsze badania wskazują, że średnia cena drewna ogółem w roku szkody była o 7,51 zł/m³ wyższa niż w roku poprzednim, natomiast po zastosowaniu współczynnika KC w roku szkody odnotowano spadek tej ceny do poziomu 154,67 zł/m³ to jest o 0,78 zł/m³. Utrzymanie podobnej ceny mimo wystąpienia szkód od wiatru może wynikać z przyjęcia odpowiedniego systemu pozyskania drewna, głównie w systemie drewna krótkiego [Pulkki 2004, PGL Lasy Państwowe 2020], który pozwala na manipulację surowca uwzględniającą w większym stopniu miejsca uszkodzone, co pozwala na wyrobienie surowca o jakości porównywalnej do surowca z powierzchni nieuszkodzonych. Podobne stwierdzenia przedstawił Piszczek [2013] pisząc, że przy dobrej koniunkturze na drewno pozyskanie drewna z terenów pokłeskowych nie musi oznaczać spadku cen takiego surowca.

W analizie cenowej można zauważyć tendencje, że średnie ceny wszystkich czterech grup sortymentowych zwiększały się w roku wystąpienia szkód od wiatru. Po zastosowaniu współczynników korekty ceny (KC) wracały do poziomu z roku przed wystąpieniem szkód. W badaniach nad zmianami cen drewna po huraganie Michael, który wystąpił w USA w 2018 Henderson i in [2022] stwierdzili zmiany w cenach drewna w porównaniu do cen bazowych – ceny na początku malały, natomiast w dłuższej perspektywie, po powrocie popytu na drewno

wzrosły. Podobne wnioski sformułowali wcześniej Prestemon i Holmes [2000], określając negatywny wzrost cen drewna o 10-30 % po wystąpieniu huraganu w porównaniu do sytuacji, w której huragan nie miałby miejsca. Podobne wyniki uzyskał również Piszczek [2013], określając, że zwiększenie pozyskania drewna świerkowego nie wpływa na obniżenie cen tego surowca. Przyczyn można dopatrywać się w możliwości koncentracji zakupu surowca drzewnego w jednym miejscu [Piszczek 2013]. Ponadto specyficzny system sprzedaży drewna, który składa się z poszczególnych procedur sprzedaży drewna (procedura dla klientów z historią zakupu oraz procedury otwarte – aukcje) w PGL LP może powodować sytuacje, w których drewno z powierzchni pokłeskowych sprzedawane w odpowiedniej procedurze sprzedaży drewna będzie uzyskiwać ceny wyższe od drewna pozyskiwanego i sprzedanego w ramach ciec planowych. Inaczej sytuacja przedstawia się z surowcem z grupy SO WC0 1, który po zastosowaniu współczynnika KC odnotował spadek wartości ceny. Wartość drewna dłużycowego wyrażona ceną jednostkową na powierzchniach huraganowych była istotnie mniejsza. Może to być związane z trudnością w pozyskaniu drewna dłużycowego na powierzchniach pohuraganowych oraz ograniczonymi możliwościami zrywki takiego surowca. W przypadku cen drewna SO WC0 1, zmiana ceny drewna dłużycowego w zależności od zastosowanej technologii pozyskania drewna była nieistotna statystycznie. Nie można stwierdzić, że technologia pozyskania drewna wpływa na zmiany wartości drewna dłużycowego pozyskanego na powierzchniach pohuraganowych.

Leśnictwo w Polsce funkcjonuje na zasadzie samofinansowania się. Samofinansowanie się gospodarki leśnej wpasowane jest w gospodarkę wolnorynkową. W przypadku gdy występuje wzrost zapotrzebowania na surowiec drzewny, samofinansowanie się administracji leśnej nie jest zagrożone. Inna, trudniejsza sytuacja może wystąpić gdy zapotrzebowanie na drewno gwałtownie spadnie. Wtedy, w skrajnym przypadku, prowadzenie odpowiedniej gospodarki leśnej z utrzymaniem szeregu funkcji pozaprodukcyjnych lasu, może być trudne do realizacji [Kłoczek 2003].

Stwierdzenia i wnioski

Przedstawiona dysertacja jest podsumowaniem historii pozyskania drewna w Polsce na terenach pohuraganowych pierwszej oraz drugiej dekady XXI wieku w zakresie oceny struktury sortymentowej surowca drzewnego. W tym czasie dokonała się radykalna zmiana technologii pozyskania drewna, szczególnie na terenach, na których wystąpiła klęska wiatrołomów i wiatrowałów. Obecnie uprzężanie takich powierzchni odbywa się przede wszystkim z wykorzystaniem maszyn wielooperacyjnych.

W latach 2005-2017 w drzewostanach zarządzanych przez Lasy Państwowe szkody od wiatru przekroczyły poziom 18 mln m³. W analizowanym okresie odnotowano szkody o różnym rozmiarze, od przyjętych jako poziom minimalny 5 tys. m³ do katastrofalnych 10 mln. M³. W niniejszych badaniach przedstawiono zmiany w strukturze pozyskanego i sprzedanego drewna, która odzwierciedla wartość użytkową surowca drzewnego na powierzchniach uszkodzonych od wiatru. Przyjęto, że odpowiednim poziomem odniesienia była struktura pozyskanego drewna w roku poprzednim, w którym szkody nie było.

Rozmiar szkód został w niniejszych badaniach scharakteryzowany oryginalnym współczynnikiem wielkości uszkodzeń W , który został obliczony dla wszystkich uszkodzeń od wiatru powyżej 5 tys. m³. Przeciętna wielkość szkody od wiatru w badanych latach, wyrażona współczynnikiem W , wyniosła 0,76.

Losowy wybór powierzchni badawczych został przeprowadzony z przedziałów wielkości uszkodzeń o takiej szerokości, żeby prawdopodobieństwa wystąpienia uszkodzenia w danym przedziale były identyczne. Badania szczegółowe struktur pozyskanego surowca zostały oparte na danych z trzydziestu trzech nadleśnictw z całej Polski. Dane zostały uzyskane etapowo, z regionalnych dyrekcji Lasów Państwowych oraz z Generalnej Dyrekcji Lasów Państwowych. Bazy danych wykorzystane w badaniach zostały skonstruowane w oparciu o system informatyczny Lasów Państwowych.

Stwierdzono występowanie pewnych zmian w strukturze pozyskania i sprzedaży drewna w roku gospodarczym, w którym wystąpił wiatr huraganowy:

- ✓ widoczne było zmniejszenie udziału kategorii drewna małowymiarowego (M) z 5,94% do 4,38% w roku szkody od wiatru,

- ✓ średni roczny udział pozyskania drewna wyższych klas jakości w drewnie wielkowymiarowym zmniejszył się z poziomu 13,49 % do poziomu 10,74 % w roku wystąpienia huraganu,
- ✓ średnia cena drewna SO WC0 1 w roku przed wystąpieniem szkody wyniosła 186,93 zł/m³, w roku szkody, po zastosowaniu współczynnika korekty ceny (KC), cena spadła do poziomu 185,06 zł/m³.

