

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA LESARSTVO

Tone VERTAČNIK

**DOLOČITEV DEBELINE ZDRAVEGA LESA V ŽIVEM
DREVESU Z RESISTOGRAPHOM F500**

DIPLOMSKO DELO
Visokošolski strokovni študij

Ljubljana, 2007

POPRAVKI:

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA LESARSTVO

Tone VERTAČNIK

**DOLOČITEV DEBELINE ZDRAVEGA LESA V ŽIVEM DREVESU Z
RESISTOGRAPHOM F500**

DIPLOMSKO DELO
Visokošolski strokovni študij

**DETERMINATION OF THE THICKNESS OF SOUND WOOD IN A
LIVING TREE WITH THE RESISTOGRAPH F500**

GRADUATION THESIS
Higher professional studies

Ljubljana, 2007

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 pripravljeni v mizarski delavnici na isti katedri.

Senat Oddelka za lesarstvo je za mentorja diplomskega dela imenoval prof. dr. Primoža Ovna, za recenzenta pa prof. dr. Željka Goriška.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik:

Član:

Član:

Datum zagovora:

Naloga je rezultat lastnega raziskovalnega dela.

Tone Vertačnik

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD Vs
DK UDK 630*852.16
KG Resistograph F500/diskoloracija/razkroj/reakcijska cona/barierna cona/*Aesculus hippocastanum/Tilia spp./Picea abies/Abies alba/Fagus sylvatica*
AV VERTAČNIK, Tone
SA OVEN, Primož (mentor)/GORIŠEK, Željko (recenzent)
KZ SI-1000 Ljubljana, Rožna dolina, c. VIII/34
ZA Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo
LI 2007
IN DOLOČITEV DEBELINE ZDRAVEGA LESA V ŽIVEM DREVESU
Z RESISTOGRAPHOM F500
TD Diplomsko delo (visokošolski strokovni študij)
OP XVIII, 108 str., 2 pregl., 137 sl., 6 pril., 17 vir.
IJ sl
JI sl/en
AI Pri jelki, navadni smreki, bukvi, navadnem divjem kostanju in lipi smo z Resistographom F500 preiskovali stanje lesa oz. debelino zdravega lesa v živem drevesu. V raziskavo smo vključili posekana mestna drevesa z območja Ljubljana Center in vzorce sveže posekanih dreves s skladišča hlodovine. Resistograph F500 je pri vseh drevesnih vrstah zabeležil prisotnost ranega in kasnega lesa, grč, kompresijskega lesa pri iglavcih, kolesivosti, reakcijskih con, bariernih con, poranitvenega in razkrojenega lesa. Prisotnosti skorje, diskoloriranega lesa, sušine in deorientacije tkiva nismo zabeležili pri vseh preiskovanih vrstah. Podatki, ki jih pridobimo z Resistographom, so nam lahko v veliko pomoč pri odkrivanju pojava in obsegu napak v stoečih drevesih. Pri tem je pomembno, da napravo in dobljene podatke uporablja primerno izobražena in izkušena oseba, saj lahko v nasprotnem primeru pride do napačnih interpretacij in posledično nepravilnih odločitev.

KEY WORDS DOCUMENTATION

DN Vs
DC UDC 630*852.16
CX Resistograph F500/discolouration/decay/reaction zone/barrier zone/*Aesculus hippocastanum/Tilia spp./Picea abies/Abies alba/Fagus sylvatica*
AU VERTAČNIK, Tone
AA OVEN, Primož (supervisor)/GORIŠEK, Željko (co-advisor)
PP SI-1000 Ljubljana, Rožna dolina, c. VIII/34
PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Wood Science and Technology
PY 2007
TI DETERMINATION OF THE THICKNESS OF SOUND WOOD IN A LIVING TREE WITH THE RESISTOGRAPH F500
DT Graduation Thesis (Higher professional studies)
NO XVIII, 108 p., 2 tab., 137 fig., 6 ann., 17 ref.
LA sl
AL sl/en
AB Wood conditions and sound wood thickness were determined with Resistograph F500 in living trees of 2 conifers (silver fir, Norway spruce) and some broadleaved tree species with diffuse porous wood (beech, horse chestnut and lime). Samples were obtained from felled urban trees of the City of Ljubljana and from freshly cut trees from a log storage place. Resistograph F500 detected occurrence of early and late wood, compression wood, ring shakes, reaction zones, barrier zones, wound-wood and decayed wood in all the investigated species. Occurrence of the bark, discoloured wood and dehydration was not detected in all of the investigated trees. Data obtained using Resistograph F500 are helpful in detection of occurrence and determination of the extent of defects in living trees. The device should be used by educated and experienced persons to avoid misinterpretations and consequently wrong decisions.

KAZALO VSEBINE

Ključna dokumentacijska informacija	III
Key words documentation	IV
Kazalo vsebine.....	V
Kazalo preglednic	IX
Kazalo slik	X
Kazalo prilog	XVIII
1 UVOD	1
2 PREGLED OBJAV	2
2.1 ZGRADBA DREVESA IN DREVESNEGA DEBLA	2
2.2 OPIS BUKVE (<i>Fagus sylvatica</i> L.)	3
2.2.1 Makroskopski opis bukovine.....	3
2.2.2 Mikroskopski opis lesa bukve.....	3
2.3 OPIS LIPE (<i>Tilia</i> spp.)	5
2.3.1 Makroskopski opis lesa lipe.....	5
2.3.2 Mikroskopski opis lesa lipe.....	6
2.4 OPIS DIVJEGA KOSTANJA (<i>Aesculus hippocastanum</i> L.)	7
2.4.1 Makroskopski opis lesa divjega kostanca	8
2.4.2 Mikroskopski opis lesa divjega kostanca	8
2.5 OPIS NAVADNE SMREKE (<i>Picea abies</i> (L.) Karst.)	10
2.5.1 Makroskopski opis lesa navadne smreke	10
2.5.2 Mikroskopski opis lesa navadne smreke	10
2.6 OPIS JELKE (<i>Abies alba</i> Mill.)	12
2.6.1 Makroskopski opis lesa jelke.....	12
2.6.2 Mikroskopski opis lesa jelke.....	13
2.7 ZGRADBA IN ŠIRINA KSILEMSKIH BRANIK	14
2.8 SEKUNDARNE SPREMEMBE	15
2.8.1 CODIT	15
2.8.2 Model reakcijskih con	16

2.8.3	Diskoloracija, razkroj, duplina	17
2.9	METODE ZA UGOTAVLJANJE DEBELINE ZDRAVEGA LESA	
	V ŽIVEM DREVESU	21
2.9.1	Vizualne metode.....	21
2.9.2	Ostale tradicionalne metode	21
2.9.3	Novejše metode	22
2.9.4	Resistograph F500	28
3	MATERIALI IN METODE	29
3.1	IZBOR MATERIALA.....	29
3.2	OBDELAVA MATERIALA V DELAVNICI	30
3.2.1	Vizualni pregled materiala in določitev lokacij za vrtanje.....	30
3.2.2	Vrtanje (postopek).....	31
3.2.4	Merjenje gostote in volumna vzorcev	33
3.2.5	Izračuni gostote in vlažnosti	35
3.3	PRIPRAVA TRAJNIH ANATOMSKIH PREPARATOV ZA SVETLOBNO	
	MIKROSKOPIO Z DRSNIM MIKROSKOPOM	36
4	REZULTATI IN DISKUSIJA.....	37
4.1	JELKA (A1)	37
4.1.1	Vzorec A1A	37
4.1.2	Vzorec A1B.....	39
4.1.3	Vzorec A1C	41
4.1.4	Vzorec A1D	42
4.2	SMREKA (P1).....	44
4.2.1	Vzorec P1A.....	44
4.2.2	Vzorec P1B	47
4.2.3	Vzorec P1C	48
4.2.4	Vzorec P1D.....	50
4.3	DIVJI KOSTANJ (DK1).....	51
4.3.1	Vzorec DK1A	51
4.3.2	Vzorec DK1B.....	54
4.4	BUKEV (F1)	56
4.4.1	Vzorec F1A.....	56

4.4.2	Vzorec F1B	58
4.4.3	Vzorec F1C.....	60
4.4.4	Vzorec F1D.....	61
4.5	BUKEV (F2)	64
4.5.1	Vzorec F2A.....	64
4.5.2	Vzorec F2B	65
4.5.3	Vzorec F2C.....	67
4.5.4	Vzorec F2D	68
4.6	LIPA (T1)	70
4.6.1	Vzorec T1A.....	70
4.6.2	Vzorec T1B.....	72
4.6.3	Vzorec T1C.....	74
4.6.4	Vzorec T1D.....	75
4.7	LIPA (T2)	77
4.7.1	Vzorec T2A.....	77
4.7.1	Vzorec T2B.....	79
4.7.3	Vzorec T2C.....	81
4.7.4	Vzorec T2D.....	83
4.8	LIPA (T3)	85
4.8.1	Vzorec T3A.....	85
4.8.2	Vzorec T3B.....	87
4.8.3	Vzorec T3C.....	89
4.8.4	Vzorec T3D.....	90
4.8.5	Vzorec T3E	92
4.9	LIPA (T4)	94
4.9.1	Vzorec T4A.....	94
4.9.2	Vzorec T4B.....	95
4.9.3	Vzorec T4C.....	97
4.9.4	Vzorec T4D.....	99
5	SKLEPI	102
6	POVZETEK.....	104
7	VIRI	107

ZAHVALA

PRILOGE

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Vzorci, oznaka koluta, izvor materiala, datum poseka, premeri in stanje sredic.	29
Preglednica 2: Tabela vrednosti stopenj občutljivosti za določene drevesne vrste.....	31

KAZALO SLIK

Slika 1: Bukev (<i>Fagus sylvatica</i> L.) – a) prečni prerez: kolenčaste razširitve trakov na letnici in difuzen razpored trahej; b) radialni prerez: vzdolžno rezane traheje in osni trakovi; c) tangencialni prerez: visoki večredni in nizki enoredni trakovi.....	4
Slika 2: Lipa (<i>Tilia</i> spp.) – a) prečni prerez: kolenčaste razširitve trakov na letnici in difuzen razpored trahej; b) radialni prerez: vzdolžno rezane traheje, v katerih so vidne letvičaste perforacije in osni trakovi; c) tangencialni prerez: 2- do 4-redni osni trakovi, v tahejah so prisotne letvičaste perforacije ter intervaskularne piknje.....	6
Slika 3: Divji kostanj (<i>Aesculus hippocastanum</i> L.); prečni prerez – letnica, v kateri so traheje difuzno razporejene	9
Slika 4: Navadna smreka (<i>Picea abies</i> (L.) Karst.) – a) prečni prerez: traheide, aksialna smolna kanala, obdana z epitelnimi celicami; b) radialni prerez: vzdolžno rezane traheide, aksiani smolni kanal ter trakovno tkivo; c) tangencialni prerez: radialni smolni kanali, obdani z epitelnimi celicami, osno trakovno tkivo.....	11
Slika 5: Jelka (<i>Abies alba</i> Mill.) – a) prečni prerez: traheide v ranem in kasnem lesu ter osni parenhim; b) radialni prerez: vzdolžno rezane traheje, v katerih se vidijo obokane piknje in romboidni kristali, ki so prisotni v celicah traku; c) tangencialni prerez: enoredni trakovi, obokane piknje v traheidah.....	13
Slika 6: Gostota lesa v odvisnosti od širine branik pri: a) macesnu in boru, b) hrastu in jesenu, c) bukvi in javorju. (po Kollmann in Cote 1968).	14
Slika 7: a) Arbosonic decay detector, b) električno kladivo.....	23
Slika 8: Fraktometer	24
Slika 9: Shigometer: – a) starejša, b) novejša izvedba.	25
Slika 10: a) oblika vrtalne igle Resistographa, b) Resistograph F500.....	28
Slika 11: Jelka (<i>Abies alba</i> Mill.) – označitev koluta ter razporeditev lokacij vrtanja za vzorec A1.	30
Slika 12: Vstavljanje papirja v Resistograph F500.	31

Slika 13: Nastavljanje stopnje občutljivosti na zadnji strani Resistographa F500.....	32
Slika 14: Vrtanje Resistographom F500 v vzorec lipe T3.....	32
Slika 15: Razrez materiala – a) prerez koluta na pol in izrez radialne deske, b) razrez radialne deske in pridobitev radialnih vzorcev.....	33
Slika 16: Razdelitev radialnih vzorcev na manjše vzorce debeline 5 do 15 mm.....	34
Slika 17: Živosrebrni volumometer proizvajalca Amsler.....	34
Slika 18: Jelka (<i>Abies alba</i> Mill.), makroskopska slika vzorca A1A – lokaciji odvzema vzorcev za anatomska preparata A1A2 in A1A3.....	38
Slika 19: Jelka (<i>Abies alba</i> Mill.), krivulja signala Resistographa F500 pri vzorcu A1A.....	38
Slika 20: Jelka (<i>Abies alba</i> Mill.), graf gostotnega in vlažnostnega profila za vzorec A1A.....	39
Slika 21: Jelka (<i>Abies alba</i> Mill.), prečni prerez – a) vzorec A1A2: prisotnost kompresijskega lesa; b) vzorec A1A3: razkroj, prisoten v kasnem lesu, rani les intakten.....	39
Slika 22: Jelka (<i>Abies alba</i> Mill.), makroskopska slika vzorca A1B.....	40
Slika 23: Jelka (<i>Abies alba</i> Mill.), krivulja signala Resistographa F500 pri vzorcu A1B.....	40
Slika 24: Jelka (<i>Abies alba</i> Mill.), graf gostotnega in vlažnostnega profila za vzorec A1B.....	40
Slika 25: Jelka (<i>Abies alba</i> Mill.), makroskopska slika vzorca A1C.....	41
Slika 26: Jelka (<i>Abies alba</i> Mill.), krivulja signala Resistographa F500 pri vzorcu A1C.....	41
Slika 27: Jelka (<i>Abies alba</i> Mill.), graf gostotnega in vlažnostnega profila za vzorec A1C.....	42
Slika 28: Jelka (<i>Abies alba</i> Mill.), makroskopska slika vzorca A1D – lokacija odvzema vzorca za anatomski preparat A1D1.....	42
Slika 29: Jelka (<i>Abies alba</i> Mill.), krivulja signala Resistographa F500 pri vzorcu A1D.....	43
Slika 30: Jelka (<i>Abies alba</i> Mill.), graf gostotnega in vlažnostnega profila za vzorec A1D.....	43

Slika 31: Jelka (<i>Abies alba</i> Mill.), prečni prerez vzorca A1D1; kasni les razkrojen, v celični steni so vidne kavitacije.....	43
Slika 32: Navadna smreka (<i>Picea abies</i> (L.) Karst.), makroskopska slika vzorca P1A – lokacija odvzema vzorcev za anatomske preparate P1A3, P1A4 in P1A5.....	45
Slika 33: Navadna smreka (<i>Picea abies</i> (L.) Karst.), krivulja signala Resistographa F500 pri vzorcu P1A.....	45
Slika 34: Navadna smreka (<i>Picea abies</i> (L.) Karst.), graf gostotnega in vlažnostnega profila za vzorec P1A.....	46
Slika 35: Navadna smreka (<i>Picea abies</i> (L.) Karst.); prečni prerezi – a) vzorec P1A3 in b) vzorec P1A4: ob celičnih stenah prisotne hife, c) vzorec P1A5: delno in popolnoma razkrojeno tkivo.....	46
Slika 36: Navadna smreka (<i>Picea abies</i> (L.) Karst.), makroskopska slika vzorca P1B – območja 2, 3 in 4 predstavljajo les v različnih razkrojnih stopnjah.....	47
Slika 37: Navadna smreka (<i>Picea abies</i> (L.) Karst.), krivulja signala Resistographa F500 pri vzorcu P1B.....	48
Slika 38: Navadna smreka (<i>Picea abies</i> (L.) Karst.), graf gostotnega in vlažnostnega profila za vzorec P1B.....	48
Slika 39: Navadna smreka (<i>Picea abies</i> (L.) Karst.), makroskopska slika vzorca P1C – lokacija odvzema vzorca za anatomski preparat P1C1.....	49
Slika 40: Navadna smreka (<i>Picea abies</i> (L.) Karst.), krivulja signala Resistographa F500 pri vzorcu P1C – puščica prikazuje signal, ki ustreza lokaciji kasnega lesa na preparatu P1C1 (Slika 42).	49
Slika 41: Navadna smreka (<i>Picea abies</i> (L.) Karst.), graf gostotnega in vlažnostnega profila za vzorec P1C.....	49
Slika 42: Navadna smreka (<i>Picea abies</i> (L.) Karst.), prečni prerez vzorca P1C1 – dve plasti kasnega lesa.....	50
Slika 43: Navadna smreka (<i>Picea abies</i> (L.) Karst.), makroskopska slika vzorca P1D.....	50
Slika 44: Navadna smreka (<i>Picea abies</i> (L.) Karst.), krivulja signala Resistographa F500 pri vzorcu P1D.....	51
Slika 45: Navadna smreka (<i>Picea abies</i> (L.) Karst.), graf gostotnega in vlažnostnega profila za vzorec P1D.	51

