

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA LESARSTVO

Tomaž ŽELEZNIK

**UGOTAVLJANJE PATOLOŠKIH SPREMEMB V SVEŽEM LESU S
SHIGOMETROM**

DIPLOMSKO DELO
Visokošolski strokovni študij

**ASSESSMENT OF PATOLOGICAL CHANGES IN GREEN WOOD
WITH A SHIGOMETER**

GRADUATION THESIS
Higher professional studies

Ljubljana, 2009

Diplomsko delo je zaključek visokošolskega študija lesarstva. Opravljeno je bilo na Katedri za tehnologijo lesa Oddelka za lesarstvo Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani. Vzorci so bili pripravljani v mizarski delavnici na zgoraj imenovani katedri.

Senat Oddelka za lesarstvo je za mentorja diplomskega dela imenoval prof. dr. Primoža Ovna, za recenzenta pa doc. dr. Miha Humarja.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik:

Član:

Član:

Datum zagovora:

Naloga je rezultat lastnega raziskovalnega dela.

Tomaž Železnik

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD	Vs
DK	UDK 630*852.4
KG	les/diskoloracija/jedrovina/razkroj/električna upornost/Shigometer
AV	ŽELEZNIK, Tomaž
SA	OVEN, Primož (mentor)/HUMAR, Miha (recenzent)
KZ	SI-1000 Ljubljana, Rožna dolina, c. VIII/34
ZA	Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo
LI	2009
IN	UGOTAVLJANJE PATOLOŠKIH SPREMOMB V SVEŽEM LESU S SHIGOMETROM
TD	Diplomsko delo (visokošolski strokovni študij)
OP	XVI, 103 str., 1 pregl., 106 sl., 23 pril., 9 vir.
IJ	sl
JJ	sl/en
AI	S Shigometrom, napravo za merjenje električne upornosti, smo preiskovali pojav patoloških sprememb v lesu različnih drevesnih vrst. V tkivih smo izmerili tudi vlažnost lesa in vsebnost kalijevih ionov z rendgensko fluorescenčnim spektroskopom. Vključili smo mehansko poškodovana drevesa iz območja Ljubljane in drevesa iz območja Škofjeloškega hribovja. Prehod med vlažnim delom in sušino, ter pojav biološke okužbe, je bilo pri smreki mogoče s Shigometrom dokaj enostavno zaznati. Za biološko okužen les so bile značilne dokaj nizke vrednosti električne upornosti, vsebnosti kalija na teh lokacijah pa so bile višje kot v neprizadetem tkivu. Za vlažno beljavo so bile značilne nižje, za sušino pa višje vrednosti električne upornosti. Vsebnost kalija je bila premosorazmerna z električno upornostjo. Tudi pri difuzno poroznih listavcih je bilo s Shigometrom mogoče zabeležiti beljavo, diskoloriran les, razkrojen les, mokrine, sušine in položaj reakcijske cone. Pri venčasto poroznih lesnih vrstah je bilo mogoče zaznati mejo med beljavo in jedrovino. V intaktnih tkivih robinije, hrasta in domačega kostanja je bila električna upornost nižja kot v jedrovini, vsebnost kalija pa večja v beljavi. Na okuženih mestih so bile vrednosti električne upornosti nižje.

KEY WORDS DOCUMENTATION

DN Vs
DC UDC 630*852.4
CX wood/discolouration/heartwood/decay/electrical resistance/Shigometer
AU ŽELEZNIK, Tomaž
AA OVEN, Primož (supervisor)/HUMAR, Miha (co-advisor)
PP SI-1000 Ljubljana, Rožna dolina, c. VIII/34
PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Wood Science and Technology
PY 2009
TI ASSESMENT OF PATOLOGICAL CHANGES IN GREEN WOOD WITH A SHIGOMETER
DT Graduation Thesis (Higher professional studies)
NO XVI, 103 p., 1 tab., 106 fig., 23 ann., 9 ref.
LA sl
AL sl/en
AB Occurrence of pathological changes in wood of various tree species was investigated with an electrical resistance device called Shigometer. Moisture content of wood and content of potassium ions were measured by X-ray fluorescence spectroscopy. Mechanically wounded trees from Ljubljana region and forests near Škofja loka were researched too. Transition between moist sapwood and dehydrated core, as well as biological infection, was well detected by Shigometer in Norway spruce. Electrical resistance measurements were relatively low in infected wood, whereas potassium content was higher than in healthy wood. Lower values of electrical resistance were typical for moist sapwood, and higher values for dehydrated wood. Higher potassium concentration was related to higher electrical resistance readings. Sapwood, discolored wood, decayed wood, wet and dry spots, as well as position of reaction zones, can be detected by Shigometer in diffuse porous woods. Border between sapwood and heartwood in diffuse ring-porous wood can also be detected by Shigometer measurements. Electrical resistance of heartwood was higher than in healthy tissues of black locust, oak and European chestnut. Infected tissue had lower values of electrical resistance. Potassium content was higher in sapwood than in heartwood.

KAZALO VSEBINE

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA	III
KEY WORDS DOCUMENTATION	IV
KAZALO VSEBINE	V
KAZALO SLIK	VIII
KAZALO PREGLEDNIC	XVI
KAZALO PRILOG	XVII
1 UVOD	1
2 PREGLED LITERATURE	2
2.1 ZGRADBA DREVESA IN DREVESNEGA DEBLA	2
2.2 ODZIV DREVESNIH TKIV NA POŠKODBE.....	2
2.2.1 Codit.....	2
2.2.2 Model reakcijskih con	4
2.3 VLAŽNOST SVEŽEGA LESA.....	5
2.3.1 Voda v svežem lesu	5
2.4 METODE MERJENJA ELEKTRIČNE UPORNOSTI DREVESNIH TKIV ZA DOLOČANJE STANJA LESA.....	6
2.4.1 Uporovni merilniki	6
2.4.2 Shigometer in shigometrija.....	7
3 MATERIALI IN METODE	9
3.1 IZBOR MATERIALA.....	9
3.2 OBDELAVA MATERIALA V DELAVNICI	10
3.2.1 Vizualni pregled materiala in določitev lokacij za izvajanje meritev...	10
3.2.2 Opravljanje meritev (postopek)	11
3.2.3 Izdelava vlažnostnega profila	13
3.2.4 Meritev vsebnosti kalija v posameznem vzorčku	14
4 REZULTATI IN DISKUSIJA	15
4.1 DOMAČI KOSTANJ (<i>Castanea sativa</i> Mill.)	15
4.1.1 Vzorec C1B.....	15
4.1.2 Vzorec C1A	16
4.1.3 Vzorec C2B.....	16
4.1.4 Vzorec C2A	16
4.1.5 Vzorec C3B.....	16
4.1.6 Vzorec C3A	16

4.2	BREST (<i>Ulmus glabra</i> Huds.)	16
4.2.1	Vzorec U1A	16
4.2.2	Vzorec U1B.....	16
4.2.3	Vzorec U2B.....	16
4.2.4	Vzorec U2A	16
4.3	NAVADNA SMREKA (<i>Picea abies</i> (L.) Karst.)	16
4.3.1	Vzorec P1A in P1B	16
4.3.2	Vzorec P2A.....	16
4.3.3	Vzorec P2B.....	16
4.3.4	Vzorec P3A.....	16
4.3.5	Vzorec P3B.....	16
4.4	HRAST (<i>Quercus</i> spp. L.).....	16
4.4.1	Vzorec Q1A	16
4.4.2	Vzorec Q2B	16
4.4.3	Vzorec Q2A	16
4.4.4	Vzorec Q3A	16
4.4.5	Vzorec Q4A	16
4.4.6	Vzorec Q5B	16
4.4.7	Vzorec Q5A	16
4.5	ROBINIJA (<i>Robinia pseudoacacia</i> L.)	16
4.5.1	Vzorec R1A	16
4.5.2	Vzorec R2A	16
4.5.3	Vzorec R2B.....	16
4.5.4	Vzorec R3A	16
4.5.5	Vzorec R4A	16
4.6	BUKEV (<i>Fagus sylvatica</i> L.)	16
4.6.1	Vzorec F1A B.....	16
4.6.2	Vzorec F1A A.....	16
4.6.3	Vzorec F2A.....	16
4.6.4	Vzorec F2B.....	16
4.6.5	Vzorec F4A.....	16
4.6.6	Vzorec F4B.....	16
4.7	JAVOR (<i>Acer pseudoplatanus</i> L.)	16
4.7.1	Vzorec A1A	16
4.7.2	Vzorec A1B.....	16
4.7.3	Vzorec A2B.....	16
4.7.4	Vzorec A2A	16
4.8	JESEN (<i>Fraxinus excelsior</i> L.).....	16
4.8.1	Vzorec Fr1A	16
4.8.2	Vzorec Fr1B	16
5	ZAKLJUČEK	16
6	POVZETEK.....	16

7 VIRI	78
---------------------	-----------

ZAHVALA

PRILOGE

KAZALO SLIK

Slika 1: Navadna bukev (<i>Fagus sylvatica</i> L.), prečni prerez in vidne reakcijske cone, na meji med dvema patogenima organizmoma ali pa na meji med nepoškodovano beljavo in okuženim diskoloriranim lesom.....	3
Slika 2: Shigometer: a) starejša (Shigometer stara izvedba, 2007), b) novejša izvedba (Shigometer elektronski, 2007).	8
Slika 3: Bukov (<i>Fagus sylvatica</i> L.) – označitev lokacij za merjenje vertikalne električne upornosti (zapisane so tudi meritve, ki smo jih opravili).	11
Slika 4: Navadna smreka (<i>Picea abies</i> (L.) Karst) vertikalna meritev električne upornosti na vzorcu navadne smreke.	12
Slika 5: Razrez materiala a) prerez koluta na pol v radialne deske, b) razrez radialne deske in pridobitev radialnih vzorcev (napolitank).	13
Slika 6: a) Prikaz razreza napolitank na vzorčke primerne za merjenje kalija, b) izvajanje meritev z rentgenskim fluorescenčnim spektrometrom (XRF).	14
Slika 7: Domači kostanj (<i>Castanea sativa</i> Mill.), makroskopski posnetek vzorca C1B, z označenimi lokacijami meritev vertikalne električne upornosti.	16
Slika 8: Domači kostanj (<i>Castanea sativa</i> Mill.), radialni vlažnostni profil in vrednosti električne upornosti za vzorec C1B.	16
Slika 9: Domači kostanj (<i>Castanea sativa</i> Mill.), vrednosti električne upornosti in radialna porazdelitev kalija pri vzorcu C1B. Intenziteta cps (counts per second) je arbitrarna enota.	16
Slika 10: Domači kostanj (<i>Castanea sativa</i> Mill.), makroskopski posnetek vzorca C1A.....	16
Slika 11: Domači kostanj (<i>Castanea sativa</i> Mill.), radialni vlažnostni profil in vrednosti električne upornosti za vzorec C1A.	16
Slika 12: Domači kostanj (<i>Castanea sativa</i> Mill.), makroskopski posnetek vzorca C2B, z označenimi lokacijami meritev vertikalne električne upornosti.	16
Slika 13: Domači kostanj (<i>Castanea sativa</i> Mill.), radialni vlažnostni profil in vrednosti električne upornosti za vzorec C2B.	16
Slika 14: Domači kostanj (<i>Castanea sativa</i> Mill.), vrednosti električne upornosti in radialna porazdelitev kalija pri vzorcu C2B. Intenziteta cps (counts per second) je arbitrarna enota.	16

Slika 15: Domači kostanj (<i>Castanea sativa</i> Mill.), makroskopski posnetek vzorca C2A, z označenimi lokacijami meritev vertikalne električne upornosti.	16
Slika 16: Domači kostanj (<i>Castanea sativa</i> Mill.), radialni vlažnostni profil in vrednosti električne upornosti za vzorec C2A.	16
Slika 17: Domači kostanj (<i>Castanea sativa</i> Mill.), makroskopski posnetek vzorca C3B, z označenimi lokacijami meritev vertikalne električne upornosti.	16
Slika 18: Domači kostanj (<i>Castanea sativa</i> Mill.), radialni vlažnostni profil in vrednosti električne upornosti za vzorec C3B.	16
Slika 19: Domači kostanj (<i>Castanea sativa</i> Mill.), vrednosti električne upornosti in radialna porazdelitev kalija pri vzorcu C3B. Intenziteta cps (counts per second) je arbitrarna enota.	16
Slika 20: Domači kostanj (<i>Castanea sativa</i> Mill.), makroskopski posnetek vzorca C2B, z označenimi lokacijami meritev vertikalne električne upornosti.	16
Slika 21: Domači kostanj (<i>Castanea sativa</i> Mill.), radialni vlažnostni profil in vrednosti električne upornosti za vzorec C3A.	16
Slika 22: Brest (<i>Ulmus glabra</i> Huds.), makroskopski posnetek vzorca U1A, z označenimi lokacijami meritev vertikalne električne upornosti.	16
Slika 23: Brest (<i>Ulmus glabra</i> Huds.), radialni vlažnostni profil in vrednosti električne upornosti za vzorec U1A.	16
Slika 24: Brest (<i>Ulmus glabra</i> Huds.), vrednosti električne upornosti in radialna porazdelitev kalija pri vzorcu U1A. Intenziteta cps (counts per second) je arbitrarna enota.	16
Slika 25: Brest (<i>Ulmus glabra</i> Huds.), makroskopski posnetek vzorca U1B, z označenimi lokacijami meritev vertikalne električne upornosti.	16
Slika 26: Brest (<i>Ulmus glabra</i> Huds.), radialni vlažnostni profil in vrednosti električne upornosti za vzorec U1B.	16
Slika 27: Brest (<i>Ulmus glabra</i> Huds.), makroskopski posnetek vzorca U2B.	16
Slika 28: Brest (<i>Ulmus glabra</i> Huds.), radialni vlažnostni profil in vrednosti električne upornosti za vzorec U2B.	16
Slika 29: Brest (<i>Ulmus glabra</i> Huds.), vrednosti električne upornosti in radialna porazdelitev kalija pri vzorcu U2B. Intenziteta cps (counts per second) je arbitrarna enota.	16

Slika 30: (<i>Ulmus glabra</i> Huds.), makroskopski posnetek vzorca U2A.....	16
Slika 31: Brest (<i>Ulmus glabra</i> Huds.), radialni vlažnostni profil in vrednosti električne upornosti za vzorec U2A.	16
Slika 32: Navadna smreka (<i>Picea abies</i> (L.) Karst.), makroskopski posnetek vzorca P1A, z označenimi lokacijami meritev vertikalne električne upornosti.	16
Slika 33: Navadna smreka (<i>Picea abies</i> (L.) Karst.), radialni vlažnostni profil in vrednosti električne upornosti za vzorec P1A	16
Slika 34: Navadna smreka (<i>Picea abies</i> (L.) Karst.), vrednosti električne upornosti in radialna porazdelitev kalija pri vzorcu P1A . Intenziteta cps (counts per second) je arbitrarna enota.	16
Slika 35: Navadna smreka (<i>Picea abies</i> (L.) Karst.), makroskopski posnetek vzorca P2A, z označenimi lokacijami meritev vertikalne električne upornosti.	16
Slika 36: Navadna smreka (<i>Picea abies</i> (L.) Karst.), radialni vlažnostni profil in vrednosti električne upornosti za vzorec P2A	16
Slika 37: Navadna smreka (<i>Picea abies</i> (L.) Karst.), vrednosti električne upornosti in radialna porazdelitev kalija pri vzorcu P2A . Intenziteta cps (counts per second) je arbitrarna enota.	16
Slika 38: Navadna smreka (<i>Picea abies</i> (L.) Karst.), makroskopski posnetek vzorca P2B, z označenimi lokacijami meritev vertikalne električne upornosti.	16
Slika 39: Navadna smreka (<i>Picea abies</i> (L.) Karst.), radialni vlažnostni profil in vrednosti električne upornosti za vzorec P2B.	16
Slika 40: Navadna smreka (<i>Picea abies</i> (L.) Karst.), makroskopski posnetek vzorca P3A, z označenimi lokacijami meritev vertikalne električne upornosti.	16
Slika 41: Navadna smreka (<i>Picea abies</i> (L.) Karst.), radialni vlažnostni profil in vrednosti električne upornosti za vzorec P3A.	16
Slika 42: Navadna smreka (<i>Picea abies</i> (L.) Karst.), vrednosti električne upornosti in radialna porazdelitev kalija pri vzorcu P3A . Intenziteta cps (counts per second) je arbitrarna enota.	16
Slika 43: Navadna smreka (<i>Picea abies</i> (L.) Karst.), makroskopski posnetek vzorca P3B, z označenimi lokacijami meritev vertikalne električne upornosti.	16
Slika 44: Navadna smreka (<i>Picea abies</i> (L.) Karst.), radialni vlažnostni profil in vrednosti električne upornosti za vzorec P3B.	16

Slika 45: Hrast (<i>Quercus spp.</i> L.), makroskopski posnetek vzorca Q1A.....	16
Slika 46: Hrast (<i>Quercus spp.</i> L.), radialni vlažnostni profil in vrednosti električne upornosti za vzorec Q1A.	16
Slika 47: Hrast (<i>Quercus spp.</i> L.), vrednosti električne upornosti in radialna porazdelitev kalija pri vzorcu Q1A . Intenziteta cps (counts per second) je arbitrarna enota.....	16
Slika 48: Hrast (<i>Quercus spp.</i> L.), makroskopski posnetek vzorca Q2B, z označenimi lokacijami meritev vertikalne električne upornosti.	16
Slika 49: Hrast (<i>Quercus spp.</i> L.), radialni vlažnostni profil in vrednosti električne upornosti za vzorec Q2B.	16
Slika 50: Hrast (<i>Quercus spp.</i> L.), vrednosti električne upornosti in radialna porazdelitev kalija pri vzorcu Q2B. Intenziteta cps (counts per second) je arbitrarna enota.....	16
Slika 51: Hrast (<i>Quercus spp.</i> L.), makroskopski posnetek vzorca Q2A, z označenimi lokacijami meritev vertikalne električne upornosti.	16
Slika 52: Hrast (<i>Quercus spp.</i> L.), radialni vlažnostni profil in vrednosti električne upornosti za vzorec Q2A.	16
Slika 53: Hrast (<i>Quercus spp.</i> L.), makroskopski posnetek vzorca Q3A, z označenimi lokacijami meritev vertikalne električne upornosti.	16
Slika 54: Hrast (<i>Quercus spp.</i> L.), radialni vlažnostni profil in vrednosti električne upornosti za vzorec Q3A.	16
Slika 55: Hrast (<i>Quercus spp.</i> L.), vrednosti električne upornosti in radialna porazdelitev kalija pri vzorcu Q3A . Intenziteta cps (counts per second) je arbitrarna enota.....	16
Slika 56: Hrast (<i>Quercus spp.</i> L.), makroskopski posnetek koluta Q4.	16
Slika 57: Hrast (<i>Quercus spp.</i> L.), radialni vlažnostni profil in vrednosti električne upornosti za vzorec Q4A.	16
Slika 58: Hrast (<i>Quercus spp.</i> L.), vrednosti električne upornosti za vzorca Q4A in Q4B.....	16
Slika 59: Hrast (<i>Quercus spp.</i> L.), vrednosti električne upornosti in radialna porazdelitev kalija pri vzorcu Q4A . Intenziteta cps (counts per second) je arbitrarna enota.....	16
Slika 60: Hrast (<i>Quercus spp.</i> L.), makroskopski posnetek vzorca Q5B, z označenimi lokacijami meritev vertikalne električne upornosti.	16
Slika 61: Hrast (<i>Quercus spp.</i> L.), radialni vlažnostni profil in vrednosti električne upornosti za vzorec Q5B.	16

Slika 62: Hrast (<i>Quercus spp.</i> L.), vrednosti električne upornosti in radialna porazdelitev kalija pri vzorcu Q5B Intenziteta cps (counts per second) je arbitrarna enota.	16
Slika 63: Hrast (<i>Quercus spp.</i> L.), makroskopski posnetek vzorca Q5A, z označenimi lokacijami meritev vertikalne električne upornosti.	16
Slika 64: Hrast (<i>Quercus spp.</i> L.), radialni vlažnostni profil in vrednosti električne upornosti za vzorec Q5A.	16
Slika 65: Robinija (<i>Robinia pseudoacacia</i> L.), makroskopski posnetek vzorca R1A, z označenimi lokacijami meritev vertikalne električne upornosti.	16
Slika 66: Robinija (<i>Robinia pseudoacacia</i> L.), radialni vlažnostni profil in vrednosti električne upornosti za vzorec R1A.	16
Slika 67: Robinija (<i>Robinia pseudoacacia</i> L.), vrednosti električne upornosti in radialna porazdelitev kalija pri vzorcu R1A . Intenziteta cps (counts per second) je arbitrarna enota.	16
Slika 68: Robinija (<i>Robinia pseudoacacia</i> L.), makroskopski posnetek vzorca R2A, z označenimi lokacijami meritev vertikalne električne upornosti.	16
Slika 69: Robinija (<i>Robinia pseudoacacia</i> L.), radialni vlažnostni profil in vrednosti električne upornosti za vzorec R2A.	16
Slika 70: Robinija (<i>Robinia pseudoacacia</i> L.), vrednosti električne upornosti in radialna porazdelitev kalija pri vzorcu R2A . Intenziteta cps (counts per second) je arbitrarna enota.	16
Slika 71: Robinija (<i>Robinia pseudoacacia</i> L.), makroskopski posnetek vzorca R2B, z označenimi lokacijami meritev vertikalne električne upornosti.	16
Slika 72: Robinija (<i>Robinia pseudoacacia</i> L.), radialni vlažnostni profil in vrednosti električne upornosti za vzorec R2B.	16
Slika 73: Robinija (<i>Robinia pseudoacacia</i> L.), primerjava kolotov robinije R2 in R3. a) posnetek koluta R3, b) posnetek koluta R2.	16
Slika 74: Robinija (<i>Robinia pseudoacacia</i> L.), makroskopski posnetek koluta R4.	16
Slika 75: Robinija (<i>Robinia pseudoacacia</i> L.), radialni vlažnostni profil in vrednosti električne upornosti za vzorec R4A.	16
Slika 76: Robinija (<i>Robinia pseudoacacia</i> L.), vrednosti električne upornosti in radialna porazdelitev kalija pri vzorcu R4A. Intenziteta cps (counts per second) je arbitrarna enota.	16

Slika 77: Navadna bukev (<i>Fagus sylvatica</i> L.), makroskopski posnetek vzorca F1B, z označenimi lokacijami meritev vertikalne električne upornosti.....	16
Slika 78: Navadna bukev (<i>Fagus sylvatica</i> L.), radialni vlažnostni profil in vrednosti električne upornosti za vzorec F1B.	16
Slika 79: Navadna bukev (<i>Fagus sylvatica</i> L.), vrednosti električne upornosti in radialna porazdelitev kalija pri vzorcu F1B. Intenziteta cps (counts per second) je arbitrarna enota.....	16
Slika 80: Navadna bukev (<i>Fagus sylvatica</i> L.), makroskopski posnetek vzorca F1A, z označenimi lokacijami meritev vertikalne električne upornosti.....	16
Slika 81: Navadna bukev (<i>Fagus sylvatica</i> L.), radialni vlažnostni profil in vrednosti električne upornosti za vzorec F1A.	16
Slika 82: Navadna bukev (<i>Fagus sylvatica</i> L.), makroskopski posnetek vzorca F2A, z označenimi lokacijami meritev vertikalne električne upornosti.....	16
Slika 83: Navadna bukev (<i>Fagus sylvatica</i> L.), radialni vlažnostni profil in vrednosti električne upornosti za vzorec F2A.	16
Slika 84: Navadna bukev (<i>Fagus sylvatica</i> L.), vrednosti električne upornosti in radialna porazdelitev kalija pri vzorcu F2A. Intenziteta cps (counts per second) je arbitrarna enota.....	16
Slika 85: Navadna bukev (<i>Fagus sylvatica</i> L.), makroskopski posnetek vzorca F2B, z označenimi lokacijami meritev vertikalne električne upornosti.....	16
Slika 86: Navadna bukev (<i>Fagus sylvatica</i> L.), radialni vlažnostni profil in vrednosti električne upornosti za vzorec F2B.	16
Slika 87: Navadna bukev (<i>Fagus sylvatica</i> L.), makroskopski posnetek vzorca F4A, z označenimi lokacijami meritev vertikalne električne upornosti.....	16
Slika 88: Navadna bukev (<i>Fagus sylvatica</i> L.), radialni vlažnostni profil in vrednosti električne upornosti za vzorec F4A.	16
Slika 89: Navadna bukev (<i>Fagus sylvatica</i> L.), vrednosti električne upornosti in radialna porazdelitev kalija pri vzorcu F4A. Intenziteta cps (counts per second) je arbitrarna enota.....	16
Slika 90: Navadna bukev (<i>Fagus sylvatica</i> L.), makroskopski posnetek vzorca F4B, z označenimi lokacijami meritev vertikalne električne upornosti.....	16

Slika 91: Navadna bukev (<i>Fagus sylvatica</i> L.), radialni vlažnostni profil in vrednosti električne upornosti za vzorec F4B.	16
Slika 92: Javor (<i>Acer pseudoplatanus</i> L.), makroskopski posnetek vzorca A1A, z označenimi lokacijami meritev vertikalne električne upornosti.	16
Slika 93: Javor (<i>Acer pseudoplatanus</i> L.), radialni vlažnostni profil in vrednosti električne upornosti za vzorec A1A.	16
Slika 94: Javor (<i>Acer pseudoplatanus</i> L.), vrednosti električne upornosti in radialna porazdelitev kalija pri vzorcu A1A. Intenziteta cps (counts per second) je arbitrarna enota.	16
Slika 95: Javor (<i>Acer pseudoplatanus</i> L.), makroskopski posnetek vzorca A1B, z označenimi lokacijami meritev vertikalne električne upornosti.	16
Slika 96: Javor (<i>Acer pseudoplatanus</i> L.), radialni vlažnostni profil in vrednosti električne upornosti za vzorec A1B.	16
Slika 97: Javor (<i>Acer pseudoplatanus</i> L.), makroskopski posnetek vzorca A2B, z označenimi lokacijami meritev vertikalne električne upornosti.	16
Slika 98: Javor (<i>Acer pseudoplatanus</i> L.), radialni vlažnostni profil in vrednosti električne upornosti za vzorec A2B.	16
Slika 99: Javor (<i>Acer pseudoplatanus</i> L.), vrednosti električne upornosti in radialna porazdelitev kalija pri vzorcu A2B. Intenziteta cps (counts per second) je arbitrarna enota.	16
Slika 100: Javor (<i>Acer pseudoplatanus</i> L.), makroskopski posnetek vzorca A2A, z označenimi lokacijami meritev vertikalne električne upornosti.	16
Slika 101: Javor (<i>Acer pseudoplatanus</i> L.), radialni vlažnostni profil in vrednosti električne upornosti za vzorec A2A.	16
Slika 102: Jesen (<i>Fraxinus excelsior</i> L.), makroskopski posnetek vzorca Fr1A, z označenimi lokacijami meritev vertikalne električne upornosti.	16
Slika 103: Jesen (<i>Fraxinus excelsior</i> L.), radialni vlažnostni profil in vrednosti električne upornosti za vzorec Fr1A.	16
Slika 104: Jesen (<i>Fraxinus excelsior</i> L.), vrednosti električne upornosti in radialna porazdelitev kalija pri vzorcu Fr1A. Intenziteta cps (counts per second) je arbitrarna enota.	16

Slika 105: Jesen (<i>Fraxinus excelsior</i> L.), makroskopski posnetek vzorca Fr1B, z označenimi lokacijami meritev vertikalne električne upornosti.....	16
Slika 106: Jesen (<i>Fraxinus excelsior</i> L.), radialni vlažnostni profil in vrednosti električne upornosti za vzorec Fr1B.....	16

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Vzorci, oznaka koluta, izvor materiala, datum poseka, premeri in dolžine. 9

KAZALO PRILOG

Priloga A: Rezultati meritev za domači kostanj (*Castanea sativa* Mill.)

Priloga B: Rezultati meritev za brest (*Ulmus glabra* Huds.)

Priloga C: Rezultati meritev za smreko (*Picea abies* (L.) Karst.)

Priloga D: Rezultati meritev za hrast (*Qercus Spp.* L.)

Priloga E: Rezultati meritev za robinijo (*Robinia pseudoacacia* L.)

Priloga F: Rezultati meritev za bukev (*Fagus sylvatica* L.)

Priloga G: Rezultati meritev za javor (*Acer pseudoplatanus* L.)

Priloga H: Rezultati meritev za jesen (*Fraxinus excelsior* L.)

1 UVOD

Pri ugotavljanju prisotnosti sekundarnih sprememb v lesu, kot so pojav abiotske ali biotske diskoloracije in začetni razkrojni procesi itd, je te spremembe makroskopsko na osnovi barvnih sprememb velikokrat težko razlikovati od neprizadete beljave. Ena izmed primernih metod za ugotavljanje stanja svežega oziroma okuženega lesa je tudi metoda merjenja električne upornosti s Shigometrom OZ-67 (v nadaljevanju – Shigometer). Namen tega diplomskega dela je raziskati primernost metode merjenja električne upornosti lesa za ugotovitev stanja lesa pri izbranih lesnih vrstah. Znano je, da je električna upornost lesa med drugimi odvisna od vlažnosti lesa in vsebnosti mobilnih kationov.

Cilj diplomske naloge je bil pri drevesnih vrstah: navadna smreka (*Picea abies* (L.) Karst.), bukev (*Fagus sylvatica* L.), brest (*Ulmus glabra* Huds.), robinija (*Robinia pseudoacacia* L.), hrast (*Quercus spp.*L.), jesen (*Fraxinus excelsior* L.), javor (*Acer pseudoplatanus* L.), domači kostanj (*Castanea sativa* Mill.) raziskati:

- stanje lesa s Shigometrom,
- razporeditev vlažnosti v lesu in
- izmeriti prisotnost kalija.

2 PREGLED LITERATURE

2.1 ZGRADBA DREVESA IN DREVESNEGA DEBLA

Les sestavljajo različna tkiva in celice, kot so: osnovno vlakneno tkivo iz raznih tipov vlaken, trahejni členi, aksialni in trakovni parenhim itd. Kemično je sestavljen iz celuloze, hemiceluloze oz. polioze in lignin ter iz večinoma specifične nizko molekularne organske in neorganske mineralne snovi, kar skupaj označujemo kot pepel. Les je anizotropen predvsem zaradi različne usmerjenosti tkiv, ki ga gradijo: osnovno vlakneno tkivo in trahejno omrežje potekata longitudinalno oz. aksialno, trakovno tkivo pa radialno. Anizotropnost je tudi posledica značilnega priraščanja v plasteh. Zaradi takšne zgradbe je les ortotropen material s svojimi in neodvisnimi lastnostmi v smeri treh medsebojno bolj ali manj pravokotnih osi: prečne, radialne in tangencialne. Večina celic v lesu je mrtvih, z izjemo parenhimskih celic v beljavi.

Poudariti je treba, da lupinasto priraščajo vsa drevesa, vendar prirastne plasti pri različnih vrstah niso enako razločne. Najbolj so razločne pri rastlinah zmernega pasu in samo v tem primeru jih lahko poimenujemo branike. Zaradi sezonske aktivnosti kambija in ker med rastno sezono variira količina razpoložljivih hormonov in hrane, potrebnih za nastanek branike, pri večini lesnih vrst iz zmernega pasu lahko znotraj branike razlikujemo rani in kasni les. Pri njih navadno tudi ni znano, koliko prirastnih plasti nastane v enem letu oz. kolikokrat v letu je rast prekinjena. Lesno tkivo iglavcev in listavcev se med seboj bistveno razlikuje (Čufar 2006).

2.2 ODZIV DREVESNIH TKIV NA POŠKODBE

2.2.1 Codit

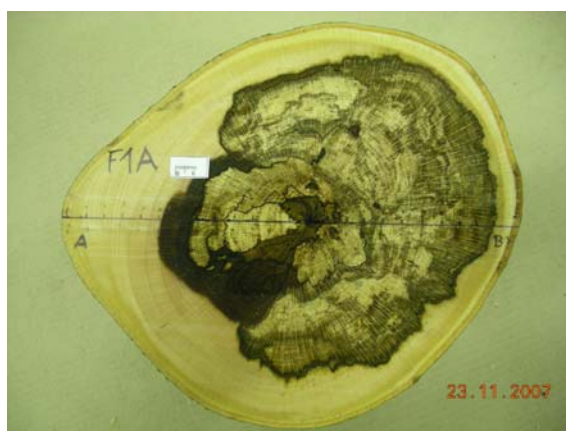
CODIT (Compartmentalization **O**f Decay **I**n Trees) je model omejitve razkroja v drevesu, ki je sestavljen iz dveh delov. V prvem delu je pojasnjeno časovno zaporedje sprememb v tkivu po poškodovanju, v drugem pa v drevesu predpostavlja ovire, ki bi naj omejile širjenje razkrojnih procesov in njihov razvoj (Shigo in Marx 1977; cit. po Oven 2001).

Časovni del modela CODIT

Časovni del modela CODIT predvideva tri zaporedne faze, ki sledijo mehanski poškodbi. Prva stopnja vključuje procese, ki so povezani z neposrednim odzivom drevesnih tkiv na poškodovanje: to so abiotske (izsuševanje in vdor kisika v prevodne elemente), fiziološke, biokemične in kemične spremembe.

V začetni razvojni fazi je nastanek diskoloracije in jedrovine zelo podoben; parenhimske celice v beljavi odmrejo in pri tem tvorijo snovi (fenole), ki povečajo odpornost lesa pred razkrojem. Tako spremenjen les bi utegnil imeti zaščitno vlogo, zato se za opis jedrovine in diskoloracije uveljavlja izraz zaščitni les (Oven 2001).

V drugi fazi nastopi kolonizacija poškodovanega zaščenega lesa in beljave s pionirskimi bakterijami, kar se kaže v občutljivi reakciji lesnega tkiva na patogene organizme: primarni metabolizem celic nadomesti sekundarni metabolizem. Pri listavcih nastanejo na meji med nepoškodovano beljavo in okuženim diskoloriranim lesom značilne, tudi s prostim očesom vidne reakcijske cone, ki imajo zaščitno vlogo.



Slika 1: Navadna bukev (*Fagus sylvatica*), prečni prerez in vidne reakcijske cone, na meji med dvema patogenima organizmoma ali pa na meji med nepoškodovano beljavo in okuženim diskoloriranim lesom.

V zadnji, tretji stopnji razvojnih procesov, ki so posledica poškodovanja, pa nastopi razkroj lesa. V tej fazi les zgubi tudi oporno funkcijo. Proces v drevesu se lahko ustavi na katerikoli opisani stopnji, odvisno od njegove zmožnosti omejitve učinkov poškodb. Skrajna posledica ranitve je izvotlitev drevesa (nastanek dupline) (Oven 2001).

Prostorski model omejitve razkroja v drevesu

Teorija kompartmentalizacije predpostavlja, da se beljava na mehanske poškodbe ali okužbe aktivno odzove z nastankom fizičnih in kemičnih barier. Model predpostavlja, da neugodne učinke poškodovanja omejujejo štiri stene.

Stena 1 omejuje širjenje diskoloracije in okužbe v vzdolžni smeri in je rezultat aktivnega odziva lesnega tkiva takoj po poškodbi. Sestoji iz okluzij osnih elementov (to so depoziti gume, kopičenje dodatnih pomožnih snovi in pri iglavcih zasmoljevanje traheid). Učinkovitost stene 1 je odvisna od anatomskih posebnosti lesa in sposobnosti drevesne vrste za tvorbo okluzij.

Stena 2 je anatomsko in zavira širjenje učinkov ranitve v centripetalni smeri. Predstavljajo jo plasti gostejšega kasnega lesa v prirastnem plašču in plasti terminalnega in inicialnega parenhima. Stena 2 je sklenjen plašč tkiva od baze do vrha drevesa.

Stena 3 je vitalna sestavina, ki zavira širjenje infekcije in diskoloracije v tangencialni smeri. Tvori jo tangencialno usmerjeno tkivo. Stena 3 ni sklenjena, saj večina trakov ni strženovih, višina trakov je omejena, med njimi pa ni aksialnega stika.

Stena 4 je glavni element modela CODIT. Je diferenciacijska komponenta, ki jo tvori kambij po ranitvi. Za opis tega tkiva se je v znanstveni literaturi uveljavil izraz barierna cona.

2.2.2 Model reakcijskih con

Avtor Shain je izraz reakcijska cona predlagal za opis obarvanega dela v lesu, ki ločuje okužen les od zdravega (neokuženega) lesa (Shain 1979; cit. po Oven 2001). Reakcijske cone naj bi v lesu nastajale na mestu interakcije živih tkiv drevesa s patogenim organizmom. Sprva je menil, da so reakcijske cone dinamične in sodelujejo v aktivnem obrambnem procesu drevesa. Dinamičnost naj bi se odražala v zveznem pomikanju reakcijske cone v smeri proti periferiji debla. Reakcijska cona naj bi se skladala s stenami 1 do 3 po modelu CODIT in naj bi se po zgradbi in vlogi jasno ločevala od barierne cone. Za opis reakcijskih con se uporabljata tudi izraza marginalna cona in mejni sloji diskoloracijskih stolpcev (column boundary layer).

Reakcijske cone niso trajne morfološke ovire, ki preprečujejo vdor atmosferekega zraka in/ali napredovanje gliv v zdravo beljavo (Schwarze in Baum 2000; cit. po Merela 2002). Dokazano je bilo, da glive lahko prodrejo skozi reakcijske cone in da je več vrst gliv

sposobnih prodreti skozi reakcijsko cono v zdravo (aktivno) beljavo, vendar tega procesa ne spremlja dinamično premikanje reakcijske cone (Schwarze in Baum 2000; cit. po Merela 2002). Gliva lahko kolonizira določen volumen beljave, šele zatem pa se formira nova reakcijska cona pred okuženim delom lesa. Nastajanje zaporednih reakcijskih con pred okužbo posredno dokazujejo tudi ostanki nekdanjih aktivnih reakcijskih con v razkrojenem lesu (Schwarze in Baum 2000; cit. po Merela 2002). V primeru medsebojnega delovanja reakcijske cone in glive, reakcijska cona deluje kot statična bariera proti razkroju in ne kot dinamična reakcija lesa na glivno okužbo. Pred reakcijsko cono se ves čas nahaja suha cona, za reakcijsko cono pa najprej začetni razkroj, ki postopoma preide v popolni razkroj ali celo duplino (Merela 2002).

Razvoj dupline v drevesu se začne, ko se poškodovana tkiva okužijo s patogenim organizmom. Debla se izvotlijo potem, ko mikroorganizmi razkrojijo ves les znotraj meje, ki je lahko reakcijska cona ali barierna cona (stena 4 po modelu CODIT). Dupline naj bi se torej razvile, ker drevesa omejijo poškodovan in okužen les. Majhne dupline običajno obdajajo reakcijske cone, velike pa omejuje barierna cona. Shigo nadalje meni, da velikost in obliko duplin v deblu določajo reakcijske in barierne cone. Navaja, da dupline omejujejo močne zaščitne plasti. Dupline pri starejših drevesih so lahko pomemben preživetveni dejavnik, saj so votla debla bolj prožna, dupline pa so lahko dolge tudi več metrov. Pogostejše kot pri gozdnem drevju se dupline in izvotljena debla pojavljajo pri mestnem drevju (Shigo 1986a, b; cit. po Merela 2002).

2.3 VLAŽNOST SVEŽEGA LESA

2.3.1 Voda v svežem lesu

Delež vode v svežem lesu se med drevesnimi vrstami, pa tudi med drevesi iste vrste, močno razlikuje. Bolj ali manj nasičena z vodo je beljava, ki v živem drevesu prevaja vodo iz koreninskega sistema v krošnjo. Vlažnost beljave se proti meji z jedrovino znižuje, na meji z jedrovino pa strmo upade, kar spremljajo jedrovinski procesi, kot je odlaganje jedrovinskih snovi v celične lumne ali stene, pri iglavcih se pojavi aspiracija obokanih pikenj, pri listavcih pa otiljenje. Kljub nižji vlažnosti jedrovine ostanejo celične stene še vedno napojene, to je z vlažnostjo nad točko nasičenja celičnih sten.

Vlažnost lesa v svežem stanju je odvisna še od časa sečnje in transporta, vrste lesa, starosti, velikosti krošnje, radialne in vertikalne distribucije v drevesu (beljava-jedrovina-višina). Svež les takoj po poseku vsebuje velike količine vode, ki ne zagotavlja dimenzijske stabilnosti in biološke odpornosti. Pri mnogih vrstah pride po predhodni izsušitvi (dehidraciji) v jedrovini do vnovičnega navlaževanja oziroma akumulacije vode. Govorimo o mokrinah in mokrem srcu (mokro srce pri jelki), njihova vloga pa ni znana. Tudi diskoloriran les ima lahko večje količine vode, zato ga včasih uvrščamo v isto kategorijo (rdeče srce pri bukvi, rjavo srce pri topolu in jesenu).

