



¹ Instytut Produkcji Ogrodniczej, Zakład Roślin Ozdobnych i Dendrologii,
Wydział Ogrodnictwa i Architektury Krajobrazu, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie,
ul. Głęboka 28, 20-612 Lublin, Polska

² Katedra Ochrony Roślin, Zakład Entomologii, Wydział Ogrodnictwa i Architektury Krajobrazu,
Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, ul. Leszczyńskiego 7, 20-069 Lublin, Polska
*e-mail: wdurlak@autograf.pl

WOJCIECH DURLAK ^{1*}, EDYTA GÓRSKA-DRABIK ²

Ocena przydatności tomografu dźwiękowego w diagnozowaniu zdrowotności drzew zasiedlonych przez szkodniki owadzie

Assessment of the usefulness of sonic tomography for health status diagnosis
of trees inhabited by insect pests

Streszczenie: W badaniach określono przydatność tomografii dźwiękowej do oceny wartości technicznej drewna sosny pospolitej i olszy czarnej zasiedlonych przez szkodniki owadzie. *Phaenops cyanea* (Fabr.), *Rhagium inquisitor* (L.), *Arhopalus rusticus* (L.) żerujące na sośnie oraz monofagiczny gatunek *Synanthedon mesiaeformis* (H.-S.) występujący na olszy to szkodniki wtórne, które zasiedlają drzewa osłabione przez różne czynniki środowiskowe. Do badań wybrano dwie sosny pospolite i dwie olsze czarne rosnące na terenie leśnictwa Macoszyn w kompleksie lasu świeżego. Zastosowano urządzenie Picus 3 bazujące na metodzie tomografii akustycznej. Wykorzystuje ona właściwości fali dźwiękowej, generowanej po obwodzie pnia, dostarczając informacji o stanie technicznym drewna. Oceniane sosny zasiedlone przez szkodniki wtórne były już martwe, jednak otrzymane wyniki z tomografu sugerowały 100% sprawność techniczną drewna, nie wykazując przy tym uszkodzeń spowodowanych przez owady. U olszy czarnej analiza tomograficzna wykazała znaczne uszkodzenia wewnętrznych struktur drewna (25 i 49%), ale nie były one spowodowane żerowaniem szkodnika a raczej rozkładem próchnicznym. Tomografia dźwiękowa nie odzwierciedla rzeczywistego obrazu uszkodzeń spowodowanych przez owady, ale może być narzędziem do typowania drzew osłabionych, które mogą być atakowane przez szkodniki wtórnie.

Słowa kluczowe: tomograf akustyczny, szkodniki wtórne, sosna, olsza, zdrowotność drzewostanów

WSTĘP

Zdrowotność drzewostanów jest niezmiernie ważna dla stanu zachowania drzew w odpowiedniej kondycji vitalnej nie tylko w nasadzeniach miejskich czy śródpolnych, ale również w kompleksach leśnych. Szczególnie drzewa dorosłe, rosnące na terenach,

gdzie prowadzi się gospodarkę leśną wymagającą stałego monitoringu w celu wychwycenia wszelkich niekorzystnych zmian wpływających na ich ogólny stan zdrowotny. O ile metody polegające na wizualnej ocenie zdrowotności drzew są powszechne, to nie zawsze udaje się dostrzec zmiany zachodzące wewnątrz pnia drzewa [Baridon i Suchocka 2009, Suchocka 2012]. Pomocne mogą okazać się inne metody pozwalające zweryfikować stan zdrowotny rośliny. W tym celu wykorzystuje się m.in. rezystografię, nawierty świdrem Presslera czy bardziej zaawansowane, ale bezinwazyjne techniki: tomografię dźwiękową i elektryczną [Durlak i in. 2017].

Biorąc pod uwagę bezinwazyjność badania, najlepszym sposobem jest wykorzystanie tomografii dźwiękowej i elektrycznej. W tego typu badaniach wykorzystuje się zwykle tomograf dźwiękowy Picus 3, który przy wykorzystaniu fal dźwiękowych umożliwia zobrazowanie wnętrza pnia pod kątem występujących w nim ubytków lub uszkodzeń [Göcke i in. 2007, Brazee i in. 2011]. Badanie odbywa się na zasadzie pomiaru czasu rozchodzenia się w drewnie fali dźwiękowej wywołanej uderzeniami elektronicznego młotka w rozmieszczone dookoła pnia drzewa sensory pomiarowe, przy czym typowe prędkości rozchodzenia się fali dźwiękowej w żywym drewnie większości drzew liściastych mieszczą się w zakresie od $821 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ u *Populus alba* L. do $1610 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ u *Quercus* sp. W przypadku drzew iglastych prędkość dźwięku wynosi z kolei od $910 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ u *Abies* sp. do $1323 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ u *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco [Mattheck i Bethge 1993]. Wysokość instalowania czujników do przeprowadzenia badania tomograficznego zależy od prawdopodobnych uszkodzeń wnętrza pnia, co można określić wstępnie za pomocą ostukiwania go gumowym młotkiem i interpretacji powstających odgłosów. Dodatkowo zastosowanie elektronicznego średnicomierza (Picus Calliper) umożliwia dokładne odwzorowanie kształtu pnia drzewa. Rezultatem przetworzonych danych pomiarowych jest barwny tomogram, na którym są widoczne zmiany zachodzące wewnątrz pnia. Wynik pomiaru generowany pod postacią tomogramu określa tzw. mapę gęstości drewna. Poszczególne barwy na tomogramie oznaczają różne prędkości rozchodzenia się dźwięku wewnątrz pnia w zależności od sprężystości i gęstości drewna [Chomicz 2007, 2010].