Slika 46: Divji kostanj (<i>Aesculus hippocastanum</i> L.), makroskopska slika vzorca DK1A – lokacija odvzema vzorca za anatomski preparat DK1A1.....	52
Slika 47: Divji kostanj (<i>Aesculus hippocastanum</i> L.), krivulja signala Resistographa F500 pri vzorcu DK1A.....	53
Slika 48: Divji kostanj (<i>Aesculus hippocastanum</i> L.), graf gostotnega in vlažnostnega profila za vzorec DK1A.....	53
Slika 49: Divji kostanj (<i>Aesculus hippocastanum</i> L.), prečni prerez vzorca DK1A1 – prisotnost reakcijske (RC) in barierne cone (BC) ter gumoznih depozitov.....	53
Slika 50: Divji kostanj (<i>Aesculus hippocastanum</i> L.), makroskopska slika vzorca DK1B; lokacija odvzema vzorca za anatomski preparat DK1B1.....	54
Slika 51: Divji kostanj (<i>Aesculus hippocastanum</i> L.), krivulja signala Resistographa F500 pri vzorcu DK1B.....	55
Slika 52: Divji kostanj (<i>Aesculus hippocastanum</i> L.), graf gostotnega in vlažnostnega profila za vzorec DK1B.....	55
Slika 53: Divji kostanj (<i>Aesculus hippocastanum</i> L.), prečni prerez vzorca DK1B1; (PP) prečno usmerjeno tkivo debla in (RP) radialno usmerjen les veje.....	55
Slika 54: Bukev (<i>Fagus sylvatica</i> L.), makroskopska slika vzorca F1A – lokacija odvzema vzorca za anatomski preparat F1A3.....	57
Slika 55: Bukev (<i>Fagus sylvatica</i> L.), krivulja signala Resistographa F500 pri vzorcu F1A.....	57
Slika 56: Bukev (<i>Fagus sylvatica</i> L.), graf gostotnega in vlažnostnega profila za vzorec F1A.....	57
Slika 57: Bukev (<i>Fagus sylvatica</i> L.), prečni prerez vzorca F1A3 – povečana prisotnost kasnega lesa.....	58
Slika 58: Bukev (<i>Fagus sylvatica</i> L.), makroskopska slika vzorca F1B – lokacija odvzema vzorca za anatomski preparat F1B1.....	59
Slika 59: Bukev (<i>Fagus sylvatica</i> L.), krivulja signala Resistographa pri vzorcu F1B.....	59
Slika 60: Bukev (<i>Fagus sylvatica</i> L.), graf gostotnega in vlažnostnega profila za vzorec F1B.....	59
Slika 61: Bukev (<i>Fagus sylvatica</i> L.), prečni prerez vzorca F1B1 – v trahejah tile, depoziti v aksialnem in prečnem parenhimu ter v celicah osnovnega tkiva.....	60
Slika 62: B Bukev (<i>Fagus sylvatica</i> L.), makroskopska slika vzorca F1C.....	61

Slika 63: Bukev (<i>Fagus sylvatica</i> L.), krivulja signala Resistographa F500 pri vzorcu F1C.....	61
Slika 64: Bukev (<i>Fagus sylvatica</i> L.), graf gostotnega in vlažnostnega profila za vzorec F1C.....	61
Slika 65: Bukev (<i>Fagus sylvatica</i> L.), makroskopska slika vzorca F1D – lokacija odvzema vzorca za anatomski preparat F1D1.....	62
Slika 66: Bukev (<i>Fagus sylvatica</i> L.), krivulja signala Resistographa F500 pri vzorcu F1D.....	63
Slika 67: Bukev (<i>Fagus sylvatica</i> L.), graf gostotnega in vlažnostnega profila za vzorec F1D.....	63
Slika 68: Bukev (<i>Fagus sylvatica</i> L.), prečni prerez vzorca F1D1– barierna cona (BC), parenhimske celice, zapolnjene z modro ali rdeče obarvanimi obložinami.....	63
Slika 69: Bukev (<i>Fagus sylvatica</i> L.), makroskopska slika vzorca F2A.....	65
Slika 70: Bukev (<i>Fagus sylvatica</i> L.), krivulja signala Resistographa F500 pri vzorcu F2A.....	65
Slika 71: Bukev (<i>Fagus sylvatica</i> L.), graf gostotnega in vlažnostnega profila za vzorec F2A.....	65
Slika 72: Bukev (<i>Fagus sylvatica</i> L.), makroskopska slika vzorca F2B.....	66
Slika 73: Bukev (<i>Fagus sylvatica</i> L.), krivulja signala Resistographa F500 pri vzorcu F2B.....	66
Slika 74: Bukev (<i>Fagus sylvatica</i> L.), graf gostotnega in vlažnostnega profila za vzorec F2B.....	67
Slika 75: Bukev (<i>Fagus sylvatica</i> L.), makroskopska slika vzorca F2C.....	68
Slika 76: Bukev (<i>Fagus sylvatica</i> L.), krivulja signala Resistographa pri vzorcu F2C.	68
Slika 77: Bukev (<i>Fagus sylvatica</i> L.), graf gostotnega in vlažnostnega profila za vzorec F2C.	68
Slika 78: Bukev (<i>Fagus sylvatica</i> L.), makroskopska slika vzorca F2D.....	69
Slika 79: Bukev (<i>Fagus sylvatica</i> L.), krivulja signala Resistographa pri vzorcu F2D.	69
Slika 80: Bukev (<i>Fagus sylvatica</i> L.), graf gostotnega in vlažnostnega profila za vzorec F2D.	69

Slika 81: Lipa (<i>Tilia</i> spp.), makroskopska slika vzorca T1A – lokacija odvzema vzorca za anatomski preparat T1A1	71
Slika 82: Lipa (<i>Tilia</i> spp.), krivulja signala Resistographa F500 pri vzorcu T1A.	71
Slika 83: Lipa (<i>Tilia</i> spp.), graf gostotnega in vlažnostnega profila za vzorec T1A.....	71
Slika 84: Lipa (<i>Tilia</i> spp.), anatomski preparat T1A1 – zelo široka reakcijska cona, traheje in parenhimske celice, zapolnjene z rdeče obarvanimi gumoznimi depoziti.	72
Slika 85: Lipa (<i>Tilia</i> spp.), makroskopska slika vzorca T1B.	73
Slika 86: Lipa (<i>Tilia</i> spp.), krivulja signala Resistographa F500 pri vzorcu T1B.....	73
Slika 87: Lipa (<i>Tilia</i> spp.), graf gostotnega in vlažnostnega profila za vzorec T1B.	73
Slika 88: Lipa (<i>Tilia</i> spp.), makroskopska slika vzorca T1C.	74
Slika 89: Lipa (<i>Tilia</i> spp.), krivulja signala Resistographa F500 pri vzorcu T1C.....	75
Slika 90: Lipa (<i>Tilia</i> spp.), graf gostotnega in vlažnostnega profila za vzorec T1C.	75
Slika 91: Lipa (<i>Tilia</i> spp.), makroskopska slika vzorca T1D.	76
Slika 92: Lipa (<i>Tilia</i> spp.), krivulja signala Resistographa F500 pri vzorcu T1D.	76
Slika 93: Lipa (<i>Tilia</i> spp.), graf gostotnega in vlažnostnega profila za vzorec T1D.....	77
Slika 94: Lipa (<i>Tilia</i> spp.), makroskopska slika vzorca T2A– lokacija odvzema vzorca za anatomski preparat T2A1.....	78
Slika 95: Lipa (<i>Tilia</i> spp.), krivulja signala Resistographa F500 pri vzorcu T2A.	78
Slika 96: Lipa (<i>Tilia</i> spp.), graf vlažnostnega profila za vzorec T2A.	79
Slika 97: Lipa (<i>Tilia</i> spp.), prečni prerez vzorca T2A1– prisotna reakcijska cona (RC), rdeče obarvani depoziti v trahejah in trakovnem parenhimu.....	79
Slika 98: Lipa (<i>Tilia</i> spp.), makroskopska slika vzorca T2B.	80
Slika 99: Lipa (<i>Tilia</i> spp.), krivulja signala Resistographa F500 pri vzorcu T2B.....	80
Slika 100: Lipa (<i>Tilia</i> spp.), graf gostotnega in vlažnostnega profila za vzorec T2B.	81
Slika 101: Lipa (<i>Tilia</i> spp.), makroskopska slika vzorca T2C – lokacija odvzema vzorca za anatomski preparat T2C1.	82
Slika 102: Lipa (<i>Tilia</i> spp.), krivulja signala Resistographa F500 pri vzorcu T2C.....	82
Slika 103: Lipa (<i>Tilia</i> spp.), graf gostotnega in vlažnostnega profila za vzorec T2C.	82

Slika 104: Lipa (<i>Tilia</i> spp.), prečni prerez vzorca T2C1 – a) barierna cona (BC), sestavljena iz debelostenih neurejenih parenhimskih celic, b) prečni prerez poranitvenega lesa, ki vključuje sekundarni floem, najverjetneje trakovno floemsko tkivo (FT).....	83
Slika 105: Lipa (<i>Tilia</i> spp.), makroskopska slika vzorca T2D.....	84
Slika 106: Lipa (<i>Tilia</i> spp.), krivulja signala Resistographa F500 pri vzorcu T2D.	84
Slika 107: Lipa (<i>Tilia</i> spp.), graf vlažnostnega profila za vzorec T2D.	84
Slika 108: Lipa (<i>Tilia</i> spp.), makroskopska slika vzorca T3A – lokacij odvzema vzorcev za anatomskejki preparat T3A1 in T3A2.....	86
Slika 109: Lipa (<i>Tilia</i> spp.), krivulja signala Resistographa F500 pri vzorcu T3A.	86
Slika 110: Lipa (<i>Tilia</i> spp.), graf gostotnega in vlažnostnega profila za vzorec T3A.....	86
Slika 111: Lipa (<i>Tilia</i> spp.); a) prečni prerez vzorca T3A1: nenavadne strukture ki spominjajo na floemski trak (FT), b) prečni prerez vzorca T3A2: poranitveni les, ki vsebuje manj trahej.	87
Slika 112: Lipa (<i>Tilia</i> spp.), makroskopska slika vzorca T3B.	88
Slika 113: Lipa (<i>Tilia</i> spp.), krivulja signala Resistographa F500 pri vzorcu T3B.....	88
Slika 114: Lipa (<i>Tilia</i> spp.), graf gostotnega in vlažnostnega profila za vzorec T3B.	88
Slika 115: Lipa (<i>Tilia</i> spp.), makroskopska slika vzorca T3C.	89
Slika 116: Lipa (<i>Tilia</i> spp.), krivulja signala Resistographa F500 pri vzorcu T3C.....	89
Slika 117: Lipa (<i>Tilia</i> spp.), graf vlažnostnega profila za vzorec T3C.	90
Slika 118: Lipa (<i>Tilia</i> spp.), makroskopska slika vzorca T3D.	91
Slika 119: Lipa (<i>Tilia</i> spp.), krivulja signala Resistographa F500 pri vzorcu T3D.	91
Slika 120: Lipa (<i>Tilia</i> spp.), graf gostotnega in vlažnostnega profila za vzorec T3D.....	91
Slika 121: Lipa (<i>Tilia</i> spp.), makroskopska slika vzorca T3E.....	93
Slika 122: Lipa (<i>Tilia</i> spp.), krivulja signala Resistographa F500 pri vzorcu T3E.....	93
Slika 123: Lipa (<i>Tilia</i> spp.), graf gostotnega in vlažnostnega profila za vzorec T3E.	93
Slika 124: Lipa (<i>Tilia</i> spp.), makroskopska slika vzorca T4A.	94
Slika 125: Lipa (<i>Tilia</i> spp.), krivulja signala Resistographa F500 pri vzorcu T4A.	95
Slika 126: Lipa (<i>Tilia</i> spp.), graf vlažnostnega profila za vzorec T4A.	95
Slika 127: Lipa (<i>Tilia</i> spp.), makroskopska slika vzorca T4B.	96
Slika 128: Lipa (<i>Tilia</i> spp.), krivulja signala Resistographa F500 pri vzorcu T4B.....	96
Slika 129: Lipa (<i>Tilia</i> spp.), graf gostotnega in vlažnostnega profila za vzorec T4B.	97

Slika 130: Lipa (<i>Tilia</i> spp.), makroskopska slika vzorca T4C – lokacija odvzema vzorca za anatomski preparat T4C1.....	98
Slika 131: Lipa (<i>Tilia</i> spp.), krivulja signala Resistographa F500 pri vzorcu T4C.....	98
Slika 132: Lipa (<i>Tilia</i> spp.), graf gostotnega in vlažnostnega profila za vzorec T4C.....	99
Slika 133: Lipa (<i>Tilia</i> spp.), prečni prerez vzorca T4C1 – pojav hif ob celičnih stenah vlaken in trahej, porušene celične stene nakazujejo začetek razkroja.....	99
Slika 134: Lipa (<i>Tilia</i> spp.), makroskopska slika vzorca T4D – lokacija odvzema vzorca za anatomski preparat T4D1.....	100
Slika 135: Lipa (<i>Tilia</i> spp.), krivulja signala Resistographa F500 pri vzorcu T4D.....	100
Slika 136: Lipa (<i>Tilia</i> spp.), graf vlažnostnega profila za vzorec T4D.....	101
Slika 137: Lipa (<i>Tilia</i> spp.), prečni prerez vzorca T4D1 – zelo široka reakcijska cona, traheje in parenhimske celice, zapolnjene z rdečeobarvanimi gumoznimi depoziti.....	101

KAZALO PRILOG

- Priloga A: Rezultati meritev za jelko (*Abies alba* Mill.).
Priloga B: Rezultati meritev za navadno smreko (*Picea abies* (L.) Karst.).
Priloga C: Rezultati meritev za divji kostanj (*Aesculus hippocastanum* L.).
Priloga D: Rezultati meritev za bukev (*Fagus sylvatica* L.).
Priloga E: Rezultati meritev za lipo (*Tilia* spp.).
Priloga F: Razporeditev lokacij vrtanja na posameznem kolutu.

1 UVOD

Pri ugotavljanju varnostnega stanja dreves v urbanem okolju je med drugim treba čim bolj zanesljivo oceniti debelino neprizadetega lesnega tkiva. Za določanje debeline zdravega lesa v živem drevesu je na razpolago več metod. Uporaba Resistographa F500 spada med manj destruktivne, a je uporabnost te tehnike pri različnih drevesnih vrstah kot tudi v lesu, ki je spremenjen zaradi različnih stopenj sekundarnih sprememb, skromneje raziskana. V eksperimentskem tkivu z različnimi razvojnimi fazami sekundarnih sprememb bomo poskušali določiti obseg zdravega lesa z Resistographom F500.

Menimo, da je pri vrstah z izrazitimi reakcijskimi conami mogoče z Resistographom F500 zanesljivo določiti obseg (delež) zdravega lesa.

Iz debel posekanih dreves bomo izžagali kolute, ki bodo vsebovali različne razvojne in pojavne oblike sekundarnih sprememb. Vzorce bomo obdelali v mizarski delavnici, jih skrbno vizualno preiskali in z Resistographom F500 ugotavljali obseg zdravega lesnega tkiva. Po potrebi bomo izdelali anatomske preparate proučevanih tkiv.

Cilj diplomske naloge je bil pri drevesnih vrstah: jelka (*Abies alba* Mill.), navadna smreka (*Picea abies* (L.) Karst.), divji kostanj (*Aesculus hippocastanum* L.), bukev (*Fagus sylvatica* L.) in lipa (*Tilia* spp.) raziskati:

- stanje lesa z Resistographom F500,
- anatomijo proučevanih tkiv, ter
- izmeriti gostoto in vlažnost proučevanih tkiv.

2 PREGLED OBJAV

2.1 ZGRADBA DREVESA IN DREVESNEGA DEBLA

Les sestavlja 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 svojskimi 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 OPIS BUKVE (*Fagus sylvatica* L.)

Bukov je najbolj razširjen listavec pri nas in sodi med industrijsko zelo pomembne drevesne vrste. Razširjena je po dolinah in sredogorjih zahodne, srednje in južne Evrope, severne Afrike, centralne in severne Azije, Japonske in Severne Amerike. Bukov pri nas dosega višine do 40 metrov, priložnostno tudi več, s prsnimi premeri do 80 cm. V sestojih rastejo drevesa s polnolesnimi ravnimi debli, dolžina debel brez vej pa znaša 15 metrov in več. Skorja je gladka, ker ostane prvi periderm aktivен vse življenje drevesa (Merela 2002).

2.2.1 Makroskopski opis bukovine

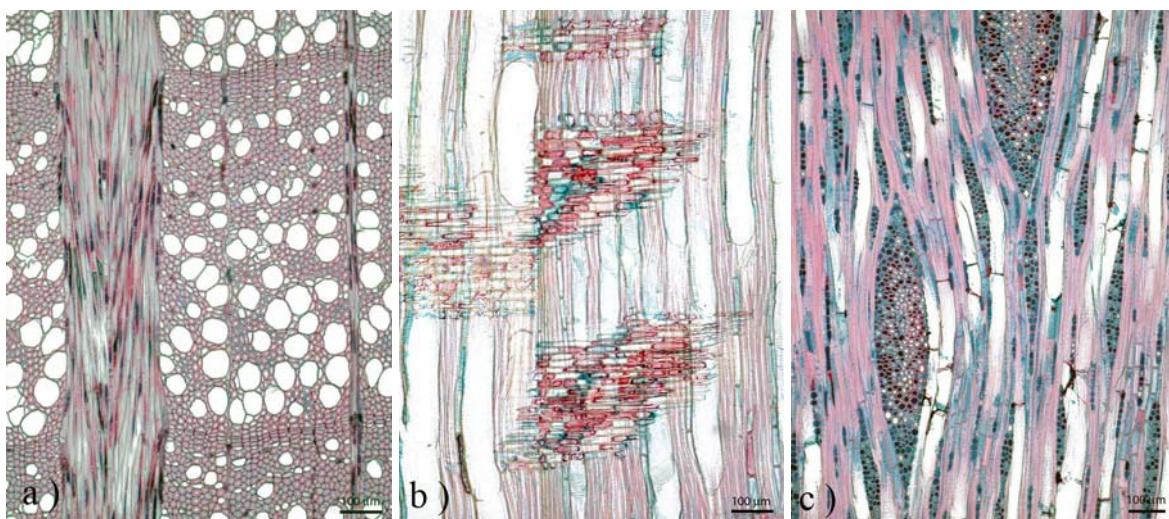
Sveža bukovina je rdečkasto bele barve (beljava), suh les pa je rumenkasto bel. Pri starejših drevesih se na prečnem prerezu običajno pojavlja nepravilno oblikovan, rdeče rjav diskoloriran les, ki ga imenujemo *rdeče srce*. Branike so dobro ločljive tudi s prostim očesom. Kasni les z manj trahejami je nekoliko temnejši od ranega. Difuzno razporejene traheje velikostnega reda od 80 do 100 μm so na prečnem prerezu vidne le z lupo. Značilni številni široki trakovi so na tangencialni površini vidni kot rdečkasta vretenca, na radialni površini pa kot očitna, do več milimetrov visoka zrcalca (Merela 2002).