Mokrine naj bi bile po nekaterih avtorjih posebna oblika diskoloriranega lesa. Pri naših vrstah se mokrine najpogosteje pojavljajo pri jelki, kjer je ta navadno omejena na osrednji del in se imenuje mokro srce, in pri topolu, kjer se navadno pojavljajo nepravilno razporejeni mokri žepi.

Vzrok za nastanek mokrega srca jelke razlagajo s sekundarnim navlaževanjem sicer suhe neobarvane jedrovine, ki ima v živem drevesu vlažnost nekoliko nad točko nasičenja celičnih sten. Razlogi in mehanizmi sekundarnega navlaževanja še niso popolnoma pojasnjeni. Danes v Sloveniji opazamo, da ima večina jelk mokro srce, ki je najbolj izrazito v spodnjem delu debla. Je pogosto bakterijsko okuženo in ima neprijeten vonj. Les mokrine je lahko manj permeabilen in bolj nagnjen h kolapsu.

2.4 METODE MERJENJA ELEKTRIČNE UPORNOSTI DREVESNIH TKIV ZA DOLOČANJE STANJA LESA

2.4.1 Uporovni merilniki

Uporovni merilniki delujejo na principu merjenja upornosti lesa, ki je obratno sorazmerna z vsebovano vlago. Podatke je potrebno popraviti zaradi vpliva temperature in lesne vrste. Večina merilnikov je uporabnih v področju 6 - 30 % ravnovesne vlažnosti lesa, v tem področju pa je tudi les najbolj primeren za obdelavo. Pri večjih vlažnostih naj meritve z električnimi uporovnimi merilniki nebi bile smiselne. Električni vlagomeri merijo upornost, ki je odvisna od vlage in temperature lesa, zato to metodo merjenja vlage imenujemo tudi uporovna meritev. Električna upornost lesa se večja, s tem ko se vlaga in temperatura manjšata. Dejavniki, ki vplivajo na merjenje vlažnosti lesa z električnim vlagomerom so temperatura lesa, morebitni ekstraktivi (v črnjavi), prisotnost v vodi topnih snovi, anatomske smeri, kjer se vstavijo elektrode... Prednosti električnih vlagomerov pa

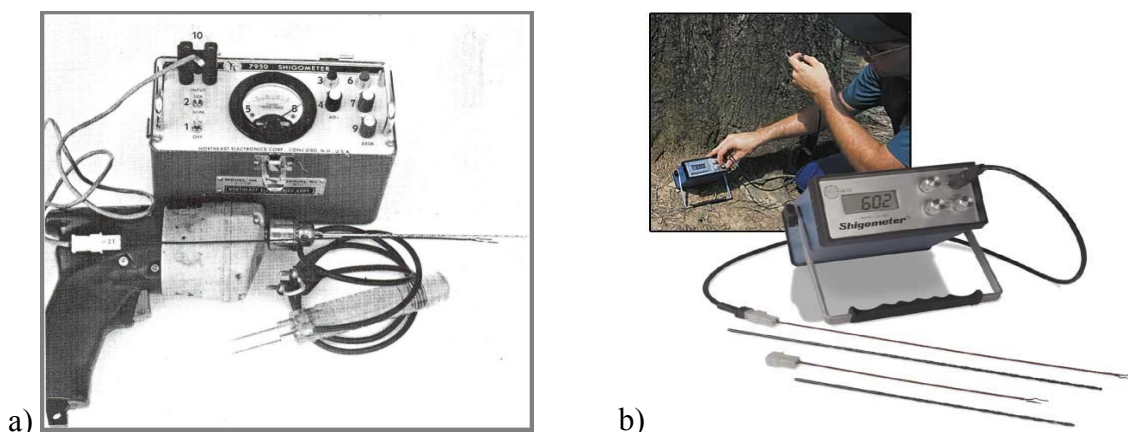
so, da rezultat dobimo tako rekoč takoj in vzorca ne poškodujemo, nizki stroški nabave in povsem nezahtevno vzdrževanje, pripomoček je majhen in praktičen, baterijsko polnjenje, preprosta uporaba in dovolj dobre meritve (z 1 - 2 % odstopanjem glede na merjenje vlage v lesu z gravimetrično metodo).

2.4.2 Shigometer in shigometrija

Shigometrija je metoda, ki pomaga določiti relativno vitalnost dreves in stanje lesa (zdravega ali razkrojenega) z interpretacijo meritev električne upornosti, z merilcem tokovnih pulzov Shigometrom. Stanje lesa se odraža v vlažnosti in koncentraciji kationov, ki so v zdravem lesu precej konstantni. S časom se lahko spreminjajo, vendar sledijo določenim vzorcem. V inficiranem tkivu prehaja pulzirajoč tok z večjim ali manjšim uporom, kar pa je posledica vlažnosti oziroma mobilnih kationov. Shigometer je prenosna naprava, pravimo ji lahko tudi ohmmeter saj nam rezultate interpretira v kiloohmih. V uporabi sta dve izvedbi Shigometra: starejša, ki ima številčnico - model 7950 (slika 2a) in pa novejši digitalni Shigometer OZ-67 (slika 2b), ki smo ga uporabljali tudi pri naših meritvah. Shigometer ima dve neizolirani elektrodi, s katerimi lahko ocenjujemo vitalnost kambija ali pa ugotavljamo stanje sveže posekanega lesa z zabijanjem elektrod vertikalno v les.

Delovanje Shigometra je odvisno od vsebnosti vlage, temperature (če je pod lediščem naprava ne deluje), koncentracije kationov in elektrolitov ter od oddaljenosti med elektrodami, tipom elektrod ter stopnje penetracije v les.

Ko elektroda pride do mesta sušine, se upornost nenadno poveša. Kjer pa je koncentracija ionov večja kot normalno (npr. v lesu v zgodnji fazi razkroja), pa se pojavi padec električne upornosti. Ko potuje impulzni tok skozi okuženo tkivo, le-ta preide z večjim ali manjšim odporom, kot bi skozi zdravo tkivo. Hitre ionske spremembe so merjene kot bistvene razlike električne upornosti in se pojavijo, preden les postane vidno razkrojen. Ioni na električno upornost najbolj vplivajo, kadar ima les vlažnost nad 60 % in temperaturo nad 5°C. Shigometer ne deluje, kadar je vlažnost v lesu pod TNCS, in kadar so v zmrznjenem lesu. Preden začnemo na podlagi meritev ugotavljati stanje lesa, moramo definirati električno upornost zdravega lesa za vsako drevesno vrsto posebej. Ta metoda spada med manj destruktivne metode, vendar ima svoje omejitve, kot so temperatura, vlaga in poznavanje sistema CODIT (Shigo. 1991).



Slika 2: Shigometer: - a) starejša (Shigometer stara izvedba, 2007), b) - novejša izvedba (Shigometer elektronski, 2007).

Pomembno je tudi, da se rezultati meritev nanašajo na lokalne razmere v lesnem tkivu, t.j. v neposredni bližini tipal naprave. Za natančno oceno drevesa kot celote, z minimalno škodo in časovno učinkovitostjo, morajo biti te naprave uporabljene po predhodni vizualni oceni stanja.

Za odkrivanje in ocenjevanje drevesnega razkroja in drugih notranjih poškodb pri drevesih se uporablja veliko število metod in naprav. Podatki, ki jih dobimo s temi napravami, so lahko v veliko pomoč pri odkrivanju in ocenjevanju poškodb v lesu in stoječih drevesih. Pri tem je pomembno, da jih uporablja primerno izobražena in izkušena oseba, saj lahko v nasprotnem primeru pride do napak in napačne interpretacije, kar vodi k napačnemu odločanju (Dolwin s sod., 1998).

3 MATERIALI IN METODE

3.1 IZBOR MATERIALA

Material smo pridobili v mešanih gozdovih, večinoma v Škofjeloškem hribovju, les robinije pa je bil iz mestnih rastišč. Uporabili smo debla sveže posekanega lesa in iz njih pridobili kolute, ki so vsebovali sekundarne spremembe.

V spodnji preglednici 1 je navedena: oznaka koluta, izvor materiala, datumi poseka, premeri in dolžine.

Preglednica 1: Vzorci, oznaka koluta, izvor materiala, datum poseka, premeri in dolžine.

oznaka koluta	izvor materiala	Datum poseka	Premjer (cm)	Dolžina (cm)
U1 Brest (<i>Ulmus glabra</i> Huds.)	Škofjeloško hribovje (mešani gozd)	17. 11. 2007	32	29
U2 Brest (<i>Ulmus glabra</i> Huds.)	Škofjeloško hribovje (mešani gozd)	4. 12. 1007	34	25
P1 Smreka (<i>Picea abies</i> (L.) Karst.)	Škofjeloško hribovje (mešani gozd)	17. 11. 2007	26	49
P2 Smreka (<i>Picea abies</i> (L.) Karst.)	Škofjeloško hribovje (mešani gozd)	17. 11. 2007	34	38
P3 Smreka (<i>Picea abies</i> (L.) Karst.)	Škofjeloško hribovje (mešani gozd)	17. 11. 2007	38	50
F1A Bukev (<i>Fagus sylvatica</i> L.)	Škofjeloško hribovje (mešani gozd)	17. 11. 2007	22	27
F2 Bukev (<i>Fagus sylvatica</i> L.)	Škofjeloško hribovje (mešani gozd)	17. 11. 2007	31	35
F4 Bukev (<i>Fagus sylvatica</i> L.)	Škofjeloško hribovje (mešani gozd)	17. 11. 2007	21	28
R1 Robinija (<i>Robinia pseudoacacia</i> L.)	Ljubljana center	30. 11. 2007	38	20
R2 Robinija (<i>Robinia pseudoacacia</i> L.)	Ljubljana center	30. 11. 2007	28	26
R3 Robinija (<i>Robinia pseudoacacia</i> L.)	Ljubljana center	30. 11. 2007	27	22
R4 Robinija (<i>Robinia pseudoacacia</i> L.)	Ljubljana center	30. 11. 2007	21	20
Q1 Hrast (<i>Quercus</i> spp. L.)	Škofjeloško hribovje (mešani gozd)	17. 11. 2007	30	30
Q2 Hrast (<i>Quercus</i> spp. L.)	Škofjeloško hribovje (mešani gozd)	30. 11. 2007	25	32
Q3 Hrast (<i>Quercus</i> spp. L.)	Škofjeloško hribovje (mešani gozd)	30. 11. 2007	16	35
Q4 Hrast (<i>Quercus</i> spp. L.)	Škofjeloško hribovje (mešani gozd)	4. 12. 2007	19	24

- se nadaljuje

- nadaljevanje

oznaka koluta	izvor materiala	Datum poseka	Premjer (cm)	Dolžina (cm)
C1 Domači kostanj (<i>Castanea sativa</i> Mill.)	Škofjeloško hribovje (mešani gozd)	4. 12. 2007	33	27
C2 Domači kostanj (<i>Castanea sativa</i> Mill.)	Škofjeloško hribovje (mešani gozd)	4. 12. 2007	28	26
C3 Domači kostanj (<i>Castanea sativa</i> Mill.)	Škofjeloško hribovje (mešani gozd)	4. 12. 2007	36	31
A1 Javor (<i>Acer pseudoplatanus</i> L.)	Škofjeloško hribovje (mešani gozd)	4. 12. 2007	41	35
A2 Javor (<i>Acer pseudoplatanus</i> L.)	Škofjeloško hribovje (mešani gozd)	4. 12. 2007	32	35
Fr1 Jesen (<i>Fraxinus excelsior</i> L.)	Škofjeloško hribovje (mešani gozd)	4. 12. 2007	26	36

Iz debel, kjer so bile videti sekundarne spremembe, smo izžagali kolute. Dolžine kolotov so bile naključne (od 20 – 50 cm), to delo smo opravili že v gozdu. Sledil je dovoz materiala v mizarско delavnico na Oddelek za lesarstvo, kjer smo naše vzorce dokumentirali in opisali njihovo stanje ter jih pripravili za nadaljno obdelavo (merjenje električne upornosti, razrez in obdelava, merjenje vlažnostnega profila in mrejenje vsebnosti kalija z rentgenskim fluorescenčnim spektrometrom).

3.2 OBDELAVA MATERIALA V DELAVNICI

3.2.1 Vizualni pregled materiala in določitev lokacij za izvajanje meritev

Kolute smo označili po vrsti, in sicer z okrajšavo latinskega imena za drevesno vrsto in zaporedno številko koluta. Primer: prvi kolut bukve je dobil oznako F1, smreke P1 itd. V primeru večjega števila kolotov se je označevanje nadaljevalo s spreminjanjem številke. Primer: prvi kolut hrasta je imel oznako Q1, drugi Q2 itd.

Nato smo kolute temeljito makroskopsko pregledali in jih vizualno ocenili. Zatem smo izbrali najprimernejše lokacije, kjer bomo raziskali vertikalno električno upornost lesa in jih označili s svinčnikom ter slikovno zabeležili (Slika 3).



Slika 3: Bukev (*Fagus sylvatica* L.) – označitev lokacij za merjenje vertikalne električne upornosti (zapisane so tudi meritve, ki smo jih opravili).

3.2.2 Opravljanje meritev (postopek)

Po končanem označevanju kolotov smo umerili Shigometer. Ob vsakem vklopu Shigometra je bilo napravo potrebno najprej umeriti na čisto ničlo, nato kalibrirati shigometer na začetno vrednost 714 k Ω in pregledati stanje baterijskih vložkov.

Meritve smo izvajali v smeri od kambija proti strženu, presledek med eno in drugo meritvijo je bil en centimeter, za ustrezno merjenje, je bilo potrebno izbrati ustrezne (neizolirane) elektrode, ki so nam omogočale merjenje vertikalne električne upornosti. Elektrode smo zabijali vertikalno v les do 10 mm globine (slika 4), nato počakali, da se na odčitalcu prikaže rezultat, ki se ne spreminja več, in ga zapisali. Rezultate meritev smo zapisali v tabelo in nato izrisali graf. Po teh meritvah smo kolut obdelali, kot je opisano v nadaljevanju.



Slika 4: Navadna smreka (*Picea abies* (L.) Karst) vertikalna meritev električne upornosti na vzorcu navadne smreke.

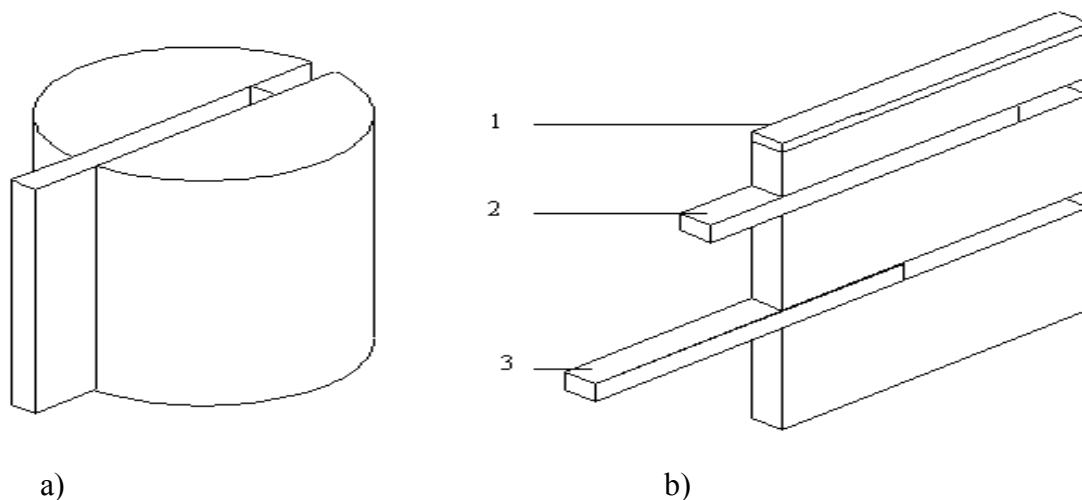
3.2.3 Razrez in obdelava materiala

Po končanih meritvah električne upornosti s Shigometrom smo iz kolotov narezali radialne vzorce (napolitanke) za izdelavo vlažnostnega profila in za izvajanje meritev vsebnosti kalija v posameznem delu meritve.

Za pridobivanje radialnih vzorcev je bilo potrebno na kolutih najprej zarisati njihovo širino. Zatim smo kolute radialno razžagali v deske širine 30 mm, sledil je še razrez v »napolitanke« (slika 5). Iz vsakega koluta smo pridobili tri radialne vzorce:

- prvi (slika 5 b1), na katerem smo opravljali meritev električne upornosti in smo ga shranili za kontrolo (dimenzije $30_T \times 20_L$ mm),
- drugi vzorec (slika 5 b2) za merjenje vlažnostnega profila, (dimenzije $20_T \times 20_L$ mm) in
- tretji vzorec (slika 5 b3) za izvajanje meritev vsebnosti kalija, (dimenzije $30_T \times 30_L$ mm).

Vzorce za merjenje vlažnostnega profila smo shranili v vrečke in jih s tem zavarovali pred izsušitvijo. S tem smo omogočili, da so meritve vlažnosti bolj točne.



Slika 5: Razrez materiala – a) prerez koluta na pol v radialne deske, b) razrez radialne deske in pridobitev radialnih vzorcev (napolitank).

3.2.3 Izdelava vlažnostnega profila

Pri izdelavi vlažnostnega profila smo najprej radialne vzorce dimenzije $20_T \times 20_L$ mm razsekali na vzorčke debeline 1 centimeter, tako, da smo dobili vzorčke prav v tistem predelu, kjer je bila izvedena meritev električne upornosti s Shigometrom (slika 6a). Vzorce smo varovali pred izsušitvijo s skrbnim shranjevanjem v vrečkah, kjer je možnost izsuševanja minimalna. Zatem smo jih takoj stehali (tehtnica Sartorius Analytic AC 210P) in pridobili maso (m_{vl}) vlažnega lesa, z natančnostjo 0,001 g. Sledilo je sušenje svežih vzorcev (sušilnik ST 80). Sušili smo jih previdno do absolutno suhega stanja oziroma do konstantne mase (masa se ne spremeni za več kot 0,1 % po merjenju v razmaku dveh ur). Končna temperatura sušenja je znašala $103 \pm 2^\circ\text{C}$. Vzorce smo ohladili v eksikatorju. Po hlajenju smo jih stehali in dobili maso v absolutnem suhem stanju (m_0) (tehtnica Sartorius Analytic AC 210P) z natančnostjo 0,001 g.

Vlažnost vzorcev smo izračunali po enačbi:

$$u = \frac{(m_{vl} - m_0)}{m_0} \cdot 100 \dots [\%] \quad \dots (1)$$

Pri čemer je:

u = vlažnost lesa.....[%]

m_{vl} = masa vlažnega lesa.....[kg]

m_0 = masa absolutno suhega lesa.....[kg]

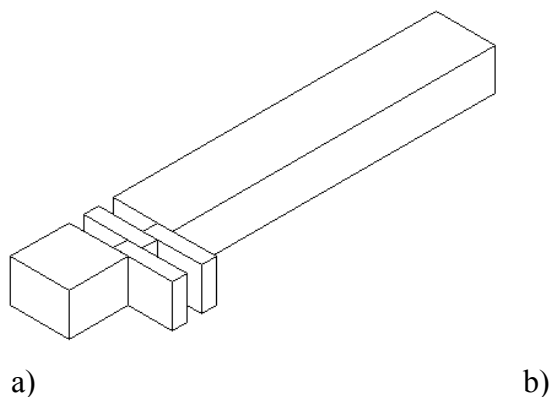
3.2.4 Meritev vsebnosti kalija v posameznem vzorčku

Te meritve smo izvajali na Katedri za patologijo in zaščito lesa, in sicer z rentgenskim fluorescenčnim spektrometrom (Oxford instruments – Twin-X (XRF)).

Osnova metode je vzbujanje (ionizacija) atomov (predvsem v K in L lupini) in nato relaksacija vzbujenega (ioniziranega) atoma. V procesu relaksacije (prehod atoma v osnovno stanje) odda vzbujen atom odvečno energijo kot fluorescenčno oziroma karakteristično sevanje, ki neposredno služi za določanje kvalitativne in kvantitativne sestave vzorcev (Humar, 2007).

Tu smo uporabili vzorce (napolitanke) $30_T \times 30_L$ mm, ki smo jih nato razžagali v vzorčke dimenzij $30_T \times 30_L \times 5_R$ mm. Izžagali smo jih tako, da smo dobili površino na mestu, kjer je bila opravljena meritev električne upornosti s Shigometrom (slika 6a). Zatem smo izvajali meritve na (XRF) (slika 6b), vrednosti so bile izražene z odbitimi aktivnimi kalijevimi elektroni na sekundo (cps). vrednosti smo nato zapisali v tabele in jih vnesli v grafikone.

Te vrednosti so sorazmerne koncentraciji kalijevih ionov v celotnem območju merjenja.



Slika 6: a) Prikaz razreza napolitank na vzorčke primerne za merjenje kalija, b) izvajanje meritev z rentgenskim fluorescenčnim spektrometrom (XRF).

4 REZULTATI IN DISKUSIJA

Dobljene rezultate smo po končanem preizkusu združili in grafično analizirali. Grafikone smo vedno uredili tako, da smo enkrat primerjali električno upornost in radialno porazdelitev vlažnosti, na drugem pa električno upornost in vsebnost kalija. Ker smo na preiskovanem materialu vsebnost kalija merili samo na eni polovici radialnega vzorca, smo v nadaljevanju uredili rezultate tako, da so najprej navedene ugotovitve za tiste vzorce, ki so bili celovito preiskani (vlažnost, električna upornost in vsebnost kalija) ne glede na oznako, ki so jo imeli v preiskavi.

4.1 DOMAČI KOSTANJ (*Castanea sativa* Mill.)

4.1.1 Vzorec C1B

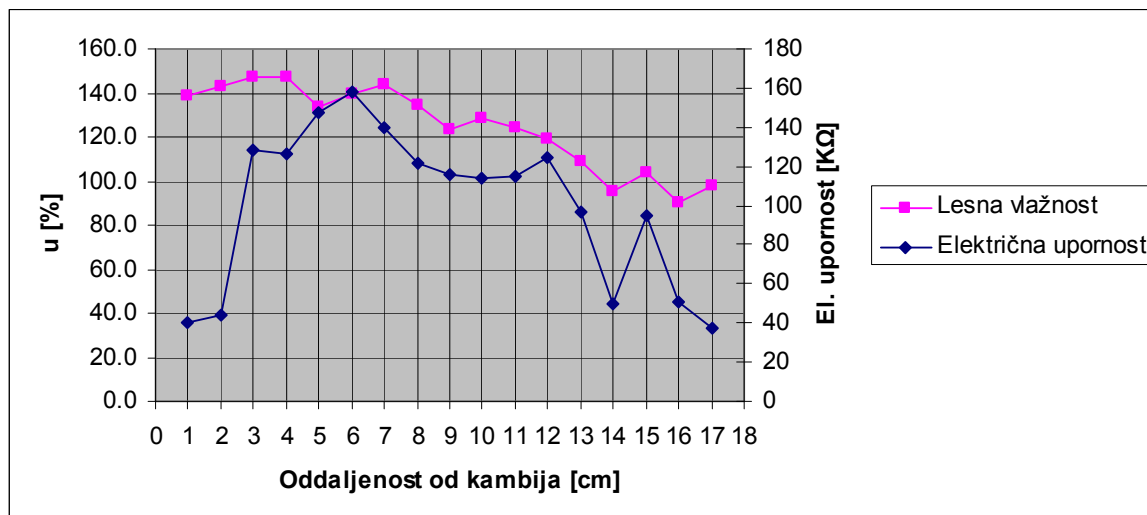
Pri vzorcih domačega kostanja iz prvega koluta (C1) je bila skorja, ki je vsebovala ritidom in živi del skorje, prisotna le na enem vzorcu (C1A). Drugi vzorec (C1B) skorje ni imel, ker je odpadla med spravilom lesa iz gozda. Celoten kolut domačega kostanja je bil juvenilen. Kljub vsemu je analiza radialne porazdelitve vlažnosti v lesu pokazala, da so imela periferna tkiva višjo vlažnost kot preostali del lesa. Vlažnost beljave je bila večja od 140 %. Najvišjo vlažnost so imeli vzorci, ki so bili na zunanjem delu jedrovine (147 %), zatem se je vlažnost v smeri proti strženu rahlo zmanjševala do vrednosti 95 % (meritev št. 14, slika 8).

Analiza električne upornosti kaže, da so njene vrednosti v beljavi v splošnem nižje kot v neprizadeti jedrovini. V neokuženi jedrovini je bila električna upornost od 114 do 158 k Ω . Pri meritvi št. 13 in št. 17 pa smo zabeležili nižje vrednosti električne upornosti od 37 do 97 k Ω , kar verjetno nakazuje na prisotnost patoloških sprememb v lesu. Tudi s prostim očesom (slika 7) je bilo mogoče zaznati barvne spremembe.

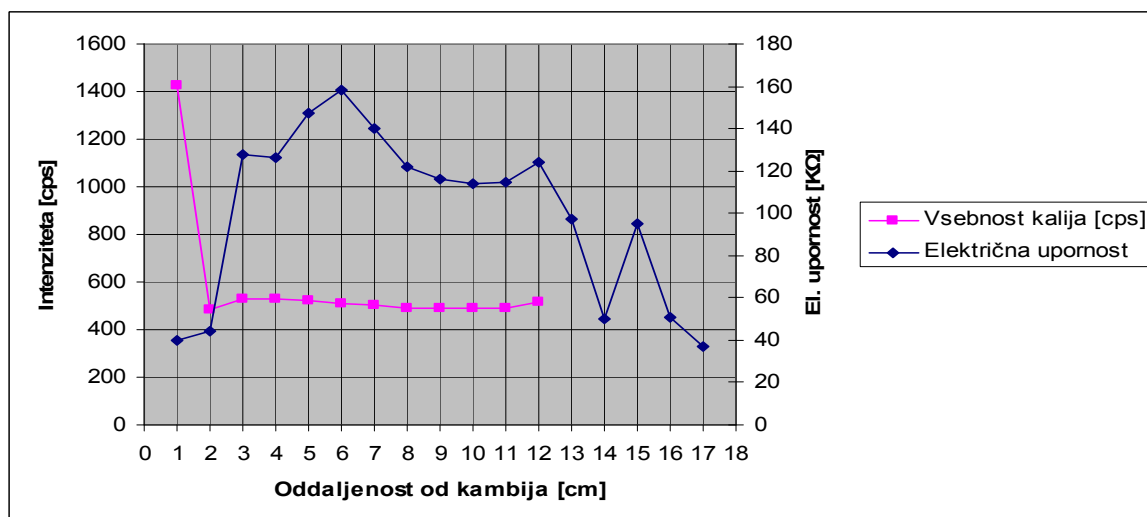
Analiza vsebnosti radialne porazdelitve kalija v vzorcu C1B (slika 9) kaže, da je imel samo prvi vzorec beljave visoko vsebnost kalija (arbitrarna vrednost 1423), vsi nadaljnji vzorci pa vsaj 3 krat nižjo, pri čemer so bile arbitrarne vrednosti okrog 500. Analize so pokazale, da je zveza med električno upornostjo in lesno vlažnostjo premo sorazmerna, med električno upornostjo in vsebnostjo kalija pa obratno sorazmerna. Višja je električna upornost lesa, nižje so vsebnosti kalija in *vice versa*.



Slika 7: Domači kostanj (*Castanea sativa* Mill.), makroskopski posnetek vzorca C1B, z označenimi lokacijami meritev vertikalne električne upornosti.



Slika 8: Domači kostanj (*Castanea sativa* Mill.), radialni vlažnostni profil in vrednosti električne upornosti za vzorec C1B.



Slika 9: Domači kostanj (*Castanea sativa* Mill.), vrednosti električne upornosti in radialna porazdelitev kalija pri vzorcu C1B. Intenziteta cps (counts per second) je arbitrarna enota.

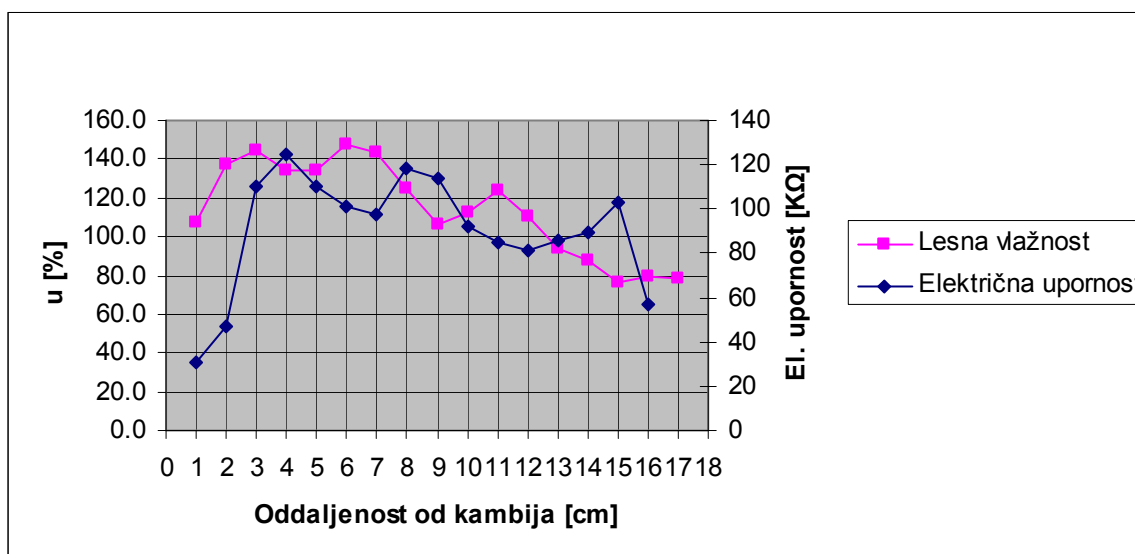
4.1.2 Vzorec C1A

Iz preiskave radialnega vlažnostnega profila vzorca C1A (slika 10) je razvidno, da vlažnost v splošnem od periferije proti strženu pada. V beljavi je bila vlažnost v povprečju 123 %, v jedrovini pa največ 147 % in najmanj 77 % (slika 11). Lokalna povečanja vlažnosti v jedrovini pripisujemo pojavu tako imenovanih mokrin, ki bi se utegnile razviti tudi zaradi glivne ali bakterijske okužbe.

Meritve električne upornosti s Shigometrom so pri vzorcu C1A pokazale, da je bil splošen trend v variabilnosti električne upornosti skladen z radialno porazdelitvijo vode v lesu (slika 11). V perifernih vzorcih beljave, kjer je bila vlažnost nižja, so bile tudi vrednosti električne upornosti nizke, od 31 do 47 k Ω . Električna upornost jedrovine pa je bila vedno višja od upornosti izmerjene v beljavi. Najvišje električne upornosti v jedrovini so bile 125 k Ω , najmanjše izmerjene upornosti v jedrovini pa 79 k Ω . Lokalna povečanja električne upornosti pri meritvah št. 8, 9, 15 in 16 so skladne z barvnimi spremembami, ki so vidne s prostim očesom in bi utegnile nakazovati prisotnost glivne ali bakterijske okužbe.



Slika 10: Domači kostanj (*Castanea sativa* Mill.), makroskopski posnetek vzorca C1A.



Slika 11: Domači kostanj (*Castanea sativa* Mill.), radialni vlažnostni profil in vrednosti električne upornosti za vzorec C1A.

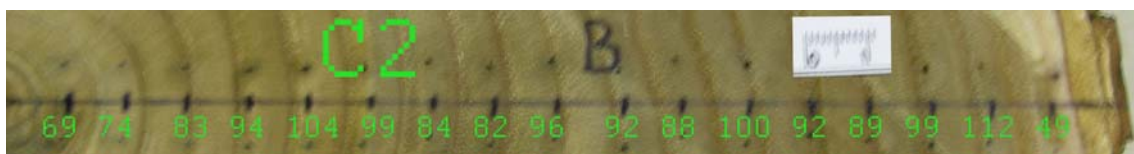
4.1.3 Vzorec C2B

Pri vzorcih koluta C2 je bila prisotna skorja in dve braniki široka beljava. Vzorci so bili v celoti juvenilni. Kolut je imel v sredini od stržena proti periferiji s prostim očesom vidno sušino radija šest centimetrov (slika 12). Pri preiskavah lesne vlažnosti smo opazili nekoliko manjšo vlažnost v perifernem delu (106 %), ki je lahko nastal tudi zaradi osušitve pri transportu. Trend vlažnosti v jedrovini je bil rahlo padajoč, vlažnost se je postopoma zmanjšala iz 167 % na 106 %. V območju zadnjih meritev (meritve št. 13, 14, 15, 16 in 17), je bila s prostim očesom vidna sušina, v kateri so bile vrednosti meritev vlažnosti od 106 % do 119 % (slika 13). Povprečna vlažnost v jedrovini je znašala 147 %.

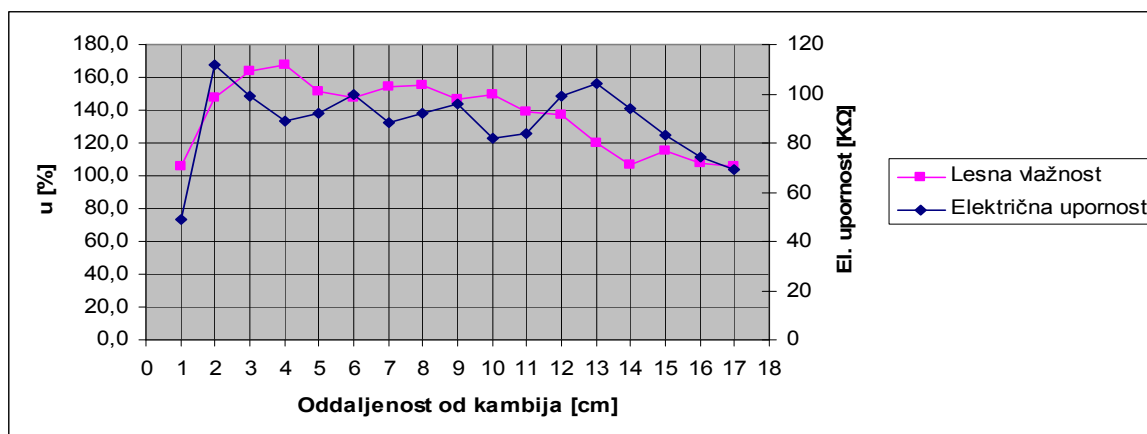
Analiza električne upornosti je tudi pri tem vzorcu pokazala nižje vrednosti meritev v beljavi (49 kΩ), glede na meritve v jedrovini, kjer so bile vrednosti v povprečju 91 kΩ (slika 13). Meritve električne upornosti v jedrovini so nekoliko nihale. Potrebno je omeniti, da so bile elektrode Shigometra zabodene izmenično v rani in kasni les (slika 13). Iz prejšnjih primerov vidimo, da ima bolj gost les (npr. zgostitev branik ali kasni les) višji upor kot redkejši (široke branike ali rani les). Po meritvi št. 13 (slika 13) je prišlo do ponovnega padca upornosti, ki je v skladu z vzorcem C2A (območje sušine upornost se zmanjša).

Z analizo vrednosti radialne porazdelitve kalija smo v beljavi, enako kot pri drugih domačih kostanjih, opazili zelo veliko povišanje kalijevih ionov (arbitrarna vrednost 1653).

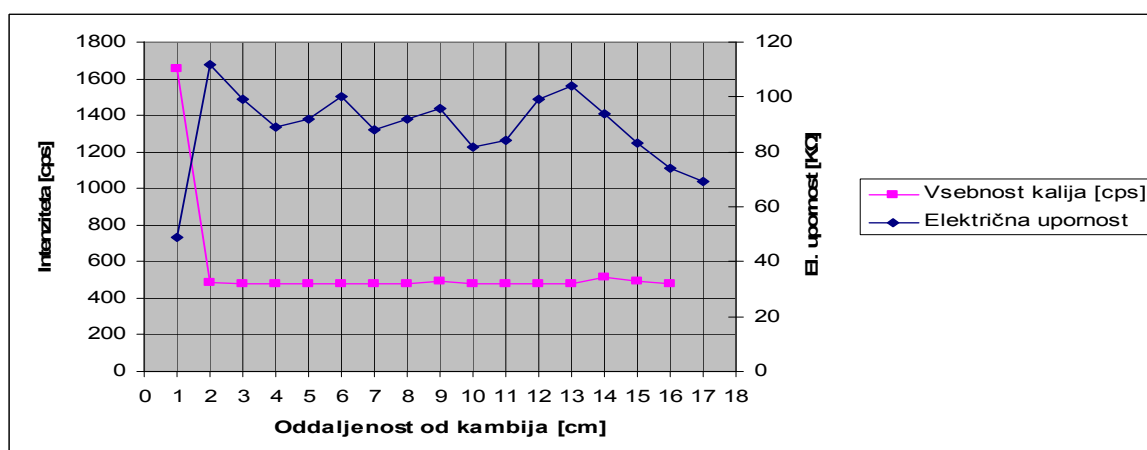
Vsebnost kalija na prehodu iz beljave v najmlajši del jedrovine je bila, tako kot pri vzorcu C1B, trikrat manjša (arbitrarna vrednost 480), nato pa so bile vrednosti razmeroma konstantne vse do stržena (slika 14).



Slika 12: Domači kostanj (*Castanea sativa* Mill.), makroskopski posnetek vzorca C2B, z označenimi lokacijami meritev vertikalne električne upornosti.



Slika 13: Domači kostanj (*Castanea sativa* Mill.), radialni vlažnostni profil in vrednosti električne upornosti za vzorec C2B.

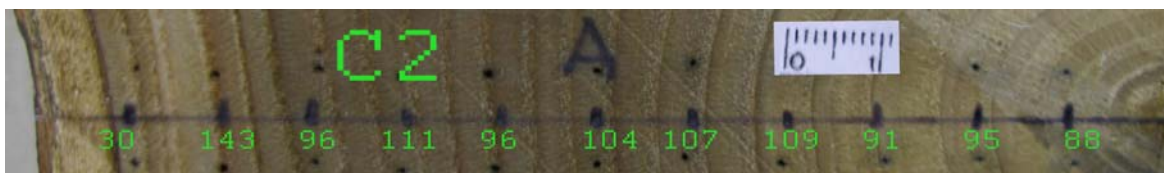


Slika 14: Domači kostanj (*Castanea sativa* Mill.), vrednosti električne upornosti in radialna porazdelitev kalija pri vzorcu C2B. Intenziteta cps (counts per second) je arbitrarna enota.

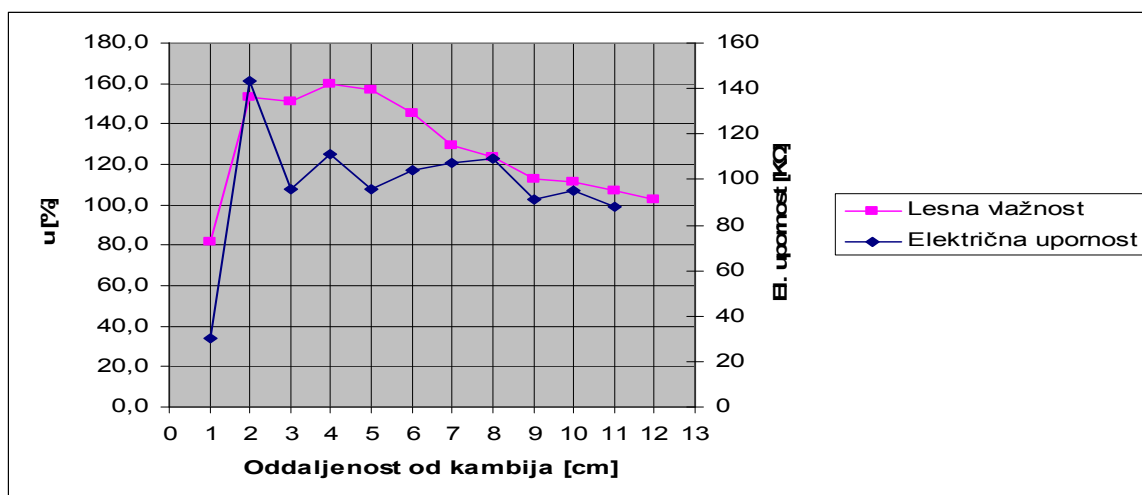
4.1.4 Vzorec C2A

Pri vzorcu C2A smo pri meritvah radialnega vlažnostnega profila opazili nizko vlažnost lesa (81 %), kar je verjetno posledica dostave materiala do delavnice. Trend vlažnosti je padajoč (slika 16), najvišje vrednosti vlažnosti v jedrovini so 160 %, najnižje 103 %. V bližini stržena so vidne nižje vrednosti vlažnosti od povprečja. Tu lahko s prostim očesom zaznamo barvno spremembo, ki soupada z meritvami na tem mestu (slika 15).

