

Uszkodzenia drzewostanu w zależności od metody pozyskiwania drewna ze zrywką ciągnikiem

Stand damage when harvesting timber using a tractor for extraction

Zbigniew Karaszewski¹✉, Dieter F. Giefing², Piotr S. Mederski², Mariusz Bembenek²,
Anita Dobek³, Anastasia Stergiadou⁴

¹ Instytut Technologii Drewna, Zakład Badania i Zastosowań Drewna, ul. Winiarska 1, 60–654 Poznań; ² Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, Katedra Użytkowania Lasu, ul. Wojska Polskiego 71a, 60–625 Poznań; ³ Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, Katedra Metod Matematycznych i Statystycznych, ul. Wojska Polskiego 28, 60–625 Poznań; ⁴ Aristotle University of Thessaloniki, Institute of Mechanical Science and Topography, 54124, Thessaloniki

✉ Tel. +48 61 849 24 12; email z_karaszewski@itd.poznan.pl

Abstract. Damage to the remaining stand is an unavoidable consequence of thinning operations. The different machines used for timber extraction differ in the level of damage of trees they cause, mainly through wounds to the bark and cambium which can make a substantial impact on the remaining trees. Three different methods of timber harvesting with a chainsaw were analysed: the short wood system (SWS), the long wood system (LWS) and the full tree system (FTS) in which an agricultural tractor is used for timber extracting. All systems were analysed in stands containing three different age classes: 2nd (21–40 years), 3rd (41–60 years) and 4th (61–80 years). The level of damage to the remaining stand was assessed considering the percentage of trees exhibiting wounds (scratched bark and/or damage to the cambium) to calculate an index of stand damage (WDI) which incorporated the volume of harvested timber per hectare. The SWS produced the lowest damage to trees in stands of all age classes: average 5%, with the less damage in the oldest stand. After using the LWS 9% of trees were wounded; in this method there was no statistical difference in frequency of wounding across all the analysed stands. The highest level of damage was incurred after the FTS, causing 11% of trees to be injured. In stands of the 2nd age class, the method of timber harvesting had no statistically significant effect on the amount of wounding endured. The WDI was lowest in SWS: 0.08, higher in LWS: 0.15 and the highest, 0.23, when FTS was applied.

Key words: tree damage, Scots pine stands, forest operations, timber harvesting methods, extraction by tractor

1. Wstęp

Nowoczesne technologie pozyskiwania drewna bazują na wykorzystaniu maszyn wielooperacyjnych, z całym wachlarzem ich zalet z zakresu ergonomii, ekonomii oraz ochrony środowiska leśnego. Aktualnie na terenie Polski według szacunków różnych autorów pracuje blisko 200 harwesterów (Skarżyński i Brzózko 2010), pozyskując prawie 4 mln m³. Obserwuje się znaczny wzrost liczby stosowanych maszyn zrywkowych nasiębiernych (forwarderów i przyczep agregowa-

nych z ciągnikami rolniczymi). W procesie technologicznym pozyskiwania drewna stosowanie tych maszyn nie wyklucza udziału pilarki (metoda z międzypolem), natomiast przyczynia się do zwiększenia wydajności i obniżenia kosztów (Mederski 2006). W warunkach krajowych do zrywki drewna sosnowego najczęściej wykorzystywany jest ciągnik rolniczy, którego możliwości użycia do prac leśnych zwiększane są poprzez agregowanie z procesorami (Athanassiadis 1997; Stańczykiewicz et al. 2011) lub z przyczepami nasiębiernymi do zrywki drewna. W prezentowanych badaniach ciąg-

nik rolniczy wykorzystywany był zarówno do wykonywania zrywki wleczonej dla procesów opartych na metodzie drewna długiego i metodzie całego drzewa, jak również do zrywki nasiębiernej w metodzie drewna krótkiego z dołączonym do ciągnika wózkiem zrywkowym.

Przyjęto hipotezę, iż w drzewostanach trzebieżowych istotny dla powstawania uszkodzeń pozostających drzew jest rozmiar zrywanego surowca drzewnego – im dłuższe sortymenty i szerszy ładunek, tym większe prawdopodobieństwo wystąpienia uszkodzeń. Dotyczy to szczególnie sytuacji gdy zrywane drewno należy przemieszczać w gęstym drzewostanie wykonując znaczną liczbę skrętów.

2. Materiał i metody

Badania przeprowadzono na terenie RDLP Toruń, w Nadleśnictwie Zamrzenica, Leśnictwie Lnianek w drzewostanach sosnowych II, III i IV klasy wieku, wykonując w nich zabiegi pielęgnacyjne trzebieży wczesnej (II klasa wieku) i późnej (III i IV klasy wieku).

