

BEATA ŻURAW*, WOJCIECH DURLAK**, MARGOT DUDKIEWICZ**,
DAMIAN NOWAK*

ASSESSMENT OF THE HEALTH OF MONUMENTAL TREES GROWING IN A HISTORIC PARK IN ZWIERZYŃCIEC USING AN ACOUSTIC TOMOGRAPH

OCENA STANU ZDROWOTNEGO DRZEW POMNIKOWYCH W ZABYTKOWYM PARKU W ZWIERZYŃCIEC PRZY UŻYCIU TOMOGRAFU AKUSTYCZNEGO

Abstract

The aim of the study was to assess the state of health of 7 monumental trees which are the remains of gardens by the historic villas date back to the beginning of the 20th of the 20th century. Currently, 2 trees are located in the right-of-way, and the rest of the specimens are protected while as the part of Nature and Culture Landscape Parks, which include gardens in Parkowa Street. PiCUS Sonic Tomograph was used in the research which was based on the method of acoustic tomography, which uses the characteristics of a sound wave generated at the periphery of the trunk, providing information about the state of wood in the cross-section of the trunk. The state of health of 3 trees was rated as good, whereas inside 4 other trees inner cavities were found. It is expected that further development of damage will worsen the static condition of the trees and thus it will constitute a potential threat to the inhabitants of the city. Condition of the tree and thus it will constitute a potential threat to the inhabitants of the city.

Keywords: Zwierzyniec, acoustic tomograph, natural monument

Streszczenie

W badaniach oceniono stan zdrowotny siedmiu drzew pomnikowych, stanowiących pozostałości ogrodów przy zabytkowych willach, pochodzących z początku lat 20. XX w. Obecnie dwa drzewa znajdują się w pasie drogowym, natomiast pozostałe objęte są ochroną, pozostając w granicach Przyrodniczo-Kulturowych Parków Krajobrazowych, obejmujących ogrody przy ul. Parkowej. Do prac wykorzystano urządzenie PiCUS Sonic Tomograph, bazujące na metodzie tomografii akustycznej. Wykorzystuje ona właściwości fali dźwiękowej, generowanej na obwodzie pnia, dostarczającej informacji o stanie drewna w przekroju poprzecznym pnia. Stan zdrowotny trzech badanych obiektów oceniono jako dobry, natomiast w przypadku czterech drzew stwierdzono wewnętrzne wypróchnienia i ubytki wgłębne. Przewiduje się, że dalszy rozwój uszkodzeń będzie pogarszał warunki statyczne drzew i tym samym stanowił potencjalne zagrożenie dla użytkowników przestrzeni miejskiej.

Słowa kluczowe: Zwierzyniec, tomograf akustyczny, pomnik przyrody

* Ph.D. Eng. Beata Żuraw, Eng. Arch. Land. Damian Nowak, Department of Botany, University of Life Sciences in Lublin.

** Ph.D. Eng. Wojciech Durlak, Ph.D. Eng. Margot Dudkiewicz, Department of Ornamental Plants and Landscape Architecture, University of Life Sciences in Lublin.

1. Introduction

Natural monuments include protected areas of 0.1 hectares and are designed to conserve a single stately tree or clusters of rare shrubs, ground cover, bizarre rocks, etc.¹ Lublin Province is one of the regions with the smallest number of such forms of nature conservancy². Protected objects are mostly trees, including oak, beech, pine, larch and juniper. An example is the centuries-old oak tree growing in Florianka near Zwierzyniec, which has been protected since 1956³. What is more, natural values in Zwierzyniec and its surrounding area have been protected since establishing Roztocze National Park in 1974.

Monumental trees of native and non-indigenous species are now considered to be of historical and high-ranking value in gardening. Most often they can be found in parks surrounding the mansions of magnates and gentry, and their spatial composition is also protected. An example of such a place is in Zwierzyniec where, since 1977 systematic efforts have been aimed at the revitalization of the historical substance in the urban layout of the settlement. The first objects recorded were: the palace garden with the vivarium, the plenipotentiary's mansion and the southern part of the settlement⁴. In the next stage the area of the former treasury garden was also catalogued. The garden was founded at the turn of the 19th and 20th centuries. A special development plan was created and the garden became known as an Environmental Park⁵. In recent years, funds were raised which enabled restoration of the historic water-palace complex⁶ and the revitalization of the Environmental Park, which houses a unique monument of locust, commemorating the eradication of a plague which hit Zwierzyniec in 1711⁷. Facilities that are waiting for restoration projects include the remains of the gardens of the historic villas belonging to the KostECKI and the Potocki families, dating back to the beginning of the '20s of the 20th

¹ According to Art. 40 of the Act of 16 April 2004 on nature protection, nature monuments are single creations of living and non-living nature or their groups with exceptional environmental, scientific, cultural, historical, or landscape value, and distinguished by individual features standing out among other creations, such as exceptionally large trees, bushes of native or alien species, springs, waterfalls, karst springs, rocks, ravines, erratic boulders, and caves.

² D. Fijałkowski, *Pomniki przyrody, rezerваты, parki i krajobrazy województwa lubelskiego. Materiały propagandowo-szkoleniowe*, Polskie Towarzystwo Turystyczno-Krajoznawcze, Regionalna Pracownia Krajoznawcza, Lublin 1975, p. 12.

³ *Ibidem*, p. 14.

⁴ M. Kseniak, *Opracowanie ewidencyjne zieleni zabytkowej Zwierzynica w woj. zamojskim obejmującej: ogród pałacowy wraz z vivarium, rezydencję plenipotenty oraz południową część osady należącą dawniej do dóbr Ordynacji Zamojskich. Zwierzyniec I*, Stowarzyszenie Naukowo-Techniczne Inżynierów i Techników Ogrodnictwa, Zarząd Główny Zespół Rzeczoznawców, October 1977 – July 1978.

⁵ *Park Środowiskowy w Zwierzynicy. Plan realizacyjny zagospodarowania terenu parku*, Liga Ochrony Przyrody, Zakład Zadrzewień i Zieleni, Pracownia Projektowa w Warszawie, na zlecenie Urzędu Gminy w Zwierzynicy, 1983.

⁶ *Odtworzenie zabytkowego układu wodno-pałacowego w Zwierzynicy wraz z zagospodarowaniem turystycznym*, <http://www.zwierzyniec.info.pl/index.php> (access: 10.09.2016).

⁷ *Rewitalizacja Parku Środowiskowego w Zwierzynicy etap I*, lokalna grupa Działania Nasze Roztocze, 2011, <http://www.lgdnaszeroztocze.pl> (access: 10.09.2016).

century⁸. Estates located in Parkowa Street numbers: 3, 3B, and 5 have the status of Nature and Culture Landscape Parks⁹. Currently, these areas are controlled either by the Forest District Zwierzyniec, Zwierzyniec City or private owners. Within these areas there are trees registered as natural monuments ranging from 1377 to 1380 and from 1382 to 1389¹⁰.

The aim of this study was to assess the health of monumental trees, which are a remnant of plantings in the palace and park complex in Zwierzyniec, growing now in the right-of-way and in the estates in Parkowa Street, adjacent to the Environmental Park in Zwierzyniec.

2. Object of research

Zwierzyniec is located on the border of Western and Central Roztocze in the valley of the Wieprz River¹¹. The history of the settlement dates back to the end of the 16th century. It was the country residence of Jan Zamoyski, the founder of Zamość and the creator of the Zamoyski Family Fee Tail¹². The palace with extensive gardens, together with the beautiful natural surroundings was a place of recreation in nature. The central part was a wooden residence surrounded by four brick outbuildings. The buildings formed a spacious inner area of baroque garden-like character, opening up to the adjacent pond. The main axis of the complex was directed to a system of four islands. On one of the middlemost islands there is still a baroque church built in 1741. The transverse axis going through the three islands is closed by the house on the hill by the forest¹³.

Gardens interlinked with the landscape, were cared for by the descendents of Zamoyski, who were, obliged by Jan Zamoyski's testament, continued his work. An excellent successor was Tomasz Antoni Zamoyski (1708-1751) – the 7th entailor, the author of an unfinished work called *Gardening*, which according to professor Jerzy Kowalczyk is the first Polish tract on the art of gardening. Gardeners and foresters planted new tree species to enrich the selected gardens and landscape¹⁴. Both native trees and those of foreign origin were propagated in nurseries of ornamental and fruit trees, established in 1897 by Franciszek Fejfer-Stankowski

⁸ *Miejscowy plan zagospodarowania przestrzennego obszaru miasta Zwierzyniec*, uchwała Nr XIII/70/07 Rady Miejskiej w Zwierzyńcu z dnia 14 czerwca 2007 r., p. 8, mpzp.igeomap.pl/doc/zamosc/zwierzyniec/02.pdf (access: 10.09.2015).

⁹ *Strategia rozwoju lokalnego gminy Zwierzyniec na lata 2007-2015*, Fundacja Centrum Rozwoju Lokalnego, p. 28-29, www.zwierzyniec.bip.lublin.pl/dokp/1144.pdf (access: 10.09.2015).

¹⁰ *Rejestr Form Ochrony Przyrody*, <http://bip.lublin.rdos.gov.pl/rejestr-form-ochrony-przyrody> (access: 28.07.2015).

¹¹ H. Matławska, *Zwierzyniec*, Wydano staraniem Rady Miejskiej w Zwierzyńcu i Roztoczańskiego Parku Narodowego, Zwierzyniec 1991, p. 9.

¹² *Ibidem*, p. 53.

