

Marian SUWAŁA*

USZKODZENIA GLEBY W DRZEWOSTANACH SOSNOWYCH PRZY POZYSKIWIANIU DREWNA W PRAKTYCE LEŚNEJ

SOIL DISTURBANCES DURING WOOD HARVESTING IN PINE STANDS
IN FORESTRY PRACTICE

Abstract. *Work includes research results on soil disturbances during wood harvesting in thinnings and group clearcutting in forestry practice. Cut-to-length (CTL) and long wood methods were taken into account in the research. In each method two technological processes were distinguished, differing mainly in technical means. Results indicate that in thinnings CTL method with a chain saw and a forwarder or a farm tractor with a trailer and a crane and whole-stem method with a chain saw and a horse are characterized by smallest soil disturbances (synthetic index of disturbances: in early thinnings – 2.3 and 3.3% respectively; in late thinnings – 2.8 and 2.2%). Soil disturbances when using a harvester and a forwarder turned out to be bigger (index 4.9 and 5.1%). Presumably soil humidity (small disturbances in very dry soil during research in late thinnings) had influence on big differences in soil disturbances when using a chain saw and a farm tractor with a winch in early and late thinnings (index – 9.1 and 1.4%). In group clearcutting – disturbances turned out to be the smallest in CTL with a chain saw or harvester and a forwarder (index 0.7 and 1.9%) and the biggest in long wood method with a chain saw and a skidder (index – 2.7).*

Key words: *pine stands, wood harvesting, soil disturbances.*

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

1. WPROWADZENIE

Uszkodzenia gleby, obok uszkodzeń drzew, są najczęściej brane pod uwagę w ocenach oddziaływania pozyskiwania drewna na środowisko leśne. Inne zagrożenia, jak np. oleje przedostające się do gleby oraz emisja spalin i hałasu, wydają się mieć coraz mniejsze znaczenie, w związku z możliwością stosowania bioolei oraz zabezpieczeniami w budowie maszyn (zabezpieczenia przed awaryjnym wyciekami oleju, układy zmniejszające jego zużycie do smarowania urządzeń tnących, katalizatory spalin, tłumiki drgań i hałasu).

W badaniach nad wpływem technologii i środków pozyskiwania drewna na glebę leśną istnieje wiele niejasności. Kontrowersje występują już przy ustalaniu faktu, czy wynikiem oddziaływania maszyn na glebę jest jej trwałe uszkodzenie, czy jedynie przejściowa zmiana (Weixler 1994). Zdaniem Furuberg-Gjedtjernet (1995) uszkodzenia gleby powodowane przez operacje leśne są poważnym problemem, w związku z nasilającym się stosowaniem maszyn. Bardzo trudno jest jednak ustalić bezwzględne wielkości graniczne, zarówno w odniesieniu do maszyn jak i uszkodzeń. W tej chwili musimy więc kierować się wielkościami porównawczymi uszkodzeń. Matthis (1994), Schack-Kirchner, Hildebrand (1994), Wästerlund (1991) stwierdzają, że uszkodzenie gleby może być różnie interpretowane, a pytanie o jego mierniki i wskaźniki pozostaje ciągle otwarte. Najczęściej określa się je przez ustalenie udziału powierzchniowego i głębokości uszkodzeń gleby.

W literaturze krajowej wyniki badań uszkodzeń gleby odnoszą się w przeważającej części do zrywki. Zagadnienia te przedstawił ogólnie Kamiński (1988). Kubiak i in. (1990) podają, że przy pozyskiwaniu drewna w drzewostanach podczas trzebieży wczesnych, z użyciem do zrywki konia i ciągnika rolniczego, udział powierzchni zranionej lub ubitej gleby wynosi od 20 do 45%. Jak wykazuje Porter (1997), udział powierzchni uszkodzonej gleby wynosi przy zrywce drewna: koniem – 3,1%, ciągnikiem rolniczym od 3,1 do 3,8%, a skiderem – 4,2%.

Jako miarę uszkodzeń gleby przez maszyny podaje się również głębokość kolein. W warunkach glebowych w Szwecji głębokość koleiny wyniosła 3–6 cm, w zależności od różnych maszyn (Fröding 1992). Wästerlund (1990) podaje głębokość koleiny 2,5 cm przy nacisku 90 kPa (ok. 0,88 kG/cm²). Przy pozyskiwaniu drewna w Finlandii Siren (1991) określa przeciętną głębokość koleiny po przejazdach harwestera i forwardera na 5 cm. W warunkach krajowych, jak podają np. Paschalis i Porter (1994), głębokość koleiny w drzewostanach sosnowych wyniosła po zrywce ciągnikiem rolniczym – 5,8 cm, a skiderem (LKT) – 4,4 cm. Wyniki badań Portera (1997) wskazują, że przeciętna głębokość kolein osiągnęła w przypadku zrywki ciągnikiem rolniczym – 7,0 cm, skiderem (LKT) – 6,0 cm, a forwarderem (FMG) – 6,6 cm.