Na wszystkich powierzchniach próbnych prowadzono pozyskiwanie drewna z zastosowaniem technologii ręczno-maszynowych ze zrywką ciągnikiem w trzech wariantach:

1) metoda drewna krótkiego:

1. faza: ścinka drzew pilarką, korowanie pniaków, okrzesywanie siekierą, w starszych klasach pilarką spalinową, wyrzynka pilarką przy pniu,

2. faza: zrywka nasiębierna ciągnikiem rolniczym Ursus C-360 z przyczepą, układanie stosów przy drodze wywozowej;

2) metoda drewna długiego:

1. faza: ścinka drzew pilarką spalinową, korowanie pniaków, okrzesywanie pilarką spalinową,

2. faza: zrywka ciągnikiem rolniczym całych dłużyc Ursus C-360 – wleczenie, wyrzynka, układanie stosów przy drodze wywozowej;

3) metoda całego drzewa:

1. faza: ścinka drzew pilarką spalinową, korowanie pniaków,

2. faza: zrywka strzał z koronami ciągnikiem rolniczym – wleczenie,

3. faza: okrzesywanie i wyrzynka pilarką spalinową oraz układanie stosów przy drodze wywozowej.

Przy opracowywaniu założeń metodycznych umożliwiających ocenę uszkodzeń drzew wykorzystano dotychczasowe doświadczenia badawcze Katedry Użytkowania Lasu UP w Poznaniu oraz amerykańskie koncepcje prowadzenia badań z tego zakresu (Meyer et al. 1966). Do badań wyznaczono powierzchnie próbne o boku 50×50 m (0,25 ha). Pozyskiwanie drewna prowadzono na nieco większych działkach roboczych, w

skład których wchodziły powierzchnie próbne otoczone kilkumetrową otuliną, zapobiegającą zniekształceniu wyników badań przez technologie realizowane na sąsiednich powierzchniach. Szlaki zrywkowe o szerokości 4 m wyznaczono w odstępie co 30–35 m. Przebiegały one przez środek powierzchni próbnych i pomiędzy działkami roboczymi. Przeprowadzono ocenę stanu drzewostanu przed i po wykonaniu cięć. Określono liczbę uszkodzonych i zniszczonych drzew z uwzględnieniem miejsca uszkodzenia oraz głębokości rany (otarcia kory, uszkodzenia łyka, uszkodzenia drewna). Uszkodzenia zaszeregowano do odpowiednich klas (tab. 1), co umożliwiło wyliczenie procentowego udziału drzew uszkodzonych oraz ważonego współczynnika uszkodzenia drzewostanu (W):

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

gdzie I oznacza liczbę drzew uszkodzonych na powierzchni próbnej, R – klasę uszkodzenia drzew, a N – całkowitą liczbę drzew na powierzchni próbnej po przeprowadzonym zabiegu.

W sytuacji, gdy na jednym drzewie występowało więcej niż jedno uszkodzenie, pod uwagę brano to najbardziej uciążliwe. W celu uwzględnienia miąższości pozyskanego surowca w analizie zaobserwowanych uszkodzeń drzew wyznaczono zaproponowany przez Meyera et al. (1966), a upowszechniony w Polsce przez Sosnowskiego (1999) ważony wskaźnik uszkodzeń drzew w pozostającym drzewostanie (WDI):

$$WDI = \frac{\sum_{R=1}^9 I \times R}{N \times C} \times 1000$$

gdzie I oznacza liczbę uszkodzonych drzew na 0,25 ha pozostawionego drzewostanu w danej klasie uszkodzenia, R jest wartością liczbową numeru klasy uszkodzenia, N oznacza liczbę drzew na 0,25 ha powierzchni pozostawionego drzewostanu, a C liczbę m³ drewna zerwanego z drzewostanu o pow. 0,25 ha.

Dla ważonego współczynnika uszkodzenia drzewostanu oraz ważonego wskaźnika uszkodzeń drzew pozostających w drzewostanie wyliczono odchylenie standardowe dla poszczególnych metod pozyskiwania drewna.

Za pomocą testu chi-kwadrat porównano częstość występowania uszkodzeń przy zastosowaniu różnych metod pozyskiwania drewna. Tym samym testem posłużono się do zbadania różnic częstości drzew uszkodzonych przy zastosowaniu tej samej metody pozyskania drewna w drzewostanach różnych klas wieku.

