

WITOLD GRZYWIŃSKI, RAFAŁ TUROWSKI, BARTŁOMIEJ NASKRENT

Wpływ pory roku na uszkodzenia drzewostanów olchowych podczas trzebieży wczesnej

Influence of the season on damage in black alder stands during early thinning

ABSTRACT

Grzywiński W., Turowski R., Naskrent B. 2020. Wpływ pory roku na uszkodzenia drzewostanów olchowych podczas trzebieży wczesnej. Sylwan 164 (5): 365-372. DOI: <https://doi.org/10.26202/sylwan.2020032>.

The paper presents the comparison of the influence of the season (winter and summer) on the level of damage to trees remaining after the timber harvest during early thinning in young alder stands. The study was carried out in black alder stands aged 38 and 40 years located in north-eastern Poland (Płaska Forest District). Chainsaw logging was performed in the cut-to-length harvest system, while timber was extracted using an agricultural tractor with a trailer with manual timber loading and unloading. The number and share of damaged trees and stand damage rates were estimated in a particular season of the year. Logging resulted in the damage of 8.3% to residual trees. Almost twice as many trees were damaged in summer as in winter ($p=0.001$). Significantly higher share of trees in 3rd, 4th, and 5th damage classes was found. Only the damage of timber fibers (6th class) did not differ significantly between analyzed seasons. The stand weighted damage rate (W) ranged in winter from 0.12 to 0.38, and in summer between 0.12 and 0.80. In turn, the value of weighted coefficient of damaged trees in the remaining stand amounted to 10.24-60.15 in winter, and 19.07-119.64 in summer. Both W ($p<0.01$) and WDI ($p<0.05$) indices were twice higher in the summer than in the winter period.

KEY WORDS

Alnus glutinosa, logging, tree damage, stand damage rates

ADDRESSES

Witold Grzywiński ⁽¹⁾ – e-mail: witold.grzywinski@up.poznan.pl

Rafał Turowski ⁽²⁾, Bartłomiej Naskrent ⁽¹⁾

⁽¹⁾ Wydział Leśny, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu; ul. Wojska Polskiego 28, 60-637 Poznań

⁽²⁾ Nadleśnictwo Płaska; Sucha Rzeczka 60, 16-326 Płaska

Wstęp

Pozyskiwanie drewna stanowi silną ingerencję w środowisko przyrodnicze. Oprócz uszkodzenia drzew dochodzi także do dewastacji podszytu, runa oraz gleby [Harstela 1997; Han, Kellog 2000; Suwała 2003a, b; Sowa, Kulak, 2008; Bembenek i in. 2013a, b; Karaszewski i in. 2013; Cudzik i in. 2017; Palander i in. 2019]. Dbając o trwałość ekosystemu leśnego, należy doskonalić organizację i techniki pracy, wykorzystywane technologie oraz brać pod uwagę inne aspekty procesu pozyskiwania drewna, jak chociażby dobór odpowiedniej pory roku, co pozwoliłoby maksymalnie ograniczyć szkody w środowisku leśnym.

Negatywny wpływ prac związanych z pozyskaniem drewna na środowisko leśne był wielokrotnie analizowany, jednak w przeważającej mierze badania dotyczyły drzewostanów sosnowych, jako dominujących w polskich lasach [Paschalis, Porter 1994; Suwała 2003b, 2007; Karaszewski i in. 2013]. Aspekt uszkodzeń drzew, runa i gleby analizowano także w drzewostanach bukowych [Giefing, Mana 1995; Danilović i in. 2015; Picchio i in. 2019], brzoźowych [Mederski i in. 2011], jodłowych [Sowa, Szewczyk 2000; Stańczykiewicz 2011; Stańczykiewicz, Kulak 2014] i świerkowych [Modig i in. 2012; Bembenek i in. 2013a, b; Stańczykiewicz i in. 2015]. Brak jest natomiast prac prezentujących wyniki podobnych badań w drzewostanach olchowych. Jedynie Vasiliauskas [1989] uwzględnił w swoim opracowaniu olchę, która była jednak tylko gatunkiem domieszkowym w drzewostanie świerkowym.