Przedstawione uszkodzenia gleby należy uznać za istotne, biorąc m.in. pod uwagę, że 80–90% masy korzeni drzew iglastych znajduje się w jej wierzchniej warstwie grubości 30 cm, a około 90% ważnych korzeni przewodzących o średnicy do 0,3 mm położona jest na głębokości do 10 cm (Demko 1990). Wästerlund (1989)

podaje, że w drzewostanach w okresie trzebieży około 70% korzeni położonych jest w górnej warstwie gleby od 3 do 10 cm. Zimmermann i Brown (1981) stwierdzają ogólnie, że większość spośród mniejszych korzeni absorpcyjnych leży w obrębie górnych 15 cm gleby leśnej. Zdaniem Putkisto (1986), uszkodzenia korzeni drzew w koleinach w drzewostanach sosnowych mogą być mniejsze niż w świerkowych.

Dotychczasowe wyniki badań krajowych, wykonanych podczas późnych trzebieży w drzewostanach sosnowych, przemawiają za rozróżnieniem dwóch przypadków uszkodzeń korzeni i gleby:

– uszkodzenia korzeni drzew są stosunkowo małe w koleinach, śladach kopyt i płytkich bruzdach, powstających pod ładunkiem przy zrywce pojedynczych sztuk, w warunkach stosunkowo suchych gleb, wytworzonych z piasków. Udział silnych uszkodzeń odcinków korzeni, a więc z ranami tkanki drzewnej, ogranicza się w przedstawionych uszkodzeniach gleby do około 2%;

– w głębszych bruzdach, wyżłobionych czołami przemieszczanego drewna, korzenie są silnie uszkadzane, w dużej części przerywane. W tych uszkodzeniach można przyjąć, że wszystkie korzenie o łącznej długości około 10 cm w 100 cm³ wierzchniej warstwy gleby są niszczone (Dobrowolska i in. 1996).

W pierwszym z przedstawionych przypadków następują wprawdzie zmiany własności fizycznych gleby (ciężar objętościowy, porowatość ogólna, kapilarna pojemność wodna, przepuszczalność), jednak ich wielkość nie wskazuje na poważne zakłócenia w bilansie wodno-pokarmowym gleby (Olejarski, Walendzik 1996). W drugim przypadku trudno jest obiektywnie ocenić zmiany własności fizycznych gleby, kiedy jest ona wrywana czołami przemieszczanych strzał.

W przypadku wskaźników cząstkowych bardzo trudno jest porównywać rozmiary uszkodzeń gleby. Mając to na uwadze, Sowa (1997) przedstawia możliwość zbudowania wielowymiarowego modelu uszkodzeń. Giefing (1999) oblicza syntetyczny wskaźnik jako średnią ważoną klas uszkodzeń gleby (od 1 do 6) i liczb ich wystąpienia w przecięciach siatki kwadratów, na powierzchni cięć. Inną propozycją jest zastosowanie wskaźnika syntetycznego, określającego udział procentowy sumy objętości różnych uszkodzeń gleby w objętości jej wierzchniej warstwy grubości 10 cm, w której znajduje się przeważająca część korzeni przewodzących. Wskaźnik ten w drzewostanach sosnowych w późnych trzebieżach wahał się od 2,4 do 6,7%, w zależności od procesu technologicznego pozyskiwania drewna i odstepu między szlakami (Suwała 1999).

Przedstawione wyniki oceny uszkodzeń gleby były uzyskane, kiedy 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 gleby w drzewostanach na terenach nizinnych.

2. CEL I ZAKRES BADAŃ

Celem poznawczym badań było określenie uszkodzeń gleby w drzewostanach przy zastosowaniu wybranych procesów technologicznych pozyskiwania drewna w praktyce leśnej (bez ingerencji autorów w realizację procesów). Celem aplikacyjnym było wskazanie racjonalnych procesów technologicznych.

Badania przeprowadzono na terenach nizinnych w drzewostanach sosnowych, po pozyskaniu drewna podczas trzebieży (wczesnych i późnych) oraz pierwszego etapu 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 odstępach między szlakami zrywkowymi 15–0 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 odstępach między szlakami 15–40 m) lub D_s -PC_w (w rębni zupełnej gniazdowej – metoda dłużycowa D_s):

- ścinka i okrzesywanie drzew oraz ewentualna 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 operacyjnymi 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 operacyjnymi w trzebieżach ok. 20 m):

- ścinka, okrzesywanie i wyróbka drewna harwesterem – H (jak w procesie K_r -PC_n);

– zrywka drewna forwarderem F.

Wyżej podane wielkości odstępów między szlakami podano na podstawie pomiarów wykonanych podczas badań.

