

Meritve električne upornosti aktivnih tkiv kot kazalca cenotskega statusa in stopnje poškodovanosti drevja zaradi onesnaževanja zraka

Dušan ROBIČ,¹ Niko TORELLI,² Katarina ČUFAR³

Izvleček

Robič, D., Torelli, N., Čufar, K.: Meritve električne upornosti aktivnih tkiv kot kazalca cenotskega statusa in stopnje poškodovanosti drevja zaradi onesnaževanja zraka. *Gozdarski vestnik*, št. 3/1990. V slovenščini s povzetkom v nemščini, cit. lit. 6.

Izmerjena je bila »horizontalna« in »vertikalna« električna upornost aktivnih tkiv v lesu in skorji na jelkah iz dinarskega jelovega bukova in na smrekah s Pokljuke. Z metodo je mogoče objektivizirati ugotavljanje cenotskega statusa osebkov razvijajočega se sestoja ter ocenjevanje stopnje poškodovanosti dreves zaradi onesnaževanja zraka.

Električna upornost je odvisna od molarne koncentracije kationov v apoplastni raztopini. Višja kot je koncentracija gibljivih enovalentnih ionov, nižja je njena električna upornost. Prispevek posameznih tkiv k izmerjeni upornosti je različen. Električno najbolj aktivni so: kambijeva cona, tekoči ksilemski prirastek z delno nediferenciranimi celicami, prevodni floem in notranji deli neprevodnega floema. Prispevek kambijevih cone je odvisen od letnega časa. Zdrava, rastna drevesa imajo širša električno aktivna tkiva in zato izkazujejo tudi nižjo električno upornost in obratno.

Slika 1 prikazuje način merjenja »horizontalne« električne upornosti. Posebni elektrodi v položaju druga nad drugo potisnemo skozi skorjo v les, kot kaže slika 1.

¹ Mag. D. R., dipl. inž. gozd., Biotehniška fakulteta, VTOZD za gozdarstvo, 61000 Ljubljana, Večna pot 83, YU.

² Prof. dr. N. T., dipl. inž. gozd., Biotehniška fakulteta, VTOZD za lesarstvo, 61000 Ljubljana, Rožna dolina C. VIII. 34, YU.

³ Mag. K. Č., dipl. inž. les., Biotehniška fakulteta, VTOZD za lesarstvo, 61000 Ljubljana, Rožna dolina C. VIII. 34, YU.

