

EDWARD STĘPIEŃ

Diagnozowanie stanu zdrowotnego drzew świerka i jodły na podstawie oceny patologicznych zmian drewna korzeni grubych

Diagnosing the health condition of spruce and fir trees on the basis of pathological changes in coarse root wood

ABSTRACT

Stępień E. 2012. Diagnozowanie stanu zdrowotnego drzew świerka i jodły na podstawie oceny patologicznych zmian drewna korzeni grubych. Sylwan 156 (8): 599-606.

The paper contains a description and results of direct and indirect methods for assessing pathological changes in the zone of coarse root wood of spruce and fir trees. It also provides an evaluation of the effect of the type of changes and width of the unchanged wood zone on the electrical conductivity. The macroscopic analysis was compared with the results of electrical current measurements and the effect of the detected changes on crown condition and diameter increment of trees.

KEY WORDS

pathological changes, root wood, spruce, fir, macroscopic measurement, electrical conductivity, crown thinning, radial increment

ADDRESSES

Edward Stępień – e-mail: edward.stepien@wl.sggw.pl

Katedra Urządzania Lasu, Geomatyki i Ekonomiki Leśnictwa; SGGW w Warszawie;
ul. Nowoursynowska 159; 02-776 Warszawa

Wstęp

Wzrost zagrożeń środowiska przyrodniczego powodowanych przez czynniki biotyczne, abiotyczne i antropogeniczne uzasadnia potrzebę monitorowania stanu lasu i ekosystemów leśnych [Sierota 1995a, 1998a; Schmid-Haas 2002]. Mimo wielu osiągnięć badawczych w tym zakresie, wciąż brakuje metody jednoznacznego diagnozowania stanu zdrowotnego (witalności, kondycji, żywotności) drzew i drzewostanów [Schmid-Haas 1993; Sierota 1995b, 1998b]. Przerzedzenie koron drzew mierzone ubytkiem aparatu asymilacyjnego, stosowane powszechnie jako kryterium w europejskim monitoringu stanu zdrowotnego lasu, nie zawsze świadczy o złym stanie zdrowotnym [Sierota 1995b; Lech 1998]. Problem poszukiwania odpowiednich wskaźników uszkodzeń drzew i drzewostanów umożliwiających rozpoznawanie, ocenę i prognozowanie zmian stanu lasu jest zatem wciąż aktualny [Rykowski 1984; Schmid-Haas 1991, 1993, 2002; Łozińska, Łoziński 1991; Sierota 1995a, 1998b; Chomicz, Niemtur 2008].

Interdyscyplinarne badania dotyczące tego złożonego problemu prowadził zespół pracowników szwajcarskiego Instytutu Badań Lasu, Śniegu i Krajobrazu (WSL) w Birmensdorfie [Schmid-Haas i in. 1997]. Będąc członkiem tego zespołu, jestem współautorem metodyki, współwykonawcą pomiarów terenowych oraz opracowania i interpretacji materiału badawczego dotyczącego oceny przewodnictwa elektrycznego i niektórych właściwości mechanicznych drewna korzeni grubych świerka i jodły [Schmid-Haas i in. 1997].

Celem niniejszej pracy jest przedstawienie wyników badań prowadzonych w tym ośrodku dotyczących bezpośredniej (makroskopowej) i pośredniej (pomiar przewodnictwa elektrycznego) metody oceny zmian drewna korzeni grubych świerka i jodły oraz wpływu na to przewodnictwo obecności patogenów grzybowych. Zagadnienie to wpisuje się w kompleks powiązań pomiędzy rodzajem tych zmian a stanem koron drzew oraz ich przyrostem, śmiertelnością i wrażliwością na szkody od wiatru [Schmid-Haas, Bachofen 1991; Schmid-Haas 1991, 1993; Schmid-Haas i in. 1997].