3. METODYKA I PRZEBIEG PRACY

3.1. Wskaźnik oceny uszkodzeń

Do oceny zastosowano syntetyczny wskaźnik uszkodzeń wierzchniej warstwy gleby U_G , obliczany zgodnie z poniższą formułą (Suwała 1999):

$$U_G = G_{ko} + G_{bp} + 2G_{bg} + G_{kp} \quad [\%]$$

gdzie:

G_{ko} – udział procentowy objętości kolein w warstwie gleby o grubości 10 cm,

G_{bp} – udział procentowy objętości płytkich bruzd (głównie ugnieceń gleby) o średniej głębokości do 5 cm, w warstwie gleby o grubości 10 cm,

G_{bg} – udział procentowy objętości głębokich bruzd (w dużej części wyłobionych czołami przemieszczanego drewna) o średniej głębokości powyżej 5 cm, w warstwie gleby o grubości 10 cm.

G_{kp} – udział procentowy objętości odcisków (śladów) kopyt w warstwie gleby o grubości 10 cm,

Objętość śladów kopyt szacowano na podstawie wzoru:

$$\frac{3 \text{ m}^2 V_g}{v}$$

gdzie:

V – miąższość drewna zerwana z powierzchni badawczej (m^3);

v – średnia miąższość ładunku (m^3);

g – średnia głębokość gleby naruszonej w śladzie kopyta (m).

Średnią sumę powierzchni śladów kopyt przypadającą na jeden nawrót zrywki (3 m^2), podaną we wzorze, ustalono na podstawie wyników wcześniejszych badań (Suwała 1999).

3.2. Charakterystyka drzewostanów i prace terenowe

Powierzchnie cięć (drzewostany) wybierano losowo, na podstawie zbieranych w nadleśnictwach informacji 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), Lubsko (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.

Charakterystyka drzewostanów, zasady zakładania powierzchni badawczych oraz ich liczby są takie same, jak przedstawiono w artykule pt. „Uszkodzenia drzew w drzewostanach sosnowych przy pozyskiwaniu drewna w praktyce leśnej” (Suwała 2003).

Na powierzchniach badawczych wykonano poniższe prace i pomiary do obliczenia syntetycznego wskaźnika i mierników uszkodzeń gleby:

– do obliczenia objętości kolein, pomierzono ich długość oraz wykonano pomiary głębokości i szerokości co 2 m, w losowo wybranej koleinie; głębokość mierzono od pierwotnego poziomu podłoża; poziom ten ustalono za pomocą łąty metalowej wykonanej do tego celu;

– do obliczenia powierzchni bruzd, mierzono ich długości oraz szerokości (w przypadku większych długości, tj. powyżej 4 m – pomiar wykonywano co 2 m, dla mniejszych – w miejscu uznanym wizualnie za szerokość przeciętną);

– do obliczenia średniej głębokości bruzd, wykonano pomiary co 2 m, podobnie jak w przypadku kolein;

– do obliczenia średniej głębokości gleby naruszonej w śladach kopyt, wykonano pomiary w miejscach, gdzie ślady te nie były zniekształcone zrywanym drewnem.

Zdecydowano się również na pewne uproszczenie w obliczeniu objętości kolein i bruzd, przyjmując ich przekrój poprzeczny w kształcie prostokąta.

3.3. Wykonanie obliczeń i analiz statystycznych

Wskaźniki uszkodzeń przy zastosowaniu wybranych do badań procesów technologicznych obliczono jako średnie arytmetyczne z poszczególnych powierzchni badawczych.

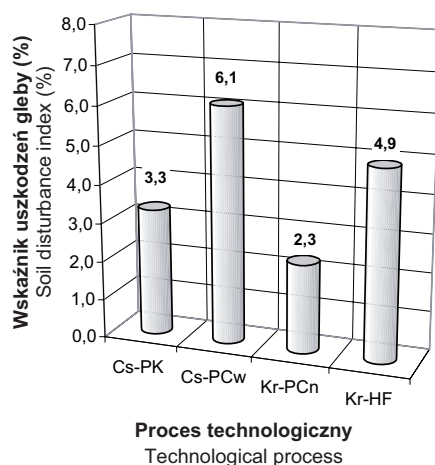
Do oceny istotności wpływu procesów (technologii i techniki) na średnie wskaźniki zastosowano analizę wariancji przy użyciu testu Fischera. Weryfikacji hipotez dokonano na poziomie istotności $p \leq 0,05$. W przypadku stwierdzenia istotnego wpływu procesów na wskaźnik oceny uszkodzeń przeprowadzono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

4. WYNIKI BADAŃ

4.1. Wskaźnik syntetyczny uszkodzeń gleby w drzewostanach

TRZEBIEŻE WCZESNE

Wskaźnik uszkodzeń gleby w drzewostanach wyrażony w procentach przedstawiał się we wczesnych trzebieżach w poszczególnych procesach technologicznych pozyskiwania drewna następująco (ryc. 1):



