

STRESZCZENIE NIESPECJALISTYCZNE PROJEKTU

Temat badawczy pt.: „Zasoby drzewne jednostki inwentaryzacyjnej w świetle różnych metod ich inwentaryzacji oraz miąższość drzewostanu uzyskana w ramach tych metod a rzeczywista miąższość pozyskanego surowca drzewnego” był realizowany w latach 2022-2024 i finansowany przez Dyрекcję Generalną Lasów Państwowych w Warszawie.

Inwentaryzacja zasobów drzewnych może odbywać się na różnych poziomach – od ustalenia miąższości pojedynczego drzewa¹, poprzez miąższość drzew na jakiejś powierzchni, miąższość całego drzewostanu², miąższość wszystkich drzewostanów danego obiektu (np. lasów Leśnego Zakładu Doświadczalnego), aż po miąższość zasobów drzewnych³ w całej Polsce, Europie i na świecie. Oczywistym jest, że w ramach prac inwentaryzacyjnych nie mierzy się wszystkich drzew⁴, tylko bazuje się na jakiejś próbie⁵. Wykorzystuje się w tym celu metody statystyczne, których głównym założeniem jest aby przy jak najmniejszej liczebności próby ustalić informacje o zbiorowości generalnej z przyjętą z góry dokładnością, przy określonym poziomie ufności.

W Polsce w ramach inwentaryzacji zasobów drzewnych zakłada się różnego rodzaju powierzchnie (relaskopowe⁶, kołowe⁷ – stałe i/lub czasowe, mierzy się część powierzchni danego drzewostanu, a w ostateczności dokonuje się w nim pełnego pomiaru pierśnic⁸). Jednak im więcej powierzchni, i im są one większe, tym większa ich praca i kosztowność. Stąd dokonuje się pewnego rodzaju optymalizacji polegającej na tym, że dla danego obiektu przyjmuje się założenie określonej liczby powierzchni o określonej wielkości, na podstawie których z pewną dokładnością uzyska się informację o zasobach drzewnych danej jednostki.

Dużym problemem jest obserwowane w wielu miejscach w Polsce, że wykonanie dziesięcioletniego planu pozyskania drewna jest już wykonane w 7-8 roku obowiązywania planu urządzenia lasu. Leśnicy mówią o mijaniu się wyników inwentaryzacji zasobów drzewnych

¹ **Miąższość drzewa** to jego cecha, której odpowiednikiem jest objętość regularnych brył obrotowych wyrażana w metrach sześciennych.

² **Miąższość drzewostanu** to suma miąższości wszystkich drzew rosnących w drzewostanie, ustalona na podstawie wybranej populacji drzew, lub pełnego ich pomiaru.

³ **Miąższość zasobów leśnych** jest sumą miąższości wszystkich drzewostanów np. w całej Polsce.

⁴ Jest to **podejście redukcjonistyczne** – analizuje się wszystkie elementy układu aby uzyskać wynik dla całości.

⁵ Jest to **podejście holistyczne** – analizując fragment rzeczywistości odnosi się wynik do całości.

⁶ **Powierzchnie relaskopowe** – ustala się na nich pierśnicowe pole przekroju drzewostanu na podstawie liczby drzew policzonych odpowiednim przyrządem (blaszką – listewką – relaskopem Bitterlicha). Z obranego w drzewostanie stanowiska liczy się wszystkie drzewa w kącie 360°, których **pierśnica** nie mieści się w szerokości szczyrbiny.

⁷ **Powierzchnie próbne kołowe** – o określonym promieniu, najczęściej od 2 do 5 arów, w zależności od wieku drzewostanu, przy uwzględnieniu zasady – im drzewostan starszy, tym powierzchnia większa.

⁸ **Pierśnica drzewa** – grubość (średnica) drzewa na wysokości 1,30 m.

przeprowadzanej przez Biura Urządzania Lasu i Geodezji Leśnej⁹ (tzw. miąższości brutto), a wynikami pozyskania drewna wykonywanego przez nadleśnictwa (tzw. miąższości netto). W leśnictwie stosuje się specjalne przeliczniki redukcyjne miąższości brutto na netto, które jednak uwzględniają tylko grubość kory danego gatunku w danym wieku. Pojawiła się sugestia, że to nie tylko grubość kory powinna być brana w tym przypadku pod uwagę. Stąd w badaniach uwzględniono ten problem i wykonano pełen pomiar pierśnic¹⁰ na ponad 100 ha drzewostanów i uzyskane w ten sposób miąższości skonfrontowano z wynikami pozyskania prowadzonego przez Leśne Zakłady Doświadczalne.