Tomograf dźwiękowy pozwala na analizę stanu technicznego drzew przede wszystkim pod kątem występowania zgnilizn, ubytków wewnętrznych i stopnia rozkładu drewna wewnątrz pnia, a więc uszkodzeń powodowanych głównie przez czynniki fitopatologiczne i fizyczne. Nie badano natomiast przydatności tego typu urządzenia do oceny uszkodzeń powodowanych przez owady. Należy zaznaczyć, że uzyskane wyniki mogą się przyczynić do wytypowania drzew o osłabionej statyce i dużych uszkodzeniach wewnętrznych, niewidocznych z zewnątrz.

Drzewa uszkodzone i osłabione przez czynniki abiotyczne, biotyczne i antropogeniczne są szczególnie podatne na inwazję szkodników wtórnych. Szkodniki te należą do jednej z ważniejszych gospodarczo grup organizmów żywych wpływających negatywnie na zdrowotność drzewostanów. Drażnione przez owady chodniki mogą ograniczać się do warstwy kory i części bielastej, największe jednak szkody wyrządzają gatunki niszczące drewno twardzielowe. Obecność ksylo- i kambiofagów przyczynia się w znacznym stopniu do dekompozycji drewna, co skutkuje obumieraniem drzew. Z punktu widzenia gospodarki leśnej organizmy te należy zwalczać, gdyż przy masowych pojawach atakują również drzewa zdrowe, szybko się rozmnażają i są powodem znacznych strat ekonomicznych. Szkody mogą być dodatkowo spotęgowane obecnością sinizny, której przyczyną są wprowadzane przez te owady do tkanek rośliny patogeny grzybowe [Solheim i in. 2001, Jankowiak 2004, Ploetz i in. 2013]. Zasiedlanie drzew przez szkodniki wtórne jest sygnałem niewidocznych objawów osłabienia drzewa i rozkładu drewna.

Za hipotezę badawczą przyjęto stwierdzenie, że tomograf dźwiękowy może być narzędziem stosowanym do diagnozowania zdrowotności drzew zasiedlonych przez szkodniki owadzie. Do zweryfikowania postawionej hipotezy wykorzystano tomograf dźwiękowy Picus 3, za pomocą którego oceniono wartość techniczną drewna czterech drzew z gatunku sosna pospolita i olsza czarna uszkodzonych przez szkodniki wtórne – chrząszcze (Coleoptera): przyplaszczka granatka – *Phaenops cyanea* (Fabr.), rębaczka pstrego – *Rhagium inquisitor* (L.) i wykarczaka sosnowca – *Arphalus rusticus* (L.) oraz motyla (Lepidoptera) – *Synanthedon mesiaeformis* (H.-S.).

MATERIAŁ I METODY

Badania terenowe przeprowadzone we wrześniu 2019 roku miały charakter wstępny. Obiekty poddane ocenie rosły na terenie leśnictwa Macoszyn – oddział 323 (Nadleśnictwo Sobibór), w kompleksie lasu świeżego (Lśw). Do badania wytypowano cztery drzewa: dwie sosny pospolite (*Pinus sylvestris* L.), w wieku dojrzałości rębnej ok. 100 lat oraz dwie olsze czarne (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.) w wieku ok. 60 lat. Usytuowanie obiektów – współrzędne geograficzne:

- sosna pospolita o nr inw. 1 – 51°24'15.833" N i 23°27'21.355" E
- sosna pospolita o nr inw. 2 – 51°24'16.301" N i 23°27'23.122" E
- olsza czarna o nr inw. 3 – 51°23'29.814" N i 23°26'20.147" E
- olsza czarna o nr inw. 4 – 51°23'29.598" N i 23°26'19.572" E

W eksperymencie wykorzystano tomograf dźwiękowy Picus 3 niemieckiej firmy Argus GmbH.

Do oceny żywotności badanych drzew posłużono się skalą Roloffa (tab. 1), a przy interpretacji wyników badań tomograficznych skorzystano z objaśnień Chomicz [2007, 2010] przy założeniu, że prędkość przechodzenia fal dźwiękowych przez przekrój poprzeczny pnia w pełni zdrowego drzewa wynosi 100% i maleje wraz z pojawieniem się zmian w jego strukturze.

Tabela 1. Skala Roloffa [2016]
Table 1. Vitality classes [Roloff 2016]

Oznaczenie Phase	Opis Description
0	faza ekspozycji – intensywnego rozwoju korony
1	faza degeneracji – osłabionego rozwoju korony
2	faza stagnacji – brak rozwoju korony
3	faza rezygnacji – zamieranie korony
4	faza drzewa martwego

Istotnym elementem diagnostycznym jest kolorystyka tomogramu obrazująca zachodzące zmiany we wnętrzu pnia drzewa. Barwa jasnobrązowa do prawie czarnej oznacza żywą i zdrową tkankę, nie dotkniętą rozkładem (drewno sprawne technicznie), zielona (z jej odcieniami) charakteryzuje drewno o nieco osłabionej strukturze, natomiast

niebieska/fioletowa (do białej) odpowiada obszarom drewna o najsłabszych parametrach (uszkodzenie i postępujący rozkład tkanek roślinny). Przy interpretacji wzięto również pod uwagę udział powierzchniowy poszczególnych barw, ich lokalizację, sąsiedztwo, przenikanie się oraz konfigurację.