Olsza czarna (*Alnus glutinosa* Gaertn.) jest jednym z ważniejszych gatunków lasotwórczych w północnej i środkowej Europie. Drzewostany olchowe (olchy czarnej i szarej) zajmują 5,9% powierzchni lasów w Polsce [Stan... 2016]. Drewno olchowe ma szerokie zastosowanie i niezbyt wygórowaną cenę. Jest surowcem wykorzystywanym do produkcji oklein, sklejek oraz płyt meblowych i drewnopochodnych. Jest również cenionym i poszukiwanym gatunkiem drewna opałowego [Surmiński 1980; Salca 2019].

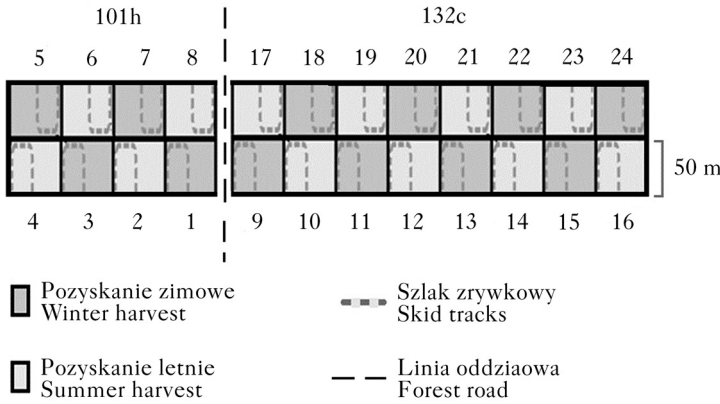
Użytkowanie drzewostanów olchowych, które w przeważającej mierze rosną na siedliskach podmokłych, jest utrudnione przede wszystkim ze względu na okresowo lub stale utrzymujące się podtopienie oraz występowanie gleb torfowych o niskiej nośności. Wymienione czynniki sprawiają, że są to tereny trudno dostępne dla ciężkich maszyn i w większości użytkowane w technologii ręczno-maszynowej.

Celem pracy jest porównanie wpływu pory roku (zima – styczeń, lato – sierpień), w której przeprowadzono zabieg trzebieży wczesnej w litych drzewostanach olchowych, na poziom uszkodzenia pozostających drzew. Stanowi ona próbę wypełnienia luki poznawczej dotyczącej uwarunkowań i wpływu pozyskania surowca drzewnego na środowisko leśne w specyficznych warunkach siedliskowych panujących w drzewostanach olchowych.

Materiał i metody

TEREN BADAŃ. Badania uszkodzeń drzew podczas pozyskania drewna w trzebieży wczesnej w drzewostanach olchowych przeprowadzono w Puszczy Augustowskiej na terenie Nadleśnictwa Płaska, w leśnictwie Okop (RDLP Białystok) w dwóch sąsiadujących ze sobą oddziałach (101h i 132c). Wytypowano drzewostany składające się wyłącznie z olszy czarnej w wieku 38 i 40 lat, o umiarkowanym zwarciu koron, rosnące na siedlisku olsowym. Średnia wysokość drzew w oddziale 101h wynosiła 18,0 m, w oddziale 132c – 17,0, natomiast średnia pierśnica w obu drzewostanach wynosiła 15 cm [Plan... 2004]. Wyznaczono 24 kwadratowe powierzchnie próbne o boku 50 m (0,25 ha). Działki badawcze ponumerowano zgodnie z kolejnością wykonywania na nich prac, a granice każdej z nich oznaczono na drzewach zewnętrznych, nienależących do badanej powierzchni. Na każdej działce wyznaczono szlak zrywkowy, który przebiegał przez jej środek oraz po zewnętrznej granicy. Odstępy między kolejnymi szlakami zrywkowymi wynosiły 25 m (ryc.).

PROCES POZYSKANIA DREWNA. Pozyskanie drewna w ramach zabiegu trzebieży wczesnej obejmowało ścinę drzew, okrzeseanie ich z gałęzi i wyrzynkę sortymentów oraz zrywkę wyrobionego surowca drzewnego na wyznaczone miejsce składowania. Proces realizowany był w systemie drewna krótkiego. Pozyskiwano sortymenty o długości 1,2 i 2,5 m. Ścinę i wyróbkę sortymentów wykonywało dwóch wykwalifikowanych i doświadczonych drwali z pomocnikami, którzy następnie prowadzili zrywkę drewna. Zastosowano jedyny możliwy w tych warunkach siedliskowych wariant zrywki drewna – zrywkę ciągnikiem rolniczym Zetor 7045 (65 KM) z wozem z ręcznym załadun-



Ryc.