Różnica średnich liczebności grup sprzedaży w roku przed wystąpieniem huraganu (163) i w roku wystąpienia szkody od wiatru (158) była niewielka i wyniosła 3%. Ta słaba tendencja była zapewne wynikiem prowadzenia odpowiedniego nadzoru nad wyrobem surowca drzewnego i dbałości firm leśnych o odpowiednie wykonywanie zadań gospodarczych.

Nie stwierdzono zmian w przeciętnej cenie drewna ogółem oraz w cenie drewna krótkiego (kłodowanego oraz średniowymiarowego) w dwóch następujących po sobie latach. Zmiany w udziale drewna wielkowymiarowego i średniowymiarowego nie były istotne.

Ustalono istnienie wpływu technologii pozyskania drewna na zmiany w strukturze pozyskanego i sprzedanego drewna oraz na wartość surowca z terenów pohuraganowych. Odnotowano większy spadek drewna wyższych klas jakości pozyskiwanego na terenach pohuraganowych z wykorzystaniem maszyn wielooperacyjnych (-4,05 %) w porównaniu do powierzchni, na których stosowano technologie ręczno-maszynowe (-1,53 %). Ponadto określono, że zmiany udziału drewna wyższych klas jakości w drewnie wielkowymiarowym zależą od współczynnika wielkości szkody W oraz od udziału w sprzedaży strategicznych odbiorców drewna.

Przesunięcia w klasyfikacji jakościowej na powierzchniach pohuraganowych mogą wynikać z uszkodzeń drewna, które występują przy maszynowym pozyskaniu drewna. Mogą to być pęknięcia lub obdarcia kory, które powodują większą podatność surowca drzewnego na siniznę drewna oraz inne szybko postępujące wady drewna (np. brunatnica, zaparzenia). Przesunięcia w klasyfikacji jakościowej drewna na powierzchniach pohuraganowych z wykorzystaniem harwesterów generują potencjalne straty finansowe wynikające z większego udziału mniej wartościowych sortymentów. Straty te mogą być zrekompensovane zdecydowanie większą wydajnością harwesterów oraz niewspółmiernie większym bezpieczeństwem podczas pracy.

Organizacja i zasady sprzedaży drewna okrągłego ulegają ciągłym modyfikacjom. Optymalnym rozwiązaniem jest model sprzedaży drewna, który z jednej strony zaspoko

potrzeby przedsiębiorców z sektora drzewnego, z drugiej natomiast zabezpieczy utrzymanie i powiększanie zasobów leśnych kraju – zapewni ciągłość oraz trwałość gospodarki leśnej.

Lasy Państwowe wypracowują metody analizowania aktualnych zmian oraz sytuacji gospodarczej, z których wynikają cykle koniunkturalne zapotrzebowania na drewno. Analizy zmian wartości użytkowej surowca na rynku drzewnym powinny wpływać na optymalizację obowiązującego sposobu sprzedaży drewna na rynku w Polsce, zwłaszcza w sytuacjach klęskowych, po których na rynek trafia nieplanowana wcześniej duża ilość surowca drzewnego. Istotą jest dostosowanie wielkości pozyskania do aktualnych potrzeb przemysłu drzewnego, odpowiednia intensyfikacja pozyskania i sprzedaży drewna przy dobrej koniunkturze oraz wprowadzanie ograniczeń w okresach spadkowych. Taka strategia powinna wpłynąć na lepsze zagospodarowanie surowca drzewnego przy jednoczesnej realizacji pozaprodukcyjnych funkcji lasu.

Literatura

- Aber J.D., Melillo J.M. 1991. *Terrestrial Ecosystems*. Saunders College Publishing, Holt, Richard and Winston. Orlando FL, 429 pp.
- Adamowicz K. 2010. Cenowa elastyczność popytu na drewno na pierwotnym lokalnym rynku drzewnym w Polsce. *Sylvan* 154 (2): 130–138.
- Adamowicz K. 2011. Ocena wpływu zmian gospodarczych na ilościowe zmiany podaży surowca drzewnego. *Zarz. Ochr. Przyr. Lasach* 5: 189–200.
- Ankudo – Jankowska A., Glura J., Sikora K. 2009. Podstawowe problemy szacowania strat w drzewostanach uszkodzonych przez wiatr. *Zarządzanie ochroną przyrody w lasach*. 2081-1438. T. 3 (2009), s. 201-214
- Attiwill P.M. 1994. The disturbance of forest ecosystems: the ecological basis for conservative management. *Forest Ecology and Management*, 63: 247–300.
- Banaś J., Kożuch A., Zaborski K. 2019. Zastosowanie dekompozycji szeregów czasowych do analizy wahań podaży i cen drewna na przykładzie Nadleśnictwa Marcule *Sylvan* 163 (10): 820–829
- Beatty S.W., Owen B.S. 2005: Incorporating disturbance into forest restoration. In: Stanturf J.A., Madsen P. (eds.) *Restoration of boreal and temperate forests*. CRC Press Boca Raton - London - - New York - Washington DC. Chapter 4: 61-76.
- Beaufort scale of wind. 2014. W: *Manual on Codes*. International Codes. Volume 1.1. World Meteorological Organization, s. A–379.
- Bilański P., Kołodziej Z., Pająk M., Stasiowski J. 2014. Wpływ złomów na wartość drewna w Nadleśnictwie Kołaczyce. 2nd International Scientific Conference. *Forestry in the mountains and industrial regions*.
- Bodył M. 2019. Rozmiar pozyskania maszynowego w Polsce. *Drwal* 3: 5–9
- Bort U., Mahler G., Pfeil C. 1990. Sturmholzaufarbeitung mit Kranvollernten. *AFZ Wald* 25-26: 640-641.
- Bouget C., Duelli P. 2004. The effects of windthrow on forest insect communities: a literature review. *Biological Conservation* 118: 281-299.
- Bruchwald A., Dmyterko E. 2010. Metoda określania ryzyka uszkodzenia drzewostanu przez wiatr. *Leśne Prace Badawcze* 71 (2): 165–173.
- Bruchwald A., Dmyterko E. 2011. Zastosowanie modeli ryzyka uszkodzenia drzewostanu przez wiatr do oceny zagrożenia lasów nadleśnictwa. *Sylvan* 155 (7): 459–471.
- Bruchwald, A., Dmyterko, E. 2013. Zastosowanie modelu ryzyka uszkodzenia drzewostanu przez wiatr do oceny zagrożenia lasów Polski. *Zagrożenia lasu oraz jego funkcji –*