Tabela 1. Klasy uszkodzeń drzew

Table 1. Tree damage classes

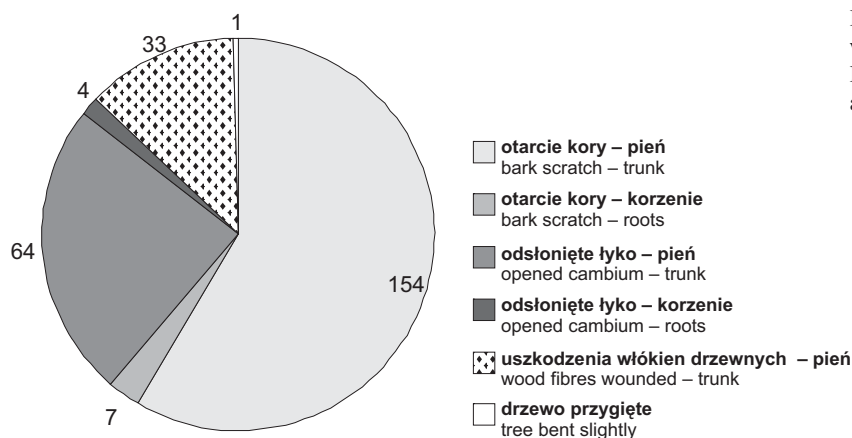
Klasa uszkodzenia Damage class	Miejsce uszkodzenia Damaged part of tree	Rodzaj uszkodzenia Damage type	
1	kora bark	pień lub szyja korzeniowa trunk or root neck	otarcia kory bark scratch
2	kora bark	korzenie roots	otarcia kory bark scratch
3	łyko cambium	pień lub szyja korzeniowa trunk or root neck	zdartą kora, odsłonięte lub uszkodzone łyko scratched bark, opened or damaged cambium
4	łyko cambium	korzenie roots	zdartą 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
7	drzewo tree	przygięte bent	widoczne przygięcie drzewa z dużą szansą dalszego rozwoju slightly bent tree with opportunity for further growth
8	drzewo tree	silnie przygięte bent significantly	znaczne przygięcie drzewa z niewielką szansą dalszego rozwoju tree bent significantly with small chance for good development
9	drzewo tree	zniszczone damaged	złamane lub wyrwane broken or pulled-off

3. Wyniki

We wszystkich badanych procesach technologicznych w drzewostanach wszystkich klas wieku obserwowano uszkodzenia drzew. Uszkodzenia powstawały na wszystkich częściach drzew. W trakcie realizacji badań obserwowano zranienia w koronach, na pniach i korzeniach pozostających drzew (ryc. 1). W obrębie korony stwierdzono złamania konarów i cieńszych gałęzi. Odnotowano również przypadek zniszczenia drzewa w IV klasie wieku poprzez jego silne przygięcie.

Częstymi uszkodzeniami były rany powstałe na pniach drzew. Aż 58,6% wszystkich uszkodzeń zaliczono do otarcia kory pnia. Stosunkowo dużo, bo 24,3%, stanowią odsłonięcia łyka na pniach drzew. Zaobserwowano również uszkodzenia korzeni, które podobnie, jak uszkodzenia na poboczniczy pnia, różnią się głębokością rany.

Głębokość rany ma decydujące znaczenie dla dalszego rokowania uszkodzonego drzewa, przy czym głębokie odsłonięcie włókien drzewnych przyczynia się do powstawania dużego ryzyka wniknięcia patogenicznych grzybów. W prezentowanych badaniach 33 razy doszło