Badania przeprowadzono w Leśnych Zakładach Doświadczalnych Murowana Goślina i Siemianice skupiając się na następujących celach badań:

- porównanie i wyjaśnianie różnic wyników z różnych naziemnych metod inwentaryzacji zasobów drzewnych;
- przetestowanie określania zasobności drzewostanów¹¹ w oparciu o metodę teledetekcyjną – na podstawie danych lotniczego skanowania laserowego w postaci chmury punktów (ALS)¹²;
- ocena zastosowanych metod inwentaryzacji z punktu widzenia ich pracochłonności i kosztów;
- ustalenie i porównanie bieżącego przyrostu miąższości¹³ modelowego z przyrostem rzeczywistym wynikającym z pomiarów;
- określenie relacji pomiędzy miąższością brutto¹⁴ (w korze, określaną podczas prac inwentaryzacyjnych) i netto¹⁵ (bez kory, ustaloną na podstawie wyników pozyskania);
- określenie ilości martwego drewna stojącego i leżącego na powierzchniach próbnych kołowych oraz dodatkowo porównanie dwóch metod (powierzchni kołowych i metody liniowej) określania ilości drewna martwego leżącego.

⁹ **Biuro Urządzania Lasu i Geodezji Leśnej** – specjalistyczna jednostka zajmująca się w swojej działalności m.in. pracami inwentaryzacyjnymi w lasach.

¹⁰ **Pełen pomiar pierśnic** – pomiar pierśnic wszystkich drzew rosnących w granicach drzewostanu.

¹¹ **Zasobność drzewostanu to miąższość drzewostanu** w odniesieniu do 1 ha.

¹² **ALS (Airborne Laser Scanning)** – lotniczy skanowanie laserowe - stanowi reprezentację terenu w postaci chmury punktów pomiarowych o określonych współrzędnych XYZ. Pliki zapisane są w formacie LAS i oprócz współrzędnych punktów, zawierają m.in. informacje o klasie danego punktu oraz o intensywności odbicia sygnału.

¹³ **Bieżący przyrost miąższości** – jest to różnica między objętością (miąższością) drzewa lub całego drzewostanu w końcu i na początku pewnego okresu, np. przyrost miąższości bieżący okresowy (zwykle 5–10 lat), przyrost miąższości bieżący roczny.

¹⁴ **Miąższość brutto** – objętość [m³] drzewa wraz z korą.

¹⁵ **Miąższość netto** – objętość [m³] drzewa bez kory.

Przeprowadzone analizy wyników stały się podstawą następujących podsumowań.

■ *W praktyce urzędzeniowej wskazany byłby powrót do zakładanych w każdym drzewostanie, w oparciu o siatkę, powierzchni próbnych relaskopowych jako podstawowej formy inwentaryzacji miąższości grubizny na pniu. Uzyskane w ramach tej metody dane mogą stać się punktem odniesienia dla ewentualnych innych metod inwentaryzacji zasobów drzewnych.*

■ *Statystyczna metoda reprezentacyjna dla nadleśnictwa z wykorzystaniem sieci powierzchni kołowych, które nie są zakładane w każdym drzewostanie, w obu LZD dały wyniki wyższe od rezultatów z powierzchni relaskopowych. Dla gruntów leśnych zalesionych różnica ta wynosiła:*

- *w przypadku powierzchni stałych i czasowych razem +8,9% (LZD Siemianice) i +9,8% (LZD Murowana Goślina);*
- *w przypadku powierzchni czasowych +9,7% (LZD Siemianice) i +13,6% (LZD Murowana Goślina);*
- *w przypadku powierzchni stałych +7,0% (LZD Siemianice) i +5,7% (LZD Murowana Goślina)*