Pri merjenju upornosti s Shigometrom smo izmerili nizko upornost pri meritvi št. 1, ki je bila locirana v beljavi in je znašala 30 k Ω (slika 16). Rezultat upornosti pri meritvi št. 2, ki je bila izvedena v začetku jedrovine, je znašal 143 k Ω . To visoko upornost lahko pripišemo procesu ojedritve, ki se je v tem delu ravno pričel. Povprečje izmerjenih vrednosti v jedrovini je bilo 104 k Ω . Najnižje vrednosti upornosti v jedrovini so bile v bližini sušine (od 91 do 88 k Ω), najvišja vrednost v jedrovini je bila v začetku jedrovine in je znašala 111 k Ω .



Slika 15: Domači kostanj (*Castanea sativa* Mill.), makroskopski posnetek vzorca C2A, z označenimi lokacijami meritev vertikalne električne upornosti.



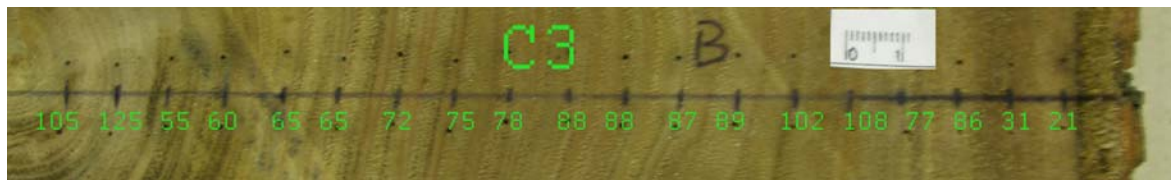
Slika 16: Domači kostanj (*Castanea sativa* Mill.), radialni vlažnostni profil in vrednosti električne upornosti za vzorec C2A.

4.1.5 Vzorec C3B

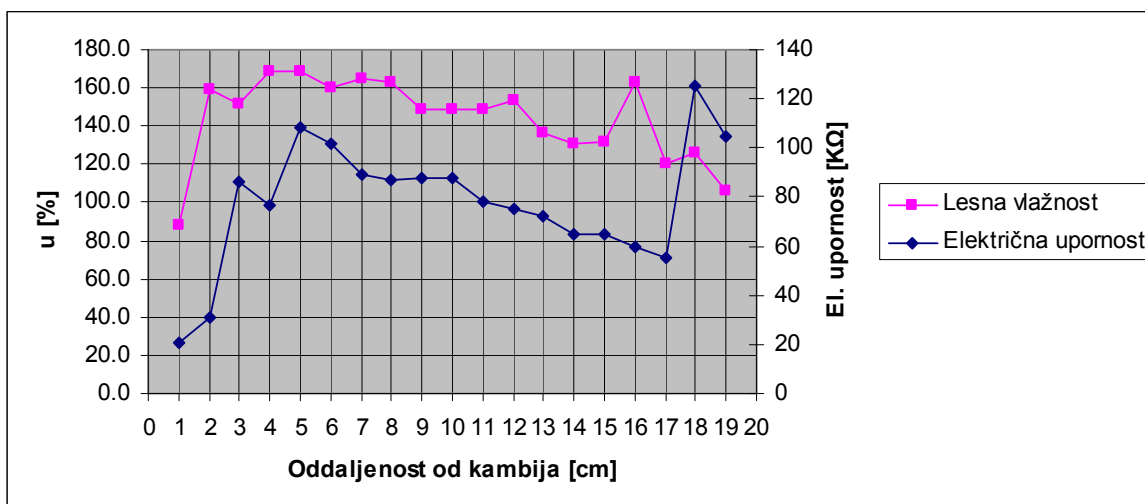
Vzorec C3B je kolut domačega kostanja, ki je v celoti juvenilen, beljava na vzorcih ni vidna (slika 17). Meritve vlažnosti po radialnem profilu nakazujejo, da ima vlažnost trend rahlega upadanja proti strženu. Izjema je le prva meritev vlažnosti v beljavi, ki znaša 88 % in meritev št.16, pri kateri je vrednost nekoliko višja (163 %). Ta meritev soupada z barvnimi spremembami v bližini stržena. Povprečje vlažnosti v jedrovini je 144 % (slika 18).

Analiza električne upornosti je pokazala, da je trend padajoč. S prvima dvema meritvama električne upornosti, ki sta bili 21 in 31 k Ω (slika 18), smo zaznali beljavo. Iz teh podatkov lahko sklepamo, da je bila širina beljave približno dva centimetra. Povprečje električne upornosti v jedrovini je znašalo 84 k Ω . Najnižja vrednost električne upornosti je bila 55 k Ω , najvišja vrednost upornosti v jedrovini pa je bila 125 k Ω . Meritvi električne upornosti št. 18 in št. 19 (slika 18), ki sta sovpadali s pojavom diskoloracije (slika 17), sta bili precej višji od povprečja in sta znašali 105 in 125 k Ω .

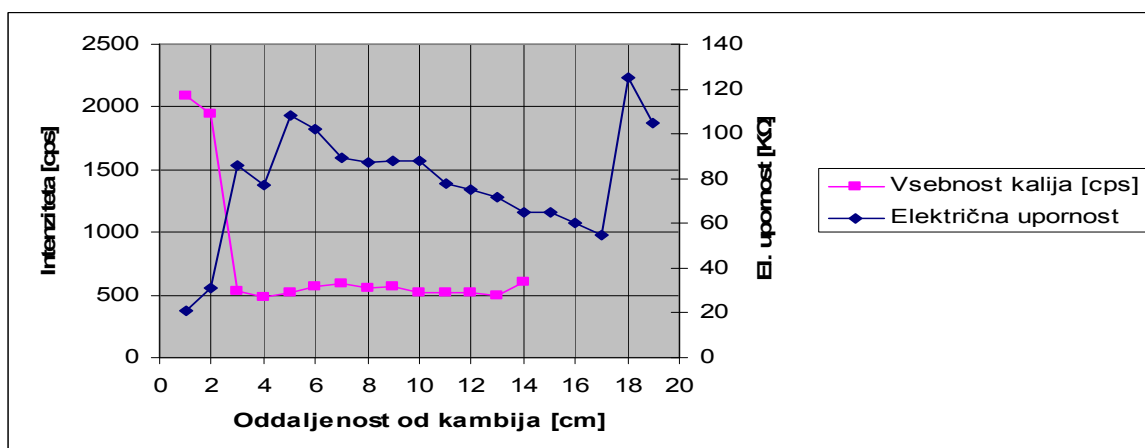
Analiza vsebnosti radialne porazdelitve kalija je tako kot že pri prejšnjih vzorcih v beljavi pokazala povišanje vrednosti kalija (slika 19). Pri prvih dveh meritvah vsebnosti kalija so bile arbitrarne vrednosti okrog 2000, vse ostale vrednosti pa so trikrat nižje in imajo v povprečju arbitrarno vrednost 540.



Slika 17: Domači kostanj (*Castanea sativa* Mill.), makroskopski posnetek vzorca C3B, z označenimi lokacijami meritev vertikalne električne upornosti.



Slika 18: Domači kostanj (*Castanea sativa* Mill.), radialni vlažnostni profil in vrednosti električne upornosti za vzorec C3B.



Slika 19: Domači kostanj (*Castanea sativa* Mill.), vrednosti električne upornosti in radialna porazdelitev kalija pri vzorcu C3B. Intenziteta cps (counts per second) je arbitrarna enota.

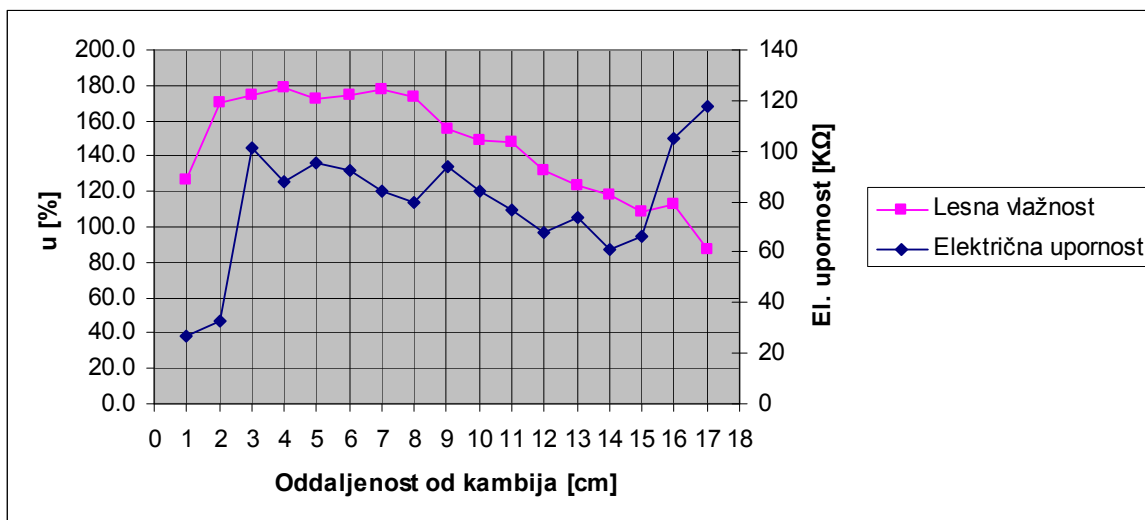
4.1.6 Vzorec C3A

Pri vzorcu C3A (slika 20) je bila porazdelitev vlažnosti po profilu podobna kot pri sorodnemu vzorcu C3B. Trend meritev vlažnosti je bil padajoč, brez velikih odstopanj. Kot v vseh prejšnjih primerih je bila vlažnost vidno nižja le v beljavi, kjer je znašala 126 %. Povprečna vlažnost v jedrovini je znašala 147 %. Najvišjo vlažnost smo zabeležili pri meritvi št. 7 in je znašala 177 %. Najnižjo izmerjeno vlažnost pa smo zabeležili tik ob strženu, kjer je znašala 87 % (slika 21).

Pri merjenju električne upornosti smo opazili, da upornost in vlažnost padata sorazmerno. Meritvi upornosti pri prvih dveh meritvah v beljavi sta bili nižji (27 in 33 k Ω) in sta sovpadali z beljavo. Zadnji meritvi upornosti (meritvi št. 16 in 17), ki sta znašali 105 in 118 k Ω , sta bili višji od povprečja in sta sovpadali z barvnimi spremembami na vzorcu (tenzijski les). Povprečje meritev električne upornosti v jedrovini je znašalo 85 k Ω . Najnižja vrednost električne upornosti v jedrovini je znašala 61 k Ω , najvišja pa 118 k Ω (slika 21).



Slika 20: Domači kostanj (*Castanea sativa* Mill.), makroskopski posnetek vzorca C2B, z označenimi lokacijami meritev vertikalne električne upornosti.



Slika 21: Domači kostanj (*Castanea sativa* Mill.), radialni vlažnostni profil in vrednosti električne upornosti za vzorec C3A.

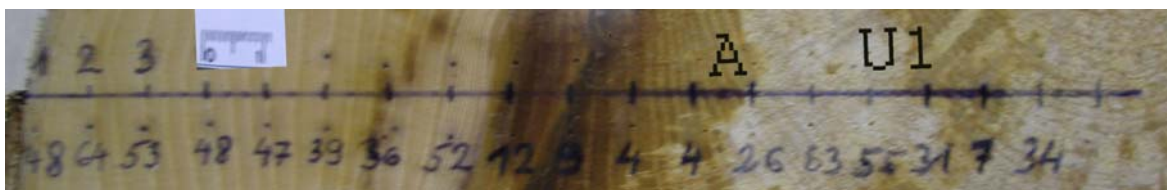
4.2 BREST (*Ulmus glabra* Huds.)

4.2.1 Vzorec U1A

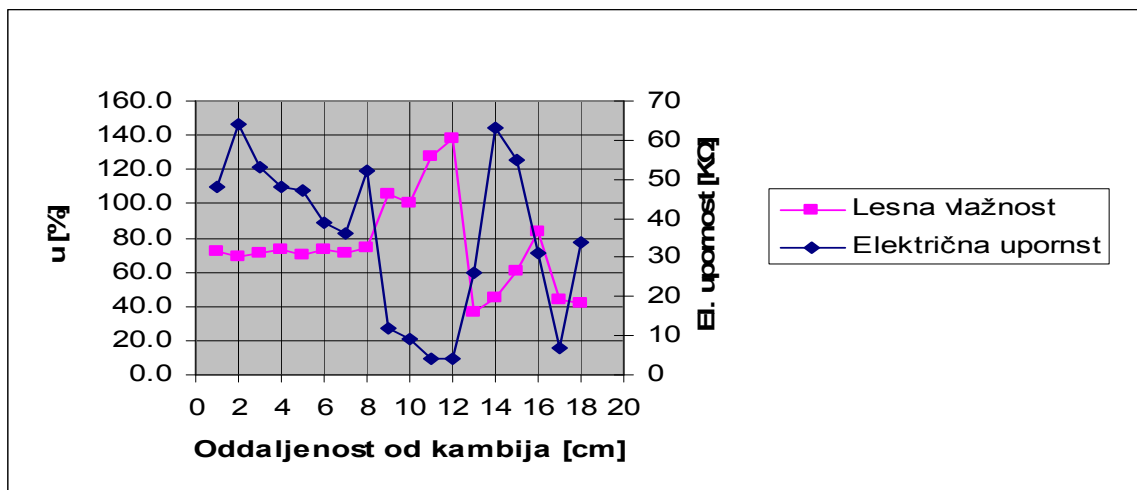
Kolut bresta U1 ima zdravo beljavo, jedrovina pa je okužena oz. močno razkrojena in ima zelo degradirane celične stene. Razvidno je, da se razkroj širi iz stržena proti periferiji, kjer je od beljave ločen s temno obarvano reakcijsko cono (slika 22). S prostim očesom je mogoče v najmlajših branikah beljave opaziti diskolorirane žepke, ki so značilni tudi za Holandsko bolezen bresta. Oba vzorca imata skorjo, ki vsebuje ritidom in živi del skorje. Radialna porazdelitev vlažnosti ustreza stanju tkiva. V beljavi je vlažnost v povprečju 71 %, v predelu reakcijske cone pa se poveča na 111 % (slika 23). V vzorcih tik za reakcijsko cono vlažnost naraste na približno 140 %, v razkrojenem lesu, ki sledi, pa se vlažnost zmanjša na 52 %.

Meritve električne upornosti (slika 23) prav tako ustrezajo stanju preiskovanega tkiva. V zdravi beljavi so vrednosti električne upornosti višje kot v reakcijski coni in lesnemu tkivu, ki ji sledi. Prav tako kot pri vzorcih domačega kostanja smo tudi pri tem vzorcu zaznali beljavo. Meja med zdravim in prizadetim tkivom je razvidna pri 8. in 9. meritvi, kjer upornost pade iz 52 k Ω na 12 k Ω . Meritev št. 9 ustreza mestu reakcijske cone. Pri meritvi št. 14 se električna upornost ponovno poveča na 63 k Ω , kar ustreza lokaciji močno razkrojenega lesa (svetlejšo obarvanje), zatem pa se vrednost ponovno zmanjša. Nobena meritev upornosti ne presega vrednosti 70 k Ω (slika 23), zato lahko sklepamo, da so upori majhni zaradi vlažnosti lesa, degradiranih celic ali zelo redkega tkiva v lesu. Meritve upornosti znašajo od 1 do 64 k Ω , vendar pa moramo poudariti, da so relevantne meritve upornosti le v območju vrednosti od 5 do 500 K Ω .

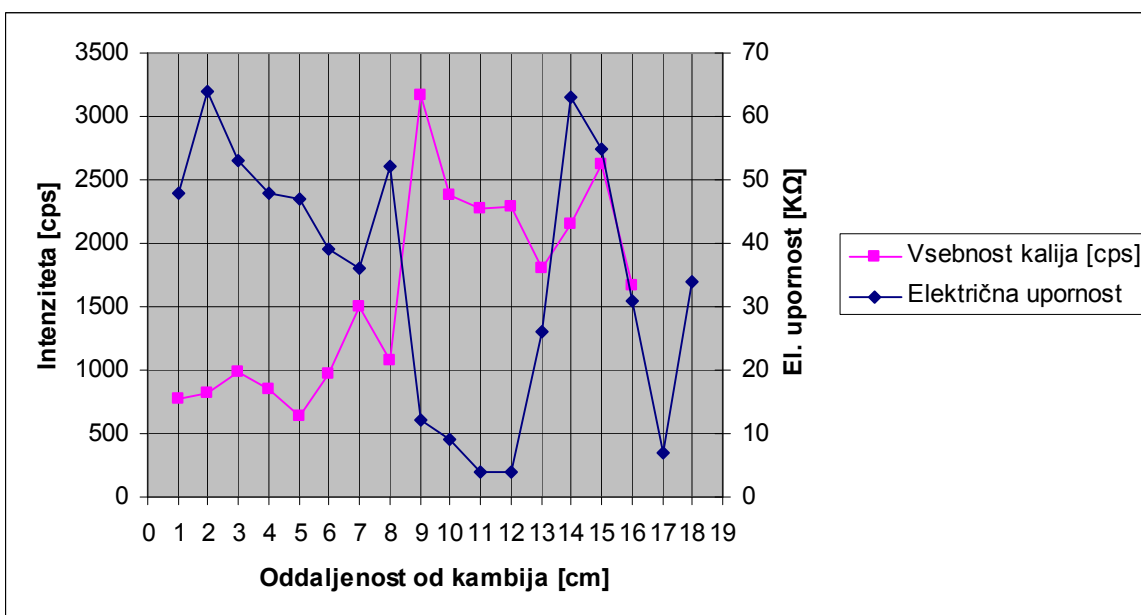
Iz primerjav vrednosti električne upornosti in vsebnosti kalija (slika 24) je razvidno, da je zveza obratno sorazmerna. V območju beljave je vsebnost kalija nižja kot v reakcijski coni in močno razkrojenem lesu, ki ji sledi. Povišane vrednosti kalija v razkrojenem tkivu lahko pripišemo fiziološki aktivnosti gliv.



Slika 22: Brest (*Ulmus glabra* Huds.), makroskopski posnetek vzorca U1A, z označenimi lokacijami meritev vertikalne električne upornosti.



Slika 23: Brest (*Ulmus glabra* Huds.), radialni vlažnostni profil in vrednosti električne upornosti za vzorec U1A.



Slika 24: Brest (*Ulmus glabra* Huds.), vrednosti električne upornosti in radialna porazdelitev kalija pri vzorcu U1A. Intenziteta cps (counts per second) je arbitrarna enota.

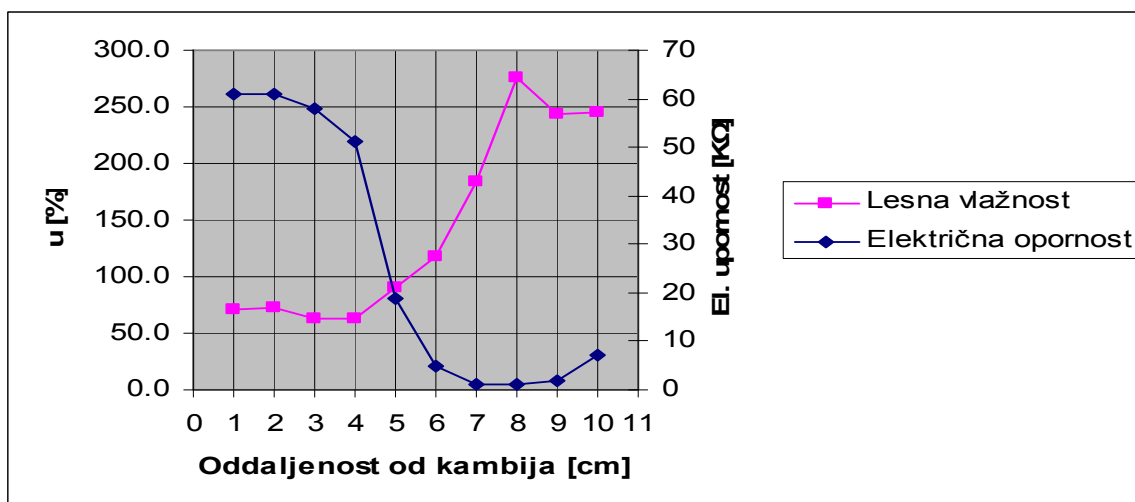
4.2.2 Vzorec U1B

Pri merjenju radialne porazdelitve vlažnosti na vzorcu U1B (slika 26) je bila vlažnost v beljavi konstantna (72 %). Nato pa je bilo vidno precejšnje povečanje vlažnosti že v predelu reakcijske cone (meritev št. 5), kjer je vlažnost znašala 90 %. Vlažnost se je povečevala vse do meritve št. 8 (275 %). Najvišja vlažnost v jedrovini je znašala 276 %, najnižja 90 %. Povprečje izmerjenih vlažnosti v jedrovini je bilo 193 % (slika 27).

Pri meritvah električne upornosti s Shigometrom smo v beljavi zasledili povprečno upornost približno 60 k Ω (slika 27). Mesto meritve št. 5, kjer je upornost padla na 19 k Ω , je bilo v bližini reakcijske cone. Nizke vrednosti električne upornosti, ki sledijo, so značilne za biološki razkroj lesa.



Slika 25: Brest (*Ulmus glabra* Huds.), makroskopski posnetek vzorca U1B, z označenimi lokacijami meritev vertikalne električne upornosti.



Slika 26: Brest (*Ulmus glabra* Huds.), radialni vlažnostni profil in vrednosti električne upornosti za vzorec U1B.

4.2.3 Vzorec U2B

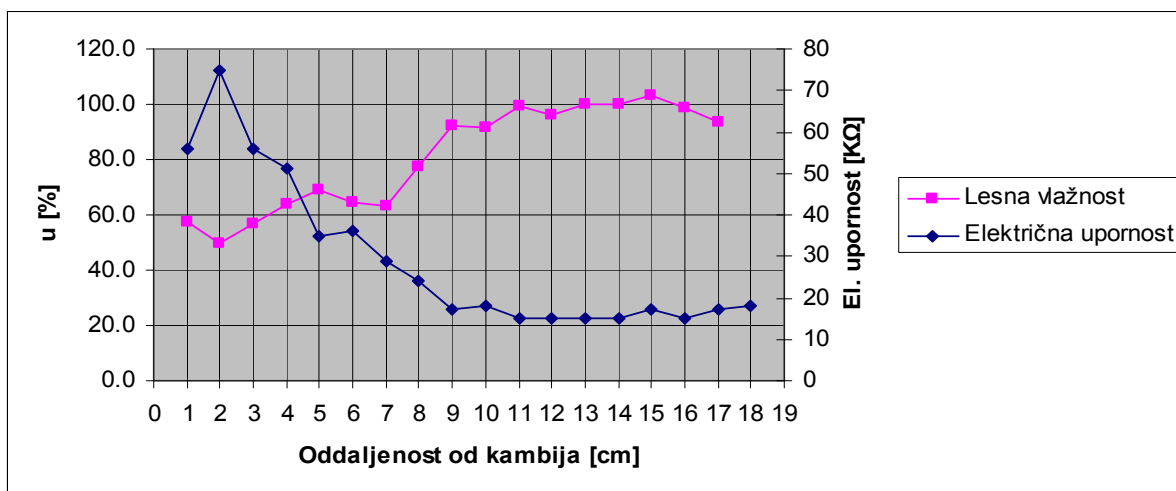
Drevo bresta je bilo mehansko poškodovano trikrat na isti strani, o čemer priča tudi poranitveni les ob robovih rane (slika 27). Les koluta U2B je v celoti juvenilen. Beljava je relativno široka. Vlažnostni profil vzorca U2B kaže, očiten trend naraščanja vlažnosti od kambija proti strženu (slika 28). V beljavi je bila vlažnost povprečno 60 %, nato pa je v jedrovini narasla na povprečno vrednost 100 %. Vrednosti izmerjene vlažnosti in upora so obratno sorazmerne. Visoke izmerjene vrednosti vlažnosti in nizke izmerjene vrednosti električne upornosti kažejo na možnost okužbe, ki s prostim očesom ni vidna.

Prva meritev električne upornosti v beljavi ima vrednost 56 k Ω . Sledi ji povečanje upornosti na 100 k Ω , zatem pa se vrednosti električne upornosti v beljavi zmanjšujejo vse do meje z jedrovino. Jedrovina se prične pri meritvi št. 9 (17 k Ω) in se nadaljuje do stržena, kjer so vrednosti meritev v območju od 15 do 18 k Ω (slika 28). Povprečna vrednost električne upornosti v jedrovini je 16 k Ω .

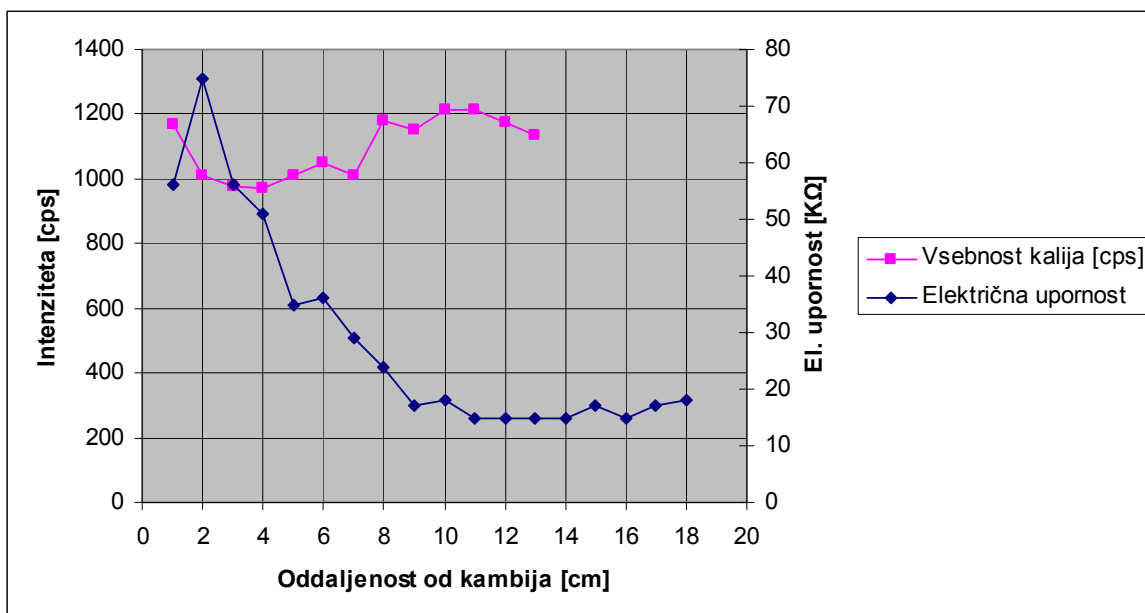
V preiskovanem vzorcu bresta porazdelitev vsebnosti kalija v tkivu kaže nekoliko drugačen trend kot pri domačem kostanju. Arbitrarne vrednosti kalija se po celotnem preiskanem tkivu bistveno ne razlikujejo. Vsebnost kalija se le nekoliko poveča v jedrovini, kar ustreza nižjim vrednostim električne upornosti. Povečanje vsebnosti kalija in vlažnosti ter zmanjšanje električne upornosti v vzorcu lahko pripišemo patološkim spremembam v tkivu, ki so sledile mehanski poškodbi.



Slika 27: Brest (*Ulmus glabra* Huds.), makroskopski posnetek vzorca U2B.



Slika 28: Brest (*Ulmus glabra* Huds.), radialni vlažnostni profil in vrednosti električne upornosti za vzorec U2B.



Slika 29: Brest (*Ulmus glabra* Huds.), vrednosti električne upornosti in radialna porazdelitev kalija pri vzorcu U2B. Intenziteta cps (counts per second) je arbitrarna enota.

4.2.4 Vzorec U2A

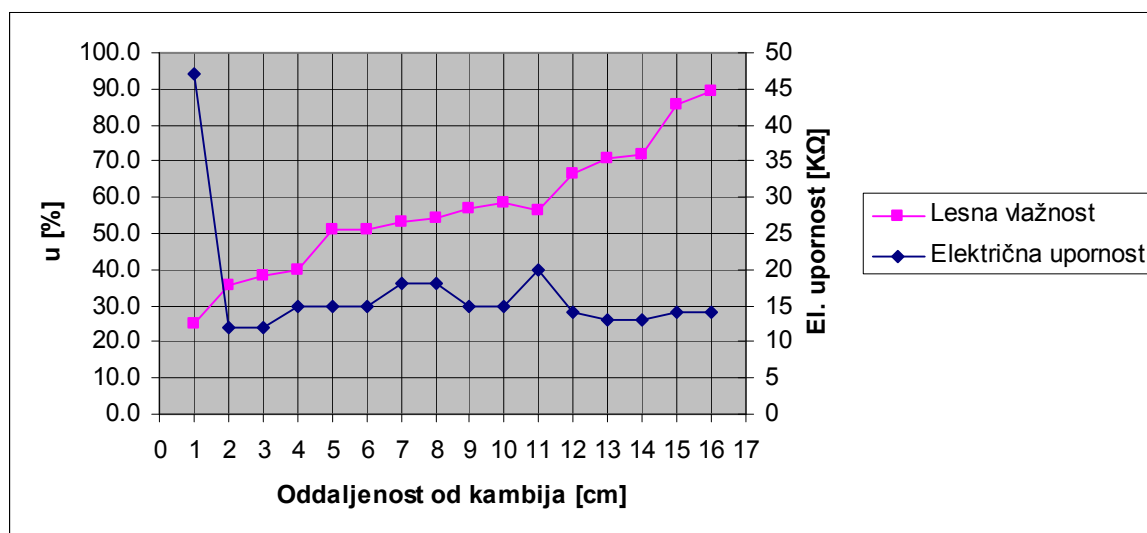
Pri vzorcu U2A (slika 30) smo opazili, da je na periferiji nekoliko izsušen (vlažnost 35 %), nato se vlažnost postopoma dvigne do 90 % (slika 31).

Električna upornost merjena s Shigometrom je bila pri prvi meritvi, kjer je znašala 47 kΩ, višja, kot pri sledečih meritvah, kjer so bile vrednosti pod 20 kΩ (slika 31). Izmerjene vrednosti popolnoma ustrezajo stanju tkiva. Manjša vlažnost na periferiji je posledica

ekspozicije ranitvenega lesa po mehanski poškodbi, ki je na drevesu nastala pred približno dvema letoma. Na tem mestu je les tudi diskoloriran. Pri tem vzorcu s Shigometrom nismo zaznali ne poranitvenega lesa, kot tudi ne zaščitnega lesa (slika 31). To je predvsem posledica že diskoloriranega lesa vzdolž radia A. Razlike upornosti v tem delu so bile samo 3 k Ω . Očitno je torej, da diskoloracija zakrije fiziološke razlike med različnimi tipi tkiv.



Slika 30: (*Ulmus glabra* Huds.), makroskopski posnetek vzorca U2A.



Slika 31: Brest (*Ulmus glabra* Huds.), radialni vlažnostni profil in vrednosti električne upornosti za vzorec U2A.

4.3 NAVADNA SMREKA (*Picea abies* (L.) Karst.)

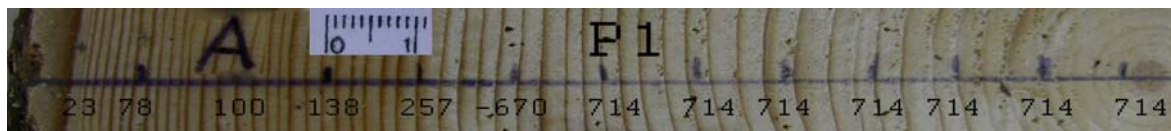
4.3.1 Vzorec P1A in P1B

Pri smrekovem kolutu P1 je bila prisotna skorja na vseh vzorcih ter je vsebovala ritidom in živi del skorje (slika 32). Kolut je imel zelo dobro viden sveži del velikosti 4 centimetre. Temu pa je sledila sušina, ki je segala vse do stržena. Vzorca sta si identična, zato smo jih opisali v skupnem poglavju.

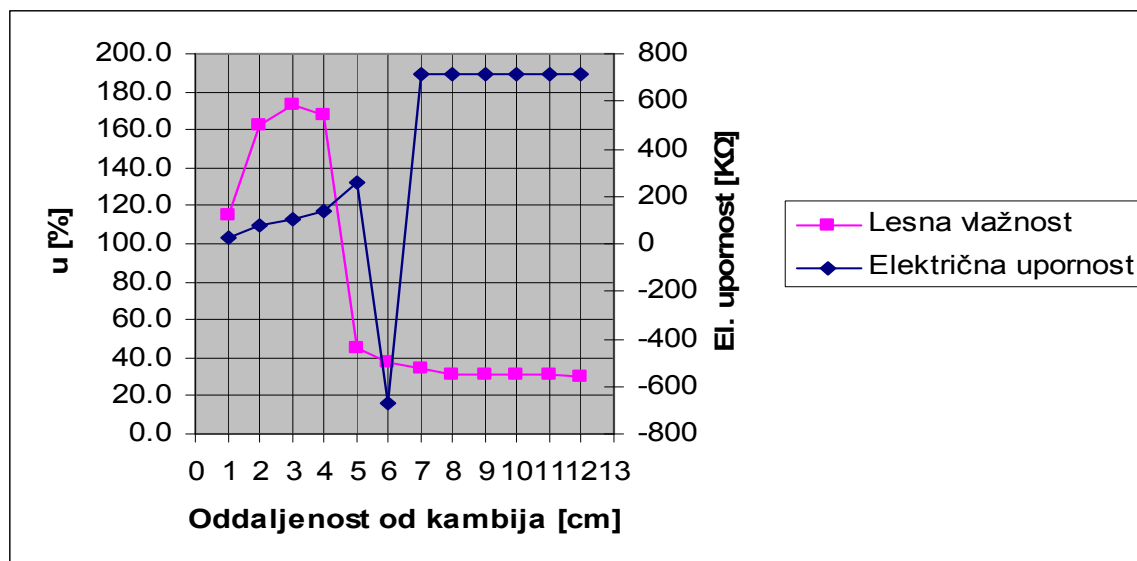
Meritve radialnega vlažnostnega profila (slika 33) so pokazale, da je bila povprečna vlažnost na periferiji, kjer je vidno obarvanje, približno 150 %. Najvišji odstotek vlažnosti na obodu je bil 173 %, najnižji 115 %. Po štirih centimetrih od periferije proti strženu vlažnost drastično pade na povprečno vrednost 33 % in se ne spremeni vse do stržena. Maksimalna vlažnost v sušini je bila v bližini svežega lesa in je znašala 45 %, najnižja vrednost v tem delu je znašala 31 %.

Z meritvami električne upornosti s Shigometrom nismo zaznali ne ritidoma ne živega dela skorje. Vrednosti meritev upornosti pri vzorcu P1A so zelo hitro naraščale do meritve št. 5 (257 k Ω). Povprečna vrednost električne upornosti v teh petih meritvah je znašala 119 k Ω . Upornost je nato pri meritvi št. 6 padla na vrednost -670 k Ω (slika 31), kjer je bil na vzorcu viden prehod med svežim lesom in sušino (slika 32), ki je nastala v procesu rasti drevesa. Pri nadaljnjih meritvah električne upornosti so vrednosti narasle na 714 k Ω (vse so imele enako vrednost). Vrednost 714 k Ω pa je tista, na katero smo v začetku umerili Shigometer. Kot pa je že v opisu Shigometra omenjeno, so relevantne samo meritve od 5-500 k Ω . Iz tega lahko sklepamo, da tiste meritve, ki imajo vrednost 714 k Ω , prikazujejo bistveno manj vlažen les (pod 35 %) oz. sušino.

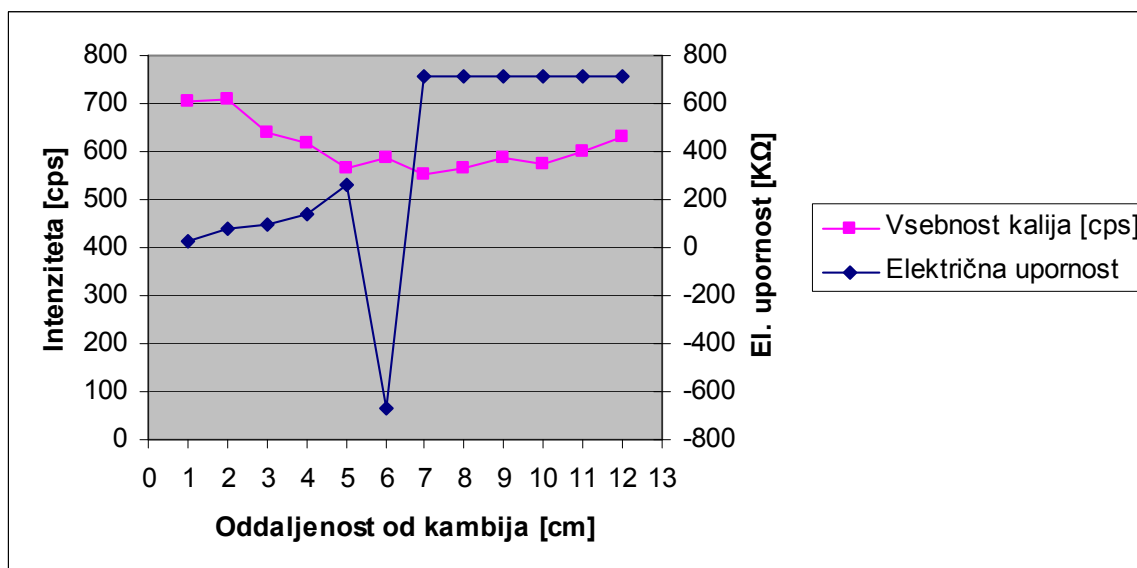
Meritve vsebnosti kalija po radialnem profilu nam niso nakazovale posebnih ekstremov, saj je bila povprečna arbitrarna vrednost kalija 600 (slika 34). Vsebnost kalija ni bila povišana niti v beljavi, kjer smo pri zgoraj opisanih vrstah, opazili precej visoke vsebnosti kalija.



Slika 32: Navadna smreka (*Picea abies* (L.) Karst.), makroskopski posnetek vzorca P1A, z označenimi lokacijami meritev vertikalne električne upornosti.



Slika 33: Navadna smreka (*Picea abies* (L.) Karst.), radialni vlažnostni profil in vrednosti električne upornosti za vzorec P1A



Slika 34: Navadna smreka (*Picea abies* (L.) Karst.), vrednosti električne upornosti in radialna porazdelitev kalija pri vzorcu P1A. Intenziteta cps (counts per second) je arbitrarna enota.

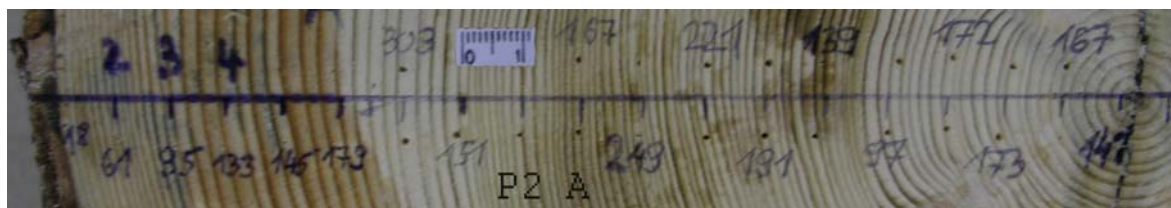
4.3.2 Vzorec P2A

Pri kolutu P2 iz slike vlažni del in sušina makroskopsko nista ločljiva, saj lokalne okužbe preprečujejo razlikovanje med njima. Oba vzorca sta imela prisotno skorjo in nista bila poškodovana.

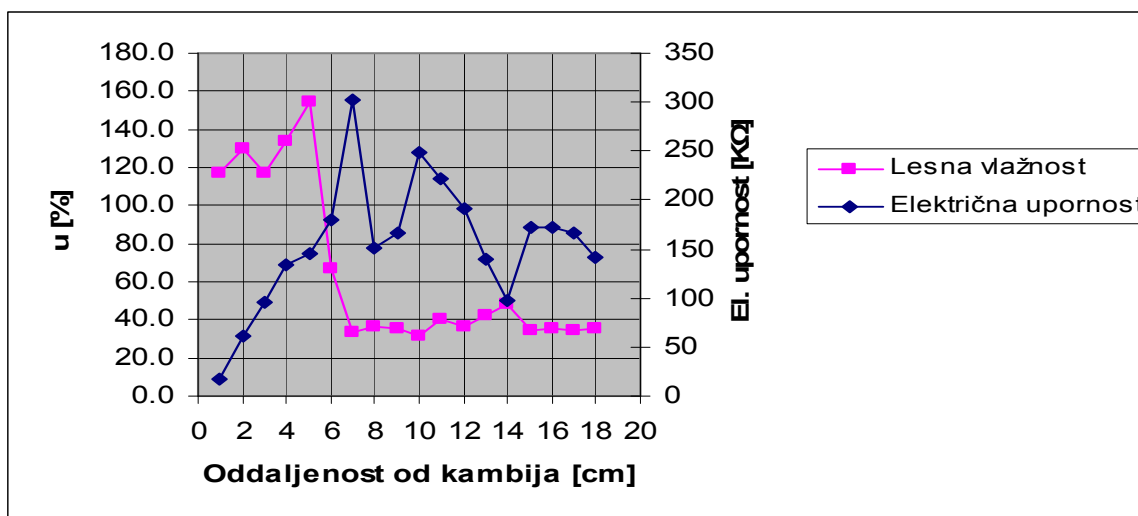
Pri vzorcu P2A (slika 35) smo pri merjenju radialnega vlažnostnega profila zasledili vlažno periferijo, pri kateri so meritve nekoliko nihale zaradi lokalnih okužb. Vlažna periferija je segala vključno do meritve št. 5, pri kateri je vlažnost znašala 154 %. Povprečna meritev vlažnosti v tem delu je bila 131 %. Nato je vlažnost zelo hitro padla na povprečno vrednost 39 % (slika 36) in se ni bistveno spreminjala vse do stržena. Na tem delu (meritev št. 6) preide vlažni del v sušino, kar pa iz slike 35 ni razvidno. Najvišja vlažnost v sušini je bila 48 % in je sovpadala z barvnimi spremembami na vzorcu. Najnižja vlažnost v sušini je bila zabeležena pri deseti meritvi in je znašala 32 %.

