

Marian SUWAŁA

Instytut Badawczy Leśnictwa w Warszawie
Zakład Użytkowania Lasu
Sękocin Las, 05-090 Raszyn
e-mail: m.suwala@ibles.waw.pl

USZKODZENIA DRZEW W DRZEWOSTANACH SOSNOWYCH PRZY POZYSKIWANIU DREWNA W PRAKTYCE LEŚNEJ

TREE DAMAGE IN PINE STANDS RESULTING FROM WOOD HARVESTING
IN FOREST PRACTICE

***Abstract.** This paper presents results of research on tree damage in pine stands resulting from wood harvesting in thinnings and group clearcutting. Two harvesting methods were taken into account: long-wood method and cut-to-length (CTL) method. Within each method two technological processes were distinguished, differing mainly in technical means. Research results point out that in thinnings the whole-stem method, with chain and horse, and CTL method with chain saw and forwarder or farm tractor with forest trailer and crane characterized by the smallest tree damage (in early thinnings respectively: percentage share of damaged trees – 2.8% and 3.4%; synthetic index of tree damage – 1.5% and 1.9%; in late thinnings: share – 5.3% and 3.9%; index – 3.4% and 2.1%). Bigger tree damage was in whole-stem method with chain saw and farm tractor with winch and CTL method with harvester and forwarder (in early thinnings respectively: percentage share of damaged trees – 7.2% and 7.9%; synthetic index of tree damage – 4.4% and 4.9%; in late thinnings: share – 8.5% and 7.8%; index – 4.6% and 4.1%). In group clearcutting the smallest damage to remaining trees was in CTL method with chain saw or harvester and forwarder (share – 4.8% and 4.3%; index – 2.5% and 2.4%) and the biggest in long wood method with chain saw and skidder (share – 6.1%; index – 3.9%).*

***Key words:** pine stands, wood harvesting, tree damage.*

1. WPROWADZENIE

Problem stosowania przyjaznych dla lasu metod i procesów technologicznych pozyskiwania drewna nabiera coraz większego znaczenia w trwałej i zrównoważonej gospodarce leśnej. Uszkodzenia drzew, obok naruszenia gleby, należą do tematów najczęściej podnoszonych w dyskusjach o oddziaływaniu pozyskiwania drewna na środowisko leśne. Trzeba przy tym zaznaczyć, że bardzo słabo poznane są skutki uszkodzeń, jakie mogą wystąpić po wielu latach. Do czasu pełniejszego wyjaśnienia związków między uszkodzeniami a skutkami (np. zmiany przyrostu i wartości użytkowej drewna, zasiedlanie ran przez grzyby i owady), musimy kierować się wielkościami porównawczymi uszkodzeń między procesami technologicznymi oraz dążyć do minimalizowania szkód.

Na uszkodzenia niektórych elementów drzewostanu przy pozyskiwaniu drewna wskazywano w kraju już od lat pięćdziesiątych (CZEREYSKI 1953; Kamiński, Szmit 1959, za RADZIMIŃSKIM 1963; RADZIMIŃSKI 1963). Środowiskowe skutki pozyskiwania drewna są dostrzegane szczególnie w ostatnich latach.

W przypadku pozyskiwania drewna na niskim poziomie technicznym, a więc z użyciem pilarki w operacjach technologicznych, autorzy zagraniczni podają udział drzew uszkodzonych przy zastosowaniu metody drewna krótkiego (sortymentowej) w całym procesie technologicznym, ze zrywką forwardelem. Jak wynika z badań przeprowadzonych w Szwecji, w drzewostanach sosnowych i świerkowych od pierwszej do ostatniej trzebieży – drzewa uszkodzone stanowiły przeciętnie 3% (FRÖDING 1992). W Finlandii udział ten wynosił 1–2% (HAKKILA 1995, HARSTELA 1982).

Dotychczasowe wyniki badań krajowych całego procesów technologicznych pozyskiwania drewna wskazują, że udział drzew uszkodzonych przy pozyskiwaniu drewna w późnych trzebieżach drzewostanów sosnowych na terenach nizinnych wyniósł: w metodzie drewna krótkiego z użyciem pilarki i forwardera 4,1%, natomiast w metodzie całej strzały w przypadku pilarki i skidera 8,6%. Stosowano szlaki zrywkowe z odstępem około 40 m (SUWAŁA 1999).

Badania uszkodzeń drzew przy użyciu harwesterów jednochwytakowych prowadzono za granicą przy pozyskiwaniu metodą drewna krótkiego, głównie w drzewostanach świerkowych. Podczas badań przeprowadzonych w Szwecji, drzewostany były udostępnione szlakami szerokości około 4 m, w odstępach 24–25 m. Udział drzew uszkodzonych w całym procesie przy użyciu różnych harwesterów i forwardełów stanowił w drzewostanach sosnowych – 4,0%, w świerkowych – 7,2% (FRÖDING 1992). Badania przeprowadzone w Finlandii wskazują, że udział drzew uszkodzonych przy użyciu harwestera jednochwytakowego i forwardera w drzewostanie świerkowym wyniósł 5,0% (SIREN 1991). Szlaki zrywkowe szerokości około 3,8 m były prowadzone w odstępach około 22 m. Jak podaje EPALTS

(1989), udział drzew uszkodzonych w trzebieżach drzewostanów sosnowych i mieszanych z użyciem harwestera jednochwytakowego i forwardera stanowił średnio 6,5% – przy odstępach między szlakami 20 m. Z badań przeprowadzonych w Niemczech wynika, że przy zastosowaniu trzech procesów technologicznych pozyskiwania drewna krótkiego w drzewostanie świerkowym, z użyciem wyżej podanych maszyn w przypadku odstępów między szlakami 20, 30 i 40 m, udziały drzew uszkodzonych wyniosły odpowiednio 7,3; 10,6 i 10,9%, a samych dorodnych 3,4; 6,8 i 10,6% (BORT i in. 1993; SAUTER, BUSMANN 1994).

Na podstawie badań krajowych w późnych trzebieżach drzewostanów sosnowych z użyciem harwestera jednochwytakowego (o wysięgu ok. 10 m) stwierdzono, że udział drzew uszkodzonych przedstawiał się następująco: w metodzie drewna krótkiego przy zastosowaniu harwestera jednochwytakowego i forwardera – 4,6%, natomiast w metodzie całej strzały z użyciem harwestera jednochwytakowego (tylko ścinka i okrzesywanie) oraz skidera – 11,3%. Warto przy tym zaznaczyć, że udział drzew uszkodzonych przy zrywce forwarderem w metodzie drewna krótkiego po ścinie i wyróbce harvesterem był bardzo mały – 0,1%. Odstęp między szlakami w obu przypadkach wynosił około 20 m (SUWAŁA 1999).

Zastosowanie harwestera o wysięgu żurawia 15 m, umożliwiającego pozyskiwanie drewna na wysokim poziomie technicznym w trzebieżach przy odstępach między szlakami 30 m, jak dotąd nie wskazuje na możliwość zmniejszenia udziału drzew uszkodzonych. Na podstawie badań przeprowadzonych w Niemczech stwierdzono, że stanowiły one 10–15% (SCHÖTTLE i in. 1997; WEIXLER i in. 1997), mimo stosunkowo małego zagęszczenia drzew (około 500 na 1 ha).