Schemat rozplanowania i kolejność użytkowania powierzchni próbnych (1-24) [Grzywiński i in. 2019]
 Location and order of utilization of sample plots (1-24) [Grzywiński et al. 2019]

kiem i rozładunkiem drewna. Odległość zrywki do miejsca składowania drewna w obu sezonach wahała się od 270 do 820 m. Cały proces pozyskania drewna (ścinka i zrywka) wykonywało czterech robotników, tych samych w obu sezonach badawczych.

Powierzchnie próbne użytkowano naprzemiennie – na połowie z nich (12) prace wykonywano zimą (styczeń), na pozostałych natomiast latem (sierpień) (ryc.). W sezonie zimowym pozyskanie drewna prowadzone było przy zamrożonym podłożu (średnia temperatura w trakcie dnia pracy -11°C) i pokrywie śnieżnej o średniej grubości około 32 cm. Prace w sezonie letnim prowadzono w sierpniu, gdy poziom wody gruntowej obniżył się na tyle, że możliwe było prowadzenie pozyskania drewna.

W trakcie trzebieży wczesnej na badanych powierzchniach próbnych pozyskano ogółem $193,02\text{ m}^3$ surowca drzewnego, w tym $89,97\text{ m}^3$ w czasie prac prowadzonych zimą oraz $103,02\text{ m}^3$ latem. Średnia miąższość drewna pozyskanego z 24 powierzchni próbnych wyniosła $8,04 \pm 2,52\text{ m}^3$.

ANALIZA USZKODZEŃ DRZEW. Analizie uszkodzeń poddano wszystkie drzewa z warstwy drzewostanu na wszystkich powierzchniach próbnych, oddzielnie dla obu sezonów badawczych (lato, zima). Uszkodzenia zostały pogrupowane w oparciu o klasyfikację zaproponowaną przez Giefinga i in. [2012], którą dla potrzeb prowadzonych badań zmodyfikowano (tab. 1). Oceniając powstałe zranienia drzew, nie uwzględniano uszkodzeń kory (klasa 1 i 2), ze względu na ich małe znaczenie z punktu widzenia wpływu na stan zdrowotny drzew oraz jakość przyszłego surowca drzewnego. Nie brano pod uwagę także uszkodzeń całych drzew (klasa 7 – drzewa przygięte, klasa 8 – drzewa silnie przygięte i klasa 9 – drzewa zniszczone), ponieważ w trakcie wykonywania zabiegu były one usuwane.

Zmodyfikowaną na potrzeby pracy klasyfikację uszkodzeń drzew Giefinga wykorzystano do określenia ważonego współczynnika uszkodzenia drzewostanu W , który wyraża formuła [Giefing i in. 2012]:

$$W = \frac{\sum_{R=1}^9 I \cdot R}{N} \tag{1}$$

gdzie:

- I – liczba drzew uszkodzonych na powierzchni próbnej w danej klasie uszkodzenia,
- R – numer klasy uszkodzenia drzewa (w wersji zmodyfikowanej 3-6),
- N – całkowita liczba drzew pozostałych na powierzchni próbnej (0,25 ha) po zabiegu.

Tabela 1.

Klasy uszkodzeń drzew [Giefing i in. 2012]

Class of tree damage [Giefing et al. 2012]

| | Miejsce uszkodzenia Place of damage | | Rodzaj uszkodzenia Damage type |
|---|--|---|--|
| 3 | łyko cambium | pień lub szyja korzeniowa trunk or root neck | zdarta kora, odsłonięte lub uszkodzone łyko scratched bark, opened or damaged cambium |
| 4 | łyko cambium | korzenie roots | zdarta kora, odsłonięte lub uszkodzone łyko scratched bark, opened or damaged cambium |
| 5 | drewno wood | pień lub szyja korzeniowa trunk or root neck | uszkodzenia włókien drewna wood fibres wounded |
| 6 | drewno wood | korzenie roots | uszkodzenia włókien drewna wood fibres wounded |