- przyczyny konsekwencje i szanse dla gospodarki leśnej 123. Zimowa Szkoła Leśna VIII Sesja.
- Brzózko J. 2009. Pozyskiwanie drewna z obszarów pokłeskowych – czynniki ryzyka i sposoby zwiększania bezpieczeństwa pracy. *Technika Rolnicza Ogrodnicza i Leśna*, 1/2009, 10-12.
- Brzózko J. 2014. Metoda prognozowania wydajności maszynowego pozyskiwania drewna pokłeskowego na podstawie cech uszkodzonej powierzchni leśnej. Wydawnictwo SGGW. Warszawa.
- Brzózko J., Błaszczuk T. 2010. Investigations on logging process of wind damaged trees with the internal combustion chain saw. *Annals of Warsaw University of Life Sciences - SGGW, Agriculture (Agricultural and Forest Engineering)* 55: 65-74
- Brzózko J., Kaluga T. 2010. Investigations on technological process of after-calamity site preparation to logging with the harvester. *Annals of Warsaw University of Life Sciences - SGGW, Agriculture (Agricultural and Forest Engineering)* 56: 79–87.
- Brzózko, J. 2010. Harvesterem po klęsce. Bezpieczeństwo pracy podczas maszynowego pozyskiwania drewna pokłeskowego. *Drwal. Pismo Przedsiębiorców Leśnych*, (03).
- Brzózko J., Skarżyński J., Łaczyńska J., Paczek I. 2016. Selection of drone flight parameters for determination of post-disaster forest area profile based on aerial photographs. *Annals of Warsaw University of Life Sciences-SGGW, Agriculture (Agricultural and Forest Engineering)*, (67), 131-138.
- Celiński-Mysław D. 2014. Derecho jako przykład silnych zjawisk anemologicznych – dotychczasowy stan badań. *Prace Geograficzne*. 139. 21-32.
- Convington W. W. 2000 – Helping western forests heal – *Nature*, 408: 135–136.
- Dobrowolska D. 2007: Odnowienie naturalne lasu w drzewostanach uszkodzonych przez wiatr na terenie północno-wschodniej Polski. *Leśne Prace Badawcze* 2: 45-60.
- Dobrowolska D. 2010. Rola zaburzeń w regeneracji lasu. *Leśne Prace Badawcze* vol. 71; 391-405.
- Dvořák J., Bystrický R., Hošková P., Hrib M., Jarkovská M., Kováč J., Krilek J., Natov P., Natovová L. 2011. The use of harvester technology in production forests. *Folia Forestalia Bohemica*, Kostelec nad Černými lesy. 156 p.
- Ehnes J., Keenan V. 2002 – Implementing wildfire-based timber harvest guidelines in southeastern Manitoba – *For. Chron.* 78: 680–685.
- Extreme Weather Events 2013. Extreme weather events in Europe: preparing for climate change adaptation. Norwegian Meteorological Institute, Oslo.

- Frutig F., Fahrni F., Stettler A., Egger A. 2007. Mechanisierte Holzernte in Hanglagen. *Wald und Holz* 4: 47–52.
- Fujita T.T., 1978, Manual of downburst identification for project NIMROD, Satellite & Mesometeorology Research Project, The University of Chicago, 1 – 104.
- Gardiner B.A., Quine C.P. 2000. Management of forests to reduce the risk of abiotic damage – a review with particular reference to the effects of strong winds. *Forest Ecology and Management*. 135: 261–277.
- Gejdoš M., Lieskovský M., Giertliová B., Němec M., Danihelová Z. 2019. Prices of Raw-wood Assortments in Selected Markets of Central Europe and their Development in the Future. Predicting wood prices. *BioResources* 14 (2): 2995–3011.
- Giefing D. F. 1995. Usuwanie skutków klęski huraganu w lasach Niemiec w 1990 roku. *Sylwan* 139 (7): 60-61.
- Gliszczyński A. 1999. Obciążenie fizyczne pracowników zatrudnionych przy usuwaniu wiatrolomów. *Sylwan* 8: 95-103.
- Grabowski L. 2008: Szkody od huraganu w 2007 r. w RDLP Wrocław. Klęski żywiołowe w lasach zagrożeniem dla wielofunkcyjnej gospodarki leśnej. SITLiD. Wydawnictwo „Świat”. Wars 55-71.
- Grobelny D. 2010. Wpływ maszynowej technologii pozyskania drewna na strukturę otrzymanych sortymentów w drzewostanach pokłęskowych na przykładzie Nadleśnictwa Węglińiec. Uniwersytet Rolniczy w Krakowie. Praca inżynierska.
- Grodecki J., Stempki W. 2010. Uwarunkowania stosowania maszyn wielooperacyjnych przy pozyskaniu drewna w drzewostanach pokłęskowych. Ogólnopolska Konferencja „Klęski żywiołowe w lasach” Poznań - Puszczykowo, 16-18 czerwca 2010 r.
- GUS 2018. Rocznik Statystyczny Leśnictwa. Główny Urząd Statystyczny. Warszawa.
- GUS 2020. Rocznik Statystyczny Leśnictwa. Główny Urząd Statystyczny. Warszawa.
- GUS 2021. Rocznik Statystyczny Leśnictwa. Główny Urząd Statystyczny. Warszawa.
- GUS Leśnictwo 2006. Główny Urząd Statystyczny. Warszawa.
- GUS Leśnictwo 2007. Główny Urząd Statystyczny. Warszawa.
- GUS Leśnictwo 2008. Główny Urząd Statystyczny. Warszawa.
- GUS Leśnictwo 2009. Główny Urząd Statystyczny. Warszawa.
- GUS Leśnictwo 2010. Główny Urząd Statystyczny. Warszawa.
- GUS Leśnictwo 2011. Główny Urząd Statystyczny. Warszawa.
- GUS Leśnictwo 2012. Główny Urząd Statystyczny. Warszawa.
- GUS Leśnictwo 2013. Główny Urząd Statystyczny. Warszawa.