¹³ L. Matławska-Patyk, M. Patyk, *Renesansowa willa Jana Zamoyskiego w Zwierzyńcu nad Wieprzem*, Teka Kom. Urb. i Arch., Vol. XX, 1986, p. 200-208.

¹⁴ H. Matławska, L. Matławska-Patyk, M. Patyk, *Idea jedności człowieka z przyrodą w Zwierzyńcu – ogrodzie oświeconych i romantycznych*, Part I, Teka Kom. Urb. i Arch., Vol. XXIII, 1989-1990, p. 208-209; H. Matławska, L. Matławska-Patyk, M. Patyk, *Idea jedności człowieka z przyrodą w Zwierzyńcu – ogrodzie oświeconych i romantycznych*, Part II, Teka Kom. Urb. i Arch., Vol. XXIV, 1989-1990, p. 93-99.

in Florianka, located by the road to Górecko Stare, 7 km to the south-west of Zwierzyniec¹⁵. Before 2005, there remained 3.5 out of the original 15 hectares of forest covering the area of the old nurseries. Currently, there are 67 species of trees and shrubs which come from the old plantings as well as plants which grew on took hold after production activity was discontinued¹⁶. Some of the trees, which enriched the natural landscape, reached the dimensions of natural monuments and are protected by law. Among them is a forest avenue in sections 46 and 68, composed of 45 beech trees and 8 fir trees. The register lists 7 monumental trees in Parkowa Street in Zwierzyniec, protected from 19th March, 1983. Among them there are: white walnut (*Juglans cinerea* L.), black pine (*Pinus nigra* J.F. Arnold), red cedar (*Juniperus virginiana* L.), bald cypress (*Taxodium distichum* Rich.), douglas fir (*Pseudotsuga menziesii* var. *glauca* (Beissn.) Franco), pedunculate oak (*Quercus robur* 'Pectiniata'), London plenetree (*Platanus ×hispanica* Munchh.)¹⁷. These specimens are a remnant of the utility and walking garden which was formed on the north side of Wieprz River¹⁸. Earlier registers listed also two paper birches (*Betula papyrifera*) which appeared on the list of monumental trees of Zwierzyniec in 2001¹⁹. Unfortunately, they collapsed, like many other trees of the historic park, because of the wind. Also standing trees grow on the north side of the park on estates, adjacent to Parkowa Street and on the side of the road. Four of the above mentioned monumental specimens appear on the park revitalization plan from 1983. These include: *Juglans cinerea*, *Juniperus virginiana*, *Pseudotsuga menziesii* and *Platanus hispanica*²⁰. *Quercus robur* 'Pectiniata', *Taxodium distichum* and *Pinus nigra* were not included in the plan.

3. Methods

The state of health of trees can be determined in various ways. The easiest way to measure and describe the state of a stand of trees is to use visual or auscultatory methods. Visible damage or defects and infections caused by pathogens, can be quickly defined and appropriate steps can be taken to protect the surroundings from harmful consequences e.g. the collapse of trees. Tapping on a tree trunk with a rubber mallet is one of the traditional methods to detect rot or deep cavities²¹. It is much more difficult to make the right decision in the case of suspected infection inside the trunk or large deep-seated cavities, which do

¹⁵ J. Hryniewicz, *Arboretum we Floriance (koło Zwierzynca Lubelskiego)*, Roczn. Dendrol., 14, 1960, p. 129-136.

¹⁶ B. Lorens, M. Cygan-Lorens, *Dawne szkółki drzew i krzewów we Floriance koło Zwierzynca*, Roczn. Dendrol., 53, 2005, p. 111-120.

¹⁷ *Centralny Rejestr Form Ochrony Przyrody*, 2012, poz. 1377-1380, 1382-1384, <http://www.e-surf.pl/portfolio/11/90-centralny-rejestr-form-ochrony-przyrody> (access: 10.09.2015).

¹⁸ M. Kseniak, *op. cit.*, p. 17.

¹⁹ A. Gabryel, A. Lewicka, J. Stachyra, Z. Kurek, *Drzewa pomnikowe Zwierzynca*, Zwierzyniec 2001.

²⁰ E. Maj, *Zwierzyniec nad Wieprzem d. rezydencja Ordynacji Zamojskich. Założenie Zwierzynicowo-Ogrodowe*, Stowarzyszenie Architektów Polskich o/Lublin, Pracownia Usług Architektonicznych, Lublin 1989.

²¹ E. Chomicz, *Bezinwazyjne metody wykrywania defektów wewnątrz pni drzew stojących (tomograf PiCUS Sonic i PiCUS Treetric)*, Leśne Prace Badawcze, 3, 2007, p. 117-124.

not give any visible external signs. For this purpose it is necessary to use diagnostics, which allow insight into the internal structures of a tree trunk. Commonly used, but an invasive method is to make one or even several drillings, which allow the macro and microscopic study of samples of wood taken from the inside of the trunk (increment borer). A different technique is the study based on the measurement of electrical resistance of wood²², resistance of electric current using shigometer²³, speed of the sound wave (sound impulse hammer)²⁴ and the rate of tissue resistance of wood in micro-drillings (resistograph)²⁵.

In recent years, non-invasive methods of assessing the internal structure of a standing tree trunk are used more and more often. The acoustic tomograph²⁶ and electrical resistance tomograph are used to do this (e.g. PiCUS Sonic and PiCUS Tretronic). They complement each other, providing detailed images of the inside of the trunk of a tested tree²⁷. The acoustic tomograph measures the speed of the sound waves between sensors placed around the trunk, allowing detection of disturbing changes in its interior. Electrical resistance tomograph measures the electrical conductivity of wood, which detects the concentration of pathogens that cause decay²⁸. These methods may also include the use of ground-penetrating radar (GPR), but it is believed that tomography is more accurate²⁹.

Measurements carried out with the Picus Sonic 3 allow non-invasive detection of defects inside the trunk of a tree, as well as to determine the degree of decomposition of wood³⁰. This study uses the speed of sound inside the trunk which depends on the elasticity and density of the wood tissue. Each range of the speed of sound has a different colour assigned to colour tomograms. Light brown to black correspond to a range of approximately 60% to 100% of maximum speed for a living healthy tissue. Green hues reflect the range between 40% and 60% of the maximum speed, pink colour represents the range between 20% and 40%, and shades of blue to white represent the range from 20% to 0%. The colours: white, blue, pink and purple represent wood with the weakest structure (the occurrence of damage),

²² T.A. Tattar, A.L. Shigo, T. Chase, *Relationship between the degree of resistance to a pulsed electric current and wood in progressive stages of discoloration and decay in living trees*, Canadian Journal of Forest Research 2(3), 1972, p. 236-243.

²³ W.C. Shortle, K.T. Smith, *Electrical properties and rate of decay in spruce and fir wood*, Phytopathology, 77(6), 1987, p. 811-814.

²⁴ K.C. Bethge, C. Mattheck, E. Hunger, *Equipment for detection and evaluation of decay in trees*, J. Arbor., 20, 1996, p. 13-37.

²⁵ L.R. Costello, S.L. Quarles, *Detection of wood decay in blue gum and elm: an evaluation of the resistograph and the portable grill*, J. Arbor., 25, 1999, p. 311-318.

²⁶ L. Li, X. Wang, L. Wang, R.B. Allison, *Acoustic tomography in relation to 2D ultrasonic velocity and hardness mappings*, Wood Science and Technology, 46(1), 2012, p. 551-561.

²⁷ L. Göcke, S. Rust, U. Weihs, T. Günther, C. Rücker, *Combining sonic and electrical impedance tomography for the non destructive testing of trees*, Proceedings of the 15th International Symposium on Nondestructive Testing of Wood, September 10-12, 2007, Duluth, Minnesota, USA, p. 31-42.

²⁸ N.J. Brazee, R. Marra, L. Göcke, P. Van Wassenaeer, *Non-destructive assessment of internal decay in three hardwood species of northeastern North America using sonic and electrical impedance tomography*, Forestry, 84(1), 2011, p. 33-39.

²⁹ G. Nicolotti, L.V. Socco, R. Martinis, A. Godio, L. Sambuelli, *Application and comparison of three tomographic techniques for the detection of decay in trees*, J. Arbor., 29, 2003, p. 66-78.

³⁰ E. Chomicz, *op. cit.*, p. 117-124.

green colour indicates a slight deterioration of the structure of wood, whereas brown and black stand for healthy wood. The brighter the colour on the tomogram, the slower the speed of sound, and thus – the structure of the wood is weaker³¹.

The 2015 research comprised inhouse studies and field work. Review of documentation and conservation works on existing green areas located in the center of Zwierzyniec was made. The state of health of 7 monumental trees growing in the area adjacent to the Environmental Park was analysed. The field work involved performing a visual evaluation, photographic documentation, dendrological and tomographic measurement of the selected trees. The following were measured: tree trunk circumference at the height of 130 cm, diameter of the crown, and the height of the trees. Picus 3 Sonic tomograph and Picus Calliper – an electronic caliper with a Bluetooth module were used to measure the internal structure of the trunk. 6 to 8 sensors (depending on the circuit) were placed on the trunk at the depth of 1 cm.

4. Results – description of the state of health of the monumental trees

While walnut (*Juglans cinerea L.*) located on the lawn on the corner of Parkowa and Zamojska Streets (50.612580°N and 22.966818°E). The circumference of this specimen is 281 cm at breast height, it is 18.5 m high and its crown spread is 15.3 m (Ill. 1a). The tested specimen splits into two lower stems at the height of 150 cm. The circumference of the first one is 185 and the other 180 cm. Tapping on the trunk with a rubber mallet resulted in a thud, which initially made it possible to draw an assumption that the structure of the inner trunk was weak.