2.2.2 Mikroskopski opis lesa bukve

Traheje so razporejene difuzno, bodisi posamič ali v radialnih skupinicah (2–4 traheje). Trahejni členi so relativno dolgi (580 μm) z izrazito poševnimi enostavnimi in leštičastimi perforacijami, slednje prevladujejo v kasnem lesu. Premer trahej v prečnem prerezu je od 8 μm v kasnem in do 85 μm v ranem lesu (Slika 1). Površinska gostota je od 80 do 160 trahej na mm^2 površine, volumski delež trahej pa je od 24,6 do 52,5 % (Wagenführ 1996; cit. po Merela 2002). Traheje so med seboj povezane z nasprotnimi in/ali leštičastimi intervaskularnimi piknjami (Merela 2002).

Mnenja o osnovnem vlaknenem tkivu so deljena. Osnovno tkivo po Braunu (Braun 1998; cit. po Merela 2002) so vlknaste traheide z obokanimi piknjami, vidne v radialnem prerezu. Wagenführ (1996) navaja, da kot osnovno tkivo prevladujejo libriformska vlakna, manjši delež predstavljajo vlknaste traheide, posamič pa naj bi bile prisotne tudi vazicentrične traheide (delež od 0,4 do 1,2 %). Dvojna debelina celičnih sten osnovnih tkiv

je od 3,6 do 10,3 μm , premer lumnov pa je od 3,5 do 11,2 μm . Vlaknaste traheide so dolge od 600 do 1300 μm , njihov volumski delež pa je od 25,2 do 57,2 % (Wagenführ 1996; cit. po Merela 2002). Traheide skupaj s trahejami sodelujejo pri prevajjanju vode. Povezava prevodnega sistema med zaporednima branikama poteka po traheidah (Merela 2002). Bukovina ima dva različna tipa trakov, ki se ločijo predvsem po velikosti. Trakovi so zato v prečnem prerezu navidez neenakomerno razporejeni, pri čemer je mogoče opaziti dokaj enakomerno razdaljo med širokimi trakovi. Razdalja med njimi je od 0,5 do 1 mm. Visoki so od 50 do 400 μm in široki od 30 do 200 μm , sestavlja pa jih od 2 do 25 celic. Na razdalji enega milimetra se v tangencialni smeri lahko nahaja od 2 do 5 širokih trakov. Manjši trakovi so enoredni, visoki od 60 do 1000 μm (15–100 celic) in široki od 20 do 60 μm . Na enem milimetru (v tangencialni smeri) je od 3 do 9 trakov (Slika 1). Volumski delež trakovnega tkiva je od 11,2 do 21,2 % (Wagenführ 1996; cit. po Merela 2002). Trakovno tkivo je heterogeno, tipa III, kar pomeni, da je osrednji del traku sestavljen iz ležečih celic, na robovih pa je po ena vrsta kvadratastih celic. Trakovi se na letnicah kolenčasto razširijo. Piknje med trakovi in trahejami so velike in ovalne ter velike in režaste. Razpored aksialnega parenhima v prečnem prerezu je apotrahealen difuzen, lahko pa je tudi difuzen v kratkih tangencialnih pasovih (Merela 2002).



Slika 1: Bukev (*Fagus sylvatica* L.) – a) prečni prerez: kolencaste razširitve trakov na letnici in difuzen razpored trahej; b) radialni prerez: vzdoljno prerezane traheje in osni trakovi; c) tangencialni prerez: visoki večredni in nizki enoredni trakovi.

2.3 OPIS LIPE (*Tilia spp.*)

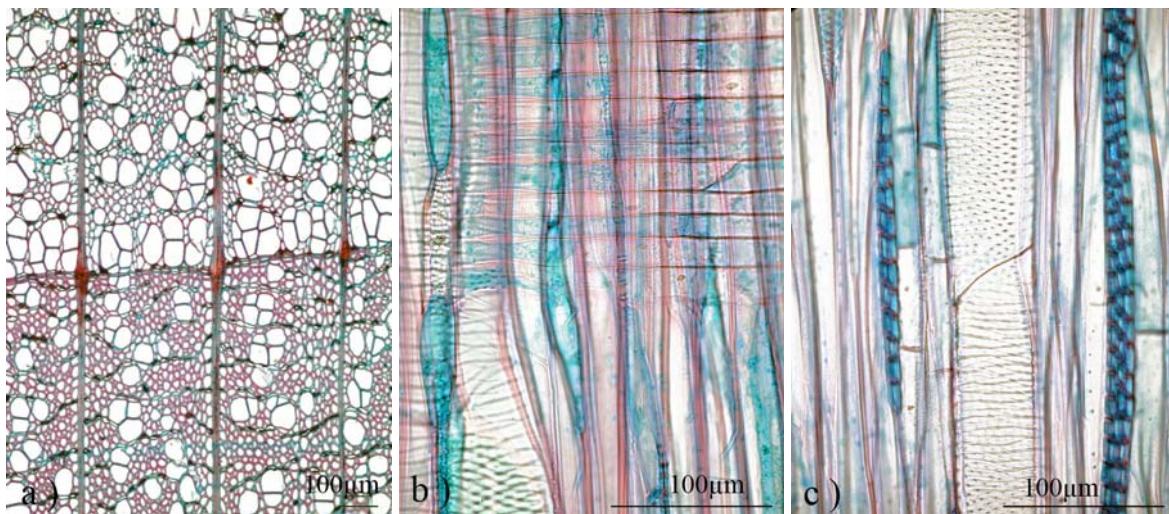
Lipa je srednje in južnoevropska vrsta. Na severu je razširjena do juga Velike Britanije, srednje Nemčije in Poljske. Raste še na severozahodnem delu Pirenejskega polotoka, pa tudi na Apeninskem in Balkanskem polotoku in zahodu Male Azije. Naravno je razširjena na velikem delu Slovenije. Čistih lipovih sestojev nimamo, največkrat jo najdemo kot primes v hrastovih in bukovih združbah v gorskem pasu, pogosto v družbi velikega jesena, gorskega javorja, gorskega bresta in lipovca. Pogosta je kot okrasno drevo, zlasti v vaških središčih, na trgih in ob cerkvah. Lipa je do 40 m visoko in do kar 5 m debelo listopadno drevo. Deblo je ravno in pravilno, krošnja na prostem široka in debelo vejnata, v gozdu ožja. Skorja je sivorjava, včasih rahlo rdečkasta in podobna skorji lipovca, le da je v starosti bolj razpokana (Brus 2004).

2.3.1 Makroskopski opis lesa lipe

Pri lipi se beljava in jedrovina barvno ne ločita. Les je belkaste do rumenkaste barve, pogosto rdečkaste ali svetlo rjavo tonirane, včasih z zelenimi progami ali madeži, z motnim leskom, lahko tudi s temnim diskoloriranim lesom. Pri lipi so letnice manj izrazite, traheje so enakomerno porazdeljene in trakovi so v dokaj širokih razmakih, v prečni smeri s prostim očesom slabše vidni. Značilne so vzdolžne površine s finimi razami. V radialnem pogledu so trakovi vidni kot očitna temnejša zrcala. Les je svetel, nedekorativen, mehak in srednje gost (gostota $R = 320...490...560 \text{ kg/m}^3$). Gostota precej niha zaradi vrste in rastišča (Čufar 2006).

2.3.2 Mikroskopski opis lesa lipe

Les lipe je difuzno porozen z razločnimi branikami: Traheje so lahko lahko v skupinah, kadar so posamične so v prečnem prerezu oglate. Perforirane ploščice so enostavne. Intervaskularne piknje so izmenične in po obliki poligonalne, majhne ($4-7\mu\text{m}$) in srednje velike ($7-10\mu\text{m}$). Piknje med tahejami in takovi različno obokane, po obliki in velikosti podobnje intervaskularnim piknjam. Obokane piknje v vlaknih so lahko enostavne, razločno ali neznatno obokane. Aksialen parenhim difuzen v aggregatih, marginalen ali navidezno marginalen. Trakovi najpogosteje 3- 4 redni, visoki okrog 1mm. Trakove prestavlja pretežno ležeče celice, na robovih se nahajajo pokončno (Slika 2). Lahko so prisotne ovojne celice (Inside wood 2007).



Slika 2: Lipa (*Tilia spp.*) – a) prečni prerez: kolenčaste razširitve trakov na letnici in difuzen razpored trahej; b) radialni prerez: vzdolžno rezane traheje, v katerih so vidne letvičaste perforacije in osni trakovi; c) tangencialni prerez: 2- do 4-redni osni trakovi, v tahejah so prisotne letvičaste perforacije ter intervaskularne piknje.

2.4 OPIS DIVJEGA KOSTANJA (*Aesculus hippocastanum* L.)

Poznamo približno 25 vrst divjega kostanja. Raste v zmerni klimi. Pri nas je najpogosteji navadni divji kostanj (*Aesculus hippocastanum* L.), manj pogosti pa so rdečecvetni divji kostanj (*Aesculus x carnea*), ki je križanec med divjim kostanjem in ameriškim rdečecvetnim grmastim divjim kostanjem (*Aesculus pavid*) (Brus 1994; cit. po Kokolj 2001). Zraste le nekaj metrov v višino in je zelo redek pri nas. Njegova prava domovina je severna Grčija, Albanija, del Makedonije in del Bolgarije. Čeprav glede tal ni zahteven, mu najbolj ustreza vlažna rastišča nižinskih gozdov na peščenih nanosih, ki so zelo pogosta v dolini Črnega Drima v Makedoniji. Tam divji kostanj raste v za naše razmere zelo nenavadni družbi – z orehom, vzhodno platano, jesenom, ostrolistnim javorjem in jelšo. V Grčiji in Albaniji pogosto raste precej visoko v hribih in zlahka prenaša temperaturo do 30°C.

Že zelo zgodaj so navadni divji kostanj začeli saditi po vsej Evropi, zato ga danes najpogosteje srečujemo v parkih, drevoredih kot dragoceno okrasno drevo s široko, košato krošnjo z velikim premerom. Navadni divji kostanj je pomemben kot meliorator tal v gozdovih, saj njegovi listi, ki padajo na tla, zelo hitro razpadajo in tako bogatijo tla. Kostanjevo oglje se uporablja za smodnik, ki se uporablja za naboje. Navadni divji kostanj se uporablja tudi v farmaciji, saj so že v času turških vojn Turki njegove plodove uporabljali za zdravljenje nekaterih konjskih bolezni. Od tod izhaja kostanju tudi ime *hippocastanum* (*hippo* – konj, *castanium* – kostanj) tudi ang. *horsechesnut*.

Navadni divji kostanj (*Aesculus hippocastanum* L.) zraste v povprečju od 15 do 20 metrov, poredkoma tudi do 30 metrov v višino (Brus 1994; cit. po Kokolj 2001). Deblo navadnega divjega kostanja je ravno in relativno kratko ter doseže v premer do 100 cm, pa tudi do 150 ali 200 cm. Lubje je temno rjave do sivorjave barve, je približno 1 cm debelo in razvija tanke luske. Krošnja navadnega divjega kostanja je lahko tesna ali široka, odvisno od položaja drevesa, sestavlja pa jo krepke in ošiljene glavne veje. Koreninski sistem navadnega divjega kostanja doseže v globino do 8 m in v horizontalni smeri od 10 do 15 m, včasih tudi do 20 m.

Divji kostanj doseže popolno zrelost pri 10 do 15 letih, od takrat naprej vsako leto močno cveti med aprilom in majem (Brus 1994; cit. po Kokolj 2001).

Plodovi, ki se razvijejo, so bodeče zelene glavice, ki razпадajo na tri dele. V njih so ena do tri okroglasta, bleščeča kostanjeva rjava semena z značilno belo liso. Semena so nekoliko podobna semenom pravega kostanja, le da nimajo značilnega repka. Zaradi te podobnosti je dobil navadni divji kostanj tudi ime, čeprav si nista v sorodu (Kokolj 2001).

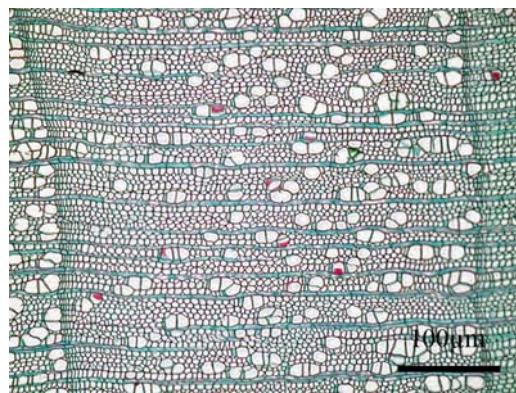
2.4.1 Makroskopski opis lesa divjega kostanja

Divji kostanj spada med difuzno (raztreseno) porozne drevesne vrste. Sekundarne spremembe v lesu navadnega divjega kostanja, zlasti ojedritev, še niso zadovoljivo pojasnjene. Grosser opisuje navadni divji kostanj kot vrsto, pri kateri se beljava in jedrovina barvno ne ločita in ga uvršča v skupino dreves, pri katerih se v osrednjem delu debla razvija zrelina (Grosser 1977; cit. po Kokolj 2001). Vsekakor navadni divji kostanj nima obarvane jedrovine (črnjave), v osrednjem delu debla pa se pogosto razvije rjavkasto-rdeče obarvana diskoloracija. Les je svetel, rumenkasto bel, rahlo rdečkasto rjave barve. Letnice so v prečnem prerezu vidne kot svetle linije. Traheje so v prečnem prerezu z lupo komaj vidne, prav tako trakovi. Na vzdolžnih površinah ima les divjega kostanca fine reže in je rahlo progast zaradi nekoliko temnejšega kasnega lesa. Les je pogosto zavite rasti, relativno lahek ter mehak in srednje gost ($R = 510 \text{ kg/m}^3$). V lesni industriji nima tolikšnega poudarka. Les se uporablja kot furnir v pohištveni industriji, v rezbarstvu in strugarstvu, za ortopedske pripomočke, škatle za cigare, risalne deske, teniške loparje, izdelavo lutk in kipov (Tsoumis 1991; cit. po Kokolj 2001). Prav tako se uporablja v parketarstvu, za pakiranje in v slikarstvu (žgane slike) (Kokolj 2001).

2.4.2 Mikroskopski opis lesa divjega kostanca

V prečnem prerezu so traheje razporejene difuzno – posamič in v radialnih skupinah tudi do 7 celic – in v manjših gnezdih. So številne, 100 do 150 trahej na mm^2 (Grösser 1977; cit. po Kokolj 2001) oz. 60 do 105 trahej na mm^2 (Wagenführ 1996; cit. po Kokolj 2001). V prečnem prerezu so lahko rahlo oglate in majhne, s tangencialnim premerom od 40 do 60 μm in redkeje do 80 μm (Grosser 1977; Wagenführ 1996; cit. po Kokolj 2001). V vzdolžnem prerezu so vidne enostavne perforacije in spiralne odebilitve. V trahejah zasledimo gumozne depozite in priložnostno tile, ki so posamezne in se pojavljajo v diskoloraciji. V lesu divjega kostanca je od 5,5 do 12,7 % trahej oz. por (Grosser 1977; cit. po Kokolj 2001).

Aksialen parenhim je izključno pičel v kasnem lesu. Razpored aksialnega parenhima je apotrahealen oz. difuzen. Trakovi so v navadnem divjem kostanju izključno enoredni, v povprečju visoki 10 celic, maksimalna višina pa je od 25–30 celic (60–540 μm) (Wagenführ 1996; cit. po Kokolj 2001). Širina je 8–14 μm , tudi do 19 μm v tangencionalni smeri. Trakovno tkivo je homogeno (Slika 3). V lesu divjega kostanja je od 13,1 do 16,8 % trakov in na 1 mm dolžine se običajno nahaja 12–16 trakov (Grosser 1977; Wagenführ 1996; cit. po Kokolj 2001). Osnovno tkivo divjega kostanja so libriformska vlakna, ki so razporejena v skoraj pravilnih radialnih nizih (Grosser 1977; cit. po Kokolj 2001). Debelina stene libriformskega vlakna znaša 2,5–4,5 μm , pa tudi do 5,5 μm . Premer vlaken je od 4,5–13,0 μm . Dolžina libriformskega vlakna je od 640–660 μm (Slika 3). V lesu divjega kostanja je od 74–78 % vlaken (Wagenführ 1996; cit. po Kokolj 2001).



Slika 3: Divji kostanj (*Aesculus hippocastanum* L.); prečni prerez – letnica, v kateri so traheje difuzno razporejene.