Przed przystąpieniem do badania tomografem dokonano oceny wizualnej drzewa i sporządzono dokumentację fotograficzną. Wywiad z leśniczym nadzorującym teren pozwolił uzyskać informacje dotyczące wieku drzew, przybliżonego terminu zasiedlenia przez szkodniki i ich obumarcia. Następnie ustalono poziom usytuowania punktów pomiarowych na podstawie wcześniejszego opukania pnia drzewa gumowym młotkiem. W zależności od obwodu i kształtu pnia rozlokowano na nim po 7 (sosny nr 1 i 2, olsza nr 3) lub 8 (olsza nr 4) sensorów pomiarowych, mierząc jednocześnie geometrię pnia na założonym wcześniej poziomie. Do odwzorowania kształtu pnia posłużono się elektroniczną suwmiarką (PiCUS Calliper) pracującą w technologii *Bluetooth*.

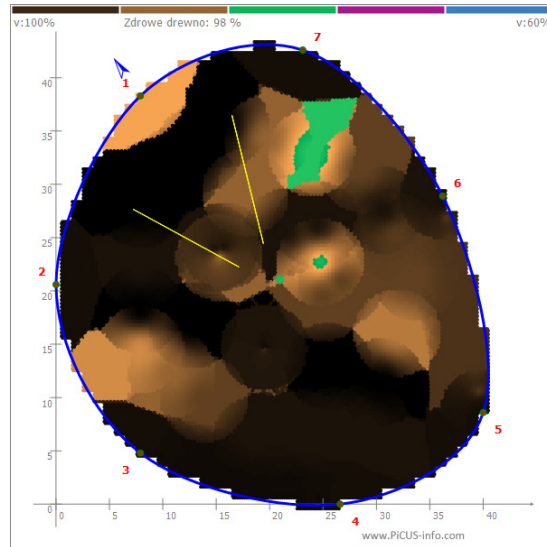
Podczas analizy wyników oszacowano pozostałą wytrzymałość pnia na poziomie jego przekroju poprzecznego, wykorzystując w tym celu geometryczny moment bezwładności, czyli iloraz momentu bezwładności dla ciał jednorodnych i ich gęstości. Oszacowany moment stanowił następnie podstawę do określenia wskaźnika wytrzymałości przekroju na zginanie.

WYNIKI

Na podstawie badania tomograficznego sosny nr 1 stwierdzono niewielkie obszary drewna o nieco osłabionych parametrach mechanicznych. Drewno sprawne technicznie zajmuje 98% przekroju porzecznego pnia (na tomogramie jest ono oznaczone jako drewno zdrowe, chociaż w rzeczywistości jest już martwe), a pozostała powierzchnia (2%) jest zajęta przez drewno tzw. przejściowe (tab. 2). Wygenerowana fala dźwiękowa przemieszczała się w pniu ze średnią prędkością na poziomie $753 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, przy czym najwolniej pomiędzy 7 a 1 pkt. pomiarowym, gdzie drewno było jaśniejsze, co odpowiadało większemu osłabieniu jego wytrzymałości. Największą prędkość zanotowano między sensorami 2 i 5, gdzie barwa drewna na tomogramie była najciemniejsza. Widoczne wyraźnie osłabienie struktury drewna obejmowało jednak tylko niewielki wycinek przekroju poprzecznego pnia w części północno-wschodniej (barwa zielona). Istniejące na tomogramie żółte linie sugerują natomiast możliwość wystąpienia niewielkich pęknięć wewnętrznych (ryc. 1).

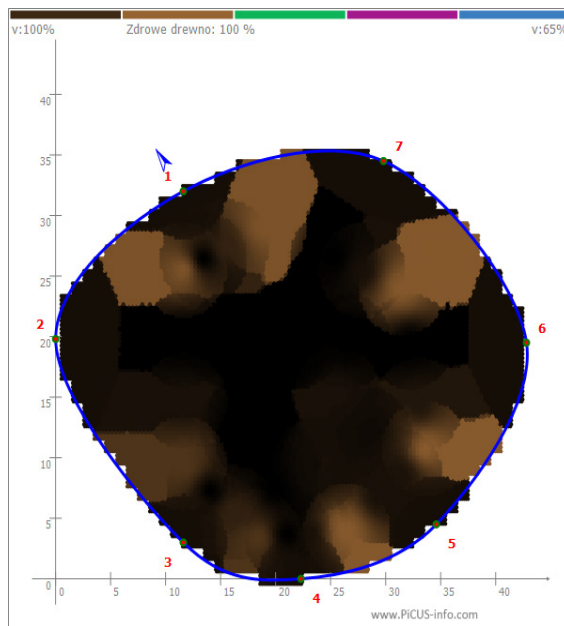
Tabela 2. Stan zdrowotny pni drzew oraz średnia prędkość dźwięku
Table 2. Tree trunks health and average speed of sound recorded

Lp. No.	Gatunek Species	Drewno sprawne technicznie Healthy wood (%)	Drewno uszkodzone Damaged wood (%)	Drewno przejściowe Temporary wood (%)	Średnia prędkość dźwięku Average speed of sound ($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$)
1.	<i>Pinus sylvestris</i>	98	0	2	753
2.	<i>Pinus sylvestris</i>	100	0	0	1113
3.	<i>Alnus glutinosa</i>	54	25	21	878
4.	<i>Alnus glutinosa</i>	31	49	20	808