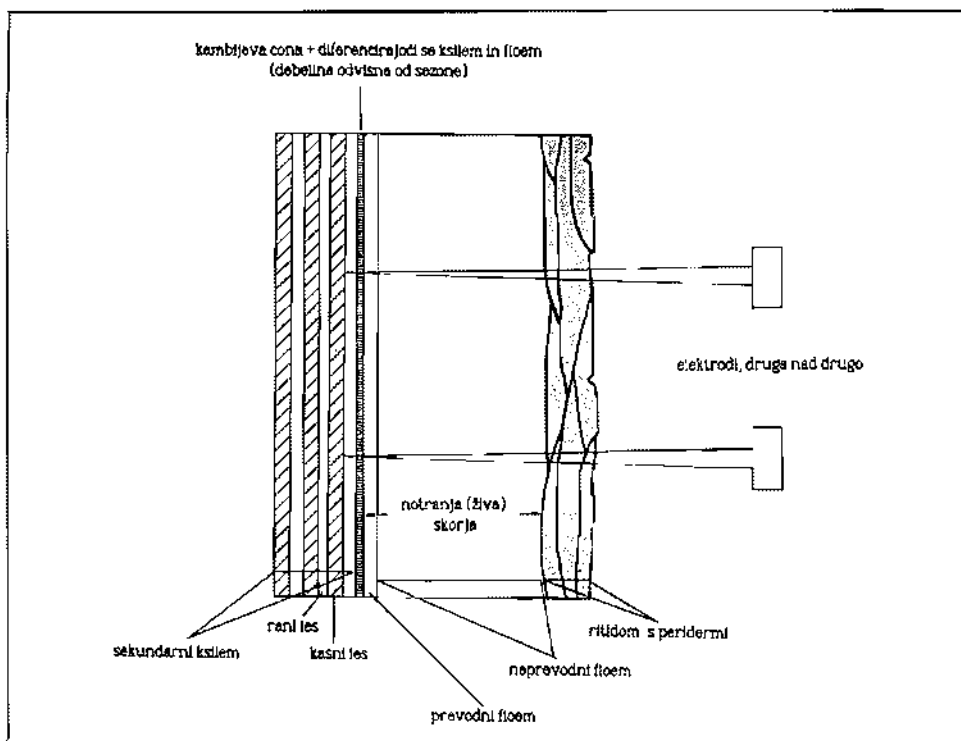
Synopsis

Robič, D., Torelli, N., Čufar, K.: Electrical Resistance Measurements in Active Tissues in Living Trees as Indicator of Cenotic Status and Damage Degree due to Air Pollution. *Gozdarski vestnik*, No. 3/1990. In Slovene with a summary in German, lit. quot. 6.

The »horizontal« and »vertical« electrical resistance of active tissues in wood and bark in silver firs (*Abieti-Fagetum dinaricum*) and spruces (*Rhytidadelpho lorei – Piceetum*) was determined. By means of the presented method it is possible to objectivize the determination of cenotic status of trees in the developing stands as well as the assessment of the damage degree due to air pollution.

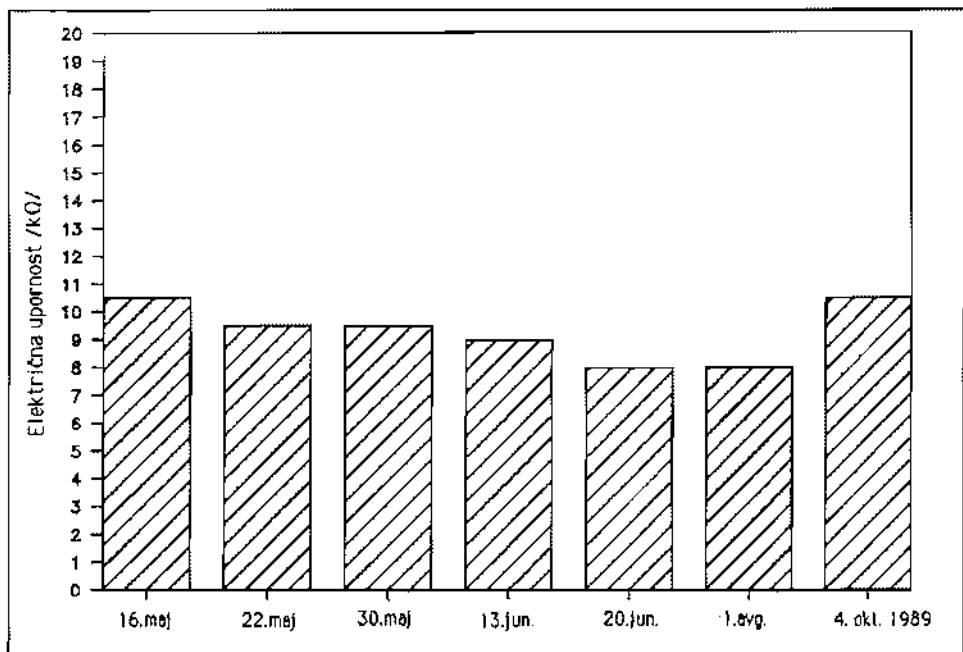
Ob rutinski uporabi se igla ustavi na karsnem lesu lanske branike. Prebadata torej: ritidom s peridermi, celotno živo skorjo z njenim neprevodnim (skladiščnim) in prevodnim delom, kambijevu cono v njeni najširši definiciji (to je kambijevih inicialke in nediferencirane derivate) in diferenciran tekoči ksilemski prirastek. Debelina kambijevih cone je največja in bolj ali manj konstantna v vegetacijskem obdobju (ko sta ritem delitev v kambiju in diferenciacija bolj ali manj uravnovešena), debelina tekočega ksilemskega in floemskega prirastka pa je največja proti koncu vegetacijskega obdobja. Sliki 2 in 3 kažeta sezonsko nihanje električne upornosti zaradi navedenih razlogov pri zdravi in oboleli jelki.