2.5 OPIS NAVADNE SMREKE (*Picea abies* (L.) Karst.)

Smreka je avtohtona v severni Evropi in gorovjih srednje Evrope, vendar se je zaradi gospodarjenja z gozdovi razširila po vsem kontinentu. Za smreko je značilno ravno, vitko, polnolesno in dokaj cilindrično deblo z malo vejami (razen prosto rastočih smrek, ki so malolesne in grčave). Maksimalne višine so 30 do 50 m (redko do 60 m), premeri pa do 120 cm (nekatere tudi do 200 cm) (Čufar 2006).

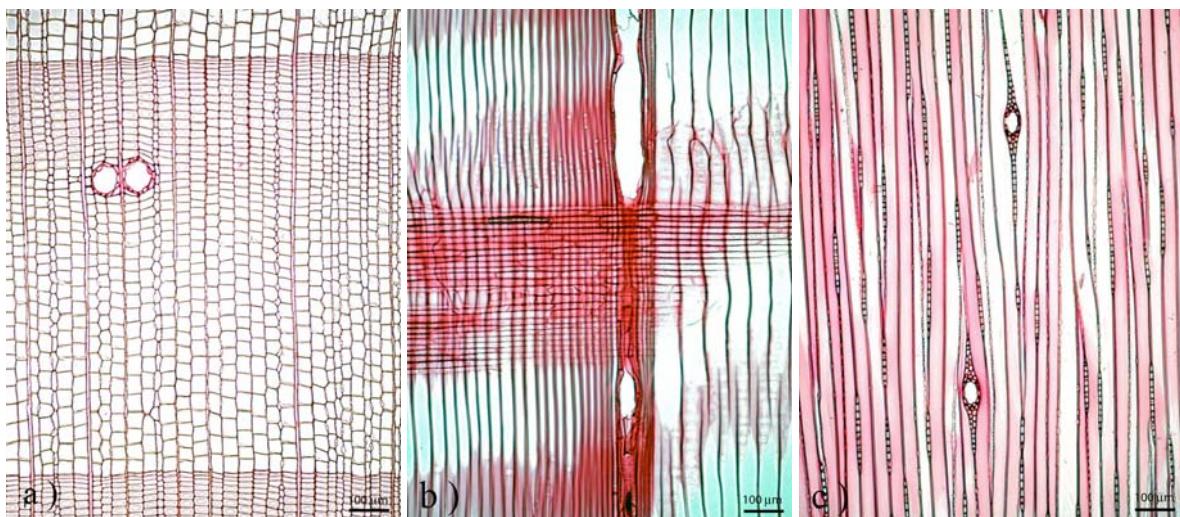
2.5.1 Makroskopski opis lesa navadne smreke

Smrekovina ima neobarvano jedrovino, zato se beljava in jedrovina barvno ne ločita. Je večinoma rumenobelkaste barve s svilnatim leskom, v starosti tudi rumenkastorjav. Prehod iz svetlega, belkastega ranega lesa do rdečkastorumenega kasnega lesa je večinoma postopen. Branike so zelo razločne in njihova širina variira od ozkih do zelo širokih. Poskobljane površine imajo svilnat lesk. Svež les diši po smoli. Smreka vsebuje smolne kanale, ki so majhni in vidni le s pomočjo lupe, pretežno posamezni. Pri večjih vzorcih so vidni smolni žepki. Les je mehek in srednje gost (gostota $R = 300\ldots 430\ldots 640 \text{ kg/m}^3$). Smrekovina je zelo podobna jelovini. Glavni znak za ločevanje obeh vrst so normalni smolni kanali, ki jih ima samo smrekovina. Potek aksialnih elementov je premočrten (Čufar 2006).

2.5.2 Mikroskopski opis lesa navadne smreke

Pri navadni smreki (*Picea abies*) približno 95 % lesnega tkiva predstavljajo traheide. Traheida je mrtva neperforirana lesna celica, dolžine med 1700–3700 μm (Slika 4), ki jo s kongeneričnimi elementi povezujejo obokane piknje (Torelli 1990; cit. po Zupan 2005). Obokane piknje med osnimi traheidami so pri smreki večinoma razporejene v enojnih nizih (Grosser 1977; cit. po Zupan 2005). Traheide opravljam mehansko in prevajalno vlogo v lesnem tkivu. Praviloma so urejene v radialnih nizih in vse celice istega niza so potomke iste fuziformne kambijkeve inicialke. Na začetku rastne sezone nastajajo traheide ranega lesa z velikimi radialnimi dimenzijami in tankimi celičnimi stenami, ki so pomembne predvsem za prevajanje vode. Na koncu vegetacijske periode pa nastajajo traheide kasnega lesa, z majhnimi radialnimi dimenzijami in debelimi celičnimi stenami, njihova glavna vloga pa je mehanska (Fengel in Wegener 1989; cit. po Zupan 2005). Dvojna debelina

celičnih sten aksialnih traheid v ranem lesu je med 1,9 in 4,9 μm , v kasnem pa med 9,3 in 11,6 μm (Slika 4). Radialni premeri lumnov traheid so v ranem lesu med 16 in 45 μm , v kasnem lesu pa med 6,4 in 22 μm (Wagenfuhr 1996; cit. po Zupan 2005). Prehod iz ranega v kasni les je postopen. Trakovi so heterocelularni in zavzemajo približno 5 % lesnega volumna (Grosser 1977; cit. po Zupan 2005). Sestavljeni so iz parenhimskih celic in trakovnih traheid. Parenhimske celice so žive celice, ko so del beljave, nato se protoplazma v njih razkroji. Namenjene so predvsem skladisčenju in distribuciji ogljikovih hidratov. Trakovi so večinoma enoredni, čredni trakovi vsebujejo radialne smolne kanale (Fengel in Wegener 1989; cit. po Zupan 2005). Piknje v križnih poljih, ki povezujejo trakovne parenhimske celice ter osne traheide, so piceoidne. Za smreko so značilni normalni in travmatski smolni kanali (Grosser 1977, Wagenfuhr 1996; cit. po Zupan 2005). Smolni kanal je cevast intercelularni prostor, ki ga obdajajo epitelne celice in ki v beljavi vsebuje smolo (Torelli 1990; cit. po Zupan 2005). Normalni smolni kanali so večinoma prisotni v kasnem lesu. So relativno redki in karakteristični za rod *Picea*. Epitelne celice skupaj z aksialnim parenhimom zavzemajo le do 5 % lesnega volumna (Wagenfuhr 1996; cit. po Zupan 2005). Aksialni in radialni smolni kanali skupaj tvorijo omrežje. Epitelne celice so pri smreki debelostene, ignificirane in močno piknjave. Travmatski smolni kanali nastanejo kot odziv kambija na mehanska poškodovanja. (Torelli in sod. 1990; cit. po Zupan 2005).



Slika 4: Navadna smreka (*Picea abies* (L.) Karst.) – a) prečni prerez: traheide, aksialna smolna kanala, obdana z epitelnimi celicami; b) radialni prerez: vzdolžno prerezane traheide, aksiani smolni kanal ter trakovno tkivo; c) tangencialni prerez: radialni smolni kanali, obdani z epitelnimi celicami, osno trakovno tkivo.

2.6 OPIS JELKE (*Abies alba* Mill.)

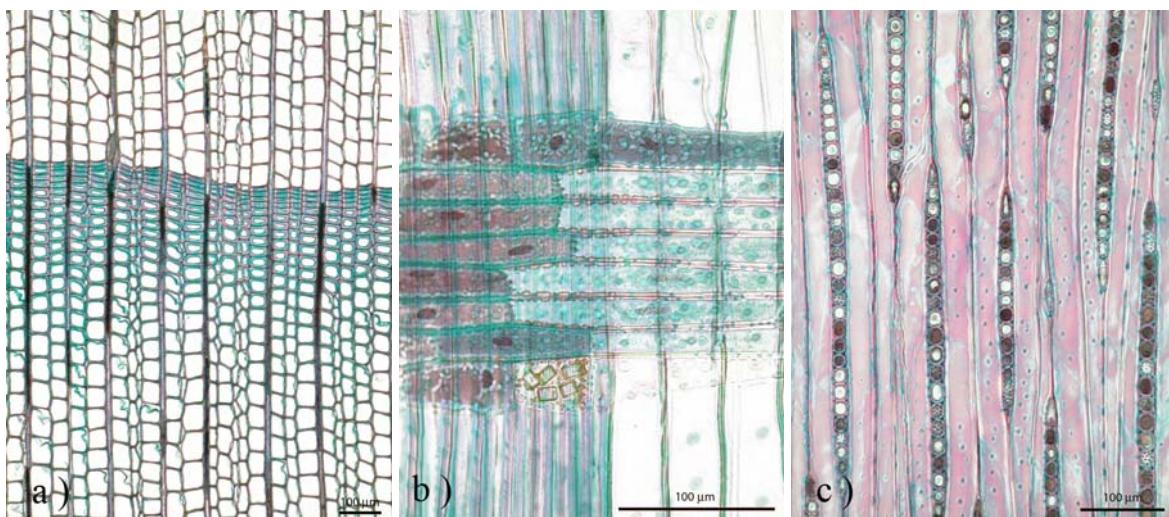
Jelka je drevo gorskega mešanega gozda srednje in južne Evrope. V primerjavi s smreko je manj razširjena. Omejena je na južni in srednji areal smreke, v njegovem severnem delu pa popolnoma manjka. Za rast potrebuje relativno veliko vlage in topote ter je občutljiva na nizke zimske temperature in pozne pozebe. Jelka spada med naša najlepša drevesa. V strnjениh sestojih ima ravna, izrazito polnolesna debla s podobnim izkoristkom kot smreka (85–90 %). Malolesnost se pojavlja predvsem pri prosto stoečih primerkih. Glede na starost in rastišče jelke dosegajo višine 30 do 50 m (izjemoma do 60 m) in premere do 150 cm. Dolžina horda brez grč znaša do 20 m. Skorja je siva do sivobelga s smolnimi izboklinami. V starosti se lubje lušči v obliki majhnih oglatih lusk. Jelke dosegajo maksimalno starost med 500 in 800 leti (Čufar 2006).

2.6.1 Makroskopski opis lesa jelke

Jelka ima neobarvano jedrovino, zato se beljava in jedrovina barvno ne ločita. Les je rdečkastobele preko rumenkastobele do skoraj bele barve, pogosto s sivkastovijoličnim ali modrim navdihom. Zaradi pogoste prisotnosti mokrega srca pride na njegovi lokaciji do rahlegaobarvanja. Branike so razločne, rani les je svetel ter belkast in postopoma prehaja v rdečkastorumen kasni les. Normalnih smolnih kanalov ni, zato jelovina nima značilnega vonja po smoli. Jelovina je za razliko od smrekovine brez leska. Sveže mokro srce ima neprijeten kiselkast vonj. Pri večini jelk se predvsem na bazi drevesa pojavlja rjavo do rjavordeče mokro srce (pri zdravih drevesih vlažnosti do 220 %), ki je od vlažne beljave (pri zdravih drevesih vlažnosti 150–200 %) ločeno z nekaj milimetrov široko suho cono (vlažnost 30–50 %). Les hirajočih jelk je v splošnem bolj suh. Neobarvana jedrovina ima, če je prisotna, vlažnost okrog 30–50%. Nekateri avtorji ločijo tako imenovano normalno mokro srce na lokaciji jedrovine, ki je pravilne oblike in omejeno z letnico, ter patološko mokro srce nepravilne zvezdaste oblike, ki sega v beljavo in se pojavlja predvsem pri hirajočih jelkah. Potek aksialnih elementov je premočrten, brez normalnih smolnih kanalov. Tako kot po videzu, se tudi po obdelavnostnih in predelavnostnih lastnostih jelovina le malo loči od smrekovine, vsaka pa ima nekaj posebnosti, pomembnih predvsem za specialno uporabo. Jelovina je nekoliko krhkejša in vlaknata, ima obilnejše, močnejše in trše grče od smrekovine (Čufar 2006).

2.6.2 Mikroskopski opis lesa jelke

Pri navadni jelki največji delež celičnega tkiva predstavljajo aksialne traheide, in sicer 90,4 % celotnega lesnega tkiva (Fengel in Wegener 1989; cit. po Čuden 2005). Povprečna dolžina traheid jelke znaša 4,3 mm, tangencialni premer pa do 50 µm (Slika 5), (Fengel in Wegener 1989; cit. po Čuden 2005). Traheide so urejene v radialnih nizih, takšno ureditev pa narekujejo delitve v kambijevi coni. Vse celice istega radialnega niza so namreč potomke iste fuziformne kambijkeve inicialke in imajo tako rekoč enako tangencialno dimenzijo. Na začetku vegetacijske sezone nastanejo traheide ranega lesa z velikimi lumni, proti koncu vegetacijske sezone pa traheide kasnega lesa z majhnimi lumni. Radialni premer traheid iz ranega lesa proti kasnemu pada, medtem ko debelina celičnih sten narašča. Traheide ranega lesa so zaradi velikih lumnov pomembne za prevajanje vode, traheide kasnega lesa z debelimi celičnimi stenami pa zagotavljajo trdnost lesa (Fengel in Wegener 1989; cit. po Čuden 2005). Pri navadni jelki na trakovno tkivo odpade 9,6 % lesnega tkiva (Fengel in Wegener 1989; cit. po Čuden 2005). Trakovi so homocelularni in jih sestavljajo močno piknjave parenhimske celice. V križnih poljih med aksialnimi traheidami in trakovnimi parenhimskimi celicami se nahajajo taksodoidne polobokane piknje, preko katerih se vrši komunikacija med omenjenima tipoma celic. Aksialni parenhim je redek. Normalnih smolnih kanalov ni (Čuden 2005).

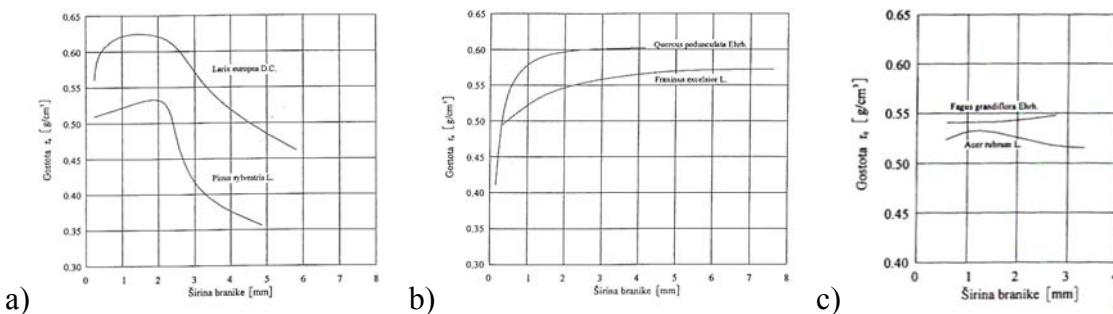


Slika 5: Jelka (*Abies alba* Mill.) – a) prečni prerez: traheide v ranem in kasnem lesu ter osni parenhim; b) radialni prerez: vzdolžno prerezane traheje, v katerih se vidijo obokane piknje in romboidni kristali, ki so prisotni v celicah traku; c) tangencialni prerez: enoredni trakovi, obokane piknje v traheidah.

2.7 ZGRADBA IN ŠIRINA KSILEMSKIH BRANIK

Mnogi viri navajajo, da obstaja zveza med širino branike, deležem kasnega lesa, gostoto lesa in lastnostmi lesa. Pri iglavcih je širina kasnega lesa bolj ali manj stalna ne glede na širino branike. Tako je v ozki braniki delež kasnega lesa velik, v široki pa majhen. Delež kasnega lesa je v tesni zvezi z gostoto lesa. Večji je delež kasnega lesa, višja je gostota. Gostota pa je premo sorazmerna s trdnostjo lesa in ima velik vpliv tudi na druge lastnosti. Torej velja, da je les iglavcev v splošnem bolj trden, kadar so branike ozke. Ta zakonitost v splošnem velja za naše najpogosteje iglavce: smreko, jelko, bor in macesen (Slika 6a).

Za venčasto porozne listavce na splošno velja, da je širina ranega lesa bolj ali manj enaka, ne glede na to, kako široka je branika. To pomeni, da je v ozki braniki delež ranega lesa velik, v široki braniki pa majhen. Les z ozkimi branikami tako vsebuje pretežno rani les. Takšna zgradba se odraža predvsem v nižji gostoti in v nižji trdnosti lesa. Široke branike pa vsebujejo več kasnega lesa, posledica pa je višja gostota in višja trdnost (Slika 6b). Tako za naši najbolj žilavi lesni vrsti, jesen in robinijo, pa tudi za hrast, velja, da ima les boljše mehanske lastnosti, kadar so branike široke. Zveze med širino branike, deležem ranega oz. kasnega lesa in lesnimi lastnostmi (gostoto) pri difuzno poroznih listavcih, npr. bukvi, ni mogoče dokazati (Slika 6c) (Čufar 2006).



Slika 6: Gostota lesa v odvisnosti od širine branik pri: a) macesnu in boru, b) hrastu in jesenu, c) bukvi in javorju. (po Kollmann in Cote 1968).

2.8 SEKUNDARNE SPREMEMBE

2.8.1 CODIT

CODIT (Compartmentalization Of Decay In 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 zaščitenega 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.

V zadnji, tretji stopnji razvojnih procesov, ki so posledica poškodovanja, pa nastopi razkrok lesa. V tej fazi les zgubi tudi oporno funkcijo. Procesi v drevesu se lahko ustavijo na katerikoli opisani stopnji, odvisno od njegove zmožnosti omejitve učinkov poškodb. Skrajna posledica ranitve je izvrtlitev 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 anatomskeih posebnosti lesa in sposobnosti drevesne vrste za tvorbo okluzij.

