

## Tabela Profesora Longina Majdeckiego w ocenie wieku wybranych gatunków drzew

The table of Professor Longin Majdecki in the assessment  
of the age of selected tree species

JACEK BOROWSKI<sup>1</sup>,  
MAGDALENA WNEK<sup>2</sup>, MARTA DEJA<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Katedra Ochrony Środowiska i Dendrologii,  
Szkola Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie,  
ul. Nowoursynowska 166, PL-02-787 Warszawa  
e-mail: jacek\_bor@wp.pl

<sup>2</sup>topoScape sp. z o.o., ul. Paprotki 2, 02-747 Warszawa  
e-mail: mwnek@toposcape.pl

<sup>3</sup>Architekci s.c., ul. Jacka Kuronia 9/9, 10-166 Olsztyn  
e-mail: marta\_deja@tlen.pl

*Submitted: 21 November 2023; Accepted: 13 February 2024*

**ABSTRACT:** The work assesses the reliability and usefulness of the age table developed in the 1980s by Longin Majdecki. The table is commonly used by landscape architects in studies regarding the revalorisation of historic parks. In the first part, the ages of two linden species (*Tilia cordata* and *T. platyphyllos*) were assessed using a resistograph and compared with data from Majdecki's table. Age curves were used for comparison. In the second part, the ages of silver birch (*Betula pendula*) and Scots pine (*Pinus sylvestris*) were compared with the results obtained from the table using a resistograph and an increment borer. It was found that for the purposes of park revalorisation, Majdecki's table is undoubtedly useful, although its limitations stem from the high variability of radial increments among individual trees.

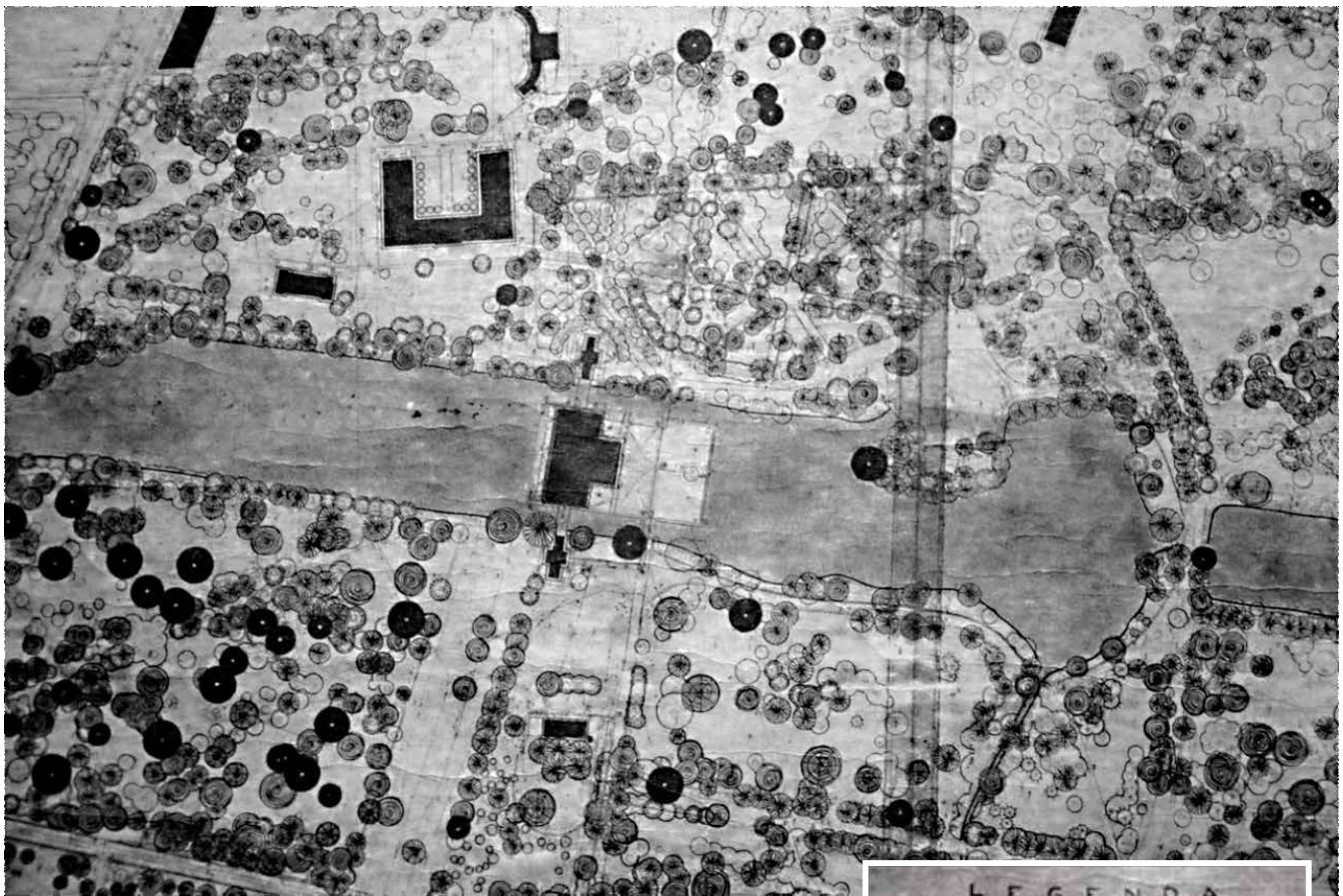
**Key words:** tree age, annual growth, annual ring, resistograph, increment borer, Pressler drill

### Wstęp

Historyk sztuki i architekt krajobrazu profesor dr hab. Longin Majdecki w swoim dorobku miał projekty i rewaloryzacje licznych parków w całej Polsce i przyczynił się walcie do rozwoju parków warszawskich. Jest autorem niezwykle ważnych pozycji literaturowych, to jest: „Historii ogrodów”, „Ochrony i konserwacji zabytkowych założeń ogrodowych” i „Rejestru ogrodów polskich” (Majdecki, 1993, 1964–66, 2007; Majdecki i Majdecka-Strzeżek, 2019). Pierwsza z nich była wielokrotnie wznawiana, a dla architektów krajobrazu i konserwatorów jest niemal biblią, tak jak dla dendrologów pozycje Włodzimierza Senety. Obaj autorzy byli zresztą zaprzyjaźnieni i w czasie, gdy pracowali w warszawskiej SGGW, niejednokrotnie wymieniali się doświadczeniami. Niewątpliwie prof. Majdecki wyróżniał się wśród architek-

tów krajobrazu dogłębną znajomością roślin i doceniał ich znaczenie w projektowaniu.

Po II wojnie światowej rewaloryzacja parków była zadaniem trudnym i palącym, a Longin Majdecki był jednym z jej prekursorów. W związku ze zniszczeniami dokumentacji i samych parków ocena wieku była pomocna w ustalaniu historycznej osnowy, rekonstrukcji zabytkowego układu założenia, w tym wyznaczaniu osi widokowych. Analizy wieku w formie map drzewostanu były wykorzystywane przez niego w projektach rewaloryzacyjnych, a do najważniejszych należy wykonana dla Parku Łazienkowskiego w Warszawie (ryc. 1). To dzięki mapie wiekowej możliwe jest odtworzenie kolejnych etapów powstawania i przemian kompozycyjnych parków (Łukasziewicz, 2010; Węgiel i in., 2017). Na potrzebę określania wieku drzew w pracach rewaloryzacyjnych zwracał uwagę również Siewniak (1990).



Ryc. 1. Fragment planu Parku Łazienkowskiego z układem drzewostanu i jego strukturą wiekową z 1978 r., skala 1:1000 (fot. A. Majdecka-Strzeżek)

Fig. 1. Fragment of the Łazienki Park plan with the layout of the tree stands and their age structure from 1978, scale 1:1000 (photo A. Majdecka-Strzeżek)



Stosowane w leśnictwie tabele wiekowe do celów architektury krajobrazu się nie nadają, ponieważ dotyczą drzew rosnących w zwarcu, podczas gdy w parkach najczęściej rosną one pojedynczo bądź w luźnych grupach. Ponadto z reguły tabele leśne zawierają skorelowane dane o przyrostach średnicy i wysokości drzew, a nie ich wieku, ponieważ ten z reguły jest leśnikom znany.

Właśnie dla potrzeb rewaloryzacji profesor (wówczas jeszcze magister) zaczął szukać innych metod oceny wieku drzew niż informacje zawarte w materiałach źródłowych. Opracował tabelę na podstawie liczby przyrostów na pniach ściętych drzew różnych gatunków i odpowiadającej im pierśnicy (średnicy pnia na wys. 1,3 m). Drzewa pochodziły z polskich parków i ogrodów, rosły w różnych rejonach i na różnych siedliskach. Prof. Majdecki uważał, że w celu upewnienia się co do wieku konkretnego drzewa należy stosować więcej niż jedną metodę i że to pozwala wyeliminować potencjalne błędy lub nieścisłości (Anna Majdecka-Strzeżek, informacja ustna). Nieznana jest liczba drzew poszczególnych gatunków, które posłużyły do opracowania tabeli. Ta była doskonała w latach osiemdziesiątych ubiegłego wieku i udostępniona w formie zapisu maszynowego

(ryc. 2) (Majdecki, 1980–1986). Dzięki opracowanemu zestawieniu powstały mapy wiekowe drzewostanu wielu parków, a metoda oceny została uznana za jedną z podstawowych przy rewaloryzacji i stosowana jest powszechnie do dziś (Majdecka-Strzeżek, 2008; Borowski, 2013). Nie jest ona jednak pozbawiona mankamentów i jest używana przez architektów krajobrazu często bezkrytycznie. Jednocześnie pojawiają się pytania o jej precyzję. Dlatego podjęty temat wydaje się potrzebny i aktualny.

Celem badań było porównanie oceny wieku drzew metodami bezpośrednimi z wynikami z tabeli Majdeckiego. Badania były prowadzone w dwóch częściach. W pierwszej na podstawie pomiarów rezystograficznych opracowano krzywe przyrostowe dla lipy szerokolistnej (*Tilia platyphyllos* Scop.) i lipy drobnolistnej (*T. cordata* Mill.), a następnie porównano je z krzywą uzyskaną na podstawie danych z tabeli Majdeckiego. Druga część miała na celu porównanie oceny wieku pojedynczych osobników brzozy brodawkowatej (*Betula pendula* Roth) i sosny pospolitej (*Pinus sylvestris* L.) na podstawie pomiarów przy pomocy rezystografu i świdra przyrostowego z danymi z tabeli Majdeckiego.