Udział drzew uszkodzonych nie uwzględnia zróżnicowania ran. Rany niskie określa się jako szczególnie niebezpieczne, ponieważ charakteryzują się największym prawdopodobieństwem infekcji i rozwoju grzybów, powodujących zgnilizny (SIEROTA 1995; WÄSTERLUND 1989; ŻÓLCIAK 1997). Rany o powierzchni 100 cm² oraz zajmujące 1/8 obwodu strzały uznaje się za duże, o poważniejszych następstwach, np. dla produktywności lasu (FRÖDING 1992; ISOMÄKI, KALLIO 1974; Olson 1984, za SIRENEM 1991; PORTER 1997). Także rany głębokie, odkrywające i naruszające drewno, można zaliczyć do bardziej szkodliwych, ponieważ sprzyjają infekcjom, przede wszystkim grzybów wywołujących siniznę oraz ogólnie pojętej deprecjacji drewna (Olson 1984, za SIRENEM 1991; RYKOWSKI 1974).

Mając powyższe na uwadze, dokonywano oceny uszkodzeń lasu za pomocą wskaźników syntetycznych. SOWA (1997) przedstawia możliwość zbudowania wielowymiarowego modelu uszkodzeń. GIEFING (1995) dokonał oceny uszkodzeń drzew w drzewostanie przy pozyskiwaniu drewna w późnych czyszczeniach drzewostanów sosnowych. Proponowany wskaźnik został obliczony jako średnia

ważona klas uszkodzeń (od 1 do 9) i liczby drzew uszkodzonych w poszczególnych klasach, przypadająca na jedno drzewo w drzewostanie. Wskaźnik ten wahał się od 0,0036 do 0,0761, w zależności od procesu technologicznego i warunków drzewostanowych. Zastosowany do oceny uszkodzeń drzew w późnych trzebieżach drzewostanów sosnowych syntetyczny wskaźnik, uwzględniający dotkliwość ran (wysokość na pniu, powierzchnia, objęty przez ranę obwód pnia, uszkodzenie tkanki drzewnej), kształtował się na poziomie 1,4–7,1%, w zależności od procesu technologicznego i odstepu między szlakami operacyjnymi (SUWAŁA 1999).

W dotychczasowych ocenach uszkodzeń, prowadzący badania zwykle kierowali przebiegiem procesów technologicznych pozyskiwania drewna. Badania przeprowadzone przez Instytut Badawczy Leśnictwa (w drzewostanach nizinnych), we współpracy z Akademią Rolniczą w Krakowie (w drzewostanach górskich), obejmowały ocenę uszkodzeń warstwy drzew, podrostu, podszytu i nalotu oraz gleby przy pozyskiwaniu drewna w praktyce leśnej. Niniejszy artykuł dotyczy uszkodzeń drzew w drzewostanach na terenach nizinnych.

3. CEL I ZAKRES BADAŃ

Celem poznawczym badań było określenie uszkodzeń drzew przy zastosowaniu wybranych procesów technologicznych pozyskiwania drewna w praktyce leśnej (bez ingerencji prowadzących badania w realizację procesów). Celem aplikacyjnym było wskazanie racjonalnych pod względem środowiskowym kierunków rozwoju technologii i techniki pozyskiwania drewna.

Badania przeprowadzono na terenach nizinnych w drzewostanach sosnowych, przy pozyskiwaniu drewna w trzebieżach (wczesnych i późnych) oraz w pierwszym etapie rębni gniazdowej zupełnej.

Do badań wybrano niżej przedstawione procesy technologiczne pozyskiwania drewna.

1. Proces C_s -PK (tylko w trzebieżach, w ramach metody całej strzały C_s , przy odstepie między szlakami zrywkowymi 15–40 m):
 - ścinka i okrzesywanie drzew pilarką (P);
 - zrywka okrzesywanych strzał koniem (K).
2. Proces C_s - PC_w (w trzebieżach metoda całej strzały C_s , przy odstepie między szlakami 15–40 m) lub D_s - PC_w (w rębni zupełnej gniazdowej – metoda dłużycowa D_s):
 - ścinka i okrzesywanie drzew oraz przerzynka pilarką (P) w przypadku metody dłużycowej;

- zrywka drewna ciągnikiem z wciągarką C_w (skider lub ciągnik rolniczy, albo skider – zrywka dłużyc oraz ciągnik rolniczy – zrywka części wierzchołkowych).
3. Proces K_r - PC_n (w ramach metody drewna krótkiego K_r , przy odstępach między szlakami w trzebieżach 20–30 m):
- ścinka, okrzesywanie i wyróbka pilarką – P (drewno z części odziomkowej w kłodach, a z części wierzchołkowej w wałkach bądź w przypadku trzebieży wczesnych wyróbka całości drewna w wałkach, z ich ręcznym składaniem po kilka sztuk przy szlaku); – zrywka drewna środkiem nasiębiernym C_n (forwarder lub ciągnik rolniczy z przyczepą).
4. Proces K_r -HF (w ramach metody drewna krótkiego K_r , przy odstępach między szlakami w trzebieżach ok. 20 m):
- ścinka, okrzesywanie i wyróbka drewna harvesterem – H (jak w procesie K_r - PC_n);
 - zrywka drewna forwarderem (F);
- Wyżej przedstawione wielkości odstępów między szlakami zrywkowymi podano na podstawie pomiarów wykonanych podczas badań.

4. METODYKA I PRZEBIEG PRACY

4.1. Wskaźniki oceny uszkodzeń

Ogólny udział drzew uszkodzonych (D_u) obliczono zgodnie z poniższym wzorem:

$$D_u = \frac{d_u \times 100}{D} \quad (1)$$

gdzie:

d_u – liczba drzew uszkodzonych,

D – liczba wszystkich drzew pozostających po zabiegu (łącznie z uszkodzonymi).

Syntetyczny wskaźnik uszkodzeń drzew U_D ustalono na podstawie następującej formuły (SUWAŁA 1999):

$$U_D = \frac{D_u + D_{0,1} + D_{100} + D_{0,125} + D_d}{5} \quad (2)$$

gdzie:

D_u – ogólny udział procentowy drzew uszkodzonych,

$D_{0,1}$ – udział procentowy drzew z przynajmniej jedną raną niską $\leq 0,1$ m i/lub ze złamanym pniem, wyrwconych całkowicie lub częściowo, trwale pochyłonych (z uszkodzonym systemem korzeniowym),

D_{100} – udział procentowy drzew z ranami o łącznej powierzchni > 100 cm² i/lub ze złamanym pniem, wyrwconych całkowicie lub częściowo, trwale pochyłonych (z uszkodzonym systemem korzeniowym),

$D_{0,125}$ – udział procentowy drzew z co najmniej jedną raną obejmującą $> 0,125$ (1/8) obwodu w miejscu zranienia pnia, a więc także z jego złamaniem i/lub wyrwconych całkowicie lub częściowo, trwale pochyłonych (z uszkodzonym systemem korzeniowym),

D_a – udział procentowy drzew z raną tkanki drzewnej (w tym ze złamaniem pnia, żywej gałęzi) i/lub wyrwconych całkowicie lub częściowo, trwale pochyłonych (z uszkodzonym systemem korzeniowym).