Rycina 1. Liczba uszkodzeń drzew we wszystkich badanych drzewostanach

Figure 1. Number of trees with damage in all analysed stands

Tabela 2. Uszkodzenia drzew podczas analizowanych procesów technologicznych

Table 2. Tree damage in analysed forest operations

Klasa wieku drzewostanu Age class of stand	Charakterystyki uszkodzeń Damage characteristics	Pozyskiwanie drewna: Method of timber harvesting				p (χ^2)
		krótkiego SWS	długiego LWS	całego drzewa FTS	średnia mean	
II	Liczba drzew z uszkodzeniami Number of trees with damage	40	61	59	53,3	0,119
	Liczba drzew pozostających (wraz z uszkodzonymi) Number of remaining trees (including trees with damage)	602	636	626	621,3	-
	Drzewa z uszkodzeniami w stosunku do liczby drzew pozostających (%) Ratio of trees with damage to number of remaining trees (%)	6,6	9,6	9,4	8,6	-
III	Liczba drzew z uszkodzeniami Number of trees with damage	14	29	34	25,7	0
	Liczba drzew pozostających (wraz z uszkodzonymi) Number of remaining trees (including trees with damage)	472	373	265	370	-
	Drzewa z uszkodzeniami w stosunku do liczby drzew pozostających (%) Ratio of trees with damage to number of remaining trees (%)	3,0	7,8	12,8	7,9	-
IV	Liczba drzew z uszkodzeniami Number of trees with damage	2	6	18	8,7	0
	Liczba drzew pozostających (wraz z uszkodzonymi) Number of remaining trees (including trees with damage)	108	103	97	102,7	-
	Drzewa z uszkodzeniami w stosunku do liczby drzew pozostających (%) Ratio of trees with damage to number of remaining trees (%)	1,9	5,8	18,6	8,7	-
	p (χ^2)	0,001	0,322	0,004	-	
Łącznie All stands	Liczba drzew z uszkodzeniami Number of trees with damage	56	96	111	87,7	
	Łączna liczba drzew pozostających All remaining trees	1182	1112	988	1094	
	Drzewa z uszkodzeniami w stosunku do liczby drzew pozostających (%) Ratio of trees with damage to number of remaining trees (%)	4,7	8,6	11,2	8,2	

Tabela 3. Współczynnik uszkodzenia drzewostanu W i wskaźnik uszkodzeń drzew WDI przy pozyskaniu drewna analizowanymi metodamiTable 3. Weighted stand damage coefficient W and weighted stand damage index WDI values after different methods of timber harvesting

Współczynnik Coefficient	Pozyskiwanie drewna: Method of timber harvesting		
	krótkiego SWS	długiego LWS	całego drzewa FTS
$W \pm$ odchylenie stand. $W \pm$ std deviation	0,08±0,06	0,15±0,08	0,23±0,03
$WDI \pm$ odchylenie stand. $WDI \pm$ std deviation	8,91±4,82	22,28±1,64	41,41±37,22

do uszkodzenia włókien drzewnych pnia, co stanowi 12,5% wszystkich obserwacji.

Mimo, że trzebież wykonana w drzewostanach III klasy wieku odznacza się największą intensywnością, to najwięcej uszkodzeń drzew zaobserwowano w najmłodszej badanej klasie wieku. Wraz ze zmniejszeniem liczby drzew rosnących na powierzchniach próbnych następuje zmniejszanie liczby uszkodzonych drzew (tab. 2). W II klasie wieku, przy 621 drzewach pozostających na powierzchni próbnej, w trzech badanych procesach technologicznych doszło do uszkodzenia średnio dla klasy wieku 53 razy. Znacznie mniej drzew zostało uszkodzonych w drzewostanach III klasy wieku, gdzie przy 370 drzewach pozostających doszło do uszkodzeń o różnym charakterze niespełna 26 razy. Najmniej uszkodzeń odnotowano po procesach technologicznych w najstarszej (z badanych) klasie wieku – średnio niespełna 9 uszkodzeń przy 103 drzewach pozostających na powierzchniach próbnych.

Oceniono procent drzew uszkodzonych przy pozyskaniu drewna poszczególnymi metodami w stosunku do liczby drzew pozostających na powierzchniach, na których prowadzono pozyskanie i zrywkę drewna. Najmniejszy udział uszkodzeń był w przypadku pozyskania metodą drewna krótkiego. Udział uszkodzeń przy metodzie drewna długiego wyniósł 8,6%, a zatem był zbliżony do średniej dla wszystkich trzech metod, wynoszącej 8,2%. Pozyskanie metodą całych drzew przyczyniło się do uszkodzenia drzew w największym stopniu, bo aż 11,2% wszystkich pozostających drzew było uszkodzonych.

Zamieszczone w tabeli 2 prawdopodobieństwa uszkodzenia drzew wskazują na wysoce istotne różnice między tymi wielkościami w trzeciej i czwartej klasie wieku ($p < 0,01$). Nie stwierdzono natomiast różnic między częstościami uszkodzeń w drugiej klasie wieku ($p = 0,119$). Uzyskane wartości prawdopodobieństwa wystąpienia uszkodzeń przy zastosowaniu tej samej metody, lecz w różnych klasach wiekowych wskazują na wysoce istotne różnice w wypadku stosowania metody drewna krótkiego i całego drzewa, $p = 0,001$ i $p = 0,004$ odpowiednio. Nie stwierdzono natomiast istotnej różnicy między uszkodzeniem drzew w poszczególnych klasach wieku w wypadku stosowania metody drewna długiego ($p = 0,322$).