W celu uwzględnienia wpływu rozmiaru pozyskania surowca drzewnego na charakterystykę uszkodzeń drzewostanu wyznaczono ważony wskaźnik uszkodzenia drzew w pozostającym drzewostanie WDI. Został on po raz pierwszy wprowadzony do literatury przez Meyera i in. [1966], a w Polsce upowszechniony przez Sosnowskiego [1999]. Wyraża się go wzorem [Sosnowski 1999]:

$$WDI = \frac{\sum_{R=1}^9 I \cdot R}{N \cdot C} \cdot 1000 \quad [2]$$

gdzie:

I – liczba drzew uszkodzonych na powierzchni próbnej w danej klasie uszkodzenia,

R – numer klasy uszkodzenia drzewa (w wersji zmodyfikowanej 3-6),

N – całkowita liczba drzew pozostałych na powierzchni próbnej (0,25 ha) po zabiegu,

C – ilość drewna zerwanego z powierzchni próbnej (0,25 ha) [m³].

ANALIZA STATYSTYCZNA. Analizy statystyczne przeprowadzono za pomocą pakietu Statistica 11 (StatSoft Inc., USA). W celu scharakteryzowania analizowanych elementów zastosowano statystyki opisowe. Do porównania liczby uszkodzonych drzew oraz wskaźników uszkodzenia drzewostanu latem i zimą wykorzystano test t-Studenta dla prób niezależnych. Do charakterystyki klas zranień w badanych sezonach zastosowano nieparametryczny test Wilcoxon.

Wyniki

Po zabiegu trzebieży wczesnej na 24 powierzchniach badawczych pozostało łącznie 4718 drzew (średnio 196). Wśród nich zinventaryzowano 390 drzew posiadających widoczne uszkodzenia, co stanowiło 8,3% wszystkich drzew. Udział uszkodzonych drzew na poszczególnych powierzchniach wynosił od 2,9% (powierzchnia VII, zima) do 21,0% (powierzchnia XIX, lato). Liczba drzew uszkodzonych była blisko dwukrotnie większa latem niż zimą ($p=0,001$) (tab. 2).

Do oceny uszkodzeń została wykorzystana zmodyfikowana klasyfikacja łącząca miejsce powstania zranienia na pniu z głębokością rany. W modyfikacji nie uwzględniono klas 1 i 2 (uszkodzenia kory) oraz 7-9 (przygięcie i wyrwanie drzewa). Latem stwierdzono wyższy udział uszkodzeń we wszystkich klasach (tab. 2). Liczba drzew z uszkodzeniami łyka na pniu lub szyi korzeniowej (klasa 3), odsłoniętym lub zranionym łykiem na korzeniach (klasa 4) oraz z uszkodzeniami drewna na pniu lub szyi korzeniowej (klasa 5) była statystycznie istotnie większa latem niż zimą. Jedynie udział uszkodzeń włókien drzewnych (klasa 6) nie różnił się istotnie w analizowanych porach roku (tab. 2).

Wartość ważonego współczynnika uszkodzenia drzewostanu (W) wahała się zimą między 0,12 a 0,38, natomiast latem między 0,12 a 0,80 (tab. 3). Zakres ważonego wskaźnika uszkodzenia drzew w pozostającym drzewostanie (WDI) mieścił się zimą w przedziale od 10,24 do 60,15, natomiast latem od 19,07 do 119,64 (tab. 3). Zarówno ważony współczynnik uszkodzenia drzewostanu ($p < 0,01$), jak i ważony wskaźnik uszkodzenia drzew w pozostającym drzewostanie ($p < 0,05$) były dwukrotnie wyższe w okresie letnim niż zimą (tab. 3).

Dyskusja

Trzebież wczesna w drzewostanach olszowych z zastosowaniem technologii ręczno-maszynowej spowodowała uszkodzenie 8,3% drzew. Jest to wyższy poziom uszkodzeń niż notowany w drzewostanach iglastych. Paschalis [1998], analizując poziom uszkodzeń w drzewostanach sosnowych powstałych w wyniku trzebieży wczesnej, odnotował 5,2% uszkodzonych drzew, Bobik [2008] – 5,8%, natomiast Karaszewski i in. [2013] – 4,7%. W analogicznym zabiegu w drzewostanach świerkowych na niżu Bembenek i in. [2013a] wykazali, że po zakończeniu zabiegu drzewa z różnego rodzaju uszkodzeniami stanowiły 4,5%, natomiast w górskich drzewostanach świerkowych w trakcie trzebieży uszkodzeniu uległo 4,4% drzew [Stańczykiewicz 2010]. Zbliżony poziom uszkodzeń wykazali również Maciak i Popczyński [2019], prowadząc badania w sosnowych drzewostanach trzebieżowych podczas pozyskania pilarką i zrywki mieszanej.