Wszystkie wskaźniki cząstkowe (D_i ; $D_{0,1}$; D_{100} ; $D_{0,125}$; D_a), ujęte w powyższej formule (2), stanowią udziały procentowe odpowiednich liczb drzew uszkodzonych, odnoszonych oddzielnie do wszystkich drzew pozostających w drzewostanie. Tak więc, to samo drzewo posiadające jedną lub więcej ran, może być uwzględnione do obliczenia wielkości średniej więcej niż jeden raz, jeżeli rany te są dla drzewa bardziej dotkliwe, zgodnie z wyżej podanymi cechami.

4.2. Charakterystyka powierzchni badawczych i prace terenowe

Wyboru drzewostanów dokonywano losowo na podstawie informacji zbieranych w nadleśnictwach, o wykonaniu pozyskania drewna przy zastosowaniu procesów technologicznych, założonych w zakresie badań.

Badania przeprowadzono w nadleśnictwach: Bydgoszcz, Dąbrowa, Osie (RDLP Toruń), Czarne Człuchowskie (RDLP Szczecinek), Gidle (RDLP Katowice), Kwidzyn (RDLP Gdańsk), Lubsco (RDLP Zielona Góra). Badaniami objęto 46 drzewostanów sosnowych (w niektórych drzewostanach z domieszką, np. Brz, Md, Św), rosnących na siedliskach: Bśw, BMśw, Lśw, LMśw; w tym 13 pozycji po trzebieżach wczesnych, 18 – po trzebieżach późnych i 15 – po wykonaniu cięć rębnią zupełną gniazdową. Charakterystykę drzewostanów przedstawiono w tabeli.

Do wyznaczenia powierzchni badawczych oraz określenia uszkodzeń na danej powierzchni cięć przystępowano w okresie do 3 miesięcy od wykonania zrywki drewna.

Powierzchnia badawcza do określenia uszkodzeń drzew w trzebieżach w danym drzewostanie wynosiła 1000 m². Na powierzchni drzewostanu do 3 ha zakładano 3 powierzchnie badawcze. Na każdy dodatkowy hektar lub jego część doliczano 1 powierzchnię (np. na powierzchni drzewostanu 5,35 ha zakładano 6 powierzchni).

Tabela
TableCharakterystyka drzewostanów
Characteristic of stands

| Wyszczególnienie Specyfification | Wiek (lata) Age (years) | Zadrze- wienie Stocking | Prze- ciętna pierśnica Average D.B.H. (m) | Prze- ciętna wysokość Average height (m) | Zasob- ność Stock (m ³ /ha) | Liczba drzew po wykonaniu cięć No of trees after cutting (szt/ha) |
|---|----------------------------------|-------------------------------|--|---|---|---|
| średnia average zakres zmienności między drzewostanami range of variation between stands | | | | | | |
| Trzebieże wczesne Early thinnings | 33 27–40 | 0,85 0,8–1,1 | 16 11–23 | 15 12–19 | 190 120–235 | 1357 513–2680 |
| Trzebieże późne Late thinnings | 66 36–98 | 0,88 0,7–1,1 | 24 12–34 | 19 10–24 | 265 120–363 | 677 358–1472 |
| Rębnia gniazdowa zupelna Group clearcutting | 99 80–12 3 | 0,88 0,8–1,0 | 33 27–38 | 24 21–28 | 331 266–385 | 295 201–376 |

Rozmieszczenia powierzchni badawczych dokonywano następująco:

– sporządzano szkic sieci szlaków oraz mierzono ich łączną długość w drzewostanie, następnie obliczono przeciętny odstęp między powierzchniami jako iloraz łącznej długości szlaków i liczby powierzchni;

– pierwszą powierzchnię wyznaczano przy wylocie szlaku na linię oddziałową lub drogę, na losowo wybranym skraju drzewostanu. Jej szerokość stanowiła przeciętny odstęp między szlakami (od środka szlaku, w miejscu zakładania powierzchni, odmierzano połowę jej szerokości po jednej stronie oraz drugą połowę po drugiej stronie). Długość powierzchni badawczej (zgodnie z kierunkiem szlaku) stanowił iloraz jej powierzchni (1000 m²) i wyżej określonej szerokości;

– następne powierzchnie wyznaczano w obliczonej odległości między nimi (od początku poprzedniej do początku następnej), przemieszczając się po szlakach zrywkowych od pierwszej powierzchni do ostatniej, położonej na przeciwległym skraju drzewostanu. Granice powierzchni oznaczano taśmą papierową na zewnętrznych drzewach.

W rębni zupełnej gniazdowej, na powierzchni manipulacyjnej drzewostanu do 3 ha zakładano 2 powierzchnie badawcze do określenia uszkodzeń (gniazda otoczone drzewostanem, jak przedstawiono niżej). Na każde dodatkowe 2 hektary lub ich część danej powierzchni manipulacyjnej drzewostanu, doliczano 1 powierzchnię badawczą (np. na powierzchni drzewostanu 4,05 ha zakładano 3 powierzchnie badawcze).

Wyznaczenia powierzchni badawczych dokonywano w następujący sposób:

- sporządzano szkic drzewostanu z gniazdami oraz wybrano losowo gniazda, zgodnie z określoną wyżej liczbą powierzchni badawczych;
- każde wylosowane gniazdo „otaczano” drzewostanem w takim rozmiarze, aby na wyznaczonej powierzchni (w kształcie kwadratu lub prostokąta) udział powierzchni gniazda był proporcjonalny do udziału powierzchni gniazd w całym drzewostanie (jeżeli przykładowo: udział powierzchni gniazd w danym drzewostanie stanowił 10%, a powierzchnia gniazda 5 a, to powierzchnia badawcza z gniazdem wynosiła 50 a).

Liczba powierzchni badawczych wyniosła: w trzebieżach wczesnych – 54 (na proces technologiczny przypadało średnio 14 powierzchni), w trzebieżach późnych 84 (na proces 21), w rębni gniazdowej zupełnej – 37 (na proces – 12).

Na powierzchniach badawczych wykonano prace i pomiary do obliczenia wskaźników uszkodzeń drzew, a mianowicie określono liczbę wszystkich drzew pozostających po zabiegu oraz zaewidencjonowano każde uszkodzone drzewo, a także dane dotyczące ran: wysokość na strzale, wymiary (przyjęto kształty: prostokąta, kwadratu, koła), głębokość (do drewna, z uszkodzeniem tkanki drzewnej), średnica strzały w miejscu zranienia. Cechy ran wysokich szacowano z ziemi. Kierując się cechami ran, ustalano, czy uszkodzenie drzewa nastąpiło podczas operacji technologicznych, czy w trakcie zrywki.