Wpływ testowanych metod pozyskiwania drewna przy zastosowaniu do zrywki ciągnika rolniczego został wyrażony w postaci ważonego współczynnika uszkodzenia drzewostanu W . Im wyższa wartość W , tym silniejszy jest negatywny wpływ danej metody. Najniższe wartości współczynnika W były w przypadku metody drewna krótkiego ($W = 0,08$), średnie przy metodzie drewna długiego ($W = 0,15$), a najwyższe – $W = 0,23$, przy metodzie całego drzewa (tab. 3).

Podobnie jest w przypadku wskaźnika uszkodzeń drzew w pozostającym drzewostanie WDI , gdyż dzięki uwzględnieniu w nim pozyskanej miąższości możliwa jest weryfikacja zastosowanych procesów technologicznych i intensywności przeprowadzonych zabiegów pielęgnacyjnych – trzebieży wczesnej i późnej (tab. 3). Drzewostany, choć równowiekowe i tworzące jedno wydzielenie, są niejednokrotnie zróżnicowane pod kątem zadrzewienia i potrzeb pielęgnacyjnych. Stąd w pewnych partiach drzewostanu konieczne są silniejsze cięcia niż w partiach pozostałych.

Wartości WDI kształtują się na zmiennym poziomie w zależności od zastosowanych metod pozyskiwania drewna. W badanych trzech klasach wieku negatywny wpływ metody drewna krótkiego na pozostający drzewostan okazał się najmniejszy. Zastosowanie procesów technologicznych metody drewna długiego przyczyniło się do powstania szkód w drzewostanie na poziomie $WDI = 22,28$. Za najmniej korzystny, biorąc pod uwagę rodzaj uszkodzeń oraz rozmiar pozyskania drewna, uznano procesy pozyskiwania drewna metodą całych drzew. Wskaźnik WDI w tym przypadku wyniósł 41,41 i znacznie odbiegał od wartości WDI w pozostałych wariantach.

4. Dyskusja

Porównywanie wyników badań dotyczących uszkodzeń drzew napotyka pewne trudności metodologiczne (Giefing 1995, 1999; Sowa et al. 2008). Istniejące szkoły klasyfikacji uszkodzeń drzew różnią się zarówno ze względu na rejestrację szkód na różnym poziomie (korzeń, szyja i pień oraz korona), jak i ze względu na ich uciążliwość oraz przyjęte współczynniki (Giefing 1997; Suwała 2000; Gil 1999, 2000; Karaszewski 2004; Stańczykiewicz 2011). Najmniej kłopotów przysparza porównywanie odsetka uszkodzonych drzew w pozostającym drzewostanie. U Zastockiego (2003 a, b), w drzewostanach przedrębnych, gdzie pozyskiwanie drewna odbywało się systemem sortymentowym (metodą drewna krótkiego), udział drzew uszkodzonych wyniósł średnio 11,8%, natomiast przy pozyskiwaniu drewna systemem całej strzały (metodą drewna długiego) udział drzew uszkodzonych wyniósł średnio 13,5%. Są to wartości znacznie wyższe od otrzymanych przez autorów niniejszej pracy (odpowiednio 4,7% dla metody drewna krótkiego i 8,6% dla metody drewna długiego). Natomiast Giefing (1994), badając uszkodzenia drzewostanu w II klasie wieku po zrywce wlezionej ciągnikiem rolniczym, stwierdził, że uszkodzeniu uległo jedynie 2,2% pozostających drzew. Przyczyny tych różnic mogą zależeć m.in. od: umiejętności pracowników, pory roku pozyskiwania surowca drzewnego, a także wyposażenia

środków zrywkowych. Na różnice otrzymywanych wyników badań z zakresu uszkodzeń drzewostanu oraz uszkodzeń odnowień wskazują Sowa i Stańczykiewicz (2007), podsumowując 10-letni okres badań przeprowadzonych w różnych ośrodkach naukowych. Autorzy ci podają, że poziom uszkodzeń powstałych na drzewach oscylował w granicach od 0,8 do ponad 85,0%.

Z dostępnych wyników badań wynika, że istotnym czynnikiem wpływającym na stopień uszkodzenia drzewostanu jest m.in. długość wyrabianych sortymentów. Według Erlera (2005) średni stosunek uszkodzeń przy pozyskaniu drewna krótkiego, drewna kładowanego (długości do 2,5 m) i całej strzały wynosi odpowiednio jak 1 : 2 : 5. Oznacza to, że dla drzewostanu korzystniejsze są takie warianty pozyskiwania, w których wyróbka drewna jest wykonana na miejscu i to w jak najkrótszych sortymentach (Erler 2005). Również w niniejszych badaniach najmniejsze uszkodzenia (4,7%) obserwowano w metodzie drewna krótkiego. Przyjmując ten poziom uszkodzeń za 1, dla metody drewna długiego uzyskano 2 (8,6%), a dla metody całego drzewa 2,5 (11,2%). Także w badaniach Stańczykiewicza (2003) uszkodzenia drzew metodą sortymentowej (drewna krótkiego) są mniejsze niż metodą drewna długiego.