Ryc. 1. Tomogram przekroju poprzecznego pnia sosny (*Pinus sylvestris* L.) – nr inw. 1
[oprac. W. Durlak 2019]

Fig. 1. Tomogram cross-section of the trunk of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) – No. 1
[prepared by W. Durlak 2019]



Ryc. 2. Tomogram przekroju poprzecznego pnia sosny (*Pinus sylvestris* L.) – nr inw. 2
[oprac. W. Durlak 2019]

Fig. 2. Tomogram cross-section of the trunk of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) – No. 2
[prepared by W. Durlak 2019]



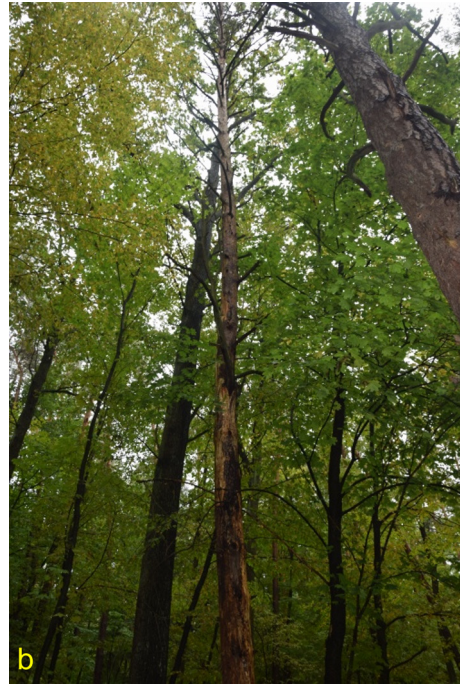
Fot. 1. *Pinus silvestris* L. – sosna zwyczajna (nr inw. 1) – martwe drzewo z masowym ubytkiem korowiny spowodowane żerowaniem przyplaszczka granatka (*Phaenops cyanea* Fabr.) [fot. E. Górską-Drabik 2019]

Phot. 1. *Pinus silvestris* L. (no. 1) – dead tree with loss of bark caused by feeding of *Phaenops cyanea* (Fabr.) [phot. by E. Górską-Drabik 2019]

W skali Roloffa drzewo traktowane jest jako martwe, na co wskazywały następujące symptomy: zamarła korona, masowy ubytek korowiny na całej długości pnia (na wewnętrznej stronie kory oraz na łyku wyraźne ślady żerowania przyplaszczka granatka) (fot. 1a, 1b). Na podstawie wywiadu oraz oceny wizualnej, śmierć drzewa nastąpiła najprawdopodobniej w 2018 roku.

Tomogram drugiej sosny (nr inw. 2) prezentuje w 100% drewno sprawne technicznie (ryc. 2). Przeciętna prędkość dźwięku podczas pomiaru wyniosła $1113 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ (tab. 2). Śmierć drzewa nastąpiła w 2019 roku. Jest ono martwe mimo braku objawów rozkładu wewnętrznego pnia. Podobnie jak w przypadku pierwszej z sosen, drzewo było pozbawione kory (fot. 2a, 2b). Wewnętrzna powierzchnia opadłej korowiny oraz łyko nosiły ślady żerowania przyplaszczka granatka. Sosna opanowana została również przez wykarczaka sosnowca. Objawy jego żeru widoczne były w postaci licznych owalnych otworów wyjściowych. W pozostałościach korowiny między korą a łykiem stwierdzono również liczne larwy rębacza pstrego (fot. 3).

U olszy czarnej (nr inw. 3) analiza tomograficzna potwierdziła wystąpienie uszkodzeń wewnętrznych pnia. Drewno sprawne technicznie zajmowało 54% powierzchni przekroju poprzecznego pnia (tab. 2). Uszkodzone drewno obejmowało natomiast 25% tej powierzchni. Rozkład tkanek wewnątrz pnia był największy po stronie południowej



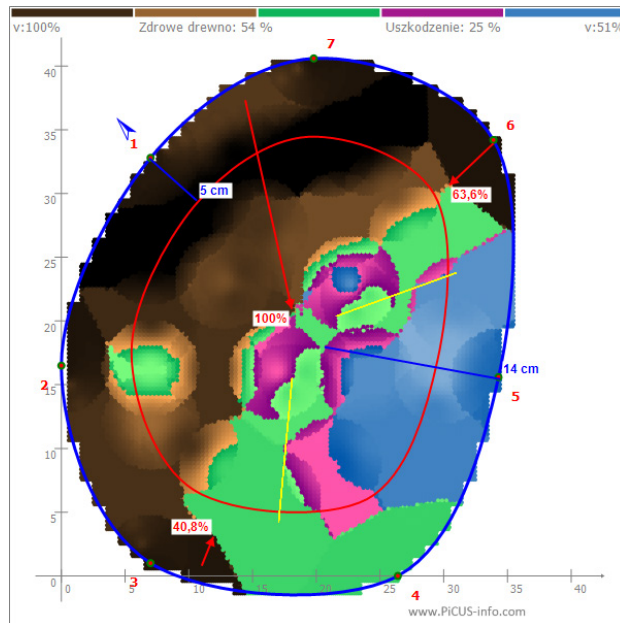
Fot. 2. *Pinus sylvestris* L. – sosna zwyczajna (nr inw. 2) – martwe drzewo z masowym ubytkiem korowiny spowodowanym żerowaniem przypląszczka granatka (*Phaenops cyanea* Fabr.) [fot. W. Durlak 2019]