4.3. Wykonanie obliczeń i analiz statystycznych

Wskaźniki uszkodzeń badanych procesów technologicznych obliczono jako średnie arytmetyczne z poszczególnych powierzchni badawczych.

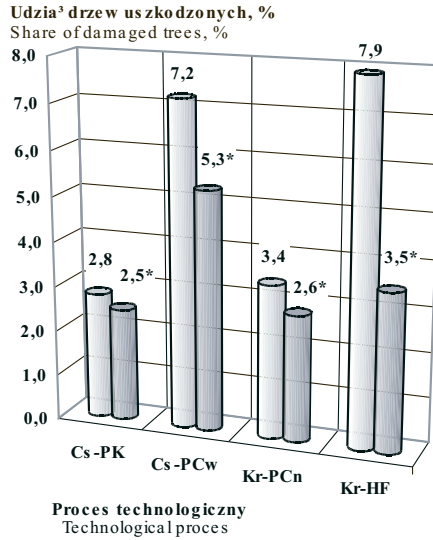
Do oceny istotności wpływu procesów (technologii i techniki) na średnie wskaźniki zastosowano analizę wariancji przy użyciu testu Fischera. W przypadku stwierdzenia istotnego wpływu procesów na wskaźniki oceny uszkodzeń, przeprowadzono porównanie istotności różnic między średnimi wskaźnikami przy zastosowaniu testu Duncana (przy $p = 0,05$).

5. WYNIKI BADAŃ

5.1. Trzebieże wczesne

5.1.1. Udział drzew uszkodzonych

Procentowy udział drzew uszkodzonych w poszczególnych procesach technologicznych pozyskiwania drewna we wczesnych trzebieżach wyniósł (ryc. 1):



Ryc. 1. Procentowy udział drzew uszkodzonych w poszczególnych procesach technologicznych pozyskiwania drewna (*w tym przy zrywce) we wczesnych trzebieżach drzewostanów sosnowych
Fig. 1. Percentage share of damaged trees in technological processes of wood harvesting (* in extraction) in early thinnings in pine stands

– 2,8 w procesie C_s-PK, w tym przy zrywce – 2,5 (odchylenie standardowe od średniej w całym procesie między powierzchniami badawczymi – 2,1; współczynnik zmienności – 75%);

– 7,2 w procesie C_s-PC_w, w tym przy zrywce – 5,3 (odchylenie – 3,6; współczynnik – 50%);

– 3,4 w procesie K_r-PC_n, w tym przy zrywce – 2,6 (odchylenie – 2,5; współczynnik – 73%);

– 7,9 w procesie K_r-HF, w tym przy zrywce – 3,5 (odchylenie – 2,5; współczynnik – 31%).

Stwierdzono istotny wpływ procesów technologicznych na udział drzew uszkodzonych (poziom istotności $p = 0,0000$). Udział drzew uszkodzonych jest istotnie mniejszy w ramach metody całej strzały ze ścinką i okrzesywaniem pilarką i zrywką koniem (C_s-PK) oraz metody drewna krótkiego z użyciem pilarki do ścinki, okrzesywania, przerynki i ciągnika nasiębiernego (głównie forwardera) do zrywki (K_r-PC_n), niż w przypadku metody całej strzały z wykorzystaniem pilarki i ciągnika rolniczego z wciągarką (K_r-PC_n) oraz metody drewna krótkiego z użyciem harwestera i forwardera (K_r-HF). Uszkodzenia drzew następują głównie przy zrywce drewna, z wyjątkiem procesu z użyciem harwestera i forwardera, w którym nieco większy był udział drzew uszkodzonych harwestera. Analiza samej zrywki wskazuje, że uszkodzenia są najmniejsze przy zastosowaniu konia lub forwardera, a największe przy zrywce drewna długiego ciągnikiem.

5.1.2. Syntetyczny wskaźnik uszkodzeń drzew

Wskaźnik uszkodzeń drzew wyrażony w procentach dla poszczególnych procesów technologicznych pozyskiwania drewna we wczesnych trzebieżach kształtował się następująco (ryc. 2):

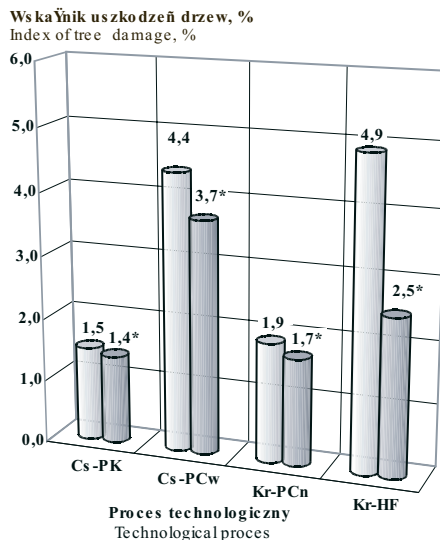
– 1,5 w procesie C_s -PK, w tym przy zrywce – 1,4 (odchylenie standardowe od średniej w całym procesie między powierzchniami – 1,5; współczynnik zmienności – 100%);

– 4,4 w procesie C_s -PC_w, w tym przy zrywce – 3,7 (odchylenie – 2,9; współczynnik – 66%);

– 1,9 w procesie K_r -PC_n, w tym przy zrywce – 1,7 (odchylenie – 1,3; współczynnik – 69%);

– 4,9 w procesie K_r -HF, w tym przy zrywce – 2,5 (odchylenie – 1,6; współczynnik – 33%).

Okazało się, że wpływ procesów technologicznych na syntetyczny wskaźnik uszkodzonych drzew jest także istotny ($p = 0,0000$). Statystyczna ocena istotności różnic między średnimi wskaźnikami uszkodzeń drzew między badanymi procesami technologicznymi pozwala stwierdzić, tak jak w przypadku udziału drzew uszkodzonych, że uszkodzenia są istotnie mniejsze w ramach metody całej strzały ze ścinką i okrzesywaniem pilarką i zrywką koniem (C_s -PK) oraz metody drewna krótkiego z użyciem pilarki do ścinki, okrzesywania, przerzynki i ciągnika na-



Ryc. 2. Syntetyczny wskaźnik uszkodzeń drzew w poszczególnych procesach technologicznych pozyskiwania drewna (* w tym przy zrywce) we wczesnych trzebieżach drzewostanów sosnowych

Fig. 2. Synthetic index of tree damage in technological processes of wood harvesting (* in extraction) in early thinnings in pine stands

siębiernego (głównie forwardera) do zrywki ($K_r\text{-PC}_n$), niż w ramach metody drewna krótkiego z wykorzystaniem harwestera i forwardera ($K_r\text{-HF}$) oraz metody całej strzały przy zastosowaniu pilarki i ciągnika rolniczego ($K_r\text{-PC}_n$).