Pri meritvah električne upornosti (slika 36) je Shigometer kazal postopno višanje upornosti (od 18 do 179 k Ω) v perifernem delu tkiva vse do šeste meritve. Povprečje meritev električne upornosti v tem delu je znašalo 105 k Ω . Z meritvami električne upornosti smo zaznali prehod med vlažnim delom tkiva in sušino. Ta prehod je bil zaznan z zelo velikim uporom (303 k Ω). V nadaljevanju je električna upornost v sušini precej nihala, njena povprečna vrednost je bila 169 k Ω . Iz teh podatkov lahko sklepamo, da smo biološko okužbo, ki je bila vidna s prostim očesom, zaznali tudi s Shigometrom, ker so v beljavi izmerjene vrednosti električne upornosti višje od vrednosti pri vzorcu P1A, čeprav sta imela podobne vlažnosti. Najvišja električna upornost v sušini je tako znašala 249 k Ω , najnižja pa 97 k Ω .

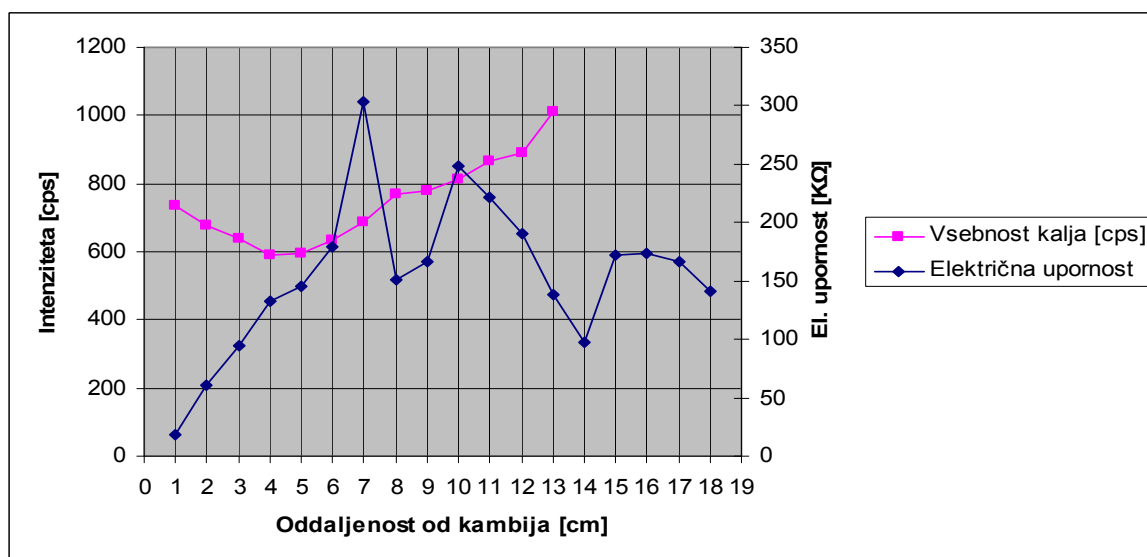
Vsebnost kalija po radialnem profilu je bila v predelu okužbe precej povišana. Od meritve št. 6 dalje je bila povprečna arbitrarna vrednost 804, kar lahko pripišemo okužbam, ki smo jih zaznali s Shigometrom. Najvišjo vsebnost kalija smo zaznali pri zadnji meritvi, kjer je bila arbitrarna vrednost 1013. Najnižjo arbitrarno vrednost pa smo zabeležili pri peti meritvi, kjer je znašala 593.



Slika 35: Navadna smreka (*Picea abies* (L.) Karst.), makroskopski posnetek vzorca P2A, z označenimi lokacijami meritev vertikalne električne upornosti.



Slika 36: Navadna smreka (*Picea abies* (L.) Karst.), radialni vlažnostni profil in vrednosti električne upornosti za vzorec P2A



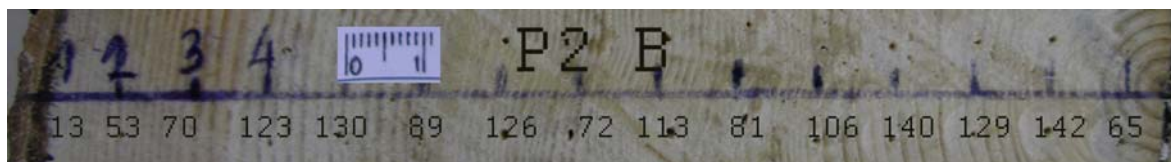
Slika 37: Navadna smreka (*Picea abies* (L.) Karst.), vrednosti električne upornosti in radialna porazdelitev kalija pri vzorcu P2A. Intenziteta cps (counts per second) je arbitrarna enota.

4.3.3 Vzorec P2B

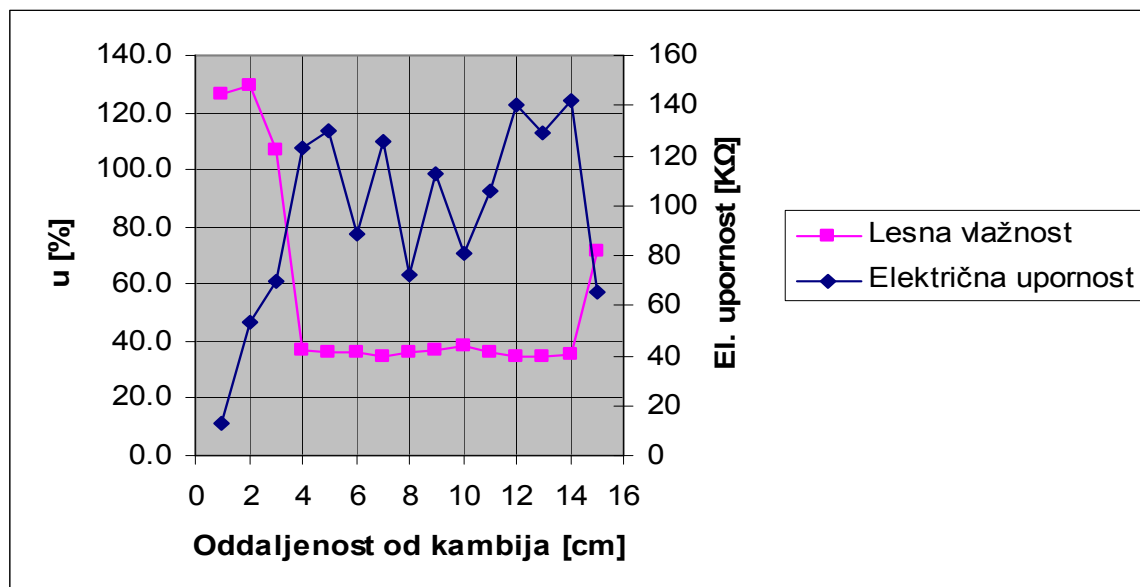
Podobno kot vzorec P2A je imel tudi vzorec P2B (slika 38) vlažno periferijo, vlažnost je bila povišana v začetnih branikah oz. v prvih treh centimetrih periferije in je znašala približno 120 %. Najvišja vlažnost na periferiji je bila izmerjena pri drugi meritvi, kjer je bila 130 %. Najnižja vlažnost v vlažnem delu je bila 107 %. Povprečna vlažnost sušine je

znašala 39 % (slika 39). Od vrednosti vlažnosti v sušini je nekoliko odstopala le zadnja meritev, ki je bila višja (71 %) in jo lahko pripišemo razkroju.

Meritve električne upornosti (slika 39) so v začetku kazale nekoliko nižje vrednosti (od 13 k Ω naprej), ki so naraščale vse do pete meritve (130 k Ω), do koder sega vlažni del koluta. V jedrovini oz. sušini so vrednosti električne upornosti zelo nihale in so bile v povprečju 106 k Ω . Najnižjo meritev v sušini smo izmerili pri zadnji meritvi, kjer je bila električna upornost 65 k Ω . Najvišjo meritev smo izmerili pri meritvi št. 14, kjer je upornost znašala 142 k Ω . Iz teh zelo nihajočih meritev lahko sklepamo, da je v sušini okužba, ki je vidna tudi s prostim očesom (slika 38). V primeru, da okužbe ne bi bilo, bi Shigometer verjetno, tako kot pri vzorcu P1A in P1B, kazal upornost 714 k Ω , ki smo jo nastavili za umeritev tega instrumenta.



Slika 38: Navadna smreka (*Picea abies* (L.) Karst.), makroskopski posnetek vzorca P2B, z označenimi lokacijami meritev vertikalne električne upornosti.



Slika 39: Navadna smreka (*Picea abies* (L.) Karst.), radialni vlažnostni profil in vrednosti električne upornosti za vzorec P2B.

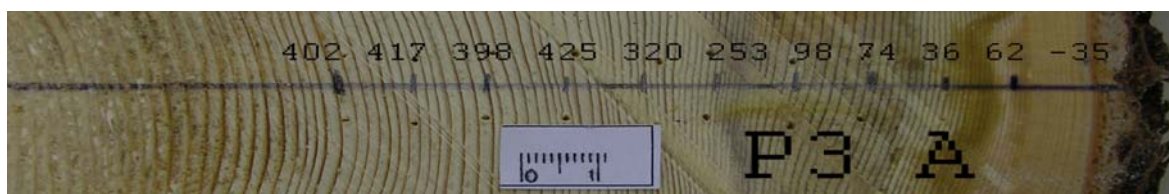
4.3.4 Vzorec P3A

Kolut navadne smreke P3 ima prisotno skorjo, ki vsebuje ritidom in živi del skorje. Na eni strani je že precej razkrojen, zato tam meritve nismo izvajali. Oba vzorca, na katerih smo izvajali meritve, sta imela tako kot vsi prejšnji vzorci navadnih smrek sušino, ki je bila pri vzorcu P3A tudi vidno okužena (slika 40).

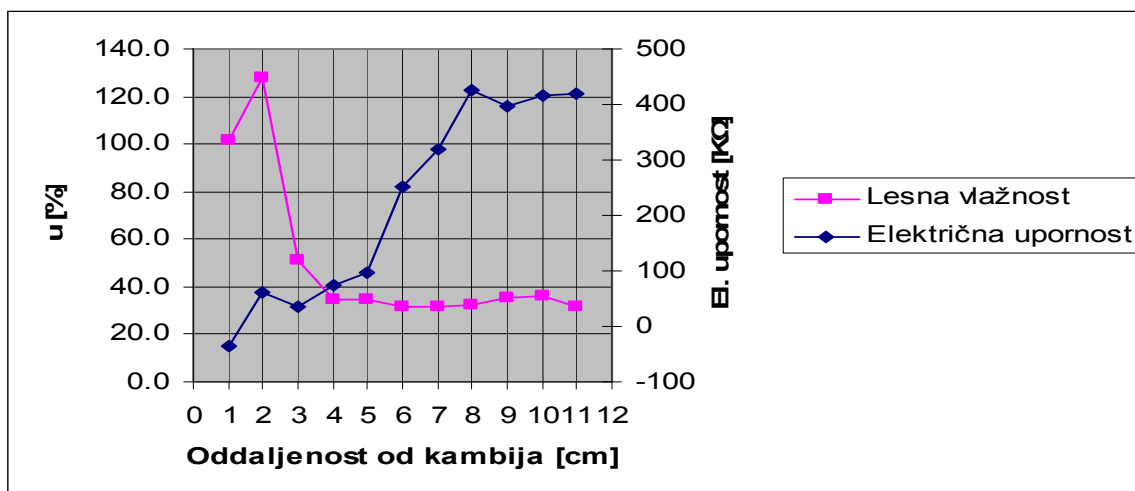
Pri meritvah radialnega vlažnostnega profila (slika 41) smo opazili, da je bila periferija primerno vlažna in je vlažnost znašala v prvih dveh meritvah 102% in 128 %. Vse ostalo je bila sušina s povprečno vlažnostjo 35 %, od katere ni bilo večjega odstopanja niti tam, kjer je bila s prostim očesom vidna okužba.

Meritve električne upornosti so bile zelo razgibane. Upornost je bila v perifernem delu (prvi 2 meritvi) in v okuženem območju nizka (od -35 do 98 k Ω), čeprav vlažni del periferije ni bil okužen. Prva izmerjena meritev električne upornosti je bila negativna (-35 k Ω), kar lahko pripisujemo napaki človeškega faktorja (slika 41). Električna upornost je začela naraščati pri šesti meritvi, kjer smo zapičili elektrode v zdravo sušino. Dvigovala se je vse do zadnje meritve in je na koncu dosegla vrednost 420 k Ω . Najnižja vrednost upornosti v sušini je znašala 36 k Ω (izmerjena pri tretji meritvi), najvišja vrednost v sušini pa je znašala 425 k Ω . Iz slike 41 je mogoče razbrati, da gre za okužbo, ker se upornosti v sušini ne dvignejo tako drastično kot so se pri neprizadetem kolutu P1.

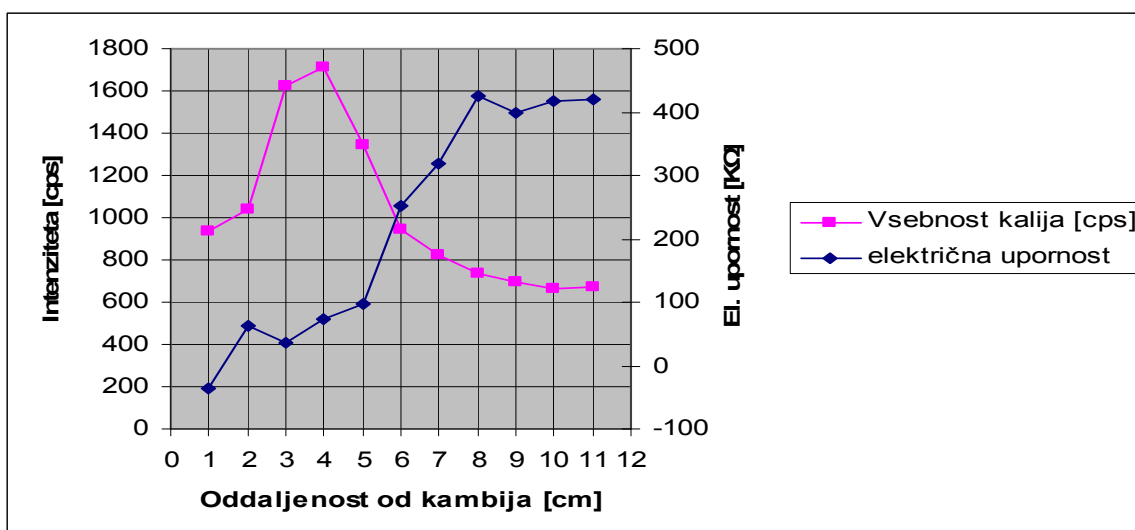
Pri vzorcu P3A smo pri meritvah vsebnosti kalija opazili visoke vrednosti od druge do pete meritve, povprečna arbitrarna vrednost je bila 1430 (slika 42). Te vrednosti ustrezajo glivni okužbi, ki je vidna na sliki 40, pri meritvi št. 3 in št.4. Najvišja arbitrarna vrednost v tem delu je bila 1713. Vse druge meritve, tako v vlažnem delu kot v nadaljevanju sušine, so bile precej nižje. Njihova povprečna arbitrarna vrednost je bila 727. Najvišja arbitrarna vrednost kalija v neprizadetem delu je bila 944, najnižja pa 665.



Slika 40: Navadna smreka (*Picea abies* (L.) Karst.), makroskopski posnetek vzorca P3A, z označenimi lokacijami meritev vertikalne električne upornosti.



Slika 41: Navadna smreka (*Picea abies* (L.) Karst.), radialni vlažnostni profil in vrednosti električne upornosti za vzorec P3A.

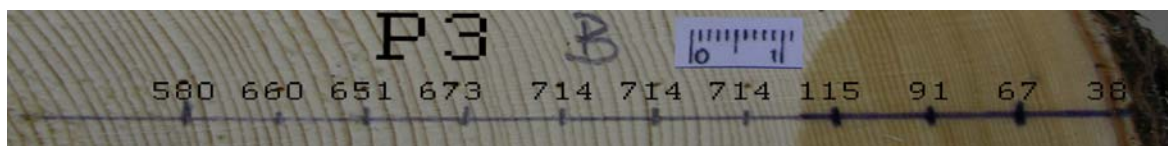


Slika 42: Navadna smreka (*Picea abies* (L.) Karst.), vrednosti električne upornosti in radialna porazdelitev kalija pri vzorcu P3A. Intenziteta cps (counts per second) je arbitrarna enota.

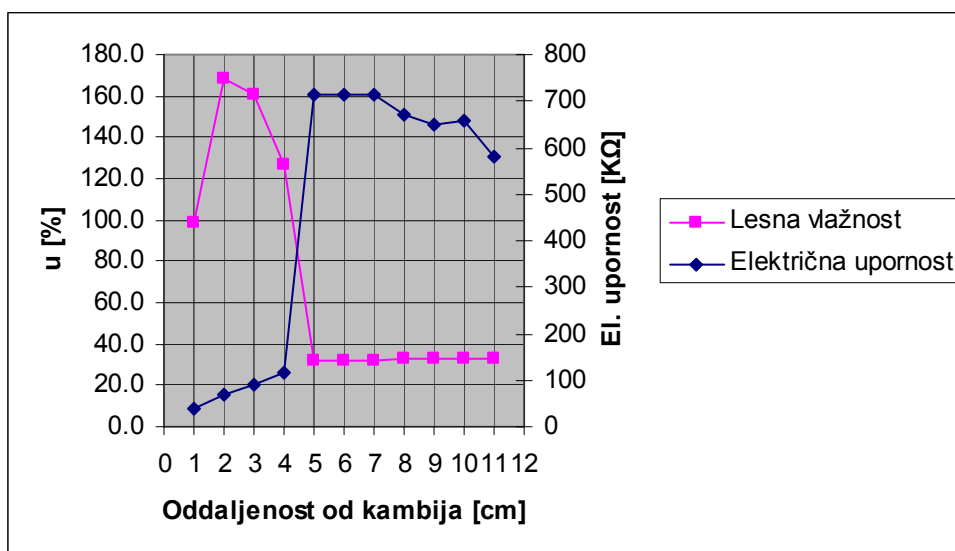
4.3.5 Vzorec P3B

Vzorec P3B je zelo podoben vzorcema iz koluta P1. Iz slike 43 je razvidno, da je bila vlažnost ne periferiji visoka, tudi do 170 %. Povprečne meritve vlažnosti v tem delu so bile 139 % (prve štiri meritve vlažnosti, slika 44). Ob prestopu v sušino je vlažnost drastično padla na povprečno vrednost 32 %. Posamezne vrednosti so od povprečja zelo malo odstopale. Najvišja vrednost vlažnosti v sušini je bila 33 %, najnižja vrednost pa je bila 32 %.

Pri meritvah električne upornosti smo zaznali nizke upornosti v začetku (prve štiri meritve), njihova povprečna vrednost je bila 77 k Ω . Najnižja zaznana vrednost električne upornosti v periferiji je bila 38 k Ω , najvišja pa 115 k Ω . V naslednjih meritvah so se vrednosti električne upornosti precej povišale, večina vrednosti je bila 714 k Ω , kar pa nam že po dosedanjih ugotovitvah kaže na prisotnost neokužene sušine. Meritve upornosti v sušini so v nadaljevanju pričele nekoliko padati. Ob primerjavi rezultatov meritev vzorca P3B, ki ni okužen, in vzorca P3A lahko sklepamo, da je bil vzorec P3A okužen, saj sta oba vzorca izhajala iz istega koluta in bi morala imeti dokaj podobne rezultate, vsaj kar se tiče širine vlažnega lesa. Kot smo videli, je pri vzorcu P3A upornost počasi in postopoma naraščala (slika 41) ter šele pri zadnjih štirih meritvah dosegla upor, pri katerem bi lahko sklepali na sušino.



Slika 43: Navadna smreka (*Picea abies* (L.) Karst.), makroskopski posnetek vzorca P3B, z označenimi lokacijami meritev vertikalne električne upornosti.



Slika 44: Navadna smreka (*Picea abies* (L.) Karst.), radialni vlažnostni profil in vrednosti električne upornosti za vzorec P3B.

4.4 HRAST (*Quercus* spp. L.)

4.4.1 Vzorec Q1A

Kolut hrasta Q1 ima razkrojeno beljavo, skorja pa je prisotna samo na vzorcu Q1A. Okužba še ni prodrla v jedrovino. Beljava je široka približno dva centimetra (slika 45).

Meritve vlažnosti po radialnem profilu (slika 46) so bile v beljavi nekoliko nižje (možnost osušitve zaradi zunanjih dejavnikov). Povprečna vrednost vlažnosti v tem delu je bila 54 %. Pri sledečih meritvah vlažnost doseže povprečno vrednost 62 %. Tudi posamezne vrednosti od povprečja bistveno ne odsopajo. Najvišja vrednost v beljavi je bila izmerjena pri meritvi št. 7 (71 %), kjer pa na vzorcu ni bilo opaziti nobenih posebnosti (ni okužbe, ni barvnih sprememb). Najnižja vlažnost je bila izmerjena pri naslednji meritvi št. 8, kjer je vlažnost znašala 63 %.

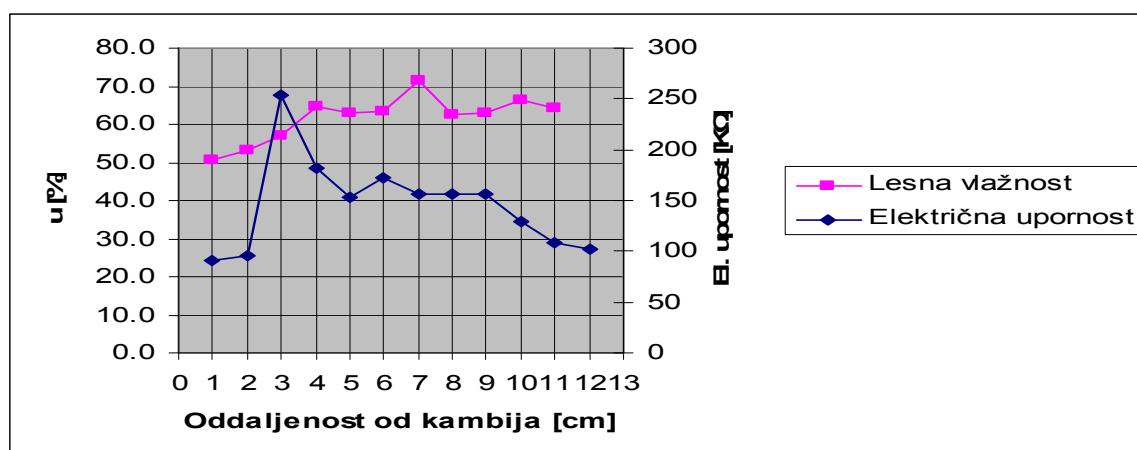
Pri merjenju električne upornosti smo opazili, da je imela okužena beljava hrasta podobne vrednosti kot neprizadeta beljava pri drugih vzorcih hrasta in domačega kostanja. Ob interpretaciji meritev moramo imeti nujno pri sebi kontrolni vzorec, na katerem lahko preverimo stanje lesa. Vrednosti upornosti so bile v jedrovini v nadaljevanju precej razgibane in so imele trend upadanja (slika 46). Njihovo povprečje je znašalo 157 k Ω . Najvišja vrednost upornosti, ki je bila verjetno posledica začetnega procesa ojedritve, je znašala 253 k Ω . Podobno smo opazili že pri domačih kostanjih. Najnižjo meritev v jedrovini, ki je znašala 102 k Ω , smo zaznali z zadnjo meritvijo, locirano tik ob strženu.

Z meritvami vsebnosti kalija smo pri prvih dveh vzorcih opazili povišanje vsebnosti kalija, povprečna arbitrarna vrednost je bila 915 (slika 47). Povišane vrednosti kalija težko pripišemo makroskopsko vidni glivni okužbi, saj ima vsak hrast visoko vsebnost kalija v beljavi. Arbitrarne vrednosti v jedrovini so bile precej nižje, kajti povprečna arbitrarna vrednost je znašala 716. Posamezne vrednosti so malo odstopale od povprečja, saj je bila njihova najvišja arbitrarna vrednost 755, najnižja pa 690.

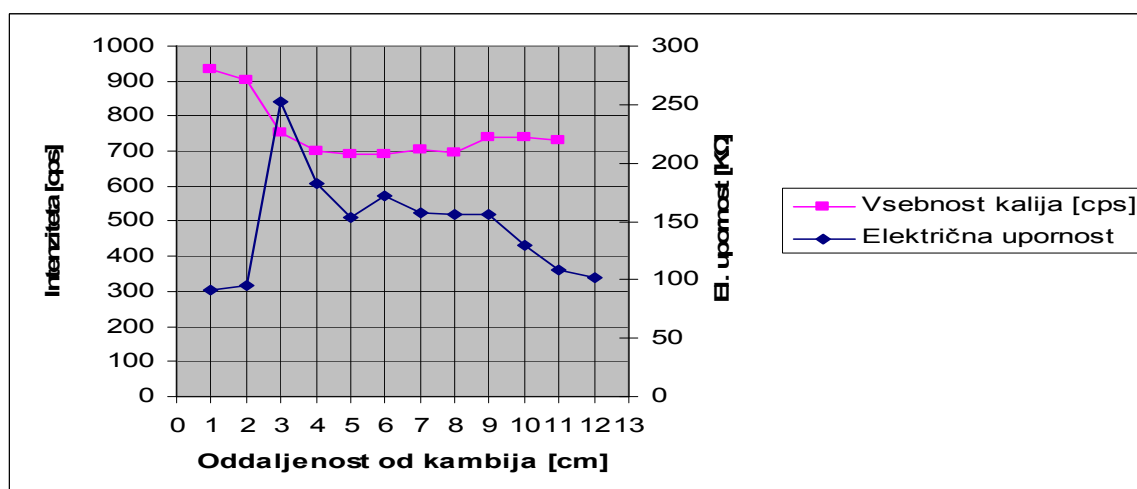
Meritve na vzorcu Q1B so bile zelo podobne meritvam na vzorcu Q1A, zato tega vzorca nismo posebej opisovali.



Slika 45: Hrast (*Quercus spp. L.*), makroskopski posnetek vzorca Q1A.



Slika 46: Hrast (*Quercus spp. L.*), radialni vlažnostni profil in vrednosti električne upornosti za vzorec Q1A.



Slika 47: Hrast (*Quercus spp. L.*), vrednosti električne upornosti in radialna porazdelitev kalija pri vzorcu Q1A. Intenziteta cps (counts per second) je arbitrarna enota.

4.4.2 Vzorec Q2B

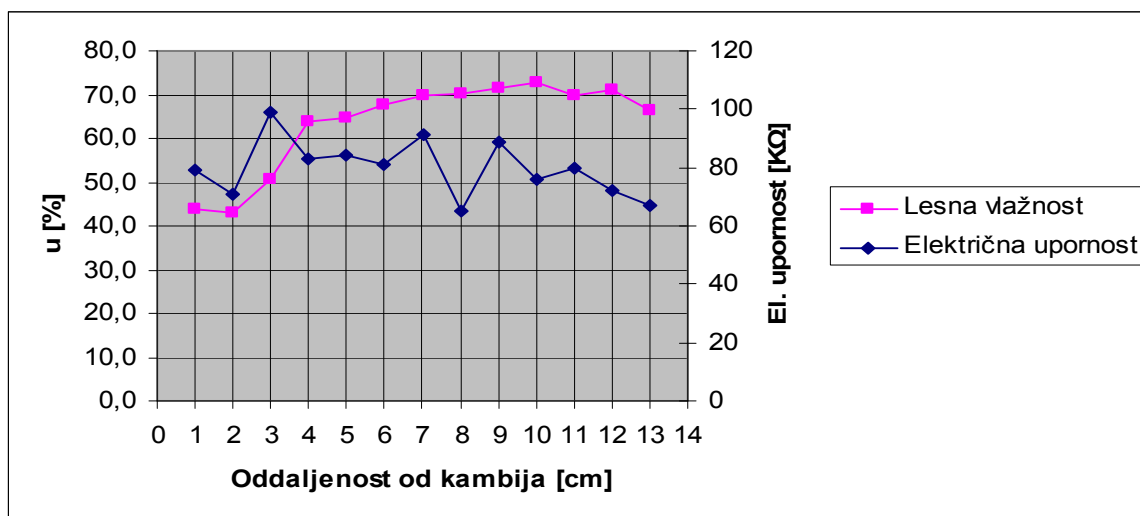
Kolut hrasta ima precej okuženo beljavo, ki je temnejše barve (slika 48). Vzorec Q2B ima okuženo tudi jedrovino, česar pa za vzorec Q2A ne moremo trditi. Meritve vlažnosti po radialnem profilu so pokazale, da je pri vzorcu Q2B vlažnost v beljavi povprečno znašala 47 %. V jedrovini je bila povprečna vlažnost nekoliko višja in je znašala 69 %. Nihanje vrednosti v jedrovini ni bilo veliko, saj je znašala najnižja meritev vlažnosti 64 %, najvišja pa 72 %.

Meritve upornosti so bile pri vzorcu Q2B glede na meritve pri vzorcu Q1A skozi celoten profil precej nizke, njihova povprečna vrednost je znašala 80 k Ω . V zdravem lesu meritve upornosti navadno znašajo nad 100 k Ω . Pri vzorcu nismo jasno zaznali niti beljave niti jedrovine. Najnižjo vrednost električne upornosti smo zaznali pri osmi meritvi, kjer je znašala 65 k Ω (slika 49). Najvišjo vrednost električne upornosti smo zaznali pri tretji meritvi, kjer je znašala 99 k Ω . Glede na tako nizke izmerjene vrednosti električne upornosti lahko sklepamo, da je les biološko okužen, kar je razvidno tudi iz slike 48.

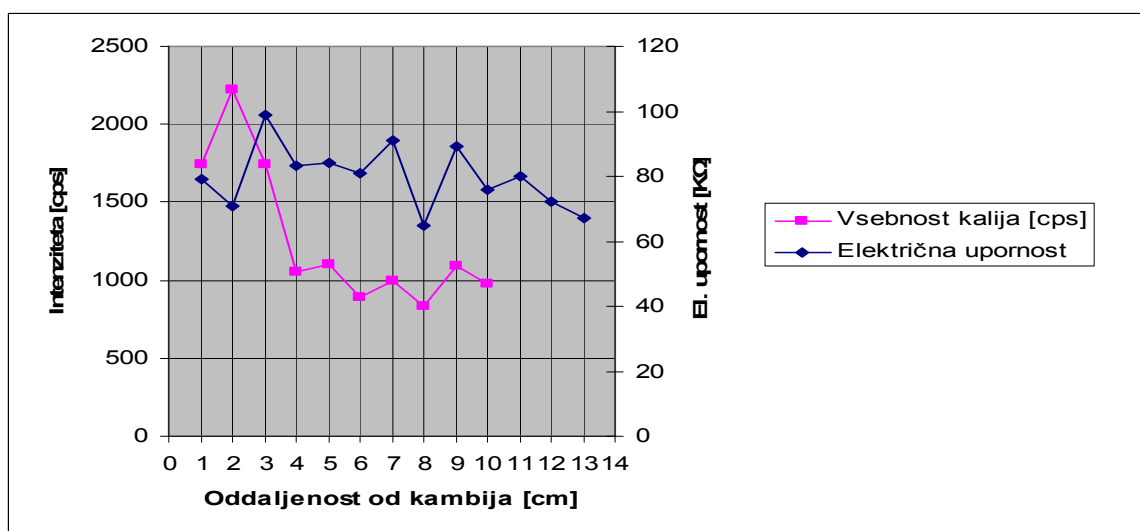
Pri meritvah vsebnosti kalija (slika 50) smo pri prvih treh vzorcih izmerili visoke vrednosti. Povišane vrednosti kalija težko pripišemo makroskopsko vidni glivni okužbi, saj ima vsak hrast visoko vsebnost kalija v beljavi. Povprečna arbitrarna vrednost kalija je znašala v beljavi 1905, v jedrovini pa 990.



Slika 48: Hrast (*Quercus* spp. L.), makroskopski posnetek vzorca Q2B, z označenimi lokacijami meritev vertikalne električne upornosti.



Slika 49: Hrast (*Quercus spp. L.*), radialni vlažnostni profil in vrednosti električne upornosti za vzorec Q2B.



Slika 50: Hrast (*Quercus spp. L.*), vrednosti električne upornosti in radialna porazdelitev kalija pri vzorcu Q2B. Intenziteta cps (counts per second) je arbitrarna enota.

4.4.3 Vzorec Q2A

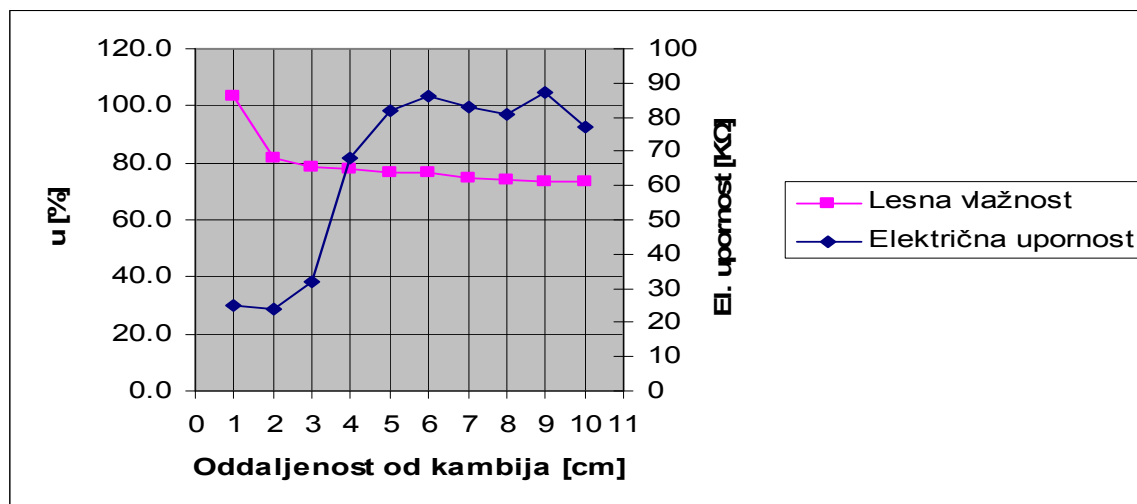
Pri vzorcu Q2A je bila beljava široka približno dva centimetra in je imela povprečno vlažnost 104 %. S prostim očesom je v beljavi vidna biološka okužba (slika 51), ki je temno obarvana. V jedrovini je bil trend vlažnosti padajoč, povprečna vrednost vlažnosti je bila 77 %. Posamezne meritve vlažnosti v jedrovini so zelo malo odstopale od povprečja, saj je bila najvišja vrednost 82 %, najnižja vrednost pa je znašala 74 %.

Pri meritvah električne upornosti (slika 52) smo v beljavi izmerili nizke vrednosti s povprečjem 30 kΩ. Samo iz tega podatka ne moremo sklepati na okužbo lesa, ker imajo

beljave v vseh preiskovanih drevesih nizke vrednosti električne upornosti. Okužbo lesa v beljavi lahko potrdimo s sliko 51, na kateri opazimo barvno spremembo jedrovine, ki je rjave barve. Upornost v jedrovini se je nato poveševala. Pri četrti meritvi je možno, da smo s Shigometrom zaznali majhno okužbo, ki se je iz beljave razširila v jedrovino. V jedrovini je bila povprečna vrednost meritev električne upornosti 81 k Ω , kar je nekoliko nižja vrednost, kot je navadno na tem mestu pri lesu zdravega hrasta. Iz tega lahko sklepamo, da bi okužba lahko v kratkem postala vidna s prostim očesom. Najnižja električna upornost v jedrovini je znašala 68 k Ω , najvišja pa 87 k Ω .



Slika 51: Hrast (*Quercus* spp. L.), makroskopski posnetek vzorca Q2A, z označenimi lokacijami meritev vertikalne električne upornosti.



Slika 52: Hrast (*Quercus* spp. L.), radialni vlažnostni profil in vrednosti električne upornosti za vzorec Q2A.

4.4.4 Vzorec Q3A

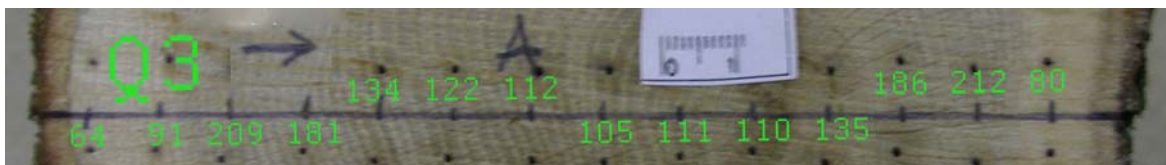
Pri kolutu Q3 gre za zdrav vzorec hrasta manjšega premera (slika 53). Hrast ima približno en centimeter široko beljavo, vse ostalo je juvenilna jedrovina.

Vrednosti meritev radialnega vlažnostnega profila so bile nekoliko višje le na perifernem delu in na mestu stržena (slika 54). Vlažnost je v beljavi pri prvi meritvi znašala 74 %, pri

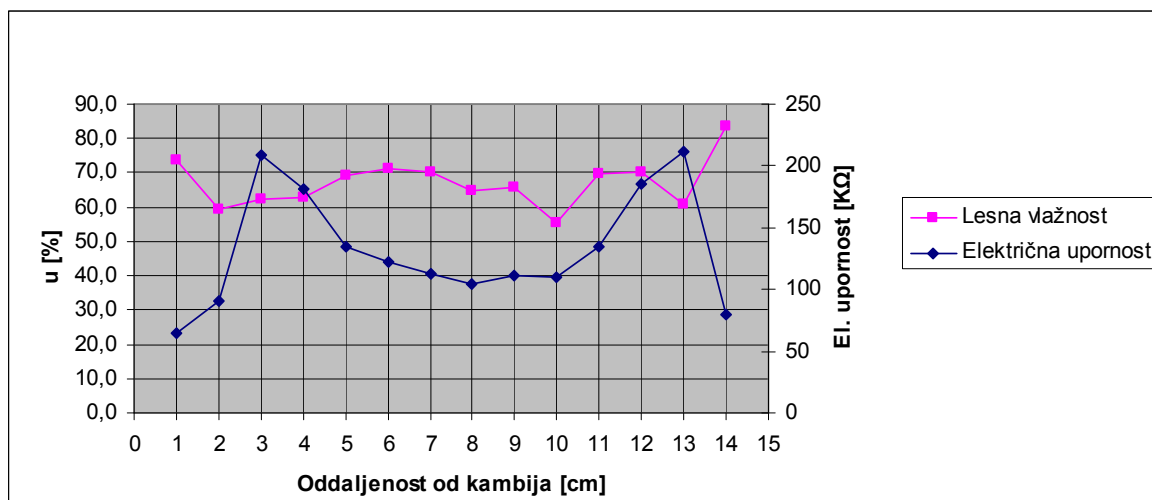
zadnji meritvi, ki je bila prav tako v beljavi, pa je bila za 10 % višja in je znašala 84 %. Povprečna vlažnost v jedrovini je znašala 65 %. Najnižja meritev vlažnosti v jedrovini je bila izmerjena pri meritvi št. 10, kjer je znašala 55 % in jo lahko pripišemo strženu, ki je na sliki 53 viden nekoliko izven centra. Najvišjo vrednost vlažnosti smo izmerili pri meritvi št. 6, kjer makroskopsko ni bilo vidnih nobenih posebnosti, in je znašala 71 %.