■ *Wyniki badań pokazały, że wskazane by było odejście od stosowanych w metodzie statystycznej korekty uzyskanej miąższości za pomocą tzw. równań regresji na korzyść korekty bazującej na wynikach z powierzchni próbnych relaskopowych. Jest to rozwiązanie prostsze i bardziej obiektywne.*

■ *Z porównania rezultatów uzyskanych w ramach stosowania statystycznej metody reprezentacyjnej z 2023 roku w wariantach z uwzględnieniem i bez uwzględniania drzewostanów o budowie klasa odnowienia (KO¹⁶) i klasa do odnowienia (KdO¹⁷) jako oddzielnej grupy stratyfikacyjnej¹⁸ wynika, że nie ma istotnych powodów, aby nie wyróżniać w praktyce urzędzeniowej drzewostanów obu wymienionych budów pionowych drzewostanów jako odrębnych grup stratyfikacyjnych.*

■ *Metoda teledetekcyjna ALS dała różne wyniki w obu LZD – różnica w stosunku do miąższości z powierzchni próbnych relaskopowych wyniosła na gruntach leśnych zalesionych -2,8% (LZD Siemianice) i +10,7% (LZD Murowana Goślina). Bardzo nieznaczna (LZD Siemianice) i niewielka*

¹⁶ **Klasa odnowienia (KO)** – drzewostan jednocześnie użytkowany i odnawiany rębnią złożoną, w którym na znacznej powierzchni występuje już odnowione dowolnego pochodzenia i o dobrej jakości.

¹⁷ **Klasa do odnowienia (KdO)** – drzewostan jednocześnie użytkowany i odnawiany rębnią złożoną, w którym nie jest spełniony warunek występowania na znacznej powierzchni odnowienia dowolnego pochodzenia i o dobrej jakości.

¹⁸ **Grupa stratyfikacyjna** – w przypadku drzewostanów pewna ich grupa o tych samych cechach.

różnica (LZD Murowana Goślina) wskazuje na potencjał tkwiący w tej metodzie i możliwość jej wykorzystania w inwentaryzacji zasobów drzewnych w trakcie prac urządzania lasu.

■ *Czasochłonność pomiarów na stałych i czasowych powierzchniach próbnych kołowych różniły się istotnie w zależności od rodzaju powierzchni próbnej kołowej i obiektu, w którym wykonywano pomiary:*

- *średnio w ciągu jednej ośmiogodzinnej zmiany roboczej możliwa była inwentaryzacja 5 (Leśny Zakład Doświadczalny Murowana Goślina) lub 4 (Leśny Zakład Doświadczalny Siemianice) powierzchni próbnych kołowych stałych;*
- *średnio w ciągu jednej ośmiogodzinnej zmiany roboczej możliwa była inwentaryzacja 8 (Leśny Zakład Doświadczalny Murowana Goślina) lub 6 (Leśny Zakład Doświadczalny Siemianice) powierzchni próbnych kołowych czasowych.*

W zależności od rodzaju powierzchni czas pomiarów właściwych wynosił:

- *na jednej powierzchni próbnej kołowej stałej od 42 do 304, średnio 78 minut (Leśny Zakład Doświadczalny Murowana Goślina) oraz od 46 do 414, średnio 97 minut (Leśny Zakład Doświadczalny Siemianice);*
- *na jednej powierzchni próbnej kołowej czasowej od 7 do 55, średnio 31 minut (Leśny Zakład Doświadczalny Murowana Goślina) oraz od 11 do 71, średnio 41 minut (Leśny Zakład Doświadczalny Siemianice).*

Należy także podkreślić, że w obu Leśnych Zakładach Doświadczalnych do prac na powierzchniach próbnych kołowych stałych były zatrudnione 2 osoby, a na czasowych 1 osoba.

Z punktu widzenia czaso- i pracochłonności efektywniejsze były powierzchnie próbne kołowe czasowe. Stąd w przypadku braku potrzeby określania przyrostu bieżącego miąższości na podstawie powtarzanych pomiarów, dla praktyki urzędniowej zalecane być powinny (w przypadku potrzeby ich zakładania) powierzchnie próbne kołowe czasowe.