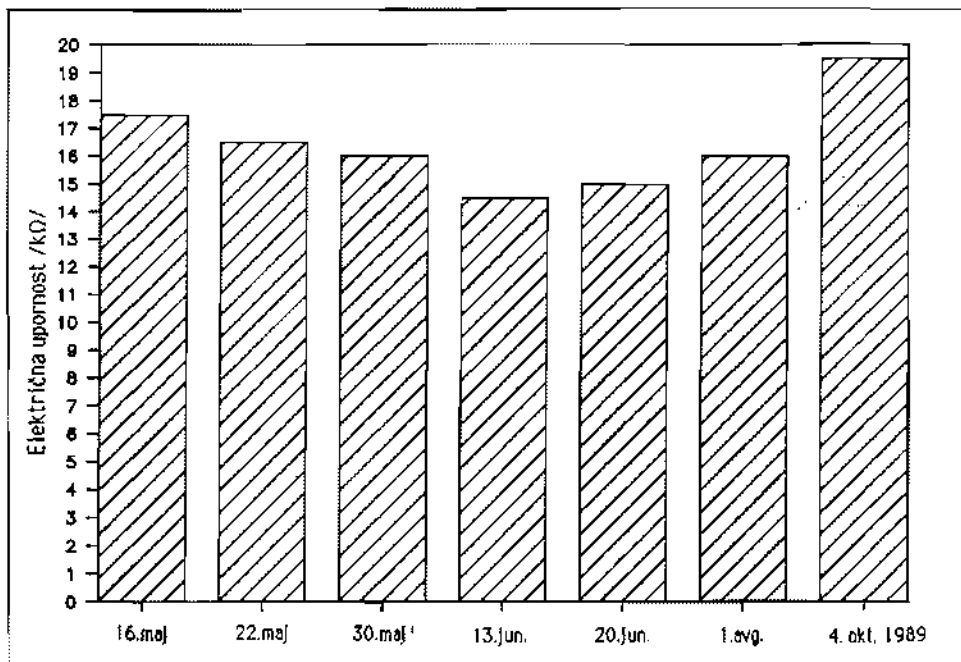
Na sliki 4 so označena mesta meritve »vertikalne« električne upornosti v skorji na primeru jelke (Torelli et al. 1989). V ta namen smo izbrali štiri strateška mesta: (1) v najstarejšem delu neprevodnega (skladiščnega) dela žive skorje (ličja), to je tik pod najmlajšim peridermom, (2) v njenem osrednjem in (3) najmlajšem delu žive skorje in (4) v kambijevi coni. Globina penetracije igel znaša 7 mm.



Slika 1. Merjenje »horizontalne« električne upornosti pri jelki

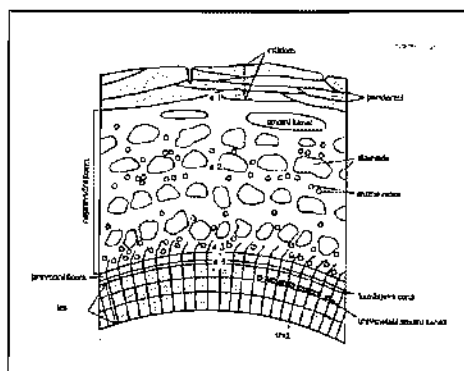
Slika 2. Sezonsko nihanje »horizontalne« električne upornosti v prsni višini pri zdravi jelki (Ravnik, drevo št. 15)





Slika 3. Sezonsko nihanje »horizontalne« električne upornosti v prsni višini pri močno prizadeti jelki (Ravnik, drevo št. 3)