Material i metody

Badania przeprowadzono na stałych powierzchniach badawczych zlokalizowanych w drzewostanach jednowiekowych (11 powierzchni) i wykazujących złożoną strukturę lasu przerębowego (12 powierzchni) oraz na 145 kontrolnych kołowych powierzchniach próbnych założonych dla potrzeb inwentaryzacji i planowania rozwoju lasu [Schmid-Haas i in. 1997]. Pod względem geograficznym badania zlokalizowane były na terenie środkowej równiny szwajcarskiej (Mittelland), w regionie podgórskim (Jura, Strefa Przedalpejska) i górskim (Strefa Alpejska). Za kryteria przy wyborze poszczególnych obiektów (powierzchni) w wymienionych regionach przyjęto:

- porównywalność warunków glebowych i siedliskowych,
- jednorodność struktury (budowy) drzewostanu,
- dominujący udział w składzie świerka lub jodły (80% i więcej),
- wiek drzewostanu powyżej 60 lat.

Material badawczy stanowiły parametry drzew i wyniki oceny 905 korzeni świerka i 387 korzeni jodły. Były to:

- pierśnica i jej 5-letni przyrost przeliczony na rok [mm],
- stan (przerzedzenie) korony [%],
- dane makroskopowej oceny stanu drewna korzeni grubych,
- wyniki pomiaru przewodnictwa elektrycznego.

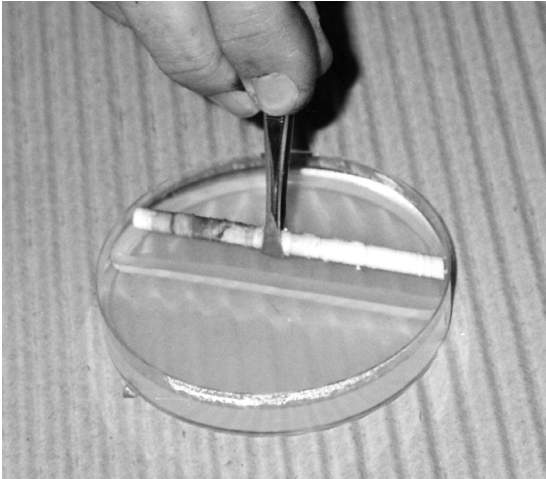
Stan drewna korzeni grubych badanych gatunków oceniano na wywiertach pobranych świdrem przyrostowym najczęściej z 3 korzeni, możliwie równomiernie rozmieszczonych wokół pnia. Wiercono do rdzenia, zachowując prostopadły kierunek do przebiegu korzenia, w odległości około 80-100 cm od pnia. Bezpośrednio po wydobyciu, wywierty podlegały makroskopowej ocenie stanu drewna. Przy uwzględnieniu niżej podanych kryteriów optycznych, wyróżniano następujące stany:

- brak odchyłeń barwy i struktury drewna,
- przebarwienia – zmiany barwy drewna od żółtej przez ciemnoszarą lub ciemnobrązową do prawie czarnej, przy braku widocznych zmian struktury drewna,
- zgnilizna – typu suchego, w kolorze jasnym lub z przebarwieniami, typu wilgotnego z przebarwieniami, przy widocznych (znaczących) zmianach powierzchniowej struktury lub już całkowitym rozkładzie drewna,
- przewilgocenia – widoczny (często już w trakcie wiercenia) nadmiar wody, często z charakterystycznym towarzyszącym zapachem.

W przypadku wystąpienia takich zmian lokalizowano ich położenie, mierząc na pobranych wywiertach odległość od kambium do stwierdzonej strefy zmian oraz umieszczano je w zagłębieniu

odpowiedniego szklanego naczynia (średnica 9 cm), w celu wyhodowania komórek patogenów grzyba (fot. 1). Ich identyfikację przeprowadził prof. O. Holdenrieder [Schmid-Haas i in. 1997].