Natomiast gdyby w ramach prac urzędniowych istotny byłby aspekt powtarzalności jakichkolwiek pomiarów i obserwacji na tych samych drzewach (np. w celu śledzenia trendów zmian) wskazane by były powierzchnie próbne kołowe stałe ze świadomością, że wiąże się to jednak z większą czaso- i pracochłonnością prac terenowych.

■ *Pełen pomiar pierśnic przeprowadzono w wielkości 2,69 ha (Leśny Zakład Doświadczalny Murowana Goślina) i 3,02 ha (Leśny Zakład Doświadczalny Siemianice) na jedną zmianę roboczą. Czas pomiaru pierśnicy jednego drzewa wynosił 18 (Leśny Zakład Doświadczalny Murowana Goślina) lub 19 sekund*

(Leśny Zakład Doświadczalny Siemianice), a czas pomiaru wysokości jednego drzewa to 59 (Leśny Zakład Doświadczalny Murowana Goślina) lub 64 sekundy (Leśny Zakład Doświadczalny Siemianice).

Był to bardzo czas- i pracochłonny rodzaj inwentaryzacji zasobów drzewnych, podjęty jednak ze względu na jeden z celów badań – ustalenie relacji miąższości brutto (wyniki pełnego pomiaru pierśnic wykonanego przez BULiGL) do miąższości netto (wyniki pozyskania LZD).

■ Średni bieżący przyrost miąższości w LZD Siemianice określony na podstawie modeli przyrostowych wyniósł 10,76 m³/ha, a na podstawie pomiarów ze stałych powierzchni próbnych 11,31 m³/ha. Modelowy przyrost był zatem niższy od wyliczonego z pomiarów na powierzchniach próbnych o 4,9%. Stwierdzono także, że największe błędy systematyczne modeli występowały głównie w przypadku powierzchni o najwyższych pomierzonych wartościach przyrostu przekraczającego 15 m³/ha.

Średni bieżący przyrost miąższości w LZD Murowana Goślina określony na podstawie modeli przyrostowych wyniósł 9,36 m³/ha, a na podstawie stosowanych dotychczas tablic zasobności i przyrostu drzewostanów 11,31 m³/ha. Modelowy przyrost był zatem niższy od wyliczonego z pomiarów na powierzchniach próbnych o 6,39%. Stwierdzono, że korzystanie z tablic zasobności i przyrostu drzewostanów skutkowało przeszacowaniem o 38% bieżącego przyrostu miąższości.

Mimo niewielkiej różnicy pomiędzy przyrostem modelowym miąższości i przyrostem z pomiarów na stałych powierzchniach (LZD Siemianice) oraz pomiędzy przyrostem modelowym miąższości i tablicami zasobności (LZD Murowana Goślina) otrzymane wyniki wskazują na możliwość odejścia od stosowania w praktyce urzędniowej tablic zasobności i przyrostu drzewostanów na korzyść modeli przyrostowych i przyrostu z powtarzanych pomiarów na stałych powierzchniach.

■ W toku prac inwentaryzacyjnych na powierzchniach kołowych określano także m.in. miąższość leżącego martwego drewna. W celach porównawczych w drzewostanach z gatunkiem panującym jakim była sosna wykorzystano metodę stosowaną w pomiarach wielkoobszarowej inwentaryzacji stanu lasu (WISL)L oraz metodę liniową. Stwierdzono, że w obu LZD otrzymane wyniki nie różnią się istotnie statystycznie, a wynosiły one:

- w LZD Murowana Goślina 8,78 m³/ha (metoda kołowa) i 10,53 m³/ha (metoda liniowa), czyli różnica wyniosła 1,75 m³/ha;
- w LZD Siemianice 4,18 m³/ha (metoda kołowa) i 5,11 m³/ha (metoda liniowa), czyli różnica wyniosła 1,22 m³/ha.

Prace terenowe wykonane z zastosowaniem inwentaryzacji metodą powierzchni kołowych są zdecydowanie bardziej pracochłonne w stosunku do metody liniowej. Czas poświęcony na pomiar metodą liniową został oszacowany przez wykonawców na poziomie trzykrotnie krótszym w stosunku do metody powierzchni kołowych.