Pri interpretaciji električne upornosti smo opazili dokaj nizke vrednosti upornosti v beljavi, predvsem pri prvi, drugi in zadnji štirinajsti meritvi, kjer so vrednosti znašale 64, 91 in 80 k Ω . Vrednosti upornosti izmerjene v začetku jedrovine so bile bistveno višje, kar se je izkazalo pri tretji in trinajsti meritvi, ki sta znašali 209 in 212 k Ω (slika 54). Zatem so vrednosti električne upornosti v jedrovini pričele padati in so padale vse do vrednosti, ki smo jo zabeležili pri meritvi št. 8 (105 k Ω). Na kolutu Q3 posebnosti pri meritvi s Shigometrom nismo opazili, meritve so bile simetrične in logične.

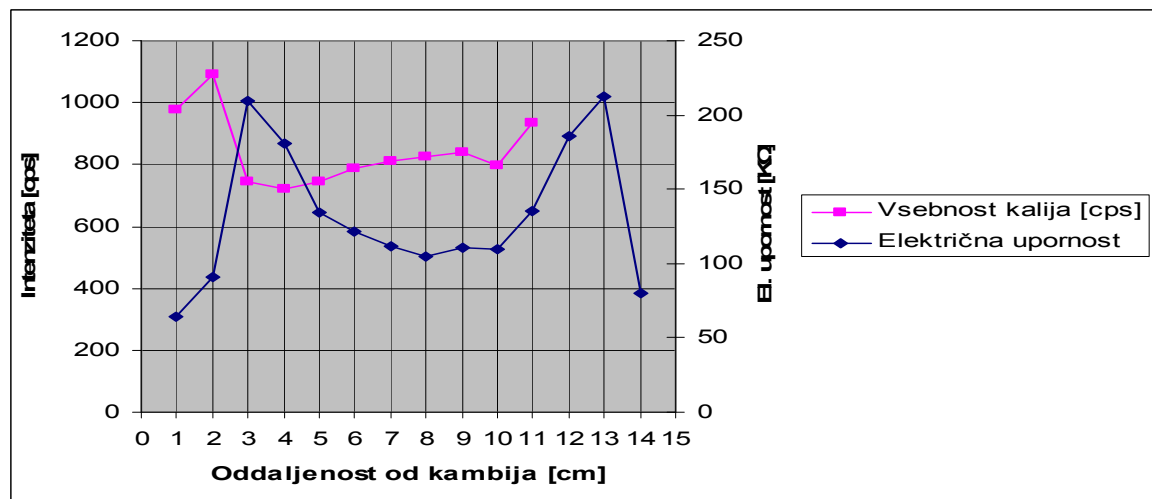
Pri meritvi vsebnosti kalija po radialnem profilu je bilo opaziti visoke vrednosti kalija v beljavi, kjer je bila povprečna arbitrarna vrednost 1000 (slika 55). Povprečje arbitrnih vrednosti v jedrovini je znašalo 784. Glede na to, da gre pri kolutu Q3 za zdrav les, sklepamo, da ima zdrava beljava hrasta povprečno arbitrarno vrednost okrog 1000, zdrava jedrovina pa okrog 780.



Slika 53: Hrast (*Quercus spp.* L.), makroskopski posnetek vzorca Q3A, z označenimi lokacijami meritev vertikalne električne upornosti.



Slika 54: Hrast (*Quercus* spp. L.), radialni vlažnostni profil in vrednosti električne upornosti za vzorec Q3A.



Slika 55: Hrast (*Quercus* spp. L.), vrednosti električne upornosti in radialna porazdelitev kalija pri vzorcu Q3A. Intenziteta cps (counts per second) je arbitrarna enota.

4.4.5 Vzorec Q4A

Kolut hrasta Q4 ima prisotno skorjo po vsem obodu. V notranjosti jedrovine je vidno temno obarvanje, ki so ga zaznale tudi nekatere meritve (slika 56). Skorja je bila prisotna na obeh vzorcih in je vsebovala tako živi del skorje kot tudi ritidom. Zaradi podobnih rezultatov vzorcev Q4A in Q4B, smo opisali samo vzorec Q4A.

Pri meritvah vlažnostnega profila v radialni smeri pri vzorcu Q4A smo opazili, da je bila vlažnost nekoliko višja v beljavi, kjer je znašala 100 %. Vlažnost je imela od periferije proti strženu trend upadanja (slika 57), povprečna vrednost vlažnosti je znašala 78 %.

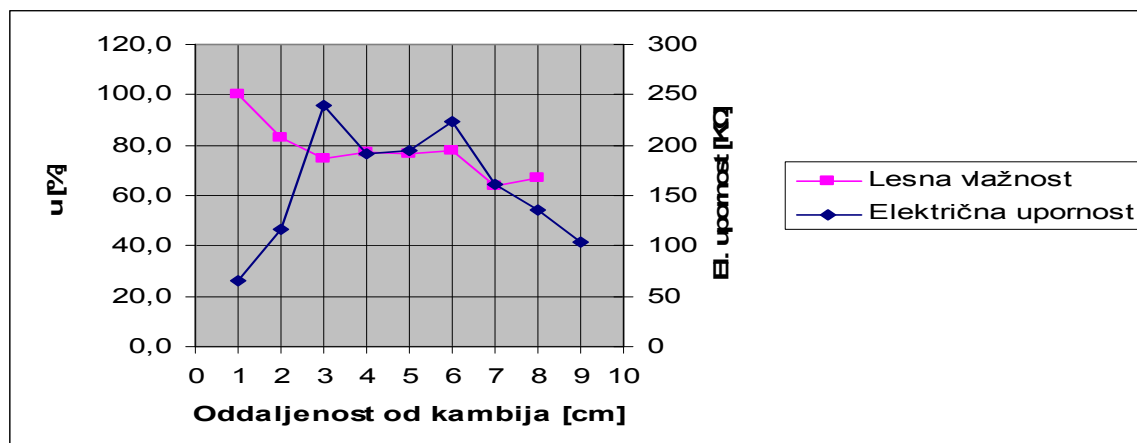
Najnižjo vlažnost je bilo zaznati pri meritvi št. 7, kjer je znašala 67 %. Najvišja vrednost vlažnosti je znašala 83 %, ki smo jo zasledili pri meritvi št. 2. Pri zadnjih dveh meritvah smo opazili padec vlažnosti za skoraj 14 %, kar lahko pripišemo okužbi, ki se na sliki kaže s temnim obarvanjem v jedrovini. Ta padec vlažnosti smo zaznali tudi pri vzorcu Q4B, ki je zelo podoben vzorcu Q4A (slika 56).

Z merjenjem električne upornosti smo opazili, tako kot pri vseh hrastih, nizke vrednosti upornosti v beljavi. Povprečje upornosti v beljavi (prvi dve meritvi) pri vzorcu Q4A je 90 k Ω . Pri tretji meritvi se je vrednost električne upornosti povišala na 240 k Ω , kar kaže na pričetek ojedritvenega procesa. Pri nadaljnjih meritvah so se nato vrednosti upornosti pri vzorcu Q4A znižale na 192 k Ω , pri vzorcu Q4B pa na približno 160 k Ω (slika 58). Pri šesti meritvi vzorca Q4A smo lahko ponovno opazili povišanje električne upornosti na 224 k Ω , kar se ujema z barvno spremembo v jedrovini. Povišanje upornosti smo zaznali tudi na vzorcu Q4B pri meritvi št. 12, ki se nahaja na istem radiju koluta. Od te meritve dalje, so vrednosti upadale vse do zadnje meritve, kjer je pri obeh vzorcih znašala električna upornost 106 k Ω .

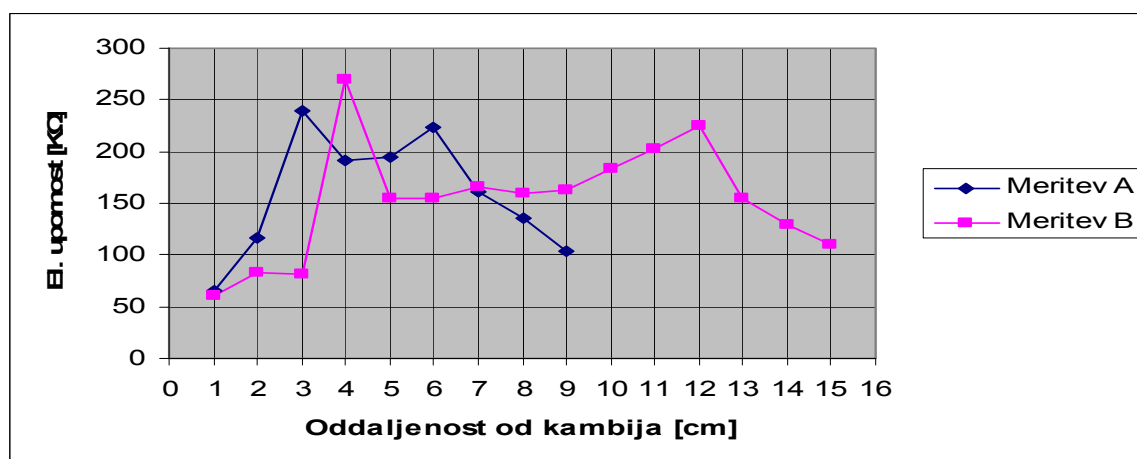
Pri merjenju vsebnosti kalija posebnih odstopanj nismo ugotovili (slika 59). V beljavi je bila arbitrarna vrednost kalija 1130. Zatem so vrednosti padle in dosegle povprečno arbitrarno vrednost 701. Posamezne vrednosti niso bistveno odstopale od povprečja. Do odstopanj v vsebnosti kalija ni prišlo niti v predelih jedrovine, ki so bili na kolutu temneje obarvani.



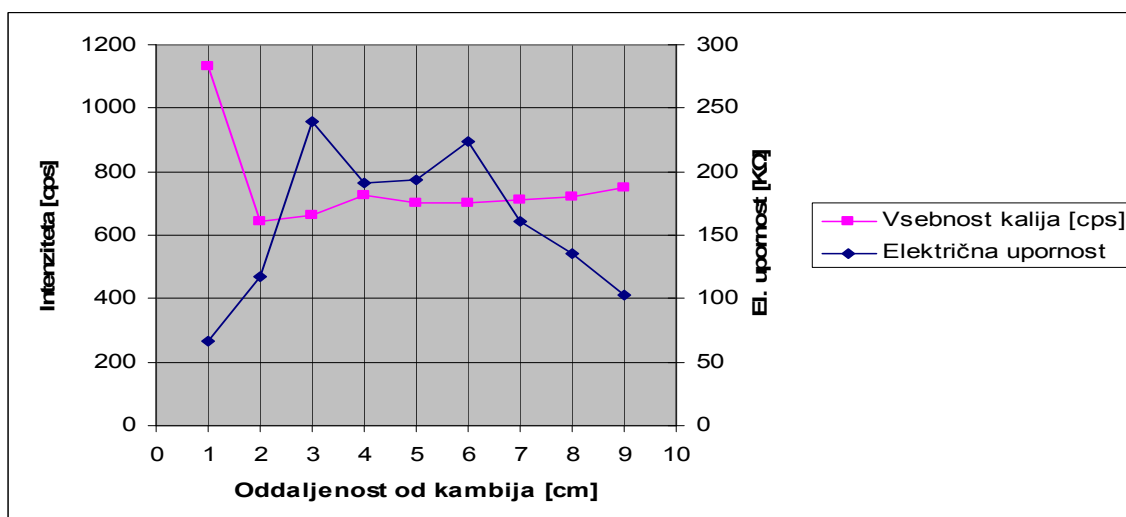
Slika 56: Hrast (*Quercus* spp. L.), makroskopski posnetek koluta Q4.



Slika 57: Hrast (*Quercus* spp. L.), radialni vlažnostni profil in vrednosti električne upornosti za vzorec Q4A.



Slika 58: Hrast (*Quercus* spp. L.), vrednosti električne upornosti za vzorca Q4A in Q4B.



Slika 59: Hrast (*Quercus* spp. L.), vrednosti električne upornosti in radialna porazdelitev kalija pri vzorcu Q4A. Intenziteta cps (counts per second) je arbitrarna enota.

4.4.6 Vzorec Q5B

Kolut Q5 ima približno dva centimetra široko beljavo in pravo obligatno jedrovino, ki ima v sredini s prostim očesom vidno sušino (slika 60). V jedrovini je opazno tudi nekaj temnejših lis.

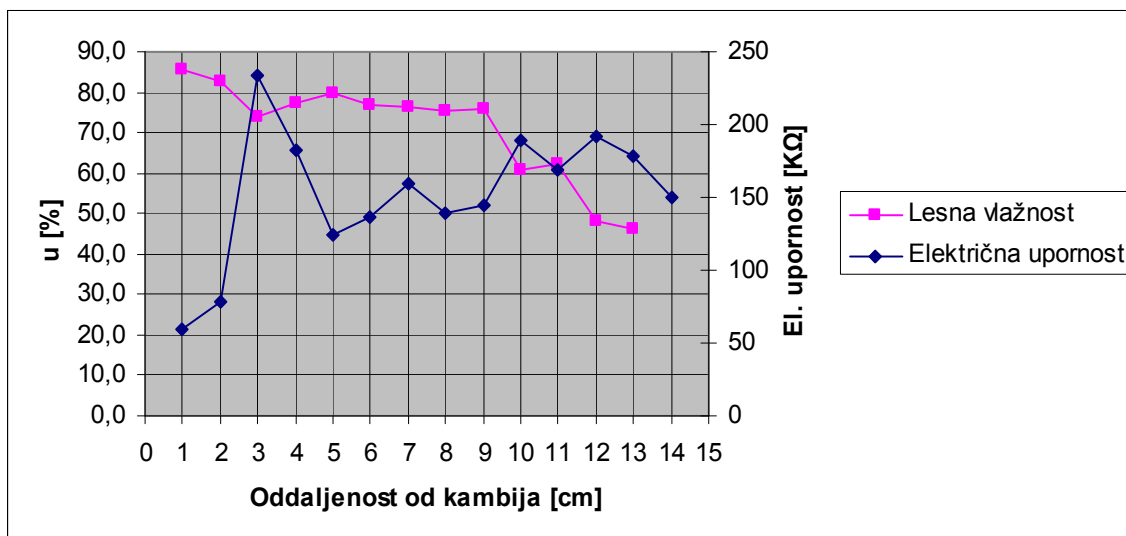
Vlažnost po radialnem profilu (slika 61), je bila v beljavi nekoliko višja in je znašala 84 %. V jedrovini je povprečna vlažnost do desete meritve znašala 65 %. Od meritve št. 10 dalje, pri kateri je bilo vidno nekoliko svetlejše obarvanje, pa je vlažnost strmo padala in dosegla vrednost 46 %. Sklepamo, da se je na tem mestu pričela sušina. Najvišjo vlažnost v jedrovini smo izmerili pri peti meritvi, kjer je znašala 80 %. Najnižja vlažnost je bila izmerjena pri zadnji meritvi, kjer je znašala 46 %.

Vrednosti električne upornosti so nam pokazale v začetku podobno sliko kakor pri ostalih zdravih hrastovih kolutih (slika 61). V beljavi je bila električna upornost nizka in je znašala povprečno 69 k Ω . Pri tretji meritvi se je upornost precej dvignila (234 k Ω), kar lahko pripišemo pričetku jedrovinskega procesa. Povprečna električna upornost v jedrovini je bila 166 k Ω . Meritve električne upornosti v jedrovini so zelo nihale. Najnižja vrednost je znašala 124 k Ω , najvišja pa 192 k Ω . Najvišja vrednost električne upornosti je bila zabeležena v sušini, ki je bila vidna tudi s prostim očesom in je potekala od desete meritve dalje. Tu so bile tudi vrednosti upornosti nekoliko višje. Manjši porast upornosti smo zasledili tudi pri meritvi št. 7, vendar pa v tem delu vzorca makroskopsko ni vidnih nobenih sprememb.

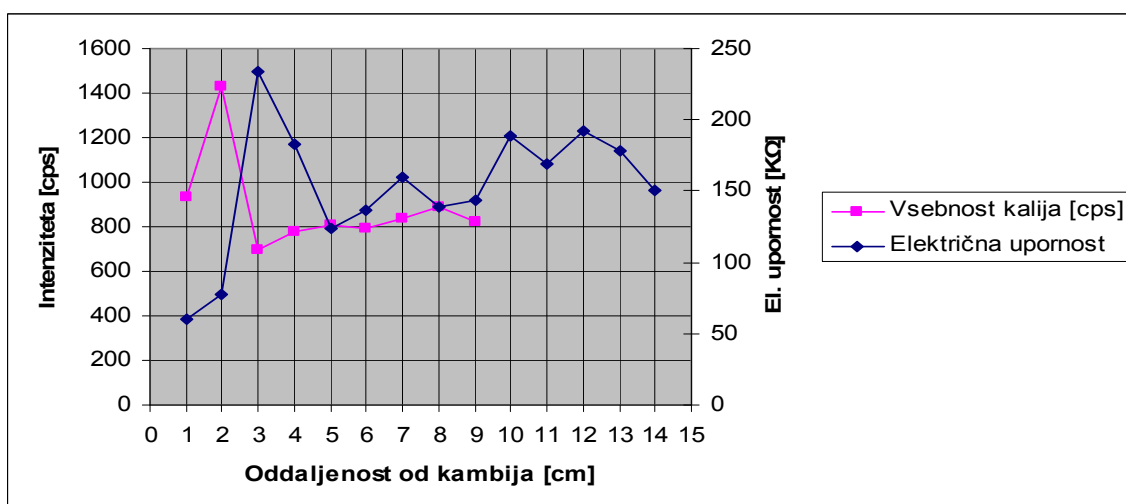
Meritve vsebnosti kalija so pokazale, da so bile v beljavi vrednosti visoke, kjer je bila najvišja arbitrarna vrednost 1427. V jedrovini so bile arbitrarne vrednosti precej nizke s povprečno arbitrarno vrednostjo 800. Na sliki 62 je razviden, tako kot pri vseh vzorcih hrasta, pri katerih smo izvajali meritve vsebnosti kalija, rahlo naraščajoč trend.



Slika 60: Hrast (*Quercus* spp. L.), makroskopski posnetek vzorca Q5B, z označenimi lokacijami meritev vertikalne električne upornosti.



Slika 61: Hrast (*Quercus* spp. L.), radialni vlažnostni profil in vrednosti električne upornosti za vzorec Q5B.



Slika 62: Hrast (*Quercus* spp. L.), vrednosti električne upornosti in radialna porazdelitev kalija pri vzorcu Q5B. Intenziteta cps (counts per second) je arbitrarna enota.

4.4.7 Vzorec Q5A

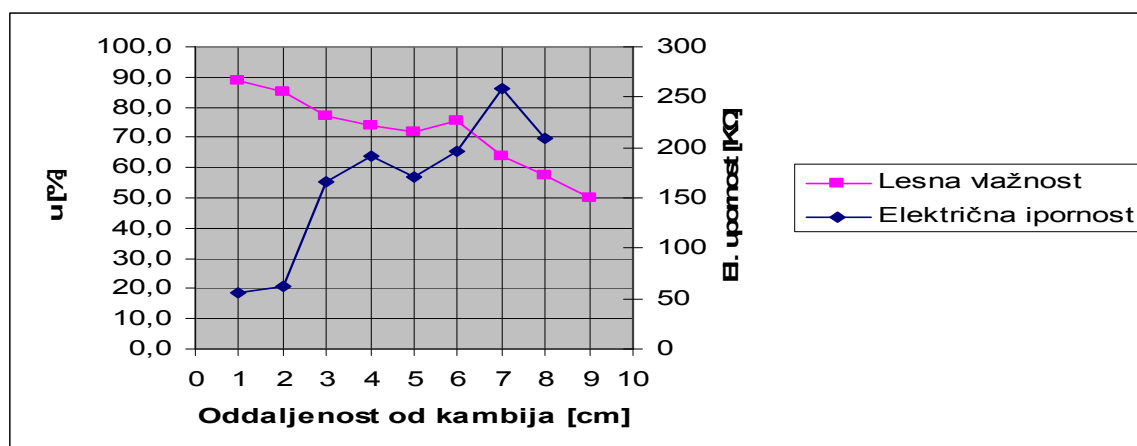
Vzorec Q5A je bil zelo podoben vzorcu Q5B (slika 63).

Vlažnost je imela podoben trend padanja z nekoliko višjo vrednostjo vlažnosti v beljavi (87 %). Povprečna vrednost vlažnosti v jedrovini je znašala 77 %. Iz slike 64 je razviden padec vlažnosti od šeste do sedme meritve, kar lahko pripišemo sušini, ki je vidna na vzorcu. Najnižjo vrednost vlažnosti v jedrovini smo zabeležili v predelu sušine, kjer je znašala 50 %.

Meritve električne upornosti v beljavi so bile, kot smo pričakovali, nizke. V povprečju so znašale 59 k Ω (slika 64). Sledile so višje vrednosti, kar je znak, da smo prestopili v jedrovino. V jedrovini je znašala povprečna vrednost električne upornosti 199 k Ω . Najvišje vrednosti električne upornosti v jedrovini smo zaznali na prehodu v sušino, kjer je znašala 258 k Ω , zatem se je upornost nekoliko znižala. Najnižjo upornost smo zasledili pri tretji meritvi, to je na prehodu iz beljave v jedrovino, kjer je znašala 166 k Ω . Ostalih posebnosti električne upornosti na tem vzorcu nismo zaznali.



Slika 63: Hrast (*Quercus* spp. L.), makroskopski posnetek vzorca Q5A, z označenimi lokacijami meritev vertikalne električne upornosti.



Slika 64: Hrast (*Quercus* spp. L.), radialni vlažnostni profil in vrednosti električne upornosti za vzorec Q5A.

4.5 ROBINIJA (*Robinia pseudoacacia* L.)

4.5.1 Vzorec R1A

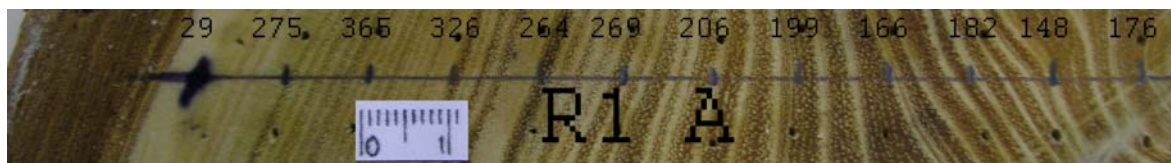
Pri tem kolutu gre za zdrav les robinije (slika 65). Kolut je bil enkrat poškodovan, vendar meritev na tej lokaciji nismo izvajali. Beljave je zelo malo, ostalo je juvenilni les.

Pri pregledu vlažnostnega radialnega profila smo opazili, da je vlažnost proti strženu padala. Najvišja vlažnost je bila v začetku jedrovine, kjer je imela vrednost 82 %. Najnižjo vlažnost smo določili pri strženu, kjer je znašala 41 % (slika 66). Povprečna vlažnosti je bila 58 %

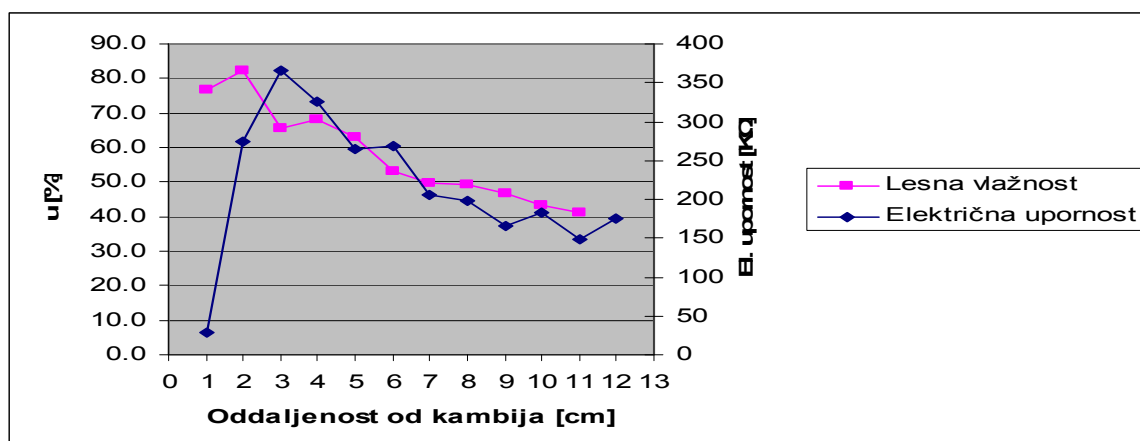
Ob pogledu na meritve električne upornosti smo opazili zelo majhno upornost pri prvi meritvi, ki je znašala le 29 k Ω . Iz slike 65 je razvidno, da je bila prva meritev izvedena v beljavi. Ostale meritve so bile izvedene v jedrovini in so prav tako kot ostali vzorci robinije imele padajoč trend električne upornosti. Iz beljave proti strženu je najvišjo vrednost zavzemala tretja meritev, ki je bila locirana v začetku procesa ojedritve in je znašala 365 k Ω . Najnižja meritev električne upornosti je imela vrednost 148 k Ω . Povprečje vseh meritev električne upornosti v jedrovini je bilo 234 k Ω .

Meritve vsebnosti kalija so pokazale višje vsebnosti kalija pri meritvi št. 1 (slika 67), kjer je bila arbitrarna vrednost 1652, ki jo lahko pripišemo beljavi vidni na sliki 65. Ostale vrednosti kalija so bile trikrat nižje, njihova povprečna arbitrarna vrednost je znašala okrog 500 in jo lahko pripišemo jedrovini.

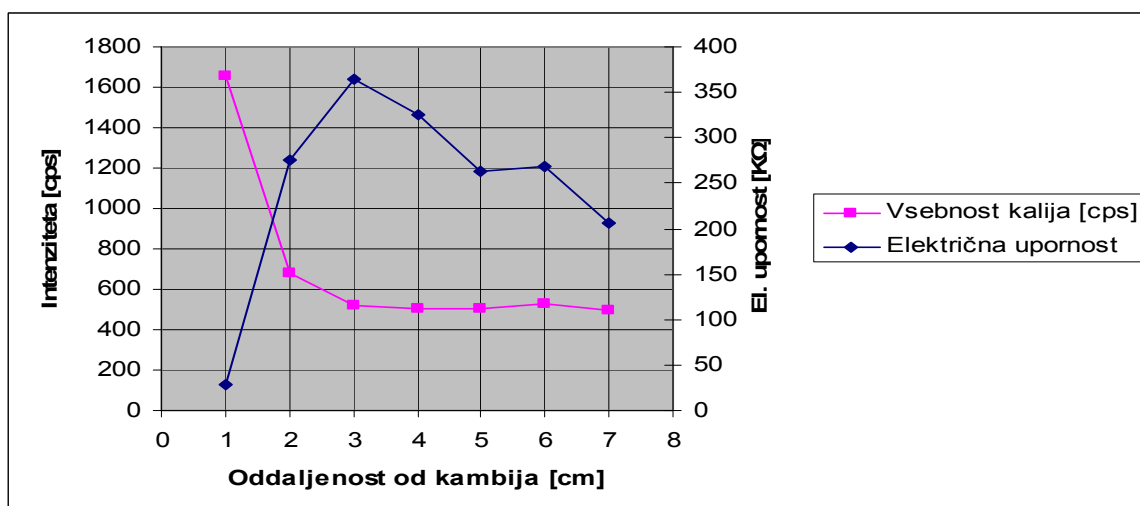
Vzorec R1B je zelo podoben vzorcu R1A (slika 65), zato njegovih podatkov v nadaljevanju nismo interpretirali.



Slika 65: Robinija (*Robinia pseudoacacia* L.), makroskopski posnetek vzorca R1A, z označenimi lokacijami meritev vertikalne električne upornosti.



Slika 66: Robinija (*Robinia pseudoacacia* L.), radialni vlažnostni profil in vrednosti električne upornosti za vzorec R1A.



Slika 67: Robinija (*Robinia pseudoacacia* L.), vrednosti električne upornosti in radialna porazdelitev kalija pri vzorcu R1A. Intenziteta cps (counts per second) je arbitrarna enota.

4.5.2 Vzorec R2A

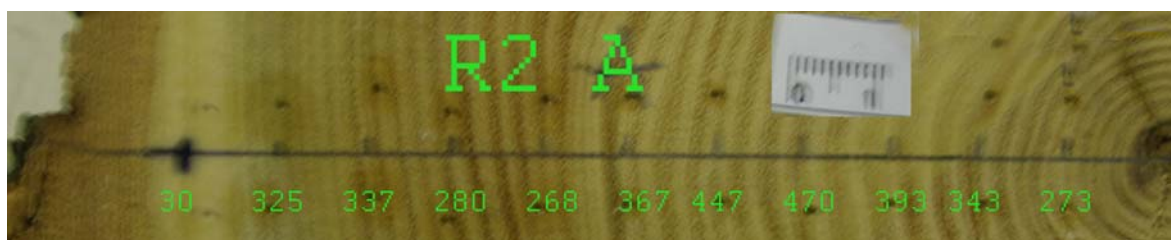
Pri kolutu R2 vidimo, da je bilo deblo enkrat poškodovano, prevalitev lesa pa še ni bila prisotna, ker je poškodba segala preko polovice debla. Druga polovica R2A (slika 68) je imela prisotno skorjo in ni bilo vidnih poškodb.

Vlažnost po radialnem profilu je bila dokaj razgibana (slika 69). V beljavi je bila vlažnost nekoliko višja (63 %) kot v sledeči jedrovini. Kot je razvidno iz slike 69, je bil pri meritvah št. 6 in št. 7 velik padec vlažnosti, kar lahko pripišemo sušini, ki se nahaja od sedme meritve dalje. Povprečna vlažnost v sušini je bila 35 % in posamezne vrednosti niso mnogo

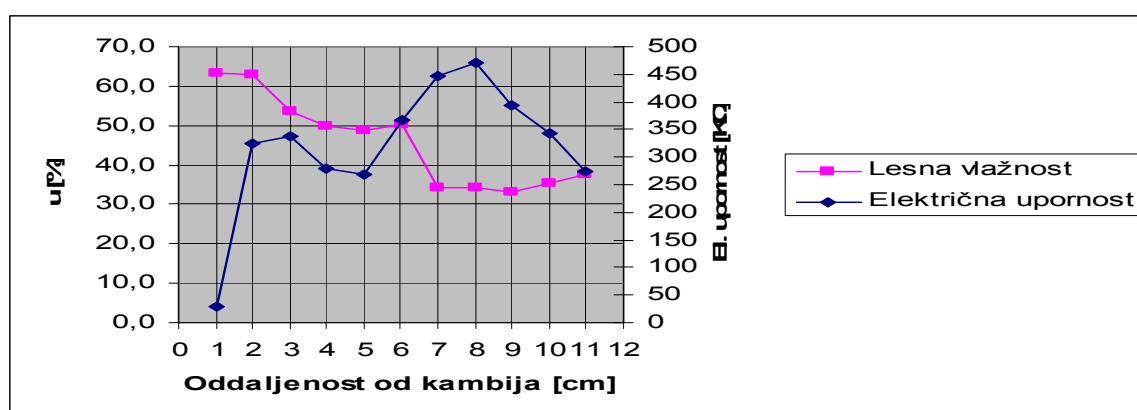
odstopale od povprečja. Vlažni del jedrovine, ki je segal od meritve št. 3 do št. 6, je imel povprečno vlažnost 51 %. Celotni trend vlažnosti je bil padajoč vse do stržena.

Pregled meritev električne upornosti s Shigometrom (slika 69) nam je pokazal nizko upornost v beljavi (30 k Ω). Vrednosti sledečih meritev (do vključno pete) so se, prav tako kot pri kolutih hrasta, precej dvignile in so imele povprečno električno upornost 302 k Ω . Od vključno pete meritve dalje se je upornost pričela dvigovati do dosežene najvišje vrednosti 470 k Ω , ki jo lahko pripišemo sušini, ki se pojavi v tem delu. Električna upornost je nato od meritve št. 8 dalje pričela počasi padati in je padala vse do zadnje enajste meritve.

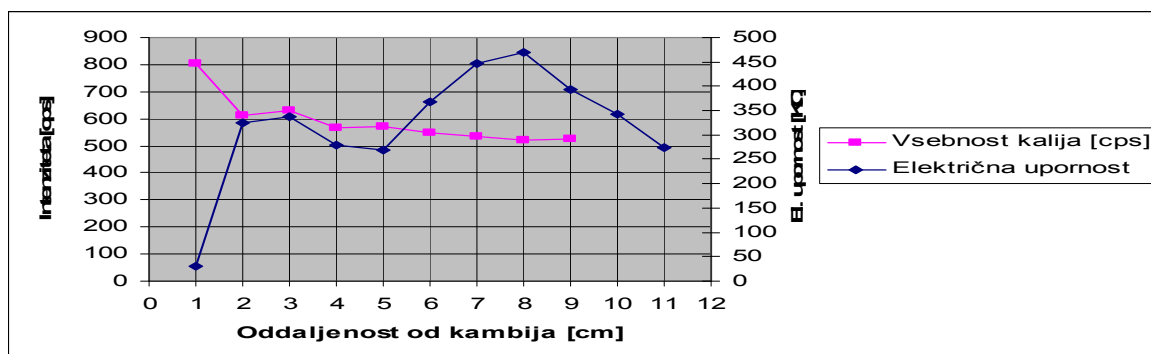
Meritve vsebnosti kalija so imele podoben trend kot meritve pri hrastovih kolutih, le arbitrarne vrednosti so bile nekoliko nižje. Arbitrarna vrednost v beljavi je znašala 803. Povprečje arbitrarnih vrednosti v jedrovini je bilo 590 (slika 70).



Slika 68: Robinija (*Robinia pseudoacacia* L.), makroskopski posnetek vzorca R2A, z označenimi lokacijami meritev vertikalne električne upornosti.



Slika 69: Robinija (*Robinia pseudoacacia* L.), radialni vlažnostni profil in vrednosti električne upornosti za vzorec R2A.



Slika 70: Robinija (*Robinia pseudoacacia* L.), vrednosti električne upornosti in radialna porazdelitev kalija pri vzorcu R2A. Intenziteta cps (counts per second) je arbitrarna enota.

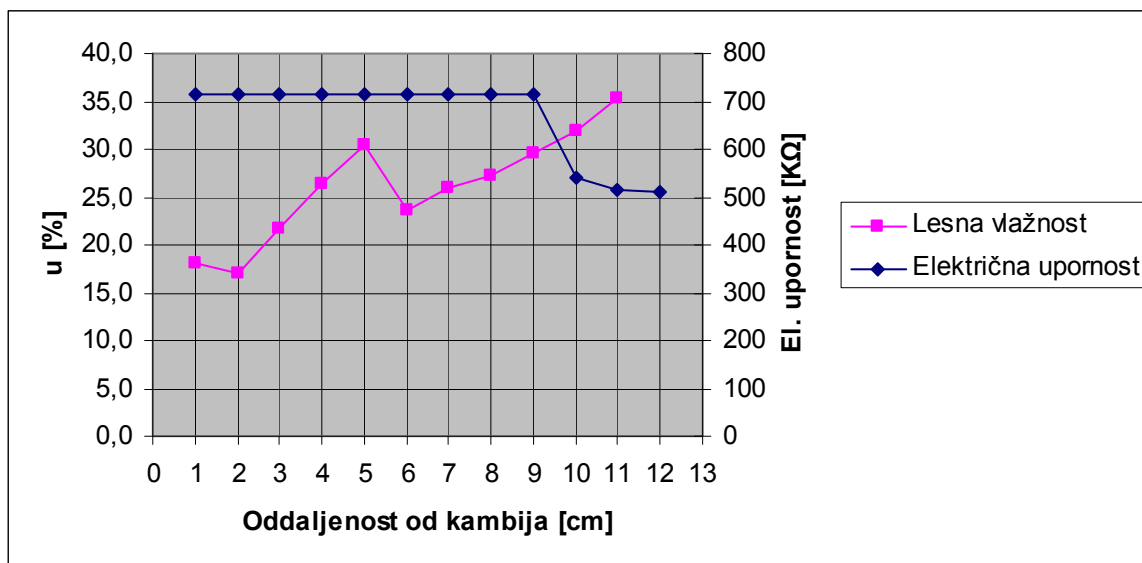
4.5.3 Vzorec R2B

Kot smo že omenili, je imel kolot na tem vzorcu poškodbo (slika 71), na kateri še nismo zasledili prevalitve lesa. Vlažnost je bila na periferiji zelo nizka, kar je posledica izsušitve. Pri prvih dveh meritvah je imela vlažnost povprečno vrednost 18 %. To vlažnost smo izmerili v jedrovini, kajti vzorec ni imel beljave, kar je posledica poškodbe (slika 72). Zatem je sledilo postopno višanje vlažnosti vse do pete meritve, pri kateri je vlažnost znašala 31 %. V nadaljevanju smo opazili prehod v sušino. Pri šesti meritvi smo pri interpretaciji meritev zasledili padec vlažnosti na 24 %, ki ga lahko pripišemo sušini, ki smo jo zaznali tudi pri vzorcu R2A. Vlažnost se je nato ponovno postopoma dvigovala vse do zadnje meritve, kjer je znašala 35 %.

Pri meritvah električne upornosti po radialnem profilu (slika 72) je razvidno, da je že od samega začetka upornost maksimalna in ima vrednost, na katero smo Shigometer umerili na začetku meritev (714 kΩ). To konstantno meritev 714 kΩ smo zaznali vse do devete meritve in jo lahko pripišemo tkivu, ki ima vlažnost pod točko nasičenja celičnih sten kar je posledica poškodbe in izsušitve na zunanjem delu debla. Od devete meritve dalje upornosti nekoliko padejo na povprečno vrednost 520 kΩ, pri čemer je les nekoliko bolj svež kot pri prejšnjih meritvah. Ne smemo pozabiti, da so relevantne meritve le v območju od 5 do 500 kΩ.



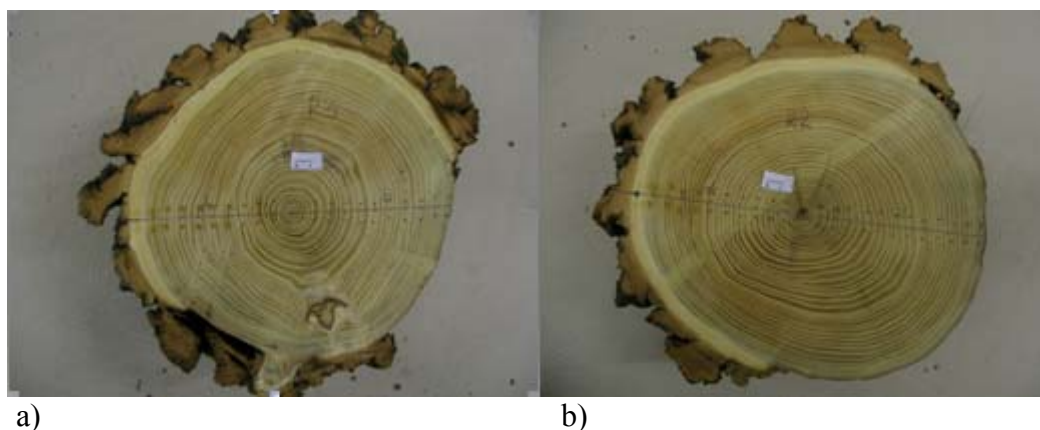
Slika 71: Robinija (*Robinia pseudoacacia* L.), makroskopski posnetek vzorca R2B, z označenimi lokacijami meritev vertikalne električne upornosti.



Slika 72: Robinija (*Robinia pseudoacacia* L.), radialni vlažnostni profil in vrednosti električne upornosti za vzorec R2B.

4.5.4 Vzorec R3A

Meritve vlažnosti, električne upornosti in vsebnosti kalija so pri kolutu R3 podobne meritvam pri kolutu R2. Primerjave kolotov so na sliki 73.



Slika 73: Robinija (*Robinia pseudoacacia* L.), primerjava kolotov robinije R2 in R3. a) posnetek koluta R3, b) posnetek koluta R2.

4.5.5 Vzorec R4A

Iz koluta R4 smo zaradi njegovega majhnega radija pridobili samo en vzorec (slika 74). Na kolutu je opazna poškodba, pri kateri smo tudi pričeli izvajati meritve. Ta poškodba je na vzorcu vidna s temnejšim obarvanjem v jedrovini in je že preraščena s prevalitvijo. Kolut ima ozko beljavo, v kateri nismo izvajali meritev. Razen poškodbe kolut ni imel ostalih posebnosti.