Slika 4. Merjenje »vertikalne« električne upornosti pri jelki: shematski prikaz skorje in kambijeve cone z lokacijami insercije elektrod (1) 1 mm pod ritidomom, (2) osrednji del neprevodnega floema, (3) notranji del neprevodnega floema, (4) kambijeve cone. Globina insercije elektrod: 7 mm



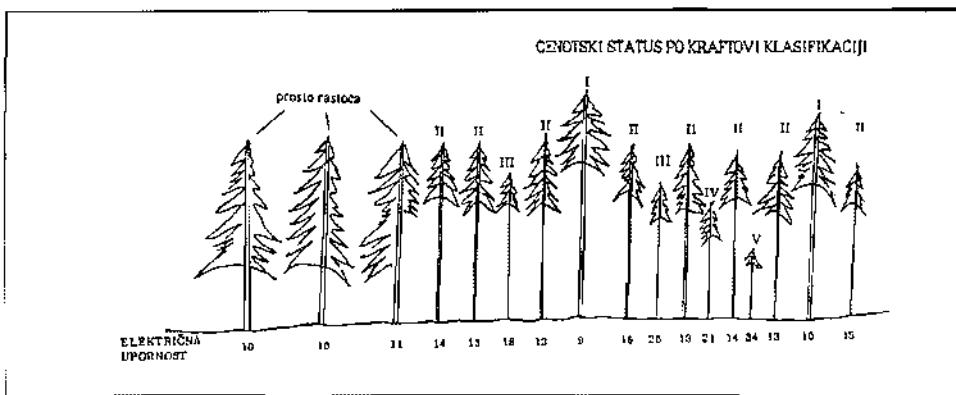
V okviru enotnega rastišča vplivajo na električno upornost še cenotski status (socialni položaj, združbeni položaj), navpična razporeditev krošnje, morebitna ekscentričnost debla, sezonska nihanja klimatskih dejavnikov in prek okvare fotosinteznega aparata tudi onesnaženost zraka in morda še drugi dejavniki.

Pokažimo uporabnost metode meritev električne upornosti na dveh aktualnih primerih: a) diferenciacija osebkov v razvijajočem se sestoju, kot se kaže v cenotskem statusu in b) učinek onesnaževanja zraka na jelko.

Pri utesnjenosti posameznih osebkov v razvijajočem se sestoju opazamo močno zmanjšanje zlasti debelinskega prirastka, ki ga spremlja zviševanje električne upornosti. V ilustracijo navajamo primer očitno še zdravega sestoja s Pokljuke (*Rhytidadelpho lorei* – *Piceetum* M. Wraber 1953) (slika 5), kjer smo smrekam, ocenjenim po Kraftovi klasifikaciji, izmerili električno upornost. Zveza je očitna in razločljiva, saj z metodo pravzaprav merimo širino kambijeve cone ter aktivnih delov tkiva sekundar-

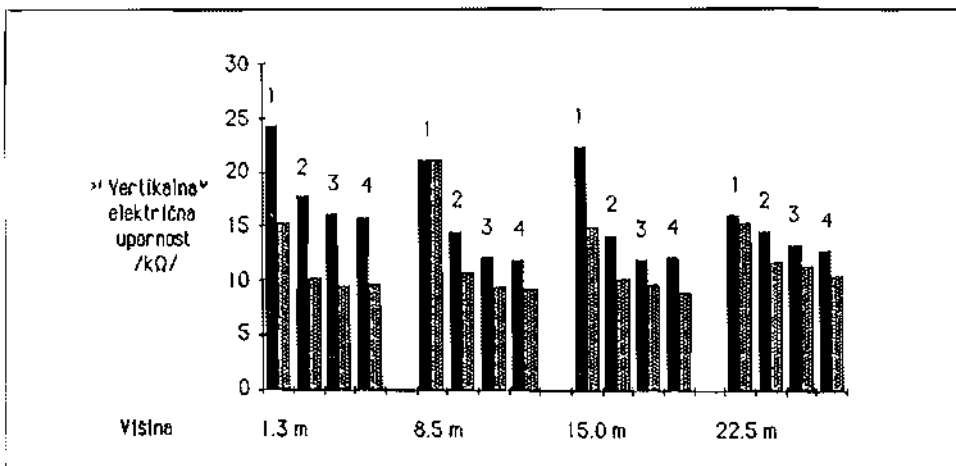
nega ksilema in floema; le-ta pa so vsekakor najširša pri prevladujočih drevesih (najnižja električna upornost) in najnižja pri najbolj v rasti zaostalih (najvišja električna upornost). Občutljivost metode je tolikšna, da je mogoče zaznati tudi fuzijo korenin. Tako je neko drevo z najneugodnejšim cenotskim statusom izkazovalo razmeroma nizko električno upornost, ki mu je sicer nikakor ne bi mogli prisoditi glede na njegov neugoden cenotski status. V tem primeru je podrobnejši pregled pokazal, da je šlo za koreninsko fuzijo. Takšen primer bi lahko kdo pomotoma interpretiral kot odraz visoke »vitalnosti«.