Opracowanie prof dr Longin Majdecki 1980/86

LP GATUNEK	WIEK DRRZEWA					
	10	20	40	70	100	120
Populus alba						
Populus robusta	15	35	70	100	125	145
Populus nigra						
Tilia coradata						
Tilia platyphyllos	-	17	35	57	78	92
Carpinus betulus						
Crataegus	-	7	15	35	50	60
Fagus sylvatica						
Robinia pseudoacacia	7	13	26	45	62	75
Pinus silvestris	-	12	25	50	68	80
Acer platanoides						
Acer pseudoplatanus	-	12	25	40	55	67
Platanus acerifolia						
Fraxinus excelsior	-	12	26	45	60	72
Aesculus hippocastanum	-	20	38	65	87	105
Quercus robur	-	9	18	35	47	55
Quercus sessiliflora						
Picea excelsa	-	12	25	50	70	82
Picea pungens						
Larix decidua	-	17	35	52	67	79
Acer negundo						
Salix alba	-	27	54	85	-	-
Betula verrucosa						
Betula pubescens	-	22	34	57	79	-
Ulmus laevis	9	15	30	51	73	90
Thuja occidentalis	-	5	10	20	35	-
Alnus glutinosa	-	17	30	50	70	-

Ryc. 2. Fragment oryginalnej tabeli opracowanej przez Longina Majdeckiego i udostępnionej pracownikom Sekcji Kształtowania Terenów Zieleni SGGW w Warszawie

Fig. 2. Fragment of the original table developed by Longin Majdecki and made available to employees of the Green Area Development Section at Warsaw University of Life Sciences (SGGW)

## Metody oceny wieku drzew

Określenie wieku drzew nie jest łatwe. Ze względu na siedlisko, na którym rosną, i cechy osobnicze drzewa posadzone tym samym czasie mogą znacząco różnić się rozmiarami. Co za tym idzie, wskazanie ich wieku na podstawie średnicy jest niezwykle zawodne, jak zauważył już dawno np. Tadeusz Szymanowski (1956). Najpewniejszą metodą określenia wieku drzew jest wykorzystanie danych o dacie ich posadzenia. Takie dane można znaleźć w dokumentach dotyczących inwentaryzacji leśnych, historii parków, a w przypadku miast – w inwentaryzacyjnych bazach danych. Inna metoda, jednak możliwa do zastosowania praktycznie tylko

dla młodych drzew iglastych, polega na liczeniu okółków gałęzi bocznych (Baniukiewicz, 1974). Kolejne to oceny na oparte na tabelach, w tym tabeli Majdeckiego, jednak ich dokładność ogranicza się do wyznaczenia, czasem dużych, przedziałów wiekowych, często dostosowanych do różnych okresów rozwoju parku (Majdecki, 1993; Łukaszkiwicz, 2010). Metodą pewną, choć nieobarczoną błędami, jest policzenie słoików przyrostów rocznych ściętego drzewa. Oczywiście trudno to nazwać metodą bezinwazyjną. W przypadku, kiedy wewnątrz drzewa jest rozłożone, możliwe jest odniesienie wieku analizowanego drzewa do egzemplarza, co do którego mamy pewność, że został posadzony w tym samym czasie. Taki sposób dotyczy szczególnie alei, kiedy można wykorzystać powstałe na skutek działania różnych czynników atmosferycznych złomy i wykroty (Łukaszkiwicz, 2010). Z kolei metody inwazyjne opierają się na zliczaniu przyrostów rocznych na podstawie pomiarów wykonanych świdrem przyrostowym lub wiertarką oporową (ryzystografem).

Świder przyrostowy był pierwszym urządzeniem służącym do pobierania próbek do analiz dendrochronologicznych. Pierwszy taki świder został skonstruowany w Niemczech w 1855 r. i na przestrzeni lat jego wygląd ulegał licznym zmianom (Grissino-Mayer, 2003). Już w połowie XIX w. analizy przyrostów rocznych drzew iglastych pomagały w ustaleniu najlepszego momentu na wycinkę drzew, co wiązało się oczywiście z szacowaniem ich wieku. Badania nad przyrostami rocznymi pomagały określić również dynamikę wzrostu drzew (Pressler, 1866). Od tamtej pory świder przyrostowy i badania nad słoikami rocznymi były wykorzystywane między innymi przez specjalistów zajmujących się gospodarką leśną (Costello i Quarles, 1999), rekonstrukcją zmian klimatycznych, poszukiwaniem terminów dawnych pożarów czy zmian powierzchni terenu (Grissino-Mayer, 2003). Do dziś świder przyrostowy uznawany jest przez wielu badaczy za wiarygodną metodę wykrywania rozkładu drewna oraz określania wieku drzew (Costello i Quarles, 1999). W przypadku znacznego rozkładu wewnątrz pnia lub ograniczeń wynikających z długości świda stosowane są różne metody opierające się na estymacji brakujących przyrostów. Uwzględniają one niejednorodność przyrostów w okresie życia drzewa i pozwalają na ocenę liczby przyrostów brakującego fragmentu poprzez odniesienie wielkości ubytku do drzew rosnących w podobnym siedlisku (w miarę możliwości najbliżej) o średnicy takiej jak ubytek (Baniukiewicz, 1974; Pacyniak, 1992). Techniki pobierania próbek świdrem przyrostowym opisali między innymi Bruchwald (1995) oraz Zielski i Krąpiec (2004).

Innym urządzeniem pomiarowym jest rezystograf (wiertarka oporowa), który rejestruje opór mechaniczny stawiany przez drewno podczas wiercenia w pniu. Dzięki temu można zarejestrować kolejne przyrosty roczne, ponieważ opór stawiany przez drewno wczesne jest mniejszy niż przez drewno późne, tworzone w końcowym etapie powstawania przyrostu rocznego (Rinn, 1994). Rezystograf był używany do oceny przyrostów rocznych m.in. u *Taiwania cryptome-*



*rioides* (Wang i in., 2003), a także lip, klonów, jesionów, jarzębów i brzoź (Borowski, 2008) oraz orzesznika gorzkiego (Suchocka i Kolasiński, 2018). Oprócz rozpoznawania słoików rocznych u drzew rosnących można go również wykorzystać do badania drewna konstrukcyjnego, desek czy tworzyw drzewnych (Wang i in., 2003). Jest także szeroko wykorzystywany do określenia wielkości rozkładu drewna wewnątrz pnia (Baridon i Suchocka, 2009).

Pewnym problemem w interpretacji wyników wynikających z zastosowania świdra przyrostowego i rezystografu jest specyficzna budowa drewna drzew rozpięchłonacyniowych, u których słoje przyrostu nie zawsze dają się wyraźnie rozpoznać. Jednak wiele z tych gatunków wytwarza pod koniec okresu przyrostu więcej włókien niż naczyń i słoje są zauważalne (Zimmermann i Brown, 1981). Dodatkowym utrudnieniem w ocenie liczby słoików przyrostu są też pierścienie przyrostów, zanikające, częściowe i fałszywe (Fritts, 1998; Lorimer i in., 1999). Na przykład u bardzo starych oliwek europejskich braki słoików mogą sięgać kilkudziesięciu lat (Boratyński i in., 2020).

Pojawiają się obawy o uszkodzenia drzew w wyniku stosowania metod inwazyjnych. W przypadku świdra przyrostowego wydają się oczywiste ze względu na średnicę kanału. W przypadku rezystografu ich szkodliwość bywa przeceniana. Jak podają Weber i Mattheck (2006), zagrożenia ze strony nawiertów można porównać do wykonania biopsji w medycynie. Ci sami autorzy uważają, że obie techniki z wykorzystaniem urządzeń wierzących, używane w ograniczonym zakresie, nie są niebezpieczne dla drzewa. W związku z podwyższoną temperaturą w trakcie wiercenia rezystografem nie jest możliwe przeniesienie patogenu (np. strzępek pasożytniczego grzyba) na inne drzewa (Suchocka, 2012 za: Schwarze, 2008). Nadal jednak ze względu na obawy (Johnstone i in., 2007) zastosowanie metod inwazyjnych powinno być ograniczane, szczególnie w stosunku do drzew pomnikowych w parkach, na terenach zabytkowych i miejskich. Dlatego wskazane jest raczej stosowanie metod całkowicie nieinwazyjnych, takich jak: tabele wiekowe, modele wzrostu drzew, badania tomograficzne czy zastosowanie promieni rentgenowskich. W przypadku drzew najstarszych, ponadtysiącletnich, stosowana bywa metoda datowania przy pomocy izotopu węgla  $^{14}\text{C}$  (Boratyński i in., 2020).

Modele matematyczne oceny wieku drzew często oparte są na regresji. Interesująca jest, zaproponowana przez Łukaszkiwicza (2010), metoda uwzględniająca pomiary pierśnicy i wysokości, a zapisana w postaci wykładniczego modelu regresji wielorakiej. Na trudności i ograniczenia w ocenie wieku na podstawie parametrów dendrometrycznych, w tym średnicy pnia, zwracał uwagę Łukaszkiwicz w kolejnej pracy (2013). Badając młode drzewa różnych gatunków, stwierdził, że można z dużym prawdopodobieństwem wyznaczyć wartość graniczną obwodu pierśnicowego, po przekroczeniu której oczekuje się, że drzewo osiągnęło wiek pierśnicowy powyżej 10 lat, co było potrzebne ze względu na ówczesne przepisy dotyczące usuwania drzew. Zależność wieku od pierśnicy w postaci funkcji wykładniczej wykazali u robinii akacjowej Węgiel z zespołem (2017). Tego rodzaju badania wymagają jednak bardzo rozbudowanej bazy wyjściowej. Nadal tabele wiekowe są

podstawowym sposobem określania wieku drzew w opracowaniach architektury krajobrazu (Łukaszkiwicz, 2010). Oceną wieku dojrzałych drzew na podstawie zmierzonego obwodu zajmował się np. White (1998), który, badając drzewa dwudziestu gatunków, w różnych lokalizacjach i siedliskach, stwierdził, że ich wiek można obliczyć głównie na podstawie powierzchni słoików rocznych w pniu, na podstawie prostego pomiaru obwodu.

## Część I

### Material i metody

Wybrane do badań lipy (*Tilia cordata* i *T. platyphyllos*) rosły swobodnie, w luźnych grupach lub w alejach o niedużym zwarciu, dzięki czemu zachowały stosunek średnicy korony do wysokości całego drzewa w granicach pomiędzy 1:2 a 2:1. Drzewa nie wykazywały widocznych objawów wewnętrznego rozkładu drewna, tj. nie występowały u nich dziuple, otwarte kanały ani głębokie próchniejące ubytki w dolnej części pnia, a posusz stanowił poniżej 20% objętości korony. Ich pierśnica nie przekraczała 75 cm (pomiar grubszych pni byłby niemożliwy ze względu na długość wiertła rezystografu, czyli 40 cm).

W celu wykazania, na ile tabela Majdeckiego jest przydatna dla szacowania wieku drzew rosnących w odmiennych siedliskach, wybrano drzewa rosnące w różnych miejscach. Kryterium doboru terenu badań były warunki siedliskowe. Każde miejsce reprezentowało zestaw charakterystycznych cech siedliskowych przypisywanych poszczególnym typom zieleni miejskiej:

#### 1. Pas zieleni przyulicznej

Pas zieleni w postaci trawnika lub roślinności w misach w nawierzchni utwardzonej chodnika, w bezpośrednim sąsiedztwie jezdni drogi o kategorii gminnej lub wyższej w maksymalnej odległości 10 m od jej krawędzi. Cechy siedliska: wysokie wartości zasolenia podłoża, zapylenia i stężenia zanieczyszczeń pyłowych oraz gazowych pochodzących od komunikacji samochodowej. Teren badań: ulica Żwirki i Wigury, Andersa i Wybrzeże Gdyńskie (Warszawa).

#### 2. Zieleń osiedlowa lub parkowa na dawnych terenach zabudowy miejskiej

Zieleń na osiedlach na gruncie rodzimym, mocno przekształconym na skutek zalegania pod powierzchnią gruzu, śmieci i innych pozostałości związanych z zabudową, wyburzaniem i stawianiem budynków oraz zmianą warunków wodno-gruntowych. Cechy siedliska: gleby zubożałe, antropogeniczne o niejednorodnej strukturze i zdekształtowanym profilu. Teren badań: Osiedle Potok (Warszawa).

#### 3. Zieleń parkowa na terenach nieprzekształconych o warunkach zbliżonych do naturalnych

Zieleń zakładana na terenach wcześniej nieużytkowanych lub użytkowanych rolniczo. Cechy siedliska: gleby o profilu

nieprzekształconym lub przekształconym na skutek działalności rolniczej, o niezmiennych warunkach wodno-gruntowych i niezasolone. Teren badań: Park Skaryszewski, Kępa Potocka i łąka przy Lesie Bielańskim (Warszawa).

Badania drzew w siedliskach miejskich miały na celu wykazanie, jaka jest przydatność tabeli Majdeckiego w tych lokalizacjach. Tabela w założeniach była przeznaczona do określania wieku drzew parkowych.