Stena 2 je anatomska in zavira širjenje učinkov ranitve v centripetalni smeri. Predstavlja 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.

2.8.2 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 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 uporabljalata tudi izraza marginalna cona in mejni sloji diskoloracijskih stolpcov (column boundary layer).

Reakcijske cone niso trajne morfološke ovire, ki preprečujejo vdor atmosferskega 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 nekdaj aktivnih reakcijskih con v razkrojenem lesu (Schwarze in Baum 2000; cit. po Merela 2002). V primeru medsebojnega delovanja reakcijske cone in glice, 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).

2.8.3 Diskoloracija, razkroj, duplina

Diskoloracija oz. diskoloriran les je z ranitvijo spremenjen les (Shigo 1986b), sam izraz označuje spremembo osnovne barve lesa. Nastanek diskoloriranega lesa ni odvisen od sezone, temveč od časa ranitve. Če je drevo poškodovano večkrat zapored, se tvorijo večkratna obarvanja, diskoloriran les pa ne reagira na ponovno ranitev (jedrovina reagira). Vlažnost v diskoloriranem lesu pogosto naraste. Vsebnost mineralnih snovi je večja kot v beljavi (Čufar 2006).

Med vrstami, ki tvorijo diskoloriran les, so številni predstavniki difuzno poroznih listavcev. Zanje je značilno, da sposobnost prevajanja vode in s tem tudi vlažnost tkiva postopno upada od periferije proti notranjosti debla. V isti smeri upada tudi vitalnost parenhimskih celic, ki pa lahko preživijo tudi 100 let in več, v kolikor v njihovem življenju ne pride do nenadne smrti pod vplivom zunanjega dejavnika, ki sproži tudi nastanek diskoloriranega lesa.

Shigo in Marx (1977) sta bukev uvrstila v skupino vrst, ki ne tvorijo jedrovine, pač pa le diskolorirani les (Torelli 2001; cit. po Merela 2002).

Pogoj za nastanek rdečega srca je predhodno razvita, vidno fiziološko osušena sredica, imenovana sušina (Torelli 2001; cit. po Merela 2002). Izsuševanje debelne sredice poteka najhitreje pri hitro rastočem drevju s kratkimi krošnjami, ki rastejo na rodovitnih tleh v gostem sklopu, počasneje pa poteka pri skromno rastočem drevju z globokimi krošnjami na nerodovitnih tleh v redkem sklopu. Sušina je odraz fiziološkega izsuševanja debla drevesa. Deblo se kljub temu debeli in porablja hrano iz sredice, ki na ta način dehidrira. S tem je razvit prvi pogoj za nastanek rdečega srca. Fiziološko sušenje v debelni sredici in v območju poškodb spremišča otiljenje, ki zmanjšuje permeabilnost lesa. V drugi faziji sledi globoka mehanska poškodba ali odlom veje brez predhodno nastale zaščitne cone. Če veja

odmre naravno, potem se v zadnji fazi nekajletnega hiranja v vejni bazi v bližini debla in vzporedno z njim izoblikuje do 5 milimetrov debela temno rjava zaščitna cona. Odmrla veja se slednjič odlomi tako, da ostane zaščitna cona na drevesu in zatesni mesto odloma. Veje, ki se odlomijo brez predhodno nastale zaščitne cone ali s prekinjeno zaščitno cono, predstavljajo globoke rane. Zlom lahko povzročita sneg ali veter, najpogosteje pa ga povzroči podiranje sosednjih dreves. Takšni odlomi vej predstavljajo prosto pot za izsuševanje, infekcijo in vdor zračnega kisika. Ker je parcialni tlak kisika zaradi dihanja v sredici nižji kot v ozračju, atmosferski kisik dobesedno vdre preko poškodovanega mesta v izsušeno sredico (Torelli 2001; cit. po Merela 2002). Sledi encimatsko oksidativno obarvanje, ki je pogojeno s stikom encimov in fenolnih substratov z atmosferskim kisikom. Tako nastane rdeče srce abiotske narave, v nadaljevanju pa lahko sledijo biološki procesi (glej poglavje: 2.8.1 Časovni del modela CODIT). Rdeče srce se širi samo po sušini in se pojavlja v različnih oblikah, kot so koncentrični krogi ter jezikasta in oblakasta razširitev, kar je značilno za oblakasto ali mozaično rdeče srce (Torelli 2001; cit. po Merela 2002). Temnejše proge je mogoče interpretirati kot reakcijske cone (glej poglavje: 2.8.2 Model reakcijskih con).

Bukev torej nima jedrovine. Debelna sredica starejših dreves se vidno fiziološko izsušuje, pri čemer nastaja svetleje obarvana sušina, ki so jo do nedavnega enačili z močno dehidrirano neobarvano jedrovino pri smreki in jelki (Torelli 2001; cit. po Merela 2002). Danes je znano, da sušina pri smreki in jelki izpolnjuje kriterije jedrovine, sušina pri bukvi pa ne (Torelli 2001; cit. po Merela 2002). Tipično za proces ojedritve je med drugim inkrustiranje celičnih sten z nizkomolekularnimi jedrovinskimi snovmi. Zaradi njih je lesna ravnovesna vlažnost nižja in krčenje jedrovine je manjše od krčenja beljave. Bukova sušina in rdeče srce, ki nastane na lokaciji sušine po poškodovanju, teh lastnosti nimata (Torelli 1994; cit. po Merela 2002). Hipotetično bi bukev lahko tudi ojedrila, vendar je pri bukvi padanje vitalnosti parenhimskih celic v smeri proti strženu, razen v sušini, zelo počasno (Torelli 2001; cit. po Merela 2002). V primeru, da bi bukev nepoškodovana dočakala zelo visoko starost (300–400 let), bi lahko ojedrila. Najverjetneje poškodba in zaradi nje nastalo rdeče srce preprosto prehitita ojedritev. Iz navedenih dejstev sledi, da tvorba očitno poteka v dveh fazah, ki nujno ne sovpadata (Torelli 1974; cit. po Merela 2002).

- Prva faza je leta oz. desetletja trajajoča pripravljalna uvodna ali izsušitvena faza, ki je povsem naraven proces in posledica postopnega izstopanja centralnega dela

debla iz funkcije prevajanja vode in vzporedno potekajočega in z njo vzročno povezanega prenehanja opravljanja vitalnih funkcij, kot rezultat vse bolj napredujoče redukcije krošnje in hkratne debelitve debla. Iz biofizikalnih meritev vitalnosti peranhimskih celic v radialni smeri vemo, da ob prehodu v zrelino (sušino) drastično pada vitalnost parenhimskih celic (Torelli 1974; cit. po Merela 2002).

- Druga faza je pigmentacijska ali oksidacijska faza, ki ima (kot kažejo eksperimenti) značaj encimatskega rjavenja. Ta faza je izrazito fakultativna in je odvisna od morebitnega vdora kisika v zrelino. To je v skladu z opazovanji številnih avtorjev, ki so izsušitvi tkiva v notranjem delu debla ali pa vdoru kisika v centralni del debla oz. obojemu pripisali nastanek rdečega srca (Torelli 1974; cit. po Merela 2002).

V rdečem srcu bukve se reakcijske cone barvno jasno ločijo od okoliškega tkiva, saj vsebujejo rjave polifenolne snovi in suberizirane tile. V reakcijskih conah so celične stene parenhima, til in trahej suberizirane, tile so tudi sklerificirane, lumni trahej pa zapolnjeni s topnimi in netopnimi polifenoli. Poleg teh sprememb je bilo pri bukvi ugotovljeno, da so lumni osnega parenhima bodisi v celoti zapolnjeni z odložinami ali pa se pojavi le kot obloge na notranjem delu celičnih sten. Od 80 do 90 % vlaknastih traheid je bilo popolnoma ali delno zapolnjenih z rdeče rjavo obarvanimi polifenoli. Piknje med parenhimskimi celicami in vlaknastimi traheidami, lumni trakovnega parenhima in medcelični prostori so bili prav tako polno zapolnjeni s polifenolnimi odložinami (Schwarze in Baum 2000 cit. po Merela 2002).

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 opažamo, 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.

Po nastanku diskoloracije sledi razkroj tkiv z mikroorganizmi, ki se v večini primerov nadaljuje v nastanek dupline.

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. Pogosteje kot pri gozdnem drevju se dupline in izvotljena debla pojavljajo pri mestnem drevju (Shigo 1986a, b; cit. po Merela 2002).

2.9 METODE ZA UGOTAVLJANJE DEBELINE ZDRAVEGA LESA V ŽIVEM DREVESU

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).

2.9.1 Vizualne metode

Vizualni pregled dreves, pri katerem se opazuje zunanje znake razkroja, je tradicionalna metoda, s katero lahko izkušen gojitelj dreves odloči, ali je potrebna nadaljnja preiskava. Med zunanje znake razkroja lahko štejemo:

- odkrite dele lesa, ki kažejo razkroj (stare rane od obrezovanja, mehanske poškodbe, manjkajoča skorja),
 - gobe (trošnjaki),
 - indikatorje prekomernih mehanskih napetosti,
 - nepojasnjeno zmanjšanje zdravstvenega stanja in vitalnosti, ki se kaže z letnim prirastkom vej, velikostjo brstov, gostoto, barvo in velikostjo listov,
 - prisotnost suhih vej in štrcljev v krošnji,
 - odmrtje kambija v neposredni bližini tal
- (Dolwin s sod. 1998).

2.9.2 Ostale tradicionalne metode

Podpori vizualnim metodam in pregledu dreves, ki kažejo zunanje znake razkroja, so namenjena številna tradicionalna orodja.

Sem štejemo:

- lesena kladiva: z udarjanjem po deblu, pri katerem sumimo na razkrojenost, lahko izkušena oseba iz zvoka razbere, ali je drevo votlo (nedestruktivna metoda);

- jeklene igle, sonde: te potisnemo v deblo, da zaznamo razkroj (manj destruktivna metoda);
- vrtalniki (ročni, električni): uporabljamo jih za vrtanje v les in pridobivanje iveri, iz katerih lahko razberemo barvne spremembe ali pa prisotnost razkrojenega lesa (manj destruktivna metoda);
- Presslerjev sveder: votel sveder z notranjim premerom približno 5 mm zavrtamo v deblo in iz njega dobimo vzorec, ki ga nato pregledamo (destruktivna metoda) (Dolwin s sod. 1998).

2.9.3 Novejše metode

V 80-ih in 90-ih letih prejšnjega stoletja so razvili veliko število naprav, ki se vedno bolj uveljavljajo. Sem štejemo zvočne inštrumente, mikrosvedre in naprave, ki dajejo informacije o moči drevesnega jedra. Razkroj in poškodbe v drevesih lahko zaznavajo v:

- stoječih drevesih (za oceno varnosti in kvalitete lesa),
- hlodih,
- lesu, ki je že v uporabi (npr. v stavbah, mostovih) (Dolwin s sod. 1998).

Zvočne naprave

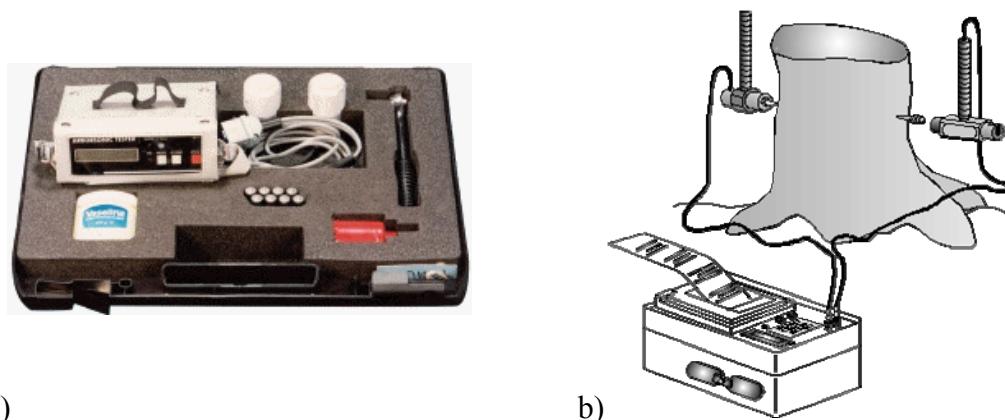
Zvočne naprave odkrivajo prisotnost razkroja z merjenjem časa, ki ga porabijo zvočni valovi za prehod skozi lesni vzorec. Hitrost zvoka v lesu je odvisna od različnih lastnosti, ki so pri razkroju spremenjene. Sem spadajo modul elastičnosti, gostote in vsebnost vlage. Praviloma razkroj upočasni in oslabi zvočne valove. To ponavadi pomeni, da je prvi in najmočnejši signal potoval skozi vzorec tako, da se je izognil coni razkroja in ima tako daljši tranzitni čas, kot v vzorcu, kjer razkroja ni.

Hitrost zvoka je odvisna tudi od smeri potovanja, ki je največja aksialno in najmanjša tangencialno. Pri stoječih drevesih se hitrost ponavadi meri vzdolž radija, kjer je hitrost nekje vmes med ekstremoma. Pri večji vlažnosti lesa zvočni valovi oslabijo, na to pa vplivajo tudi smola in različni ekstrakti.

Ultrazvočne naprave pošiljajo pulze s frekvencami, ki so nad slišnimi. Primer take naprave je Arborsonic decay detector (Slika 7a). Na podoben način kot ultrazvočni meritci delujejo

merilci udarnih valov, npr. električno kladivo (Slika 7b). Udarni valovi potujejo skozi les počasneje kot ultrazvočni in prav tako počasneje skozi mehak les kot skozi trd.

Obe vrsti naprav dajeta zadovoljive rezultate na deblih, vejah in površinskih koreninah, če pa jih uporabljamo pod nivojem tal, so informacije zelo omejene. Obe omenjeni metodi sta destruktivni, saj je treba odstraniti skorjo (Dolwin s sod. 1998).



Slika 7: a) Arbosonic decay detector (Arborsonic Decay Detector, 2007), b) električno kladivo (Electronic hammer, 2007).

Mikrosvedri

Mikrosvedri merijo upor lesa pri hitro vrteči se sondi in beležijo informacije ob dolžini vrtalne poti. Primer naprave je Silbert Decay Detecting Drill, ki meri spremembe pri hitrosti penetracije pri konstantnem pritisku. Med te naprave sodi tudi Resistograph, ki ga bomo uporabljali v naši raziskavi in bo natančneje opisan v nadaljevanju.

Smer vrtanja mora biti, kjer se le da, pravokotna na letnice, da zmanjšamo možnosti zahajanja svedra. Upor pri penetraciji se pri različnih vrstah dreves razlikuje, pa tudi med primerki iste vrste in v različnih delih drevesa, na kar vplivajo vzorci rasti, prisotnost ekstraktov, smole in reakcijskega lesa. Nanj vplivajo tudi razlike v gostoti lesa, npr. med beljavko in jedrovino ali reakcijsko cono. Te metode spadajo med manj destruktivne (Dolwin s sod. 1998).

Fraktometer

Naprava meri moč in upogibni kot pri jedrnem vzorcu, pridobljenem z Presslerjevim svedrom (Slika 8). Najboljši rezultati se pokažejo pri sveže izloženem jedru. Na podlagi nemških izkušenj so podani različni podatki za različne vrste dreves, kljub temu pa je dobro pridobiti primerjalno vrednost iz zdravega lesa v istem drevesu. Največja pomajkljivost te naprave je, da se šibka jedra pri tej metodi hitro zlomijo in je tako pogosto neprimerna za uporabo pri nekaterih drevesnih vrstah. Spada med destruktivne metode (Dolwin s sod. 1998).

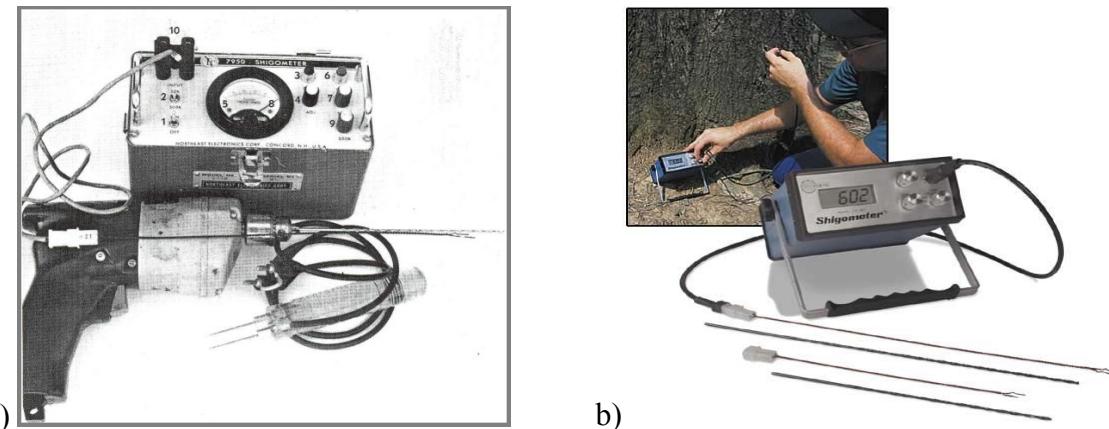


Slika 8: Fraktometer (Fractometer, 2007).