Dla praktyki urzędniczej istotnym jest to, aby do inwentaryzacji martwego drewna można zaproponować stosowanie mniej pracochłonnej i szybszej w wykonaniu metody liniowej szczególnie w obiektach, w których średnia miąższość drewna martwego leżącego jest odnotowywana na wyższych poziomach.

■ W przypadku **sosny** przeciętny wskaźnik przeliczeniowy obrazujący umownie relację miąższości brutto do netto wynosił w LZD Siemianice **26,6%**, a w LZD Murowana Goślina **22,3%**. Można zaproponować aby dla sosny wskaźnik redukcyjny miąższości wynosił **24%**.

Wskaźnik przeliczeniowy dla sosny w LZD Siemianice mógł być wyższy z powodu obniżonej stabilności drzewostanów w tym obiekcie, wpływającym na cechy drzew i drzewostanów istotnych dla miąższości brutto i netto – krzywizny strzał; mniejsze zwarcie i wynikające z tego faktu dłuższe korony, a krótszy wyrabiany sortyment; odkładanie się przyrostu na grubość, a nie na wysokość drzew.

Wyższe w obu LZD w stosunku do zapisów instrukcyjnych i modeli Bruchwalda wskaźniki przeliczeniowe brutto-netto dla sosny mogą wynikać z faktu, że pozyskanie prowadzone było w sposób maszynowy, a nie przez pilarzy, co także powodowało większe straty na miąższości pozyskanej grubizny¹⁹.

Uwzględnienie gatunków domieszkowych występujących w drzewostanach sosnowych wykazało, że przeciętny wskaźnik przeliczeniowy w LZD Siemianice wyniósł **32,1%**, a w LZD Murowana Goślina **28,4%**. Wskazuje to, że znaczny udział gatunków domieszkowych, często młodszych i występujących pod okapem starszego gatunku (w badaniach głównie sosny) spowodował znaczący wzrost ogólnego wskaźnika przeliczeniowego - w LZD Siemianice z 26,6 do 32,1%, a w LZD Murowana Goślina z 23,3 do 28,4%. Można zaproponować, aby w planowaniu urzędniczym dla weryfikacji wskaźnika przeliczeniowego brutto – netto dla drzewostanów rębnych z gatunkiem panującym²⁰ jakim jest sosna i z licznym udziałem innych młodszych gatunków występujących pod okapem starodrzewu, przyjąć jego orientacyjną wartość równą **30,0%**.

¹⁹ **Grubizna** – miąższość drzew o pierśnicy od 7 cm

²⁰ **Gatunek panujący** – zazwyczaj gatunek o największym udziale (powierzchniowym lub ilościowym) w drzewostanie, a w przypadku takiego samego udziału kilku gatunków – gatunek najważniejszy z punktu widzenia realizacji celów gospodarki leśnej.

Wyniki badań wskazują, że właściwym wydaje się, aby w pracach urządzeniowych przy ustalaniu wskaźnika redukcyjnego miąższości brutto na netto dla poszczególnych gatunków z danego nadleśnictwa brać pod uwagę lokalne uwarunkowania wyrażone wynikami pozyskania z poprzedniego dziesięciolecia odniesionego do miąższości drzewostanu ustalonej przez taksatora. Zastosowanie wskaźników redukcyjnych uwzględniających tylko udział kory (model profesora Bruchwalda) wydaje się w czasach gwałtownych zmian klimatycznych i środowiskowych nie być właściwym. Drzewostany reagują bowiem na nie bardzo dynamicznie, co wyraża się obniżaniem się ich stabilności i zmianą dynamiki i kierunku ich wzrostu. W momencie ich pozyskania i wyrobu sortymentów z poszczególnych drzew pojawiają się określone problemy i trudności związane z możliwą długością sortymentów drzewnych, ograniczanych m.in. krzywizną strzał czy długością koron drzew.

Rzeczywisty wskaźnik przeliczeniowy powinien być ustalany przed rozpoczęciem inwentaryzacji i uwzględniany przez taksatorów przy tworzeniu wykazu cięć użytków rębnych w momencie obliczania miąższości netto planowanej do pozyskania na najbliższe dziesięciolecie.