Phot. 2. *Pinus sylvestris* L. (No. 2) – dead tree with loss of bark caused by feeding of *Phaenops cyanea* (Fabr.) [phot. by W. Durlak 2019]



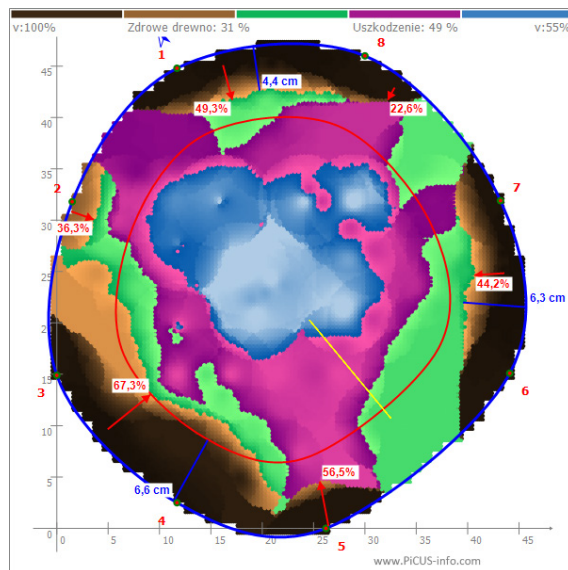
Fot. 3. Larwy rębaczka pstrego (*Rhagium inquisitor* L.) żerujące pod korą sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) – nr inw. 2 [fot. E. Górska-Drabik]

Phot. 3. Larvae of *Rhagium inquisitor* L. feeding on Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) – No. 2 [phot. by E. Górska-Drabik]



Ryc. 3. Tomogram przekroju poprzecznego pnia olszy czarnej – nr inw. 3
(*Alnus glutinosa* Gaertn.) [oprac. W. Durlak 2019]

Fig. 3. Tomogram cross-section of the trunk of common alder (*Alnus glutinosa* Gaertn.) – No. 3
[prepared by W. Durlak 2019]



Ryc. 4. Tomogram przekroju poprzecznego pnia olszy czarnej – nr inw. 4
(*Alnus glutinosa* Gaertn.) [oprac. W. Durlak 2019]

Fig. 4. Tomogram cross-section of the trunk of common alder (No. 4)
(*Alnus glutinosa* Gaertn.) [prepared by W. Durlak 2019]



Fot. 4. Olsza czarna (*Alnus glutinosa* Gaertn.) – nr inw. 3 – drzewo ze śladami żerowania – *Synanthedon mesiaeformis* (H.-S.) (liczne otwory wylotowe) i działalności dzięciołów [fot. W. Durlak]
 Phot. 4. Common alder (*Alnus glutinosa* Gaertn.) No. 3 – infested by *Synanthedon mesiaeformis* (H.-S.) and woodpeckers [phot. by W. Durlak]

i sięgał aż do części rdzeniowej ze skłonnością do pogłębiania się (ryc. 3). U drugiej z olsz (nr inw. 4), rosnącej w tym samym rejonie, co drzewo nr 3, destrukcja obejmowała 49% obszaru na przekroju poprzecznym pnia (tab. 2). Drewno zdrowe zajmowało natomiast 31% tej powierzchni. Największy rozkład występował w części rdzeniowej z tendencją do rozprzestrzeniania się ku obwodowi pnia (ryc. 4). W obu przypadkach średnie prędkości rozchodzenia się fali dźwiękowej mieściły się w zakresach 878 i 808 m·s⁻¹. Porównując stan witalny obu drzew w skali Roloffa, należy zakwalifikować je do fazy degeneracji (osłabionego rozwoju korony). U obu olsz wyliczony dla różnych kierunków geometryczny moment bezwładności dla przekroju poprzecznego pnia, mierzony na wysokości pomiaru wynosił od 40,8% do 100% (drzewo nr 3) oraz od 36,3% do 56,5% (drzewo nr 4) wytrzymałości maksymalnej w stosunku do pnia pozbawionego wad lub uszkodzeń. Na pniach obu drzew poddanych analizie widniały ślady żerowania larw przeziernika (*S. mesiaeformis*) oraz ubytki wgłębne będące skutkiem działalności dzięciołów (fot. 4a, 4b).

W korze pierwszej z olsz (nr inw. 3) stwierdzono liczne otwory wylotowe *S. mesiaeformis* świadczące o rozwoju około 5 pokoleń szkodnika, natomiast nieliczne otwory obserwowano w przypadku drzewa nr 4 – po jednym 2-letnim cyklu życiowym (fot. 5a, 5b).