Tomographic measurements showed the lowest density of the wood in the lower stem on the north side (Ill. 1b). The minimum speed of sound waves was 682 m/s, the maximum was 1420 m/s on the SW side, which means that this stem is characterised by healthy wood. The calculated minimum safe thickness of the wall of the trunk should be at least 9.7 cm of healthy wood. In the heavily damaged stem, weak wood structure constitutes a very large area around the outer layer of the tree (bark). The state of health of the examined tree is affected by many (20) focus areas of mistletoe, resulting in weakening of its structure in the higher parts of the crown. The weakness is also caused by paving the area near the base of the trunk.

Black pine (*Pinus nigra J.F. Arnold*) located on the premises of the Forest District in Zwierzyniec in front of the main entrance to the building (50.613040°N and 22.966853°E). Its circumference is 253 cm, it is 17 m high and the crown spread is 15.3 m.

The tomogram shows correct internal structure of wood in over 90% (Ill. 2d). The speed of sound waves was the slowest among the measurement points 7 and 8, and was 510 m/s.

³¹ E. Chomicz, *Bezinwazyjne diagnozowanie kondycji drzew zabytkowych z zastosowaniem tomografów PiCUS*, Kurier Konserwatorski, 8, 2010, p. 29-32; W. Kowalczyk, T. Kowalczyk, *Ekspertyza dendrologiczna wykonana przy wykorzystaniu sonicznego tomografu komputerowego i metody Treesa*, Warszawa 2014, http://ztp.waw.pl/media/2015/02/12/eksp_d687.pdf (access: 12.10.2015).

The speed of sound waves was the biggest between sensors 8 and 4 (1371 m/s). Wood of a weaker structure occupies a very small area. The black pine has a good state of health.

Red cedar (*Juniperus virginiana* L.) is located on the premises of the front office of the Forest District in Zwierzyniec on Parkowa Street (50.612628°N and 22.968893°E). The tree branches into two lower stems at the height of 10 cm from the base. The circumference of the first one is 146 cm, and the other 80 cm. The main lower stem has an inner cavity of 30 × 150 cm (Ill. 2b). The tree is 13 m high and the crown spread is 9 m. Visual and mechanical evaluation (tapping with a mallet) made it possible to conclude that the tree has correct internal structure of the trunk.

The measurement points were installed only on the stem with a larger circumference. The speed of sound waves ranged from 600 m/s to 1719 m/s, which indicates a very good condition of the internal structure of the trunk. Only the layers lying directly under the external cavity show signs of slight weakening of the structure, which has no significant impact on the health of the tree. The minimum wall thickness in this case is 6 cm.

Bald cypress (*Taxodium distichum* Rich.) located on the northern corner of the villa, on the premises of the front office of the Forest District in Zwierzyniec on the side of the police station (50.612863°N and 22.967520°E). Its circumference is 163 cm, it is 15 m high and the crown spread is 7.7 m (Ill. 2c). Tapping the tree trunk with a mallet from its base to the height of 150 cm on all sides produced an unusual thud.

The tomogram showed a significant inner cavity inside the trunk spreading NW, where the structure of the wood is the weakest. The speed of sound waves ranged from 438 m/s to 1415 m/s. The minimum wall thickness is 6.6 cm and is within the range of security along almost the entire circumference except for the cavity (Ill. 2f). It should be noted that trees belonging to this species, with age, have a tendency to create voids inside the trunk and form wide, bottle-shaped bases. Despite that, the tree is stable and does not pose a threat of falling over. The soil on which the examined specimen grows is sandy; hence no **pneumatophores** were observed (aerial roots).

Douglas fir (*Pseudotsuga menziesii* var. *glauca* (Bessin. Franco)) is located on the premises of the front office of the Forest District in Zwierzyniec on Parkowa Street (50.612478°N and 22.968903°E). Its circumference is 183 cm, it is 18 m high and the crown spread is 9 m. The tested specimen branches at the height of 2.2 m into three lower stems, however there is also a trace of a removed limb (Ill. 3a). Considerable tree decline occurs to the height of 8 m.

Tomography showed that the trunk has a very good internal structure with the exception of small areas of low and very low density in the southern part. The speed of sound waves ranged from 358 m/s to 1535 m/s. The high density of wood is a sign that the tree is in a very good condition. The minimum wall thickness which would guarantee the stability of the tree was calculated at 6.6 cm.

***Quercus robur* 'Pectinata'** located in the immediate vicinity of a residential building in Parkowa 6a Street (50.612143°N and 22.967837°E). Its circumference is 182 cm, it is 16 m high and the crown spread is 9 m. The specimen does not bode well as far as its health is concerned. Because of its very close location to the building (the distance from the wall is approximately 1 m) the crown is formed only in a westerly direction (Ill. 3b). From the wall, there is a trace of a removed limb. That place is debarked on the length of 0.5 m. On the south side at the height of 190 cm there is a tree hollow.

The tomogram showed that over half of the internal structure of wood is characterized by weakness, which may indicate an advanced stage of decomposition of the wood inside the trunk, thus creating a deep inner cavity. There was a low speed of sound waves (564-900 m/s) in most measurement points (Ill. 3e). The minimum wall thickness was calculated at 7.5 cm. Poor condition of the tree can also result from damage done to the root system during construction works conducted in recent years.

London planetree *Platanus hispanica* Munchh. located on Parkowa Street in the vicinity of the apartment block on Jasna 7 Street (50.612242°N and 22.969758°E). Its circumference measured at breast height is 281 cm, it is 24.5 m high and the crown spread is 15 m. The visual assessment of the tree indicates it is in good health despite the presence of inner cavities (Ill. 3c).

The tomogram confirmed a deep degree of degradation of wood in the central part of the trunk. From the SE there is also a hollow with a tendency to twist the trunk, which may result from a significant weakening of the internal structure of the trunk. The lowest speed of sound waves (649 m/s) was found between points 5 and 9, while the highest (1343 m/s) – on the perimeter of the internal structure of the trunk (Ill. 3f).

5. Conclusions

The state of health was unsatisfactory in four out of seven trees. Inside there is decay and inner cavities whose further development will worsen static conditions of the tree which in turn may constitute a potential danger to users of the surrounding urban space.

The defective condition of some trees was influenced by several factors. The most important include the unfavorable current location of the trees (near vehicle communication lanes and in close proximity to residential buildings) their advanced age, improperly chosen habitat conditions when planted, as well as the lack of proper care.

Taking into consideration the cultural value of monumental trees, as well as their location in places frequented by the locals, it is postulated to carry out a systematic assessment of selected specimens in order to protect resources, as well as to ensure the safety of users of the area.

1. Wstęp

Pomniki przyrody obejmują obiekty chronione o powierzchni do 0,1 ha i mają na celu zachowanie pojedynczych okazałych drzew lub ich skupień, rzadkich krzewów, runa, osobliwych skałek itp.¹ Województwo lubelskie zajmuje jedno z ostatnich miejsc pod względem liczby tych form ochrony przyrody². Obiektami chronionymi są najczęściej drzewa, a wśród nich dęby, buki, sosny, modrzewie i jałowce. Przykładem takich obiektów jest, rosnący we Floriance nieopodal Zwierzyńca, kilkusetletni dąb szypułkowy, który podlega ochronie od 1956 r.³ Walory przyrody Zwierzyńca i okolic zostały ponadto objęte ochroną przez utworzenie w 1974 r. Roztoczańskiego Parku Narodowego.

Pomnikowe drzewa gatunków rodzimych, jak również obcego pochodzenia, stanowią dziś świadectwo historii i wysoko postawionej sztuki ogrodniczej. Najczęściej znajdują się w parkach otaczających dwory magnackie i szlacheckie, których układy również objęte są ochroną. Przykładem takiej siedziby jest Zwierzyniec, w którym od 1977 r. systematycznie prowadzone są działania mające na celu rewitalizację zabytkowej substancji w układzie urbanistycznym osady. Pierwszymi obiektami objętymi ewidencją były: ogród pałacowy wraz z vivarium, rezydencja plenipotenty oraz południowa część osady⁴. W kolejnym etapie zinwentaryzowany został teren dawnego ogrodu skarbowego, założonego na przełomie XIX i XX w., dla którego opracowano plan zagospodarowania i nadano nazwę Park Środowiskowy⁵. W ostatnich latach udało się pozyskać fundusze i przeprowadzić odtworzenie zabytkowego układu wodno-pałacowego⁶ oraz rewitalizację Parku Środowiskowego, w którym znajduje się unikatowy pomnik szarańczy, upamiętniający zwalczenie plagi, jaka nawiedziła Zwierzyniec w 1711 r.⁷ Obiektami, które czekają na projekty rewitalizacji, są pozostało-

¹ Art. 40 ustawy z dnia 16 kwietnia 2004 r. o ochronie przyrody podaje: *Pomnikami przyrody są pojedyncze twory przyrody żywej i nieożywionej lub ich skupiska o szczególnej wartości przyrodniczej, naukowej, kulturowej, historycznej lub krajobrazowej oraz odznaczające się indywidualnymi cechami, wyróżniającymi je wśród innych tworów, okazałych rozmiarów drzewa, krzewy gatunków rodzimych lub obcych, źródła, wodospady, wywierzyska, skałki, jary, głązy narzutowe oraz jaskinie.*

² D. Fijałkowski, *Pomniki przyrody, rezerваты, parki i krajobrazy województwa lubelskiego. Materiały propagandowo-szkoleniowe*, Polskie Towarzystwo Turystyczno-Krajoznawcze, Regionalna Pracownia Krajoznawcza, Lublin 1975, s. 12.