5.2. Trzebieże późne

5.2.1. Udział drzew uszkodzonych

Udział drzew uszkodzonych [%] w poszczególnych procesach technologicznych pozyskiwania drewna w późnych trzebieżach wyniósł (ryc. 3):

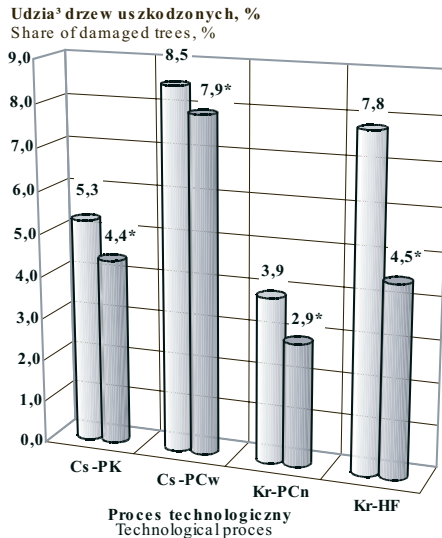
– 5,3 w procesie $C_s\text{-PK}$, w tym przy zrywce – 4,4 (odchylenie standardowe od średniej w całym procesie między powierzchniami – 3,9; współczynnik zmienności – 73%);

– 8,5 w procesie $C_s\text{-PC}_w$, w tym przy zrywce – 7,9 (odchylenie – 6,4; współczynnik – 75%);

– 3,9 w procesie $K_r\text{-PC}_n$, w tym przy zrywce – 2,9 (odchylenie – 3,4; współczynnik – 87%);

– 7,8 w procesie $K_r\text{-HF}$, w tym przy zrywce – 4,5 (odchylenie – 4,7; współczynnik – 60%).

Stwierdzono istotny wpływ procesów technologicznych na udział drzew uszkodzonych (poziom istotności $p = 0,009$). Udział drzew uszkodzonych jest istotnie mniejszy w ramach metody drewna krótkiego z użyciem pilarki do ścinki, okrzesy-



Ryc. 3. Procentowy udział drzew uszkodzonych w poszczególnych procesach technologicznych pozyskiwania drewna (* w tym przy zrywce) w późnych trzebieżach drzewostanów sosnowych
Fig. 3. Percentage share of damaged trees in technological processes of wood harvesting (* in extraction) in late thinnings in pine stands

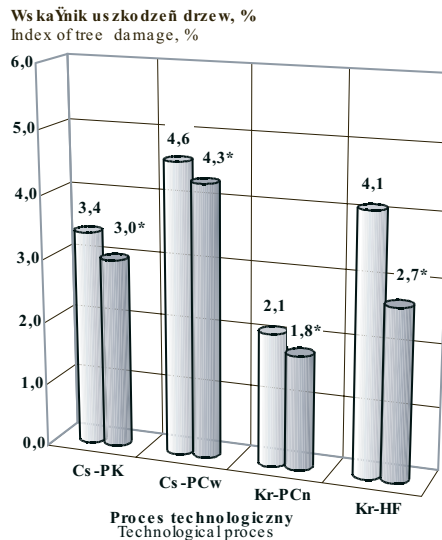
wania i przerzynki oraz ciągnika nasiębiernego (głównie forwardera) do zrywki (K_r-PC_n), niż w przypadku metody drewna krótkiego z wykorzystaniem harwestera i forwardera (K_r-HF) oraz metody całej strzały z użyciem pilarki i ciągnika rolniczego z wciągarką (K_r-PC_n). Udział drzew uszkodzonych jest największy przy zastosowaniu tego ostatniego procesu technologicznego. Przy zrywce drewna, uszkodzenia są najmniejsze przy zastosowaniu konia lub forwardera, a największe w przypadku zrywki całych strzał ciągnikiem rolniczym.

5.2.2. Syntetyczny wskaźnik uszkodzeń drzew

Wskaźnik uszkodzeń drzew wyrażony w procentach dla poszczególnych procesów technologicznych pozyskiwania drewna w późnych trzebieżach kształtował się następująco (ryc. 4):

- 3,4 w procesie C_s-PK , w tym przy zrywce – 3,0 (odchylenie standardowe od średniej w całym procesie między powierzchniami – 2,8; współczynnik zmienności – 82);
- 4,6 w procesie C_s-PC_w , w tym przy zrywce – 4,3 (odchylenie – 4,5; współczynnik – 97%);
- 2,1 K_r-PC_n , w tym przy zrywce – 1,8 (odchylenie – 2,2; współczynnik – 105%);
- 4,1 K_r-HF , w tym przy zrywce – 2,7 (odchylenie – 2,6; współczynnik – 64%).

Stwierdzono istotny wpływ procesów technologicznych na syntetyczny wskaźnik drzew uszkodzonych przy poziomie istotności $p = 0,09$. Zdecydowano



Ryc. 4. Syntetyczny wskaźnik uszkodzeń drzew w poszczególnych procesach technologicznych pozyskiwania drewna (* w tym przy zrywce) w późnych trzebieżach drzewostanów sosnowych
Fig. 4. Synthetic index of tree damage in technological processes of wood harvesting (* in extraction) in late thinnings in pine stands

się więc na statystyczną ocenę istotności różnic między średnimi wskaźnikami uszkodzeń drzew w badanych procesach technologicznych. Wykazała ona, tak jak w przypadku udziału drzew uszkodzonych, że uszkodzenia są istotnie mniejsze przy zastosowaniu metody drewna krótkiego z użyciem pilarki do ścinki, okrzesywania, przerzynki i ciągnika nasiębiernego (głównie forwardera) do zrywki (K_r-PC_n), niż w ramach metody drewna krótkiego z wykorzystaniem harwestera i forwardera (K_r-HF) oraz metody całej strzały przy zastosowaniu pilarki i ciągnika rolniczego (K_r-PC_n). Największe uszkodzenia drzew następują w przypadku procesu technologicznego ze zrywką całych strzał ciągnikiem rolniczym (K_r-PC_n).

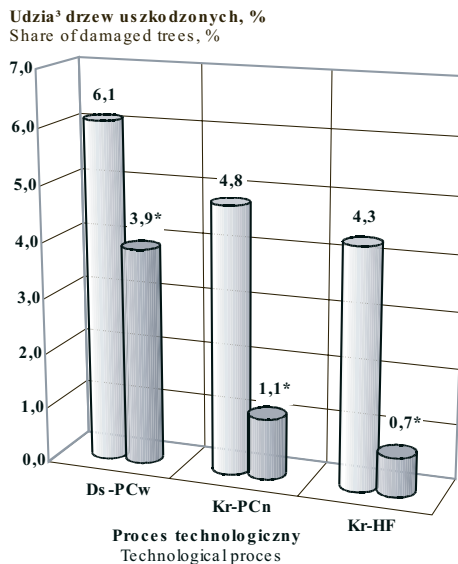
5.3. Rębnia gniazdowa zupełna

5.3.1. Udział drzew uszkodzonych

Procentowy udział drzew uszkodzonych w poszczególnych procesach pozyskiwania drewna w rębni gniazdowej zupełnej wyniósł (ryc. 5):