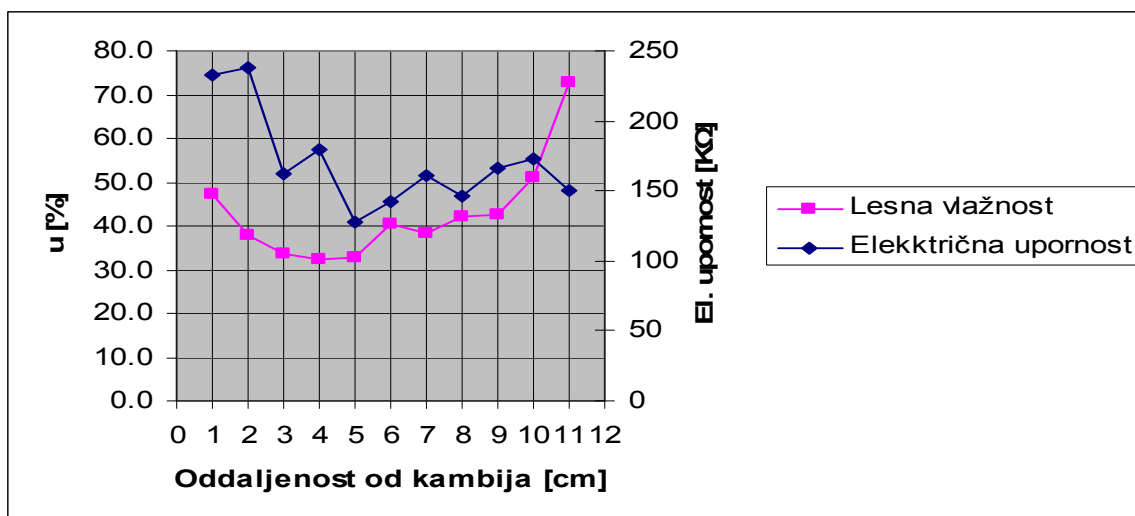
Vlažnostni profil po radialni smeri je nakazoval na nekoliko višjo vlažnost v poškodovanem delu, kjer je vlažnost znašala 47 % (slika 75). Povišanje vlažnosti smo opazili tudi na periferiji, kjer je najvišja vlažnost znašala 73 %. Obe visoki vrednosti vlažnosti smo zasledili v jedrovini (slika 74). Povprečna vlažnost po celotnem radialnem vlažnostnem profilu je znašala 43 %. Najnižjo vlažnost smo zasledili pri četrti meritvi, kjer je znašala 32 % in jo lahko pripišemo strženu, ki je v bližini mesta izvajanja meritve.

Pri pregledu meritev električne upornosti s Shigometrom (slika 75) smo opazili najvišje vrednosti prav na mestu poškodbe, te meritve električne upornosti so imele povprečno vrednost 235 k Ω . Vse ostale vrednosti električne upornosti, ki so bile izvedene v jedrovini izven poškodbe, so bile nižje. Njihova povprečna vrednost je znašala 156 k Ω . Najnižjo vrednost upornosti smo zaznali pri peti meritvi, znašala je 127 k Ω in je bila v bližini stržena.

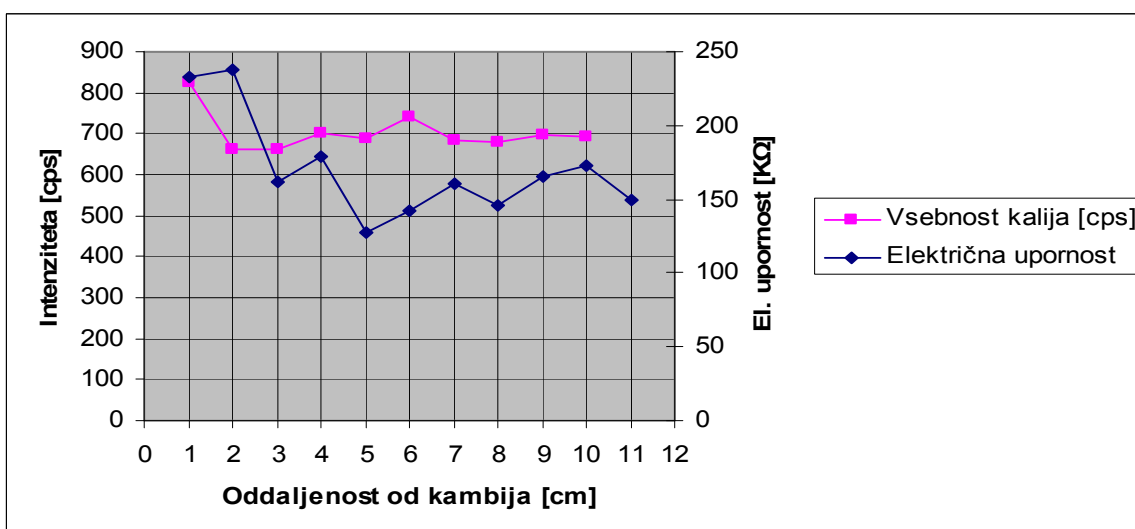
V območju ranjenega lesa oz. pri prvi meritvi (slika 76) smo opazili višje vrednosti vsebnosti kalija, arbitrarna vrednost je znašala 826. Ostale meritve po radialnem profilu so si bile dokaj podobne in so imele povprečno arbitrarno vrednost 689.



Slika 74: Robinija (*Robinia pseudoacacia* L.), makroskopski posnetek koluta R4.



Slika 75: Robinija (*Robinia pseudoacacia* L.), radialni vlažnostni profil in vrednosti električne upornosti za vzorec R4A.



Slika 76: Robinija (*Robinia pseudoacacia* L.), vrednosti električne upornosti in radialna porazdelitev kalija pri vzorcu R4A. Intenziteta cps (counts per second) je arbitrarna enota.

4.6 BUKEV (*Fagus sylvatica* L.)

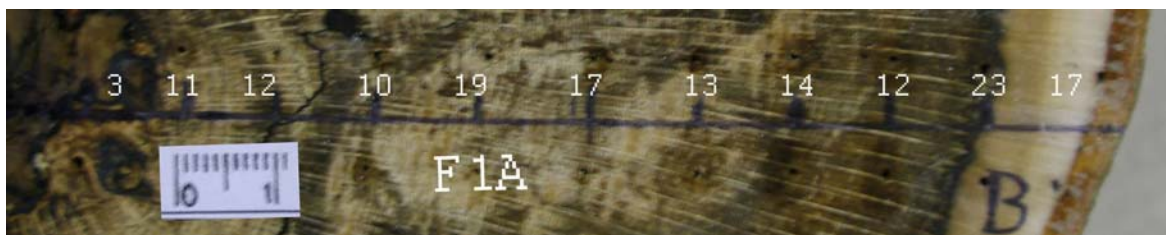
4.6.1 Vzorec F1A B

Kolut navadne bukeve F1A je že precej glivno okužen. Vzorec F1A B (slika 77) ima zdrav les le na periferiji v širini enega centimetra. Vzorec F1A A ima nekoliko več zdravega lesa, vendar je proti strženu prav tako z glivami okužen.

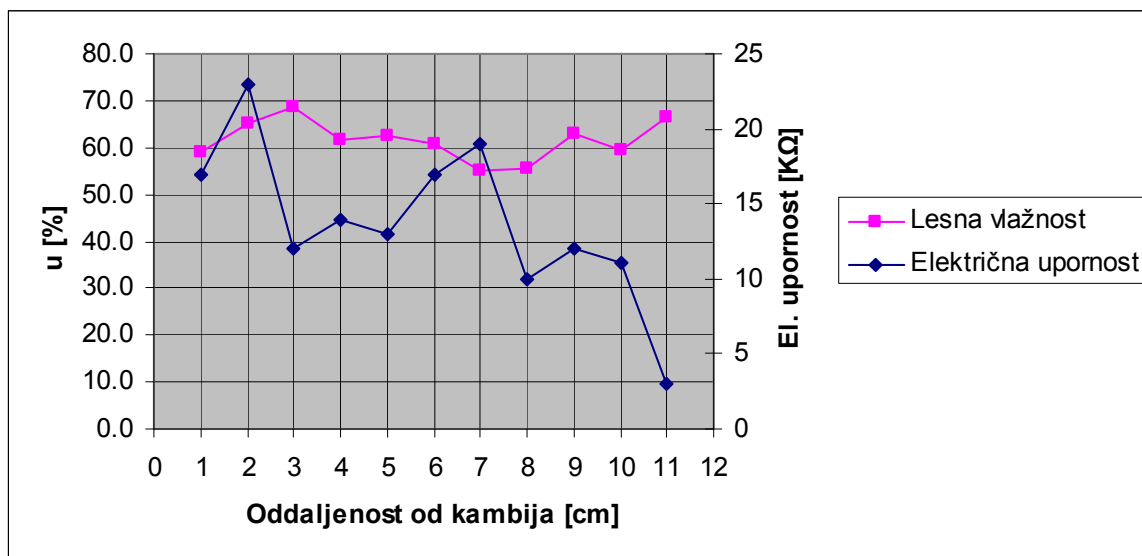
Ob pregledu meritev vlažnostnega profila smo pri vzorcu F1A B opazili, da je bila vlažnost dokaj konstantna (slika 78). Povprečna vlažnost po radialnem profilu vzorca je znašala 62 %. Najnižjo meritev smo izmerili pri sedmi meritvi in je znašala 55 %, najvišjo vlažnost pa smo zasledili pri zadnji meritvi in je znašala 66 %. Kot vidimo so vrednosti vlažnosti od povprečja maksimalno odstopale za 6 %.

Meritve električne upornosti so bile nizke in so imele padajoči trend (slika 78), kar lahko pripišemo precejšnjemu razkroju vzorca F1A B. Povprečje vseh meritev je znašalo 13 k Ω . Najvišja meritev električne upornosti je znašala 23 k Ω , najnižja vrednost pa je bila 3 k Ω . Zelo nizke vrednosti električne upornosti v notranjosti koluta nakazujejo na že zelo trhel les.

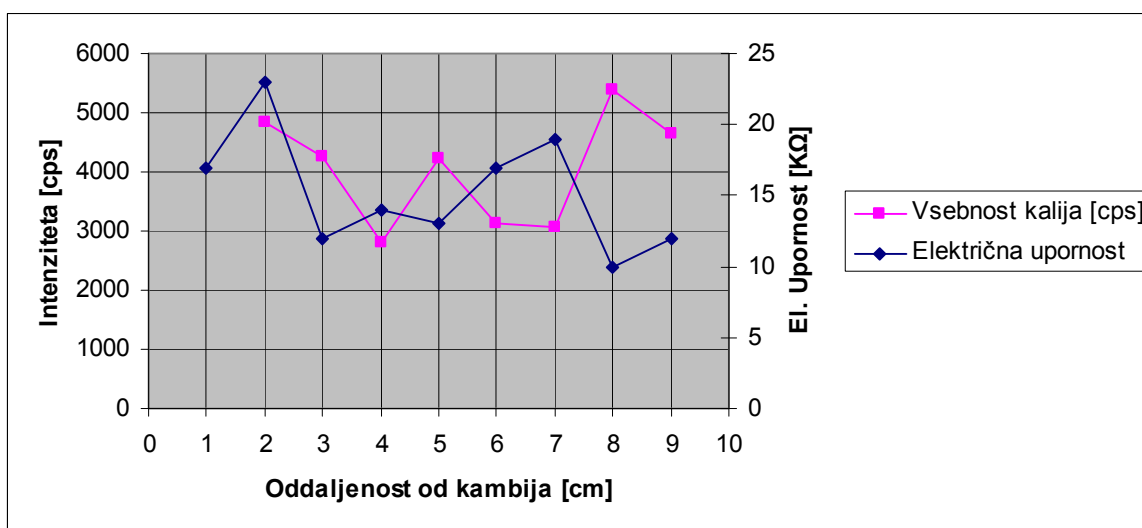
Tudi meritve vsebnosti kalija (slika 79) so potrdile, da gre za okužbo. Tako visoke vsebnosti kalija nismo zaznali pri nobeni drugi lesni vrsti, saj je bila povprečna arbitrarna vrednost 4040. Najvišja arbitrarna vrednost kalija je bila 5387, najnižja pa 2798.



Slika 77: Navadna bukev (*Fagus sylvatica* L.), makroskopski posnetek vzorca F1A B, z označenimi lokacijami meritev vertikalne električne upornosti.



Slika 78: Navadna bukev (*Fagus sylvatica* L.), radialni vlažnostni profil in vrednosti električne upornosti za vzorec F1A B.



Slika 79: Navadna bukev (*Fagus sylvatica* L.), vrednosti električne upornosti in radialna porazdelitev kalija pri vzorcu F1A B. Intenziteta cps (counts per second) je arbitrarna enota.

4.6.2 Vzorec F1A A

Vzorec F1A A (slika 80) je imel že makroskopsko od vzorca F1A B več zdrave periferije, ki se je od glivne okužbe ločevala s široko reakcijsko cono. Od reakcijske cone dalje proti strženu je bil les bukovine že precej razkrojen.

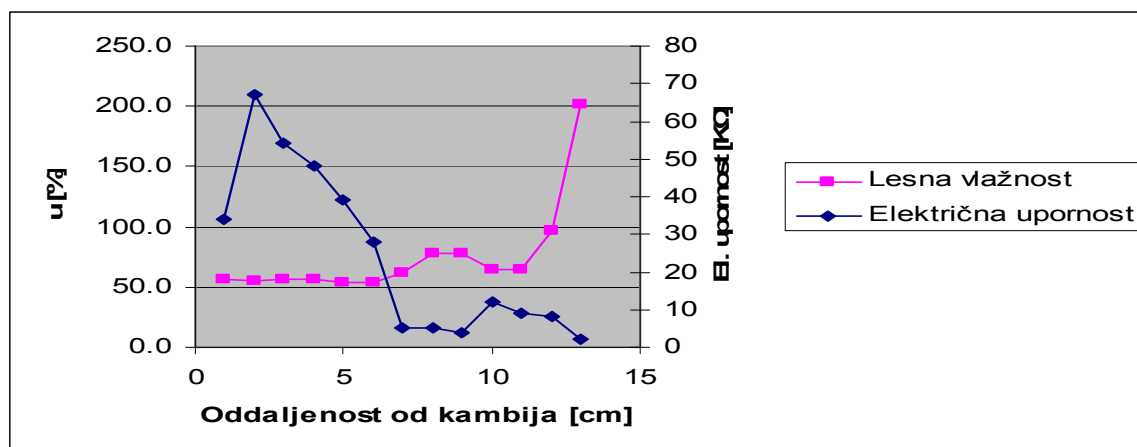
Preiskava radialnega vlažnostnega profila vzorca F1A A (slika 81) je pokazala, da v periferiji posamezne vrednosti vlažnosti niso bistveno odstopale od povprečne vlažnosti 55

%. Manjše povišanje vlažnosti smo zaznali od šeste do enajste meritve, kjer je povprečna vlažnost znašala 67 %, kar na vzorcu ustreza reakcijski coni in razkrojenem lesu, ki sta na sliki 80 obarvana nekoliko temneje. Od meritve št. 12 dalje se vrednosti vlažnosti zelo dvignejo, tako da zadnja meritev doseže vrednost 202 %.

Meritve s Shigometrom so v na videz vitalnem delu vzorca imele padajoč trend s povprečno vrednostjo 45 k Ω (slika 81). Povprečna vrednost električne upornosti v reakcijski coni je znašala 5 k Ω , v razkrojenem lesu pa 7 k Ω (slika 81).



Slika 80: Navadna bukev (*Fagus sylvatica* L.), makroskopski posnetek vzorca F1A A, z označenimi lokacijami meritev vertikalne električne upornosti.



Slika 81: Navadna bukev (*Fagus sylvatica* L.), radialni vlažnostni profil in vrednosti električne upornosti za vzorec F1A A.

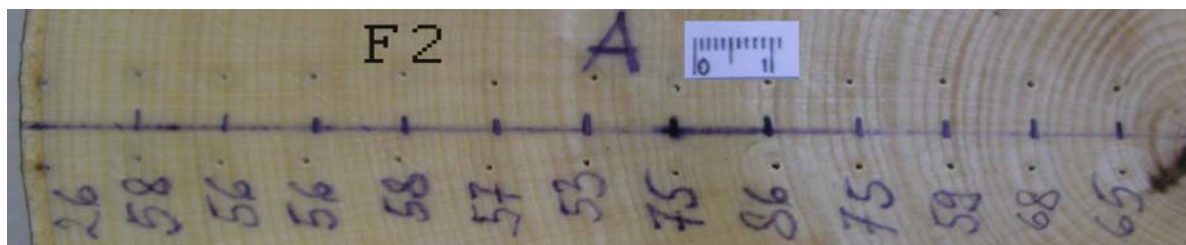
4.6.3 Vzorec F2A

Pri kolutu F2 gre za zdrav les bukovine. Na kolutu je vidna sušina (slika 82). Meritve radialnega vlažnostnega profila so pokazale dokaj enakomerno vlažnost vse do osme meritve (slika 83). Zatem se je vlažnost vidno znižala, kar lahko pripišemo meji med svežim zdravim lesom in sušino. Povprečna vlažnost do osme meritve je znašala 65 %. Najvišja vlažnost, ki smo jo zasledili v zdravem tkivu je znašala 67 %. Najnižjo vlažnost

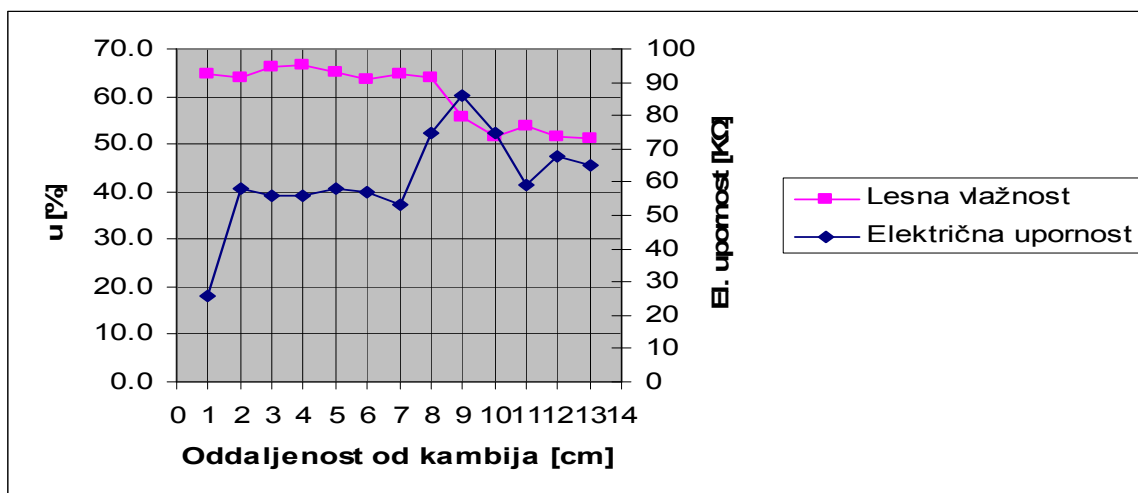
smo izmerili pri meritvi št. 10, ki je bila locirana v sušini, in je znašala 52 %. Sušina je imela povprečno vlažnost 53 % in posamezne vrednosti vlažnosti v sušini do stržena niso opazneje odstopale od povprečja.

Ob pogledu na meritve električne upornosti (slika 83) smo opazili nizko upornost pri prvi meritvi (26 k Ω), kar se ujema z meritvami pri ostalih drevesnih vrstah. Povprečje upornosti od druge do sedme meritve je bilo 57 k Ω in jo lahko pripišemo svežemu vlažnemu lesu. V nadaljevanju se je začela električna upornost dvigovati. Pri deveti meritvi, ki je ustrezala prehodu svežine v sušino, se je upornost dvignila vse do vrednosti 86 k Ω . Od devete meritve dalje pa smo opazili ponovno zmanjšanje vrednosti upornosti, posamezne meritve do stržena niso bistveno odstopale od povprečne vrednosti 64 k Ω .

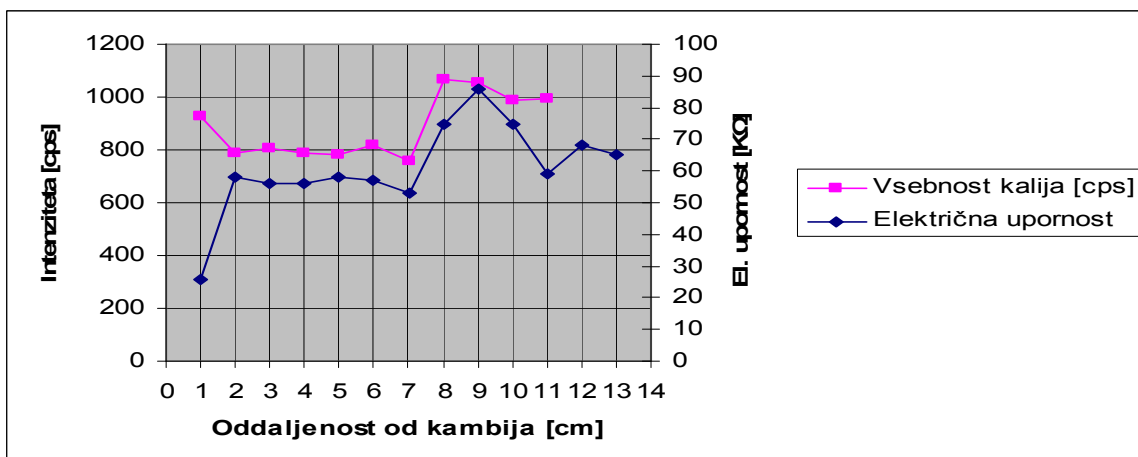
Pri meritvah vsebnosti kalija smo pri prvi meritvi opazili nekoliko višjo arbitrarno vrednost (927), vendar je bil les na mestu meritve brez makroskopskih posebnosti (slika 84). Od druge do sedme meritve, ki so bile izvedene v zdravem vlažnem lesu bukovine, je povprečna arbitrarna vrednost kalija znašala 789. Sledil je prehod v sušino, ki smo ga pri meritvah vsebnosti kalija opazili z nenadnim povišanjem arbitrarnih vrednosti, ki so v povprečju znašale 1024.



Slika 82: Navadna bukev (*Fagus sylvatica* L.), makroskopski posnetek vzorca F2A, z označenimi lokacijami meritev vertikalne električne upornosti.



Slika 83: Navadna bukev (*Fagus sylvatica* L.), radialni vlažnostni profil in vrednosti električne upornosti za vzorec F2A.

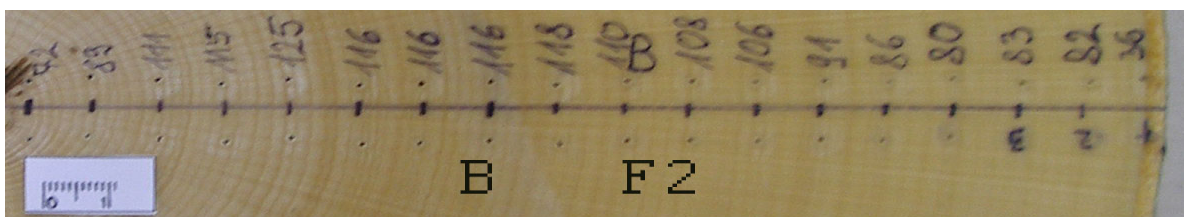


Slika 84: Navadna bukev (*Fagus sylvatica* L.), vrednosti električne upornosti in radialna porazdelitev kalija pri vzorcu F2A. Intenziteta cps (counts per second) je arbitrarna enota.

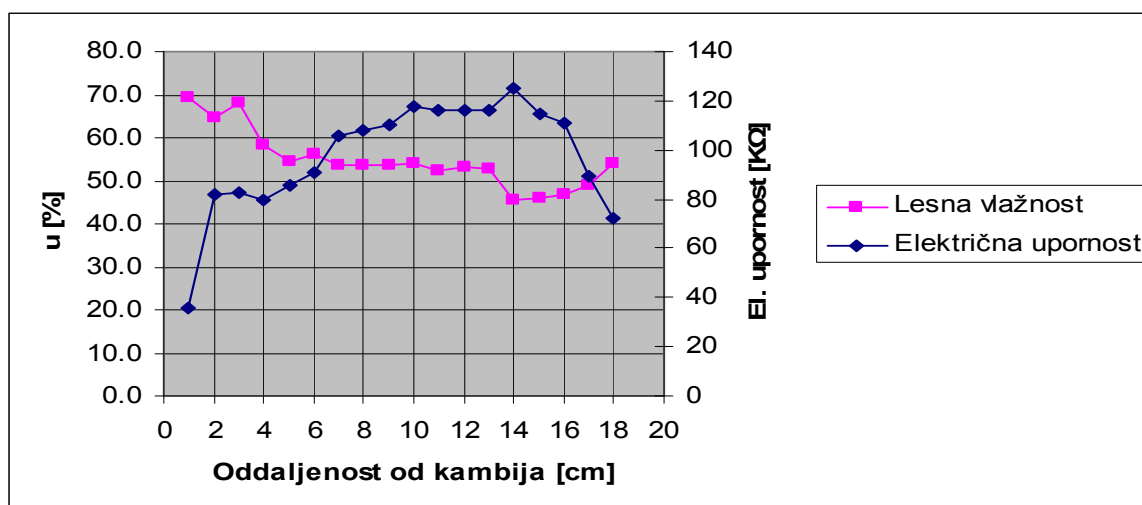
4.6.4 Vzorec F2B

Na vzorcu F2B (slika 85), prav tako kot pri prejšnjem, s prostim očesom vidimo prehod v sušino, ki smo ga zasledili tudi s padcem vlažnosti. Radialni vlažnostni profil je imel trend padanja vse do stržena (slika 86). Najvišja vlažnost v svežem delu je bila izmerjena pri prvi meritvi in je znašala 69 %. Najnižjo vlažnost smo izmerili v svežem delu pri enajsti meritvi, kjer je znašala 52 %. Povprečje vlažnosti v vlažnem delu je znašalo 57 %. Pri prehodu v sušino je povprečna vlažnost padla za približno 10 % in je znašala 47 %.

Meritve električne upornosti (slika 86) so vse do meritve št. 14 naraščale in dosegle najvišjo vrednost pri prehodu v sušino, kjer je upornost znašala 125 k Ω . Zatem pa so vrednosti v sušini padale vse do zadnje meritve, kjer so dosegle električno upornostjo 72 k Ω . Najnižjo električno upornost smo pričakovano zaznali pri prvi meritvi, kjer je znašala 36 k Ω . Trend naraščanja in padanja upornosti ne moremo pripisati nobeni vidni anomaliji ali okužbi lesa, saj je kolot videti popolnoma zdrav.



Slika 85: Navadna bukev (*Fagus sylvatica* L.), makroskopski posnetek vzorca F2B, z označenimi lokacijami meritev vertikalne električne upornosti.



Slika 86: Navadna bukev (*Fagus sylvatica* L.), radialni vlažnostni profil in vrednosti električne upornosti za vzorec F2B.

4.6.5 Vzorec F4A

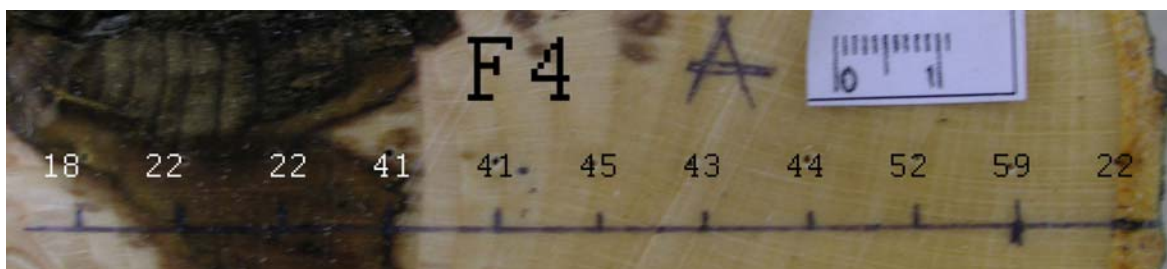
Kolut F4 ima v notranjosti obarvanje, ki je nastalo zaradi razpoke. To obarvanje se je kasneje razvilo v okužbo.

Pri vzorcu F4A (slika 87) smo pri radialnem vlažnostnem profilu (slika 88) pri prvi meritvi zasledili nekoliko višjo vlažnost (58 %). Zatem so se vrednosti nekoliko znižale in imele do vključno sedme meritve povprečno vlažnost 52%. Najvišjo vlažnost smo izmerili pri

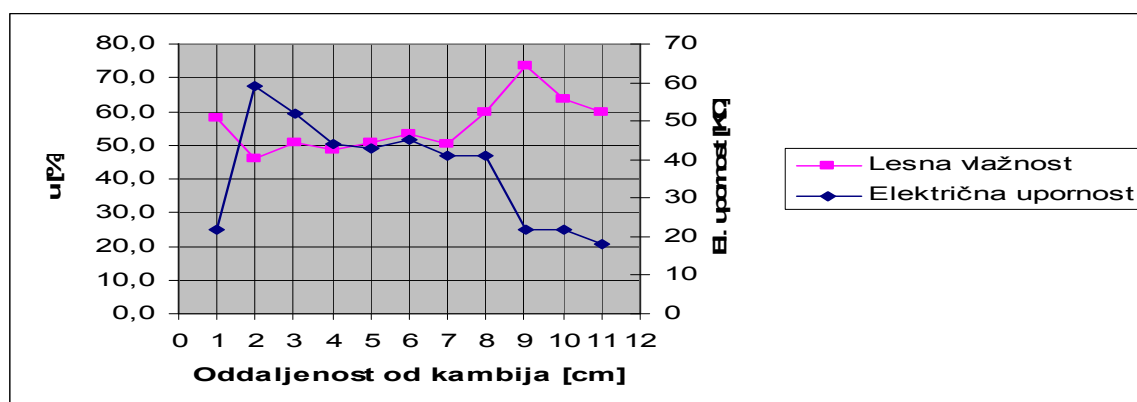
deveti meritvi, kjer je znašala 74 %. Višje vlažnosti od osme do enajste meritve lahko pripišemo temneje obarvanemu delu v sredini koluta.

Pri merjenju električne upornosti smo, tako kot pri zdravi bukovini (kolut F2), opazili na periferiji nizko električno upornost, ki je znašala 22 k Ω (slika 88). Pri drugi meritvi se je električna upornost zvišala na 59 k Ω . Od druge do osme meritve je trend upornosti rahlo padajoč s povprečno vrednostjo 46 k Ω , kar kaže na zdrav les. Meritve št. 9, št. 10 in št. 11 so imele povprečno vrednost električne upornosti 21 k Ω , kar lahko pripišemo razkrojenemu centralnemu delu vzorca.

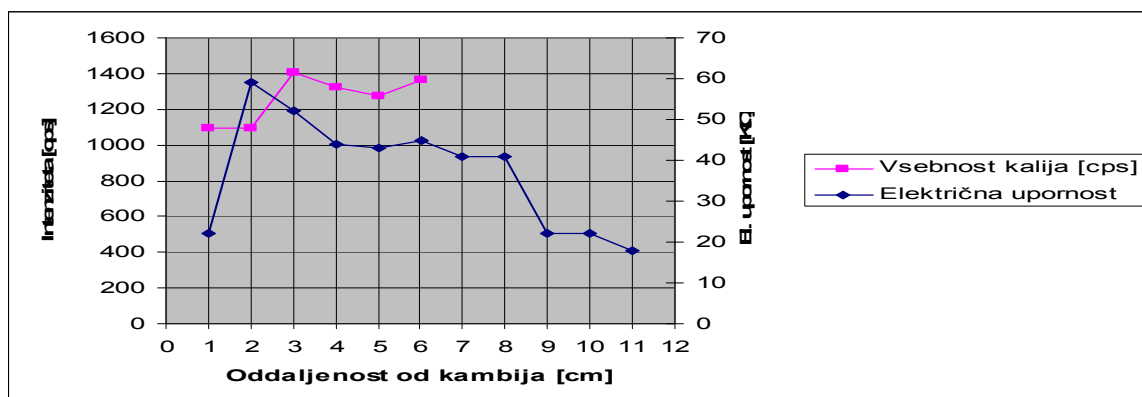
Na vzorcu smo opravili tudi meritve vsebnosti kalija, ki so razvidne iz slike 89. Zaradi komplikacij priprave oz. razžagovanja vzorčkov (majhni kosi, razkroj itd.) je bilo vzorčkov samo 6. Pri prvih dveh meritvah vsebnosti kalija smo opazili, da je bila povprečna arbitrarna vrednost okrog 1100. Vse sledeče meritve pa so bile nekoliko višje in so imele povprečno arbitrarno vrednost 1350, česar pa ne moremo pripisati okužbi, saj makroskopsko na vzorcu nismo opazili nobene spremembe.



Slika 87: Navadna bukev (*Fagus sylvatica* L.), makroskopski posnetek vzorca F4A, z označenimi lokacijami meritev vertikalne električne upornosti.



Slika 88: Navadna bukev (*Fagus sylvatica* L.), radialni vlažnostni profil in vrednosti električne upornosti za vzorec F4A.

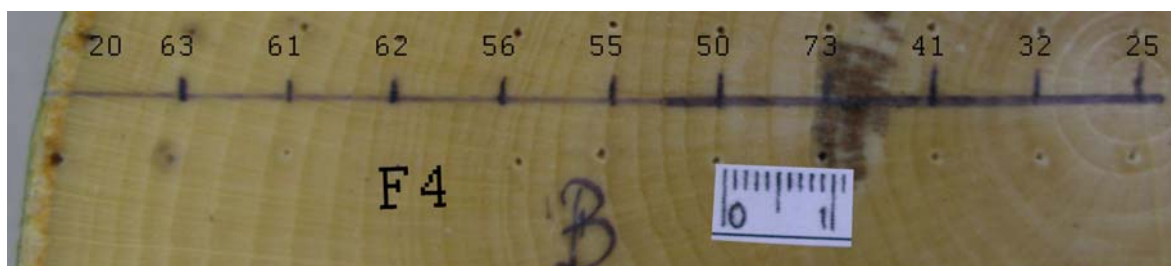


Slika 89: Navadna bukev (*Fagus sylvatica* L.), vrednosti električne upornosti in radialna porazdelitev kalija pri vzorcu F4A. Intenziteta cps (counts per second) je arbitrarna enota.

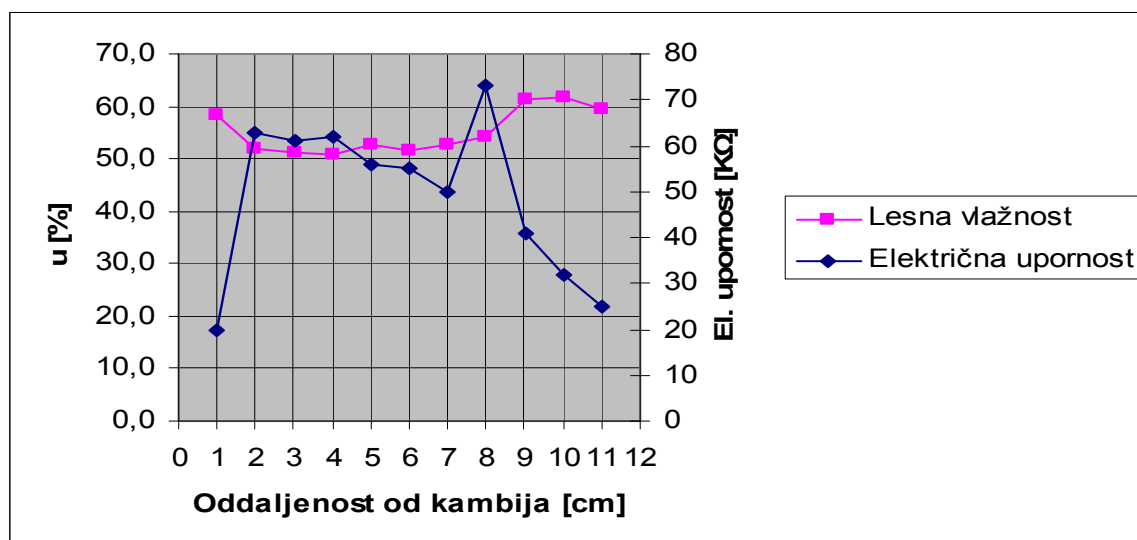
4.6.6 Vzorec F4B

Tudi na vzorcu F4B (slika 90) smo zasledili povišanje vlažnosti v centralnem delu, iz česar lahko sklepamo, da gre tudi v tem primeru za okužbo v bližini stržena. Pri prvi meritvi (slika 91) smo opazili višjo vlažnost (58 %), ki pa se je že pri naslednji meritvi znižala na 52 %. Od druge do osme meritve je povprečje meritev vlažnosti znašalo 52 %, posamezne vrednosti niso mnogo odstopale od povprečja. Povprečna vlažnost od devete do enajste meritve, ki so bile locirane v bolj vlažnem delu vzorca, je znašala 61 % in jo lahko pripišemo okuženemu delu vzorca, ki je v bližini stržena (slika 90). Iz vlažnostnega profila smo zaznali, da vzorec nima sušine, kar je lahko posledica okužbe.

Pri merjenju električne upornosti (slika 91) smo pri prvi meritvi pričakovano izmerili nizko električno upornost (20 kΩ). Rezultati od druge do sedme meritve so bili nekoliko višji, njihov trend je bil padajoč, povprečna vrednost električne upornosti pa je v tem delu znašala 58 kΩ. Vrednost upornosti pri meritvi št. 8 je bila višja (73 kΩ), kar ustreza meji med okužbo in zdravim lesom.



Slika 90: Navadna bukev (*Fagus sylvatica* L.), makroskopski posnetek vzorca F4B, z označenimi lokacijami meritev vertikalne električne upornosti.



Slika 91: Navadna bukev (*Fagus sylvatica* L.), radialni vlažnostni profil in vrednosti električne upornosti za vzorec F4B.

4.7 JAVOR (*Acer pseudoplatanus* L.)

4.7.1 Vzorec A1A

Kolut A1 (slika 92) ima normalno beljavo. V jedrovini je vidna mehanska poškodba s poranitvenim lesom, zaščitnim lesom in reakcijsko cono.

Pregled radialnega vlažnostnega profila vzorca je pokazal, da je bila beljava nekoliko izsušena. To je bilo vidno pri prvih dveh meritvah vlažnosti, ki sta znašali 48 in 59 % (slika 93). Povprečje od tretje do sedme meritve vlažnosti je znašalo 62 %, posamezne vrednosti so minimalno odstopale od povprečja. V nadaljevanju so meritve pričele precej nihati. Najvišjo vlažnost smo izmerili pri deveti meritvi (72 %), kjer na kolutu ni bilo videti makroskopskih sprememb. Najnižjo vlažnost smo zabeležili pri dvajseti meritvi (40 %), ki je bila locirana v zaščitnem lesu. Nadalje se je vlažnost postopoma povečevala in pri zadnji meritvi dosegla vrednost 54 %. Povprečje vlažnosti od sedme do zadnje triindvajsete meritve je znašalo 57 %. Poranitveni les (od meritve št. 15 do št. 17), ki je prav tako viden s prostim očesom, je imel povprečno vlažnost 56 %.

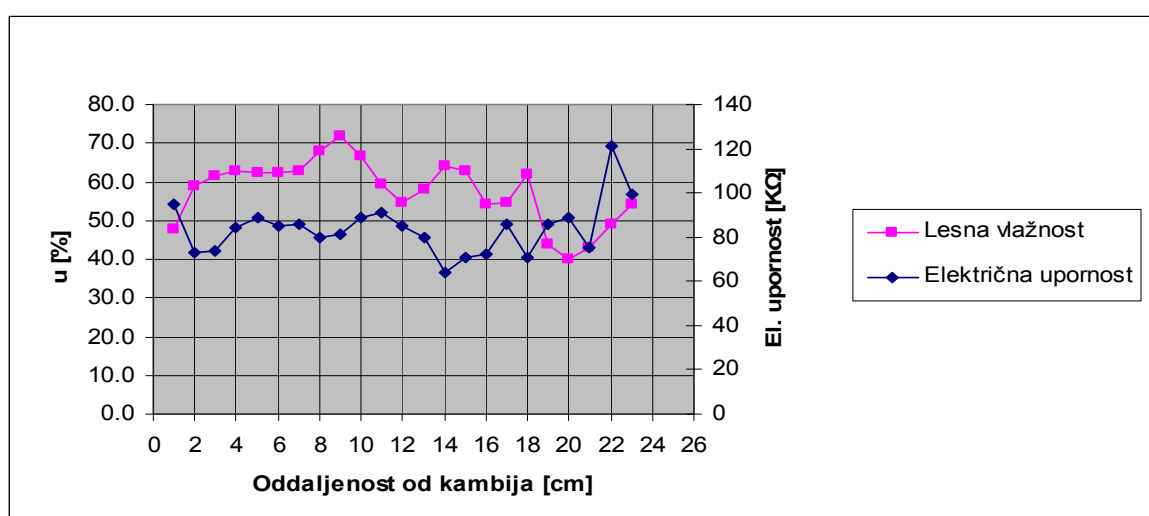
Meritve električne upornosti s Shigometrom (slika 93) so imele od prve do dvanajste meritve povprečno vrednost 84 k Ω in jih lahko pripišemo zdravemu tkivu javorja. Pri meritvi št. 14, kjer na vzorcu makroskopsko opazimo poranitveni les, je prišlo do zmanjšanja upornosti na 64 k Ω . Poranitveni les je makroskopsko prisoten vse do 16. meritve, kjer se je upornost dvignila na vrednost 72 k Ω . Od sedemnajste do zadnje meritve je povprečje upornosti znašalo 90 k Ω , kar kaže na to, da smo elektrode zapičili v zaščitni les. Povprečna meritev električne upornosti, kjer smo makroskopsko zaznali zaščitni les, se ne razlikuje veliko od povprečne upornosti zdravega lesa, zato samo s Shigometrom brez makroskopske ocene vzorca ne moremo zaznati zaščitnega lesa.