Zdecydowanie wyższy poziom uszkodzeń (16,4-31%) podczas pozyskania drewna stwierdzono w mieszanych drzewostanach liściastych [Jourgholami 2012; Tavankar i in. 2013; Mousavi

Tabela 2.

Średnia (M) i odchylenie standardowe (SD) liczba zranionych drzew w poszczególnych klasach uszkodzeń (3-6) zimą (styczeń – I) i latem (sierpień – VIII)

Mean (M) and standard deviation (SD) of the number of damaged trees in particular classes of damage (3-6) in winter (January – I) and summer (August – VIII)

| | | M | SD | test Z | p |
|-------|------|-------|------|--------|--------|
| 3 | I | 6,67 | 2,35 | 107,0 | 0,044 |
| | VIII | 10,75 | 4,59 | | |
| 4 | I | 2,25 | 1,36 | 135,0 | <0,001 |
| | VIII | 5,83 | 1,99 | | |
| 5 | I | 1,33 | 1,56 | 116,5 | 0,001 |
| | VIII | 3,25 | 1,66 | | |
| 6 | I | 0,92 | 0,90 | 95,5 | 0,167 |
| | VIII | 1,50 | 1,09 | | |
| Razem | I | 11,17 | 3,90 | 4,2 | 0,001 |
| Total | VIII | 21,33 | 7,39 | | |

Tabela 3.

Średnia (M), odchylenie standardowe (SD) i zakres (min-max) wielkości wskaźników uszkodzeń W i WDI zimą (styczeń – I) i latem (sierpień – VIII)

Mean (M), standard deviation (SD) and range (min-max) value of damage indices W and WDI in winter (January – I) and summer (August – VIII)

| | | M | SD | min-max | t-Student | p |
|-----|------|-------|-------|--------------|-----------|-------|
| W | I | 0,22 | 0,08 | 0,12-0,38 | 3,18 | 0,007 |
| | VIII | 0,43 | 0,22 | 0,12-0,80 | | |
| WDI | I | 31,29 | 15,69 | 10,24-60,15 | 2,32 | 0,030 |
| | VIII | 54,70 | 31,27 | 19,07-119,64 | | |

Mirkala 2017]. Wyższy poziom uszkodzeń pozostających drzew stwierdzono również przy w pełni zmechanizowanej technologii pozyskania drewna [Suwała 2003b; Câmpu, Borz 2017].

Blisko dwukrotnie więcej uszkodzeń powstało latem (10,6%) niż zimą (5,8%). Należy sądzić, że zimą, gdy w drzewach ustaje proces wzrostu, ilość wody w przyobwodowej części drzewa jest mniejsza, a kora zdecydowanie mocniej przywiera do głębszych tkanek i stąd jest mniej podatna na uszkodzenia [Han, Kellog 2000]. Bobik [2008] wykazał istotnie statystycznie mniejszą liczbę drzew uszkodzonych podczas pozyskania drewna zimą w porównaniu z pracami prowadzonymi w innych porach roku. Limbeck-Lilienau [2003] analizowała maszynowe pozyskanie drewna krótkiego w górskich drzewostanach świerkowych latem i zimą. Według autorki zimą udział drzew uszkodzonych wahał się między 3 a 21%, natomiast latem przedział wartości był zdecydowanie większy i mieścił się w zakresie od 10 do 42%. Odmienne wyniki uzyskali Chmielewski i Porter [2012], którzy analizując pozyskanie drewna w drzewostanach sosnowych latem i zimą, również metodą drewna krótkiego, odnotowali wyższy poziom uszkodzeń w miesiącach zimowych (6,3%) niż letnich (2,4%).