Fot.5. Olsza czarna (*Alnus glutinosa* Gaertn.) – nr inw. 4 – drzewo ze śladami żerowania przeziernika – *Synanthedon mesiaeformis* (H.-S.) [fot. E. Górską-Drabik]

Phot. 5. Common alder (*Alnus glutinosa* Gaertn.) – No. 4 – infested by *Synanthedon mesiaeformis* (H.-S.) [phot. by E. Górską-Drabik]

DYSKUSJA

Wizualna ocena nie zawsze jest wystarczająca, a defekty wewnątrz pni drzew pozostają poza zasięgiem wzroku człowieka [Hayes 2001, Pokorny 2003, Luley 2005, Wang i Allison 2008]. Jest to powód, dla którego stale poszukuje się nowych metod umożliwiających wczesną i bardziej precyzyjną ocenę. Nowoczesne urządzenie, jakim jest tomograf dźwiękowy, stało się dobrym narzędziem monitorowania drzew, pozwalającym obserwować zmiany struktury wewnętrznej tkanek roślinnych. Urządzenie to doskonale sprawdza się w praktyce, szczególnie w przypadku uszkodzeń drewna powodowanych przez patogeny grzybowe. Otrzymywane na miejscu wyniki w połączeniu z diagnozą fitopatologiczną i entomologiczną oraz wizualną oceną uszkodzeń i ubytków były podstawą wstępnej oceny stanu zdrowotnego drzewa i podjęcia odpowiednich działań np. niezbędnych zabiegów pielęgnacyjnych lub ostatecznie usunięcia drzewa.

Przeprowadzone badania wykazały, że drewno obu sosen zasiedlonych przez szkodniki było niemalże w 100% sprawne technicznie, mimo że oba drzewa były już martwe. Sosny pozbawione były korowiny, która nosiła wyraźne ślady żerowania przyplaszczka granatka. Gatunek ten jest typowym szkodnikiem wtórnym atakującym drzewa osłabione działaniem różnych czynników środowiskowych [Sowińska 2006]. Według Apela i in.

[2000] samice *P. cyanea* w celu złożenia jaj wybierają przede wszystkim drzewa z objawami zaburzonej gospodarki wodnej. O obecności larw przyplaszczka granatka świadczyła bardzo duża liczba silnie powyginanych chodników larwalnych widocznych w łyku oraz na wewnętrznej stronie kory (w dolnej części pnia oraz z wyższych partii drzewa leżącej na ściółce). Według danych z piśmiennictwa *P. cyanea* jest kambiofagiem, a zarazem szkodnikiem fizjologicznym sosny, którego larwy wygryzają czerwonawo zabarwione chodniki wypełnione chmurkowato ułożonymi trocinkami. Żerują one w korze oraz miazdze i łyku. Poprzeczne ułożenie chodników larwalnych, które „obrączkują drzewo” jest przyczyną szybszego zamierania zdrowych tkanek, a w konsekwencji całego drzewa. Efekty żerowania szkodnika w postaci przerzedzenia korony, wycieku żywicy i odpadającej kory widoczne są podczas zamierania drzewa [Gutowski i in. 1992, Łabędzki 1993, Kolk i Starzyk 1996].

Faktem jest, że pierwsza z sosen, zasiedlona została wyłącznie przez *P. cyanea*, natomiast drugie drzewo opanował także rębacz pstry i wykarczak sosnowiec. Objawy uszkodzeń roślin przez *R. inquisitor* także ograniczają się do kory oraz powierzchniowej warstwy łyka, choć niekiedy mogą sięgać bieli. Korytarze, w których przebywają larwy, osiągają 20 mm szerokości, są nieregularne i wypełnione brunatną mączką, tworząc miejscami placowate powierzchnie. Kolebka poczwarkowa jest wyraźna, osiąga średnicę 40 mm [Dominik 1955, Burakowski i in. 1989]. *R. inquisitor* jest gatunkiem powszechnie występującym na drzewach zamierających lub martwych, wcześniej opanowanych przez korniki lub porażonych przez patogeny grzybowe [Dominik i Starzyk 1983]. Gatunek ten dominuje w grupie owadów kambio- i ksylofagicznych zasiedlających m.in. pogromiskowe pniaki sosny [Bednarz 2005]. Według Schimitscheka [1935] czynnikiem warunkującym zasiedlenie drzewa przez rębacza pstrego jest spróchnienie drzewa. Otrzymane w badaniach tomogramy nie obrazują jednak uszkodzeń powodowanych przez oba gatunki owadów.

W przeciwieństwie do *P. cyanea* i *R. inquisitor*, rozwój i żerowanie larw wykarczaka sosnowca odbywa się również w głębszych tkankach – w bielu oraz twardzieli, a zasiedlone przez szkodnika drewno staje się zwykle bezwartościowe [Dominik 1955, Kolk i Starzyk 1996, Özdikmen 2013]. Także w tym przypadku uzyskany obraz z tomografu nie ukazał uszkodzeń spowodowanych przez larwy tego gatunku owada. W części bielastej chodniki larw *A. rusticus* są bardzo silnie spłaszczone, natomiast w twardzieli mają one kształt owalny. Ich szerokość dochodzi do 16 mm, a węższe fragmenty mogą się znacznie placowato rozszerzać. Zaznaczyć należy, że całe chodniki larwalne są silnie ubite trocinkami, choć co kilka centymetrów rozluźniają się dzięki dłuższym wiórkom i walcowatym odchodom larw. Tworzone na końcach chodników larwalnych kolebki poczwarkowe są duże, osiągają wielkość $45 \times 7,5\text{--}16$ mm [Dominik 1955]. Obecność licznych otworów wyjściowych na pniu badanej sosny świadczyła o zakończonym cyklu życiowym, trwającym 2–3 lata. Przypuszczać można, że chodniki i kolebki poczwarkowe wygryzione przez larwy nie znalazły się w obszarze działania tomografu lub zajmowały zbyt małe powierzchnie. Wskazane byłoby uzupełnienie prowadzonych badań o analizę materiału po ścięciu drzewa. Monitorowanie tego gatunku chrząszcza jest ważne pod kątem szkodliwości pośredniej. Przypuszcza się, że gatunek ten jest wektorem nicienia – węgorka sosnowca (*Bursaphelenchus xylophilus*), sprawcy choroby zagrażającej lasom sosnowym na całym świecie [Wang i in. 2020]. Wykarczak sosnowy związany jest głównie z sosną, opanowuje martwe i silnie osłabione drzewa (stojące i leżące) o dużej średnicy pnia [Burakowski i in. 1989].