³ *Ibidem*, s. 14.

⁴ M. Kseniak, *Opracowanie ewidencyjne zieleni zabytkowej Zwierzyńca w woj. zamojskim obejmujące: ogród pałacowy wraz z vivarium, rezydencję plenipotenty oraz południową część osady należącej dawniej do dóbr Ordynacji Zamojskich. Zwierzyniec I*, Stowarzyszenie Naukowo-Techniczne Inżynierów i Techników Ogrodnictwa, Zarząd Główny Zespół Rzeczoznawców, październik 1977 – lipiec 1978.

⁵ *Park Środowiskowy w Zwierzyńcu. Plan realizacyjny zagospodarowania terenu parku*, Liga Ochrony Przyrody, Zakład Zadrzewień i Zieleni, Pracownia Projektowa w Warszawie, na zlecenie Urzędu Gminy w Zwierzyńcu, 1983.

⁶ *Odtworzenie zabytkowego układu wodno-pałacowego w Zwierzyńcu wraz z zagospodarowaniem turystycznym*, projekt w ramach Regionalnego Programu Operacyjnego Województwa Lubelskiego na lata 2007-2013, oficjalny serwis internetowy Urzędu Miejskiego w Zwierzyńcu, <http://www.zwierzyniec.info.pl/index.php> (dostęp: 10.09.2016).

⁷ *Rewitalizacja Parku Środowiskowego w Zwierzyńcu etap I*, lokalna grupa Działania Nasze Roztocze, 2011, <http://www.lgdnaszeroztocze.pl> (dostęp: 10.09.2016).

ści ogrodów przy zabytkowych willach Kosteckich i Potockich, pochodzących z początku lat 20. XX w.⁸ Posesje usytuowane przy ul. Parkowej 3, 3B i 5 mają status Przyrodniczo-Kulturowych Parków Krajobrazowych⁹. Obecnie tereny te znajdują się pod zarządem Nadleśnictwa Zwierzyniec, miasta Zwierzyniec oraz prywatnych właścicieli. W ich obrębie rosną drzewa objęte rejestrem pomników przyrody pod pozycją od 1377 do 1380 oraz od 1382 do 1389¹⁰.

Celem badań była ocena stanu zdrowotnego drzew pomnikowych, będących pozostałością nasadzeń w zespole pałacowo-parkowym w Zwierzyncu, rosnących obecnie w pasie drogowym i na posesjach przy ul. Parkowej, przyległych do Parku Środowiskowego w Zwierzyncu.

2. Obiekt badań

Zwierzyniec leży na pograniczu Roztocza Zachodniego i Środkowego w dolinie Wieprza¹¹. Historia osady sięga końca XVI w. Była to wiejska rezydencja Jana Zamoyskiego, założyciela Zamościa i twórcy Ordynacji Zamojskiej¹². Pałac razem z obszernymi ogrodami zwierzynieckimi, powiązany z pięknym naturalnym otoczeniem, stanowił ośrodek wypoczynku na łonie przyrody. Centralny obiekt stanowiła drewniana rezydencja, otoczona czterema mурowanymi oficynami. Budynki tworzyły obszerne wnętrza o charakterze reprezentacyjnego barokowego ogrodu, otwierające się na staw. Główna oś założenia skierowana była na układ czterech wysp, z których środkową zajmuje do dziś barokowy kościół wzniesiony w 1741 r. Oś poprzeczną, przebiegającą przez trzy wyspy, zamyka domek na górze pod lasem¹³.

Ogrody zwierzynieckie, powiązane z krajobrazem, otaczane były opieką przez kolejnych ordynatów, którzy testamentem pozostawionym przez Jana Zamoyskiego zobowiązani byli do kontynuacji jego dzieła. Znakomitym następcą był Tomasz Antoni Zamoyski (1708-1751), VII ordynat, autor nieukończonego dzieła *Ogrodnictwo*, które według opinii profesora Jerzego Kowalczyka jest pierwszym polskim traktatem o sztuce ogrodowej. Ogrodnicy i leśnicy dosadzali nowe gatunki drzew w celu wzbogacenia wybranych wnętrz ogrodowo-krajobrazowych¹⁴. Drzewa zarówno rodzime, jak i obcego pochodzenia namnażane były

⁸ *Miejscowy plan zagospodarowania przestrzennego obszaru miasta Zwierzyniec*, uchwała Nr XIII/70/07 Rady Miejskiej w Zwierzyncu z dnia 14 czerwca 2007 r., s. 8, mpzp.igeomap.pl/doc/zamosc/zwierzyniec/02.pdf (dostęp: 10.09.2015).

⁹ *Strategia rozwoju lokalnego gminy Zwierzyniec na lata 2007-2015*, Fundacja Centrum Rozwoju Lokalnego, s. 28-29, www.zwierzyniec.bip.lublin.pl/dokp/1144.pdf (dostęp: 10.09.2015).

¹⁰ *Rejestr Form Ochrony Przyrody*, <http://bip.lublin.rdos.gov.pl/rejestr-form-ochrony-przyrody> (dostęp: 28.07.2015).

¹¹ H. Matławska, *Zwierzyniec*, Wydano staraniem Rady Miejskiej w Zwierzyncu i Roztoczańskiego Parku Narodowego, Zwierzyniec 1991, s. 9.

¹² *Ibidem*, s. 53.

¹³ L. Matławska-Patyk, M. Patyk, *Renesansowa willa Jana Zamoyskiego w Zwierzyncu nad Wieprzem*, Teka Kom. Urb. i Arch., T. XX, 1986, s. 200-208.

¹⁴ H. Matławska, L. Matławska-Patyk, M. Patyk, *Idea jedności człowieka z przyrodą w Zwierzyncu – ogrodzie oświeconych i romantycznych*, cz. I, Teka Kom. Urb. i Arch., T. XXIII, 1989-1990, s. 208-209;

w szkółkach drzew ozdobnych i owocowych, założonych w 1897 r. przez Franciszka Fejfer-Stankowskiego we Floriance, położonej przy drodze do Górecka Starego, w odległości 7 km na południowy zachód od Zwierzyńca¹⁵. Do 2005 r. z pierwotnych 15 ha pozostało 3,5 ha lasu obejmującego obszar dawnych szkółek, na których obecnie stwierdza się występowanie 67 gatunków drzew i krzewów pochodzących z dawnych nasadzeń oraz z roślin wyrosłych z samosiewu po zaprzestaniu działalności produkcyjnej¹⁶. Niektóre z drzew, którymi wzbogacano krajobraz naturalny, osiągnęły wymiary pomników przyrody i podlegają ochronie prawnej. Wśród nich wymieniona jest aleja śródleśna w oddziałach 46 i 68, złożona z 45 buków i 8 jodeł. Następnie rejestr wymienia siedem pomnikowych drzew rosnących przy ul. Parkowej w Zwierzyńcu, objętych ochroną 19 marca 1983 r. Wśród nich znajdują się: orzech szary (*Juglans cinerea* L.), sosna czarna (*Pinus nigra* J.F. Arnold.), jałowiec wirginijski (*Juniperus virginiana* L.), cypryśnik błotny (*Taxodium distichum* Rich.), daglezja zielona (*Pseudotsuga menziesii* var. *glauca* (Beissn.) Franco), dąb szypułkowy odm. strzępolistna (*Quercus robur* 'Pectinata'), platan klonolistny (*Platanus ×hispanica* Munchh.)¹⁷. Wymienione okazy to pozostałość ogrodu o charakterze spacerowo-użytkowym, który był założony po północnej stronie Wieprza¹⁸. Wcześniejsze rejestry wymieniały jeszcze dwa egzemplarze brzozy papierowej, które widnieją w wykazie drzew pomnikowych Zwierzyńca z 2001 r.¹⁹ Niestety, przewróciły się one, podobnie jak wiele innych drzew zabytkowego parku, pod naporem wiatru. Stożące drzewa rosną po stronie północnej parku, na posesjach przylegających do ul. Parkowej oraz na poboczu drogi. Cztery spośród wymienionych okazów pomnikowych widnieją na planie rewitalizacji parku z 1983 r. Wśród nich znalazły się: orzech szary, jałowiec wirginijski, daglezja zielona i platan klonolistny²⁰. Dąb szypułkowy odm. strzępolistna, cypryśnik błotny i sosna czarna nie zostały naniesione na plan.

3. Metody badań

Stan zdrowotny drzew można określać różnymi sposobami. Najprościej wykonać i opisać stan zachowania drzewostanu przy zastosowaniu metod wizualnych lub osłuchowych. Widoczne uszkodzenia bądź ubytki, a także infekcje spowodowane patogenami chorobotwórczymi można szybko zdefiniować i podjąć odpowiednie kroki zabezpieczające otocze-

H. Matławska, L. Matławska-Patyk, M. Patyk, *Idea jedności człowieka z przyrodą w Zwierzyńcu – ogrody oświeconych i romantycznych*, cz. II, Teka Kom. Urb. i Arch., T. XXIV, 1989-1990, s. 93-99.

¹⁵ J. Hrynkiewicz, *Arboretum we Floriance (koło Zwierzyńca Lubelskiego)*, Roczn. Dendrol., 14, 1960, s. 129-136.