Poziom szkód powstałych w drzewostanie w wyniku zabiegu trzebieży wczesnej wyrażono w postaci ważonego współczynnika uszkodzeń drzewostanu W . Wielkość tego wskaźnika jest wprost proporcjonalna do ciężkości uszkodzeń – im wyższą przyjmuje wartość, tym pozyskiwanie drewna wywiera bardziej negatywny wpływ na pozostający drzewostan. W analizowanych drzewostanach olchowych ważony współczynnik uszkodzeń wyniósł średnio 0,33 i był zdecydowanie wyższy od wartości podawanych w literaturze. Przykładowo Karaszewski i in. [2013] podczas badań w drzewostanie sosnowym dla metody drewna krótkiego uzyskali średnio $W=0,08$. Biorąc pod uwagę fakt, że w obu przypadkach zastosowano taką samą metodę pozyskania drewna oraz poziom techniczny pracy (ręcznie-maszynowy), wydaje się, że na tak znaczne różnice w wynikach mógł mieć wpływ również czynnik ludzki – doświadczenie i efektywność robotników. Prawdopodobnie pewną rolę odgrywają również gatunek drzewa oraz czynniki siedliskowe (np. kępowa struktura olsów powodująca lokalne zagęszczenie drzew).

Kolejny z zastosowanych wskaźników uszkodzeń – ważony wskaźnik uszkodzeń drzew WDI – wyniósł średnio 42,98. Jest to zdecydowanie wyższa wartość niż prezentowana w danych literaturowych dla zbliżonych wiekowo drzewostanów i dla pozyskania drewna metodą drewna krótkiego. W badaniach przeprowadzonych przez Bembeka i in. [2013a] w drzewostanach świerkowych wskaźnik ten osiągnął wartość 25,8. Tak wysokie wartości WDI jak zanotowane w niniejszych badaniach cytowani autorzy odnotowywali dla drzewostanów starszych klas wieku bądź przy zastosowaniu przy pozyskaniu drewna metody całego drzewa.

Wskaźnik WDI, oprócz charakteru uszkodzenia (miejsca jego umiejscowienia na drzewie, głębokości, rodzaju itp.), uwzględnia również miąższość pozyskanego surowca. Niestety – w cytowanych pracach brakuje informacji o miąższości pozyskanego drewna, dlatego nie jest możliwe stwierdzenie, w jakim stopniu ten czynnik determinował wartość WDI. Należy przypuszczać, że pomiędzy wielkością pozyskania a rozmiarem uszkodzeń zachodzi dodatnia korelacja – im większa miąższość drewna zostanie pozyskana, tym wyższy będzie wskaźnik WDI dla danego procesu.

Wnioski

- ✦ W wyniku pozyskiwania drewna w ramach trzebieży wczesnej w drzewostanach olszowych uszkodzeniu uległo 8,3% drzew. Ogólny poziom uszkodzeń pozostającego drzewostanu był dwukrotnie wyższy w sierpniu niż w styczniu.
- ✦ Ważony współczynnik uszkodzenia drzewostanu W i ważony wskaźnik uszkodzeń drzew WDI były zdecydowanie wyższe w sierpniu niż styczniu.