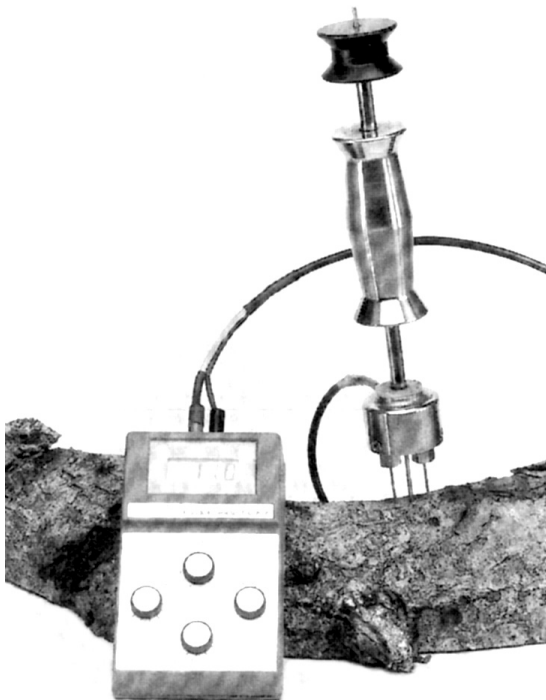
Pomiaru przewodnictwa elektrycznego dokonano w celu odpowiedzi na pytanie, jak dalece stwierdzone makroskopowo zmiany w drewnie wpływają na przewodność elektryczną. Umożliwiło to weryfikację przydatności tych danych jako indykatora infekcji i patologicznych zmian występujących w drewnie korzeni. Pomiar przewodnictwa wykonywany był w bezpośrednim sąsiedztwie pobierania wywiertów za pomocą konduktometru CG 858 (fot. 2). Przepływ prądu następował pomiędzy dwoma igłami osadzonymi na odpowiedniej prowadnicy umożliwiającej



Ryc. 1.

Przebarwienie drewna korzenia stwierdzone w odległości około 8 mm od kambium

Discolouration in the root wood ca. 8 mm from the cambium



Ryc. 2.

Przyrząd do pomiaru przewodnictwa elektrycznego

Apparatus for the measurement of electrical conductivity

ich zagłębienie w drewno na głębokość 20-25 mm. Miejsca pobierania wywierców i wykonania pomiaru zabezpieczano przed infekcją odpowiednim preparatem grzybobójczym.

Wyniki

SZEROKOŚĆ NIEZMIENIONEJ STREFY DREWNA. Fizjologiczną konsekwencją szerokości niezmienionej strefy drewna w strefie przykambialnej jest możliwość przewodzenia wody od korzeni do koron drzew, co wpływa w istotny sposób na wzrost, rozwój i żywotność drzew oraz na stabilność drzewostanów. Przypuszczać można, że znaczenie w tym przypadku ma nie tylko rodzaj patologicznej zmiany (przebarwienie, zgnilizna, zawilgoć), lecz również szerokość graniczącej z kambium niezmienionej optycznie strefy (fot. 1).

20% (świerk) i 10% (jodła) obserwowanych zmian drewna korzeni typu zgnilizna zlokalizowane było bezpośrednio przy kambium. W strefie do 20 mm od kambium wystąpiło już odpowiednio około 75-80% takich zdarzeń, zaś w strefie do 40 mm – blisko 90% u obydwu gatunków. Natomiast w tych samych strefach, udział ogólnej liczby otaksowanych przebarwień wynosił odpowiednio około 40% (świerk) i 25% (jodła) oraz około 70% (świerk) i 50% (jodła). W przypadku zawilgości drewna korzeni jodły stwierdzono, że ich przestrzenny rozkład jest podobny do występowania przebarwień.

Wyniki dotyczące możliwości lokalizacji zmian ocenić należy także w aspekcie praktycznym. Na ich podstawie stwierdzono, że zadowalającą diagnozę na temat występowania zmian w drewnie korzeni uzyskać można już przy pobieraniu wywierców o długości rzędu 40-60 mm.