¹⁶ B. Lorens, M. Cygan-Lorens, *Dawne szkółki drzew i krzewów we Floriance koło Zwierzyńca*, Roczn. Dendrol., 53, 2005, s. 111-120.

¹⁷ *Centralny Rejestr Form Ochrony Przyrody*, 2012, poz. 1377-1380, 1382-1384, <http://www.e-surf.pl/portfolio/11/90-centralny-rejestr-form-ochrony-przyrody> (dostęp: 10.09.2015).

¹⁸ M. Kseniak, *op. cit.*, s. 17.

¹⁹ A. Gabryel, A. Lewicka, J. Stachyra, Z. Kurek, *Drzewa pomnikowe Zwierzyńca*, Zwierzyniec 2001.

²⁰ E. Maj, *Zwierzyniec nad Wieprzem d. rezydencja Ordynacji Zamojskich. Założenie Zwierzyńcowo-Ogrodowe*, Stowarzyszenie Architektów Polskich o/Lublin, Pracownia Usług Architektonicznych, Lublin 1989.

nie przed szkodliwymi następstwami, np. przewróceniem się drzewa. Ostukiwanie pnia gumowym młotkiem jest jedną z tradycyjnych metod pozwalającą na wykrycie zgnilizn lub głębokich ubytków, pod warunkiem odpowiedniego doświadczenia osoby przeprowadzającej badanie²¹. Dużo trudniej podjąć właściwą decyzję w przypadku podejrzenia infekcji wewnątrz pnia lub znacznych ubytków wgłębnych, które nie dają widocznych zewnętrznych objawów. W tym celu niezbędna jest diagnostyka umożliwiająca wgląd do wewnętrznych struktur pnia drzewa. Popularnie stosowaną, jednak inwazyjną metodą jest wykonanie jednego lub nawet kilku odwiertów, umożliwiających następnie badanie makro- i mikroskopowe próbek drewna pobranych z wnętrza pnia (świder Presslera). Stosuje się również badania oparte na pomiarach oporności elektryczności drewna²², oporze przepływu prądu z wykorzystaniem shigometru²³, szybkości przepływu fali dźwiękowej (*sound impulse hammer*)²⁴ oraz wielkości oporu tkanek drewna w mikroodwiertach (rezystograf)²⁵.

W ostatnich latach coraz częściej stosuje się bezinwazyjne metody oceny wewnętrznej struktury pnia drzewa stojącego. Wykorzystuje się w tym celu tomografy dźwiękowy²⁶ i rezystancji elektrycznej (np. PiCUS Sonic i PiCUS Treetronic), które wzajemnie się uzupełniają, dając szczegółowe obrazy wnętrza pnia badanego drzewa²⁷. Tomograf soniczny (dźwiękowy) mierzy prędkość fal dźwiękowych pomiędzy sensorami umieszczonymi dookoła pnia, umożliwiając wykrycie niepokojących zmian w jego wnętrzu, zaś tomograf elektryczny mierzy przewodność elektryczną drewna, co pozwala na wykrycie skupisk patogenów powodujących zgnilizny²⁸. Do tych metod można zaliczyć także wykorzystanie georadaru (GPR), przy czym uważa się, że badanie tomografem jest dokładniejsze²⁹.

Prowadzenie pomiarów za pomocą tomografu dźwiękowego PiCUS Sonic 3 umożliwia bezinwazyjne wykrywanie ubytków wewnątrz pnia drzewa, a także określenie stopnia roz-

²¹ E. Chomicz, *Bezinwazyjne metody wykrywania defektów wewnątrz pni drzew stojących (tomograf PiCUS Sonic i PiCUS Treetronic)*, Leśne Prace Badawcze, 3, 2007, s. 117-124.

²² T.A. Tattar, A.L. Shigo, T. Chase, *Relationship between the degree of resistance to a pulsed electric current and wood in progressive stages of discoloration and decay in living trees*, Canadian Journal of Forest Research, 2(3), 1972, s. 236-243.

²³ W.C. Shortle, K.T. Smith, *Electrical properties and rate of decay in spruce and fir wood*, Phytopathology, 77(6), 1987, s. 811-814.

²⁴ K.C. Bethge, C. Mattheck, E. Hunger, *Equipment for detection and evaluation of decay in trees*, J. Arbor., 20, 1996, s. 13-37.

²⁵ L.R. Costello, S.L. Quarles, *Detection of wood decay in blue gum and elm: an evaluation of the resistograph and the portable grill*, J. Arbor., 25, 1999, s. 311-318.

²⁶ L. Li, X. Wang, L. Wang, R.B. Allison, *Acoustic tomography in relation to 2D ultrasonic velocity and hardness mappings*, Wood Science and Technology, 46(1), 2012, s. 551-561.

²⁷ L. Göcke, S. Rust, U. Weihs, T. Günther, C. Rücker, *Combining sonic and electrical impedance tomography for the non destructive testing of trees*, Proceedings of the 15th International Symposium on Nondestructive Testing of Wood, September 10-12, 2007, Duluth, Minnesota, USA, s. 31-42.

²⁸ N.J. Brazeo, R. Marra, L. Göcke, P. Van Wassenaeer, *Non-destructive assessment of internal decay in three hardwood species of northeastern North America using sonic and electrical impedance tomography*, Forestry, 84(1), 2011, s. 33-39.

²⁹ G. Nicolotti, L.V. Socco, R. Martinis, A. Godio, L. Sambuelli, *Application and comparison of three tomographic techniques for the detection of decay in trees*, J. Arbor., 29, 2003, s. 66-78.

kładu drewna³⁰. Wykorzystuje się w tym zakresie prędkość rozchodzenia się dźwięku wewnątrz pnia w zależności od sprężystości i gęstości tkanki drzewnej. Poszczególnym zakresom prędkości dźwięku przyporządkowano różne kolory na barwnych tomogramach. Barwa od jasnobrązowej do czarnej odpowiada zakresowi od około 60% do 100% prędkości maksymalnej dla ośrodka, jakim jest żywa, zdrowa tkanka drewna. Odcienie zielonego obrazują zakres od 40% do 60% prędkości maksymalnej, barwa różowa odpowiada zakresowi od 20% do 40%, a odcienie barwy niebieskiej do białej od 20% do 0%. Barwy biała, niebieska, różowa i fioletowa oznaczają drewno o najsłabszej strukturze (wystąpienie uszkodzeń), barwa zielona oznacza stan nieznacznego pogorszenia się struktury drewna, a barwa brązowa oraz czarna obrazują drewno zdrowe. Im odcień danej barwy na tomogramie jest jaśniejszy, tym prędkość rozchodzącego się dźwięku jest mniejsza, a tym samym – struktura drewna słabsza³¹.

Przeprowadzone w 2015 r. badania obejmowały studia kameralne i prace terenowe. Zapoznano się z dokumentacją konserwatorską i dotychczasowymi opracowaniami dotyczącymi terenów zieleni położonych w centrum Zwierzyńca. Dokonano analizy stanu zdrowotnego siedmiu drzew pomnikowych rosnących obecnie na terenie przyległym do Parku Środowiskowego. Prace terenowe polegały na wykonaniu oceny wizualnej, dokumentacji fotograficznej, pomiarów dendrologicznych i tomograficznych wytypowanych drzew. Zmierzono obwód pnia na wysokości 130 cm, średnicę rzutu korony oraz wysokość drzew. Do pomiaru struktury wewnętrznej pnia wykorzystano tomograf soniczny PiCUS Sonic 3 i suwmiarkę elektroniczną PiCUS Calliper z modułem bluetooth. W zależności od obwodu, na pniu badanego obiektu zakładano od 6 do 8 sensorów pomiarowych, mocując je w korze drzewa na głębokości 1 cm.

4. Wyniki badań – opis stanu zdrowotnego drzew pomnikowych

Orzech szary (*Juglans cinerea* L.) rośnie na trawniku przy skrzyżowaniu ul. Parkowej z ul. Zamojską (50.612580°N i 22.966818°E). Okaz ma 281 cm obwodu na wysokości pierśnicy, 18,5 m wysokości i zasięg korony 15,3 m (il. 1a). Badany egzemplarz rozwidla się na dwa przewodniki na wysokości 150 cm. Pierwszy ma 185 cm obwodu, a drugi 180 cm. Ostukiwanie pnia gumowym młotkiem skutkowało głuchym odgłosem, co wstępnie pozwoliło na wysnucie przypuszczeń co do słabej struktury wnętrza pnia.

Pomiary tomograficzne wykazały najmniejszą gęstość drewna przewodnika po stronie północnej (il. 1b). Minimalna prędkość rozchodzenia się fal dźwiękowych wyniosła 682 m/s. Maksymalna prędkość rozchodzenia się dźwięku wyniosła 1420 m/s po stronie SW, co świadczy, że ten przewodnik charakteryzuje się zdrowym drewnem. Wyliczona mi-

³⁰ E. Chomicz, *Bezinwazyjne metody wykrywania defektów wewnątrz pni drzew stojących (Tomograf PiCUS® Sonic i PiCUS Treetronic®)*, Leśne Prace Badawcze, 3, 2007, s. 117-124.