Literatura

- Bembek M., Giefing D. F., Karaszewski Z., Mederski P. S., Szczepańska-Álvarez A. 2013a. Uszkodzenia drzew w następstwie trzebieży wczesnych w nizinnych drzewostanach świerkowych. Sylwan 157 (10): 747-753. DOI: <https://doi.org/10.26202/sylvan.2013019>.
- Bembek M., Giefing D. F., Karaszewski Z., Mederski P. S., Szczepańska-Álvarez A. 2013b. Uszkodzenia drzew w nizinnych drzewostanach świerkowych podczas zabiegu trzebieży późnej. Sylwan 157 (12): 892-898. DOI: <https://doi.org/10.26202/sylvan.2013020>.
- Bobik M. 2008. Damages to residual stand in commercial thinnings. Swedish University of Agricultural Sciences. Southern Swedish Forest Research Centre, Alnarp. Master Thesis 127: 32.
- Câmpu V. R., Borz S. A. 2017. Amount and structure of tree damage when using cut-to-length system. Environmental Engineering and Management Journal 16 (9): 2053-2061.
- Chmielewski S., Porter B. 2012. Waloryzacja wybranych metod pozyskiwania i zrywki drewna w sosnowych drzewostanach przedrębnych. Technika Rolnicza Ogrodnicza i Leśna 3: 23-26.
- Cudzik A., Brennenstul M., Białczyk W. 2017. Damage to soil and residual trees caused by different logging systems applied to late thinning. Croatian Journal of Forest Engineering 38 (1): 83-95.
- Daniilović M., Kosovski M., Gačić D., Stojnić D., Antonić S. 2015. Damage to residual trees and regeneration during felling and timber extraction in mixed and pure beech stands. Šumarski List 139 (5-6): 253-262.
- Giefing D. F., Bembek M., Gackowski M., Grzywiński W., Karaszewski Z., Klentak I., Kosak J., Mederski P. S., Siewert S. 2012. Ocena procesów technologicznych pozyskiwania drewna w trzebieżach późnych drzewostanów sosnowych. Metodologia badań. Nauka Przyroda Technologie 6 (3): #59.
- Giefing D. F., Mana M. 1995. Uszkodzenia drzew w następstwie prowadzenia cięć przedrębnych w drzewostanach bukowych. Prace Komitetu Nauk Leśnych PTPN 80: 43-48.
- Grzywiński W., Turowski R., Naskrent B., Jelonek T., Tomczak A. 2019. The effect of season of the year on the frequency and degree of damage during commercial thinning in black alder stands in Poland. Forests 10 (668): 1-11.
- Han H. S., Kellogg L. D. 2000. Damage characteristics in young Douglas-fir stands from commercial thinning with four timber harvesting systems. Western Journal of Applied Forestry 15 (1): 27-33.
- Harstela P. 1997. Decision support systems in wood procurement. A review. Silva Fennica 31 (2): 215-223.
- Jourgholami M. 2012. Environmental impacts to residual stand damage due to logging operations in Hyrcanian forest. Notulae Scientia Biologicae 4 (3): 65-69.
- Karaszewski Z., Giefing D. F., Mederski P. S., Bembek M., Dobek A., Stergiadou A. 2013. Uszkodzenia drzewostanu w zależności od metody pozyskiwania drewna ze zrywką ciągnikiem. Leś. Pr. Bad. 74 (1): 27-34.
- Limbeck-Lilienau B. 2003. Residual stand damage caused by mechanized harvesting systems. Proceedings of the Austro 2003 meeting: High Tech. Forest Operations for Mountainous Terrain. October 5-9, 2003. 1-11.
- Maciak A., Popczyński B. 2019. Wpływ sposobu zrywki i doświadczenia wykonawcy na wielkość uszkodzeń drzew na powierzchniach trzebieżowych Nadleśnictwa Chojnów. Sylwan 163 (1): 25-34. DOI: <https://doi.org/10.26202/sylvan.2018056>.
- Mederski P. S., Bembek M., Erler J., Giefing D. F. 2011. Effects of innovative thinning operation in a birch stand. Acta Scientiarum Polonorum Silvarum Colendarum Ratio et Industria Lignaria 10 (4): 29-38.
- Meyer G., Ohman J. H., Oettel R. 1966. Skidding hardwoods. Articulated rubber-tyred skidders vs. crawler tractors. Journal of Forestry 64: 194-196.
- Modig E., Magnusson B., Valinger E., Cedergren J., Lundqvist L. 2012. Damage to residual stand caused by mechanized selection harvest in uneven-aged *Picea abies* dominated stands. Silva Fennica 46 (2): 267-274.
- Mousavi Mirkala R. 2017. Comparison of damage to residual stand due to applying two different harvesting methods in the Hyrcanian forest of Iran: cut-to-length vs. tree length. Caspian Journal of Environmental Sciences 15 (1), 13-27.
- Palander T. S., Eronen J. P., Peltoniemi N. P., Aarnio A. I., Kärchä K., Ovaskainen H. K. 2019. Improving a stem-damage monitoring system for a single-grip harvester using a logistic regression model in image processing. Biosystems Engineering 180: 36-49.
- Paschalis P. 1998. Untersuchungen der Holzertemethoden und der technischen Qualität des Holzes aus den Beständen im Bereich der Naturkatastrophen Forstliche Forschungsberichte. Universität München 174: 82-90.
- Paschalis P., Porter B. 1994. Próba oceny uszkodzeń drzew w wyniku prac zrywkowych w sosnowych drzewostanach przedrębnych. Sylwan 138 (9): 17-21.
- Picchio R., Tavankar F., Bonyad A., Mederski P. S., Venanzi R., Nikooy M. 2019. Detailed Analysis of Residual Stand Damage Due to Winching on Steep Terrains. Small-scale Forestry 18 (2): 255-277.
- Plan Urządzenia Lasu dla lasów Nadleśnictwa Płaska na okres 2004-2014. 2004. Leśnictwo Okop.
- Salca E. A. 2019. Black alder (*Alnus glutinosa* L.) – A resource for value-added products in furniture industry under European screening. Current Forestry Reports 5: 41-54.