Vzorcev za meritev vsebnosti kalija nam je pri tem vzorcu primanjkovalo zaradi težav pri pripravi. Pri meritvah vsebnosti kalija (slike 94) je bila povprečna arbitrarna vrednost od prve do osme meritve 952. Druge meritve, ki je imela zelo nizko arbitrarno vrednost (225), nismo šteli v povprečje (možnost napake človeškega faktorja), saj tudi na vzorcu v tem predelu nismo opazili makroskopskih sprememb. Od devete do štirinajste meritve pa so se arbitrarne vrednosti nekoliko dvignile (najvišja vrednost je 1230) in dosegle povprečno arbitrarno vrednost 1111. Na sliki 92 je v tem predelu višjih arbitrnih vrednosti

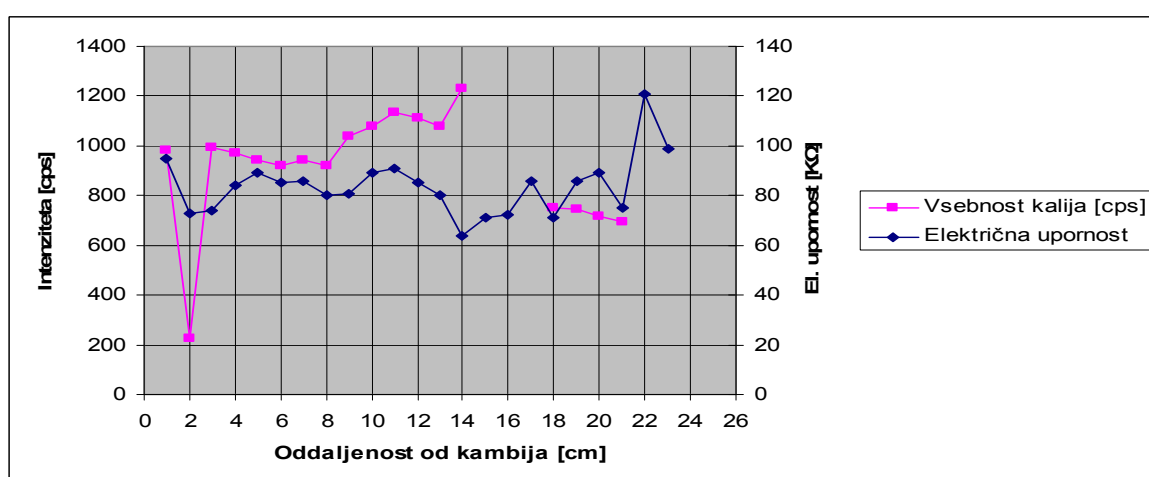
makroskopsko viden prehod beljave v diskoloriran les. Zadnje štiri meritve vsebnosti kalija lahko pripišemo zaščitenemu lesu, njihova povprečna arbitrarna vrednost je znašala 725.



Slika 92: Javor (*Acer pseudoplatanus* L.), makroskopski posnetek vzorca A1A, z označenimi lokacijami meritev vertikalne električne upornosti.



Slika 93: Javor (*Acer pseudoplatanus* L.), radialni vlažnostni profil in vrednosti električne upornosti za vzorec A1A.

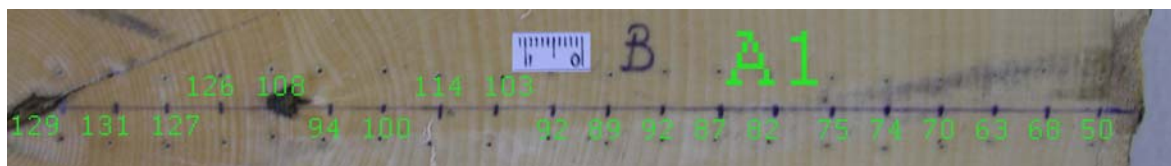


Slika 94: Javor (*Acer pseudoplatanus* L.), vrednosti električne upornosti in radialna porazdelitev kalija pri vzorcu A1A. Intenziteta cps (counts per second) je arbitrarna enota.

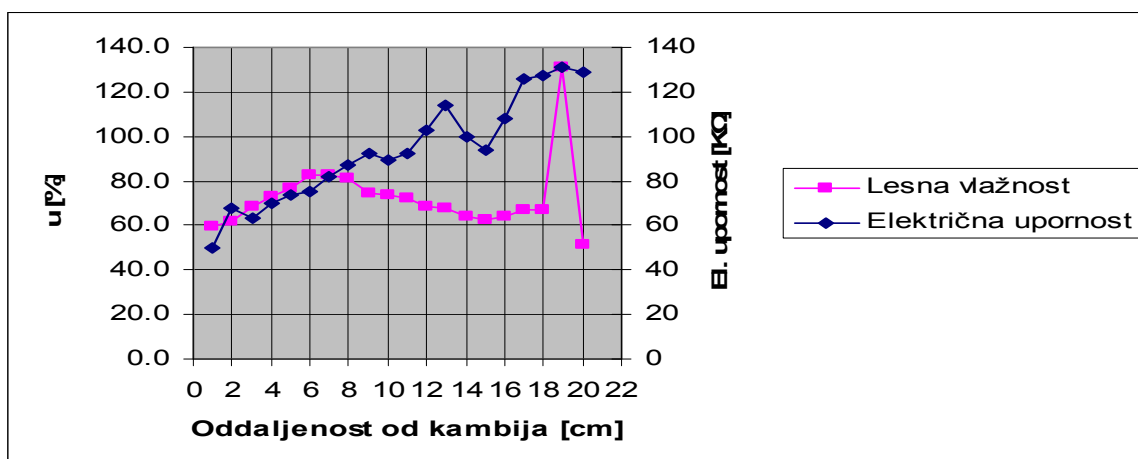
4.7.2 Vzorec A1B

Na vzorcu A1B (slika 95) je vidna manjša poškodba, ki je preraščena s poranitvenim lesom. Na tem delu smo pri merjenju vlažnosti po radialnem profilu (slika 96) zaznali malce nižjo vlažnost (63 %). Nizko vlažnost smo zasledili tudi na perifernem delu vzorca, kjer je znašala približno 60 %. Povprečna vlažnost do meritve št. 18 je znašala 70 %, nato pa smo pri meritvi št. 19 opazili nenadno povišanje vlažnosti na 131 %, kar je lahko tudi napaka pri izvajanju meritev vlažnosti, kajti na tem delu vzorca makroskopsko ni spremembe.

Ob pogledu na meritve električne upornosti (slika 96) smo opazili precej naraščajoč trend. Najnižja meritev je bila izmerjena pri prvi meritvi in je znašala 50 k Ω . Najvišja upornost je bila izmerjena pri predzadnji devetnajsti meritvi, kjer je imela vrednost 131 k Ω . Če bi začrtali trendno črto, bi od nje nekoliko odstopale meritve št. 14, 15 in 16, ki so bile locirane v poranitvenem lesu oziroma njegovi okolici.



Slika 95: Javor (*Acer pseudoplatanus* L.), makroskopski posnetek vzorca A1B, z označenimi lokacijami meritev vertikalne električne upornosti.



Slika 96: Javor (*Acer pseudoplatanus* L.), radialni vlažnostni profil in vrednosti električne upornosti za vzorec A1B.

4.7.3 Vzorec A2B

Vzorec A2B je povsem normalen a nekoliko večji kolut javorja. Na A2B nismo opazili anomalij (slika 97), medtem ko je pri vzorcu A2A opazna poškodba, ki ji sledi poranitveni les.

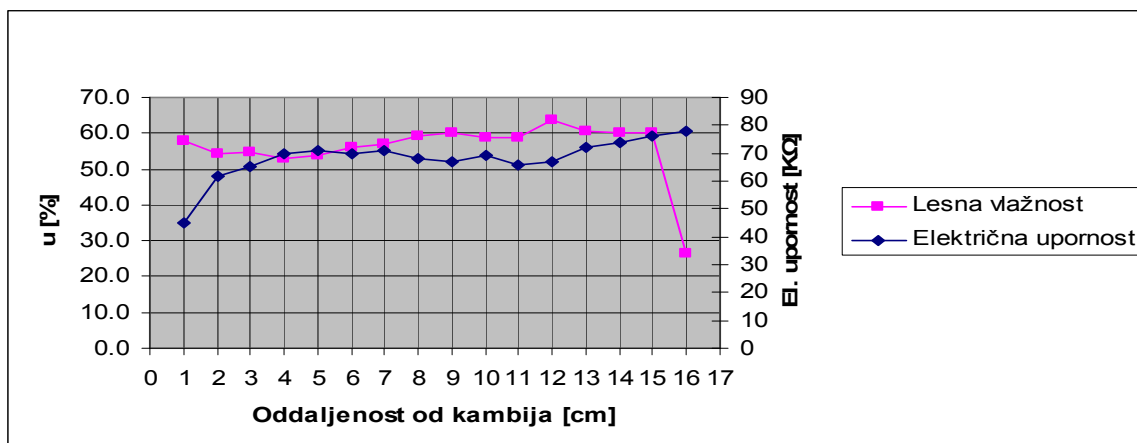
Pri merjenju vlažnostnega radialnega profila smo opazili, da je bila vlažnost enakomerna (slika 98). Povprečna vlažnost radialnega vzorca A2B je znašala 58 %. Nekoliko bolj je odstopala le zadnja meritev, kjer je vlažnost znašala 26 % in jo lahko pripisujemo napaki človeškega faktorja pri tehtanju oziroma pri izvajanju meritev. Najvišjo vlažnost smo zasledili pri meritvi št. 12, kjer je znašala 64 %. Najnižjo vlažnost, neupoštevajoč zadnje meritve, pa smo zasledili pri četrti meritvi, kjer je vlažnost znašala 53 %.

Pri meritvah električne upornosti s Shigometrom (slika 98) nismo zaznali posebnosti. Najnižjo električno upornost smo, tako kot pri ostalih zdravih kolutih različnih drevnih vrst, zasledili v periferiji, kjer je upornost znašala 45 k Ω . V ostalem delu je bila povprečna električna upornost 70 k Ω . Meritve so od povprečja odstopale za maksimalno 8 k Ω , vendar na mestu največjih odstopanj na vzorcu nismo videli nikakršnih anomalij oziroma obarvanj.

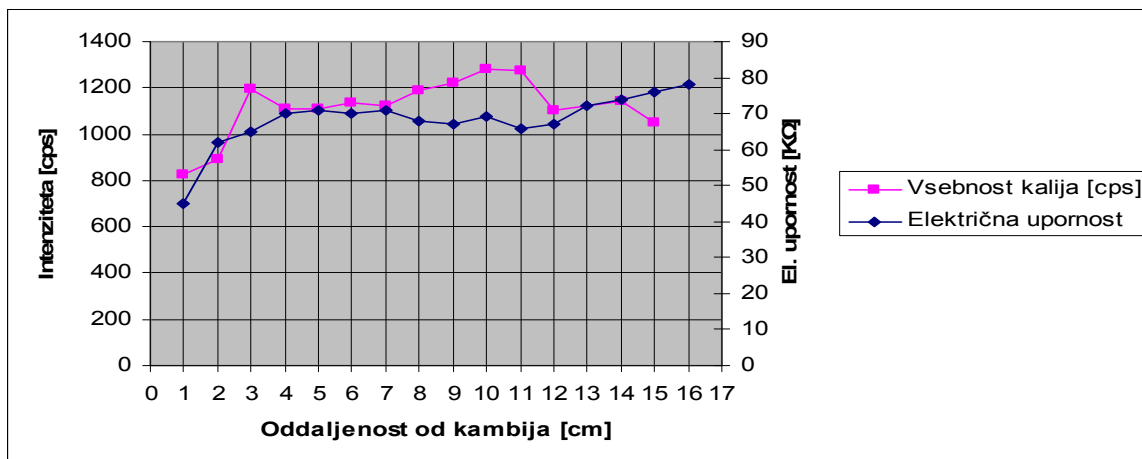
Grafični prikaz vsebnosti kalija po radialnem profilu (slika 99) je bil nekoliko bolj razgiban. V periferiji smo zasledili nižjo arbitrarno vrednost, povprečje prvih dveh meritev je znašalo 850. Zatem se je arbitrarna vrednosti dokaj hitro dvignila na 1200 (meritev št. 3). Najvišjo arbitrarno vrednost smo zabeležili pri enajsti meritvi, kjer je znašala 1277.



Slika 97: Javor (*Acer pseudoplatanus* L.), makroskopski posnetek vzorca A2B, z označenimi lokacijami meritev vertikalne električne upornosti.



Slika 98: Javor (*Acer pseudoplatanus* L.), radialni vlažnostni profil in vrednosti električne upornosti za vzorec A2B.



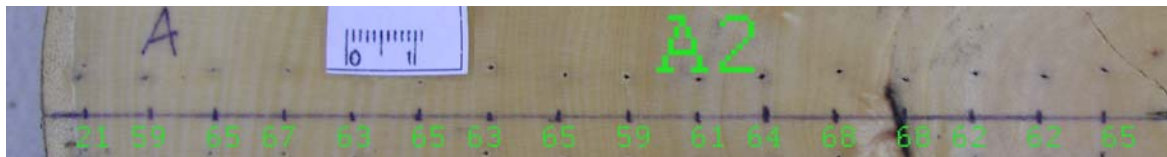
Slika 99: Javor (*Acer pseudoplatanus* L.), vrednosti električne upornosti in radialna porazdelitev kalija pri vzorcu A2B. Intenziteta cps (counts per second) je arbitrarna enota.

4.7.4 Vzorec A2A

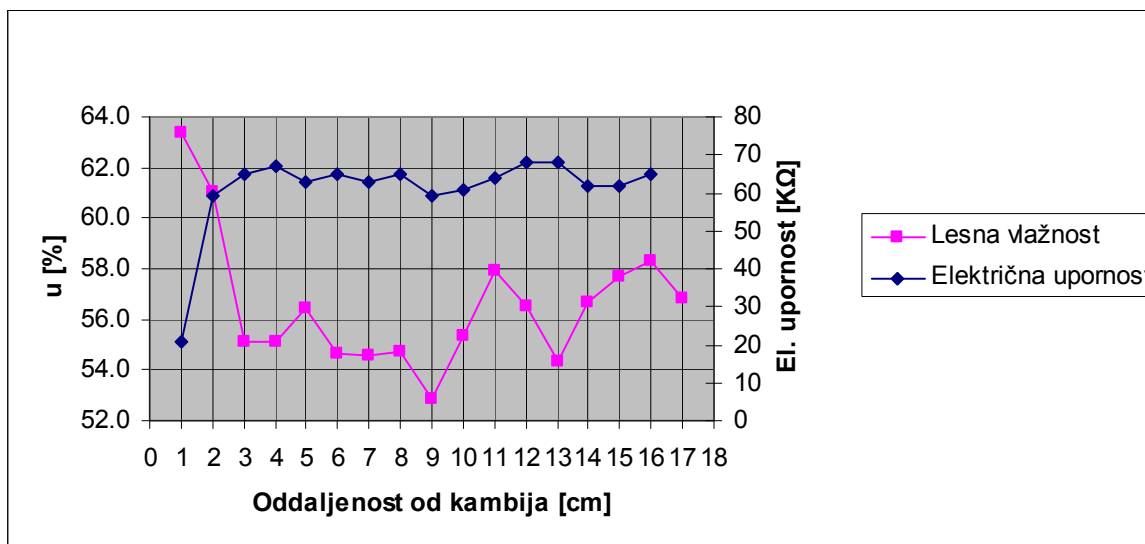
Pri drugi polovici koluta javorja, na vzorcu A2A, imamo prisotno poškodbo, ki je preraščena (slika 100).

Ob pogledu na meritve vlažnostnega radialnega profila, smo opazili (slika 101), da je bila vlažnost, tako kot pri prejšnjem vzorcu, konstantna in je v povprečju znašala 57 %. Najvišja zabeležena vrednost je bila na periferiji in je znašala 63 %. Najnižjo vlažnost pa smo zasledili pri deveti meritvi, kjer je imela vrednost 53 %. Pomembnejših sprememb vlažnosti v bližini poškodbe nismo opazili. Poškodba je bila v bližini enajste in trinajste meritve, kjer pa je vlažnost od povprečja odstopala le za 4 %.

Shigometer je pokazal pričakovano nizko električno upornost na periferiji (21 k Ω , slika 101). Nato so se vrednosti električne upornosti zvišale in so v povprečju znašale 64 k Ω . Maksimalno odstopanje električne upornosti od povprečja je znašalo 5 k Ω . Na mestu, kjer je vidna poškodba, je upornost znašala 68 k Ω (dvanajsta in trinajsta meritev), vendar iz tega ne moremo sklepati na poškodbo drevesa, saj je za potrditev le-te potreben makroskopski pregled vzorca.



Slika 100: Javor (*Acer pseudoplatanus* L.), makroskopski posnetek vzorca A2A, z označenimi lokacijami meritev vertikalne električne upornosti.



Slika 101: Javor (*Acer pseudoplatanus* L.), radialni vlažnostni profil in vrednosti električne upornosti za vzorec A2A.

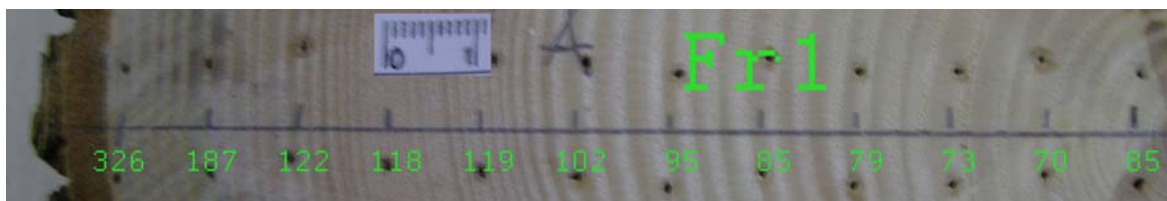
4.8 JESEN (*Fraxinus excelsior* L.)

4.8.1 Vzorec Fr1A

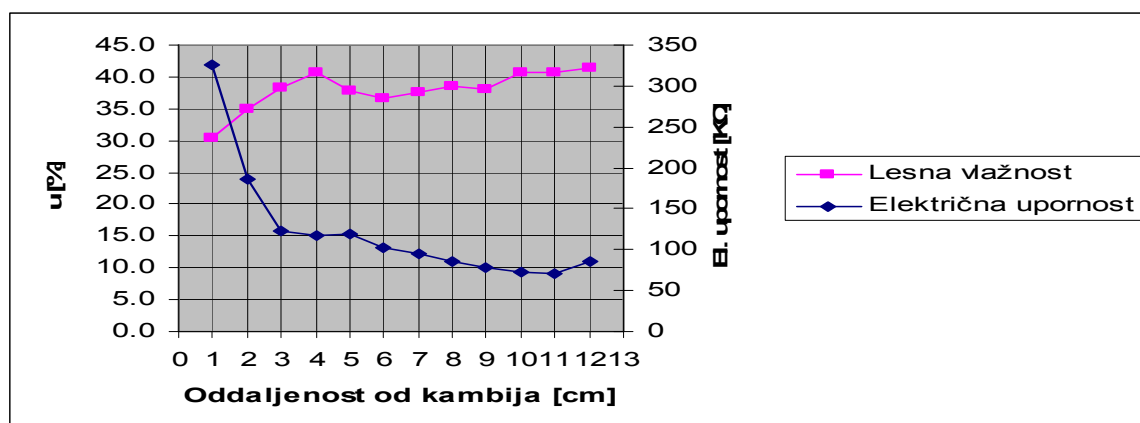
Pri kolutu Fr1 gre za normalno jesenovino, ki vsebuje juvenilni in adultni les V sredini koluta je prisotna diskoloracija, ki je zaradi premajhne velikosti, nismo vključili v meritve. Z meritvami vlažnostnega radialnega profila (slika 102) pri vzorcu Fr1A smo ugotovili, da les ni bil gozdno svež. Vlažnost je bila pri prvih treh meritvah nekoliko nižja s povprečno vrednostjo 35 % (slika 103), za kar je verjetno vzrok izsušitev. V nadaljevanju vlažnosti ne odstopajo veliko od povprečja, ki je 39 %. Najnižja vlažnost v adultnem lesu je znašala 37 % in je bila izmerjena pri šesti meritvi. Najvišjo vlažnost pri tem vzorcu smo zasledili pri zadnji meritvi, kjer je znašala 41 %.

Prvi dve meritvi električne upornosti (slika 103) sta bili pri precej višji in sta znašali 326 in 187 k Ω in ju lahko pripišemo nekoliko modrikasto obarvani periferiji. Ostale meritve električne upornosti so imele vse do stržena rahlo padajoč trend, njihova povprečna vrednost je znaša 95 k Ω . Tudi Prehod med juvenilnim in adultnim lesom smo zaznali iz pete na šesto meritev, kjer je upornost padla iz 119 k Ω na 102 k Ω .

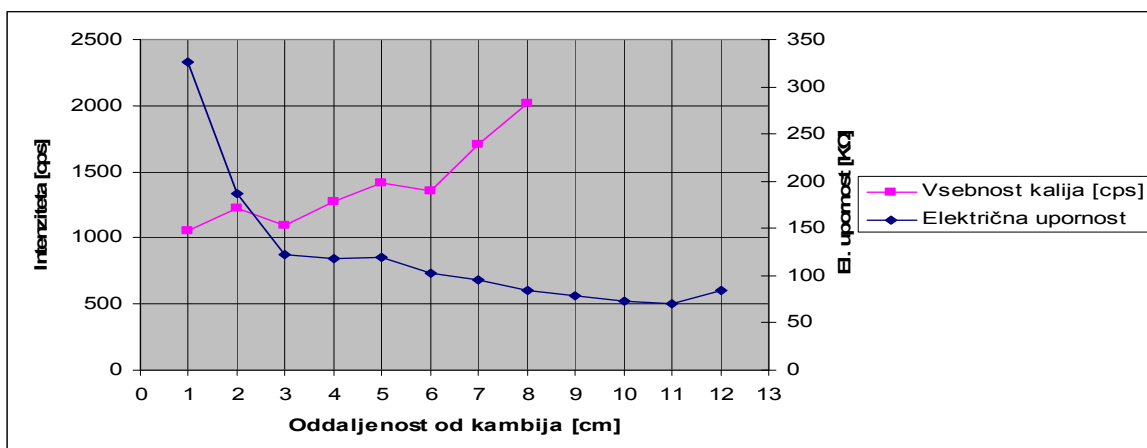
Vsebnost kalija je imela naraščajoč trend, ki je od šeste meritve dalje še nekoliko bolj izrazito naraščal (slika 104), iz česar lahko sklepamo, da gre na tem mestu za prehod med juvenilnim in adultnim lesom. Povprečna arbitrarna vrednost vsebnosti kalija je bila 1393. Najnižjo vrednost smo zaznali pri prvi meritvi, kjer je znašala 1052, najvišjo arbitrarno vrednost pa smo zasledili pri zadnji meritvi, kjer je znašala 2015.



Slika 102: Jesen (*Fraxinus excelsior* L.), makroskopski posnetek vzorca Fr1A, z označenimi lokacijami meritev vertikalne električne upornosti.



Slika 103: Jesen (*Fraxinus excelsior* L.), radialni vlažnostni profil in vrednosti električne upornosti za vzorec Fr1A.



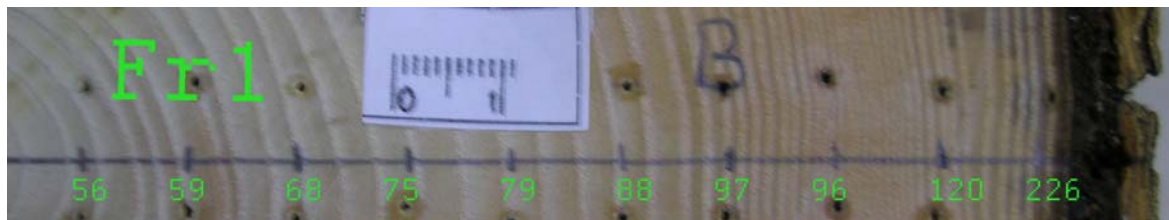
Slika 104: Jesen (*Fraxinus excelsior* L.), vrednosti električne upornosti in radialna porazdelitev kalija pri vzorcu Fr1A. Intenziteta cps (counts per second) je arbitrarna enota.

4.8.2 Vzorec Fr1B

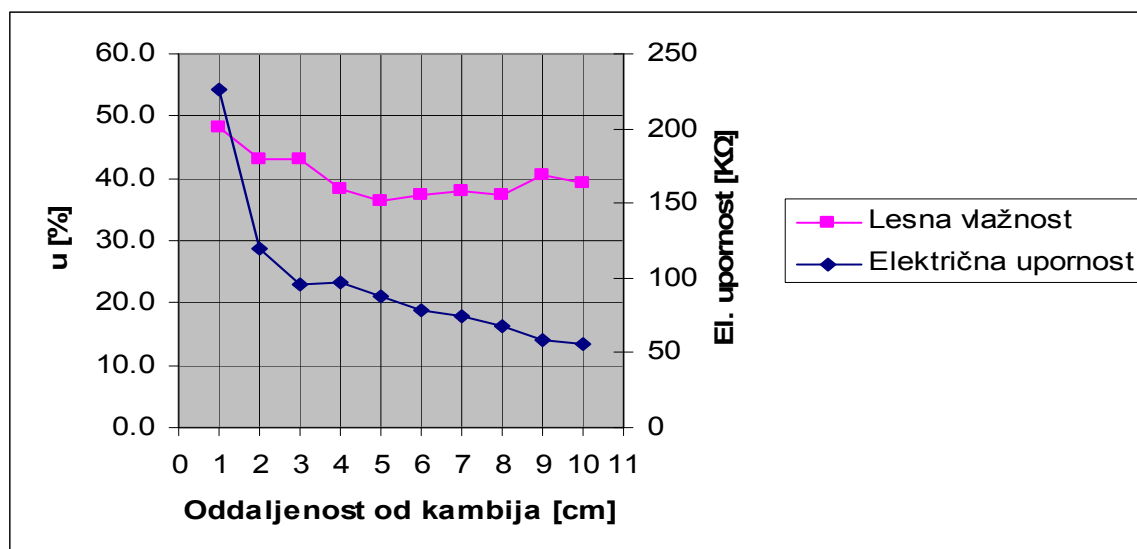
Pri vzorcu Fr1B (slika 105) smo opazili nekoliko povišano vlažnost na perifernem delu, ki je pri prvi meritvi znašala 48 %. Vlažnost je nato rahlo padala vse do četrte meritve, kjer je znašala 38 % (slika 106). Višje vrednosti vlažnosti pri prvih štirih meritvah lahko pripišemo ležanju hloda na tej ploskvi, kar je onemogočalo, da bi prišlo do izsušitve. V nadaljevanju je bila vlažnost dokaj konstantna s povprečno vrednostjo 38 %. Najvišja vlažnost v adultnem delu je znašala 40 %, najnižja pa 37 %.

Meritve električne upornosti (slika 106) so imele identičen trend kot pri vzorcu Fr1A. Povišanje električne upornosti smo opazili pri prvih dveh meritvah (226 kΩ in 120 kΩ), kjer makroskopsko vidimo temnejše obarvanje, ki ga lahko povežemo z okužbo. Ostale

meritve so imele rahlo padajoč trend. Električna upornost je iz 96 k Ω (tretja meritev) padla na 56 k Ω (deseta meritev). Do rahlega padca električne upornosti je prišlo iz četrte na peto meritev, ki ga lahko povežemo s preходом juvenilnega lesa v adultni les.



Slika 105: Jesen (*Fraxinus excelsior* L.), makroskopski posnetek vzorca Fr1B, z označenimi lokacijami meritev vertikalne električne upornosti.



Slika 106: Jesen (*Fraxinus excelsior* L.), radialni vlažnostni profil in vrednosti električne upornosti za vzorec Fr1B.

5 ZAKLJUČEK

Shigometer se je izkazal kot primerna naprava za ugotavljanje patoloških sprememb v svežem lesu pri preiskovanem iglavcu (jelki), pri petih preiskovanih drevesnih vrstah z venčasto porozno teksturo (domačem kostanju, gorskem brestu, robiniji, jesenu in hrastu), ter pri dveh preiskovanih listavcih z difuzno porozno strukturo lesa (divjem kostanju in bukvi).

Pri smreki se je izkazalo, da naprava zelo dobro zazna mejo med vlažnim delom in sušino. Nižje vrednosti električne upornosti ustrezajo svežemu lesu, višje vrednosti pa sušini. Ta meja se opazi z nenadnim povečanjem električne upornosti. Shigometer je pri smreki zaznal tudi biološke okužbe, vrednosti električne upornosti so bile v tem primeru dokaj nizke in so precej nihale. Nemogoče pa je iz rezultatov napovedati, kje se je okužba pričela oziroma končala, ker imajo vrednosti električne upornosti nizko vrednost tako v bližini perifeije, kot v okuženem lesu. Ranega in kasnega lesa pri smreki nismo zaznali. Ob primerjavi rezultatov električne upornosti in vlažnosti lesa smo ugotovili, da je zveza obratno sorazmerna, pravtako kot zveza med vsebnostjo kalija in električne upornosti. Opazili smo povišanje vsebnosti kalija na lokacijah, kjer je Shigometer zaznal biološko okužbo.

Tudi pri difuzno poroznih listavcih (domačemu kostanju in bukvi) je s Shigometrom mogoče zaznati diskoloriran les, reakcijsko cono, barierno cono, razkrojen les, mokrine in sušine. Pri kostanju smo zaznali tudi mejo med beljavo in jedrovino. Beljava je imela precej nižje vrednosti električne upornosti, ki so se v jedrovini močno dvignile. Tudi pri bukvi smo zaznali sušino, vendar je bila razlika med upornostjo v sušini in vlažnem lesu manj izrazita kot pri smreki. Pri pregledu meritev kalija smo pri bukvi opazil da so meritve močno nihale predvsem v okuženem delu vzorca. Medtem ko pri lokacijah vzorcev, ki niso bili okuženi, so bile meritve kalija bolj enakovredne. Pri domačem kostanju, smo opazili da sta kalij in električna upornost v obratnem sorazmerju, vendar nismo nikoli zasledili takšno spremembo vrednosti kalija, ki bi lahko nakazovala na katerokoli anomalijo v lesu.

Pri venčasto poroznih vzorcih listavcev (brestu, hrastu, jesenu, in robiniji) je Shigometer zaznal beljavo pri vseh vzorcih. Na okuženih mestih smo zaznali nižje vrednosti električne

upornosti. Potrebna je pazljivost, ker Shigometer odčitava nizke vrednosti tako v beljavi kot v okuženem delu. Zaradi tega je potrebno makroskopsko proučiti vzorec, da se prepričamo ali je v beljavi okužba ali ne. Pri vzorcih robinije smo opazili, da je na mestih, kjer je bila poškodba, ki se ni uspela prerasti, električna upornost enaka vrednosti, na katero smo na začetku umerili Shigometer. Razlik med ranim in kasnim lesom nismo zaznali, smo pa zaznali razlike med gostejšim lesom (višja električna upornost) in redkejšim lesom (nižja električna upornost). V intaktnih tkivih robinije, hrasta in domačega kostanja je bila električna upornost nižja kot v jedrovini, vsebnost kalija pa višja v beljavi kot v jedrovini. Te zakonitosti pri brestu in jesenu nismo ugotovili. Vsebnost kalija se je pri zdravih vzorcih bresta in jesena poviševala od periferije proti strženu. Kjer smo zaznali anomalijo pa so vrednosti kalija začele zelo nihati tako kot pri vzorcih bukovine.

Podatki, ki smo jih dobili s Shigometrom, so nam lahko v veliko pomoč pri odkrivanju in ocenjevanju poškodb v lesu in stoječih drevesih. Pri tem je pomembno, da napravo in dobljene podatke uporablja primerno izobražena in izkušena oseba, saj lahko v nasprotnem primeru pride do napak in napačnih interpretacij, kar lahko vodi k napačnemu odločanju.

6 POVZETEK

Za ugotavljanje patoloških sprememb v živem lesu je na razpolago več metod. Uporaba Shigometra spada med manj destruktivne metode, vendar je uporabnost te tehnike pri različnih drevesnih vrstah kot tudi v lesu, ki je spremenjen zaradi različnih stopenj sekundarnih sprememb, skromneje raziskana. V ksilemskem tkivu z različnimi razvojnimi fazami sekundarnih sprememb smo s Shigometrom poskušali ugotoviti obseg patoloških sprememb v živem lesu. Izmerili smo tudi vlažnost lesa in vsebnost kalijevih ionov v tkivu.

V raziskavo smo vključili drevesa iz območja Ljubljane in drevesa iz Škofjeloškega hribovja, ki so bila v večini mehansko poškodovana. Vsi vzorci so bili sveži, njihova vlažnost je bila nad TNCS (točko nasičenosti celičnih sten). Kolute smo označili z okrajšavo za drevesno vrsto in zaporedno številko koluta.

Kolute smo temeljito makroskopsko pregledali in jih vizualno ocenili. Zatem smo izbrali radialne lokacije, ki so najprimernejše za izvajanje meritev in jih označili s svinčnikom ter slikovno zabeležili. Shigometer smo najprej umerili na čisto ničlo ter ga kalibrirali na

začetno vrednost 714 k Ω . Sledilo je preverjanje stanja baterijskih vložkov, nato smo pričeli z meritvami. Meritve smo izvajali v smeri od kambija proti strženu, presledek med eno in drugo meritvijo je bil en centimeter. Za ustrezno merjenje, je bilo potrebno izbrati ustrezne (neizolirane) elektrode, ki so nam omogočale merjenje vertikalne električne upornosti. Elektrode smo zabijali vertikalno v les do 10 mm globine, nato smo počakali, da se je na odčitalcu prikazal rezultat, ki se ni več spreminjal, ter ga zapisali. Rezultate meritev, ki so bile interpretirane v k Ω , smo zapisali v tabelo in nato v programu Excel izrisali graf. Po opravljenih meritvah je sledilo razrezovanje kolotov ter pridobivanje radialnih vzorcev (napolitank) za vlažnostni profil in za izvajanje meritev vsebnosti kalija.

7 VIRI

Arborsonic Decay Detector, 2007. Technomarket

<http://www.tecnomarket.it/tecnis/usati/f/Arbosonic.htm> (15.avg.2007)

Čufar K. 2006. Anatomija lesa. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: 185 str.

Dolwin J. A., Lonsdale D., Barnett J. 1998. Detection of decay in trees. Arboriculture research and information note, 1998, 144: 10 str.

Humar M. 2007. Rentgenski fluorescenčni spektrometer (XRF). Les: znanstveno strokovna revija za lesarstvo, 59, 9-10: 261-262

Merela M. 2002. Zgradba in radialna plinska permeabilnost reakcijskih con pri bukvi. Diplomsko delo. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: 51 str.

Oven P. 2001. Mehanske poškodbe drevja. Proteus: časopis za poljudno naravoslovje, 63, 8: 366–370

Shigo A. L. 1991. Modern Arboriculture. Durkow, New Hampshire, Shigo and Tree Associates: 424 str.

Shigometer stara izvedba, 2007

<http://www.treedictionary.com/DICT2003/hardtoget/ntb189/ntb189-figure%2020.jpg>
(15.sep.2007)

Shigometer elektronski, 2007. Forestry Suppliers Inc.

http://www.forestry-suppliers.com/product_pages/View_Catalog_Page.asp?mi=1636
(15.sep.2007)

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorju prof. dr. Primožu Ovnu za žrtvovani čas in nesebično pomoč pri strukturiranju, pisanju in izdelavi diplomske naloge.

Zahvaljujem se recenzentu doc. dr. Mihi Humarju za skrben pregled diplomske naloge, strokovne nasvete in kritične pripombe.

Zahvaljujem se univ. dipl. ing. Martinu Zupančiču in dipl. ing. Luku Kržetu za pomoč pri zbiranju materiala, izdelavi vzorcev za meritve in anatomske preparate, ter pomoč pri izvedbi meritev.

Posebej se zahvaljujem puncu Klari za njeno podporo, potrpežljivost in pomoč v času študija.

Nazadnje se zahvaljujem tudi vsem ostalim, ki so na kakršenkoli način pripomogli k nastanku tega dela.

PRILOGE

Priloga A: Rezultati meritev za domači kostanj (*Castanea sativa* Mill.).

Rezultati meritev ter izračuni vlažnostnega profila za vzorec C1B.

Oznaka vzorca	m _v [g]	m ₀ [g]	U [%]	ER [kΩ]	XRF [cps]
C1B1	3,012	1,262	138,7	40	1423,4
C1B2	4,211	1,734	142,8	44	480,9
C1B3	4,689	1,898	147,0	128	529,5
C1B4	4,434	1,796	146,9	126	528,1
C1B5	4,194	1,794	133,8	147	525
C1B6	4,502	1,881	139,3	158	506,7
C1B7	4,453	1,828	143,6	140	502,1
C1B8	4,386	1,868	134,8	122	492,5
C1B9	4,238	1,894	123,8	116	487,3
C1B10	4,362	1,907	128,7	114	488,1
C1B11	4,439	1,977	124,5	115	491,3
C1B12	4,258	1,941	119,4	124	518,9
C1B13	4,071	1,952	108,6	97	
C1B14	3,646	1,869	95,1	50	
C1B15	4,889	2,395	104,1	95	
C1B16	3,528	1,852	90,5	51	
C1B17	5,124	2,592	97,7	37	
Maks	5,12	2,59	147,05	158,00	1423,40
Min	3,01	1,26	90,50	40,00	480,90
povp.	4,26	1,91	124,67	104,19	581,15

Rezultati meritev ter izračuni vlažnostnega profila za vzorec C1A.

Oznaka vzorca	m _v [g]	m ₀ [g]	U [%]	ER [kΩ]	XRF [cps]
C1A1	3,068	1,477	107,7	31	
C1A2	4,896	2,062	137,4	47	
C1A3	4,501	1,837	145,0	110	
C1A4	4,781	2,045	133,8	125	
C1A5	4,125	1,762	134,1	110	
C1A6	4,725	1,912	147,1	101	
C1A7	4,796	1,969	143,6	98	
C1A8	4,012	1,782	125,1	118	
C1A9	4,076	1,978	106,1	114	
C1A10	4,589	2,163	112,2	92	
C1A11	4,662	2,087	123,4	85	
C1A12	4,206	1,998	110,5	81	
C1A13	4,007	2,067	93,9	86	
C1A14	4,525	2,408	87,9	89	
C1A15	4,45	2,519	76,7	103	
C1A16	4,715	2,623	79,8	57	
C1A17	4	2,24	78,6		
Maks	4,90	2,62	147,12	125,00	
Min	3,07	1,48	76,66	31,00	
povp.	4,36	2,05	114,28	90,44	

Rezultati meritev ter izračuni vlažnostnega profila za vzorec C2B.

Oznaka vzorca	m _v [g]	m ₀ [g]	U [%]	ER [kΩ]	XRF [cps]
C2B1	3,215	1,562	105,8	49	1653,2
C2B2	4,277	1,724	148,1	112	482,7
C2B3	4,884	1,854	163,4	99	479,1
C2B4	4,488	1,68	167,1	89	479,4
C2B5	3,806	1,515	151,2	92	479,9
C2B6	4,24	1,714	147,4	100	476
C2B7	4	1,575	154,0	88	478,3
C2B8	4,159	1,628	155,5	92	480,2
C2B9	3,61	1,464	146,6	96	492,2
C2B10	3,907	1,568	149,2	82	476,9
C2B11	4,096	1,716	138,7	84	476,1
C2B12	4,09	1,723	137,4	99	477,9
C2B13	4,247	1,933	119,7	104	475,7
C2B14	3,041	1,471	106,7	94	512,6
C2B15	3,585	1,666	115,2	83	494,9
C1B16	3,812	1,834	107,9	74	476,8
C1B17	4,379	2,124	106,2	69	
Maks	4,88	2,12	167,14	112,00	1653,20
Min	3,04	1,46	105,83	49,00	475,70
povp.	3,99	1,69	136,47	88,59	555,74

Rezultati meritev ter izračuni vlažnostnega profila za vzorec C2A.