- GUS Leśnictwo 2014. Główny Urząd Statystyczny. Warszawa.
- GUS Leśnictwo 2015. Główny Urząd Statystyczny. Warszawa.
- GUS Leśnictwo 2016. Główny Urząd Statystyczny. Warszawa.
- GUS Leśnictwo 2017. Główny Urząd Statystyczny. Warszawa.
- Gutmann E. D., Rasmussen, R. M., Liu, C., Ikeda, K., Bruyere, C. L., Done, J. M., Veldore, V. 2018. Changes in hurricanes from a 13-yr convection-permitting pseudo-global warming simulation. *J Clim* 31:3643–3657.
- Hakkila P. 1989. Logging in Finland. *Acta Forestalia Fennica* 207. 1-39.
- Heinimann R. 2007. Präzisions Forstwirtschaft – was ist das? *Schweiz. Z. Forstw.* 158 (8). 235-242
- Heinonen T., Pukkala T., Ikonen V.–P., Peltola H., Vena A., Venäläinen A., Dupont S. 2009. Integrating the risk of wind damage into forest planning. *For. Ecol. Manage.* 258: 1567–1577.
- Henderson, J. D., Abt, R. C., Abt, K. L., Baker, J., & Sheffield, R. 2022. Impacts of hurricanes on forest markets and economic welfare: The case of hurricane Michael. *Forest Policy and Economics*, 140, 102735.
- Holland G., Bruyere Cindy L 2014. Recent intense hurricane response to global climate change *Clim Dyn* 42:617–627.
- Hutto R. L. 1995 – Composition of bird communities following stand-replacement fires in northern Rocky Mountain (U.S.A.) conifer forests – *Conserv. Biol.* 9: 1041–1058.
- Instrukcja Ochrony Lasu. 2012. Dyrekcja Generalna Lasów. Państwowych. Warszawa.
- Jakubowski M., Jelonek T., Tomczak A. 2014. Wytrzymałość na ściskanie wzdłuż włókien drewna sosny zwyczajnej uszkodzonej i nieuszkodzonej przez wiatr *Sylvan* 158 (10): 787–794.
- Jankowiak, R., Szewczyk, G., Bilański, P., Jazłowiecka, D., Harabin, B., & Linnakoski, R. (2021). Blue-stain fungi isolated from freshly felled Scots pine logs in Poland, including *Leptographium sosnaicola* sp. nov. *Forest Pathology*, 51(2), e12672.
- Jewuła E. 1974. Rejonizacja szkód powodowanych przez wiatry w drzewostanach górskich i podgórskich Południowej Polski. *Sylvan* 119(10): 55-63.
- Jewuła E. 1975. Lokalizacja szkód powodowanych przez wiatry w drzewostanach górskich. *Sylvan*. 119(10).27-33
- Klimowski B.A., Hjelmfelt M.R., Bunkers M.J., 2004, *Radar observations of the early evolution of bow echoes*, *Weather and Forecasting*, 19, 727 – 734.
- Kłoczek A. 2003. Ekonomiczne aspekty leśnictwa a krajach Unii Europejskiej i w Polsce. *Sylvan* 147 (1): 1–11.

- Kováč J., Krilek J., Jobbágy J., Dvořák J. 2017. Technika a mechanizácia v lesnictve. Technická Univerzita vo Zvolene. 1-354.
- Krawczyk W., Wężyk P., 2020. Mapping of windstorm damage occurring in the forest stands of Czerniejewo Forest District (Polish State Forests National Holding) using aerial photographs and Sentinel-2 satellite imagery. *Archives of Photogrammetry, Cartography and Remote Sensing*, vol. 32, pp. 13-35.
- Knutson, T. R., Chung, M. V., Vecchi, G., Sun, J., Hsieh, T. L., & Smith, A. J. 2021. Climate change is probably increasing the intensity of tropical cyclones. In *Critical issues in climate change science*. ScienceBrief Review.
- Konôpka J., Petráš R., Toma R. 1987. Štíhlostný koeficient hlavných drevín a jeho význam pri statickej stabilite porastov. *Lesnictvi* 33 (10): 887–904.
- Kožuch A., Banaś J., Zięba S., Adamowicz K. 2016. Analysis of the supply and price of beech wood in southern Poland. *Acta Sci. Pol. Silv.* 15 (2): 87–96.
- Lachowicz H., Wysocka–Fijorek E. 2016. Rynek drzewnego surowca brzoźowego w Polsce w latach 2008–2012. *Sylvan* 160 (12): 971–980.
- Laurow Z. 1999: Pozyskiwanie drewna. Wydawnictwo SGGW. Warszawa.
- Lekes V., Dandul I. 2000. Using airflow modelling and spatial analysis for defining wind damage risk classification (WINDARC). *For. Ecol. Manag.* 135: 331–344.
- Leśnictwo w górach i regionach przemysłowych 2009. Monografia wydana z okazji 60-lecia powołania Wydziału Leśnego Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie.
- Lindenmayer D. B., Burton P. J., Franklin J. F. 2008. *Salvage logging and its ecological consequences*. Island Press, Washington, DC.
- Mahler G., Bort U. 1990. Kranvollerntereinsatz bei der Sturmholzaufarbeitung. *AFZ Wald*, 14–15: 366–368.
- Mayer, H. 1987. Wind-induced tree sways. *Trees*, 1(4), 195-206.
- Mederski P., Karaszewski Z., Rosińska M., Bembenek M. 2016 Dynamika zmian liczby harwesterów w Polsce oraz czynniki determinujące ich występowanie. *Sylvan* 160. (10). 795-804.
- Mikułowski M. 2002a. Huragan w lasach piskich [1]. *Las Polski*, (15-16), 6-7.
- Mikułowski M. 2002b: Problemy zagospodarowania lasu na terenach klęski wiatrowej 2 lipca 2002 r.w północno-wschodniej Polsce. *Prace IBL. Seria A* 3 (937-943): 129-133.
- Moskalik T. 2004. Model maszynowego pozyskiwania drewna w zrównoważonym leśnictwie polskim. *Rozprawy Naukowe i Monografie*. 134 p. Wydawnictwo SGGW, Warszawa.

- Moskalik T., Stampfer K. 2003. Efektywność pracy harwestera Valmet 911 Snake w warunkach górskich. Sylwan 4: 91–98.
- Muszyński Z., Muszyński J. 1999. Problem zastosowań ergonomicznych podczas usuwania drzew w drzewostanach pokłeskowych. W: Zastosowanie ergonomii 2/3: 109-115.
- Nagadowski M. 2008. Analiza strat jakościowych i wartościowych w surowcu drzewnym w wyniku szkod huraganowych na przykładzie Nadleśnictwa Mircze [RDLP Lublin]. Sylwan, 152(07), 46-52.
- Nykänen M. L., Peltola H., Quine C. P., Kellomäki S., Broadgate M. 1997. Factors affecting snow damage of trees with particular reference to European conditions. *Silva Fenn.* 31, 2: 193–213.
- Nyrek A. 1975. Gospodarka leśna na Górnym Śląsku od poł. XVII do poł. XIX w. *Prace Wrocł. Tow. Nauk., Ser. A*, 168: 29–97
- Olszewski A. 2000. Bezpieczeństwo i higiena pracy przy pozyskiwaniu drewna w warunkach kłeskowych. *Postępy Techniki w Leśnictwie*, 74, 52-59.
- Pampuch, T. 2000. Strategia działań w ochronie lasu przy usuwaniu szkód pohuraganowych w drzewostanach RDLP Olsztyn. *Postępy Techniki w Leśnictwie*, 74, 14-20.
- Paschalis-Jakubowicz, P. 2011. Teoretyczne podstawy i realizacja idei zrównoważonego rozwoju w leśnictwie. *Problemy ekorozwoju*, 6(2), 101-106.
- Paschalis P., Porter, B. 1995. Badania jakości technicznej surowca drzewnego oraz sposobów jego pozyskania w drzewostanach objętych kłeskami żywiołowymi. *Las Polski*, (21),4-6.
- Paschalis–Jakubowicz P., Kulik P., Lachowicz H. 2015. Obrót surowcem drzewnym najwyższych klas jakości w Polsce. *Sylwan* 159 (2): 91–102.
- 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. Manage.* 135: 143–153.
- Peltola H., Nykänen M. L., Kellomäki S. 1997. Model computations on the critical combination of snow loading and windspeed for snow damage of Scots pine, Norway spruce and Birch sp. at stand edge. *For. Ecol. a. Manage.* 95: 229–241.
- PGL Lasy Państwowe 2020. Zarządzenie nr 66 Dyrektora Generalnego Lasów z dnia 7 listopada 2019 roku w sprawie wprowadzenia wytycznych pod nazwą „Zasady Użytkowania Lasu” w jednostkach organizacyjnych Lasów Państwowych. DGLP Warszawa.
- Piasecki K. 2018. Układ burzowy z dnia 11.08.2017 r. jako przykład *derecho* nad Europą Środkową. Uniwersytet Warszawski. Praca licencjacka.