Pierśnicę każdego drzewa mierzono dwukrotnie za pomocą średnicomierza (klupy) w kierunku NS i EW. Pomiar wieku (liczby przyrostów rocznych drzewa) wykonywano za pomocą rezystografu IML E400 o długości wiertła 40 cm na wysokości 100–130 cm od powierzchni gruntu. Wiercenia wykonywano dwukrotnie, pierwsze od strony północnej pnia, drugie od strony wschodniej. Wiertło było ustawiane tak, aby wiercenie odbywało się wzdłuż promienia przekroju pnia. Wiercenie wykonywano na głębokość otrzymaną przez dodanie do połowy zmierzonej wcześniej średnicy zapasu 5–10 cm (wartość dodana wynosiła około 20% zmierzonej średnicy pnia, z wyjątkiem drzew powyżej 70 cm średnicy, gdzie głębokość wiercenia była ograniczona długością wiertła). Otrzymano w ten sposób wykresy oporowe, które wykorzystano do identyfikacji pierścieni przyrostów rocznych. Przy zliczaniu pierścieni stosowano się do następujących zasad:

- Analizowano początkowy fragment wykresu o długości równej połowie zmierzonej, odpowiadającej mu pierśnicy (średnicy).
- Pierwszy centymetr pomiaru rejestrowany przez rezystograf stanowił pusty przebieg początkowy, dlatego nie brano go pod uwagę w obliczeniach głębokości.
- Poszczególne pierścienie identyfikowano na podstawie maksymalnych wartości oporu, wskazujących na występowanie warstwy drewna o większej gęstości, czyli drewna późnego, oraz wartości minimalnych występujących pomiędzy maksymalnymi.
- Stosunkowo niewielkie amplitudy zmian oporu pomiędzy sąsiadującymi ze sobą skrajnymi wartościami uznawano za wewnętrzsezonowe wahanie gęstości drewna lub efekt związany z pracą urządzenia pomiarowego.

- Przy analizie wykresów brano również pod uwagę duże prawdopodobieństwo występowania szerszych pierścieni w pobliżu rdzenia pnia.
- Zliczanie pierścieni rozpoczynano od pierwszego wyraźnego maksimum i kończono na ostatnim czytelnym, jednak położonym nie dalej niż w odległości równej połowie zmierzonej pierśnicy, licząc od początku wykresu.
- Na zdecydowanej większości wykresów oporowych występowały fragmenty, które nie pozwalały na bezpośrednie wnioskowanie, m.in. z powodu prawdopodobnego wiercenia stycznego (np. w pobliżu rdzenia), występowania zbyt wąskich pierścieni, zmian patologicznych lub innych nieznanymi czynników powodujących „spłaszczenie” wykresu, czyli zmniejszenie amplitudy zmian oporu.

W przypadku określania wieku drzewa na podstawie liczby słoików zaobserwowanych we fragmencie o określonej długości posługiwano się wzorem:

$$W = PS / (2a)$$

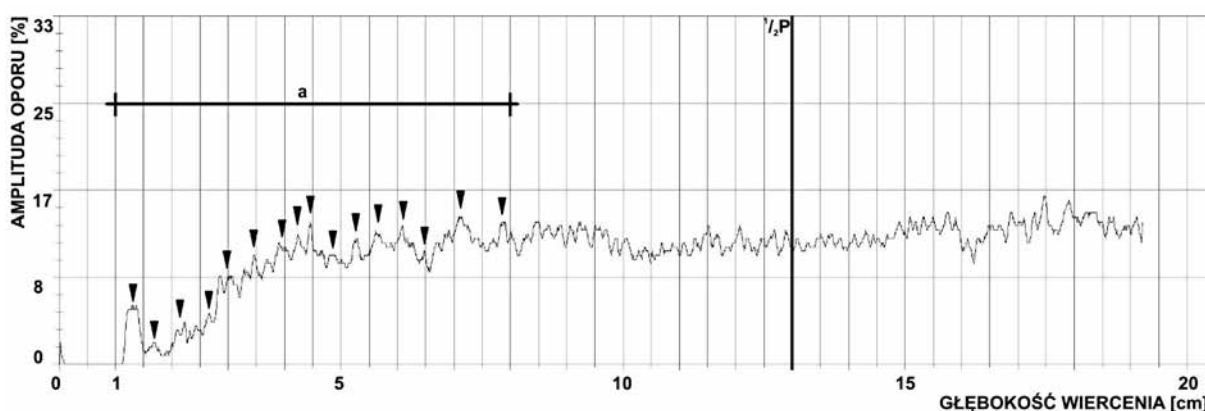
gdzie: W – wiek drzewa, P – wartość pierśnicy [cm], a – długość fragmentu pierśnicy, na którym policzono słoje przyrostu [cm], S – liczba policzonych słoików przyrostu.

Jeżeli dokonano wiercenia w obu kierunkach, NS oraz EW, obliczano oddzielnie wartości  $W_{NS}$  oraz  $W_{EW}$  i przyjmowano, że W stanowi wartość średnią, tzn.

$$W = (W_{NS} + W_{EW}) / 2$$

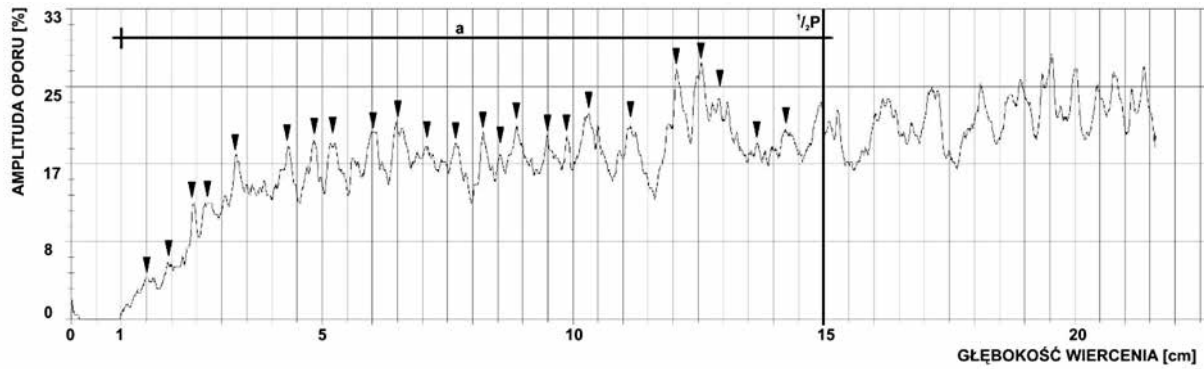
Wielkość W zasadniczo nie jest liczbą całkowitą, jednak w tabelach inwentaryzacyjnych jej nie zaokrąglano, aby nie tracić części informacji (zwłaszcza pod kątem krzywych wiekowych).

Na rysunkach (ryc. 3–8) przedstawiono przykładowe wykresy oporowe zebrane podczas badań wraz z ich interpretacją pod kątem liczby pierścieni przyrostowych, występowania fragmentów trudnych do identyfikacji oraz zmian patologicznych.



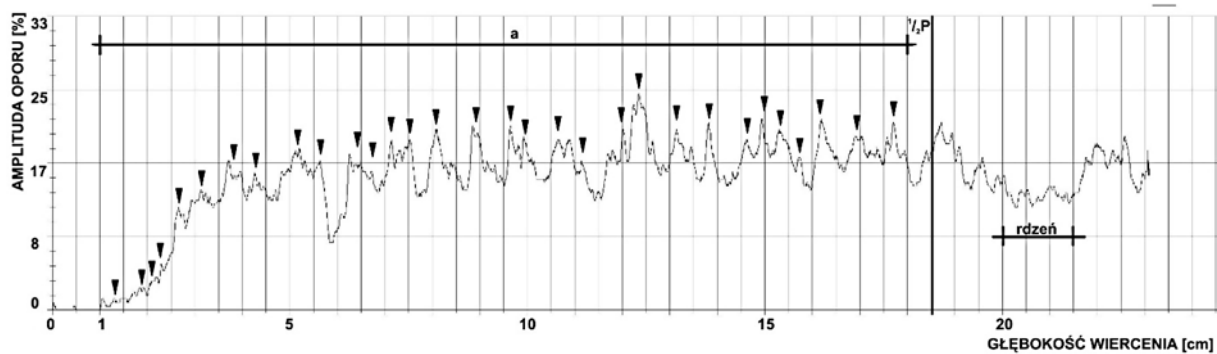
Ryc. 3. Identyfikację słoików przyrostu przeprowadzono jedynie na początkowym fragmencie wykresu, gdzie występowały wyraźne amplitudy. Fragment wykresu od 8 cm do  $\frac{1}{2}$  pierśnicy wykazuje bardzo małe różnicowanie wartości, przez co zwiększa się ryzyko błędów przy bezpośrednim liczeniu (a – zidentyfikowany fragment [cm];  $\frac{1}{2}$  P – szacunkowy środek wykresu =  $\frac{1}{2}$  pierśnicy; ▼ – zidentyfikowany słoik przyrostu (pomiar NS drzewa nr 12)

Fig. 3. The identification of growth rings was carried out only on the initial part of the graph, where distinct amplitudes were present. The fragment of the graph from 8 cm to  $\frac{1}{2}$  diameter at breast height shows very small value variation, thereby increasing the risk of error in direct counting (a – identified fragment [cm];  $\frac{1}{2}$  P – estimated centre of the graph =  $\frac{1}{2}$  breast height; ▼ – identified growth ring (NS measurement of tree no. 12)



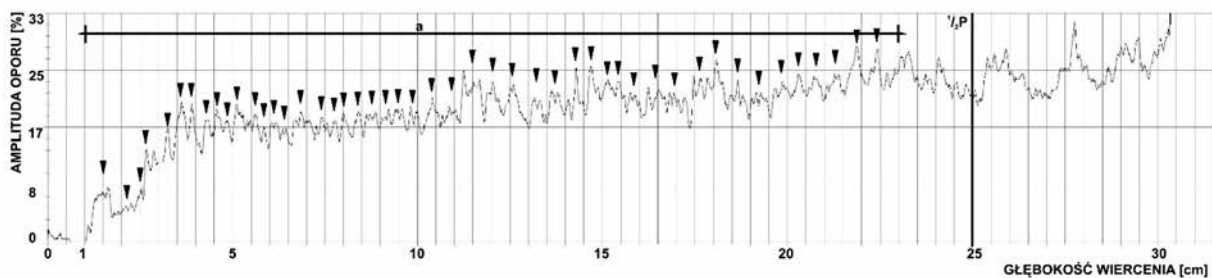
Ryc. 4. Identyfikacja słojów możliwa była na całym analizowanym odcinku dzięki wyraźnym amplitudom (oznaczenia jak na ryc. 3) (pomiar EW drzewa nr 11)

Fig. 4. The identification of tree rings was possible in the entire section thanks to clear amplitudes (EW measurement of of tree no. 11)



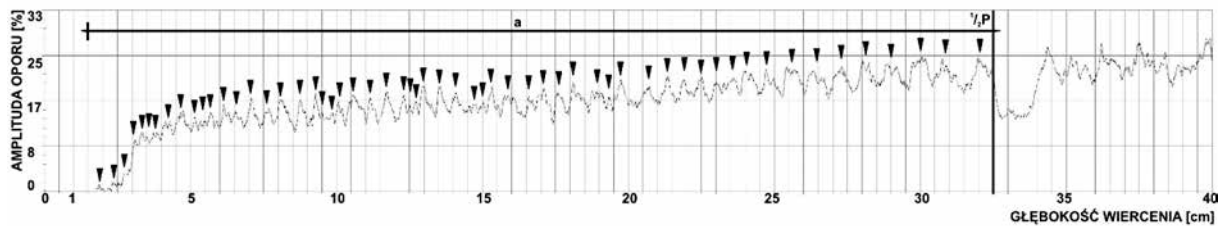
Ryc. 5. Przyjęta metoda analizy zakłada identyfikację słojów na odcinku wykresu równym  $\frac{1}{2}$  pierśnicy drzewa, nawet jeśli na przekroju widoczny jest rdzeń drzewa (oznaczenia jak na ryc. 3) (pomiar EW drzewa nr 13)

Fig. 5. The adopted method of analysis assumes the identification of rings on a section of the graph equal to  $\frac{1}{2}$  of the tree diameter at breast height, even if the tree core is visible in the cross-section (notations as in fig. 3) (EW measurement of tree no. 13)