Wyniki te są zgodne ze zdaniem większości naukowców. Paschalis (1999) ocenia metodę drewna długiego jako praktycznie niezalecaną za względu na ochronę środowiska leśnego, natomiast system sortymentowy za zapewniający największą ochronę ekosystemów leśnych. Suwała (1996) postulował stopniowo eliminować zrywkę wleczoną i półpodwieszoną za pomocą ciągników. Również badania Grodeckiego i Stempskiego (2005) potwierdziły, że najwięcej drzew jest uszkodzanych w wariantach ze zrywką wleczoną, zwłaszcza w wariantach ze zrywką ciągnikiem rolniczym bez udostępniania drzewostanu sieci szlaków gospodarczych.

Metoda całego drzewa okazała się metodą przyczyniającą się do powstawania największych zakłóceń w pozostającym drzewostanie. Metoda ta jest najbardziej niekorzystna nie tylko ze względu na wymogi ochrony środowiska, a również ze względu na koszty pozyskiwania drewna (Porter 1998). Jest to zgodne z stanowiskiem Barzdajna i in. (1997), że mniej cenne drewno i odpady należy pozostawiać w lesie w stanie możliwie niezmiennym, o ile nie kłóci się to z postulatami ochrony lasu. Podobną opinię na temat metody całych drzew wypowiedzieli Pilarek i in. (2005).

W badaniach przedstawionych w niniejszej publikacji otrzymano interesujące wyniki analizy statystycznej:

Nie stwierdzono różnic częstości uszkodzeń w drzewostanach II klasy wieku niezależnie od zastosowanych metod pozyskiwania drewna.

Nie stwierdzono istotnych różnic częstości uszkodzeń w drzewostanach poszczególnych klas wieku w przypadku metody drewna długiego.

W pierwszym przypadku, w drzewostanach II klasy wieku, zagęszczenie drzew było tak duże, iż niezależnie od długości sortymentów dochodziło do licznych kontaktów wyrabianych i zrywanych sortymentów z drzewami pozostającymi. Ponadto drzewostan był jeszcze we wczesnej fazie rozwoju, wobec czego pozyskiwane drzewa miały znacznie mniejsze rozmiary, niż w starszych klasach wieku (III i IV klasy), a więc różnice długości sortymentów krótkich i długich były mniejsze. Niezależnie od zastosowanej metody pozyskiwania drewna w drzewostanach najmłodszej klasy wieku obserwowano zbliżony poziom uszkodzeń (8,6%).

W drugim przypadku również decydującym czynnikiem było zagęszczenie drzew w drzewostanie pozostającym. Należy nadmienić, że zjawisko to (brak różnic częstości uszkodzeń w drzewostanach różnych klas wieku) miało miejsce, mimo iż sortymenty długie w drzewostanach IV klasy wieku były około dwa razy dłuższe niż sortymenty długie w drzewostanach II klasy wieku. Zastosowanie metody drewna długiego w drzewostanach różnych klas wieku powodowało uszkodzenia na zbliżonym poziomie (8,6%).

W pozostałych przypadkach stwierdzono różnice częstości uszkodzeń statystycznie istotne. Metoda drewna krótkiego była najbardziej korzystna w najstarszej, IV klasie wieku (przyczyniła się do powstania najmniejszej liczby uszkodzeń). Z kolei metoda całego drzewa wraz ze wzrostem wieku drzewostanu stawała się coraz bardziej uciążliwa. Wskazuje na to stosunek liczby drzew z uszkodzeniami do liczby drzew pozostających (tab. 2).

Wykorzystywanie do oceny wpływu danego procesu na środowisko leśne różnych współczynników ma zarówno pozytywną stronę, jak i negatywne następstwa. Wykorzystanie współczynników *W* i *WDI* pozwala na ocenę badanych technologii również w aspekcie uciążliwości powstałych zranień drzew, a także na uwzględnienie innych czynników, takich jak miąższość surowca pozyskanego z działek roboczych. W literaturze spotyka się natomiast jeszcze inne współczynniki uszkodzenia drzew, drzewostanu i odnowień (Stańczykiewicz 2003, 2006, 2011). Odmienna metodologia utrudnia porównywanie otrzymywanych wyników badań, pozwalając niejednokrotnie jedynie na obserwację trendów, w jakie układają się poszczególne procesy technologiczne. Autorzy przychylają się do konstatacji wyrażonej przez Sowę i Stańczykiewicza (2007), że niezbędne jest stworzenie uniwersalnej metodyki oceny uszkodzeń w środowisku leśnym wynikłych z pozyskania drewna.