Za tipičen simptom umiranja jelke velja redukcija oz. presvetlitev krošnje, ki jo kot pri utesnjenosti spremlja močen prirastni zastoj in v kritičnih primerih delni ali popolni izpad prirastka, zlasti na bazi drevesa (Torelli, Čufar, Robič 1986). Zdrave jelke obdržijo iglice tudi do dvanajst let, umirajoče pa le tri do štiri leta. Tudi asimilacijska produktivnost listne površine zaradi okvare fotosinteznega aparata močno upade in z njo tudi neto fotosinteza. Kot drugi simptom velja anomalno mokro srce, ki jezikasto napreduje v beljavo. Po Finku in Braunu (1978), naj bi bili značilni bolezenski simptomi tudi sluzne celice v neprevodnem delu



Slika 5. Vpliv cenotskega statusa (klasifikacija po Kraftu 1884) na električno upornost aktivnih tkiv v prsni višini pri smrekah (*Picea abies* Karst.) s Pokljuko (*Rhytidiadelpho lorei* - *Piceetum* M. Wraber 1953)

Slika 6. »Vertikalna« električna upornost pri zdravi (drevo št. 8) in pri močno prizadeteljki (drevo št. 39) na štirih lokacijah v skorji oziroma kambijevi coni (glej sl. 4) in na štirih nivojih v drevesu



žive skorje in bariere travmatskih smolnih kanalov v ranem lesu zadnjih branik. Ti naj bi bili posledica domnevne virusne okužbe in ne mehanskega poškodovanja. Naše raziskave (Torelli, Čufar, Robič 1989, Torelli et al. 1988) te hipoteze ne potrjujejo, saj smo našli sluzne celice tudi pri zdravih drevesih z močnim prirastkom, prav tako tudi bariere travmatskih smolnih kanalov, ki pa so se vselej izkazale za posledico mehanskih poškodb in jih je zato mogoče interpretirati kot barierne cone oz. »stene 4« v modelnem konceptu CODIT (Compartmentalization Of Decay In Trees).

Dolgotrajno onesnaževanje zraka zniža neto fotosintezo. Tedaj je sistem drobnih koreninic slabše oskrbljen z asimilati, zmanjša se njihova reprodukcijska sposobnost, prizadeta pa je tudi oskrba mikoriznih gliv (Schütt 1984). Redukcija krošnje povzroči redukcijo volumna beljave, saj sta njuni velikosti v medsebojni fiziološki odvisnosti. Beljava se zato ne preoblikuje v jedrovino, ampak začne propadati.

Izsledki kažejo, da je z metodo mogoče objektivneje napovedovati vlogo oz. usodo posameznih osebkov v razvijajočem se sestoju. V okviru enotnega rastišča nakazujejo razlike električne upornosti cenotsko različnost dreves in s tem omogočajo objektivnejšo napoved razvoja osebkov v sestoju.