Shigometer

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. Kambijevo električno upornost (CER) merimo z dvema neizoliranimi elektrodama v obliki igel, ki jih zabijemo v skorjo. Ta metoda je zelo uporabna za ocenjevanje kambijeve aktivnosti. Za merjenje notranje električne upornosti (IER) je treba v deblo izvrnati luknjo premera 2.8 mm, globine 20–32 mm ali več, v katero nato potisnemo zvito žično elektrodo (Slika 9a, 9b). Notranja električna upornost nam pomaga določiti stanje v lesu živega drevesa kot tudi v lesnih izdelkih. Stanje lesa se odraža v njegovi vlažnosti in koncentraciji ionov, ki so precej konstantni v zdravem tkivu in sledijo v pravilnem vzorcu, čeprav se lahko spreminja skozi leto. Ko elektroda pride do mesta sušine, se upornost nenadno poviša. 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. Na električno upornost vpliva predvsem vsebnost kationov ali elektrolitov, vsebnost vlage, temperatura, razdalja med elektrodami, tip elektrod in njihov kot penetracije v les. Največji vpliv na električno upornost ima vlažnost okoli točke nasičenosti celičnih sten (TNCS). Ko pa vlažnost preseže 60 %, ima le-ta na upornost zelo majhen vpliv. Tudi temperatura ima na električno upornost največji vpliv okoli temperature ledišča, nad 5°C pa zelo malo. 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, kadar so elektrode vstavljenе v mrtvi les 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. A. L. 1991).



Slika 9: Shigometer: – a) starejša (Shigometer stara izvedba, 2007), b) novejša izvedba (Shigometer elektronski, 2007).

Ostale metode in naprave

Tu lahko omenimo "Prenosni merilec stisljivosti" (Portable Compression Meter). Ta daje direktno mero stisljivosti lesa (tlačna trdnost, pravokotno na vlakna), ki je različna pri zdravem in razkrojenem lesu. V deblo zvrtamo luknjo premera 4–4.5 mm, v katero nato z inženirskim kladivom zabijamo jekleno sondo in merimo število udarcev, potrebnih za vsak centimeter penetracije. Ta metoda je težavna in destruktivna (Dolwin s sod. 1998).

Razviti so tudi številni električni merilci upora, ki delujejo na principu, da imajo razbarvane in razkrojene cone nižji električni upor kot zdravi les tam, kjer je delež proste vode v celičnih votlinah nad 25–30 % suhe teže lesa.

Razvijajo se tudi bolj prefinjene metode, ki uporabljajo rentgensko in y-žarki tomografijo, termalne posnetke in nuklearno magnetno resonanco (Dolwin s sod. 1998).

Na podlagi teoretičnih razmislekov in eksperimentov je jasno, da je informacije, pridobljene z omenjenimi napravami, težko interpretirati, kar še posebej podpira trditev, da je za raziskave vitalnosti in varnosti dreves potrebna ustrezno izobražena in izkušena delovna sila. Pomembno je tudi upoštevati, da se rezultati nanašajo na lokalne razmere v neposredni bližini naprave. Za natančno oceno drevesa kot celote, z minimalno škodo in časovno učinkovitostjo, morajo biti te naprave uporabljenе po predhodni vizualni oceni stanja.

Vse predstavljenе metode imajo različne omejitve in tako ne morejo nuditi rešitve za diagnosticiranje vseh težav dreves. Kljub temu pa lahko v pravih rokah pripomorejo k izboljšanju vedenja o notranjem stanju drevesa. V prihodnosti bo potrebno razviti napravo, ki bo hitra in enostavna za uporabo, popolnoma neinvazivna in sposobna dajati zanesljive informacije o obsegu, stopnji in vrsti razkroja oziroma poškodbe.

Te metode so kljub vsemu uporabne ne samo za oceno mehanske integritete, temveč tudi za oceno vrednosti lesa stoječih dreves. Ne zmorejo pa odkriti prisotnosti prikritih poškodb, kot je npr. kolesivost.

Zvočne naprave ne dajejo točnih informacij o obsegu razkroja oziroma poškodb, mikrosvedri dajejo informacije le do dolžine sonde. Prav tako dajejo le omejene informacije o poškodbi, to je v neposredni bližini preiskave. Pri zvočnih napravah je ta pas širok manj kot 5 cm, pri mikrosvedrih pa ni širši od širine konice svedra.

Naprave so se izkazale kot uporabne pri zunanjih koreninah in podpornikih, pod zemljo pa je njihova uporaba močno omejena.

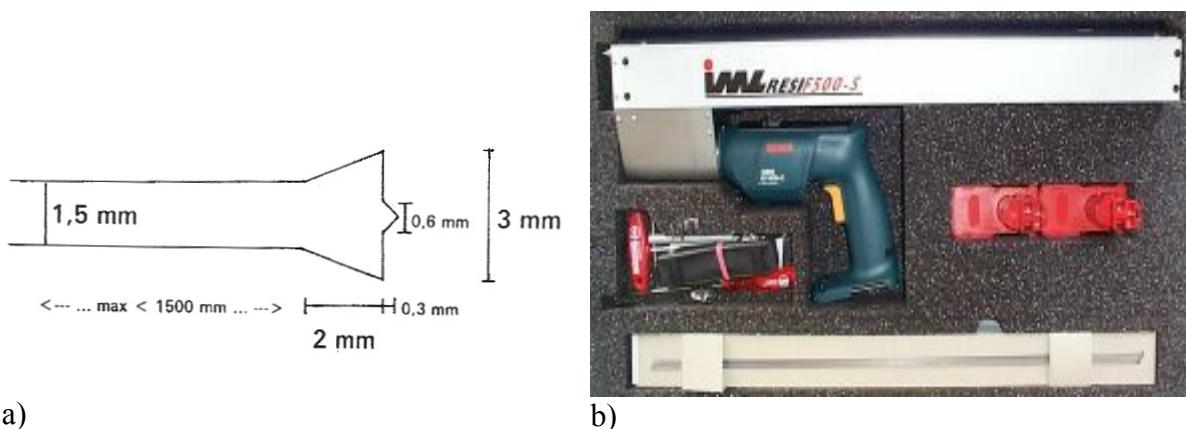
Vse naprave zaznavajo prisotnost razkroja, ko je ta v stopnji napredovanja, medtem ko začetne stopnje razkroja težko zaznajo oz. jih težko ločijo od sprememb v rastnih vzorecih ali drugih značilnosti lesa. Vse metode so do določene stopnje destruktivne, najbolj destruktivna pa je uporaba prirastnega svedra (Presslerjev sveder), ki naj bi se ga zato uporabljal samo v primerih, ko je to edina možnost ali kjer so potrebne specifične informacije (Dolwin s sod. 1998).

2.9.4 Resistograph F500

Pri uporabi Resistographa s tanko iglo, ki je narejena iz posebnega jekla, vrtamo v les in merimo upor pri vrtanju. Igla s premerom 3 mm ima dolžino 30 cm (odvisno od modela Resistographa). Konica igle ima posebno oblikovano in zbruseno obliko in približno dvakrat širši premer kot igla (2 do 3 mm) (Slika 10a). Igla se vrti konstantno, z okoli 1000 vrtljaji na minuto. Hitrost pomikanja svedra se spreminja, odvisno od modela Resistographa, drugačna je tudi pri različnih vrstah lesa: pri ekstremno kompaktnih vrstah lesa znaša okoli 70 mm/min, pri mehkih vrstah pa tudi do 1000 mm/min. Globina vrtanja znaša od 280 mm pri najkrajših verzijah, preko 410 mm pri standardnih verzijah, do 950 mm pri najdaljših verzijah Resistographa.

Upor pri vrtanju in pri nekaterih modelih tudi poraba energije se beležita elektronsko. Te vrednosti se beležijo glede na globino vrtanja. Sprememba upora pri vrtanju se izrisuje kot graf na dolgem traku. Iz grafa lahko odčitamo razlike v gostoti lesa (rani in kasni les), iz katerih lahko sklepamo na razkroj in tudi na njegove različne stopnje v lesu. Zdrav les ima po navadi večji upor kot razkrojen ali kako drugače poškodovan les. Pri suhem lesu je upor večinoma odvisen od gostote.

Vseeno pa je treba biti pri uporabi Resistographa (Slika 10b) pazljiv, saj razkroj ni edini dejavnik, ki lahko vpliva na upor pri vrtanju. Uporabo Resistographa lahko obravnavamo kot manj destruktivno metodo, saj je maksimalen premer izvrtine le 3 mm, kar je precej manj v primerjavi z drugimi podobnimi metodami. Metoda je dokaj hitra in preprosta za uporabo (Costelo, Quarles, 1999; Rinn in sod. 1996).



Slika 10: a) oblika vrtalne igle Resistographa (F. Rinn. 1996), b) Resistograph F500 (Test and measuring instruments for tree and timber structures, 2007).

3 MATERIALI IN METODE

3.1 IZBOR MATERIALA

V raziskavo smo nameravali vključiti drevesa z območja Ljubljana Center, ki so bila poškodovana. Pri pridobivanju vzorcev nam je pomagalo podjetje TISA d. o. o., ki skrbi za drevesa v Mestni občini Ljubljana. Zaradi pomanjkanja materiala za vzorce smo se odločili, da pridobimo nekaj vzorcev tudi na žagi LIKO Vrhnika. Vsi vzorci so bili sveži, njihova vlažnost je bila nad TNCS (točko nasičenosti celičnih sten), z izjemo vzorca Lipe T1, katerega vlažnost je bila pod TNCS.

V spodnji preglednici so opisani: izvor materiala, datumi poseka, premeri in stanje sredic.

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

oznaka koluta	izvor materiala	datum poseka	premer (cm)	stanje sredice
DK1 Divji kostanj (<i>Aesculus hippocastanum</i> L.)	Ljubljana Jurčkova 176a	5. 10. 2006	71	razkroj
T1 Lipa (<i>Tilia</i> spp.)	Ljubljana Dunajska 137	5. 10. 2006	31	razkroj in duplina
B1 Bukev (<i>Fagus sylvatica</i> L.)	LIKO Vrhnika	11. 10. 2006	34	rdeče srce
B2 Bukev (<i>Fagus sylvatica</i> L.)	LIKO Vrhnika	11. 10. 2006	36	rdeče srce
P1 Navadna smreka (<i>Picea abies</i> (L.) Karst.)	LIKO Vrhnika	13. 10. 2006	63	razkroj in duplina
A1 Jelka (<i>Abies alba</i> Mill.)	LIKO Vrhnika	9. 10. 2006	51	mokro srce in razkroj
T2 Lipa (<i>Tilia</i> spp.)	Ljubljana Resljeva ulica	20. 2. 2007	40	razkroj in duplina
T3 Lipa (<i>Tilia</i> spp.)	LJ. Resljeva ulica	20. 2. 2007	42	razkroj in duplina
T4 Lipa (<i>Tilia</i> spp.)	Ljubljana Resljeva ulica	20. 2. 2007	53	razkroj in duplina

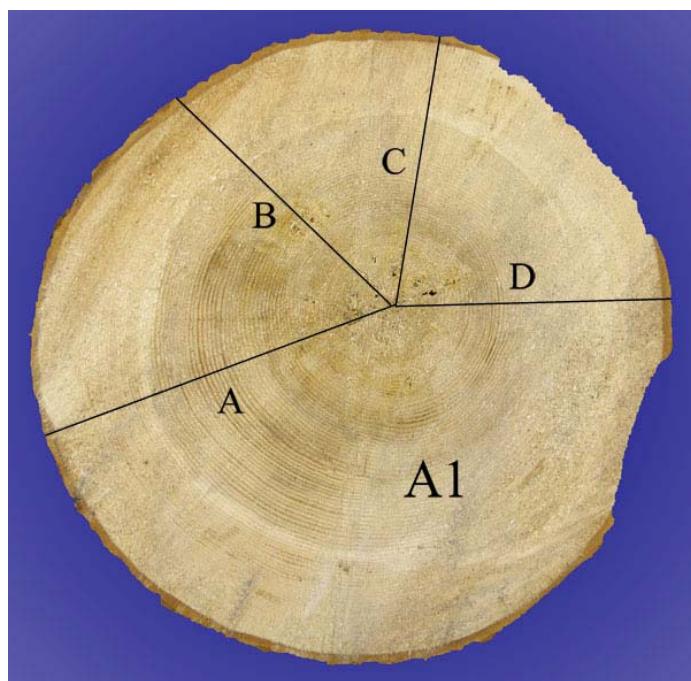
Iz debel, kjer je bil viden razkroj ali duplina, smo nato izžagali kolute dolge 40 cm in jih pripeljali v mizarsko delavnico Oddelka za lesarstvo. Po dobavi materiala je sledilo dokumentiranje in opis stanja lesa oziroma materiala ter nadaljnja obdelava v mizarski delavnici.

3.2 OBDELAVA MATERIALA V DELAVNICI

3.2.1 Vizualni pregled materiala in določitev lokacij za vrtanje

Kolute smo označili po vrsti, in sicer z okrajšavo za drevesno vrsto in zaporedno številko koluta. Primer: prvi kolut jelke je dobil oznako A1, smreke P1 itd. V primeru večjega števila kolutov se je označevanje nadaljevalo s spremenjanjem številke. Primer: prvi kolut lipe je imel oznako T1, drugi T2 itd.

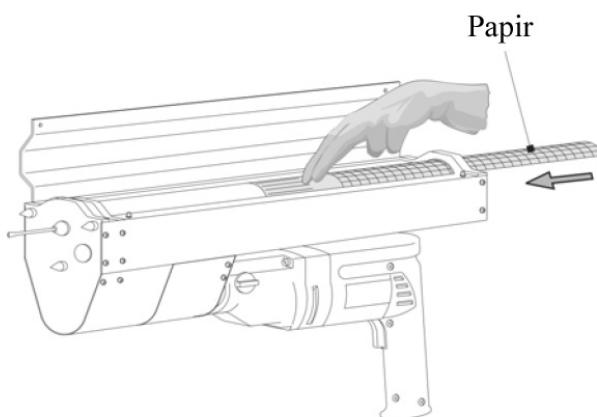
Nato smo kolute temeljito makroskopsko pregledali in jih vizualno ocenili. Zatem smo izbrali najprimernejše lokacije za vrtanje in jih označili s svinčnikom ter slikovno zabeležili (Slika 11).



Slika 11: Jelka (*Abies alba* Mill.) – označitev koluta ter razporeditev lokacij vrtanja za vzorec A1.

3.2.2 Vrtanje (postopek)

Ko smo določili smeri vrtanja, smo kolut postavili na tla in ga za stabilizacijo podložili z obeh strani. Na Resistographu F500 smo najprej preverili stanje vrtalne igle, ki smo jo po potrebi zamenjali. Na zgornji del Resistographa smo nato vložili papir z merilno skalo, na katerega se nato izrisuje krivulja upora pri vrtanju (Slika 12).

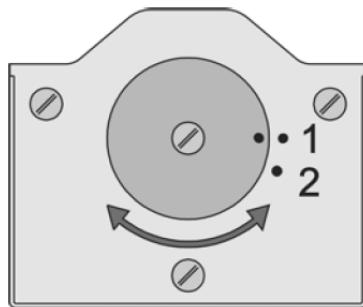


Slika 12: Vstavljanje papirja v Resistograph F500 (Test and measuring instruments for tree and timber structures, 2007).

Ko smo vstavili papir, smo morali za vsako drevesno vrsto nastaviti še stopnjo občutljivosti (Slika 13), kot je razvidno iz Preglednice 2.

Preglednica 2: Tabela vrednosti stopenj občutljivosti za določene drevesne vrste (Test and measuring instruments for tree and timber structures, 2007).

Objekti	Drevesna vrsta	Običajne vrednosti	Mogoče vrednosti
Stoječa drevesa	Carpinus, Quercus, Fagus, Acer... Platanus, Castanea... Abies, Pinus, Picea, Tilia, Betula, Aesculus... Populus, Alnus...	2 2 1 1	1
Lesne konstrukcije, Drogovi...	Quercus,... Picea, Pinus, Abies, Larix, Thuja...	2 1	



Slika 13: Nastavljanje stopnje občutljivosti na zadnji strani Resistographa F500 (Test and measuring instruments for tree and timber structures, 2007).

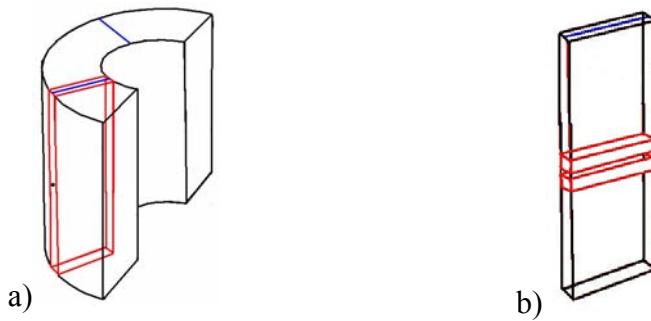
Po začetnih pripravah smo vstavili še baterijski vložek in začeli z vrtanjem. Resistograph F500 smo nastavili na točko začetnega prodiranja v vzorec, ga poravnali s smerjo vrtanja, ki smo jo predhodno določili, ter začeli z vrtanjem (Slika 14). Paziti smo morali, da smo vrtali pravokotno na branike, saj bi nam drugače lahko igla zahajala. Med prodiranjem igle skozi vzorec nam je Resistograph na papir izrisoval krivuljo, ki kaže upor proti vrtanju v odvisnosti od globine prodiranja svedra v kolut. Pozorni smo morali biti na dovolj veliko globino vrtanja, predvsem pri kolutih, ki niso vsebovali dupline in se igla Resistographa ni opazila. Pri vrtanju smo opazili, kako velik vpliv ima polnost baterije na delovanje Resistographa in posredno na kvaliteto (natančnost) izrisa krivulje. Baterija se je izpraznila po treh ali štirih izvrtnih luknjah (odvisno od drevesne vrste). Ko smo končali z vrtanjem na določeni lokaciji na kolutu, smo na graf Resistographa zabeležili kolut in lokacijo, npr. A1A. Po vrtanju vseh predvidenih lokacijah smo kolut obdelali, kot je opisano v nadaljevanju.