PRZEWODNICTWO ELEKTRYCZNE. Wyniki pomiarów przewodnictwa elektrycznego dowodzą, że średnie wartości przewodnictwa w drewnie ocenionym jako niezmienione są znacznie niższe (16 μS – świerk i 25 μS – jodła) niż w przypadku stwierdzenia występowania zmian (tab. 1). Również współczynnik zmienności tej cechy, wynoszący około 50-60%, jest stosunkowo niski. Jeśli w mierzonej strefie wystąpiły przebarwienia lub zgnilizna, przepływ prądu był znacznie większy. Odpowiednie wartości średnie wyniosły bowiem około 57 μS i 72 μS (świerk) oraz około 150-160 μS (jodła), wykazując przy tym dużą zmienność (około 80-100%). W drewnie jodły ocenionym jako nadmiernie uwilgocone, przepływ prądu był blisko 4-krotnie większy niż w drewnie niewykazującym zmian (tab. 1).

Stwierdzone w mierzonej strefie korzenia występowanie grzybni patogenów, zwykle *Hetreobasidion annosum*, powodującego hubę korzeni (zaskakująco przy całkowitym braku *Armillaria* spp.), powodowało około 5-6-krotne zwiększenie przewodnictwa w porównaniu z drewnem niewykazującym zmian. Również jeśli optycznie stwierdzone zmiany (zgnilizna, przebarwienia) znajdowały się poza strefą pomiaru, występowanie grzybni patogenów powodowało

Tabela 1.

Wielkość przewodnictwa elektrycznego [μS] w zależności od rodzaju stwierdzonych zmian w drewnie korzeni drzew świerka i jodły

Electrical conductivity [μS] with regard to the type of changes in the root wood of spruce and fir trees

Gatunek	Rodzaj zmiany	Liczba zdarzeń	Średnia	Odchylenie standardowe
Świerk	Bez zmian	853	16,1	9,8
	Przebarwienia	18	56,9	58,1
	Zgnilizna	34	72,2	60,3
Jodła	Bez zmian	353	25,3	12,4
	Zawilgoć	26	89,4	85,6
	Przebarwienia	2	160,5	145,0
	Zgnilizna	6	147,3	113,3

blisko 2-3-krotne zwiększenie przewodności w strefie pomiaru. W strefie tej nie były zatem jeszcze optycznie rozpoznane zmiany drewna rozkładanego przez grzyby (wilgotność, właściwości chemiczne).

Rozkład wyników pomiaru przewodnictwa elektrycznego w drewnie uznanym za niezmiennione umożliwił wyróżnienie dwóch zakresów wartości, tj. przedziału uznanego za normę i poza nią. Dla świerka jako przewodnictwo „w normie” przyjęto wartości mieszczące się w przedziale do 30 μS . Zawierało się w nim prawie 98% wszystkich spostrzeżeń. Pozostałe wyniki pomiaru były znacznie wyższe, osiągając wartości nawet rzędu 80-150 μS . Przyczyną tak wysokiego przewodnictwa w drewnie określonym jako niezmiennione mogły być nierozpoznane makroskopowo początkowe stadia przebarwień lub też, w przypadku cienkich korzeni, dokonanie pomiaru już w przeciwległej strefie kambialnej, dobrze przewodzącej prąd. W przypadku jodły za normę przyjęto wartości mieszczące się w przedziale do 50 μS , w którym znalazły się praktycznie wszystkie spostrzeżenia. Tylko 5 drzew podczas pomiarów w drewnie korzeni cienkich (promień <4 cm) wykazało wartości znacznie wyższe (90-130 μS). Możliwe, że przy oględzinach wywiertków nie zauważono występujących już przewilgoceń drewna.

Przepływ prądu w drewnie ocenionym optycznie jako zmienione, uzależniony był od rodzaju stwierdzonej zmiany i miejsca jej występowania (fot. 3). Negatywna zależność między wynikami pomiaru przewodnictwa elektrycznego a względną (w relacji do promienia korzenia) szerokością niezmiennionej strefy drewna, okazała się dla obydwu gatunków prawie jednakowa ($r=-0,30$) i wysoce ($p<0,001$) statystycznie istotna [Schmid-Haas i in. 1997].