– 6,1 w procesie D_s-PC_w , w tym przy zrywce – 3,5 (odchylenie standardowe od średniej w całym procesie między powierzchniami – 3,9; współczynnik zmienności – 64%);

– 4,8 w procesie K_r-PC_n , w tym przy zrywce – 1,1 (odchylenie – 2,0; współczynnik – 42%);



Ryc. 5. Procentowy udział drzew uszkodzonych w poszczególnych procesach technologicznych pozyskiwania drewna (* w tym przy zrywce) w rębni zupełnej, w drzewostanach sosnowych

Fig. 5. Percentage share of damaged trees in technological processes of wood harvesting (* in extraction) in group clearcutting in pine stands

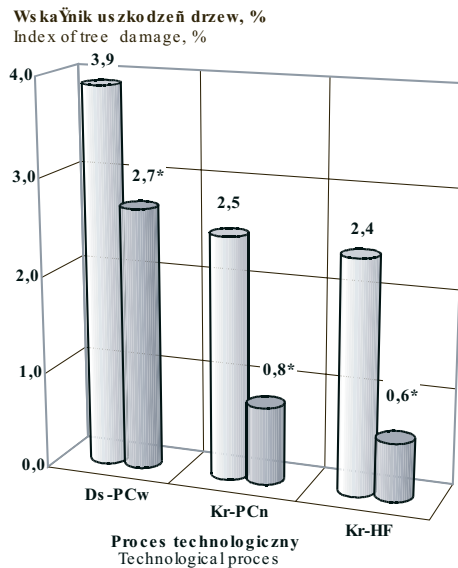
– 4,3 w procesie K_r -HF, w tym przy zrywce – 0,7 (odchylenie – 2,9; współczynnik – 61%).

Stwierdzono istotny wpływ procesów technologicznych na udział drzew uszkodzonych przy poziomie istotności $p = 0,09$. Podjęto więc ocenę istotności różnic. Można zauważyć, że udział drzew uszkodzonych jest mniejszy przy zastosowaniu procesów w ramach metody drewna krótkiego (K_r -PC_n i K_r -HF) niż w przypadku metody dłuźycowej (D_s -PC_w). Udział drzew uszkodzonych w ramach metody drewna krótkiego jest podobny przy ścinie i wyróbce drewna pilarką bądź harvesterem, a uszkodzenia następują głównie podczas wykonywania operacji technologicznych.

5.3.2. Syntetyczny wskaźnik uszkodzeń drzew

Procentowy wskaźnik uszkodzeń drzew w poszczególnych procesach technologicznych pozyskiwania drewna w rębni gniazdowej zupełnej kształtował się następująco (ryc. 6):

– 3,9 w procesie D_s -PC_w, w tym przy zrywce – 2,7 (odchylenie standardowe od średniej w całym procesie między powierzchniami – 2,6; współczynnik zmienności – 67%);



Ryc. 6. Syntetyczny wskaźnik uszkodzeń drzew w poszczególnych procesach technologicznych pozyskiwania drewna (* w tym przy zrywce) w rębni gniazdowej zupełnej, w drzewostanach sosnowych

Fig. 6. Synthetic index of tree damage in technological processes of wood harvesting (* in extraction) in group clearcutting in pine stands

- 2,5 w procesie $K_r\text{-PC}_n$, w tym przy zrywce – 0,8 (odchylenie – 1,0; współczynnik – 40%);
- 2,4 w procesie $K_r\text{-HF}$, w tym przy zrywce – 0,6 (odchylenie – 1,7; współczynnik – 71%).

Stwierdzono istotny wpływ procesów technologicznych na syntetyczny wskaźnik drzew uszkodzonych przy poziomie istotności $p = 0,10$. Upoważnia to do zwrócenia uwagi, że uszkodzenia drzew przy zastosowaniu procesów w metodzie drewna krótkiego ($K_r\text{-PC}_n$ i $K_r\text{-HF}$) są mniejsze niż w metodzie dłużycowej ($D_s\text{-PC}_w$). Uszkodzenia drzew w ramach metody drewna krótkiego są niemal takie same przy użyciu do ścinki i wyróbki drewna pilarki albo harwestera.

6. ANALIZA I Dyskusja Wyników

Na podkreślenie zasługuje, że relacje udziału drzew uszkodzonych między poszczególnymi procesami technologicznymi pozyskiwania drewna w trzebieżach drzewostanów sosnowych na terenach nizinnych otrzymane w tych badaniach, są podobne do uzyskanych podczas wcześniejszych badań. Trzeba zaznaczyć, że niniejsze badania zostały wykonane po pozyskaniu drewna w praktyce leśnej przez różnych wykonawców w wielu nadleśnictwach. Pozyskanie drewna było nadzorowane przez pracowników Lasów Państwowych, natomiast podczas wcześniejszych badań realizacją procesów kierowali prowadzący badania. Wyniki potwierdzają, że najmniejsze uszkodzenia drzew w trzebieżach drzewostanów sosnowych następują przy zastosowaniu metody drewna krótkiego, ze ścinką i wyróbką drewna pilarką oraz zrywką nasiębiernymi środkami (forwarder, ciągnik rolniczy z przyczepą i żurawiem), a także przy zrywce konnej. Jedynie uzyskany w tych badaniach udział drzew uszkodzonych (7,9 i 7,8%) przy zastosowaniu harwestera i forwardera jest większy niż we wcześniejszych badaniach – 4,6% (SUWAŁA 1999). Ten większy udział drzew uszkodzonych w całym procesie technologicznym (ścinka, wyróbka i zrywka) wynika ze znaczących uszkodzeń drzew przy zrywce forwarderem (3,5 i 4,5%), po ścinie i wyróbce harvesterem. We wspomnianych wcześniejszych badaniach, udział drzew uszkodzonych przy zrywce forwarderem po wyróbce harvesterem, w przypadku odstępu między szlakami około 20 m, był bardzo mały i wyniósł tylko 0,1% (SUWAŁA 1999). Przyczyną większego udziału drzew uszkodzonych przy zrywce forwarderem mogły być niedociągnięcia przy układaniu drewna harvesterem, usterki w szlakach operacyjnych (np. mała ich szerokość na niektórych odcinkach).

Biorąc pod uwagę różnice w warunkach pozyskiwania drewna, trudno jest porównywać wyniki między krajami. Można jedynie zauważyć, że uzyskany w

tych badaniach udział drzew uszkodzonych przy zastosowaniu harwestera i forwardera mieści się między wynikami prezentowanymi przez autorów zagranicznych. SIREN (1991) na podstawie badań wykonanych w Finlandii przy pozyskiwaniu drewna w trzebieżach podaje 5% drzew uszkodzonych, EPALTS (1989) z Łotwy – 6,5%, a autorzy z Niemiec (BORT i in. 1993, SAUTER i in. 1994) prezentują wyniki w przedziale 7,3–10,9%.