Wyniki analizy tomogramów z olszy czarnej wykazały, że drzewa te miały znaczne uszkodzenia. Sprawne technicznie drewno zajmowało 31% (olsza nr 3) i 54% przekroju poprzecznego pnia (olsza nr 4). Drewno uszkodzone stanowiło odpowiednio 25% i 49%. Oba drzewa zasiedlone zostały przez ksylofagiczny gatunek przeziernika *S. mesiaeformis*, który atakuje głównie stare drzewa olszy czarnej będącej jego jedyną rośliną żywicielską [Bąkowski i Hołowiński 1997]. Gatunek ten obserwowany jest na drzewach osłabionych, np. po wcześniejszych uszkodzeniach kory, ale wyłącznie na stanowiskach dobrze nasłonecznionych. Analiza obu tomogramów wykazała, że w miejscu lokalizacji żerowisk *S. mesiaeformis* drewno nie wykazuje osłabionej struktury. W przypadku drzewa nr 4 obszar znajdujący się poza strefą żerowania larw to drewno uszkodzone, z postępującym rozkładem tkanek. Można zatem stwierdzić, że *S. mesiaeformis* zasiedlił drzewa osłabione działaniem nieznanymi czynników.

WNIOSKI

Tomogramy z tomografu Picus 3 nie odzwierciedliły rzeczywistych uszkodzeń tkanek roślinnych spowodowanych przez owady. Może być on jednak dodatkowym narzędziem diagnostycznym przy założeniu, że szkodniki wtórne zasiedlające drzewa osłabione działaniem różnych czynników środowiskowych będziemy traktować jako bioindykatory, które najszybciej reagują na obniżenie zdrowotności i żywotności drzew. Tomograf dźwiękowy może stać się kolejnym narzędziem, pozwalającym ocenić jakość handlową i użytkową zasiedlonych przez szkodniki wtórne drzew. Wykorzystanie takiej aparatury w codziennej praktyce gospodarczej jest jednak ograniczone przede wszystkim ze względu na koszty. Niemniej jednak tomografia dźwiękowa może znaleźć zastosowanie w ocenie stanu zdrowotnego cenniejszego drzewostanu leśnego, zabytkowych alei czy drzew szczególnie wartościowych pod kątem historycznym, kulturowym czy też przyrodniczym.

PIŚMIENNICTWO

- Apel K.-H., Kätzel R., Lüttschwager D., Schmitz H., Schütz S., 2000. Untersuchungen zu möglichen Mechanismen der Wirtsfindung durch *Phaenops cyanea* F. (Col., Buprestidae). Mitt. Dtsch. Ges. Allg. Angew. Ent. 12, 23–27.
- Baridon D., Suchocka M., 2009. Wizualna metoda oceny statyki drzew. Co ma wpływ na statykę drzewa i jak rozpoznać zagrożenie. Administrator 2, 16–19.
- Bąkowski M., Hołowiński M., 1997. Przezierniki (*Lepidoptera*, *Sesiidae*) południowo-wschodniej części Polesia Lubelskiego. Wiad. Entomol. 16(2), 107–114.
- Bednarz B., 2005. Zasiedlenie pniaków na pogromiskach przez owady przez owady kambio- i ksylofagiczne. Acta Sci. Pol. Silv. 4(1), 3–10.
- Brazee N.J., Marra R., Göcke L., Van Wassenae P., 2011. Non-destructive assessment of internal decay in three hardwood species of northeastern North America using sonic and electrical impedance tomography. Forestry 84(1), 33–39.
- Burakowski B., Mroczkowski M., Stefańska J., 1989. Chrzaszczce Coleoptera – *Cerambycidae* i *Bruchidae*. Katalog Fauny Polski 23,15, 1–311.
- Chomicz E., 2007. Bezinwazyjne metody wykrywania defektów wewnątrz pni drzew stojących (Tomograf PiCUS® Sonic i PiCUS® Tretronic). Leśne Pr. Badaw. 3, 117–121.
- Chomicz E., 2010. Bezinwazyjne diagnozowanie kondycji drzew zabytkowych z zastosowaniem tomografów PiCUS®. Kur. Konserw. 8, 29–32.