Tudi za drevesa pod vplivom onesnaževanja zraka je značilno močno zmanjšanje prirastka in s tem naraščanje električne upornosti aktivnih tkiv. Pri zdravih jelkah smo izmerili električno upornost 6 do 9 k Ω , pri poškodovanih pa glede na različno stopnjo prizadetosti med 13 in 20 k Ω . Zato je metoda zelo primerna za objektivno zaznavanje in napovedovanje usode dreves in sestojev v pogojih zračne polucije.

Pri proučevanju propadanja gozdov so indikativne zlasti meritve navpične električne upornosti. Slika 6 prikazuje razliko v vertikalni električni upornosti med poškodovano (drevo št. 39) in nepoškodovano (drevo št. 8) jelko, na štirih lokacijah v skorji oz. kambijevi coni (glej sliko 4) in na štirih ravneh v drevesu. Razlike so najbolj očitne v prsni višini in na lokaciji 1, tik pod ritidomom, ter se akropetalno (v smeri proti vrhu) zmanjšujejo.

MESSUNGEN DES ELEKTRISCHEN WIDERSTANDES VON LEBENDEN GEWEBEN ALS INDIKATOR DES ZOENOTISCHEN STATUS UND DES GESUNDHEITZUSTANDES VON BÄUMEN IN LUFTVERUNREINIGUNGS GEBIETEN

Zusammenfassung

Zur Messung des elektrischen Widerstandes in gesunden und verschiedenen betroffenen Weisstannen wurde Bollmanns Stromimpuls-Widerstandsmessgeraet («Konditiometer») mit zwei Nadelelektroden benutzt. Die »horizontale« Widerstand wurde in der Brusthoehe gemessen, wobei die Elektroden (von aussen nach innen) die tote Borke, den Speicher- und Leitbast, der Kambiumzone und das Holz des letzten Jahringes durchdringen (siehe Abb. bzw. Sl. 1). Wuechsige gesunde Baume mit breiteren lebenden Geweben sind durch einen niedrigen »horizontale« elektrischen Widerstand charakterisiert und umgekehrt. Der »vertikale« elektrische Widerstand wurde an (die Penetrationstiefe der Elektroden: 7 mm) vier Stellen (siehe Abb. bzw. Sl. 4) und vier Hoehenniveaus im Baum gemessen.

Die »horizontale« und »vertikale« Widerstandsmessung von lebenden Geweben stellt eine schnelle und objektive Methode zur Beurteilung des Gesundheitszustandes der Weisstanne (Abb. bzw. Sl. 6) und anderen Baumarten. Die Methode erwies sich als sehr sensitiv und eignet sich auch zur Bestimmung des zoenotischen Status von Baumen in sich entwickelnden Bestaenden (Abb. bzw. Sl. 5).

LITERATURA

1. Fink, S. & H. J. Braun. 1978. Zur epidemischen Erkrankung der Weisstanne (*Abies alba* Mill.). 1. Untersuchungen zur Symptomatik und Formulierung einer Virus-Hypothese. Allg. Forst- u. Jagd. Ztg. 149: 145–150.
2. Schütt, P. 1984. Der Wald Stirbt an Streß. C. Bertelsmann. München. 264 p.
3. Torelli, N.; K. Čufar & D. Robič. 1986. Some wood anatomical, physiological, and silvicultural aspects of silver fir dieback in Slovenia (NW Yugoslavia). IAWA Bulletin n. s. 7 (4): 343–350.
4. Torelli, N.; K. Čufar; D. Robič; M. Zupančič & A. Kermavner. 1988. Possible alternations of wood in air polluted trees. Jug. Amer. projekt, Fazno poročilo št. 1. 110 p.
5. Torelli, N.; K. Čufar & D. Robič. 1989. Sluzne celice v skorji in travmatski smolni kanali v lesu kot možna simptoma umiranja jelke. Gozd. Vestnik 47: 163–167.
6. Torelli, N.; K. Čufar; D. Robič; M. Zupančič, A. Kermavnar & Ž. Gorišek. 1989. Possible alternations of wood in air polluted trees. Jug. Amer. projekt, Fazno poročilo št. 2. 58 p.