Ryc. 1. Syntetyczny wskaźnik uszkodzeń gleby w drzewostanach sosnowych podczas wczesnych trzebieży, w zależności od procesów technologicznych pozyskiwania drewna

Fig. 1. Synthetic soil disturbance index in technological processes of wood harvesting in early thinnings in pine stands

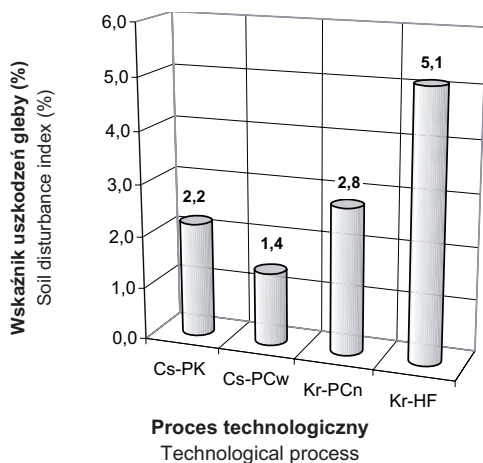
- 3,3 w procesie C_s -PK (odchylenie standardowe od średniej w całym procesie między powierzchniami – 2,1; współczynnik zmienności – 63%);
- 6,1 w procesie C_s -PC_w (odchylenie – 4,0; współczynnik – 65%);
- 2,3 w procesie K_r -PC_n (odchylenie – 0,7; współczynnik – 31%);
- 4,9 K_r -HF (odchylenie – 0,8; współczynnik – 16%).

Stwierdzono istotny wpływ procesów technologicznych na syntetyczny wskaźnik uszkodzeń gleby w drzewostanach podczas trzebieży wczesnych ($p = 0,0000$). Analiza statystyczna wykazała, że uszkodzenia gleby są istotnie mniejsze przy zastosowaniu metody całej strzały ze zrywką koniem (C_s -PK) oraz metody drewna krótkiego z użyciem pilarki i ciągnika nasiębiernego (K_r -PC_n) niż w przypadku metody drewna krótkiego z wykorzystaniem harwestera i forwardera (K_r -HF) oraz metody całej strzały ze zrywką ciągnikiem z wciągarką (C_s -PC_w). Uszkodzenia są największe w tym ostatnim przypadku.

TRZEBIEŻE PÓŹNE

Wskaźnik uszkodzeń gleby (%) w drzewostanach podczas późnych trzebieży przy zastosowaniu poszczególnych procesów technologicznych pozyskiwania drewna przedstawiał się następująco (ryc. 2):

- 2,2 w procesie C_s -PK: (odchylenie standardowe od średniej w całym procesie między powierzchniami – 0,8; współczynnik zmienności – 39%);
- 1,4 w procesie C_s -PC_w (odchylenie – 1,3; współczynnik – 91%);
- 2,8 w procesie K_r -PC_n (odchylenie – 2,3; współczynnik – 83%);
- 5,1 K_r -HF (odchylenie – 2,1; współczynnik – 41%).



Ryc. 2. Syntetyczny wskaźnik uszkodzeń gleby w drzewostanach sosnowych podczas późnych trzebieży, w zależności od procesów technologicznych pozyskiwania drewna

Fig. 2. Synthetic soil disturbance index in technological processes of wood harvesting in late thinnings in pine stands

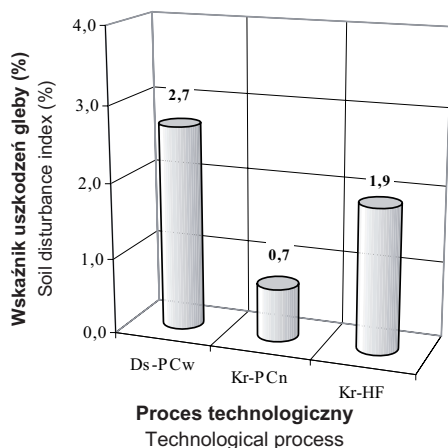
Stwierdzono istotny wpływ procesów technologicznych na syntetyczny wskaźnik uszkodzeń gleby w drzewostanach podczas trzebieży późnych ($p = 0,0000$). Weryfikacja statystyczna wykazała, że uszkodzenia gleby są istotnie mniejsze przy zastosowaniu metody całej strzały ze zrywką koniem (C_s -PK) lub ciągnikiem z wciągarką (C_s -PC_w) oraz metody drewna krótkiego z użyciem pilarki i ciągnika nasiębiernego (K_r -PC_n) niż w przypadku tej ostatniej metody z wykorzystaniem harwestera i forwardera (K_r -HF).