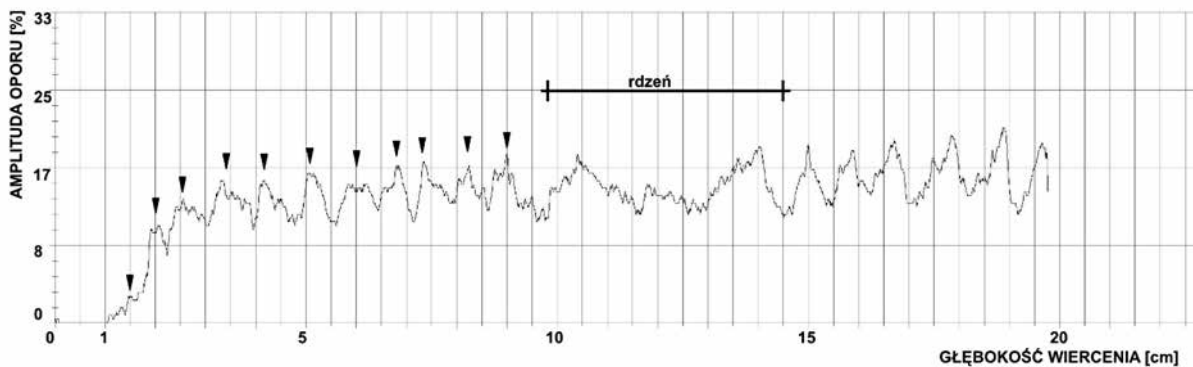
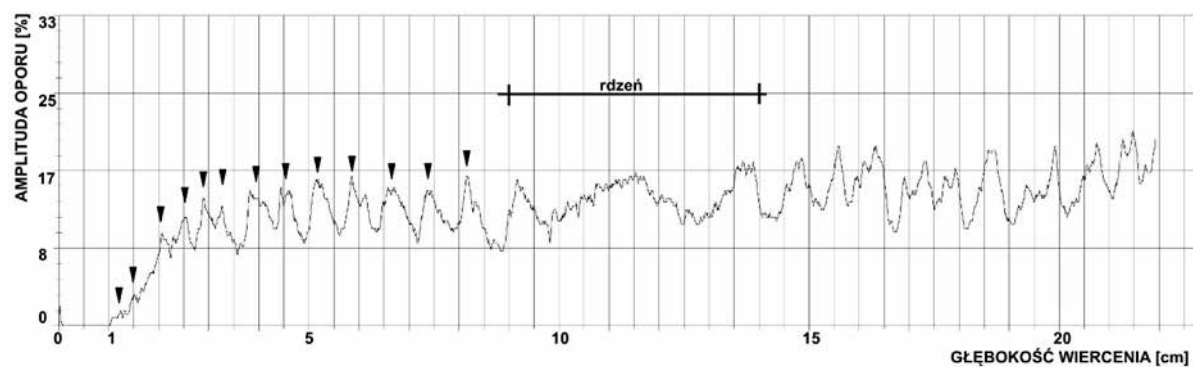


Ryc. 6. Pomimo występujących nieregularności amplitudy oporu wyraźnie widoczny jest wzrost wartości minimalnych oporu w miarę wzrostu głębokości wiercenia (oznaczenia jak na ryc. 3) (pomiar NS drzewa nr 42)

Fig. 6. Despite the irregularities in the resistance amplitude, the increase in the minimum resistance values is clearly visible with increasing drilling depth (notations as in fig. 3) (NS measurement of tree no. 42)



Ryc. 7. Wraz ze wzrostem głębokości wiercenia wzrasta również szerokość przyrostów rocznych (oznaczenia jak na ryc. 3) (pomiar EW drzewa nr 11)  
 Fig. 7. Along with the increasing drilling depth, the width of annual growth rings also increases. (notations as in fig. 3) (EW measurement of tree no. 11)



Ryc. 8. Fragmenty wykresu w okolicy rdzenia nie podlegały analizie. Na skutek wiercenia stycznego do słoje przyrostu odczyty oporu drewna wczesnego i późnego zostały tu uśrednione, wykres uległ „spłaszczeniu”, co uniemożliwia identyfikację słoje (oznaczenia jak na ryc. 3) (pomiar EW – u góry i NS – u dołu drzewa nr 6)

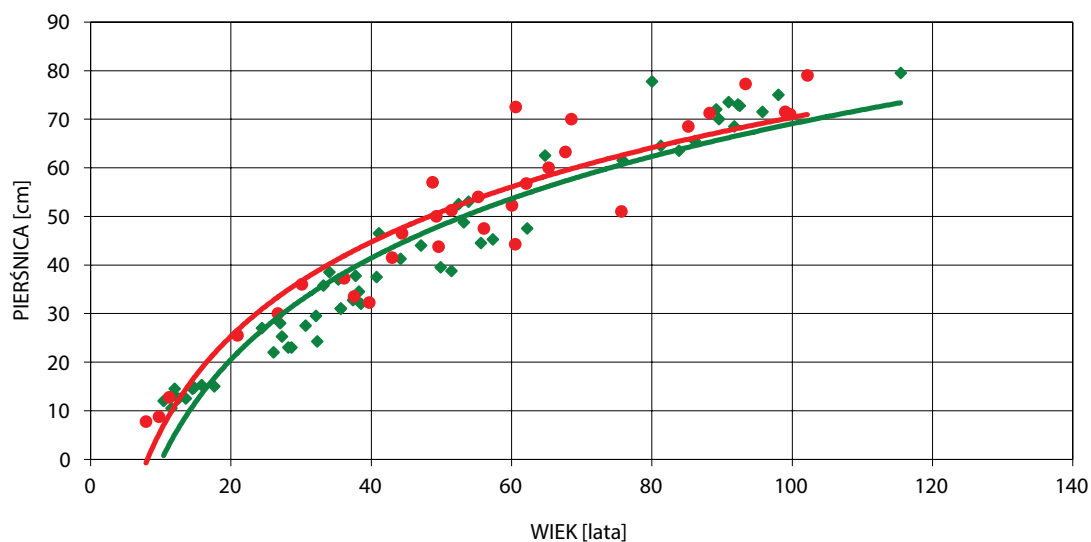
Fig. 8. Fragments of the graph near the core are not subject to analysis. Due to tangential drilling into the growth rings, the resistance readings of early and late wood have been averaged here, resulting in a “flattening” of the graph, making rings identification impossible (notations as in fig. 3) (EW measurement at the top, and NS at the bottom, tree no. 6)

Krzywe wiekowe wyznaczono dla sześciu grup zależnie od gatunku drzewa i typu siedliska. W grupach występowała różna liczba przypadków oraz różny zakres zmierzonych pierścieni z obu kierunków NS i EW (tab. 1). Mniejszą średnicę miały drzewa w zieleni przyulicznej oraz osiedlowej lub parkowej na dawnych terenach zabudowy miejskiej niż drzewa zieleni parkowej na terenach

nieprzekształconych (tab. 1). Dla każdej z grup wykonano analizę rozrzutu i aproksymowano ją funkcją logarytmiczną, której wykres stanowił krzywą przyrostową dla analizowanej grupy. Dla porównania otrzymanych wyników wykonano również krzywą wiekową wspólną dla obu gatunków lip na podstawie tabeli wiekowej opracowanej przez prof. Majdeckiego.

Tab. 1. Liczba badanych drzew w pierwszym etapie ze wskazaniem siedliska i zakresu pierśnic  
 Tab. 1. Number of trees examined in the first stage with indication of habitat and range of diameter at breast height

Siedlisko <i>Habitat</i>	Gatunek <i>Species</i>	Zakres pierśnic <i>Range of diameter at breast height</i> [cm]	Liczba drzew <i>Number of trees</i>	Mediana / odchylenie standardowe <i>Median / standard deviation</i> [cm]
Pas zieleni przyulicznej <i>Roadside green strip</i>	<i>Tilia cordata</i>	15,00–42,25	47	27,00 / 7,79
	<i>T. platyphyllos</i>	13,75–37,00	21	23,50 / 6,07
Zieleń osiedlowa lub parkowa na dawnych terenach zabudowy miejskiej <i>Residential or park greenery on former urban development areas</i>	<i>T. cordata</i>	10,00–23,50	22	16,88 / 3,58
	<i>T. platyphyllos</i>	14,25–30,50	20	20,13 / 4,33
Zieleń parkowa na terenach nieprzekształconych o warunkach zbliżonych do naturalnych <i>Park greenery in areas that remain unchanged with conditions similar to natural ones</i>	<i>T. cordata</i>	12,00–79,50	55	37,75 / 21,01
	<i>T. platyphyllos</i>	7,75–77,25	31	51,00 / 19,61



Ryc. 9. Krzywe wiekowe *Tilia cordata* (zielony, ◆) i *T. platyphyllos* (czerwony, ●) w zieleni parkowej na terenach nieprzekształconych o warunkach zbliżonych do naturalnych (grupa 3)

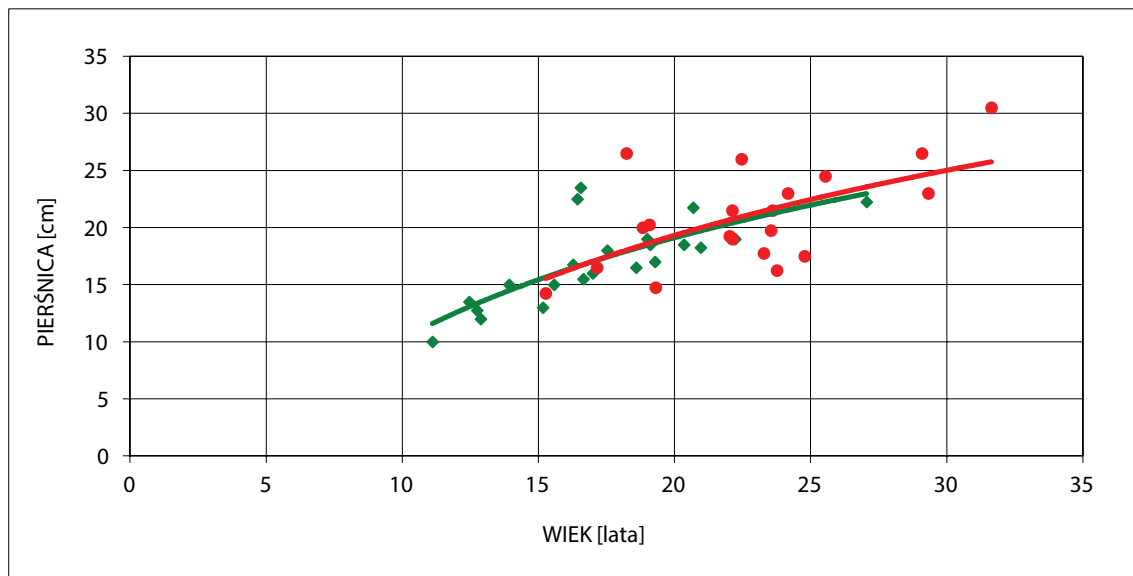
Fig. 9. Age curves for *Tilia cordata* (green, ◆) i *T. platyphyllos* (red, ●) in park greenery in areas that remain unchanged with conditions similar to natural ones (group 3)

## Wyniki

Najszybszy wzrost promieniowy pnia wykazywały egzemplarze lip obu gatunków rosnące w zieleni parkowej (grupa 3), przy czym choć przyrosty *Tilia platyphyllos* były większe niż *T. cordata*, różnice w tempie wzrostu są niewielkie