- Sosnowski J. 1999. Problem oceny szkód wyrządzonych przy zrywce drewna. *Sylwan* 143 (7): 33-43.
- Sowa J. M., Kulak D. 2008. Charakterystyka uszkodzeń powierzchniowych warstw gleby podczas pozyskania i zrywki drewna ciągnikami rolniczymi w trzebieżowych drzewostanach sosnowych. *Inżynieria Rolnicza* 99: 353-361.
- Sowa J. M., Szewczyk G. 2000. Analiza rozmiaru szkód powstałych w podrostach jodłowych i świerkowych w wyniku wycinki i obalania drzewostanu głównego. *Acta Agraria et Silvestria Ser. Silvestria* 38: 75-90.
- Stan zdrowotny lasów w Polsce w 2016 r. 2016. GIOŚ, Warszawa.
- Stańczykiewicz A. 2010. Damage to trees and regeneration layer resulting from timber harvesting with the use of equipment aggregated with farm tractors in thinned mountain stands. *Proceedings of the International Symposium on Forestry Mechanization FORMEC 2010*. Padova, Italy. 1-10.
- Stańczykiewicz A. 2011. Damage to trees and regeneration layer resulting from timber harvesting with the use of equipment aggregated with farm tractors in thinned fir stands. W: Sowa J. M., Barszcz A., Szewczyk G. [red.]. *Technology and ergonomics in the service of modern forestry*. Wyd. UR, Kraków. 253-268.
- Stańczykiewicz A., Kulak D. 2014. Uszkodzenia drzew i odnowienia w wyniku trzebieży wczesnych w wybranych drzewostanach jodłowych. *Studia i Materiały CEPL* 39: 133-142.
- Stańczykiewicz A., Sowa J. M., Leszczyński K., Kulak D., Szewczyk G. 2015. Uszkodzenia drzew i odnowienia w wyniku pozyskania drewna z użyciem urządzeń agregowanych z ciągnikami rolniczymi w trzebieżowych drzewostanach świerkowych. *Sylwan* 159 (3): 201-210. DOI: <https://doi.org/10.26202/sylwan.2014070>.
- Surmiński J. 1980. Właściwości techniczne drewna olszy i możliwości jego wykorzystania. W: Białobok S. [red.]. *Olsze Alnus Mill*. PWN, Warszawa – Poznań. 325-341.
- Suwała M. 2003a. Uszkodzenia drzew i gleby przy pozyskaniu drewna w wybranych rębniach złożonych na terenach nizinnych. *Prace Instytutu Badawczego Leśnictwa A* 949: 23-38.
- Suwała M. 2003b. Uszkodzenia drzew w drzewostanach sosnowych przy pozyskaniu drewna w praktyce leśnej. *Prace Instytutu Badawczego Leśnictwa A* 959: 61-80.
- Suwała M. 2007. Wpływ uszkodzeń gleby przy pozyskaniu drewna w drzewostanach sosnowych w trzebieżach późnych na przyrosty drzew. *Leś. Pr. Bad.* 68 (3): 99-116.
- Tavankar F., Majnounian B., Bonyad A. E. 2013. Felling and skidding damage to residual trees following selection cutting in Caspian forests of Iran. *Journal of Forest Science* 59 (5): 196-203.
- Vasiliauskas R. A. 1989. Povraždenija i ranevyje gnili eli w nasaždenach Litvy, provedenych nesplošnymi rubkami. *Ekologija i Zaščita Lesa* 102-114.