RĘBNIA GNIAZDOWA ZUPEŁNA

Wskaźnik uszkodzeń gleby [%] w poszczególnych procesach technologicznych pozyskiwania drewna w rębni gniazdowej zupełnej przedstawiał się następująco (ryc. 3):

- 2,7 w procesie D_s -PC_w (odchylenie standardowe od średniej w całym procesie między powierzchniami – 2,5; współczynnik zmienności – 93%);
- 0,7 w procesie K_r -PC_n (odchylenie – 0,3; współczynnik – 43%);
- 1,9 w procesie K_r -HF (odchylenie – 1,1; współczynnik – 58%).

Stwierdzono istotny wpływ procesów technologicznych na syntetyczny wskaźnik uszkodzeń gleby w drzewostanach podczas rębni gniazdowej zupełnej ($p = 0,01$). Na podstawie analizy statystycznej wykazano, że uszkodzenia gleby w przypadku metody drewna krótkiego (K_r -PC_n) są mniejsze niż przy zastosowaniu metody dłużycowej (proces D_s -PC_w), na porównywalnych poziomach technicznych. Nie stwierdzono wprawdzie istotnych różnic w uszkodzeniach gleby w metodzie drewna krótkiego między procesami K_r -PC_n i K_r -HF, trzeba jednak



Ryc. 3. Syntetyczny wskaźnik uszkodzeń gleby w drzewostanach sosnowych w rębni gniazdowej kompletnej, w zależności od procesów technologicznych pozyskiwania drewna

Fig. 3. Synthetic soil disturbance index in technological processes of wood harvesting in group clearcutting in pine stands

nadmienić, że są one większe w przypadku procesu z użyciem harwestera niż w procesie z uwzględnieniem pilarki.

4.2. Cechy uszkodzeń gleby

Wybrane cechy uszkodzeń gleby (udział powierzchniowy i głębokość kolein, bruzd, odcisków kopyt konia) przedstawiono w tabeli. Na podstawie wyników zamieszczonych w tabeli, nasuwają się następujące spostrzeżenia:

- cechy uszkodzeń gleby w drzewostanach są zróżnicowane między procesami technologicznymi oraz kategoriami cięć;

- różnice w cechach uszkodzeń gleby w drzewostanach między procesami technologicznymi w poszczególnych kategoriach cięć wynikają z zastosowanych metod i środków pozyskiwania drewna oraz odstępów między szlakami zrywkowymi;

- w ramach metody drewna krótkiego ze zrywką nasiębierną (procesy K_r - PC_n i K_r - HF) uszkodzenia gleby ograniczają się do kolein, natomiast w ramach metody drewna długiego ze zrywką półpodwieszoną lub wleczoną – występują koleiny i bruzdy (procesy C_s - PC_w i D_s - PC_w) bądź odciski kopyt i bruzdy (proces C_s - PK);

- zwracają uwagę znacząco większe głębokości bruzd w drzewostanach (procesy C_s - PK i C_s - PC_w) i kolein (proces C_s - PC_w) podczas trzebieży wczesnych niż w późnych (prawdopodobnie dlatego, że podczas trzebieży wczesnych, przy dużym zagęszczeniu drzew i mniejszych odstępach między szlakami zrywkowymi, przejazdy konia lub ciągnika przebiegały głównie tymi samymi trasami po szlakach, a ponadto, zrywka w trzebieżach późnych prowadzona była na

Tabela 1. Średnie cechy uszkodzeń gleby w drzewostanach

Table 1. Average features of soil disturbances in stands

| Wyszczególnienie Specification | Procesy Technological | | | | | | |
|---|-----------------------------------|----------------------------|-----------------------------------|----------------------------|---|-----------------------------------|----------------------------|
| | C _s -PK | | | | | C _s -PCw | |
| | odciski kopyt traces of hooves | | bruzdy grooves | | odstęp między szlakami zrywkowymi distance between strip roads [m] | bruzdy grooves | |
| | udz. pow. share of area [%] | głębokość depth [cm] | udz. pow. share of area [%] | głębokość depth [cm] | | udz. pow. share of area [%] | głębokość depth [cm] |
| Trzebieże wczesne Early thinning | 1,5 | 5,0 | 2,4 | 6,1 | 22 | 1,2 | 9,9 |
| Trzebieże późne Late thinning | 1,1 | 5,0 | 1,5 | 2,8 | 31 | 1,9 | 4,7 |
| Rębnią gniazdową zupełną Group clearcutting | – | – | – | – | – | 1,1 | 6,2 |

większości powierzchni po wysuszonej glebie – w związku z tym średnia głębokość kolein i bruzd była w tym przypadku stosunkowo mała);

– w zakresie metody drewna krótkiego, przy zastosowaniu porównywalnych procesów technologicznych i podobnych odstępów między szlakami zrywkowymi, udziały powierzchniowe i głębokości kolein w drzewostanach były podobne podczas trzebieży wczesnych i późnych;

– różnice w cechach uszkodzeń gleby w drzewostanach między trzebieżami i rębnią gniazdową zupełną, przy zastosowaniu podobnych procesów technologicznych, wynikają z odmiennych warunków prowadzenia cięć oraz zasad zakładania powierzchni badawczych.