Badania uszkodzeń drzew w rębni gniazdowej zupełnej w drzewostanach sosnowych przy opracowanej w niniejszej pracy metodyce zostały przeprowadzone po raz pierwszy. Można więc jedynie zauważyć, że uszkodzenia drzew w pierwszym etapie rębni gniazdowej zupełnej na terenach nizinnych są wyraźnie mniejsze niż prezentowane w przypadku rębni częściowej dla warunków górskich (SUWAŁA, RZADKOWSKI 2001). Trzeba podkreślić, że wyniki uzyskane po pozyskiwaniu drewna procesami technologicznymi zaprojektowanymi i realizowanymi przez praktykę leśną, potwierdzają mniejsze uszkodzenia drzew przy zastosowaniu procesów z zakresu metody drewna krótkiego niż w ramach metody dłużycowej. Na uwagę zasługują także znaczące uszkodzenia drzew w rębni gniazdowej podczas operacji technologicznych, jak miało to miejsce we wcześniejszych badaniach, np. w rębni częściowej (SUWAŁA, RZADKOWSKI 2001). Wydaje się, że jest to charakterystyczne dla rębni złożonych, kiedy ścinane są drzewa o dużych wymiarach. Szansy na zmniejszenie uszkodzeń drzew przy ścince można upatrywać w maszynach, które umożliwią precyzyjne zachowanie pożądanego kierunku obalania drzew, bez uderzania nimi o drzewa stojące. Wskazują na to wyniki uzyskane w rębni gniazdowej zupełnej, w której uszkodzenia drzew przy ścinie i wyróbce harvesterem są mniejsze niż przy użyciu pilarki. Uszkodzenia drzew przy zrywce, np. forwarderem, są już stosunkowo małe.

Wprawdzie określenie wpływu kategorii cięć na uszkodzenia drzew nie było celem niniejszych badań, uznano jednak za interesujące niektóre spostrzeżenia w tym zakresie. Okazało się, że różnice w poziomie uszkodzeń drzew przy zastosowaniu podobnych procesów technologicznych między trzebieżami wczesnymi i późnymi są wyraźniejsze jedynie w przypadku metody całej strzały. Większe wskaźniki uszkodzeń drzew w trzebieżach późnych, mimo mniejszego zagęszczenia drzew, można wytłumaczyć większymi wymiarami drzew (tabela), co miało znaczenie przy zrywce całych strzał koniem lub ciągnikiem z wciągarką. W przypadku metody drewna krótkiego, w ramach której następuje przerzynka na kłody i wałki oraz zrywka środkiem nasiębiernym, poruszającym się po szlaku zrywkowym, różnice w cechach drzewostanów mają mniejsze znaczenie. W efekcie, uszkodzenia drzew podczas pozyskiwania metodą drewna krótkiego w trzebieżach wczesnych i późnych były bardzo podobne. Uszkodzenia drzew przy zastosowaniu porównywalnych procesów technologicznych pozyskiwania drewna w rębni gniazdowej zupełnej były mniejsze niż w trzebieżach, prawdopodobnie

wtedy, kiedy znaczna część drzew obalana była w kierunku gniazda (procesy D_s-PC_w i K_r-HF), bo jak wspomniano wyżej, przy dużych wymiarach drzew – większość uszkodzeń może następować przy ścinie. W przypadku kiedy duża część drzew obalana była w otaczający gniazdo drzewostan (mając na uwadze, aby na gnieździe pozostawało jak najmniej gałęzi przeszkadzających przy sadzeniu), uszkodzenia drzew przy zastosowaniu takiego samego procesu technologicznego pozyskiwania drewna (K_r-PC_n) były większe w rębni gniazdowej zupełnej niż w trzebieżach.

7. STWIERDZENIA I WNIOSKI ORAZ PROPOZYCJE DLA PRAKTYKI

7.1. Stwierdzenia i wnioski

1. Zastosowana metodyka jest przydatna do określania poziomu uszkodzeń drzew przy pozyskiwaniu drewna.

2. Metody i procesy technologiczne pozyskiwania drewna stosowane w praktyce leśnej mają istotny wpływ na uszkodzenia drzew.

3. W trzebieżach drzewostanów sosnowych istotnie najmniejszymi uszkodzeniami drzew cechuje się pozyskiwanie metodą drewna krótkiego, z użyciem pilarki do ścinki, okrzesywania, przerzynki i ciągnika nasiębiernego (głównie forwardera) do zrywki oraz metodą całej strzały ze ściną i okrzesywaniem pilarką, a zrywką koniem. Większe są uszkodzenia drzew przy zastosowaniu metody całej strzały, ze zrywką drewna długiego ciągnikiem oraz w przypadku metody drewna krótkiego z użyciem harwestera.

4. W rębni gniazdowej zupełnej w drzewostanach sosnowych istotnie najmniejszymi uszkodzeniami drzew wyróżnia się pozyskiwanie metodą drewna krótkiego, z użyciem do ścinki i wyróbki drewna pilarki bądź harwestera jednochwytakowego oraz forwardera do zrywki. Największymi uszkodzeniami drzew cechuje się metoda dłużycowa, z użyciem skidera do zrywki.

7.2. Propozycje dla praktyki

1. Do pozyskiwania drewna w trzebieżach drzewostanów sosnowych proponuje się w pierwszej kolejności upowszechnić metodę drewna krótkiego ze ściną i wyróbką pilarką oraz zrywką nasiębiernymi środkami. W następnej kolejności racjonalne jest stosowanie procesu ze zrywką koniem oraz wprowadzanie procesu zmechanizowanego na wysokim poziomie technicznym z użyciem harwestera i forwardera.

2. Do pozyskiwania drewna w drzewostanach sosnowych przy stosowaniu rębni zupełnej gniazdowej zaleca się metodę drewna krótkiego, z użyciem do ścinki i wyróbki drewna pilarki bądź harwestera jednochwytakowego oraz do zrywki nasiębiernych środków, szczególnie forwardera.

Autor składa serdeczne podziękowania Panom Nadleśniczym i Pracownikom Nadleśnictw: Bydgoszcz, Dąbrowa i Osie (RDLP Toruń), Czarne Człuchowskie (RDLP Szczecinek), Gidle (RDLP Katowice), Kwidzyn (RDLP Gdańsk), Lubsko (RDLP Zielona Góra) oraz Kolegom z Zakładu za pomoc w badaniach.

Praca została złożona 8.01.2003 r. i przyjęta przez Komitet Redakcyjny 12.02.2003 r.

TREE DAMAGE IN PINE STANDS RESULTING FROM WOOD HARVESTING IN FOREST PRACTICE

Summary

The cognitive aim of the study was determination of tree damage in pine stands when using selective technological processes of wood harvesting in forest practice. The applicable aim of the study was to indicate the reasonable, having regard to environment, trends of development of technology and technique of wood harvesting.

Research works comprise long-wood method and CTL method. Within the methods the technological processes were selected, differing in technical means for felling and processing (chain saw, harvester) and extraction (horse, farm tractor, cable skidder, forwarder).

Stands were randomly selected, basing on information collected in forest districts after wood harvesting using technological processes assumed in scope of the study. Research works were conducted in 46 stands growing on following forest sites: Bśw (fresh coniferous forest), BMśw (fresh mixed coniferous forest), Lśw (fresh broadleaved forest), LMśw (fresh mixed broadleaved forest); 13 stands were after early thinnings, 18 after late thinnings and 15 after group clearcutting.