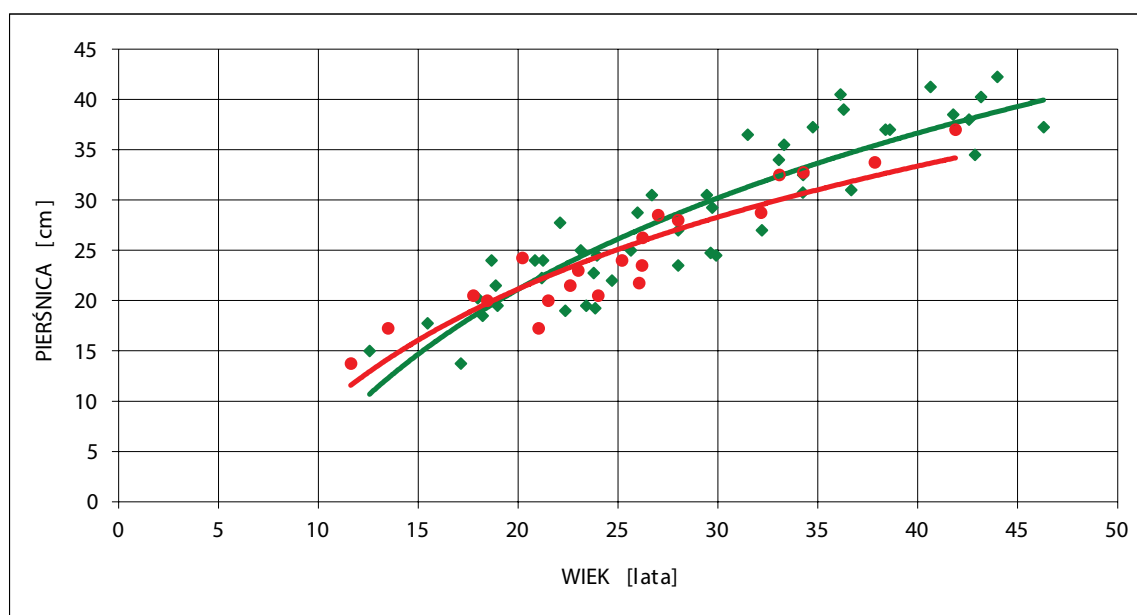
i wynoszą około 3–5 cm pierśnicy u drzew w tym samym wieku i zmniejszają się wraz z wiekiem drzew (ryc. 9). Najniższe tempo wzrostu promieniowego wykazały lipy w zieleni osiedlowej (grupa 2). W tym przypadku tempo wzrostu obu gatunków było niemal jednakowe, z niewielką przewagą *T. platyphyllos*, jednak w granicach błędu





Ryc. 10. Krzywe wiekowe *Tilia cordata* (zielony  $\blacklozenge$ ) i *T. platyphyllos* (czerwony,  $\bullet$ ) w zieleni osiedlowej lub parkowej na dawnych terenach zabudowy miejskiej (grupa 2)

Fig. 10. Age curves for *Tilia cordata* (green,  $\blacklozenge$ ) i *T. platyphyllos* (red,  $\bullet$ ) in residential or park greenery on former urban development areas (group 2)



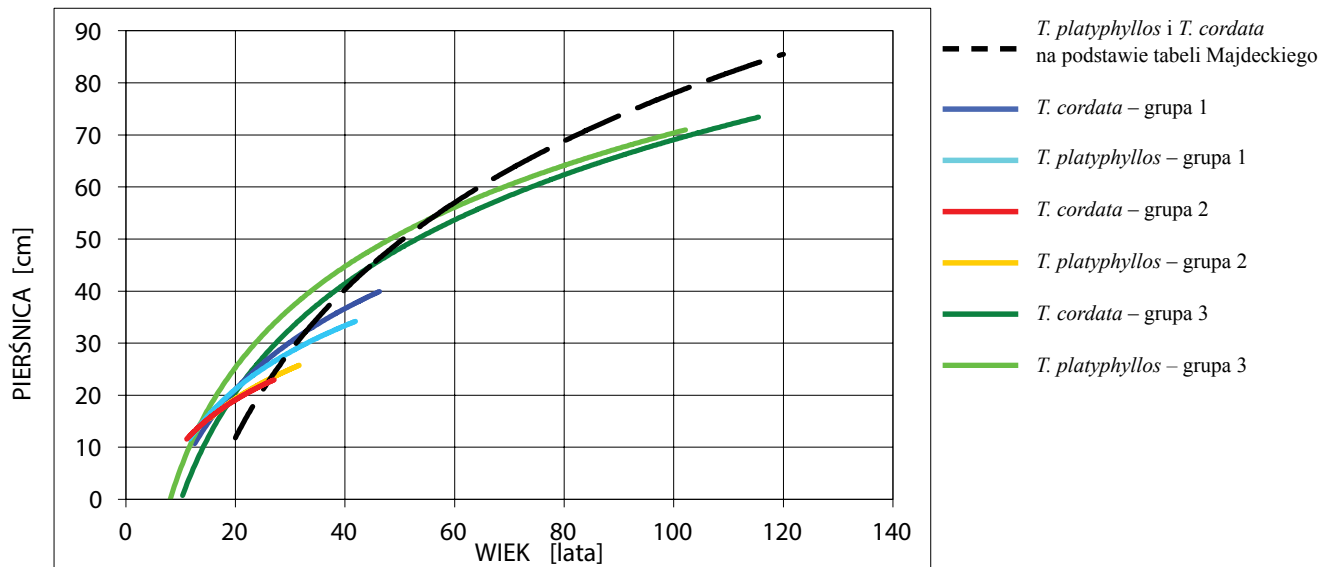
Ryc. 11. Krzywe wiekowe *Tilia cordata* (zielony  $\blacklozenge$ ) i *T. platyphyllos* (czerwony  $\bullet$ ) w pasie zieleni przyulicznej (grupa 1)

Fig. 11. Age curves for *Tilia cordata* (green,  $\blacklozenge$ ) i *T. platyphyllos* (red,  $\bullet$ ) in roadside green strip (group 1)

(różnica  $<1$  cm pierśnicy) (ryc. 10). Z kolei lipy w pasie zieleni przyulicznej (grupa 1) rosły znacznie wolniej od lip tego samego gatunku w parkach, jednak szybciej niż drzewa z zieleni osiedlowej. Tu także tempo wzrostu było różne dla obu gatunków. W początkowym okresie wzrostu większą dynamikę wzrostu, podobnie jak w parku, wykazuje *T. platyphyllos*. Choć w wieku 20 lat pierśnice obu

drzew są równe, później coraz bardziej przeważa *T. cordata* (ryc. 11).

Różnice w długości krzywych wiekowych na wykresach wynikają z liczby analizowanych przypadków w badanych grupach. W przypadku drzew przyulicznych i osiedlowych nie znaleziono na terenach objętych badaniami drzew starszych niż odpowiednio 45 i 38 lat.



Ryc. 12. Krzywe wiekowe *Tilia cordata* i *T. platyphyllos* w różnych typach siedliska i porównanie z krzywą wiekową na podstawie tabeli Majdeckiego  
 Fig. 12. Age curves for *Tilia cordata* and *T. platyphyllos* in various habitat types and comparison with the age curve based on Majdecki's table

U każdego z badanych drzew występowały różnice w ocenie wieku na podstawie pomiaru w kierunkach NS i EW, co świadczy o istnieniu błędów. Z braku innych przesłanek przyjmowano wartość średnią z obu pomiarów. W konsekwencji można określić błąd pomiaru jako połowę wspomnianej wyżej różnicy między pomiarami, czyli pomiędzy wartościami

wieku NS i wieku EW. W tab. 2 przedstawiono zestawienie niektórych przypadków, uszeregowanych rosnąco względem obliczonego średniego wieku. Wielkości różnic, choć można zauważyć wśród nich trend wzrostowy, nie są ściśle skorelowane ze wzrostem wartości średniego wieku. Nie są one także skorelowane z asymetrią pierśnicy (Chrapka, 2004).

Tab. 2. Zestawienie obliczeń wieku i błędu dla wybranych przypadków (Tc = *Tilia cordata*, Tp = *T. platyphyllos*)

Tab. 2. Summary of age calculations and error for selected cases (Tc = *Tilia cordata*, Tp = *T. platyphyllos*)

Nr drzewa Tree no.	Pierśnica Diameter at breast height (dbh) NS [cm]	Wiek NS Age: NS $W_{NS}$ [lata/years]	Pierśnica Diameter at breast height (dbh) EW [cm]	Wiek EW Age: EW $W_{EW}$ [lata/years]	Średnia pierśnica Average dbh [cm]	Średni wiek Average age [lata/years]	Błąd wieku Age error $ W_{NS} + W_{EW} /2$
VI.1 Tp	20,0	20,0	20,0	23,00	20,00	21,50	1,50
V.3 T.c	32,0	29,9	29,0	29,00	30,50	29,43	0,43
V.6 Tc	33,0	34,4	32,0	34,13	32,50	34,25	0,12
I.43 Tc	28,0	31,8	34,0	39,44	31,00	35,63	3,81
V.10 Tc	39,0	36,4	42,0	35,85	40,50	36,13	0,27
I.10 Tc	36,5	36,5	39,0	39,00	37,75	37,75	1,25
V.2 Tc	44,5	43,3	38,0	38,00	41,25	40,63	2,63
I.15 Tc	35,0	35,0	40,0	46,49	37,50	40,74	5,74
V.1 Tc	40,5	45,3	40,0	41,05	40,25	43,16	2,11
V.4 Tp	40,5	43,0	44,0	45,00	42,25	43,98	1,02
I.8 Tc	38,5	45,5	44,0	42,81	41,25	44,16	1,34
II.1 Tp	47,0	44,9	46,0	43,81	46,50	44,36	0,55
I.4 Tc	38,0	46,2	41,0	53,53	39,50	49,87	3,66
I.2 Tc	38,5	54,6	39,0	48,18	38,75	51,41	3,23
I.3 Tc	43,5	54,9	45,5	56,28	44,50	55,61	0,66
I.7 Tc	57,0	75,6	66,0	76,07	61,50	75,81	0,25
I.49 Tc	69,0	86,3	60,0	76,27	64,50	81,26	4,99
I.46 Tc	66,0	81,4	78,0	96,91	72,00	89,15	7,75
I.47 Tc	78,0	87,8	69,0	94,09	73,50	90,92	3,17
I.44 Tc	72,0	93,4	74,0	91,08	73,00	92,24	1,16
I.45 Tc	68,0	98,4	75,0	93,10	71,50	95,74	2,64
I.48 Tc	71,0	94,7	79,0	101,4	75,00	98,01	3,35

## Część II

W drugiej części badań zdecydowano się na określenie wieku za pomocą rezystografu i świdra przyrostowego (Presslera). Celem było pokazanie, jak w przypadku pojedynczych pomiarów wiek obliczony na podstawie danych z rezystografu i świdra przyrostowego różni się od szacowanego na podstawie tabeli Majdeckiego.

### Material i metody

Wybrano dwa gatunki, z których pierwszy, brzoza brodawkowata (*Betula pendula*) należy do liściastych rozpięchłonościowych, a drugi to reprezentująca drzewa iglaste (nagozależkowe) sosna pospolita (*Pinus sylvestris*). Wybór został uzasadniony chęcią wskazania, jak sprawdza się tabela Majdeckiego dla innych gatunków niż lipy badane w pierwszej części. Ocenie poddano też, na ile zastosowane metody przydatne są do określania wieku drzew o odmiennej budowie anatomicznej drewna.

Drewno sosny ma zarówno biel, jak i twardziel, natomiast brzoza brodawkowata ma drewno beztwardzielowie. U sosny słoje przyrostów są wyraźnie widoczne, co wynika z odmiennej budowy drewna wczesnego i późnego: drewno wczesne jest jaśniejsze i można je stosunkowo łatwo odróżnić od późnego (letniego), a tym samym wyznaczyć granicę między kolejnymi słojami przyrostu rocznego. Z kolei w drewnie brzozy komórki naczyń są rozłożone równomiernie w słojach w strefie drewna wczesnego i późnego, przez co odróżnienie poszczególnych słojów rocznych jest bardzo utrudnione. Dla obu gatunków wybrano po 30 sztuk drzew niewykazujących, według wizualnie przeprowadzonej oceny, oznak rozkładu pnia.

Ze względu na użycie świdra przyrostowego i obawy o uszkodzenie drzew analizowano egzemplarze rosnące pojedynczo, poza terenami parkowymi. Brzozy rosły w warszawskiej dzielnicy Wilanów, na terenie osiedla Błonia Wilanowskie. Drzewa rosną tam swobodnie we względnie naturalnym siedlisku; są to samosiewy. Z kolei sosny rosły w dużej rozstawie na otwartym terenie poza lasem we wsi Wymój na terenie gminy Stawiguda, w powiecie olsztyńskim. Zróżnicowany wybór miejsc wzrostu drzew wynikał z tego, że nie znamy siedlisk, w których prof. Longin Majdecki dokonywał swoich obserwacji, zatem wybrane drzewa mogły rosnąć w różnych miejscach, na różnych siedliskach i w różnych rejonach.