³¹ E. Chomicz, *Bezinwazyjne diagnozowanie kondycji drzew zabytkowych z zastosowaniem tomografów PiCUS*, Kurier Konserwatorski, 8, 2010, s. 29-32; W. Kowalczyk, T. Kowalczyk, *Ekspertyza dendrologiczna wykonana przy wykorzystaniu sonicznego tomografu komputerowego i metody Treesa*, praca wykonana na zlecenie ZTP, ul. Podwałe 23, 00-261 Warszawa, 2014, http://ztp.waw.pl/media/2015/02/12/eksp_d687.pdf (dostęp: 12.10.2015).

nimalna grubość ścianki pnia, uznawana za bezpieczną, powinna wynosić minimum 9,7 cm zdrowego drewna. W przewodniku mocno uszkodzonym słaba struktura drewna zajmuje bardzo dużą powierzchnię, umiejscawiając się w pobliżu zewnętrznych warstw drzewa (kora). Na stan zdrowotny badanego drzewa wpływają liczne (20 szt.) ogniska jemioly, skutkujące osłabieniem jego struktury w wyższych partiach korony, a także pokrycie płytami chodnikowymi powierzchni w pobliżu podstawy pnia.

Sosna czarna (*Pinus nigra* J.F. Arnold) rośnie na terenie siedziby nadleśnictwa Zwierzyniec przed wejściem głównym do budynku (50.613040°N i 22.966853°E). Obwód drzewa wynosi 253 cm, wysokość 17 m, a zasięg korony równy jest 15,3 m.

Tomogram przedstawia prawidłową strukturę wewnętrznych partii drewna na ponad 90% obszaru (il. 2d). Prędkość rozchodzenia się dźwięku była najniższa pomiędzy punktami pomiarowymi 7 oraz 8 i wynosiła 510 m/s. Dźwięk z najwyższą prędkością rozchodził się pomiędzy sensorami 8 i 4 (1371 m/s). Powierzchnia drewna o słabszej strukturze zajmuje bardzo mały obszar. Oceniana sosna czarna charakteryzuje się dobrą kondycją zdrowotną.

Jałowiec wirginijski (*Juniperus virginiana* L.) jest usytuowany na terenie dyrekcji Nadleśnictwa Zwierzyniec od strony ul. Parkowej (50.612628°N i 22.968893°E). Drzewo rozgałęzia się na dwa przewodniki na wysokości 10 cm od podstawy. Obwód pierwszego z przewodników ma 146 cm, a drugiego 80 cm. Na głównym przewodniku widoczny jest ubytek wgłębny o wymiarach 30 × 150 cm (il. 2b). Drzewo ma wysokość 13 m i zasięg korony równy 9 m. Na podstawie oceny wizualnej i mechanicznej (ostukiwanie młotkiem) wnioskowano o prawidłowej strukturze wewnętrznej pnia.

Punkty pomiarowe założono tylko na przewodniku o większym obwodzie. Prędkość rozchodzenia się fal dźwiękowych zawierała się w przedziale od 600 m/s do 1719 m/s, co świadczy o bardzo dobrej kondycji wewnętrznych struktur pnia. Jedynie warstwy leżące bezpośrednio pod ubytkiem zewnętrznym wykazują objawy nieznacznego osłabienia struktury, co nie ma istotnego wpływu na stan zdrowotny drzewa. Minimalna grubość ścianki pnia wynosi w tym przypadku 6 cm.

Cypryśnik błotny (*Taxodium distichum* Rich.) rośnie przy północnym rogu willi, usytuowanej na terenie należącym do dyrekcji Nadleśnictwa Zwierzyniec od strony budynku policji (50.612863°N i 22.967520°E). Drzewo charakteryzuje się obwodem równym 163 cm, wysokością 15 m i zasięgiem korony 7,7 m (il. 2c). W wyniku badania stanu pnia, w formie ostukiwania go młotkiem od podstawy do wysokości 150 cm ze wszystkich stron, stwierdzono nietypowy głuchy odgłos.

Po przeprowadzeniu badania uzyskany tomogram ukazał znaczny ubytek wgłębny we wnętrzu pnia, rozchodzący się w kierunku NW, gdzie struktura drewna jest najsłabsza. Prędkość rozchodzenia się fal dźwiękowych zawierała się w przedziale od 438 m/s do 1415 m/s. Minimalna obliczona grubość ścianki wynosi 6,6 cm i mieści się w zakresie bezpiecznym praktycznie na całym obwodzie pnia, poza miejscem ubytku (il. 2f). Należy nadmienić, że drzewa należące do tego gatunku wraz z wiekiem mają tendencję do tworzenia pustek wewnątrz pnia i szerokiej butelkowanej podstawy. Mimo tego badane drzewo jest stabilne i nie grozi wykośnięciem. W związku z tym, że gleba, na jakiej rośnie badany egzemplarz jest piaszczysta, nie stwierdzono występowania pneumatoforów (korzeni oddechowych).

Daglezja zielona (*Pseudotsuga menziesii* var. *glauca* (Beissn. Franco)) rośnie na terenie dyrekcji Nadleśnictwa Zwierzyniec przy budynku willi od strony ul. Parkowej

(50.612478°N i 22.968903°E). Drzewo charakteryzuje się obwodem 183 cm, wysokością 18 m oraz zasięgiem korony równym 9 m. Badany okaz rozgałęzia się na wysokości 2,2 m na trzy przewodniki, przy czym dodatkowo widoczny jest ślad po usuniętym konarze (il. 3a). Do wysokości 8 m występuje liczny posusz gałęziowy.

Badanie tomograficzne ujawniło, że pień charakteryzuje się bardzo dobrą strukturą wnętrza z wyjątkiem niewielkiego ogniska o małej i bardzo małej gęstości od strony południowej. Prędkość rozchodzenia się fal dźwiękowych zawierała się w przedziale od 358 m/s do 1535 m/s. Duża gęstość drewna świadczy o bardzo dobrej kondycji drzewa. Minimalną grubość ścianki gwarantującej stabilność drzewa wyliczono na 6,6 cm.

Dąb szypułkowy odm. strzępolistna (*Quercus robur* 'Pectinata') rośnie w bezpośrednim sąsiedztwie budynku mieszkalnego przy ul. Parkowej 6a (50.612143°N i 22.967837°E). Drzewo ma obwód 182 cm, wysokość 16 m i zasięg korony 9 m. Okaz nie ma dobrych rokowań zdrowotnych. Ze względu na zbyt bliskie usytuowanie drzewa przy budynku (odległość od ściany ok. 1 m) korona jest uformowana jedynie w kierunku zachodnim (il. 3b). Od strony ściany budynku na pniu widoczne jest miejsce po usuniętym konarze. Kikut po nim jest okorowany na długości 0,5 m. Po stronie południowej na wysokości 190 cm widoczna jest dziupla.

Po wykonaniu badania tomografem stwierdzono, że ponad połowa wewnętrznych struktur drewna charakteryzuje się osłabieniem, które może świadczyć o zaawansowanym stopniu rozkładu drewna wewnątrz pnia i tym samym tworzeniu się głębokiego ubytku wgłębnego. Stwierdzono niską prędkość rozchodzenia się dźwięku (564-900 m/s) w większości punktów pomiarowych (il. 3e). Wyliczona minimalna grubość ścianki wynosi 7,5 cm. Słaba kondycja drzewa może być również wynikiem uszkodzenia systemu korzeniowego podczas prowadzonych w ostatnich latach prac budowlanych.

Platan klonolistny (*Platanus* × *hispanica* Munchh.) rośnie przy ulicy Parkowej w sąsiedztwie bloku mieszkalnego przy ul. Jasnej 7 (50.612242°N i 22.969758°E). Obwód pnia mierzony na wysokości pierśnicy wynosi 281 cm, wysokość drzewa osiąga 24,5 m, a zasięg korony 15 m. W ocenie wizualnej drzewo jest w dobrej kondycji zdrowotnej mimo występowania ubytków wgłębnych (il. 3c).

Uzyskany tomogram potwierdził głęboki stopień rozkładu drewna w centralnej części pnia. Od strony SE widoczne jest również zagłębienie z tendencją do skręcania się pnia, co może być skutkiem znacznego osłabienia wewnętrznych struktur pnia drzewa. Najniższą prędkość rozchodzenia się fal dźwiękowych (649 m/s) stwierdzono pomiędzy punktami 5 i 9, natomiast najwyższą (1343 m/s) na obrzeżach wewnętrznych struktur pnia (il. 3f).

5. Podsumowanie i wnioski

W czterech na siedem obiektów stan zdrowotny drzewa był niezadowolający. Stwierdzono wewnętrzne wypróchnienia i ubytki wgłębne, których dalszy rozwój będzie pogarszał warunki statyczne drzewa i tym samym stanowił potencjalne zagrożenie dla użytkowników przestrzeni miejskiej.