Slika 14: Vrtanje Resistographom F500 v vzorec lipa T3.

3.2.3 Razrez in obdelava materiala

Po vrtanju je sledilo razrezovanje kolutov ter pridobivanje radialnih vzorcev (napolitank) za gostotni in vlažnostni profil. Kolute smo razpolovili, iz njih izrezali deske, ki so bile radialno usmerjene in so potekale po lokacijah, kjer smo predhodno vrtali (Slika 15a). Radialne deske, debeline 30 mm, so segale od dupline ali razkrajajoče se sredice do zunanjega dela debla. Deske smo nato prerezali vzdolž vrtine in na vsaki strani vrtine odrezali radialne vzorce dimenzijs 20x20 mm v aksialni in tangencialni smeri (Slika 15b). Pri tem smo pazili, da so bili radialni vzorci vzeti čim bližje lokaciji vrtanja. Tako smo imeli dvojne radialne vzorce za vsako lokacijo vrtanja, pri tem je bil en namenjen določanju gostotnega in vlažnostnega profila, drugi pa anatomskim preparatom.



Slika 15: Razrez materiala – a) prerez koluta na pol in izrez radialne deske, b) razrez radialne deske in pridobitev radialnih vzorcev.

3.2.4 Merjenje gostote in volumna vzorcev

Po razrezu smo radialne vzorce natančno pregledali in razdelili na manjše vzorce, debeline 5 do 15 mm (Slika 16). Pri tem smo opazovali vidne spremembe, na podlagi katerih smo sklepali o razlikah v gostoti, vlažnosti ali drugih lastnostih lesa in določili velikost vzorcev. Te vzorce smo nato označili in izmerili oddaljenost od kambijkeve cone do sredine posameznega vzorca (priloga A), jih razsekali in takoj izmerili maso ter volumen svežih vzorcev. Maso svežih vzorcev (m_v) smo nato stehitali (tehnicka Sartorius Analytic AC 210P) z natančnostjo 0,001g (priloga A). Volumen svežih vzorcev (V_m) smo merili z živosrebrnim volumometrom po Breuilu (Slika 17) (proizvajalec Amsler) (Kollman in Cote 1968: 161), in to na $0,01 \text{ cm}^3$ natančno (Priloga A). Ko smo zmerili maso in volumen

svežih vzorcev, smo jih postavili v sušilnico in previdno sušili do absolutno suhega stanja oz. do konstantne mase (masa se ne spremeni za več kot 0,1 % po merjenju v razmaku 2 ur). Končna temperatura sušenja je znašala $103 \pm 2^\circ\text{C}$. Vzorce smo ohladili v eksikatorju. Po hlajenju smo jih stehtali in dobili maso v absolutno suhem stanju (m_0) (tehnika Sartorius Analytic AC 210P) z natančnostjo 0,001 g (Priloga A). Izmerili smo tudi volumen absolutno suhih vzorcev (V_0) z živosrebrnim volumometrom po Breuillu (proizvajalec Amsler) (Kollman in Cote 1968: 161) na $0,01 \text{ cm}^3$ natančno.



Slika 16: Razdelitev radialnih vzorcev na manjše vzorce debeline 5 do 15 mm.



Slika 17: Živosrebrni volumometer proizvajalca Amsler.

3.2.5 Izračuni gostote in vlažnosti

Gostoto absolutno suhega vzorca smo izračunali po enačbi:

$$\rho_0 = m_0 / V_0 \quad [\text{kg/m}^3] \quad \dots (1)$$

Osnovno gostoto smo izračunali po enačbi:

$$R = m_0 / V_{\text{maks}} \quad [\text{kg/m}^3] \quad \dots (2)$$

Gostoto vlažnega vzorca smo izračunali po enačbi:

$$\rho_v = m_v / V_{\text{maks}} \quad [\text{kg/m}^3] \quad \dots (3)$$

Vlažnost vzorca smo izračunali po enačbi:

$$u = (m_v - m_0) / m_0 \quad [\%] \quad \dots (4)$$

pri čemer je:

ρ_0 = gostota lesa v absolutno suhem stanju..... $[\text{kg/m}^3]$

R = nominalna gostota..... $[\text{kg/m}^3]$

ρ_v = gostota lesa v vlažnem stanju..... $[\text{kg/m}^3]$

u = vlažnost lesa..... $[\%]$

m_0 = masa absolutno suhega lesa..... $[\text{kg}]$

m_v = masa vlažnega lesa..... $[\text{kg}]$

V_0 = volumen absolutno suhega lesa..... $[\text{m}^3]$

V_{maks} = volumen vlažnega lesa..... $[\text{m}^3]$

3.3 PRIPRAVA TRAJNIH ANATOMSKIH PREPARATOV ZA SVETLOBNO MIKROSKOPIJO Z DRSNIM MIKROSKOPOM

Za pripravo trajnih anatomskeih preparatov prečnih prerezov smo vzorce po odvzemu shranili v prahovki s fiksacijsko tekočino FAA (25 ml 37% formaldehida, 25 ml 100% ocetne kisline in 450 ml 50% etanola) ter jih prenesli v laboratorij za nadaljnjo obdelavo.

Po enem tednu smo fiksirane vzorce začeli dehidrirati v etanolni vrsti (30 %, 50 %, 70 %).

Vzorci so bili v vsaki raztopini pet do sedem dni. Ko so bili vzorci v 50% alkoholu, smo jim z britvico odstranili odvečni del kolabiranega floema in starejše branike ksilema. S krožno žago smo odrezali poševni del količka na vsaki strani tako, da je imel količek po obdelavi obliko kvadra. Vzorce smo trajno shranili v označenih penicilinkah v 70% etanolu. Trajne anatomske preparate prečnih prerezov za histometrične preiskave so pripravili sodelavci Katedre za tehnologijo lesa. Prečne površine smo izravnali z drsnim mikrotomom Leica SM 2000R in jeklenim nožem tako, da je nož odrezoval po celi površini vzorca. Sledilo je rezanje 25 µm debelih tkivnih rezin z novim ostrim nožem, medtem je bilo potrebno količek močiti z alkoholom. Odrezane tkivne rezine smo s pomočjo čopiča prenašali na urna stekla. Sledilo je diferencialno barvanje in vklapljanje rezin. Odrezano histološko rezino smo najprej obarvali z barvilom safranin (0,5 % barvila v 95% etanolu), ki je polifenolne komponente, kot je lignin, obarvalo rdeče. Rezine smo v barvili pustili najmanj deset minut, nato smo jih spirali s 95% etanolom. Rezine smo nato 30 sekund barvali z barvilm astra modro (0,5 % barvila v 95% etanolu) in tako obarvali še preostale komponente, predvsem celulozo. Sledilo je spiranje s 95 % etanolom. Obarvane rezine smo s pomočjo pincete prenesli na objektno stekelce in nato kanili vklopni medij – euparal. Tkiva, prepojena z vklopnim medijem, smo prekrili s krovnim stekelcem, z iglami iztisnili morebitne zračne mehurčke v vklopenem mediju in preparate obtežili z 200 g težkimi kovinskimi utežmi. Posamezne preparate smo označili enako kot pripadajoče vzorce, odvzete iz dreves.

4 REZULTATI IN DISKUSIJA

Dobljene rezultate smo po končanem preizkusu združili in analizirali. Slike makroskopskih vzorcev in grafov signala Resistographa za posamezen vzorec smo razdelili na območja, ki smo jih določili po predhodnem pregledu, in jih analizirali.

4.1 JELKA (A1)

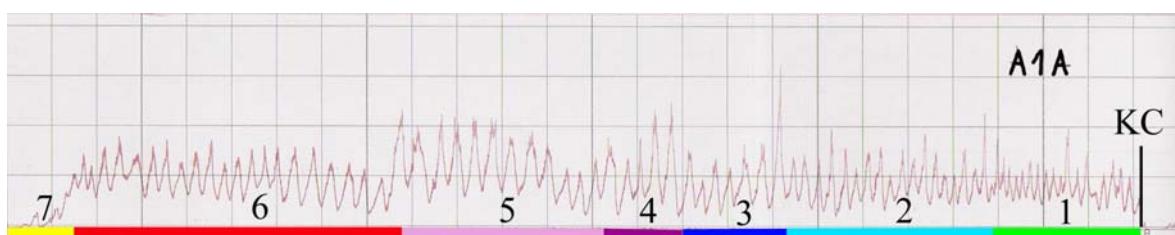
4.1.1 Vzorec A1A

Pri uporabi Resistographa za določanje stanja lesa pri jelki se je izkazalo, da naprava zelo natančno beleži prisotnost ranega in kasnega lesa predvsem zaradi razlik v gostoti. Poleg tega lahko ugotovimo, da smo z Resistographom zabeležili prisotnost kompresijskega lesa. Te trditve dokazuje primerjava fotografije vzorca A1A (Slika 18) in pripadajočega grafikona Resistographa (Slika 19). Pri preizkusu je bila prisotna skorja, ki je vsebovala ritidom in živi del, poudariti pa moramo, da Resistograph pri tej drevesni vrsti prisotnosti skorjinih tkiv ni zabeležil. Pri prehodu svedra skozi les smo zabeležili nihanja, opisana v nadaljevanju. V območju 1 (prvih 35 mm od kambija proti strženu) je bila beljava z relativno enakomerno širino branik in relativno skromnim delom kasnega lesa, signal Resistographa je bil dokaj enakomeren. Nižje vrednosti ustrezajo ranemu lesu, višje vrednosti signala pa kasnemu. V območju 2 (od 35 do 80 mm od kambija) je bila branika širša, širši je bil tudi kasni les, kar se vidi na diagramu, pridobljenim z vrtanjem. Odpornost proti vrtanju se je zatem zmanjšal, saj se je znižal delež kasnega lesa v široki braniki (območje 3). Na območju 4 (na globini 102 do 120 mm od kambija) je bilo prisotnih 6 branik reakcijskega lesa, ki smo ga tudi detektirali z Resistographom. Anatomski preparat (A1A2), odvzet na tem mestu, izkazuje prisotnost kompresijskega lesa na tem območju. (Slika 21a). Na globini med 122 in 164 mm smo zabeležili signal Resistographa, ki je bil relativno podoben signalu kompresijskega lesa (območje 5). Anatomski preparat (A1A3), odvzet na prehodu iz območja 5 v območje 6, kaže, da se je v ranem lesu pojavil razkroj, medtem ko so traheide v kasnem lesu ostale intaktne. Prav zaradi tega je za razkrojen les jelke značilna enakomerna žagasta krivulja signala Resistographa (Slika 21b). Od 164 do 240 mm proti sredini drevesa (območje 6) je bil odpornost proti vrtanju enak kot v perifernih

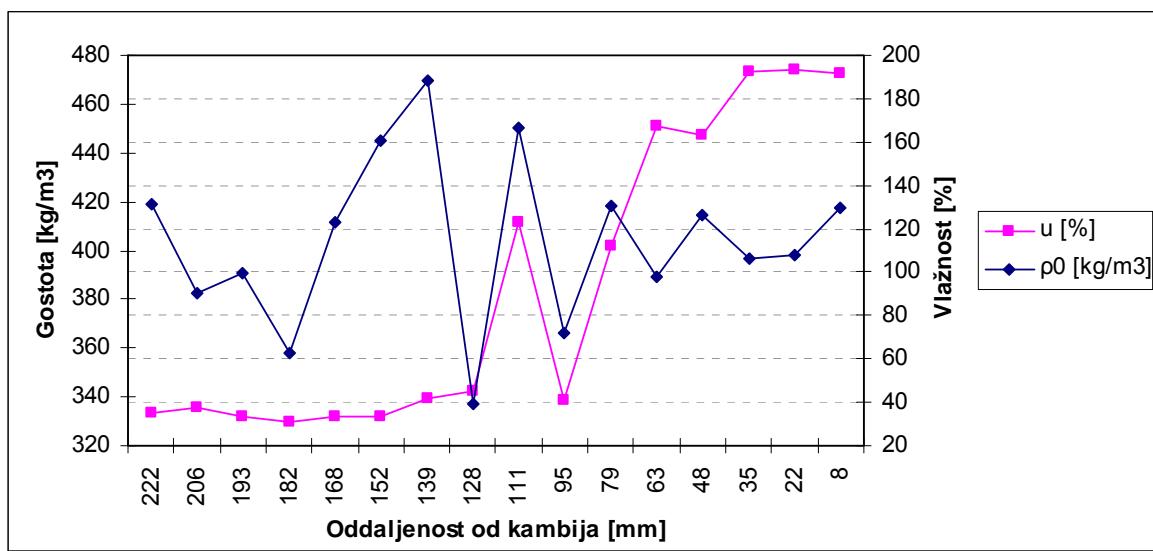
delih vzorca kljub temu, da so bile branike širše in so vsebovale (vizualno) večji delež kasnega lesa. Po globini 240 mm je nastopila diskoloracija (območje 7). Primerjanje krivulje, makroskopske slike in grafa Resistographa potruje pridobitve, ugotovljene z Resistographom. Gostotni profil lahko služi kot pripomoček pri interpretiranju rezultatov, vendar posamezna vrednost gostote predstavlja povprečno vrednost večjega števila branik v vzorcu. Relativno majhen odpor proti vrtanju v območju do 80 mm globine od kambija (območje 2) ustreza majhni gostoti lesa ($\rho_0 = 400 \text{ kg/m}^3$, $R = 380 \text{ kg/m}^3$), zatem se gostota zmanjša, kar dejansko ustreza zabeleženi vrednosti z Resistographom (območje 3). Povečanje ρ_0 in R na 460 kg/m^3 je značilnost reakcijskega lesa, ki je nudil največji odpor pri vrtanju na tem vzorcu (Slika 20). Sledi padec gostote, enakomerno zvečanje in nato enakomerno zmanjšanje, kar ustreza signalu grafa radialnega profila. Analiza vlažnosti je razkrila dokaj karakteristični vlažnostni profil za jelko. V beljavi je bila vlažnost med 165–190 %, nakar se je zmanjšala v suhi coni na 40%. Območje suhe cone je ustrezalo najnižjim vrednostim, ki smo jih zabeležili z Resistographom na tem vzorcu. Visoko vlažnost smo zabeležili v območju kompresijskega lesa (120 %), od te točke proti strženu se je vlažnost zmanjšala na 37–38 %, kar je značilna vlažnost za normalno jedrovino pri jelki (Slika 20). Lahko zaključimo, da z Resistographom na tem radiju morebitnih razlik med beljavo in jedrovino nismo zabeležili, smo pa zabeležili vse gostotne nianse, z znatno večjo občutljivostjo kot v primeru tradicionalne izdelave gostotnega profila.



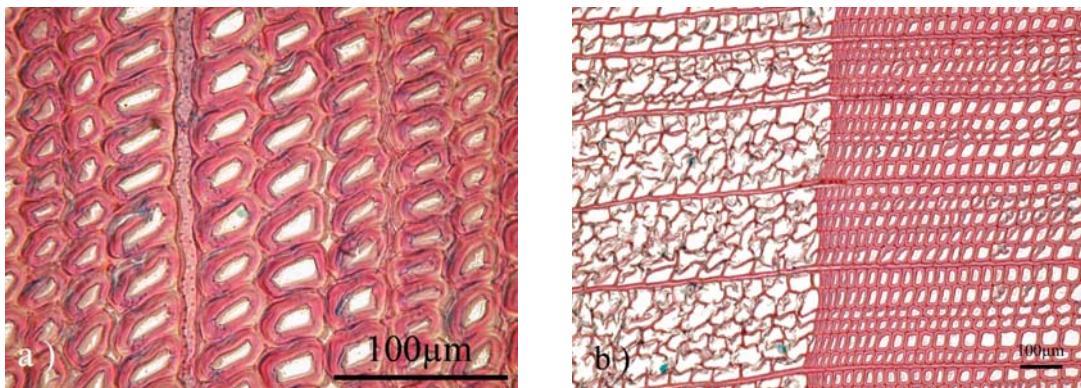
Slika 18: Jelka (*Abies alba* Mill.), makroskopska slika vzorca A1A – lokaciji odvzema vzorcev za anatomska preparata A1A2 in A1A3.



Slika 19: Jelka (*Abies alba* Mill.), krivulja signala Resistographa F500 pri vzorcu A1A.



Slika 20: Jelka (*Abies alba* Mill.), graf gostotnega in vlažnostnega profila za vzorec A1A.



Slika 21: Jelka (*Abies alba* Mill.), prečni prerez – a) vzorec A1A2: prisotnost kompresijskega lesa; b) vzorec A1A3: razkroj, prisoten v kasnem lesu, rani les intakten.

Raziskave z Resistographom kažejo, da je bil pri ostalih treh radialnih profilih v splošnem odziv na vrtanje zelo podoben.