5. ANALIZA I DISKUSJA WYNIKÓW

Wskaźniki syntetyczne uszkodzeń gleby w drzewostanach, w przypadku metody całej strzały z użyciem pilarki i konia (wskaźnik 3,3 i 2,2%) oraz metody drewna krótkiego przy zastosowaniu pilarki i ciągnika do zrywki nasiębiejnej – forwardera (2,3 i 2,8%), są podobne do wyników wcześniejszych badań w drzewostanach sosnowych podczas późnych trzebieży, w których wskaźniki te wyniosły odpowiednio 2,4 i 3,2% (Suwała 1999). Nieco większe uszkodzenia

technologiczne
 processes

| (D_s-PCw w rębni gniazdowej) (D _s -PC in group clearcutting) | | | K _r -PCn | | | K _r -HF | | |
|---|----------------------------|---|-----------------------------------|----------------------------|---|---|-------------------------|---|
| koleiny ruts | | odstęp między szlakami zrywkowymi distance be- tween strip roads [m] | koleiny ruts | | odstęp między szlakami zrywk. distance be- tween strip roads [m] | koleiny ruts | | odstęp między szlakami zrywk. distance be- tween strip roads [m] |
| udz. pow. share of area [%] | głębokość depth [cm] | | udz. pow. share of area [%] | głębokość depth [cm] | | udz. pow. share of area [%] | głębokość depth [cm] | |
| 6,0 | 6,2 | 19 | 5,4 | 4,4 | 27 | 9,0 | 5,4 | 19 |
| 1,8 | 1,7 | 27 | 4,6 | 5,7 | 28 | 8,4 | 6,0 | 22 |
| 2,2 | 4,4 | – | 1,8 | 3,3 | – | 3,1 | 5,8 | – |

gleby w drzewostanach przy zastosowaniu procesu technologicznego z użyciem harwestera i forwardera w tych badaniach (wskaźnik 4,9 i 5,1%) niż we wcześniejszych (3,8%), zostały prawdopodobnie spowodowane różnicą w wilgotności gleby. Niniejsze badania tego procesu przeprowadzono w większości przypadków po pozyskaniu drewna, wykonanym przy wilgotnej glebie, co przyczyniło się do dużego udziału powierzchniowego kolein oraz znacznych ich głębokości po przejazdach maszyn (tabela). W poprzednich badaniach udział powierzchniowy kolein wyniósł 6% – przy porównywalnych odstępach między szlakami zrywkowymi (Suwała 1999). Ten większy udział powierzchniowy kolein wynikał stąd, że ich szerokość była wyraźnie większa niż opon maszyn. Można to wytłumaczyć tym, że operatorzy prowadzili maszyny przy poszczególnych przejazdach nieco innym torem (na ile pozwalała na to szerokość szlaku), mając prawdopodobnie na uwadze ograniczenie głębokości kolein (unikanie tzw. zakopania się). Można przypuszczać, że głównie wilgotność gleby zdecydowała także o różnicy jej uszkodzeń w drzewostanach między trzebieżami wczesnymi i późnymi, przy zastosowaniu metody całej strzały ze zrywką ciągnikiem z wciągarką. Uszkodzenia gleby po tym procesie w przeciętnych warunkach jej wilgotności podczas trzebieży wczesnych były stosunkowo duże (6,1%), a w przypadku zrywki głównie przy suchej glebie podczas trzebieży późnych okazały się małe (1,4%), ponieważ koleiny na znacznej liczbie powierzchni badawczych były niewidoczne lub bardzo słabo zaznaczone. Przy zastosowaniu pozostałych,

takich samych procesów technologicznych pozyskiwania drewna podczas trzebieży wczesnych i późnych – uszkodzenia gleby były do siebie zbliżone.

Oдноśnie do uszkodzeń gleby w drzewostanach sosnowych w rębni gniazdowej zupełnej można zauważyć, że uszkodzenia gleby przy zastosowaniu porównywalnych procesów technologicznych pozyskiwania drewna, są mniejsze w przypadku rębni gniazdowej zupełnej niż w trzebieżach. Wynika to głównie stąd, że uszkodzenia gleby w pierwszym etapie rębni gniazdowej zupełnej koncentrują się głównie na gniazdach, a objętość uszkodzeń odnoszona jest do objętości wierzchniej warstwy gleby na całej powierzchni badawczej, obejmującej gniazdo i otaczający je drzewostan (udział powierzchni gniazda na powierzchni badawczej jest proporcjonalny do udziału gniazd w powierzchni manipulacyjnej w danym drzewostanie).