Na zły stan niektórych drzew miało wpływ kilka czynników. Do najważniejszych należy zaliczyć niekorzystną obecnie lokalizację drzew (przy ciągu komunikacji kołowej

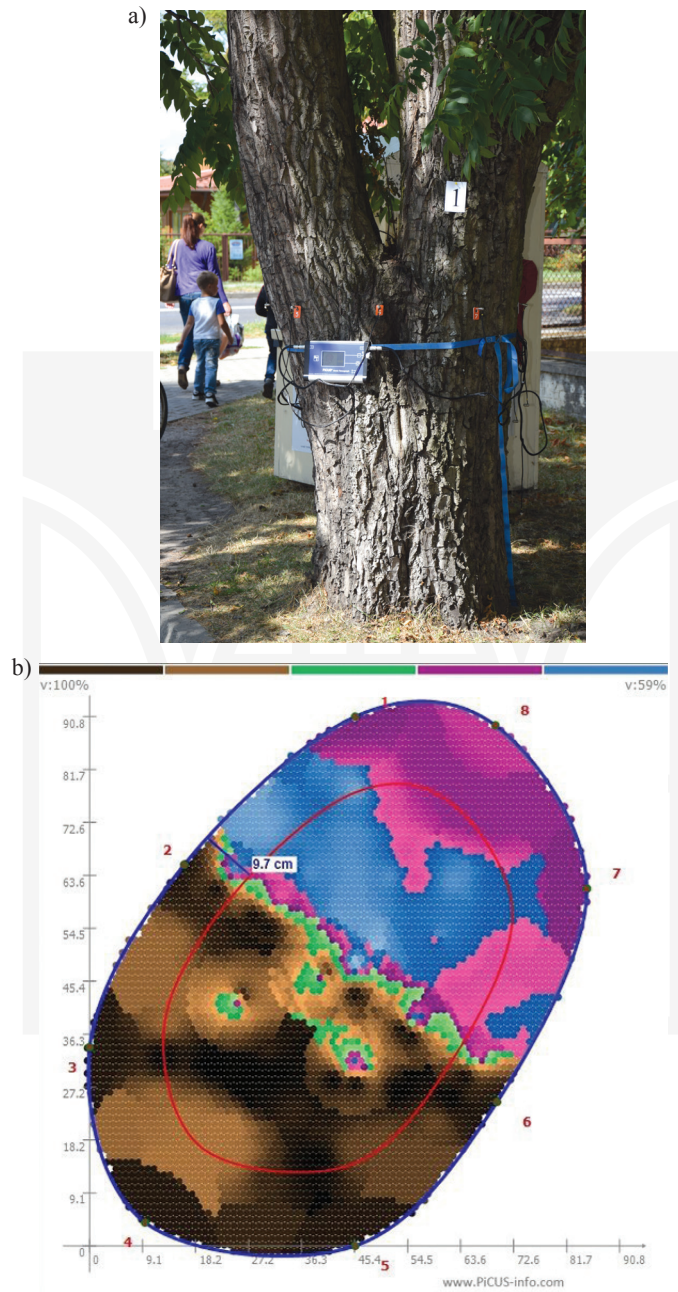
i w bliskim sąsiedztwie budynków mieszkalnych), ich zaawansowany wiek, niewłaściwie dobrane warunki siedliskowe przy nasadzeniach, a także brak należytej pielęgnacji.

Biorąc pod uwagę wartość kulturową drzew pomnikowych, jak również ich lokalizację w miejscach często uczęszczanych przez mieszkańców miasta, postuluje się, aby poddawać wyróżnione okazy systematycznej ocenie w celu ochrony zasobów, a jednocześnie zapewnienia bezpieczeństwa użytkownikom terenu.

REFERENCES/LITERATURA

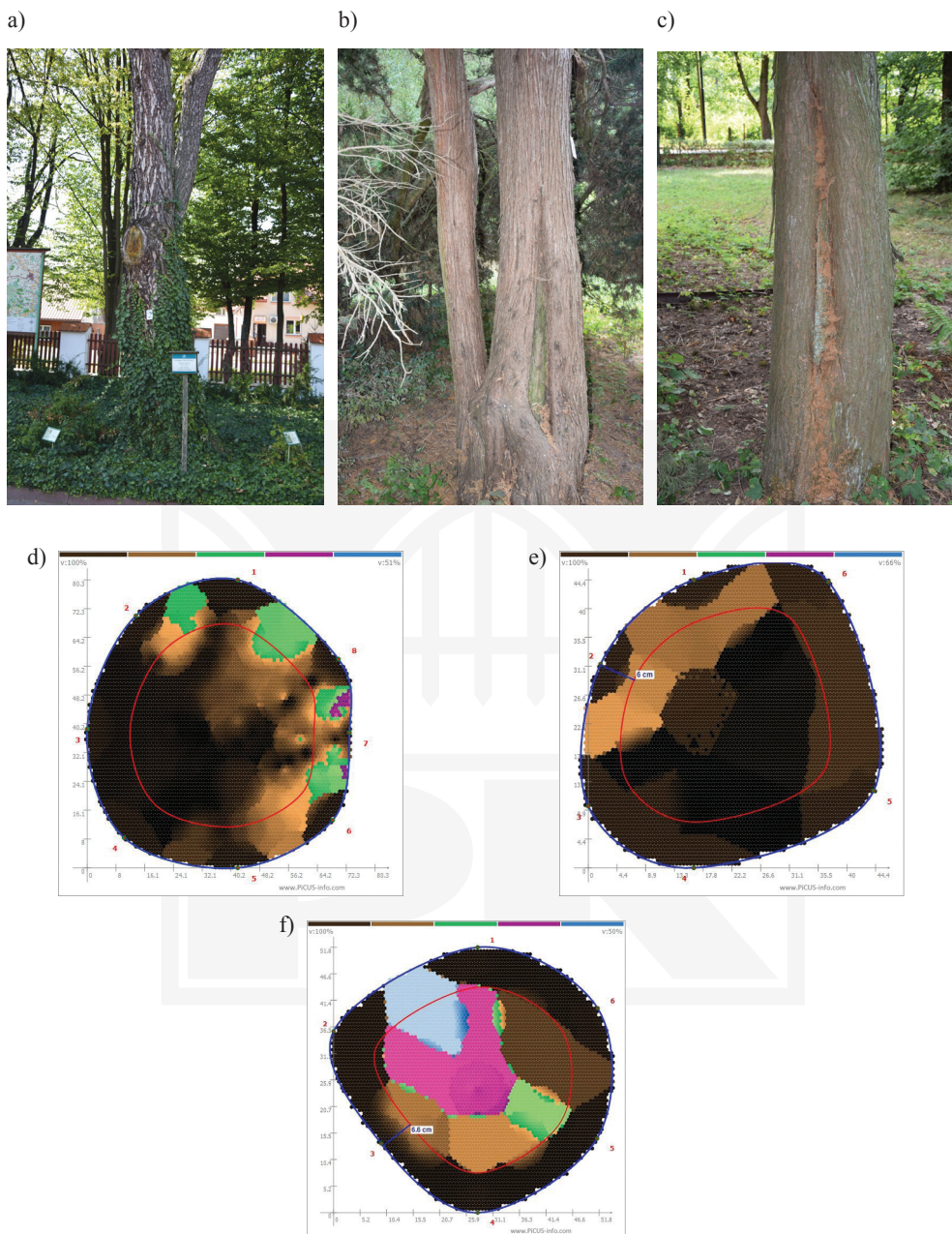
- [1] Bethge K.C., Mattheck C., Hunger E., *Equipment for detection and evaluation of decay in trees*, J. Arbor., 20, 1996, p. 13-37.
- [2] Brazeen N.J., Marra R., Göcke L., Van Wassenaeer P., *Non-destructive assessment of internal decay in three hardwood species of northeastern North America using sonic and electrical impedance tomography*, Forestry, 84(1), 2011, p. 33-39.
- [3] Chomicz E., *Bezinwazyjne metody wykrywania defektów wewnątrz pni drzew stojących (Tomograf® PiCUS Sonic i PiCUS Treetric®)*, Leśne Prace Badawcze, 3, 2007, p. 117-124.
- [4] Chomicz E., *Bezinwazyjne diagnozowanie kondycji drzew zabytkowych z zastosowaniem tomografów PiCUS*, Kurier Konserwatorski, 8, 2010, p. 29-32.
- [5] Costello L.R., Quarles S.L., *Detection of wood decay in blue gum and elm: an evaluation of the resistograph and the portale grill*, J. Arbor., 25, 1999, p. 311-318.
- [6] Fijałkowski D., *Pomniki przyrody, rezerваты, parki i krajobrazy województwa lubelskiego. Materiały propagandowo-szkoleniowe*, Polskie Towarzystwo Turystyczno-Krajoznawcze, Regionalna Pracownia Krajoznawcza, Lublin 1975.
- [7] Gabryel A., Lewicka A., Stachyra J., Kurek Z., *Drzewa pomnikowe Zwierzyńca*, Zwierzyniec 2001.
- [8] Göcke L., Rust S., Weihs U., Günther T., Rücker C., *Combining sonic and electrical impedance tomography for the non destructive testing of trees*, Proceedings of the 15th International Symposium on Nondestructive Testing of Wood, September 10-12, 2007, Duluth, Minnesota, USA, p. 31-42.
- [9] Hryniewicz J., *Arboretum we Floriance (koło Zwierzyńca Lubelskiego)*, Roczn. Dendrol., 14, 1960, p. 129-136.
- [10] Li L., Wang X., Wang L., Allison R.B., *Acoustic tomography in relation to 2D ultrasonic velocity and hardness mappings*, Wood Sci. Technol., 46(1), 2012, p. 551-561.
- [11] Lorens B., Cygan-Lorens M., *Dawne szkółki drzew i krzewów we Floriance koło Zwierzyńca*, Roczn. Dendrol., 53, 2005, p. 111-120.
- [12] Maj E., *Zwierzyniec nad Wieprzem d. rezydencja Ordynacji Zamojskich. Założenie Zwierzyńcowo-Ogrodowe*, Stowarzyszenie Architektów Polskich o/Lublin, Pracownia Usług Architektonicznych, Lublin 1989.
- [13] Matławska H., *Zwierzyniec*, Wydano staraniem Rady Miejskiej w Zwierzyńcu i Roztockańskiego Parku Narodowego, Zwierzyniec 1991.