5. Wnioski

Najmniejsze uszkodzenia drzewostanu we wszystkich klasach wieku obserwowano przy zastosowaniu metody drewna krótkiego. Jednocześnie w przypadku tej metody najmniejsza częstość uszkodzeń wystąpiła w najstarszej z badanych klas wieku.

Najmniejszy poziom uszkodzeń był przy stosowaniu metody drewna krótkiego, co obrazuje procent uszkodzonych drzew (5%), wartość współczynnika $W = 0,08$ oraz wartość $WDI = 8,91$.

Zastosowanie metody drewna długiego spowodowało powstanie uszkodzeń w drzewostanach wszystkich analizowanych klasach wieku na zbliżonym poziomie (9%). Wartość współczynnika W przy metodzie drewna długiego była wyższa niż przy metodzie drewna krótkiego i wyniosła 0,15, a wartość $WDI = 22,28$.

Pozyskiwanie drewna metodą całego drzewa spowodowało najliczniejsze uszkodzenia pozostających drzew – 11%. Wartość współczynnika W , również najwyższa w metodzie całego drzewa i wynosząca 0,23 wskazuje na wyższy poziom uszkodzeń drzewostanu niż wskaźnik wyrażony procentowo. Wartość WDI dla omawianej metody wyniosła 41,41.

Analiza statystyczna wykazała brak wpływu metody pozyskiwania drewna na poziom uszkodzeń drzew w drugiej klasie wieku, natomiast wpływ stosowanych metod w drzewostanach trzeciej i czwartej klasy wieku.

Nie wykazano różnic statystycznie istotnych w poziomie uszkodzeń drzew w analizowanych klasach wieku przy zastosowaniu metody drewna długiego.

Literatura

- Athanassiadis D. 1997. Residual stand damage following cut-to-length harvesting operations with a farm tractor in two conifer stands. *Silva Fennica*, 31(4): 461–67.
- Barzdajn W., Ceitel J., Zientarski J. 1997. Wyróżniki leśnictwa wykorzystującego i chroniącego przyrodę. *Sylwan*, 4: 119–127.
- Erler J. 2005. Was kostet die Rückegasse. *AFZ-der Wald*, 6: 297–301.
- Giefing D.F. 1990. Wpływ technologii pozyskiwania i transportu drewna w cięciach przedrębnych na szkody i jakość techniczną pozostających drzewostanów sosnowych, w: Reakcja ekosystemów leśnych i ich elementów składowych na antropopresję. Centralny Program Badań Podstawowych 04.10 Podprogram CPBP 04.10.07. Synteza II, 24: 77–85.
- Giefing D. F. 1994. Ciągniki rolnicze w procesie pozyskiwania drewna. *Przegląd Techniki Rolniczej i Leśnej*, 10: 22–23.
- Giefing D. F. 1995. Wpływ pozyskiwania drewna w czyszczeniach późnych drzewostanów sosnowych na środowisko. Część 1. Uszkodzenia drzew. *Sylwan*, 6: 55–62.
- Giefing D. F. 1997: Untersuchungen von technologischen Prozessen der Holzgewinnung im Pflegehieb (Die methodologischen Fragen der Untersuchungen), w: *Technológia spracovania dreva a využitie dreva v komplexnom interiéri* (red. D. Horský). Zvolen, Technická Univerzita: 213–218.
- Giefing D. F. 1999. Kryteria oceny i doboru procesów technologicznych w leśnictwie, w: *Tendencje i problemy mechanizacji prac leśnych w warunkach leśnictwa wielofunkcyjnego* (red. H. Różański). Poznań, Prodruck: 17–24.
- Gil W. 1999. Problem wyboru środków do operacji pozyskaniowo-zrywkowych. *Sylwan*, 6: 47–60.
- Gil W. 2000. Naziemna zrywka drewna skiderami w ujęciu kodeksu praktyk pozyskaniowych. *Sylwan*, 1: 59–74.
- Grodecki J., Stempki W. 2005. Wpływ technologii na poziom uszkodzeń środowiska leśnego podczas pozyskiwania drewna z cięć trzebieżowych, w: *Użytkowanie lasu a trwałość i zrównoważony rozwój leśnictwa* (red. D.F. Giefing, M. Bembenek). Poznań, Akademia Rolnicza: 132–136.
- Karaszewski Z. 2004. Optymalizacja procesów technologicznych pozyskiwania sosny w cięciach przedrębnych pod kątem ochrony środowiska leśnego. Maszynopis. Katedra Użytkowania Lasu AR, Poznań.
- Mederski P.S. 2006. A comparison of harvesting productivity and costs in thinning operations with and without midfield. *Forest Ecology and Management*, 224: 286–296.
- Meyer G., Ohman J.H., Oettel, R. 1966. Skidding hardwoods. Articulated rubber-tired skidders vs. crawler tractors. *Journal of Forestry*, 64: 194–196.
- Paschalis P. 1999. Wpływ technologii użytkowania lasu (trzebieży i cięć rębnych) na różnorodność biologiczną lasów produkcyjnych w Polsce, w: *Ocena wpływu praktyki leśnej na różnorodność biologiczną w lasach w Europie Środkowej* (red. K. Rykowski, G. Matuszewski, E. Lenart). Studium w zakresie polskiej Ustawy o lasach i innych przepisów prawnych. Warszawa, Instytut Badawczy Leśnictwa: 137–155.
- Pilarek Z., Gornowicz R., Gałazka S. 2005. Badania nad sposobami utylizacji pozostałości pozrębnych w drzewostanach sosnowych, w: *Użytkowanie lasu a trwałość i zrównoważony rozwój leśnictwa* (red. D.F. Giefing, M. Bembenek). Poznań, Akademia Rolnicza: 84–85.
- Porter B. 1998. Pozyskanie i zrywka drewna wobec zrównoważonej, wielofunkcyjnej gospodarki leśnej, w: *Użytkowanie lasu i problemy regulacji użytkowania lasu w Polsce* (red. P. Paschalis). Warszawa, Fundacja „Rozwój SGGW”: 64–67.
- Skarżyński, J., Brzózko, J. 2010. Harwestery do pozyskiwania drewna stosowane w polskich lasach. Cz. 1. Charakterystyka ogólna – nośniki. *Technika Rolnicza Ogrodnicza Leśna*, 6. http://www.pimr.poznan.pl/trol6_2010/JSJB6_2010.pdf [23.05.2012].
- Sosnowski J. 1999. Problem oceny szkód wyrządzanych przy zrywce drewna. *Sylwan*, 7: 33–43.
- Sowa J.M., Stańczykiewicz A. 2007. Uszkodzenia drzew i odnowienia przy pozyskaniu i zrywce drewna ciągnikami rolniczymi, w: *Technika i technologia w leśnictwie polskim* (red. W. Zychowicz, M. Aniszewska, K. Wójcik). Warszawa, Wydawnictwo SGGW: 89–94.