- Pickett S. T. A., White P. S. 1985. *The Ecology of Natural Disturbance and Patch Dynamics*. Academic Press, San Diego-New York.
- Pilzek J. 2000. Wiatrołomy i wiatrowały na terenie RDLP Szczecinek. *Postępy Techniki w Leśnictwie*, 452, 21-29.
- Piskonowicz H., Stachowiak M., Markiewicz T. 2010. Ocena dokładności szacowania szkód powstałych podczas wichury dnia 23 lipca 2009 roku na terenie Regionalnej Dyrekcji Lasów Państwowych w Poznaniu. *Ogólnopolska Konferencja „Kłęski żywiołowe w lasach”* Poznań - Puszczykowo, 16-18 czerwca 2010 r.
- Piszczyk M. 2013. Wpływ gradacji kornika drukarza *Ips typographus* (L.) na realizację zadań gospodarczych i sytuację finansową wybranych nadleśnictw w Beskidzie Śląskim i Żywieckim (RDLP Katowice). *Zeszyty naukowe Uniwersytetu Rolniczego im. Hugona Kołłątaja w Krakowie. Rozprawy, zeszyt 384*.
- PN-77/B-02011 wersja polska. 1977. Obciążenia w obliczeniach statycznych. Obciążenie wiatrem.
- Prestemon, J.P., Holmes, T.P., 2000. Timber Price dynamics following a natural catastrophe. *Am. J. Agric. Econ.* 82 (1), 145–160.
- Projekt Storm Damaged Forest: Efficient and Save Harvesting and Log Conservation Methods. 2005. Centre Technique du Bois et de l'Ameublement. Report.
- Puchniarski T. 2003. *Kłęski żywiołowe w lasach. Poradnik leśniczego. Metody zapobiegania i likwidacji*. PWRiL. Warszawa.
- Pulkki R.E. 2004. Glossary of forest harvesting terminology. www.flash.lakeheadu.ca
- Runkle J.R. 1990. Gap dynamics in an Ohio *Acer-Fagus* forest and speculations on the geography of disturbance. *Canadian Journal of Forest Research*, 20: 632–641.
- Schaetzl R. J., Johnson D. L., Burns S. F., Small T. W. 1989. Tree uprooting: review of terminology, process, and environmental implications. *Canadian Journal of Forest Research* 19: 1-11.
- Schelhaas M., Nabuurs G., Schuck A. 2003. Natural disturbances in the European forests in the 19th and 20th centuries. *Global Change Biology* 11: 1620–1633.
- Schütz S., Weissbecker B., Hummel H. E., Apel K.-H., Schmitz H., Bleckmann H. 1999 – Insect antenna as a smoke detector – *Nature*, 398: 298–299.
- Seidl R., Thom D., Kautz M., Martín-Benito D., Peltoniemi M., Vacchiano G., Wild J., Ascoli D., Petr M., Honkaniemi J., Lexer M., Trotsiuk V., Mairota P., Svoboda M., Fabrika M., Nagel A. T., Reyer Ch. 2017. Forest disturbances under climate change. *Nature Climate Change* 7: 395-402.

- Siewniak M., Kusche D. 2002. Baumpflege heute. Patzer Verlag. ISBN 3-87617-105-9.
- Slodičák M. 1995. Thinning regime in stands of Norway spruce subjected to snow and wind damage. In: Coutts M. P., Grace I. [red.]. Wind and trees. Cambridge University Press. 436–447.
- Sowa J.M. 2009. Współczesne pożytki z lasu. In: Starzyk R.J. (ed.) Leśnictwo w górach i regionach przemysłowych. Wydawnictwo Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie, Kraków. p. 129-152.
- Sowa J.M., Szewczyk G., Stańczykiewicz A., Grzebieniowski W. 2009. Pracochłonność pozyskiwania drewna w drzewostanach ze śniegołomami. Leśne Prace Badawcze.4:429-434.
- StatSoft 2011. Electronic Statistics Textbook.
- Stephen Ornes, 2018 Core Concepts How does climate change influence extreme weather? Impact attribution research seeks answers. Vol.115 no. 33
- Stephens S. L., Ruth L. W. 2005 – Federal forest-fire policy in the United States – Ecol. Appl. 15: 532–542.
- STODAFOR. 2004. red. Pischedda D. Technical guide on harvesting and conservation of storm damaged timber. Team of experts from the Concerted Action QLK5-CT2001-00645, www.stodafor.org
- Stokland J. N., Siitonen J., Jonsson B. G. 2012. Biodiversity in dead wood. Cambridge University Press, Cambridge.
- Strategia 2013. Strategia Państwowego Gospodarstwa Leśnego Lasy Państwowe na lata 2014-2030. DGLP Warszawa.
- Suwała M. 2000. Praca zbiorowa pod redakcją M. Suwały. Poradnik użytkownika lasu. Wydawnictwo Świat. Warszawa.
- Suwała, M. 2002. Pozyskiwanie drewna ze złomów i wywrotów. Głos Lasu, (03), 5-9.
- Suwała M. 2002. Pozyskiwanie drewna ze złomów i wywrotów. Głos Lasu, 3: 5–9.
- Suwała, M. 2004. Metody oraz koszty i opłacalność pozyskiwania drewna ze złomów i wywrotów. Sylwan, 3, 63-71.
- Szewczyk G. 2012. Arborystyka. Wybrane zagadnienia pielęgnacji drzew. Monografia. Wydawnictwo Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie. 1-176
- Szewczyk G., Jankowiak R., Mitka B., Bożek P., Bilański P., Kulak D., Barycza A., Kunys G. 2020. Development of blue stain in mechanically harvested Scots pine (*Pinus sylvestris*) logs during storage. Canadian Journal of Forest Research. 50: 42–50.