- Dominik J., 1955. Owady szkodniki techniczne drewna. PWRiL, Warszawa.
- Dominik J., Starzyk R.J., 1983. Owady niszczące drewno. PWRiL, Warszawa.
- Durlak W., Dudkiewicz M., Pudelska K., Dąbski M., 2017. Diagnozowanie kondycji drzew z wykorzystaniem tomografii komputerowej. Acta Sci. Pol., Form. Circumiectus 16(2), 71–83. <http://dx.doi.org/10.15576/ASP.FC/2017.16.2.71>
- Göcke L., Rust S., Weihs U., Günther T., Rücker C., 2007. Combining Sonic and Electrical Impedance Tomography for the Nondestructive Testing of Trees. Proceedings of the 15th International Symposium on Nondestructive Testing of Wood, Duluth, Minnesota, USA, September 10–12, 31–42.
- Gutowski J.M., Królik R., Partyka M., 1992. Studia nad biologią, występowaniem i znaczeniem gospodarczym w Polsce bogatników z rodzaju *Phaenops* Dejan (Coleoptera: Buprestidae). Prace Inst. Bad. Leś. 736, 1–79.
- Hayes E., 2001. Evaluating tree defects. 2nd ed. Safetrees, Rochester, MN, pp. 34.
- Jankowiak R., 2004. Interakcje między owadami kambiofagicznymi, grzybami i rośliną. Kosmos 53(1), 39–50.
- Kolk A., Starzyk J.R., 1996. Atlas szkodliwych owadów leśnych. Multico, Warszawa.
- Luley C.L., 2005. Wood decay fungi common to living urban trees in the northeast and central United States. Urban Forestry LLC, Naples, NY, pp. 61.
- Łabędzki A., 1993. Nowa plaga naszych lasów. Przyplaszczek granatek. Prz. Leśn. 2, 14–15.
- Mattheck C.G., Bethge K.A., 1993. Detection of decay in trees with the metriguard stress wave timer. J. Arboric. 19(6), 374–378.
- Özdikmen H., 2013. Review on the biology of Turkish Cerambycoidea (Coleoptera) Part II – Cerambycidae (Aseminae-Dorcasominae). Munis. Entomol. Zool. 8, 4–443.
- Ploetz R., Hulcr J., Wingfield M., De Beer Z., 2013. Destructive tree diseases associated with ambrosia and bark beetles: black swan events in tree pathology? Plant Dis. 97, 856–872. <http://dx.doi.org/10.1094/PDIS-01-13-0056-FE>
- Pokorny J., 2003. Urban tree risks management: A community guide to program design and implementation, NA-TP-03-03. USDA Forest Service, Northeastern Area, State and Private Forestry, St. Paul, MN, pp.194.
- Roloff A., 2016. Urban Tree Management for the Sustainable Development of Green Cities. John Wiley & Sons, West Sussex, 82–94.
- Schimitschek E., 1935. Forstschädlingaufreten in Österreich 1927–1933. Centralblatt für das Gesamte Forstwesen 61, 210–214.
- Solheim H., Krokene P., Långström B., 2001. Effect of growth and virulence of associated blue-stain fungi on host cocolonization behaviour of pine shoot beetles *T. minor* and *T. piniperda*. Plant Pathol. 50(1), 111–116. <https://doi.org/10.1046/j.1365-3059.2001.00541.x>
- Sowińska A., 2006. Biologia i ekologia przyplaszczka granatka *Phaenops cyanea* (F.) (Col., Buprestidae) – aktualny stan wiedzy. Leś. Pr. Bad. 3, 83–98.
- Suchocka M., 2012. Zalety i ograniczenia stosowania wizualnej metody oceny drzew (VTA) jako odpowiedź na problemy związane z zagrożeniami powodowanymi przez drzewa miejskie. Człow. Śr. 36(1–2), 97–110.
- Wang X., Allison R.B., 2008. Decay detection in red oak trees using a combination of visual inspection, acoustic testing, and resistance microdrilling, Arboric. Urban For. 34(1), 1–4.
- Wang Y., Mao Y., Chen F., Wang L., Song J., Zhou L., 2020. *Arhopalus rusticus* (Coleoptera: Cerambycidae): a new vector for pine wood nematode, *Bursaphelenchus xylophilus* (Nematoda: Aphelenchoididae) bioRxiv, 2020.06.09.142588. <https://doi.org/10.1101/2020.06.09.142588>

Podziękowania. Dziękujemy Markowi Hołowińskiemu (Nadleśnictwo Sobibór) za udostępnienie informacji oraz pomoc w badaniach terenowych.

Źródło finansowania badań: Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego – subwencja (OIP/S51, OKK/s/44).

Summary. The study evaluated the usefulness of sonic tomography to assess the health condition of Scots pine and black alder inhabited by insect pests. *Phaenops cyanea* (Fabr.), *Rhagium inquisitor* (L.), *Arhopalus rusticus* (L.), feeding on Scots pine, and a monophagous species, *Synanthedon mesiaeformis* (H.-S.), occurring on alder, are secondary pests that inhabit stands weakened by various environmental factors. Two Scots pines and two black alders growing in the Macoszyn forest district in the fresh forest complex were selected for the study. The Picus 3 device was applied that is based on the method of acoustic tomography. It uses the properties of a sound wave generated around the trunk perimeter, providing information about the health condition of the wood. The assessed Scots pines inhabited by secondary pests were already dead, but the obtained results from the tomograph suggested 100% technical wood performance, showing no damage caused by insects. Tomographic analysis in black alder showed significant damage to the internal structures of the wood (25 and 49%), but they were not caused by the pest but rather by decay. Sonic tomography does not reflect the actual picture of insect damage, but can be a tool for selecting weakened trees that may be attacked secondary pests.

Key words: sonic tomography, secondary pests, pine, alder, forest stand health

Otrzymano/Received: 21.04.2021
Zaakceptowano/Accepted: 9.06.2021