ZGODNOŚĆ OCENY MAKROSKOPOWEJ Z POMIAREM PRZEWODNICTWA. Za kryterium zgodności oceny makroskopowej stanu drewna korzeni z wynikami pomiaru przewodnictwa przyjęto dwie sytuacje:

- jeśli na wywiertach nie stwierdzono żadnych zmian barwy i struktury drewna, a wynik pomiaru przewodnictwa mieścił się w przedziale przyjętej normy,
- jeśli na wywiertach wyznaczono patologiczne zmiany drewna w strefie pomiaru przewodnictwa i wynik pomiaru przekraczał wyraźnie przyjętą granicę normy.

Uwzględniając powyższe sytuacje, stwierdzono, że stopień zgodności optycznej taksacji zmian drewna korzeni z wynikami pomiarów przewodnictwa wynosi dla obydwu gatunków około 95% (tab. 2). Na uzyskany rezultat znaczący wpływ miała prawidłowa makroskopowa ocena drewna określonego jako „bez zmian”. Powodem gorszej zgodności oceny w przypadku wystąpienia zmian w drewnie było zapewne to, że uznanie drewna za niezmiennione budzi znacznie mniej wątpliwości niż wyznaczenie granicy zasięgu występowania zmian. Nie jest ponadto znany wpływ występujących różnych typów przebarwień drewna, m.in. jasno- i ciemnobrązowego, żółtawego, niebieskoszarego, na zakres przewodnictwa elektrycznego.



Ryc. 3.

Rozmieszczenie strefy zmian drewna korzenia świerka na przekroju podłużnym
Distribution of the zone with changes in the spruce root wood on the longitudinal section

Tabela 2.

Zgodność makroskopowej oceny zmian drewna korzeni drzew świerka z wynikami pomiaru przewodności elektrycznej

Correlation of the results of macroscopic analysis of changes in the root wood of spruce trees with the results of electrical conductivity measurements

	Lokalizacja zmiany	Wielkość przewodnictwa	Zgodne z pomiarem	Niezgodne z pomiarem
Bez zmian	–	w normie (do 30 μ S)	833	0
		poza normą	0	20
Zgnilizna	strefa pomiaru	w normie (do 30 μ S)	0	12
		poza normą	22	0
	poza strefą	w normie (do 30 μ S)	5	0
		poza normą	0	3
Przebarwienie	strefa pomiaru	w normie	0	10
		poza normą	8	0
	poza strefą	w normie (do 30 μ S)	15	0
		poza normą	0	0
Razem			883 (95%)	45 (5%)

ZMIANY W DREWIE KORZENI GRUBYCH A PRZERZEDZENIE KORON DRZEW. We wszystkich badanych obiektach świerki, u których w obrębie korzeni grubych stwierdzono występowanie zgnilizny, wykazują w porównaniu z drzewami zdrowymi (bez zmian drewna korzeni) przeciętnie wyższe, statystycznie istotne przerzedzenie koron. Dla całej badanej populacji różnica ta wynosi około 5%. W przypadku jodły zmiany typu przewilgocenie wywierają podobny wpływ jak przebarwienia i zgnilizna u świerka. Różnica w ubytku aparatu asymilacyjnego drzew ze stwierdzonymi zmianami i drzew zdrowych wyniosła przeciętnie dla całej populacji około 7% [Schmid-Haas i in. 1997].