- Szewczyk, G., Spinelli, R., Magagnotti, N., Mitka, B., Tylek, P., Kulak, D., & Adamski, K. 2021. Perception of the Harvester Operator's Working Environment in Windthrow Stands. *Forests* 2021, 12, 168.
- Szewczyk G., Stańczykiewicz A. 2012. Model szacowania pracochłonności pozyskiwania drewna w drzewostanach ze śniegołomami. *Leśne Prace Badawcze*. 2: 167–173.
- Szewczyk G, Sowa J.M., Grzebieniowski W., Kormanek M., Kulak D., Stańczykiewicz A. 2014. Sequencing of harvester work during standard cuttings and in areas with windbreaks. *Silva Fennica*. vol. 48 no. 4 article id 1159. <http://dx.doi.org/10.14214/sf.1159>
- Szewczyk, G., Sowa, J.M., Michalec, K., Gaj-Gielarowiec, D. and Gielarowiec, K. 2017. Salvage Condition Assessment of Timber Volume in Disturbed Areas. *Baltic Forestry* 23(3): 619-625.
- Szwagrzyk J. 1991. Dynamika lasów naturalnych a koncepcja ochrony rezerwatowej: źródła konfliktu i propozycje rozwiązań. *Prace i Materiały Muzeum im. prof. Władysława Szafera*, 4: 153–159.
- Taszarek M., Brooks H.E. 2015. Tornado climatology of Poland. *Monthly Weather Review* 143: 702-717.
- Tomczak A., Jelonek T., Jakubowski M., 2012 Zmiany w budowie i właściwościach drewna jako efekt oddziaływania wiatru na drzewa sylwan 156 (10): 776–783
- Ulanova N. G. 2000. The effects of windthrow on forest at different spatial scales: a review. *Forest Ecology and Management* 135: 155-167.
- Waide R. B. 1991. Summary of the response of animal populations to hurricanes in the Caribbean. *Biotropica* 23: 508-512.
- Wessolly, L., Erb M. 2016. Tree statics and tree inspection. Patzer Verlag. Berlin-Hannover. ISBN 978-3-87617-143-2.
- Wesołowski T., Fuller R. J., Flade M. 2018. Temperate forests: A European perspective on variation and dynamics in bird assemblages. In: Mikusiński, G, Roberge, J-M, and R. J. Fuller (eds), *Ecology and conservation of European forest birds*, Cambridge University Press, Cambridge, pp. 253-317.
- Wężyk, P., Hawryło, P., Szostak, M. 2016. Determination of the number of trees in the Bory Tucholskie National Park using crown delineation of the canopy height models derived from aerial photos matching and airborne laser scanning data. *Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji*, 28.
- Wężyk, P., Hawryło, P., Janus, B., Weidenbach, M., & Szostak, M. 2018. Forest cover changes in Gorce NP (Poland) using photointerpretation of analogue photographs and GEOBIA

- of orthophotos and nDSM based on image-matching based approach. *European Journal of Remote Sensing*, 51(1), 501-510.
- Wieteska S. 2011. Koncepcja ubezpieczenia lasów od strat spowodowanych przez huragany w polskim obszarze klimatycznym. *Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu*, (175 Finanse-nowe wyzwania teorii i praktyki. Ubezpieczenia), 183-193.
- Więsik J. 2015. Urządzenia techniczne w produkcji leśnej. Tom 2. Maszyny i urządzenia do pozyskiwania i transportu drewna. Wydawnictwo SGGW. Warszawa.
- Wójcik R. i Orzechowski M. 2014. Ocena różnicy pomiędzy planem a wykonaniem pozyskania w ramach usuwania szkód od wiatru w Nadleśnictwie Przedbórz. *Studia i Materiały CEPL w Rogowie*. 16(39/2A/2014), 80-87.
- Wysocka-Fijorek E., Lachowicz H. 2018. Zmiany cen, ilości i wartości surowca drzewnego sprzedawanego w Lasach Państwowych. *Sylvan* 162 (1): 12–21.
- Zachara, T. 2006. Problem szkód w lasach powodowanych przez śnieg i wiatr oraz sposoby przeciwdziałania im. *Sylvan*, 150(10), 56-64.
- Zajac S. 1999. Analiza ekonometryczna i prognozowanie zjawisk i procesów rynku surowca drzewnego w Polsce. *Pr. IBL A 886*: 1–133.
- Zajączkowski J. 1991. Odporność lasu na szkodliwe działanie wiatru i śniegu, Wydawnictwo Świat. Warszawa.
- Zajączkowski J. 2005. Leśnicy kontra wiatr. *Las Polski* nr 23.
- Zawiła-Niedźwiecki T. 2010. Geomatyka w monitorowaniu klęsk żywiołowych w lasach. Ogólnopolska Konferencja „Klęski żywiołowe w lasach” Poznań - Puszczykowo, 16-18 czerwca 2010 r.
- Zwolak R. 2007. Ogniu, kroc za mną: Ekologia i polityka pożarów lasów Ameryki Północnej. *Wiadomości ekologiczne Tom LIII 2007 zeszyt 4*; 191-200.
- Zwolak R., Foresman K. R. 2007 – Effects of a stand-replacing fire on small-mammal communities in montane forest – *Can. J. Zool.* 85: 815–822.

Strony internetowe:

<https://support.microsoft.com/>

<https://pogotowiestatystyczne.pl/slowniczek/test-levene/>

<https://dobrapogoda24.pl/artykul/wichura-fryderyka-polska-niemcy-rocznica-cyryl>

<https://www.lasy.gov.pl/pl/informacje/aktualnosci/najwieksza-taka-kleska-w-historii-polskich-lasow>

Aneks

Tab. 26. Szczegółowe zestawienie szkód od wiatru przekraczających 5 tys. m³ w analizowanych nadleśnictwach w latach 2005-2017

RDLP	Nadleśnictwo	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	Wielkość uszkodzeń w analizowanym roku [m ³]	Liczba zdarzeń w RDLP
Katowice	Rudziniec				22374										22374	
Katowice	Rudziniec					28538									28538	
Katowice	Węgierska Górka	61668													61668	
Katowice	Rudy Raciborskie													260000	260000	
Katowice	Kobiór											123000			123000	
Katowice	Herby												8000		8000	
Katowice	Brynek												88000		88000	
Katowice	Lubliniec												53000		53000	8
Krosno	Jarosław (do dnia 01.01.2009 Radymno)				20004										20004	
Krosno	Komańcza							9000							9000	
Krosno	Sieniawa										7495				7495	3
Lublin	Biała Podlaska			6500											6500	
Lublin	Biłgoraj				5600										5600	
Lublin	Chotyłów			17600											17600	
Lublin	Gościeradów						5040								5040	
Lublin	Gościeradów											5500			5500	
Lublin	Gościeradów												5000		5000	
Lublin	Józefów					11200									11200	
Lublin	Józefów									5730					5730	
Lublin	Lubartów					5030									5030	
Lublin	Międzyrzec			15000											15000	
Lublin	Radzyń Podlaski			7000											7000	
Lublin	Rudnik									25000					25000	
Lublin	Tomaszów						7545								7545	
Lublin	Tomaszów									118374					118374	