W podsumowaniu można stwierdzić, że wyniki uzyskane po pozyskiwaniu drewna procesami technologicznymi realizowanymi przez praktykę leśną, potwierdzają mniejsze uszkodzenia gleby w drzewostanach przy zastosowaniu procesów z zakresu metody drewna krótkiego ze zrywką nasiębierną niż w ramach metod drewna długiego (całej strzały i dłużycowej). Do oceny i porównywania procesów technologicznych pod względem uszkodzeń gleby w drzewostanach okazał się szczególnie przydatny wskaźnik syntetyczny, ponieważ dokonywanie wyborów na podstawie bardzo zróżnicowanych cech uszkodzeń (tabela) byłoby bardzo trudne. Zastosowana metodyka, a także warunki drzewostanowe, uniemożliwiają porównanie wyników badań z uzyskanymi przez innych autorów.

6. STWIERDZENIA I WNIOSKI ORAZ PROPOZYCJE DLA PRAKTYKI

Stwierdzenia i wnioski

1. Zastosowana metodyka, z uwzględnieniem wskaźnika syntetycznego, jest przydatna do określania rozmiaru uszkodzeń gleby przy pozyskiwaniu drewna.

2. Metody i procesy technologiczne pozyskiwania drewna mają istotny wpływ na rozmiar uszkodzeń gleby.

3. Uszkodzenia gleby przy pozyskiwaniu drewna w drzewostanach sosnowych podczas trzebieży są najmniejsze i nie różnią się istotnie między sobą w przypadku zastosowania metody drewna krótkiego z użyciem pilarki i nasiębiernych środków zrywkowych, a także metody całej strzały ze ścinką i okrzesywaniem pilarką oraz zrywką koniem. Na różnice w uszkodzeniach gleby przy zastosowaniu metody całej strzały z użyciem pilarki i ciągnika z wciągarką między trzebieżami wczesnymi i późnymi wpłynęła zapewne wilgotność gleby (stosunkowo małe uszkodzenia przy wysuszonej glebie podczas badań w trzebieżach późnych).

4. W rębni gniazdowej zupełnej w drzewostanach sosnowych najmniejszymi uszkodzeniami gleby wyróżnia się pozyskiwanie metodą drewna krótkiego z użyciem do ścinki i wyróbki drewna pilarki bądź harwestera jednochwytakowego oraz forwardera do zrywki. Większe są uszkodzenia gleby przy zastosowaniu metody dłużycowej, ze zrywką skiderem lub ciągnikiem rolniczym.

5. Trzeba podkreślić, że także uszkodzenia drzew przy pozyskiwaniu drewna w drzewostanach sosnowych w praktyce leśnej są mniejsze w przypadku metody drewna krótkiego niż przy zastosowaniu metod drewna długiego (Suwała 2003).

Propozycje dla praktyki

1. Do pozyskiwania drewna w drzewostanach sosnowych podczas trzebieży proponuje się w pierwszej kolejności upowszechniać metodę drewna krótkiego ze ścinką i wyróbką pilarką oraz zrywką nasiębiernymi środkami. Racjonalne jest także stosowanie procesu ze zrywką koniem. W następnej kolejności wskazane jest wprowadzanie procesu zmechanizowanego na wysokim poziomie technicznym z użyciem harwestera i forwardera.

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

3. W dążeniu do minimalnych uszkodzeń gleby, należałoby unikać pozyskiwania drewna przy bardzo wilgotnej glebie.

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.

SOIL DISTURBANCES DURING WOOD HARVESTING IN PINE STANDS IN FORESTRY PRACTICE

Summary

Estimation of soil disturbances for selective technological processes of wood harvesting in pine stands in forest practice was a cognitive aim of the research. It allowed to indicate rational technological processes of wood harvesting.

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

Experimental stands were randomly selected, basing on information collected in forest districts after wood harvesting. Technological processes presented in scope of the study were used. 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) including 13 stands after early thinnings, 18 after late thinnings and 15 after group clearcutting.

In order to evaluate disturbances the synthetic index was applied. It included a share of volume of soil disturbances (ruts, furrows of torn and compacted soil, traces of horse's hooves) in volume of its top 10 cm thick layer before disturbances. To evaluate the significance of influence of technological processes on average indexes, 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 indexes (at $p=0.05$).

Results indicate that in thinnings CTL method with a chain saw and a forwarder or a farm tractor with a trailer and a crane and whole-stem method with chain saw and a horse are characterized by smallest soil disturbances (synthetic index of disturbances: in early thinnings – 2.3 and 3.3% respectively; in late thinnings – 2.8 and 2.2%). Soil disturbances when using a harvester and a forwarder turned out to be bigger (index 4.9 and 5.1%). Presumably soil moisture (small disturbances in very dry soil during research in late thinnings) had influence on big differences in soil disturbances when using a chain saw and a farm tractor with a winch in early and late thinnings (index – 9.1 and 1.4%). In group clearcutting – disturbances turned out to be the smallest in CTL method with a chain saw or a harvester and a forwarder (index 0.7 and 1.9%) and the biggest in long wood method with a chain saw and a skidder (index – 2.7).