ZMIANY W DREWIE KORZENI GRUBYCH A PRZYROST PIERŚNICY. Występowanie w drewnie korzeni grubych przebarwień i zgnilizny (świerk) oraz zmian typu przewilgocenia (jodła) powoduje obniżenie przyrostu grubości. Przyrost pierśnicy drzew świerka był przeciętnie o około 0,6 mm/rok mniejszy niż u drzew zdrowych. Zależność ta okazała się statystycznie wysoce istotna i wystąpiła we wszystkich badanych obiektach. Podobną wielkość redukcji przyrostu pierśnicy stwierdzono u jodły [Schmid-Hass i in. 1997].

Wnioski

- ✦ Wiarygodność oceny stanu zdrowotnego drzew i drzewostanów kształtuje wiele zdarzeń przyczynowo-skutkowych i oddziaływanie różnych czynników stresowych.
- ✦ Wielkość przewodnictwa elektrycznego drewna korzeni grubych jest ściśle związana z występowaniem zmian patologicznych (zgnilizna, przebarwienia, przewilgocenia). Pomiar przewodności elektrycznej drewna korzeni może zastąpić subiektywną optyczną ocenę zmian na wywiertach. Wymaga to skonstruowania sprzętu umożliwiającego pomiar przepływu prądu, przy zagłębianiu elektrod do głębokości około 4-5 cm.
- ✦ Okresowo powtarzane pomiary przewodności elektrycznej korzeni drzew mogą być wykorzystane do monitorowania kierunków i dynamiki rozwoju zachodzących procesów.
- ✦ Patologiczne zmiany w drewnie korzeni grubych drzew świerka i jodły powodują wzrost przerzedzenia koron i obniżenie przyrostu grubości drzew.

✚ Uzyskane rezultaty wskazują na złożoność pierwotnych przyczyn zachodzących zmian. Ich wyjaśnienie wymaga interdyscyplinarnych badań z udziałem różnych specjalistów z zakresu leśnictwa.

Literatura

- Chomicz E., Niemtur S. 2008. Występowanie zgnilizny odziomkowej w wybranych drzewostanach świerkowych Karpat Zachodnich. *Leś. Pr. Bad.* 69 (3): 233-241.
- Lech P. 1995. Przydatność szacunkowej metody określenia defoliacji drzew do badań stanu zdrowotnego lasu. *Sylwan* 139 (8): 99-109.
- Łozińska A., Łoziński J. 1991. Przerzedzenie koron a opór elektryczny i wilgotność względna tkanek przykambialnych sosny i świerka w Puszczy Augustowskiej. *Sylwan* 135 (8): 59-66.
- Rykowski K. 1984. Elektrometryczna metoda oceny stanu fizjologicznego sosny porażonej przez *Armillaria mellea* w warunkach nawożenia mineralnego. *Prace Inst. Bad. Leśn.* 631/635: 81-103.
- Schmid-Haas P. 1991. Ursachliche Zusammenhaenge zwischen Nadelverlust, Zuwachs, Sturmgefaerdung und Faeule. *Schweiz. Z. Forstwes. Jg.* 142 (6): 505-512.
- Schmid-Haas P. 1993. Kronenverlichtung und Sterberaten bei Fichten, Tannen und Buchen. *Forstw. Cbl.* 325-333.
- Schmid-Haas P. 2002. Zur Waldinventur gehoert die Ueberwachung der Vitalitaet. *Schweiz. Z. Forstw.* 2: 68-75.
- Schmid-Haas P., Bachofen H. 1991. Die Sturmgefaerdung von Einzelbaeumen und Bestaenden. *Schweiz. Z. Forstwes. Jg.* 142 (6): 477-504.
- Schmid-Haas P., Baumann E., Holdenrieder O., Keller W., Ramp B., Stępień E. 1997. Infektionen der Stuetzwurzeln, Kronenverlichtung und Zuwachs bei Fichten und Tannen. *Mitt. Eidgenoess. Forsch.anst. Wald Schnee Landsch.* 72 (2): 131-244.
- Sierota Z. 1995a. Zdrowotność a żywotność – próba definicji. *Sylwan* 139 (2): 105-118.
- Sierota Z. 1995b. Przerzedzenie koron drzew jako źródło stresu i jako efekt stresu. *Sylwan* 139 (8): 5-24.
- Sierota Z. 1998a. Stumps as complementary source of information about the forest in biological monitoring and inventory. *Arch. fuer Nat.-Lands.* 37: 33-44.
- Sierota Z. 1998b. Kryteria i metody oceny stanu zdrowotnego drzew i drzewostanów. *Prace Inst. Bad. Leśn. Ser. A* 854: 75-102.