- Sowa J.M., Kulak D., Leszczyński K., Stańczykiewicz A., Szewczyk G. 2008. The level of environmental damage from timber harvesting depending on skidding methods, w: 41st International Symposium on Forestry Mechanization. Formec 2008 (ed. KWF). Schmallenberg: 101–110.
- Stańczykiewicz A. 2003. Wpływ wybranych technologii pozyskiwania drewna na rodzaj i wielkość szkód w drzewostanie. Maszynopis. Katedra Użytkowania Lasu i Drewna AR, Kraków.
- Stańczykiewicz A. 2006. Poziom uszkodzeń odnowienia w wyniku stosowania ręczno-maszynowych technologii pozyskiwania drewna. *Acta Agraria et Silvustria. Series Silvustria*, 44: 91–116.
- Stańczykiewicz A., Sowa J.M., Szewczyk G. 2011. Uszkodzenia drzew i odnowienia w wyniku ręczno-maszynowego pozyskiwania drewna z wykorzystaniem urządzeń agregowanych z ciągnikami rolniczymi. *Sylwan*, 2: 129–137.
- Suwała M. 1996. Pozyskiwanie drewna metodą sortymentową. *Prace Instytutu Badawczego Lesnictwa, Seria B*, 30: 63–76.
- Suwała M. 2000. Próba syntetycznej oceny uszkodzeń drzew i gleby przy pozyskiwaniu drewna na przykładzie późnych trzebieży drzewostanów sosnowych. *Sylwan*, 10: 29–38.
- Zastocki D. 2003a. Wpływ zastosowanych technologii pozyskiwania drewna przez Zakłady Usług Leśnych na obecną i przyszłą jakość techniczną drzewostanów przedrębnych. *Sylwan*, 3: 28–34.
- Zastocki D. 2003b. Wpływ stosowanych przez Zakłady Usług Leśnych środków zrywkowych na uszkodzenia gleby i pozostających drzew w sosnowych drzewostanach przedrębnych. *Sylwan*, 4: 53–58.