Lublin	Tomaszów									25000				25000	
Lublin	Włodawa									50000				50000	
Lublin	Zwierzyniec					10810								10810	18
Lublin	Zwierzyniec						7941							7941	
Łódź	Brzeziny			17375										17375	
Łódź	Opoczno							50402,1						50402	
Łódź	Opoczno										120000			120000	
Łódź	Przedbórz			145345										145345	
Łódź	Przedbórz				157457									157457	
Łódź	Przedbórz										20000			20000	
Łódź	Grotniki											12190		12190	
Łódź	Smardzewice										10000			10000	8
Radom	Ruda Maleniecka									5826				5826	
Radom	Kozienice										16130			16130	
Radom	Radom										7850			7850	
Radom	Kielce										5500			5500	
Radom	Jędrzejów										5800			5800	
Radom	Chmielnik									11000				11000	6
Warszawa	Łuków							18994						18994	1
Wrocław	Bardo Śląskie			6400										6400	
Wrocław	Bolesławiec			75000										75000	
Wrocław	Bystrzyca Kłodzka	20000												20000	
Wrocław	Bystrzyca Kłodzka			20400										20400	
Wrocław	Bystrzyca Kłodzka				6000									6000	
Wrocław	Chocianów			44600										44600	
Wrocław	Henryków			14500										14500	
Wrocław	Jawor			35500										35500	
Wrocław	Jawor				5500									5500	
Wrocław	Jugów	14687												14687	
Wrocław	Jugów			82061										82061	
Wrocław	Jugów				26330									26330	
Wrocław	Kamienna Góra			170300										170300	
Wrocław	Kamienna Góra				98500									98500	
Wrocław	Łądek Zdrój									14000				14000	
Wrocław	Łądek Zdrój										12000			12000	
Wrocław	Legnica			11000										11000	

Wrocław	Legnica				330000								330000
Wrocław	Lubin			30700									30700
Wrocław	Lwówek Śląski			93300									93300
Wrocław	Lwówek Śląski				18500								18500
Wrocław	Lwówek Śląski											30000	30000
Wrocław	Międzyzylesie	8000											8000
Wrocław	Międzyzylesie							7000					7000
Wrocław	Międzyzylesie								6095				6095
Wrocław	Miękinia	7082											7082
Wrocław	Miękinia			63052									63052
Wrocław	Milicz			45000									45000
Wrocław	Milicz											34000	34000
Wrocław	Oborniki Śląskie			32000									32000
Wrocław	Oborniki Śląskie				5400								5400
Wrocław	Oborniki Śląskie											35000	35000
Wrocław	Oleśnica Śląska	83060											83060
Wrocław	Oleśnica Śląska			38722									38722
Wrocław	Oleśnica Śląska											13000	13000
Wrocław	Oława	14495											14495
Wrocław	Oława			55963									55963
Wrocław	Pieńsk			45000									45000
Wrocław	Przemków			14200									14200
Wrocław	Ruszków			77000									77000
Wrocław	Szklarska Poręba			19445									19445
Wrocław	Śnieżka			53001									53001
Wrocław	Śnieżka				7212								7212
Wrocław	Świdnica			72000									72000
Wrocław	Świdnica											20000	20000
Wrocław	Świeradów			43000									43000
Wrocław	Świeradów												35000
Wrocław	Świętoszów			17000									17000
Wrocław	Węgliniec			49392									49392
Wrocław	Wołów			42591									42591
Wrocław	Wołów				464930								464930
Wrocław	Zdroje			13069									13069
Wrocław	Zdroje				5728								5728

Wrocław	Zdroje								16000				16000	
Wrocław	Złotoryja		104721										104721	
Wrocław	Złotoryja			16700									16700	
Wrocław	Żmigród		9255										9255	59
Wrocław	Żmigród				176000								176000	
Wrocław	Żmigród										150000		150000	
Toruń	Cierpiszewo							50641,6					50642	
Toruń	Gołębki										182000		182000	
Toruń	Szubin										438250		438250	
Toruń	Solec Kujawski										150000		150000	
Toruń	Bydgoszcz										50150		50150	
Toruń	Żołędowo										15000		15000	
Toruń	Runowo										660000		660000	
Toruń	Różanna										23000		23000	
Toruń	Zamrzenica										260000		260000	
Toruń	Tuchola										137000		137000	
Toruń	Woziwoda										380000		380000	
Toruń	Rytel										2000000		2000000	
Toruń	Czersk										900000		900000	
Toruń	Przymuszewo										450000		450000	14
Szczecin	Barlinek		39671										39671	
Szczecin	Barlinek			17544									17544	
Szczecin	Barlinek							55239,1					55239	
Szczecin	Barlinek							108514					108514	
Szczecin	Barlinek								12389,3				12389	
Szczecin	Barlinek										38100		38100	
Szczecin	Bierzwnik		43579										43579	
Szczecin	Bierzwnik			10541									10541	
Szczecin	Bierzwnik								6414,49				6414	
Szczecin	Bierzwnik									34742,3			34742	
Szczecin	Bogdaniec		11371										11371	
Szczecin	Bogdaniec							25232,5					25232	
Szczecin	Bogdaniec							56786,6					56787	
Szczecin	Bogdaniec								24485,4				24485	
Szczecin	Bogdaniec										29000		29000	
Szczecin	Bolewice		60797										60797	

Szczecin	Bolewice						16166,8						16167
Szczecin	Bolewice								5779,32				5779
Szczecin	Bolewice										37500		37500
Szczecin	Chojna		22855										22855
Szczecin	Chojna			10086									10086
Szczecin	Chojna					13714							13714
Szczecin	Chojna								7870,6				7871
Szczecin	Chojna									8613,74			8614
Szczecin	Chojna										31000		31000
Szczecin	Dębno Lub.		8243										8243
Szczecin	Dębno Lub.										42800		42800
Szczecin	Dobrzany		19086										19086
Szczecin	Dobrzany			6698									6698
Szczecin	Dobrzany					7201							7201
Szczecin	Dobrzany						6554,64						6555
Szczecin	Dobrzany								18671,4				18671
Szczecin	Dobrzany									7885,87			7886
Szczecin	Drawno		25048										25048
Szczecin	Drawno								22006,9				22007
Szczecin	Drawno									6024,55			6025
Szczecin	Głusko		11375										11375
Szczecin	Głusko							10444,7					10445
Szczecin	Głusko								9196,58				9197
Szczecin	Głusko										9820		9820
Szczecin	Goleniów		5328										5328
Szczecin	Goleniów			22641									22641
Szczecin	Goleniów									8932,37			8932
Szczecin	Gryfice		12329										12329
Szczecin	Gryfice			8926									8926
Szczecin	Gryfice							5778,75					5779
Szczecin	Gryfice								35471,7				35472
Szczecin	Gryfice									11084,8			11085
Szczecin	Gryfino		22788										22788
Szczecin	Gryfino			9613									9613
Szczecin	Gryfino							5569,73					5570
Szczecin	Karwin		15022										15022