On the basis of the conducted research works the following statements and conclusions were presented:

1. Applied methodology is suitable to estimate the level of soil disturbances in wood harvesting.
2. Methods and technological processes of wood harvesting applied in forestry practice have significant influence on soil disturbances.
3. It is suggested, first of all, to promote CTL method, with felling and processing with a chain saw and extraction with forwarding means for thinning pine stands. Using of technological process with horse extraction is also rational. Highly mechanized process with a harvester and a forwarder is recommended to introduce.
4. CTL method, with a chain saw or a one-grip harvester for felling and processing and forwarding means (especially a forwarder) for extraction is recommended in group clearcutting in pine stands.
5. In order to minimize soil disturbances wood harvesting should be avoided on very moist soil.

(transl. K. J.)

LITERATURA

- Demko J. 1990: Compaction of forest soil by skidding devices (The special forest wheel traktor LKT-81). *Lesnictví*, 11: 921-930.
- Dobrowolska D., Farfał D., Józefaciukowa W. 1996: Wpływ wybranych metod i środków pozyskiwania drewna na uszkodzenia korzeni sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris*) w późnych trzebieżach drzewostanów sosnowych. *Prace Inst. Bad. Leś.*, A, 820: 36-44.
- Fröding A. 1992: Beståndsskador vid gallring (Thinning damage to coniferous stand in Sweden). *Sveriges Lantbruksuniversitet. Garpenberg*: 1-50.
- Furuberg-Gjedtjernet A. M. 1995: Forest operations and environmental protection. *Water, Air Soil Poll.*, 82: 35-41.
- Giefing D. F. 1999: Wpływ pozyskiwania drewna w czyszczeniach późnych drzewostanów sosnowych na środowisko. Część 2. Gleby. *Sylvan*, 6: 91-100.
- Kamiński E. 1988: Użytkowanie lasu a ochrona środowiska. *Sylvan*, 10: 1-8.
- Kubiak M., Giefing D., Gornowicz R., Grodecki J., Wojtkowiak R., Jabłoński K., Kusiak W., Tabaka P. 1990: Optymalne metody prowadzenia czyszczeń późnych i trzebieży wczesnych. „Podstawy leśnej inżynierii ekologicznej – bezpieczne technologie leśne”. SGGW-AR. Warszawa: 144-155.
- Matthis B. 1994: Erfassung von Bodenschäden. *Allgemeine Forst Zeitschrift*, 13: 723.
- Olejarski I., Walendzik R. 1996: Wpływ maszyn do pozyskania drewna i zrywki na właściwości fizyczne gleb leśnych na siedlisku boru świeżego. *Prace Inst. Bad. Leś.*, A, 827: 48-61.
- Paschalis P., Porter B. 1994: Próba oceny uszkodzeń drzew w wyniku prac zrywkowych w sosnowych drzewostanach przedrębnych. *Sylvan*, 9: 17-21.
- Porter B. 1997: Techniczne, ekonomiczne i przyrodnicze aspekty zrywki drewna w sosnowych drzewostanach przedrębnych. Fundacja „Rozwój SGGW”. Warszawa.
- Putkisto K. 1986: Biological consequences of mechanized timber harvesting. Helsinki (maszynopis dla FAO: 1-13).
- Schack-Kirchner H., Hildebrand E. E. 1994: Wie läßt sich das Vorsorgeprinzip bei Holzerntekonzepten berücksichtigen? *Allg. Forst. Zeit.*, 13: 720-722.
- Siren M. 1991: An example of calculation of the cost of harvesting damage to the stand. The Finnish Forest Research Institute. Helsinki (maszynopis: 1-15).
- 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. 2003: Uszkodzenia drzew w drzewostanach sosnowych przy pozyskiwaniu drewna w praktyce leśnej. *Prace Inst. Bad. Leś.*, A, 2003/3, 959: 61-80.
- 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.
- Wästerlund I. 1990: Damage to the ground and the stand after mechanized cleaning. *Sveriges Lantbruksuniversitet. Uppsater och Resultat*, 193. Garpenberg: 1-46.
- Wästerlund I. 1991: Demonstration and discussion on how to measure soil disturbance and soil compaction in forestry. IUFRO Project group P3.08.00. Organizational meeting in Norway: 1-5.
- Weixler H. 1994: Bodenschäden durch Befahren von Waldböden? *Allg. Forst. Zeit.*, 13: 725-726.
- Zimmermann M. H., Brown C. L. 1981: *Drzewa, struktura i funkcje*. PWN, Warszawa.