Drzewa nawiercano rezystografem w kierunku północ-południe prostopadle do osi pnia, na wysokości 1,3 m. Pomiar przeprowadzony był na głębokość równą średnicy pnia. Na podstawie uzyskanych krzywych oporowych określano wiek drzew. Ze względu na mniejsze pierśnice drzew nie stosowano metody uśredniania liczby przyrostów według wzoru z części pierwszej. Mniejsze pierśnice pozwalały na bezpośrednie liczenie przyrostów na całej długości nawierci aż do rdzenia pnia. Nie brano pod uwagę nawierci, w których obraz był nieczytelny. Oszacowany w ten sposób wiek drzew porównywano z uzyskanym na podstawie tabeli wiekowej Majdeckiego.

W celu rzetelnego porównania wyników pomiarów otrzymanych z wykorzystaniem świdra Presslera z pomiarami wykonanymi rezystografem zdecydowano, że pomiar świdrem zostanie przeprowadzony w miejscu najbliższym tego, w którym wprowadzano wiertło rezystografu. Rurka świdra przyrostowego, podobnie jak w przypadku wiertła rezystografu, była wprowadzana w pień na głębokość równą jego średnicy.

Wywierki ze świdra, oznaczone co do kierunku, zawiązano w ligninę i umieszczano w pudełku. W celu uniknięcia błędów wynikających z niedokładnie promieniowego kierunku nawierci analizowano tylko te wykresy rezystograficzne i wywierki świdra przyrostowego, które przechodziły przez rdzeń pnia.

### Wyniki

Dzięki zmianom oporu wiertła rezystografu możliwe jest oszacowanie wieku badanego drzewa i określenie stopnia rozkładu drewna wewnątrz pnia. W analizie wykresów niezwykle istotna jest odpowiednia interpretacja. Poszczególne przyrosty roczne możliwe są do zinterpretowania na wykresie oporowym dzięki występowaniu na przemian w słojach rocznych strefy drewna wczesnego i późnego. Drewno wczesne charakteryzujące się mniejszą gęstością stawia mniejszy opór podczas wiercenia, co na krzywej oporowej jest odczytywane jako wartości minimalne. Gdy wiertło rezystografu przechodzi przez strefę drewna późnego (cechującego się większą gęstością niż wczesne) rejestrowany jest większy opór, a co za tym idzie rośnie natężenie prądu. Na wykresie oporowym strefa drewna późnego jest zapisywana w postaci maksymalnych wartości.

Stosunkowo wysokie wartości oporu w czasie wiercenia wskazują na prawidłową budowę drewna, natomiast gdy odczyt jest niski, oznacza to mniejszą gęstość drewna i niższy opór wiercenia i należy się spodziewać procesów rozkładu (Costello i Quarles, 1999).

Gdy wiertło przechodzi przez strefę rdzenia, która znajduje się mniej więcej w środku wykresu, zauważyć można nagły spadek wartości oporu. Niestety, nie zawsze strefa rdzenia jest widoczna na wykresie oporowym, gdyż nie w każdym przypadku rdzeń zlokalizowany jest w centralnej części przekroju poprzecznego pnia i nie zawsze też wiertło posuwa się idealnie w kierunku promieniowym (ryc. 13 i 14).

Oceny przyrostów na wykresach oporowych dokonano jak w części pierwszej. Szacowanie liczby słojów przyrostów w wywierkach pobranych świdrem Presslera polegało na zliczaniu widocznych przyrostów. Granica pomiędzy poszczególnymi przyrostami rocznymi przejawiała się u sosny w postaci ciemnej strefy drewna późnego oraz następującego po niej jaśniejszego drewna wczesnego. U brzozy pojawiły się problemy z odczytaniem granicy między przyrostami.

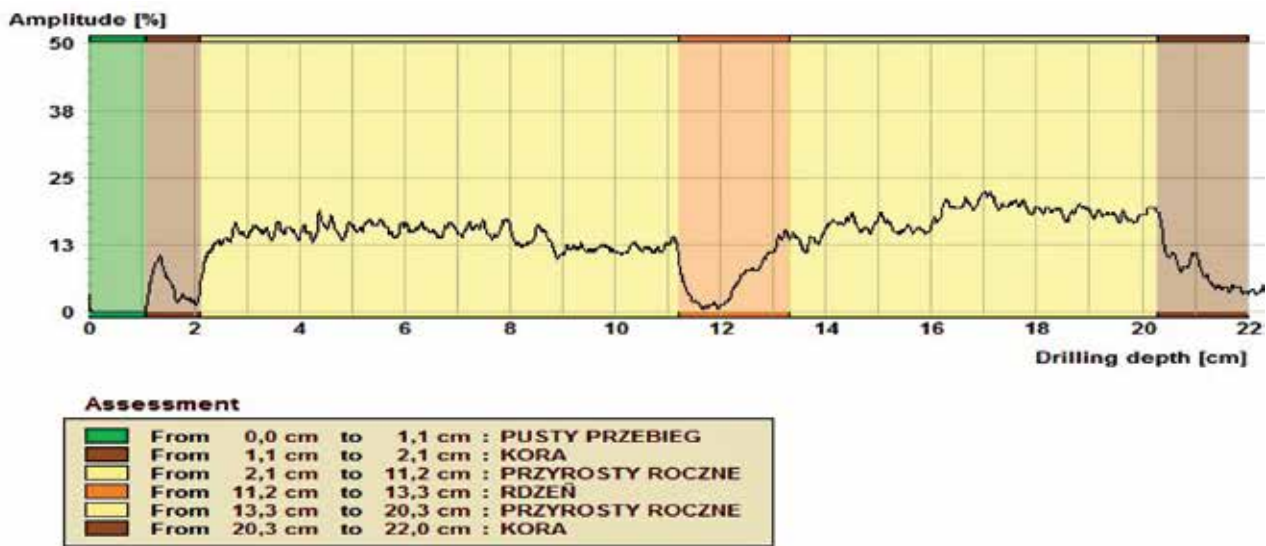
Jeśli świder przeszedł przez rdzeń pnia, na wyciągniętej próbce (wywierku) widać było w tym miejscu brązowe przebarwienie, natomiast gdy rdzeń został ominięty, dodawano do liczby słojów oszacowaną brakującą ich liczbę (szacunek na podstawie pięciu słojów poprzednich).

Wyniki badań zostały stabelaryzowane (tab. 3 i 4). Wartości ujemne oznaczają wyniki, dla których wiek wg tabeli Majdeckiego jest niedoszacowany względem rezystografu.

Wiek badanych brzoź określony na podstawie tabeli wiekowej mieścił się w przedziale 15–48 lat, a oszacowany na podstawie krzywych oporowych w zakresie 16–51 lat. W 18 przypadkach wiek brzoź według tabeli Majdeckiego był niedoszacowany względem ocenianego na podstawie pomiarów rezystografem, w dziewięciu przeszacowany, w pozostałych trzech równy. Różnice w ocenie wieku wynosiły zasadniczo do 5 lat, w jednym przypadku różnica wyniosła 10 lat (tab. 3), a średnia różnicy to 2,9, przy odchyleniu standardowym 2,2. Przy stosunkowo młodym wieku brzoź te różnice są znaczne, co szczególnie uwidocznia się w niektórych konkretnych przypadkach.

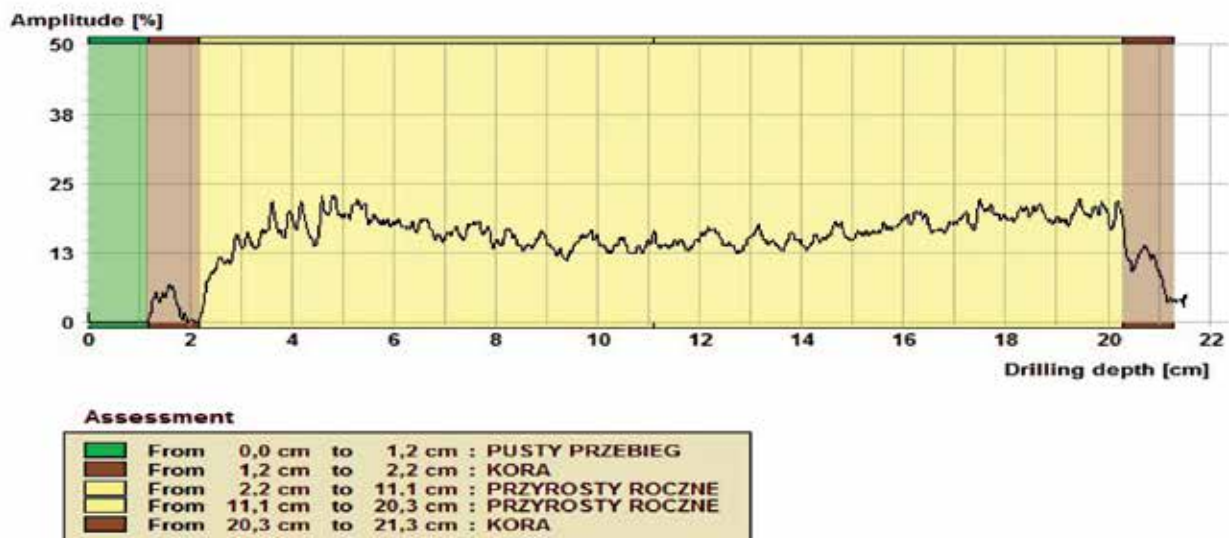
Wiek sosen według tabeli Majdeckiego zawierał się w przedziale 34–50 lat, wynikający z liczby słoików rocznych z wykresów oporowych rezystografu 25–44 lata, a z próbek pobranych świdrem Presslera 33–45 lat (tab. 4). Średnia różnic w ocenie wieku sosen przy użyciu świdra przyrostowego i z tabeli Majdeckiego wynosiła 4,1 roku, przy odchyleniu standardowym 3,5. Różnice te są duże, co wskazuje na znaczny rozrzut w ocenie wieku, szczególnie, że badane były drzewa stosunkowo młode. W 20 przypadkach wiek oceniany według tabeli Majdeckiego przekraczał wiek ustalony na podstawie odwiertów z pni, w trzech był równy, w pozostałych mniejszy. Różnice zawierały się w granicach od 0 do 11 lat (tab. 4).