In order to evaluate damage to remaining trees the following indicators were applied: percentage share of damaged trees and synthetic index of tree damage, taking into account its vexation to tree (low located damage, comprising L of trunk perimeter, damage size over 100 cm², damaged wood tissue). To evaluate the significance of influence of technological processes on average indicators ANOVA, with Fischer's test, was applied. When the influence turned out to be significant, Duncan's test was used to compare significance of differences between average indicators ($p=0.05$).

Research results point out that in thinnings the whole-stem method, with chain and horse, and CTL with chain saw and forwarder or farm tractor with forest trailer and crane were distinguished by the smallest tree damage (in early thinnings respectively: percentage share of dam-

aged trees – 2.8% and 3.4%; synthetic index of tree damage – 1.5% and 1.9%; in late thinnings: share 5.3% and 3.9%; index – 3.4% and 2.1%). Bigger tree damage was in whole-stem method with chain saw and farm tractor with winch and CTL method with harvester and forwarder (in early thinnings respectively: percentage share of damaged trees – 7.2% and 7.9%; synthetic index of tree damage – 4.4% and 4.9%; in late thinnings: share – 8.5% and 7.8%; index – 4.6% and 4.1%). In group clearcutting the smallest damage to remaining trees was in CTL method with chain saw or harvester and forwarder (share – 4.8% and 4.3%; index – 2.5% and 2.4%) and the biggest in long wood method with chain saw and skidder (share – 6.1%; index – 3.9%).

On the base of conducted research works the following statements and conclusions were, among others, presented:

1. Applied methodology is suitable to determine the level of tree damage in wood harvesting.
2. Methods and technological processes of wood harvesting applied in forest practice have significant influence on tree damage.
3. It is suggested, first of all, to promote CTL method, with felling and processing with chain saw and extraction with forwarding means, in thinnings in pine stand. As an alternative is reasonable to use technological process with horse extraction and introduce highly mechanized process with harvester and forwarder.
4. Using of CTL method, with one-grip harvester for felling and processing, and forwarding means (especially forwarder) for extraction, is recommended in group clearcutting.

(transl. K. J.)

PIŚMIENNICTWO

- BORT U., MAHLER G., PFEIL C. 1993: Mechanisierte Holzerte. Wechselwirkungen von Erschließungsdichte, Pfleglichkeit und Betriebserfolg. Forsttechnische Informationen, 11: 121-124.
- CZEREYSKI K. 1953: Motoryzacja zrywki a odnowienie lasu. Sylwan, 3: 194-199.
- EPALTS A. 1989: The impact of mechanized thinnig on the remaining stand. IUFRO Conference „Machine design and working methods in thinnings”. Hyttiälä, Finlandia: 11-21.
- FRÖDING A. 1992: Beståndsskador vid gallring (Thinning damage to coniferous stand in Sweden). Sveriges Lantbruksuniversitet. Garpenberg: 1-50.
- GIEFING D. F. 1995: Wpływ pozyskiwania drewna w czyszczeniach późnych drzewostanów sosnowych na środowisko. Część 1. Uszkodzenia drzew. Sylwan, 6: 55-62.
- ISOMÄKI A., KALLIO T. 1974: Consequences by timber harvesting machines on the growth and decay of spruce [*Picea abies* (L.) Karst.]. Acta For. Fen., Vol. 136: 1-24.
- HAKKILA P. 1995: Pozyskiwanie drewna w Finlandii. Materiały seminarium „Technika w proekologicznej gospodarce leśnej”. Warszawa: 1-14.
- HARSTELA P. 1982: Zur Entwicklung von Durchforstungsverfahren. „Forschungs - Ergebnisse der Finischen Forstlichen Forschungsanstalt”. Sonderdruck aus Allg.e Forst Zeit.: 46-48.
- ISOMÄKI A., KALLIO T. 1974: Consequences by timber harvesting machines on the growth and decay of spruce [*Picea abies* (L.) Karst.]. Acta For. Fen., 136: 1-24.
- PORTER B. 1997: Techniczne, ekonomiczne i przyrodnicze aspekty zrywki drewna w sosnowych drzewostanach przedrębnych. Fundacja „Rozwój SGGW”. Warszawa.
- RADZIMIŃSKI S. 1963: Zależność rozmiaru szkód w odnowieniach podokapowych od sposobu ścinki, zrywki oraz rozmieszczenia drzew i podrostu. Dział Wydawnictw SGGW. Warszawa: 1-81.
- RYKOWSKI K. 1974: Występowanie sinizny w miejscach zawieszania zbiorników żywiczarskich. Prace Inst. Bad. Leś., 458: 13-42.

- SAUTER U. H., BUSMANN C. 1994: Bestandesschäden bei der Durchforstung von Fichtenbeständen mit Kranvollerntern unter Berücksichtigung unterschiedlicher Rückegassenabstände. „Forsttechnische Informationen“, 12: 137-141.
- SCHÖTTLE R., PFEIL C., SAUTER F. 1997: Leistung und Einsatzmöglichkeiten der Raupenharvesters in der Durchforstung. AFZ Der Wald, 22: 1179-1181.
- SIEROTA Z. 1995: Rola grzyba *Phlebiopsis gigantea* (FR.: FR.) Jülich w ograniczaniu huby korzeni w drzewostanach sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris*) na gruntach porolnych. Prace Inst. Bad. Leś., A, 810: 1-180.
- SIREN M. 1991: Värdering av gallringskador. Fol. For., 772: 80-83.
- SOWA J. 1997: Podstawy metodyczne modelu szacowania szkód pozyskaniowych w środowisku leśnym. Materiały i dokumenty Kongresu Leśników Polskich, t. II, cz. 2. Warszawa: 130-135.
- SUWAŁA M. 1999: Uszkodzenia drzew i gleby przy pozyskiwaniu drewna w późnych trzebieżach drzewostanów sosnowych. Prace Inst. Bad. Leś., A, 873: 1-86.
- SUWAŁA M., RZADKOWSKI S. 2001: Wydajność pracy, koszty i uszkodzenia drzew przy pozyskiwaniu drewna w rębni częściowej, w drzewostanach górskich. Prace Inst. Bad. Leś., A, 920: 47-65.
- WÄSTERLUND I. 1989: Effect of damage on the newly thinned stand due to mechanized forest operations. Proceedings of the Seminar on the Impact of mechanization of forest operations to the soil. Louvain-la-Neuve (Belgium): 164-175.
- WEIXLER H., FELER S., SCHAUER H. 1997: Der Raupen-Harvester IMPEX 1650 T “Königster” im Einsatz. AFZ Der Wald, 22: 1182-1184.
- ŻÓLCIAK A. 1997: Występowanie grzybów na strzałach sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris*) w obrębie ran powstałych przy wykonywaniu prac trzebieżowych. Prace Inst. Bad. Leś., A, 833: 85-102.