- [14] Matławska H., Matławska-Patyk L., Patyk M., *Idea jedności człowieka z przyrodą w Zwierzyńcu – ogrodzie oświeconych i romantycznych*, cz. I, Teka Kom. Urb. i Arch., T. XXIII, 1989-1990, p. 205-210.
- [15] Matławska H., Matławska-Patyk L., Patyk M., *Idea jedności człowieka z przyrodą w Zwierzyńcu – ogrodzie oświeconych i romantycznych*, cz. II, Teka Kom. Urb. i Arch., T. XXIV, 1989-1990, p. 93-99.
- [16] Matławska-Patyk L., Patyk M., *Renesansowa willa Jana Zamoyskiego w Zwierzyńcu nad Wieprzem*, Teka Kom. Urb. i Arch., T. XX, 1986, p. 199-212.
- [17] Nicolotti G., Socco L.V., Martinis R., Godio A., Sambuelli L., *Application and comparison of three tomographic techniques for the detection of decay in trees*, J. Arbor., 29, 2003, p. 66-78.
- [18] Shortle W.C., Smith K.T., *Electrical properties and rate of decay in spruce and fir wood*, Phytopathology, 77(6), 1987, p. 811-814.
- [19] Tattar T.A., Shigo A.L., Chase T., *Relationship between the degree of resistance to a pulsed electric current and wood in progressive stages of discoloration and decay in living trees*, Can. J. For. Res., 2(3), 1972, p. 236-243.
- [20] Kseniak M., *Opracowanie ewidencyjne zieleni zabytkowej Zwierzyńca w woj. zamojskim obejmujące: ogród pałacowy wraz z vivarium, rezydencję plenipotentą oraz południową część osady należącej dawniej do dóbr Ordynacji Zamojskich. Zwierzyniec I*, Stowarzyszenie Naukowo-Techniczne Inżynierów i Techników Ogrodnictwa, Zarząd Główny Zespół Rzeczoznawców, Warszawa, October 1977 – July 1978, No. 1865.
- [21] *Park Środowiskowy w Zwierzyńcu. Plan realizacyjny zagospodarowania terenu parku*, Liga Ochrony Przyrody, Zakład Zadrzewień i Zieleni, Pracownia Projektowa w Warszawie, na zlecenie Urzędu Gminy w Zwierzyńcu, 1983.
- [22] *Ustawa z dnia 16 kwietnia 2004 r. o ochronie przyrody*, Dz. U. 2004, Nr 92, poz. 880.
- [23] *Centralny Rejestr Form Ochrony Przyrody*, 2012, <http://www.e-surf.pl/portfolio/11/90-centralny-rejestr-form-ochrony-przyrody> (access: 15.08.2015).
- [24] Kowalczyk W., Kowalczyk T., *Ekspertyza dendrologiczna wykonana przy wykorzystaniu sonicznego tomografu komputerowego i metody Treesa*, Warszawa 2014, http://ztp.waw.pl/media/2015/02/12/eksp_d687.pdf (access: 12.10.2015).
- [25] *Odtworzenie zabytkowego układu wodno-palacowego w Zwierzyńcu wraz z zagospodarowaniem turystycznym*, <http://www.zwierzyniec.info.pl/index.php> (access: 10.09.2015).
- [26] *Rewitalizacja Parku Środowiskowego w Zwierzyńcu etap I*, lokalna Grupa Działania Nasze Roztocze, 2011, <http://www.lgdnaszeroztocze.pl> (access: 10.09.2015).
- [27] *Miejscowy plan zagospodarowania przestrzennego obszaru miasta Zwierzyniec*, uchwała Nr XIII/70/07 Rady Miejskiej w Zwierzyńcu z dnia 14 czerwca 2007 r., p. 8, mpzp.igeomap.pl/doc/zamosc/zwierzyniec/02.pdf (access: 10.09.2015).
- [28] *Rejestr Form Ochrony Przyrody*, <http://bip.lublin.rdos.gov.pl/rejestr-form-ochrony-przyrody> (access: 28.07.2015).
- [29] *Strategia rozwoju lokalnego gminy Zwierzyniec na lata 2007-2015*, Fundacja Centrum Rozwoju Lokalnego, p. 28-29, www.zwierzyniec.bip.lublin.pl/dokp/1144.pdf (access: 10.09.2015).



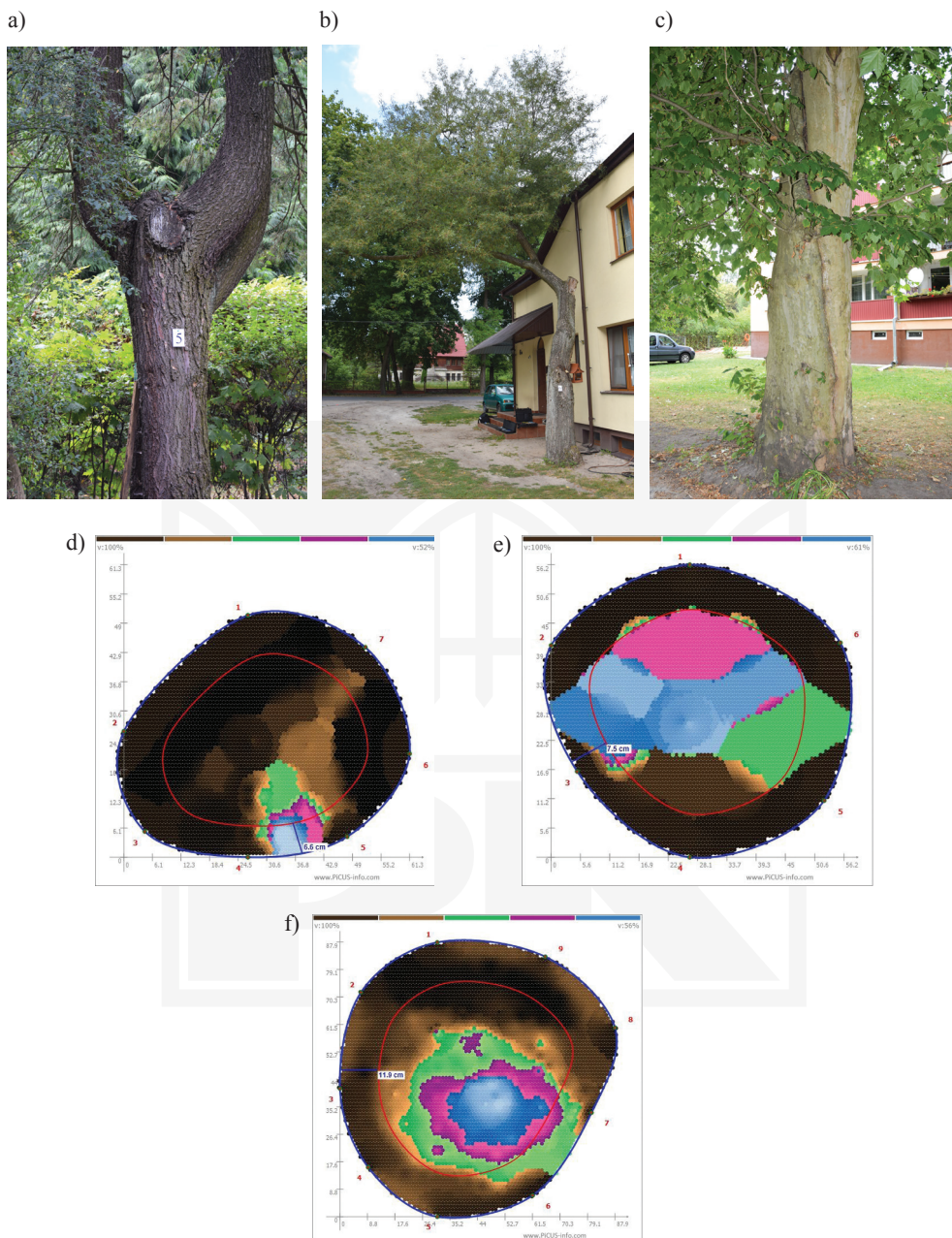
III. 1. White walnut (*Juglans cinerea* L.): a) trunk with measuring sensors (photo by W. Durlak, 2015);
b) tomogram of the inside of the trunk

II. 1. *Juglans cinerea* L.: a) pień z założonymi sensorami pomiarowymi (fot. W. Durlak, 2015);
b) tomogram wnętrza pnia



III. 2. Trunks of trees and their scans: a, d) black pine (*Pinus nigra* J.F. Arnold); b, e) red cedar (*Juniperus virginiana* L.); c, f) bald cypress (*Taxodium distichum* Rich.) (photo by W. Durlak, 2015)

II. 2. Pnie drzew i ich tomogramy: a, d) sosna czarna (*Pinus nigra* J.F. Arnold); b, e) jałowiec wirginijski (*Juniperus virginiana* L.); c, f) cypryśnik błotny (*Taxodium distichum* (L.) Rich.) (fot. W. Durlak, 2015)



III. 3. Trunks of trees and their scans: a, d) *Pseudotsuga menziesii* subsp. *glauca* (Beissn.) Franco; b, e) *Quercus robur* 'Pectinata'; c, f) *Platanus* \times *hispanica* Munchh. (photo by W. Durlak, 2015)

II. 3. Pnie drzew i ich tomogramy: a, d) daglezja zielona (*Pseudotsuga menziesii* var. *glauca* Franco); b, e) dąb szypułkowy odm. strzępolistna (*Quercus robur* 'Pectinata'); c, f) platan klonolistny (*Platanus* \times *hispanica* Munch.) (fot. W. Durlak, 2015)