Oznaka vzorca	m_v [g]	m_0 [g]	U [%]	ER [k Ω]	XRF [cps]
C2A1	2,341	1,291	81,3	30	
C2A2	4,442	1,755	153,1	143	
C2A3	4,466	1,781	150,8	96	
C2A4	3,793	1,459	160,0	111	
C2A5	4,548	1,77	156,9	96	
C2A6	4,841	1,975	145,1	104	
C2A7	4,014	1,748	129,6	107	
C2A8	4,161	1,86	123,7	109	
C2A9	3,178	1,496	112,4	91	
C2A10	3,924	1,859	111,1	95	
C2A11	3,73	1,802	107,0	88	
C2A12	3,827	1,889	102,6		
Maks	4,84	1,98	159,97	143,00	
Min	2,34	1,29	81,33	30,00	
povp.	3,94	1,72	127,81	97,27	

Rezultati meritev ter izračuni vlažnostnega profila za vzorec C3B.

Oznaka vzorca	m _v [g]	m ₀ [g]	U [%]	ER [kΩ]	XRF [cps]
C3B1	3,523	1,87	88,4	21	2085
C3B2	3,941	1,519	159,4	31	1942,4
C3B3	3,343	1,327	151,9	86	530,7
C3B4	4,129	1,535	169,0	77	487,8
C3B5	4,418	1,645	168,6	108	519,1
C3B6	3,934	1,515	159,7	102	566,3
C3B7	4,214	1,59	165,0	89	597,2
C3B8	4,445	1,692	162,7	87	555,8
C3B9	4,02	1,614	149,1	88	566,7
C3B10	4,364	1,755	148,7	88	516,5
C3B11	4,234	1,705	148,3	78	518,5
C3B12	4,498	1,774	153,6	75	521,8
C3B13	4,264	1,807	136,0	72	500,5
C3B14	4,183	1,815	130,5	65	605,3
C3B15	4,274	1,848	131,3	65	
C3B16	5,239	1,993	162,9	60	
C3B17	4,047	1,834	120,7	55	
C3B18	4,162	1,845	125,6	125	
C3B19	4,814	2,333	106,3	105	
Maks	5,24	2,33	168,99	125,00	2085,00
Min	3,34	1,33	88,40	21,00	487,80
povp.	4,21	1,74	144,08	77,74	750,97

Rezultati meritev ter izračuni vlažnostnega profila za vzorec C3A.

Oznaka vzorca	m_v [g]	m_0 [g]	U [%]	ER [k Ω]	XRF [cps]
C3A1	8,095	3,58	126,1	27	
C3A2	4,503	1,666	170,3	33	
C3A3	4,057	1,48	174,1	101	
C3A4	4,581	1,643	178,8	88	
C3A5	4,599	1,687	172,6	95	
C3A6	4,206	1,531	174,7	92	
C3A7	4,294	1,547	177,6	84	
C3A8	4,147	1,515	173,7	80	
C3A9	4,634	1,813	155,6	94	
C3A10	4,717	1,894	149,0	84	
C3A11	4,352	1,756	147,8	77	
C3A12	3,922	1,689	132,2	68	
C3A13	4,242	1,895	123,9	74	
C3A14	3,958	1,818	117,7	61	
C3A15	4,625	2,216	108,7	66	
C3A16	4,454	2,091	113,0	105	
C3A17	4,669	2,492	87,4	118	
Maks	8,10	3,58	178,82	118,00	
Min	3,92	1,48	87,36	27,00	
povp.	4,59	1,90	146,08	79,24	

Priloga B: Rezultati meritev za brest (*Ulmus glabra* Huds.).

Rezultati meritev ter izračuni vlažnostnega profila za vzorec U1A.

Oznaka vzorca	m _v [g]	m ₀ [g]	U [%]	ER [kΩ]	XRF [cps]
U1A1	3,756	2,188	71,7	48	765,6
U1A2	5,16	3,058	68,7	64	813,1
U1A3	4,719	2,753	71,4	53	981,2
U1A4	4,472	2,586	72,9	48	852,6
U1A5	5,413	3,181	70,2	47	642,3
U1A6	4,283	2,476	73,0	39	968,2
U1A7	4,781	2,789	71,4	36	1493,2
U1A8	4,057	2,333	73,9	52	1080,9
U1A9	5,534	2,695	105,3	12	3165,2
U1A10	5,268	2,627	100,5	9	2381,9
U1A11	4,156	1,83	127,1	4	2265,8
U1A12	3,419	1,436	138,1	4	2289,8
U1A13	2,518	1,849	36,2	26	1803,9
U1A14	2,357	1,621	45,4	63	2154,4
U1A15	3,138	1,948	61,1	55	2622,1
U1A16	2,902	1,583	83,3	31	1664,7
U1A17	2,535	1,762	43,9	7	
U1A18	2,817	1,986	41,8	34	
Maks	5,53	3,18	138,09	64,00	3165,20
Min	2,36	1,44	36,18	4,00	642,30
povp.	3,96	2,26	75,33	35,11	1621,56

Rezultati meritev ter izračuni vlažnostnega profila za vzorec U1B.

Oznaka vzorca	m _v [g]	m ₀ [g]	U [%]	ER [kΩ]	XRF [cps]
U1B1	2,59	1,518	70,6	61	
U1B2	4,895	2,846	72,0	61	
U1B3	4,629	2,832	63,5	58	
U1B4	4,4	2,688	63,7	51	
U1B5	4,934	2,592	90,4	19	
U1B6	5,302	2,432	118,0	5	
U1B7	4,733	1,668	183,8	1	
U1B8	2,844	0,757	275,7	1	
U1B9	3,393	0,988	243,4	2	
U1B10	3,418	0,992	244,6	7	
Maks	5,30	2,85	275,69	61,00	
Min	2,59	0,76	63,45	1,00	
povp.	4,11	1,93	142,55	26,60	

Rezultati meritev ter izračuni vlažnostnega profila za vzorec U2B.

Oznaka vzorca	m_v [g]	m_0 [g]	U [%]	ER [k Ω]	XRF [cps]
U2B1	3,029	1,925	57,4	56	1169,2
U2B2	3,713	2,486	49,4	75	1012,2
U2B3	3,618	2,305	57,0	56	975,1
U2B4	3,674	2,241	63,9	51	973,3
U2B5	3,792	2,247	68,8	35	1008,2
U2B6	4,898	2,977	64,5	36	1050,3
U2B7	3,848	2,356	63,3	29	1012,5
U2B8	4,513	2,542	77,5	24	1179,9
U2B9	4,737	2,465	92,2	17	1149
U2B10	4,969	2,591	91,8	18	1213,1
U2B11	4,08	2,046	99,4	15	1213,6
U2B12	4,355	2,224	95,8	15	1172,7
U2B13	4	2	99,7	15	1135,1
U2B14	4,562	2,278	100,3	15	
U2B15	4,442	2,188	103,0	17	
U2B16	4,313	2,167	99,0	15	
U2B17	4,251	2,2	93,2	17	
U2B18				18	
Maks	4,97	2,98	103,02	75,00	1213,60
Min	3,03	1,93	49,36	15,00	973,30
povp.	4,19	2,32	80,95	29,11	1097,25

Rezultati meritev ter izračuni vlažnostnega profila za vzorec U2A.

Oznaka vzorca	m _v [g]	m ₀ [g]	U [%]	ER [kΩ]	XRF [cps]
U2B1	2,533	2,029	24,8	47	
U2B2	3,564	2,624	35,8	12	
U2B3	3,921	2,832	38,5	12	
U2B4	3,866	2,767	39,7	15	
U2B5	4,061	2,688	51,1	15	
U2B6	3,376	2,231	51,3	15	
U2B7	4,088	2,67	53,1	18	
U2B8	3,8	2,46	54,5	18	
U2B9	4,066	2,595	56,7	15	
U2B10	4,241	2,677	58,4	15	
U2B11	3,421	2,186	56,5	20	
U2B12	4,311	2,587	66,6	14	
U2B13	4	2,345	70,6	13	
U2B14	3,72	2,163	72,0	13	
U2B15	4,358	2,35	85,4	14	
U2B16	4,048	2,135	89,6	14	
Maks	4,36	2,83	89,60	47,00	
Min	2,53	2,03	24,84	12,00	
povp.	3,84	2,46	56,54	16,88	

Priloga C: Rezultati meritev za smreko (*Picea abies* (L.) Karst.).

Rezultati meritev ter izračuni vlažnostnega profila za vzorec P1A.

Oznaka vzorca	m _v [g]	m ₀ [g]	U [%]	ER [kΩ]	XRF [cps]
P1A1	4,178	1,945	114,8	23	702,6
P1A2	4,045	1,542	162,3	78	709,8
P1A3	3,977	1,456	173,1	100	638,4
P1A4	4,172	1,556	168,1	138	617,9
P1A5	1,999	1,375	45,4	257	566,9
P1A6	2,165	1,578	37,2	-670	585,9
P1A7	1,74	1,299	33,9	714	553,9
P1A8	1,802	1,378	30,8	714	564,7
P1A9	1,931	1,478	30,6	714	584,9
P1A10	1,889	1,442	31,0	714	574,8
P1A11	1,992	1,523	30,8	714	599,9
P1A12	2,274	1,743	30,5	714	628,4
Maks	4,178	1,945	173,1	714	702,6
Min	1,74	1,299	30,5	-670	553,9
povp.	2,68	1,53	74,1	350,8	610,6

Rezultati meritev in izračuni vlažnosti za vzorec P1B.

Oznaka vzorca	m_v [g]	m_0 [g]	U [%]	ER [k Ω]	XRF [cps]
P1B1	3,475	1,586	119,1	19	
P1B2	3,565	1,382	158,0	68	
P1B3	3,895	1,491	161,2	86	
P1B4	3,143	1,348	133,2	122	
P1B5	1,885	1,327	42,0	-375	
P1B6	2,128	1,578	34,9	-450	
P1B7	1,737	1,308	32,8	714	
P1B8	1,944	1,486	30,8	714	
P1B9	1,923	1,47	30,8	714	
P1B10	2,006	1,528	31,3	714	
P1B11	1,855	1,416	31,0	714	
P1B12	2,284	1,738	31,4	714	
Maks	3,90	1,74	161,23	714,00	
Min	1,74	1,31	30,82	-450,00	
povp.	2,49	1,47	69,71	312,83	

Rezultati meritev in izračuni vlažnosti za vzorec P2A.

Oznaka vzorca	m_v [g]	m_0 [g]	U [%]	ER [k Ω]	XRF [cps]
P2A1	3,815	1,759	116,9	18	734,5
P2A2	3,78	1,643	130,1	61	675,4
P2A3	3,429	1,577	117,4	95	636,3
P2A4	3,436	1,47	133,7	133	588,4
P2A5	3,338	1,313	154,2	145	593
P2A6	2,642	1,58	67,2	179	634,7
P2A7	1,982	1,484	33,6	303	687,1
P2A8	2,177	1,591	36,8	151	769,2
P2A9	2,191	1,618	35,4	167	780
P2A10	2,73	2,069	31,9	249	814,9
P2A11	2,454	1,754	39,9	221	864,6
P2A12	2,833	2,07	36,9	191	888,2
P2A13	2,331	1,641	42,0	139	1013,1
P2A14	2,8	1,891	48,1	97	
P2A15	2,037	1,515	34,5	172	
P2A16	2,139	1,578	35,6	173	
P2A17	2,411	1,799	34,0	167	
P2A18	2,198	1,621	35,6	141	
Maks	3,82	2,07	154,23	303,00	1013,10
Min	1,98	1,31	31,95	18,00	588,40
povp.	2,71	1,67	64,66	155,67	744,57

Rezultati meritev in izračuni vlažnosti za vzorec P2B.

Oznaka vzorca	m_v [g]	m_0 [g]	U [%]	ER [k Ω]	XRF [cps]
P2B1	4,476	1,978	126,3	13	
P2B2	4,21	1,834	129,6	53	
P2B3	3,3	1,596	106,8	70	
P2B4	2,496	1,824	36,8	123	
P2B5	2,408	1,767	36,3	130	
P2B6	2,38	1,753	35,8	89	
P2B7	2,646	1,966	34,6	126	
P2B8	2,529	1,856	36,3	72	
P2B9	2,466	1,8	37,0	113	
P2B10	2,37	1,716	38,1	81	
P2B11	2,14	1,568	36,5	106	
P2B12	2,171	1,611	34,8	140	
P2B13	2,322	1,724	34,7	129	
P2B14	2,145	1,587	35,2	142	
P2B15	2,167	1,264	71,4	65	
Maks	4,48	1,98	129,55	142,00	
Min	2,14	1,26	34,59	13,00	
povp.	2,68	1,72	55,33	96,80	

Rezultati meritev in izračuni vlažnosti za vzorec P3A.

Oznaka vzorca	m _v [g]	m ₀ [g]	U [%]	ER [kΩ]	XRF [cps]
P3A1	4,823	2,394	101,5	-35	938,9
P3A2	3,496	1,532	128,2	62	1037,5
P3A3	2,382	1,575	51,2	36	1625,4
P3A4	1,937	1,436	34,9	74	1712,5
P3A5	1,922	1,431	34,3	98	1347,6
P3A6	1,875	1,425	31,6	253	944,2
P3A7	2,447	1,858	31,7	320	827,5
P3A8	2,255	1,705	32,3	425	735,1
P3A9	2,11	1,56	35,3	398	694,5
P3A10	2,172	1,599	35,8	417	665,3
P3A11	1,63	1	31,2	420	674,8
Maks	4,82	2,39	128,20	425,00	1712,50
Min	1,63	1,25	31,24	-35,00	665,30
povp.	2,46	1,61	49,82	224,36	1018,48

Rezultati meritev in izračuni vlažnosti za vzorec P3B.

Oznaka vzorca	m _v [g]	m ₀ [g]	U [%]	ER [kΩ]	XRF [cps]
P3B1	4,339	2,182	98,9	38	
P3B2	4,298	1,599	168,8	67	
P3B3	3,992	1,53	160,9	91	
P3B4	3,424	1,507	127,2	115	
P3B5	1,9	1,444	31,6	714	
P3B6	2,042	1,55	31,7	714	
P3B7	1,876	1,42	32,1	714	
P3B8	1,964	1,483	32,4	673	
P3B9	1,935	1,451	33,4	651	
P3B10	2,038	1,538	32,5	660	
P3B11	2,074	1,559	33,0	580	
Maks	4,34	2,18	168,79	714,00	
Min	1,88	1,42	31,58	38,00	
povp.	2,72	1,57	71,14	456,09	

Priloga D: Rezultati meritev za hrast (*Qercus Spp.* L.).

Rezultati meritev in izračuni vlažnosti za vzorec Q1A.

Oznaka vzorca	m _v [g]	m ₀ [g]	U [%]	ER [kΩ]	XRF [cps]
Q1A1	2,468	1,637	50,8	91	932,6
Q1A2	3,351	2,19	53,0	95	903,4
Q1A3	4,207	2,677	57,2	253	755,1
Q1A4	4,035	2,45	64,7	182	700,7
Q1A5	3,64	2,233	63,0	153	690,1
Q1A6	4,586	2,805	63,5	172	691,9
Q1A7	3,503	2,045	71,3	157	703,6
Q1A8	4,3	2,644	62,6	156	694,5
Q1A9	4,009	2,458	63,1	156	738,8
Q1A10	3,761	2,261	66,3	129	738,2
Q1A11	4,125	2,513	64,1	108	730,3
Maks	4,59	2,81	71,30	253,00	932,60
Min	2,47	1,64	50,76	91,00	690,10
povp.	3,82	2,36	61,79	146,17	752,65

Rezultati meritev in izračuni vlažnosti za vzorec Q2B.

Oznaka vzorca	m _v [g]	m ₀ [g]	U [%]	ER [kΩ]	XRF [cps]
Q2B1	3,955	2,75	43,8	79	1744,39
Q2B2	2,905	2,034	42,8	71	2224,49
Q2B3	3,178	2,111	50,5	99	1746,41
Q2B4	3,87	2,362	63,8	83	1051,24
Q2B5	4,44	2,698	64,6	84	1101,1
Q2B6	4,226	2,521	67,6	81	887,7
Q2B7	4,596	2,709	69,7	91	996,5
Q2B8	3,688	2,167	70,2	65	833,9
Q2B9	4,592	2,679	71,4	89	1089
Q2B10	3,898	2,259	72,6	76	973,6
Q2B11	3,977	2,343	69,7	80	
Q2B12	3,865	2,262	70,9	72	
Q2B13	3,637	2,187	66,3	67	
Maks	4,60	2,75	72,55	99,00	2224,49
Min	2,91	2,03	42,82	65,00	833,90
povp.	3,91	2,39	63,38	79,77	1264,83

Rezultati meritev in izračuni vlažnosti za vzorec Q2A.

Oznaka vzorca	m _v [g]	m ₀ [g]	U [%]	ER [kΩ]	XRF [cps]
Q2A1	2,73	1,3405	103,7	25	
Q2A2	4,889	2,691	81,7	24	
Q2A3	4,76	2,668	78,4	32	
Q2A4	3,839	2,155	78,1	68	
Q2A5	3,955	2,24	76,6	82	
Q2A6	4,077	2,306	76,8	86	
Q2A7	4,14	2,373	74,5	83	
Q2A8	4,099	2,351	74,4	81	
Q2A9	4,1	2,361	73,7	87	
Q2A10	4,515	2,6	73,7	77	
Maks	4,89	2,69	103,66	87,00	
Min	2,73	1,34	73,65	24,00	
Povp.	4,11	2,31	79,14	64,50	

Rezultati meritev in izračuni vlažnosti za vzorec Q3A.

Oznaka vzorca	m _v [g]	m ₀ [g]	U [%]	ER [kΩ]	XRF [cps]
Q3A1	3,558	2,051	73,5	64	977,2
Q3A2	4,241	2,658	59,6	91	1090,7
Q3A3	4,044	2,494	62,1	209	746,8
Q3A4	3,61	2,217	62,8	181	718,9
Q3A5	4,265	2,517	69,4	134	746,4
Q3A6	4,163	2,434	71,0	122	786,9
Q3A7	4,421	2,595	70,4	112	812,2
Q3A8	3,865	2,348	64,6	105	824,4
Q3A9	3,838	2,318	65,6	111	841,8
Q3A10	4,17	2,687	55,2	110	796,5
Q3A11	3,763	2,22	69,5	135	933,5
Q3A12	3,682	2,161	70,4	186	
Q3A13	4,428	2,756	60,7	212	
Q3A14	5,284	2,88	83,5	80	
Maks	5,28	2,88	83,47	212,00	1090,70
Min	3,56	2,05	55,19	64,00	718,90
povp.	4,10	2,45	67,02	132,29	843,21

Rezultati meritev in izračuni vlažnosti za vzorec Q4A.

Oznaka vzorca	m _v [g]	m ₀ [g]	U [%]	ER [kΩ]	XRF [cps]
Q4A1	4,28	2,14	100,0	66	1130,6
Q4A2	4,484	2,452	82,9	117	642,3
Q4A3	4,101	2,35	74,5	240	663,2
Q4A4	4,858	2,743	77,1	191	723,8
Q4A5	3,954	2,238	76,7	194	699,4
Q4A6	3,481	1,958	77,8	224	700,6
Q4A7	4,516	2,754	64,0	161	711,3
Q4A8	4,49	2,687	67,1	135	722,4
Maks	4,86	2,75	100,00	240,00	1130,60
Min	3,48	1,96	63,98	66,00	642,30
Povp.	4,27	2,42	77,50	166,00	749,20

Rezultati meritev in izračuni vlažnosti za vzorec Q4B.

Oznaka vzorca	m _v [g]	m ₀ [g]	U [%]	ER [kΩ]	XRF [cps]
Q4B1	5,069	2,72	86,4	60	
Q4B2	5,321	2,977	78,7	83	
Q4B3	4,295	2,422	77,3	82	
Q4B4	4,31	2,402	79,4	270	
Q4B5	4,666	2,541	83,6	155	
Q4B6	5,06	2,838	78,3	155	
Q4B7	4,402	2,491	76,7	166	
Q4B8	4,967	2,753	80,4	160	
Q4B9	4,757	2,668	78,3	163	
Q4B10	3,777	2,033	85,8	184	
Q4B11	3,91	2,234	75,0	203	
Q4B12	3,969	2,288	73,5	225	
Q4B13	4,269	2,55	67,4	155	
Q4B14	4,576	2,663	71,8	130	
Q4B15				270	
Maks	5,32	2,98	86,36	270,00	
Min	3,78	2,03	67,41	60,00	
povp.	4,52	2,54	78,05	164,07	

Rezultati meritev in izračuni vlažnosti za vzorec Q5B.

Oznaka vzorca	m _v [g]	m ₀ [g]	U [%]	ER [kΩ]	XRF [cps]
Q5B1	5,38	2,9	85,5	60	932
Q5B2	4,255	2,327	82,9	78	1427,1
Q5B3	4,579	2,63	74,1	234	693,3
Q5B4	4,841	2,726	77,6	183	775,1
Q5B5	4,644	2,586	79,6	124	803,73
Q5B6	4,813	2,724	76,7	136	795,84
Q5B7	5,009	2,842	76,2	160	834,87
Q5B8	5,066	2,888	75,4	139	885,45
Q5B9	4,614	2,62	76,1	144	820,66
Q5B10	4,428	2,754	60,8	189	
Q5B11	4,606	2,841	62,1	169	
Q5B12	4,036	2,727	48,0	192	
Q5B13	3,767	2,576	46,2	178	
Maks	5,4	2,9	85,5	234,00	1427,10
Min	3,8	2,3	46,2	60,00	693,30
povp.	4,6	2,7	70,9	152,77	885,34

Rezultati meritev in izračuni vlažnosti za vzorec Q5A.

Oznaka vzorca	m _v [g]	m ₀ [g]	U [%]	ER [kΩ]	XRF [cps]
Q5A1	4,953	2,625	88,7	56	
Q5A2	3,908	2,111	85,1	63	
Q5A3	3,881	2,192	77,1	166	
Q5A4	4,559	2,624	73,7	191	
Q5A5	5,008	2,911	72,0	171	
Q5A6	4,557	2,6	75,3	196	
Q5A7	3,83	2,34	63,7	258	
Q5A8	4,122	2,622	57,2	209	
Q5A9	4,57	3,052	49,7		
Maks	5,01	3,05	88,69	258,00	
Min	3,83	2,11	49,74	56,00	
povp.	4,38	2,56	71,39	163,75	

Priloga E: Rezultati meritev za robinijo (*Robinia pseudoacacia* L.).

Rezultati meritev in izračuni vlažnosti za vzorec R1A.

Oznaka vzorca	m _v [g]	m ₀ [g]	U [%]	ER [kΩ]	XRF [cps]
R1A1	3,994	2,26	76,7	29	1652,76
R1A2	3,901	2,142	82,1	275	679,08
R1A3	4,056	2,451	65,5	365	520,71
R1A4	4,312	2,564	68,2	326	502,67
R1A5	3,794	2,328	63,0	264	504,88
R1A6	3,933	2,566	53,3	269	525,73
R1A7	3,715	2,482	49,7	206	499,46
R1A8	4,29	2,871	49,4	199	
R1A9	3,957	2,694	46,9	166	
R1A10	5,172	3,609	43,3	182	
R1A11	4,827	3,424	41,0	148	
R1A12				176	
R1A13					
Maks	5,17	3,61	82,12	365,00	1652,76
Min	3,72	2,14	40,98	29,00	499,46
Povp.	4,18	2,67	58,09	217,08	697,90

Rezultati meritev in izračuni vlažnosti za vzorec R2A.

Oznaka vzorca	m _v [g]	m ₀ [g]	U [%]	ER [kΩ]	XRF [cps]
R2A1	6,062	3,712	63,3	30	803,1
R2A2	3,905	2,396	63,0	325	610,6
R2A3	4,24	2,759	53,7	337	629,5
R2A4	4,18	2,786	50,0	280	566,8
R2A5	3,644	2,451	48,7	268	571,2
R2A6	3,302	2,2	50,1	367	549,8
R2A7	3,626	2,698	34,4	447	533,5
R2A8	3,404	2,534	34,3	470	522,7
R2A9	3,366	2,528	33,1	393	526,2
R2A10	3,661	2,708	35,2	343	
R2A11	3,508	2,548	37,7	273	
Maks	6,06	3,71	63,31	470,00	803,10
Min	3,30	2,20	33,15	30,00	522,70
povp.	3,90	2,67	45,77	321,18	590,38

Rezultati meritev in izračuni vlažnosti za vzorec R2B.

Oznaka vzorca	m _v [g]	m ₀ [g]	U [%]	ER [kΩ]	XRF [cps]
R2B1	1,975	1,673	18,1	713	
R2B2	3,188	2,725	17,0	713	
R2B3	3,35	2,755	21,6	713	
R2B4	3,693	2,923	26,3	713	
R2B5	2,617	2,006	30,5	713	
R2B6	3,384	2,739	23,5	713	
R2B7	2,866	2,274	26,0	713	
R2B8	3,446	2,708	27,3	713	
R2B9	3,22	2,486	29,5	713	
R2B10	3,305	2,505	31,9	540	
R2B11	3,962	2,926	35,4	515	
R2B12				510	
Maks	3,96	2,93	35,41	713,00	
Min	1,98	1,67	16,99	510,00	
Povp.	3,18	2,52	26,10	665,17	

Rezultati meritev in izračuni vlažnosti za vzorec R3A.

Oznaka vzorca	m _v [g]	m ₀ [g]	U [%]	ER [kΩ]	XRF [cps]
R3A1	3,515	2,005	75,3	32	1775,7
R3A2	3,752	2,288	64,0	224	534,9
R3A3	3,591	2,42	48,4	227	534,3
R3A4	3,865	2,689	43,7	226	543,6
R3A5	3,679	2,494	47,5	192	538,5
R3A6	3,205	2,246	42,7	190	579,3
R3A7	3,437	2,338	47,0	193	540,7
R3A8	2,745	1,871	46,7	313	544,7
R3A9	2,976	2,253	32,1	274	553,6
R3A10	2,94	2,188	34,4	286	
Maks	3,87	2,69	75,31	313,00	1775,70
Min	2,75	1,87	32,09	32,00	534,30
povp.	3,37	2,28	48,18	215,70	682,81

Rezultati meritev in izračuni vlažnosti za vzorec R3B.

Oznaka vzorca	m _v [g]	m ₀ [g]	U [%]	ER [kΩ]	XRF [cps]
R3B1	1,569	1,322	18,7	714	
R3B2	3,086	2,655	16,2	714	
R3B3	3,065	2,574	19,1	714	
R3B4	3,136	2,5	25,4	714	
R3B5	3,139	2,474	26,9	714	
R3B6	2,896	2,244	29,1	714	
R3B7	3,002	2,431	23,5	714	
R3B8	3,463	2,693	28,6	714	
R3B9	3,274	2,502	30,9	630	
R3B10	2,97	2,217	34,0	458	
Maks	3,46	2,69	33,96	714,00	
Min	1,57	1,32	16,23	458,00	
povp.	2,96	2,36	25,23	680,00	

Rezultati meritev in izračuni vlažnosti za vzorec R4A.

Oznaka vzorca	m _v [g]	m ₀ [g]	U [%]	ER [kΩ]	XRF [cps]
R4A1	4,066	2,761	47,3	233	825,8
R4A2	3,04	2,205	37,9	238	660,2
R4A3	2,699	2,02	33,6	162	662,7
R4A4	3,031	2,289	32,4	179	702
R4A5	3,609	2,718	32,8	127	686,8
R4A6	3,225	2,295	40,5	142	740,1
R4A7	3,355	2,423	38,5	161	684,8
R4A8	3,777	2,655	42,3	146	681,3
R4A9	3,366	2,362	42,5	166	698,9
R4A10	3,264	2,162	51,0	173	691,1
R4A11	2,83	1,638	72,8	150	
Maks	4,07	2,76	72,77	238,00	825,80
Min	2,70	1,64	32,42	127,00	660,20
povp.	3,30	2,32	42,86	170,64	703,37

Priloga F: Rezultati meritev za bukev (*Fagus sylvatica* L.).

Rezultati meritev in izračuni vlažnosti za vzorec F1B.

Oznaka vzorca	m _v [g]	m ₀ [g]	U [%]	ER [kΩ]	XRF [cps]
F1B1	3,86	2,425	59,2	17	
F1B2	5,109	3,09	65,3	23	4850,05
F1B3	3,86	2,288	68,7	12	4247,44
F1B4	3,558	2,2	61,7	14	2798,84
F1B5	3,183	1,961	62,3	13	4216,14
F1B6	3,67	2,285	60,6	17	3124,34
F1B7	3,339	2,151	55,2	19	3056,6
F1B8	3,185	2,047	55,6	10	5387,93
F1B9	3,666	2,252	62,8	12	4639,98
F1B10	3,075	1,927	59,6	11	
F1B11	3,525	2,119	66,4	3	
Maks	5,11	3,09	68,71	23,00	5387,93
Min	3,08	1,93	55,23	3,00	2798,84
Povp.	3,64	2,25	61,58	13,73	4040,17

Rezultati meritev in izračuni vlažnosti za vzorec F1A.

Oznaka vzorca	m _v [g]	m ₀ [g]	U [%]	ER [kΩ]	XRF [cps]
F1A1	3,708	2,36	57,1	34	
F1A2	4,459	2,871	55,3	67	
F1A3	4,112	2,634	56,1	54	
F1A4	4,369	2,781	57,1	48	
F1A5	3,86	2,514	53,5	39	
F1A6	3,791	2,473	53,3	28	
F1A7	4,675	2,895	61,5	5	
F1A8	3,866	2,177	77,6	5	
F1A9	2,104	1,184	77,7	4	
F1A10	1,825	1,108	64,7	12	
F1A11	1,903	1,156	64,6	9	
F1A12	2,43	1,232	97,2	8	
F1A13	2,204	0,73	201,9	2	
Maks	4,68	2,90	201,92	67,00	
Min	1,83	0,73	53,30	2,00	
povp.	3,33	2,01	75,21	24,23	

Rezultati meritev in izračuni vlažnosti za vzorec F2A.

Oznaka vzorca	m _v [g]	m ₀ [g]	U [%]	ER [kΩ]	XRF [cps]
F2A1	3,045	1,848	64,8	26	927,8
F2A2	3,94	2,40	64,2	58	789,2
F2A3	4,029	2,422	66,4	56	805,2
F2A4	3,518	2,113	66,5	56	785,5
F2A5	3,798	2,298	65,3	58	780,2
F2A6	3,672	2,245	63,6	57	819
F2A7	3,676	2,231	64,8	53	757,9
F2A8	3,786	2,311	63,8	75	1065
F2A9	3,403	2,185	55,7	86	1053
F2A10	3,481	2,294	51,7	75	989,6
F2A11	3,621	2,356	53,7	59	991
F2A12	3,375	2,229	51,4	68	
F2A13	3,798	2,514	51,1	65	
Maks	4,029	2,514	66,49	86,00	1065,00
Min	3,045	1,848	51,07	26,00	757,90
povp.	3,63	2,26	60,22	60,92	887,58

Rezultati meritev in izračuni vlažnosti za vzorec F2B.

Oznaka vzorca	m _v [g]	m ₀ [g]	U [%]	ER [kΩ]	XRF [cps]
F2B1	3,586	2,119	69,2	36	
F2B2	3,85	2,335	64,9	82	
F2B3	3,939	2,343	68,1	83	
F2B4	3,835	2,424	58,2	80	
F2B5	3,888	2,515	54,6	86	
F2B6	3,623	2,318	56,3	91	
F2B7	3,371	2,192	53,8	106	
F2B8	3,635	2,366	53,6	108	
F2B9	3,518	2,289	53,7	110	
F2B10	3,606	2,341	54,0	118	
F2B11	3,35	2,199	52,3	116	
F2B12	3,642	2,378	53,2	116	
F2B13	3,519	2,303	52,8	116	
F2B14	3,66	2,518	45,4	125	
F2B15	3,194	2,191	45,8	115	
F2B16	3,484	2,37	47,0	111	
F2B17	3,177	2,136	48,7	89	
F2B18	3,775	2,452	54,0	72	
Maks	3,939	2,518	69,23	125,00	
Min	3,177	2,119	45,35	36,00	
povp.	3,59	2,32	54,76	97,78	

Rezultati meritev in izračuni vlažnosti za vzorec F4A.

Oznaka vzorca	m _v [g]	m ₀ [g]	U [%]	ER [kΩ]	XRF [cps]
F4A1	4,323	2,737	57,9	22	1094,7
F4A2	3,751	2,567	46,1	59	1096,2
F4A3	3,825	2,537	50,8	52	1407,7
F4A4	3,678	2,473	48,7	44	1326,1
F4A5	3,472	2,301	50,9	43	1274,9
F4A6	3,806	2,479	53,5	45	1363
F4A7	3,499	2,325	50,5	41	
F4A8	4,798	3	59,9	41	
F4A9	4,486	2,586	73,5	22	
F4A10	4,85	2,966	63,5	22	
F4A11	3,448	2,158	59,8	18	
Maks	4,85	3,00	73,47	59,00	1407,70
Min	3,45	2,16	46,12	18,00	1094,70
Povp.	3,99	2,56	55,93	37,18	1260,43

Rezultati meritev in izračuni vlažnosti za vzorec F4B.

Oznaka vzorca	m _v [g]	m ₀ [g]	U [%]	ER [kΩ]	XRF [cps]
F4B1	3,866	2,442	58,3	20	
F4B2	3,954	2,6	52,1	63	
F4B3	3,514	2,326	51,1	61	
F4B4	3,825	2,536	50,8	62	
F4B5	3,695	2,419	52,7	56	
F4B6	3,911	2,579	51,6	55	
F4B7	4,074	2,669	52,6	50	
F4B8	3,881	2,516	54,3	73	
F4B9	3,772	2,337	61,4	41	
F4B10	4,229	2,614	61,8	32	
F4B11	2,995	1,878	59,5	25	
Maks	4,23	2,67	61,78	73,00	
Min	3,00	1,88	50,83	20,00	
povp.	3,79	2,45	55,11	48,91	

Priloga G: Rezultati meritev za javor (*Acer pseudoplatanus* L.).

Rezultati meritev in izračuni vlažnosti za vzorec A1A.

Oznaka vzorca	m_v [g]	m_0 [g]	U [%]	ER [kΩ]	XRF [cps]
A1A1	2,421	1,641	47,5	95	980,6
A1A2	4,244	2,673	58,8	73	224,5
A1A3	4,248	2,633	61,3	74	995,8
A1A4	4,064	2,499	62,6	84	970,3
A1A5	3,862	2,381	62,2	89	942,7
A1A6	4,145	2,555	62,2	85	918
A1A7	3,679	2,259	62,9	86	943,3
A1A8	4,454	2,652	67,9	80	918,5
A1A9	4,132	2,407	71,7	81	1038,1
A1A10	3,859	2,317	66,6	89	1076,6
A1A11	4,349	2,731	59,2	91	1133,5
A1A12	3,933	2,542	54,7	85	1112,1
A1A13	4,577	2,899	57,9	80	1077,8
A1A14	4,443	2,707	64,1	64	1230,3
A1A15	4,546	2,794	62,7	71	
A1A16	4,32	2,803	54,1	72	
A1A17	4,36	2,821	54,6	86	
A1A18	4,604	2,844	61,9	71	749,1
A1A19	3,578	2,484	44	86	743,4
A1A20	2,76	1,973	39,9	89	716,3
A1A21	2,824	1,975	43	75	693
A1A22	3,161	2,118	49,2	121	
A1A23	3,895	2,526	54,2	99	
Maks	4,6	2,9	71,67	121	1230,3
Min	2,42	1,64	39,89	64	224,5
povp.	3,93	2,49	57,54	83,74	914,66

Rezultati meritev in izračuni vlažnosti za vzorec A1B.

Oznaka vzorca	m_v [g]	m_0 [g]	U [%]	ER [k Ω]	XRF [cps]
A1B1	4,229	2,654	59,3	50	
A1B2	4,191	2,589	61,9	68	
A1B3	4,109	2,441	68,3	63	
A1B4	4,032	2,333	72,8	70	
A1B5	4,061	2,297	76,8	74	
A1B6	3,966	2,172	82,6	75	
A1B7	4,339	2,375	82,7	82	
A1B8	4,273	2,356	81,4	87	
A1B9	4,206	2,409	74,6	92	
A1B10	4,204	2,416	74	89	
A1B11	4,196	2,432	72,5	92	
A1B12	4,303	2,555	68,4	103	
A1B13	4,129	2,464	67,6	114	
A1B14	3,997	2,44	63,8	100	
A1B15	5,025	3,091	62,6	94	
A1B16	3,952	2,413	63,8	108	
A1B17	4,061	2,43	67,1	126	
A1B18	4,094	2,456	66,7	127	
A1B19	3,209	1,39	130,9	131	
A1B20	3,5	2,313	51,3	129	
Maks	5,03	3,09	130,86	131	
Min	3,21	1,39	51,32	50	
povp.	4,1	2,4	72,46	93,7	

Rezultati meritev in izračuni vlažnosti za vzorec A2B.

Oznaka vzorca	m _v [g]	m ₀ [g]	U [%]	ER [kΩ]	XRF [cps]
A2B1	5,301	3,36	57,8	45	823,9
A2B2	3,627	2,351	54,3	62	889,6
A2B3	3,563	2,302	54,8	65	1193,2
A2B4	3,71	2,423	53,1	70	1106,8
A2B5	3,859	2,505	54,1	71	1112,4
A2B6	3,594	2,3	56,3	70	1132,6
A2B7	3,92	2,494	57,2	71	1121,4
A2B8	3,66	2,296	59,4	68	1187,4
A2B9	3,461	2,16	60,2	67	1224,2
A2B10	3,635	2,288	58,9	69	1282,9
A2B11	4,012	2,529	58,6	66	1277,1
A2B12	3,525	2,155	63,6	67	1104
A2B13	3,485	2,173	60,4	72	
A2B14	3,961	2,471	60,3	74	1139,2
A2B15	3,964	2,476	60,1	76	1052,5
A2B16	4,061	3,215	26,3	78	
Maks	5,3	3,36	63,57	78	1282,9
Min	3,46	2,16	26,31	45	823,9
povp.	3,83	2,47	55,95	68,19	1117,66

Rezultati meritev in izračuni vlažnosti za vzorec A2A.

Oznaka vzorca	m _v [g]	m ₀ [g]	U [%]	ER [kΩ]	XRF [cps]
A2A1	4,175	2,556	63,3	21	
A2A2	5	3,105	61	59	
A2A3	3,735	2,408	55,1	65	
A2A4	4,158	2,68	55,1	67	
A2A5	4,39	2,806	56,5	63	
A2A6	3,841	2,484	54,6	65	
A2A7	4,117	2,664	54,5	63	
A2A8	4,115	2,66	54,7	65	
A2A9	4,742	3,102	52,9	59	
A2A10	4,765	3,068	55,3	61	
A2A11	4,526	2,866	57,9	64	
A2A12	4,5	2,875	56,5	68	
A2A13	3,795	2,459	54,3	68	
A2A14	4,162	2,657	56,6	62	
A2A15	3,264	2,07	57,7	62	
A2A16	3,594	2,27	58,3	65	
A2A17	3,654	2,33	56,8		
Maks	5	3,11	63,34	68	
Min	3,26	2,07	52,87	21	
povp.	4,15	2,65	56,55	61,06	

Priloga H: Rezultati meritev za jesen (*Fraxinus excelsior* L.).

Rezultati meritev in izračuni vlažnosti za vzorec Fr1A.

Oznaka vzorca	m _v [g]	m ₀ [g]	U [%]	ER [kΩ]	XRF [cps]
Fr1A1	4,479	3,436	30,4	326	1052,8
Fr1A2	3,605	2,671	35,0	187	1226,8
Fr1A3	3,29	2,377	38,4	122	1094
Fr1A4	2,601	1,85	40,6	118	1270,2
Fr1A5	3,128	2,269	37,9	119	1417,9
Fr1A6	3,83	2,804	36,6	102	1360
Fr1A7	3,495	2,539	37,7	95	1710,2
Fr1A8	3,394	2,448	38,6	85	2015,8
Fr1A9	3,728	2,7	38,1	79	
Fr1A10	3,416	2,428	40,7	73	
Fr1A11	3,649	2,594	40,7	70	
Fr1A12	3,196	2,26	41,4	85	
Maks	4,48	3,44	41,42	326,00	2015,80
Min	2,60	1,85	30,36	70,00	1052,80
povp.	3,48	2,53	37,99	121,75	1393,46

Rezultati meritev in izračuni vlažnosti za vzorec Fr1B.

Oznaka vzorca	m _v [g]	m ₀ [g]	U [%]	ER [kΩ]	XRF [cps]
Fr1B1	2,451	1,655	48,1	226	
Fr1B2	3,76	2,628	43,1	120	
Fr1B3	2,852	1,994	43,0	96	
Fr1B4	3,413	2,47	38,2	97	
Fr1B5	3,623	2,655	36,5	88	
Fr1B6	3,384	2,464	37,3	79	
Fr1B7	4,002	2,898	38,1	75	
Fr1B8	3,32	2,415	37,5	68	
Fr1B9	3,474	2,474	40,4	59	
Fr1B10	3,315	2,38	39,3	56	
Maks	4,00	2,90	48,10	226,00	
Min	2,45	1,66	36,46	56,00	
povp.	3,36	2,40	40,15	96,40	