Szczecin	Karwin							10789,3					10789
Szczecin	Karwin									20827,9			20828
Szczecin	Kliniska			28416									28416
Szczecin	Kliniska					38339							38339
Szczecin	Kliniska						6422						6422
Szczecin	Kliniska									12733,8			12734
Szczecin	Kłodawa			18046									18046
Szczecin	Kłodawa							13675,6					13676
Szczecin	Kłodawa							42965,9					42966
Szczecin	Kłodawa									9707,54			9708
Szczecin	Kłodawa										10300		10300
Szczecin	Łobez			20009									20009
Szczecin	Łobez					15097							15097
Szczecin	Łobez							51861,5					51861
Szczecin	Łobez							17417,4					17417
Szczecin	Łobez									11498,1			11498
Szczecin	Mieszkowice			11520									11520
Szczecin	Mieszkowice							8929,04					8929
Szczecin	Mieszkowice							17700,8					17701
Szczecin	Mieszkowice								10914,8				10915
Szczecin	Mieszkowice									6739,67			6740
Szczecin	Mieszkowice										89000		89000
Szczecin	Międzychód			24308									24308
Szczecin	Międzyrzecz			26610									26610
Szczecin	Międzyrzecz										33500		33500
Szczecin	Międzyzdroje			7207									7207
Szczecin	Międzyzdroje					6302							6302
Szczecin	Międzyzdroje									10916,9			10917
Szczecin	Myślibórz			19685									19685
Szczecin	Myślibórz					8811							8811
Szczecin	Myślibórz							9848,78					9849
Szczecin	Myślibórz									6354,28			6354
Szczecin	Myślibórz										15100		15100
Szczecin	Nowogard			15157									15157
Szczecin	Nowogard					26894							26894
Szczecin	Nowogard									11442,6			11443

Szczecin	Nowogard									5807,33			5807
Szczecin	Ošno Lub.		13372										13372
Szczecin	Ošno Lub.						42172,6						42173
Szczecin	Ošno Lub.							48632,2					48632
Szczecin	Ošno Lub.								6613,79				6614
Szczecin	Ošno Lub.									8212,64			8213
Szczecin	Ošno Lub.										7385,62		7386
Szczecin	Ošno Lub.											47300	47300
Szczecin	Resko		12982										12982
Szczecin	Resko			10867									10867
Szczecin	Resko				26938								26938
Szczecin	Resko					9505,48							9505
Szczecin	Resko						8099,1						8099
Szczecin	Resko										33171,1		33171
Szczecin	Resko											7237,32	7237
Szczecin	Rokita		12717										12717
Szczecin	Rokita			28284									28284
Szczecin	Rokita										29835,1		29835
Szczecin	Rzepin		10379										10379
Szczecin	Rzepin						6024,23						6024
Szczecin	Rzepin							13312,7					13313
Szczecin	Rzepin								5296,38				5296
Szczecin	Rzepin											26099	26099
Szczecin	Skwierzyna		11497										11497
Szczecin	Skwierzyna									28753,4			28753
Szczecin	Skwierzyna											13770	13770
Szczecin	Smolarz		22100										22100
Szczecin	Trzciel		15744										15744
Szczecin	Trzciel											15800	15800
Szczecin	Trzebież		12051										12051
Szczecin	Trzebież						9510,54						9511
Szczecin	Trzebież									6675,26			6675
Szczecin	Choszczno		18267										18267
Szczecin	Choszczno			21913									21913
Szczecin	Choszczno				11298								11298
Szczecin	Choszczno					6399,45							6399

Szczecin	Choszczno					5398,71						5399	
Szczecin	Choszczno								6831,38			6831	
Szczecin	Lubniewice					28779						28779	
Szczecin	Lubniewice							10052,8				10053	
Szczecin	Lubniewice										16500	16500	
Szczecin	Sulęcín		17165									17165	
Szczecin	Sulęcín								6471,79			6472	
Szczecin	Sulęcín										50000	50000	
Szczecin	Róžańsko		25541									25541	
Szczecin	Róžańsko					8144,15						8144	
Szczecin	Róžańsko										41050	41050	
Szczecin	Strzelce Kraj.		23848									23848	138
Szczecin	Strzelce Kraj.							8482,54				8483	
Szczecin	Strzelce Kraj.									51239,6		51240	
Olsztyn	Ostrołęka									5800		5800	
Olsztyn	Wipsowo					6800						6800	
Olsztyn	Wipsowo						39000					39000	
Olsztyn	Szczytno		71612,4									71612	
Olsztyn	Szczytno										9000	9000	
Olsztyn	Parciaki									8899,87		8900	
Olsztyn	Bartoszyce										15000	15000	7
Białystok	Czarna Białostocka		12211									12211	
Białystok	Czarna Białostocka										20000	20000	
Białystok	Giżycko		6300									6300	
Białystok	Pisz		70000									70000	
Białystok	Pisz					5200						5200	
Białystok	Rudka					5202						5202	
Białystok	Rudka										7000	7000	
Białystok	Rajgród					58000						58000	
Białystok	Łomża							7000				7000	
Białystok	Łomża										11000	11000	
Białystok	Elk							50410				50410	
Białystok	Bielsk									35000		35000	
Białystok	Żednia									11000		11000	
Białystok	Żednia										180000	180000	
Białystok	Supraśl										225000	225000	

Białystok	Dojlidy													110000		110000	
Białystok	Nowogród													6000		6000	
Białystok	Bielsk													5000		5000	18
Zielona Góra	Lipinki			27969												27969	
Zielona Góra	Lipinki												22004			22004	
Zielona Góra	Sława Śląska			12000												12000	
Zielona Góra	Sława Śląska						7200									7200	
Zielona Góra	Żagań			26999												26999	5
Poznań	Piaski													18000		18000	
Poznań	Jarocin													121850		121850	
Poznań	Czerniejewo													100000		100000	
Poznań	Gniezno													800000		800000	
Poznań	Włoszakowice													30000		30000	
Poznań	Góra Śląska													10000		10000	
Poznań	Karczma Borowa													10000		10000	
Poznań	Krotoszyn													10000		10000	
Poznań	Przedborów													10000		10000	9
Szczecinek	Osusznica													100000		100000	
Szczecinek	Bytów													650000		650000	2
Gdańsk	Lubichowo													25600		25600	
Gdańsk	Kościerzyna													45000		45000	
Gdańsk	Lipusz													2309040		2309040	
Gdańsk	Kartuzy													38000		38000	
Gdańsk	Cewice													58000		58000	
Gdańsk	Strzebielino													38000		38000	6
Razem		188992	20000	2406584	696861	1088980	172693	369581	448009	227111	392085	448557	920280	11119719	18534453	302	