Oszacowany na podstawie tabel Majdeckiego wiek sosen w 27 przypadkach przekraczał liczbę lat odczytaną



Ryc. 13. Wykres oporowy dla *Betula pendula* z widoczną strefą rdzenia (drzewo nr 16)

Fig. 13. Resistance chart for *Betula pendula* with the core zone visible (tree no. 16)



Ryc. 14. Wykres oporowy dla *Betula pendula*, na którym trudno zlokalizować rdzeń

Fig. 14. Resistance chart for *Betula pendula*, on which it is difficult to locate the core

Tab. 3. Dane pomiarowe dla *Betula pendula* oraz wiek drzew odczytany z tabeli i wykresów oporowych rezystografuTab. 3. Measurement data for *Betula pendula* and tree age based on the age table and resistance charts

Nr drzewa Tree no.	Obwód pnia Trunk circumference [cm]	Pierśnica Diameter at breast height (dbh) [cm]	Wiek wg tabeli Majdeckiego Age according to Majdecki's table AMT	Wiek (rezystograf) Age (resistograph) AR	AMT-AR
B1	122	39	46	41	5
B2	126	40	48	41	7
B3	120	38	45	40	5
B4	58	18	17	20	-3
B5	117	37	44	45	-1
B6	126	40	48	51	-3
B7	118	38	45	42	3
B8	118	38	45	40	5
B9	51	16	15	18	-3
B10	79	25	25	23	2
B11	63	20	18	16	2
B12	63	20	18	20	-2
B13	68	22	20	20	0
B14	58	18	17	22	-5
B15	65	21	19	20	-1
B16	73	23	22	24	-2
B17	77	25	24	22	2
B18	70	22	20	20	0
B19	69	22	20	21	-1
B20	60	19	17	17	0
B21	68	22	20	23	-3
B22	71	23	21	24	-3
B23	79	25	25	24	1
B24	91	29	32	35	-3
B25	83	26	27	37	-10
B26	67	21	19	20	-1
B27	60	19	17	18	-1
B28	63	20	18	22	-4
B29	66	21	19	24	-5
B30	80	25	26	30	-4

Tab. 4. Dane pomiarowe dla *Pinus sylvestris* oraz wiek drzew odczytany z tabeli, wykresów oporowych i próbek pobranych świdrem przyrostowymTab. 4. Measurement data for *Pinus sylvestris* and tree age based on the age table, resistance charts and samples taken with an increment borer

Nr drzewa Tree no.	Obwód pnia Trunk circumference [cm]	Pierśnica Diameter at breast height (dbh) [cm]	Wiek wg tabeli Majdeckiego Age according to Majdecki's table AMT	Wiek (rezystograf) Age (resistograph) AR	Wiek (świder Presslera) Age (increment borer) APD	AMT-AR	AMT-APD
S1	69	22	35	26	33	11	2
S2	80	25	40	32	36	8	4
S3	78	25	40	25	40	15	0
S4	84	27	42	35	41	7	1
S5	77	25	40	25	40	15	0
S6	68	22	35	25	40	10	-5
S7	90	29	44	38	45	6	-1
S8	97	31	47	38	39	9	8
S9	77	25	40	34	41	6	-1
S10	99	32	48	43	41	5	7
S11	83	26	42	35	43	7	-1
S12	96	31	47	41	44	6	3
S13	89	28	44	43	44	1	0
S14	104	33	50	41	42	9	8
S15	97	31	47	40	38	7	9
S16	76	24	39	39	42	0	-3
S17	73	23	37	33	35	4	2
S18	67	21	34	38	39	-4	-5
S19	102	32	49	44	38	5	11
S20	81	26	41	42	36	-1	5
S21	104	33	50	36	40	14	10
S22	85	27	42	36	40	6	2
S23	74	24	38	31	39	7	-1
S24	77	25	40	34	36	6	4
S25	99	32	48	32	39	16	9
S26	94	30	46	37	36	9	10
S27	87	28	43	34	41	9	2
S28	80	25	40	31	39	9	1
S29	92	29	45	35	39	10	6
S30	81	26	41	29	40	12	1



z wykresów oporowych rezystografu, w dwóch był mniejszy, w jednym taki sam. Różnice w ocenie wieku wahały się od 0 do 16 lat, przy średniej 7,8 roku i odchyleniu standardowym 4,0. Różnice te są po raz kolejny należy uznać za znaczne, zwłaszcza w sytuacji, że badane były drzewa stosunkowo młode.

Liczba słoików odczytanych z wykresów oporowych rezystografu była w 25 przypadkach mniejsza od liczby słoików policzonych na odwiertach z pni. Może się to wiązać z niejednoznacznym obrazem krzywej oporowej, a co za tym idzie – występowaniem ewentualnych błędów w interpretacji wykresów rezystograficznych. Liczenie przyrostów rocznych w próbkach z nawierceń świdrem przyrostowym nie rodziło tego typu problemów.

Analiza wieku sosen według tabeli wiekowej Majdeckiego, wykresów oporowych i odczytów z próbek pni wykazała, że najbliższe tabelom Majdeckiego są wyniki pochodzące z pomiarów przeprowadzonych świdrem Presslera (tab. 4).

Dla porównania metod zestawiono krzywe oporowe z obrazem zeskanowanych rdzeni pobranych z wnętrza pni. W przypadku sosny pospolitej można zauważyć rzeczywiste powiązanie między maksymalnymi wartościami wykresu rezystograficznego, które były interpretowane jako kolejne słoje z poszczególnymi przyrostami rocznymi widocznymi na próbce drewna uzyskanej dzięki świdrowi Presslera.

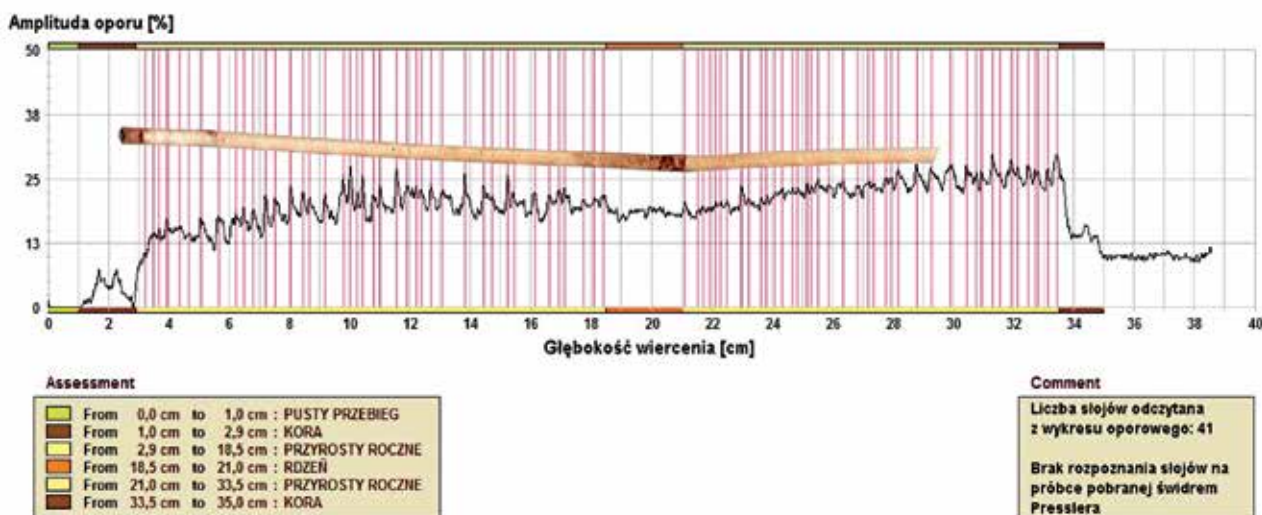
U brzozy brodawkowatej odczytanie słoików rocznych z wywiertków okazało się niemożliwe ze względu na brak wyraźnej granicy między nimi. W zidentyfikowaniu przyrostów nie pomogło szlifowanie wywiertków. Zatem graficzne

porównanie wykresów oporowych z zeskanowanymi próbkami drewna brzozy polegało jedynie na dopasowaniu strefy rdzenia, która jako jedyna była możliwa do wyróżnienia (ryc. 15–16) (Deja, 2011).

W przypadku brzozy, co ciekawe, porównanie danych z pomiarów rezystografem i danych o wieku z tabeli Majdeckiego dla tych samych drzew (test Wilcozona dla danych zależnych) wykazało, że grupy tych danych (tab. 3) nie różnią się statystycznie; są one ponadto silnie skorelowane ( $R^2=0,9$ ). Z kolei sprawdzenie, czy w przypadku sosny trzy grupy danych różnią się statystycznie (parami, test Wilcozona dla danych zależnych: wiek wg tabeli Majdeckiego, wiek wg rezystografu i wiek wg świdra Presslera, patrz tab. 4), wykazało, że wszystkie one różnią się znacząco, są one także słabo lub bardzo słabo skorelowane między sobą, co mogłoby wskazywać na słaby związek między tymi trzema grupami pomiarów lub odczytów, a więc wynik zupełnie inny niż zależności stwierdzone u brzozy.

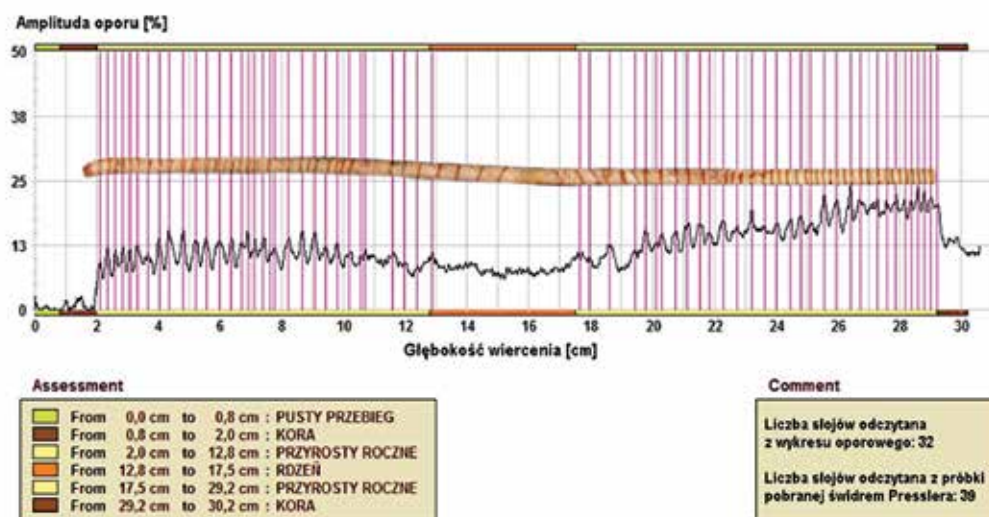
## Podsumowanie

Tabela prof. Majdeckiego została opublikowana między innymi w najnowszym wydaniu „Ochrony i konserwacji zabytkowych założen ogrodowych” (Majdecki i Majdecka-Strzeżek, 2019), znalazła też zastosowanie w licznych analizach wieku drzew parkowych. Użyto jej do wyznaczania współczynników przyrostowych w metodzie wyceny drzew (Borowski i Pstrągowska, 2009). Współczynniki te stały się istotną częścią nowatorskiej metody wyceny drzew rosnących poza lasami opartej na wartości odtworzeniowej drzewa (Szczepanowska, 2009).



Ryc. 15. Graficzne porównanie liczby słoików odczytanych na wykresie oporowym z próbką pobraną świdrem Presslera, na której widoczna jest jedynie strefa rdzenia (brzoza, drzewo nr B2)

Fig. 15. Graphic comparison of the number of rings read on the resistance chart with a sample taken with in increment borer, where only the core zone is visible (birch, tree no. B2)



Rys. 16. Graficzne porównanie liczby słoików odczytanych na wykresie oporowym z obrazem przyrostów na próbce pobranej świdrem Presslera (sosna, drzewo nr S25)

Fig. 16. Graphic comparison of the number of rings read on the resistance chart with the image of growth rings on a sample taken with an increment borer (Scots pine, tree no. S25)

Różnice w przebiegu krzywych wzrostowych lip wynikają z cech osobniczych, wpływu warunków środowiska i ze sposobu zbierania oraz analizowania danych wiekowych. Najwyższy wzrost promieniowy wykazywały lipy rosnące w warunkach zbliżonych do naturalnych, czyli na terenach parkowych, a najniższe tempo – egzemplarze obu gatunków lip na terenach osiedlowych. Drzewa rosnące w pasach zieleni przyulicznej znalazły się pomiędzy obu wcześniej wymienionymi. Spodziewano się, że drzewa rosnące na terenach osiedlowych będą miały większe roczne przyrosty od drzew przyulicznych, rosnących w wyjątkowo niekorzystnych warunkach siedliskowych (Szczepanowska, 2001; Borowski, 2008), jednak otrzymane wyniki mogą wskazywać na to, że czynniki siedliskowe lub sposób uprawy drzew na osiedlach mieszkaniowych są dla lip mniej korzystne, niż zakładano.

Przebieg zbiorczej krzywej wiekowej lip jest bardzo zbliżony do uzyskanej na podstawie danych pochodzących z tabeli Majdeckiego. Analogiczne podobieństwo, w przypadku robinii akacjowej, wykazali też Węgiel i współautorzy (2017). Wskazuje to pośrednio na rzetelność opracowania tabeli Majdeckiego. Niestety, statystyczne porównanie wieku drzew ocenianego na podstawie pomiarów z tabelą Majdeckiego jest, ze względu na brak wyjściowych danych do tabeli, niemożliwe. Krzywe wiekowe lip rosnących w warunkach miejskich (zielen osiedlowa i przyuliczna) są wyraźnie odmienne od krzywej otrzymanej na podstawie tabeli Majdeckiego. Dlatego w przypadku siedlisk miejskich stosowanie tabeli może prowadzić do znacznego zawyżenia szacowanego wieku drzew.