SUMMARY

Diagnosing the health condition of spruce and fir trees on the basis of pathological changes in coarse root wood

The aim of this study is to present the results of direct and indirect methods for assessing pathological changes in the coarse root wood of spruce and fir trees. It is related to a complex of interactions between the nature of these changes and crown condition, growth, mortality and susceptibility of trees to damage from wind [Schmid-Haas, Bachofen 1991; Schmid-Haas, 1991, 1993; Schmid-Haas et al. 1997].

The research was conducted on permanent research plots located in even-aged stands (11 plots), in the stands with a complex, selection structure (12 plots) and on 145 circular control plots. The material consisted of measurement data and results of the assessment of coarse roots of spruce and fir trees. The state of the root wood was assessed using core samples taken by an increment borer, which allowed to distinguish wood without changes, wood with discoloration, wood with rots and wood with excessive moisture content.

In order to verify the macroscopic analysis, the width of the unchanged wood zone in the cambium area and electrical conductivity were measured. The rot-caused changes in the cambium area were detected in 20% of spruce wood and in 10% of fir wood. About 75-80% of rots occurred in the zone up to 20 mm, and nearly 90% – in the zone up to 40 mm from the cambium in both species. The share of the assessed discoloration occurrences in the same zones was ca. 40% in spruce wood and 25% in fir wood, and ca. 70% in spruce wood and 50% in fir wood,

respectively. In the case of moisture occurrences, their spatial distribution in the root wood was similar to the occurrences of discolouration. So, the collection of 40-50 mm-long core samples may be sufficient to ensure identification of changes in root wood.

The mean values of electrical conductivity in the wood considered unchanged were significantly lower (16 μS – spruce and 25 μS – fir) than in the case of wood with changes (tab. 1). Also the coefficient of variation of this characteristic was relatively low (ca. 50-60%). In the case of discolouration or rot occurrences in the measured zone, the flow of the current was significantly better. The respective mean values were ca. 57 μS and 72 μS (spruce) and ca. 150-160 μS (fir) and were highly variable (ca. 80-100%). In the fir wood regarded as excessively moist, the electrical conductivity was nearly 4-fold higher compared to that in the unchanged wood (tab. 1).

The occurrence of fungal pathogens in the measured mycelium zone, primarily the root rot-causing fungus *Hetreobasidion annosum*, resulted in a nearly 5-6-fold increase in electrical conductivity compared to the unaffected wood. A nearly 2-3-fold increase in conductivity in the measurement zone occurred also when the mycelium was outside the measurement zone. This indicates that with the visual assessment of bore samples, the fungi have no effect on the state of root wood (moisture, chemical properties) in the area of measurement.

The distribution of the results of measurements of the electrical conductivity in the unchanged wood, allowed distinguishing the value ranges recognized as the standard, and beyond the standard. The 'standard' conductivity for spruce was within the range up to 30 μS , accounting for nearly 98% of the observations. The standard values for fir were within the range 10-50 μS , which included all observations. The compliance of the visual assessment of changes in root wood with the results of electrical conductivity measurements for both species was ca. 95% (tab. 2).

The spruce trees with rot symptoms showed higher, statistically significant crown thinning on average by 5% compared to the healthy trees. The difference in the loss of foliage in fir trees by about 7% was due to the changes in the moisture content. The occurrence of discoloration and rot (spruce), as well as excessive moisture content (fir) resulted in a decrease in the diameter growth on average by about 0.6 mm/year [Schmid-Haas et al. 1997].