Druga część badań dotyczyła pomiarów wieku otrzymanych z użyciem rezystografu i świdra przyrostowego. Oceniano w niej drzewa młode (brzoza brodawkowata i sosna pospolita). Wybrano bezpośrednie porównanie wieku po-

jedynczych egzemplarzy (nie krzywej) i wykazano różnice względem danych wiekowych pochodzących z tabeli Majdeckiego. Dla pojedynczych brzoź i sosen wiek szacowany z wykresów oporowych odbiegał w wielu przypadkach od oszacowanego przy pomocy tabeli Majdeckiego.

Na wyniki badań rezystograficznych i uzyskanych przy użyciu świdra przyrostowego mogły mieć wpływ czynniki związane ze specyfiką metody pomiarowej. W obu przypadkach możliwe było pominięcie niektórych wąskich pierścieni przyrostów. Zdarza się to szczególnie u drzew starszych, u których w strefie brzegowej pnia można spodziewać się pierścieni bardzo cienkich, a także u drzew rosnących w niekorzystnych warunkach siedliskowych, u których częste są pierścienie zanikające lub ich brak. Otrzymane wyniki nie są zatem wolne od błędów. Krzywe wiekowe przedstawiają bliską rzeczywistej dynamikę wzrostu lip *Tilia cordata* i *T. platyphyllos* i mogą stanowić podstawę do szacowania ich wieku. Należy zaznaczyć, że nie ma realnie innej metody oceny rzeczywistego wieku żyjących drzew niż zastosowane w badaniach.

Pozostaje pytanie, czy i na ile tabela Majdeckiego jest dokładna i czy można ją stosować do oceny wieku drzew parkowych? Jak zaznaczył sam autor, dla potrzeb rewalizacji drzewostan parkowy można podzielić na przedziały wiekowe o równych interwałach, na przykład 25, a nawet 50-letnich. Podział ten może być również nierównomierny, dostosowany do historycznych etapów rozwoju kompozycji parkowej (Majdecki, 1993). Tak więc oczywista zgrubność metody i jej dokładność znajduje zastosowanie w tych szerokich przedziałach.

Ponieważ przebieg krzywych wiekowych lip był zbliżony do krzywej uzyskanej na podstawie tabeli Majdeckiego, a badania pojedynczych drzew wykazały istotne różnice w ocenie ich wieku, można wyciągnąć ogólny wniosek.

Tabela Majdeckiego (przynajmniej dla badanych gatunków) jest dla dużego zbioru danych opracowana rzetelnie, natomiast w przypadku analizy wieku pojedynczych drzew istnieją nawet znaczne różnice względem wieku rzeczywistego. W efekcie dla potrzeb rewaloryzacji parku tabela Majdeckiego jest bez wątpienia przydatna, z zachowaniem jednak uwag i świadomości co do jej ograniczeń.

Podjęmowane są próby opracowania metod oceny wieku na podstawie zależności od pierśnicy i wysokości w postaci wykładniczego modelu regresji wielorakiej oraz wieku zależnie od pierśnicy w postaci funkcji wykładniczej (Łukaszkiwicz, 2010; Węgiel i in., 2017). Jednak metody te, jak na razie, ograniczają się do pojedynczych gatunków. W praktyce architekci krajobrazu nadal posługują się tabelą Majdeckiego, w której liczba gatunków, bądź tylko rodzajów, jest znacznie większa.

## Wnioski

Tabela szacowania wieku drzew opracowana przez prof. Longina Majdeckiego jest przydatna dla oceny wieku drzew w parkach, jednak szacowanie wieku pojedynczych egzemplarzy na jej podstawie może być obciążone znacznym błędem.

Ze względu na zmienność osobniczą drzew i różne warunki siedliskowe, w których rosną, tabela znajduje zastosowanie szczególnie w opracowaniach rewaloryzacyjnych parków, gdzie wyznaczone przedziały wiekowe drzew są stosunkowo szerokie.

Ocena wieku na podstawie tabeli może być podstawą do starań o objęcie pojedynczych drzew i całych kompleksów różnymi formami ochrony.

Z punktu widzenia praktyki konserwatorskiej należy dążyć do opracowania metod szacowania wieku drzew parkowych z uwzględnieniem dużej liczby gatunków i licznych i dobrze rozpoznanych próbach. Warto spróbować oprzeć szacowanie nie tylko na pierśnicy drzew, ale również innych parametrach, na przykład wysokości czy wielkości korony.

## Podziękowania

Autorzy serdecznie dziękują Pani Dr Annie Majdeckiej-Strzeżek za udostępnienie materiałów do artykułu, a Panom Łukaszowi Wnękowi i Wojciechowi Dei za pomoc w przeprowadzeniu badań.

## Literatura

Baniukiewicz E. 1974. Określanie wieku drzew. *Rocznik Dendrologiczny* 28:141–146.  
 Baridon D, Suchocka M. 2009. Wizualna metoda oceny statyki drzew. Co ma wpływ na statykę drzewa i jak rozpoznać zagrożenie? *Administrator* 2009(2):16–19.  
 Boratyński A, Boratyńska K, Borkowski K. 2020. Oliwka europejska (*Olea europaea*) – najdłużej żyjący organizm w śródziemnomorskiej Europie. *Rocznik Polskiego Towarzystwa Dendrologicznego* 68:11–33.  
 Borowski J. 2008. Wzrost rodzimych gatunków drzew przy

ulicach Warszawy. Warszawa: Wydawnictwo SGGW.  
 Borowski J. 2013. Rola dendrologa w rewaloryzacji historycznych założeń ogrodowych. W: *Rewitalizacja parków jako przywracanie ciągłości dziedzictwa kulturowego*, 6 Wiosenna Wystawa Szkółkarska Mazowiecka Zieleń – jakość i asortyment: Konferencja Jasieniec, 28 lutego – 1 marca 2013. Mazowiecka Zieleń, 7–9.  
 Borowski J, Pstrągowska M. 2009. Lista gatunków i wyznaczenie współczynników gatunkowych i przyrostowych wykorzystywanych w metodzie wyceny drzew. Warszawa: IGPIM.  
 Bruchwald A. 1995. *Dendrometria*. Warszawa: Wydawnictwo SGGW.  
 Chrapka M. 2004. Krzywe wiekowe lip *Tilia cordata* i *Tilia platyphyllos* rosnących w różnych warunkach miejscowych uzyskane za pomocą rezystografu. Warszawa: SGGW, Wydział Ogrodnictwa i Architektury Krajobrazu [maszynopis pracy magisterskiej].  
 Costello LR, Quarles SL. 1999. Detection of wood decay in blue gum and elm: an evaluation of the resistograph and the portable drill. *Journal of Arboriculture* 25(6):311–318.  
 Deja M. 2011. Ocena wieku wybranych gatunków drzew na podstawie pomiarów wykonanych rezystografem i świdrem Presslera. Warszawa: SGGW, Wydział Ogrodnictwa i Architektury Krajobrazu [maszynopis pracy magisterskiej].  
 Fritts HC. 1998. *Tales trees tell. Story 3: A year in the life of a pine tree*. Tucson: DendroPower Press.  
 Grissino-Mayer HD. 2003. A manual and tutorial for the proper use of an increment borer. *Tree-Ring Research* 59(2):63–79.  
 Johnstone DM, Ades PK, Moore GM, Smith IW. 2007. Predicting wood decay in eucalypts using an expert system and the IML-Resistograph drill. *Arboriculture & Urban Forestry* 33(2):76–82 DOI: 10.48044/jauf.2007.009.  
 Lorimer CG, Dahir SE, Singer MT. 1999. Frequency of partial and missing rings in *Acer saccharum* in relation to canopy position and growth rate. *Plant Ecology* 143:189–202 DOI: 10.1023/A:1009847819158.  
 Łukaszkiwicz J. 2010. Określanie wieku niektórych gatunków drzew ulicznych na podstawie wybranych parametrów dendrometrycznych. *Rocznik Polskiego Towarzystwa Dendrologicznego* 58:25–38.  
 Łukaszkiwicz J. 2013. Szacowanie obwodów pni drzew 10-letnich na potrzeby zieleni miejskiej. *Rocznik Polskiego Towarzystwa Dendrologicznego* 61:87–95.  
 Majdecka-Strzeżek A. 2008. Analiza wiekowa drzewostanu. *Zieleń Miejska* 2:10–11.  
 Majdecki L. 1964–1966. *Rejestr ogrodów polskich*. T. 1–5. Warszawa: PWN.  
 Majdecki L. 1980–1986. *Tabela wiekowa drzew*. Warszawa: Oddział Architektury Krajobrazu SGGW [maszynopis].  
 Majdecki L. 1993. *Ochrona i konserwacja zabytkowych założeń ogrodowych*. Warszawa: PWN.  
 Majdecki L. 2007. *Historia ogrodów*. T. 1. Warszawa: PWN.  
 Majdecki L, Majdecka-Strzeżek A. 2019. *Ochrona i konserwacja zabytkowych założeń ogrodowych*. Warszawa: PWN.

- Pacyniak 1992. Najstarsze drzewa w Polsce. Przewodnik. Warszawa: Wydawnictwo PTTK „Kraj”.
- Pressler MR. 1866. Der forstliche Zuwachsbohrer neuester Construction. Tharandter Forstliches Jahrbuch 17:155–223.
- Rinn F. 1994. Jahrringe im Bohr widerstandsprofil. Bautenschutz und Bausanierung 7:17–24.
- Schwarze FWMR. 2008. Diagnosis and prognosis of the development of wood decay in urban trees. Rowville: ENSPEC.
- Siewniak M. 1990. Gospodarka drzewostanem w założeniach parkowo-ogrodowych. Komunikaty Dendrologiczne 16:1–46.
- Suchocka M. 2012. Zalety i ograniczenia stosowania wizualnej metody oceny drzew (VTA) jako odpowiedź na problemy związane z zagrożeniami powodowanymi przez drzewa miejskie. Człowiek i Środowisko 36(1–2): 97–110.
- Suchocka M, Kolasiński M. 2018. Możliwości i ograniczenia diagnozowania instrumentalnego w badaniach statyki drzew – część 1. Inżynieria Ekologiczna/Ecological Engineering 19(5):14–18 DOI: 10.12912/23920629/94368.
- Szczepanowska HB. 2001. Drzewa w mieście. Warszawa: Hortpress.
- Szczepanowska HB. 2009. Synteza badań i założenia merytoryczne metody wyceny wartości drzew dla warunków polskich. Warszawa: IGPiM.
- Szymanowski T. 1956. Czy są w Polsce drzewa tysiącletnie? Rocznik Dendrologiczny 11:382–393.
- Wang S-Y, Chiu C-M, Lin C-J. 2003. Application of the drilling resistance method for annual ring characteristics: evaluation of Taiwan (Taiwania cryptomerioides) trees grown with different thinning and pruning treatments. Journal of Wood Science 49:116–124 DOI: 10.1007/s100860300018.
- Weber K, Mattheck C. 2007. The effects of excessive drilling diagnosis on decay propagation in trees. Trees 20:224–228 DOI: 10.1007/s00468-005-0029-z.
- Węgiel A, Maliński T, Bocianowski J, Rączka G, Sugiero D. 2017. Wzory empiryczne do określania wieku drzew robinii akacjowej (*Robinia pseudoacacia* L.) na podstawie obwodu pnia. Sylwan 161(10):831–841.
- White J. 1998. Estimating the age of large and veteran trees in Britain. Forestry Commission. Na stronie: <https://www.ancienttreeforum.co.uk/wp-content/uploads/2015/03/John-White-estimating-file-pdf.pdf>
- Zielski A, Krąpiec M. 2004. Dendrochronologia. Warszawa: PWN.
- Zimmermann MH, Brown CL. 1981. Drzewa: struktura i funkcje. Warszawa: PWN.