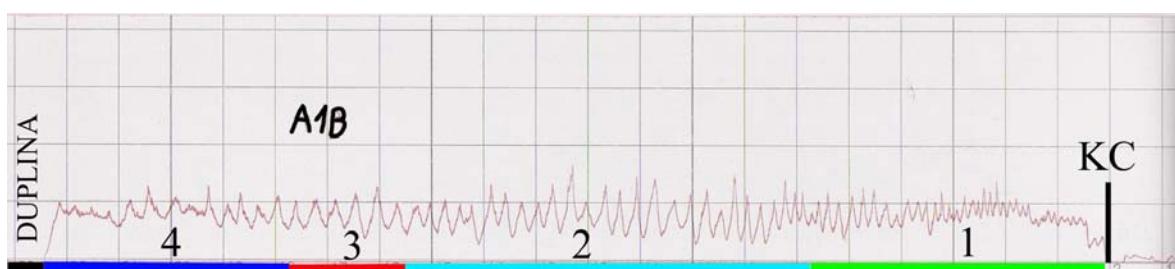
4.1.2 Vzorec A1B

V prvih 58 mm globine od kambija proti strženu (območje 1) je signal, pridobljen z Resistographom, jasno odražal spremembe v širini branik (Slika 23). V periferiji debla so bile branike ožje, zatem pa nekoliko širše (od 58 do 135 mm, območje 2) (Slika 22). Zdi se, da je v širših branikah več kasnega lesa (58 do 135 mm), zato so amplitудe signala večje. Na globini 135 mm od kambija (območje 3) se pojavi razkroj lesnega tkiva, ki ga

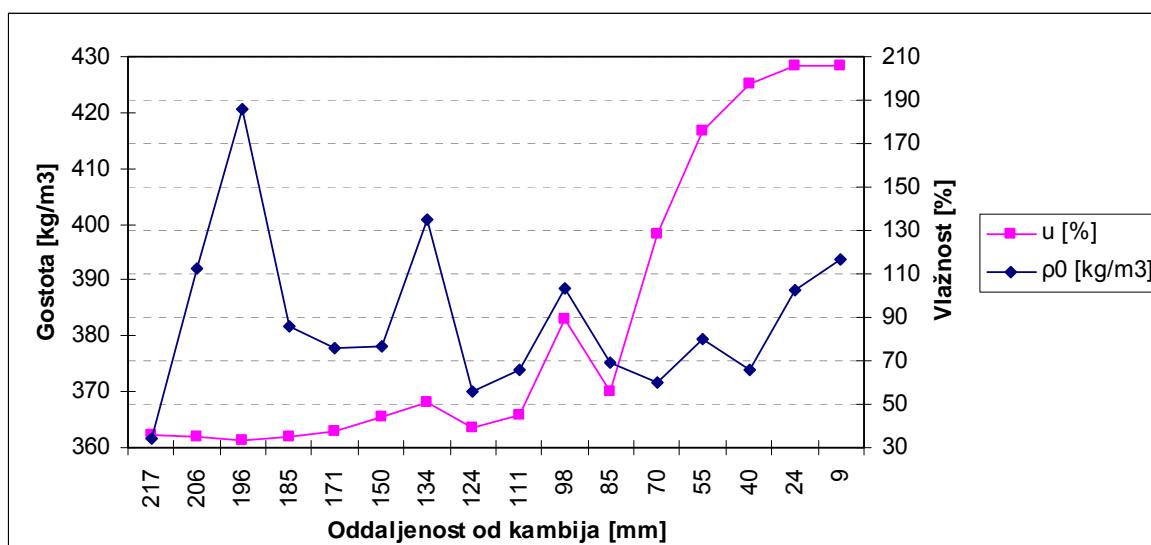
Resistograph ni zabeležil. Vlažnostni profil pri tem vzorcu izkazuje podobno zakonitost, kot smo jo zabeležili pri vzorcu A1A (Slika 24). Na globini med 90 in 100 mm smo zabeležili lokalno zvišanje vlažnosti v jedrovini. Bistvenih odstopanj od vlažnosti, ki smo jih pridobili pri vzorcu A1A, nismo opazili. Pri A1B je ρ_0 po radiju zelo mirna in ne izkazuje skrajnih variabilnosti (Slika 24). Očitno je, da sekundarne oziroma tercialne spremembe v lesu jelke niso odločilno vplivale na gostoto jelovine (območje 2 – ojedritev, območje 3 – razkroj).



Slika 22: Jelka (*Abies alba* Mill.), makroskopska slika vzorca A1B.



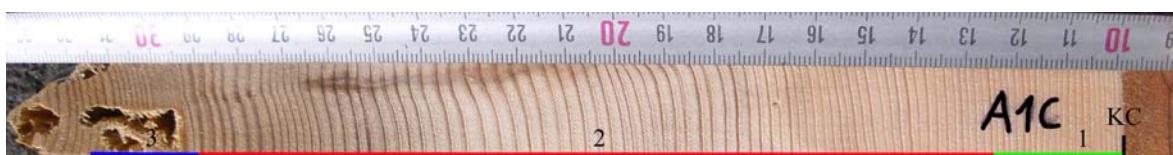
Slika 23: Jelka (*Abies alba* Mill.), krivulja signala Resistographa F500 pri vzorcu A1B.



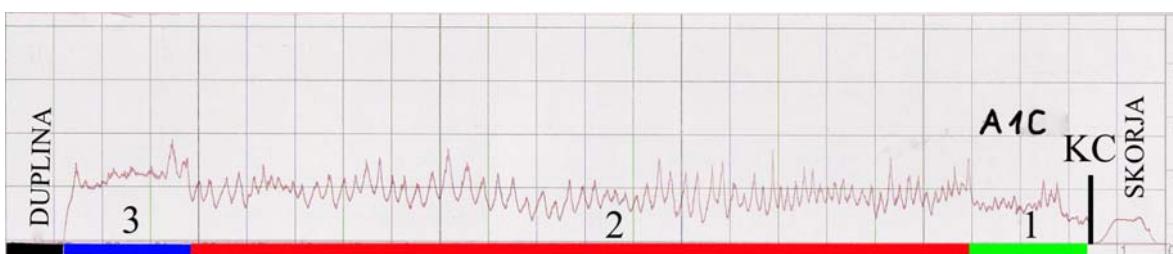
Slika 24: Jelka (*Abies alba* Mill.), graf gostotnega in vlažnostnega profila za vzorec A1B.

4.1.3 Vzorec A1C

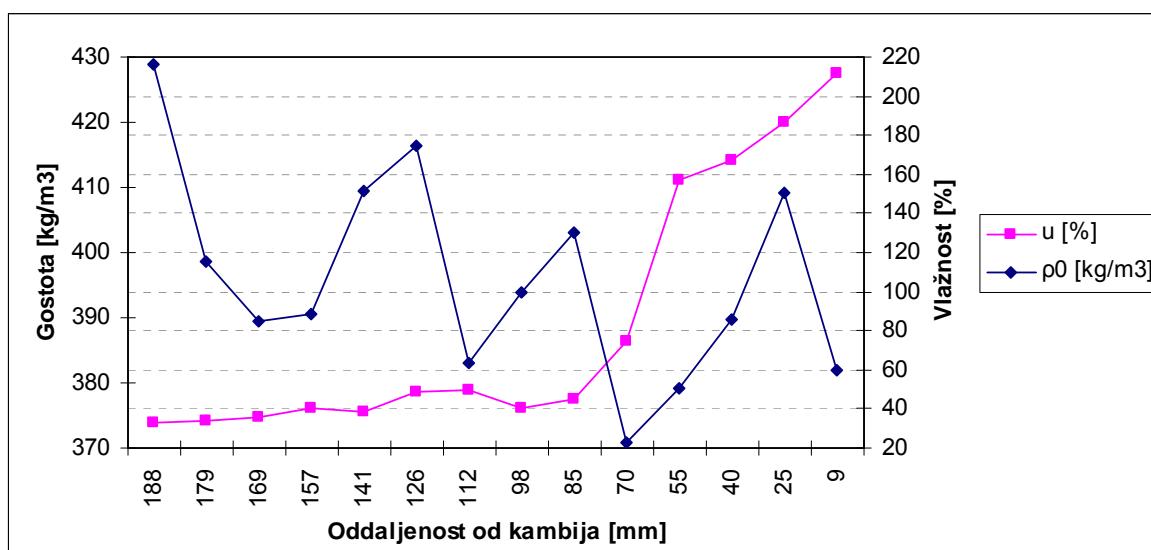
Podobno kot v vzorcu A1B, smo tudi pri A1C v osrednjem delu debla opazili razkroj (Slika 25). Preostali del vzorca od kambija do globine 190 mm se ni bistveno razlikoval od A1B. Ozkim branikam na periferiji je ustrezal signal z majhno amplitudo, pri širših branikah v osrednjem delu pa je bila amplituda nekoliko večja. Presenetljiva je bila razlika globlje v tkivu, kjer smo vizualno zaznali razkroj, ki pa je bil očitno zelo lokaliziran in omejen izključno na vidna mesta. Sveder je prodiral skozi neprizadeto tkivo med razkrojenimi žepi. Za zdrav les so bile značilne zelo ozke branike s povečanim deležem kasnega lesa, kar kaže tako signal Resistographa (Slika 26) kot tudi gostotni profil (Slika 27). Radialni vlažnostni profil tega vzorca je izkazoval le majhno variabilnost. Razlike smo zabeležili med beljavo in jedrovino (Slika 27).



Slika 25: Jelka (*Abies alba* Mill.), makroskopska slika vzorca A1C.



Slika 26: Jelka (*Abies alba* Mill.), krivulja signala Resistographa F500 pri vzorcu A1C.



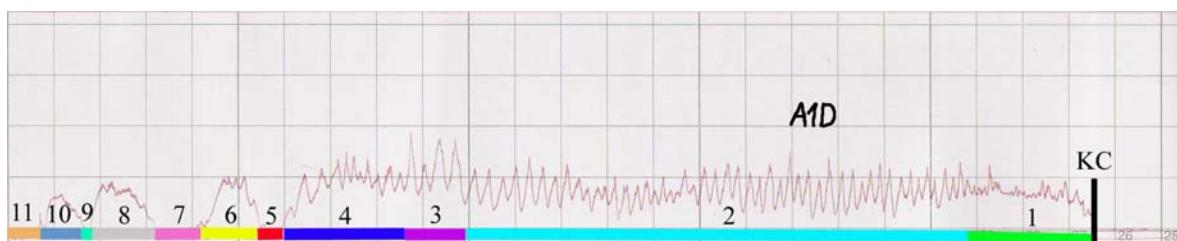
Slika 27: Jelka (*Abies alba* Mill.), graf gostotnega in vlažnostnega profila za vzorec A1C.

4.1.4 Vzorec A1D

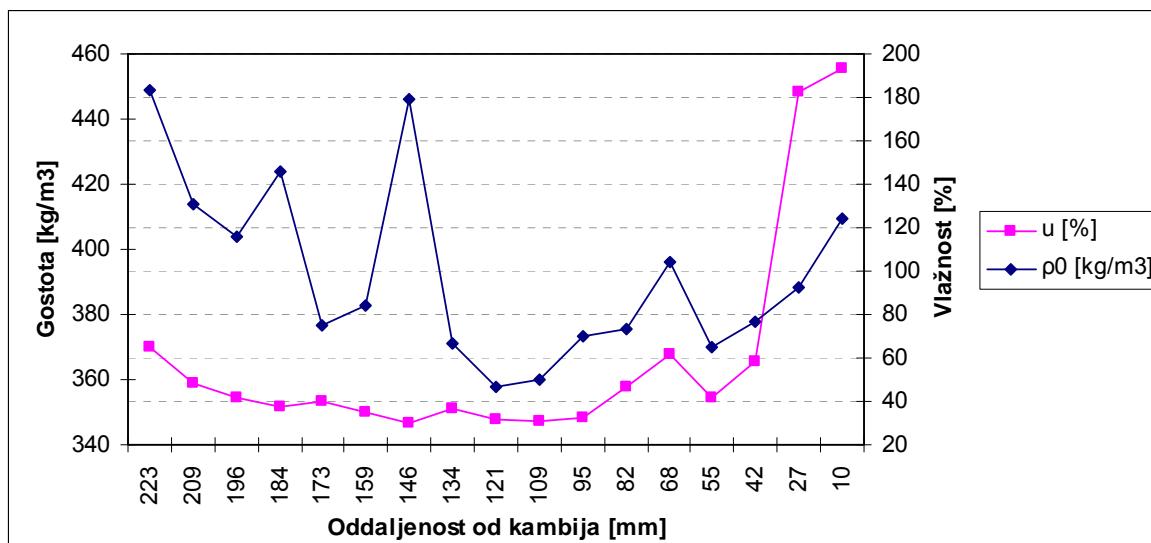
Vzorec A1D je bil, vsaj v perifernem delu, podoben vzorcema A1B in A1C (Slika 28). Bolj razgibana zgradba lesa (na razdalji 139 mm in več od kambija) se kaže tudi v rezultatih, pridobljenih z Resistographom. V območju 3 (med 139 in 148 mm globine) je mogoče zaznati rahlo višje vrednosti, pridobljene z Resistographom (Slika 29). Naslednje posebnosti so se pojavile v osrednjem delu (na globini 176 mm), kjer je sveder prodiral skozi žepke razkrojenega lesa. Odpora proti vrtanju na teh mestih praktično ni bilo zaznati, med žepki pa so še vedno deli, ki nudijo odpor. Anatomski preparat A1D1, odvzet na mestu območja 7, je pokazal, da so celične stene kasnega lesa na tem območju že razkrojene, kar dokazujejo kavitacije (Slika 31). Vlažnostni profil vzdolž tega radija je značilen za jelko in znaša 180 % v beljavi in 35–40 % v jedrovini (Slika 30). Gostotni profil se vsaj v grobem ujema s krivuljo Resistographa. Izpostaviti velja povišano gostoto kompresijskega lesa (od 139–149 mm) in lokalno povečanje gostote proti strženu (Slika 30).



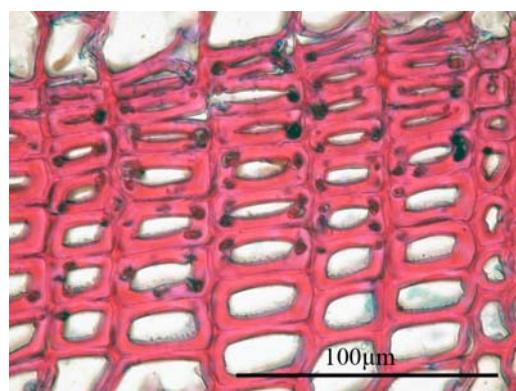
Slika 28: Jelka (*Abies alba* Mill.), makroskopska slika vzorca A1D – lokacija odvzema vzorca za anatomski preparat A1D1.



Slika 29: Jelka (*Abies alba* Mill.), krivulja signala Resistographa F500 pri vzorcu A1D.



Slika 30: Jelka (*Abies alba* Mill.), graf gostotnega in vlažnostnega profila za vzorec A1D.



Slika 31: Jelka (*Abies alba* Mill.), prečni prerez vzorca A1D1; kasni les razkrojen, v celični steni so vidne kavitacije.

4.2 SMREKA (P1)

4.2.1 Vzorec P1A

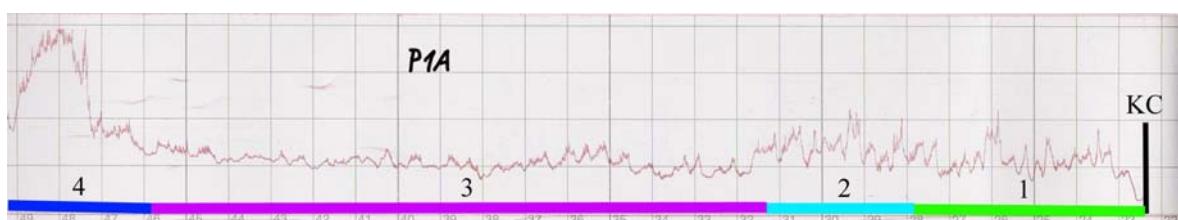
Tudi pri smrekinih vzorcih je bila prisotna skorja, ki je prav tako vsebovala ritidom in živi del. Pri vzorcih P1A in P1B Resistograph skorje ni zaznal, pri P1C in P1D pa je zaznal ritidom, kar je vidno tudi iz grafov. Pri prehodu svedra skozi les vzorca P1A smo zabeležili naslednja nihanja. V območju 1 (prvih 55 mm od kambija proti strženu) je bila beljava z relativno enakomerno širino branik in relativno skromnim delom kasnega lesa do globine 25 mm, nato se je delež kasnega lesa povečal. Nižje vrednosti signala Resistographa ustrezano ranemu lesu, višje vrednosti pa kasnemu. To dokazuje tudi dokaj enakomeren signal Resistographa. Izjeme so trije vrhovi, ki pripadajo območjem kasnega lesa z veliko gostoto. V območju 2 (od 55 mm do 90 mm od kambija) je bila večina branik, razen nekaj izjem, širših kot v območju 1, širina kasnega lesa pa je ostala nespremenjena, kar se vidi na diagramu, pridobljenim z vrtanjem. Anatomska preparata (P1A3, P1A4), odvzeta na tem mestu, kažeta, da so ob celičnih stenah pogosto vidne hife (Slika 35a, Slika 35b). Na območju 3 (to je od 90 do 235 mm od kambija) se je odpor proti vrtanju zmanjšal, zmanjšala se je tudi amplituda nihanja signala, pridobljenega z Resistographom. Kot se vidi tudi iz fotografije vzorca (Slika 32), je na območju 3 prisoten diskoloriran les, ki je v začetni fazi razkroja. Zaradi tega Resistograph ni zaznal tako ekstremnega padca signala, kot smo ga pričakovali, ampak je bil signal skoraj identičen kot pri zdravem lesu (Slika 33). Pri interpretaciji rezultatov, dobljenih z Resistographom, je sprememba signala, kot smo ga zabeležili na prehodu iz območja 2 v območje 3, treba interpretirati glede na prisotnost razkrojenega lesa. S praktičnega vidika je tovrstna sprememba signala lahko zelo problematična pri interpretaciji obsega zdravega lesa oziroma razkrojenega tkiva. Anatomski preparat P1A5 smo odvzeli v zadnjem delu območja 3 na oddaljenosti 220 mm od kambija. Na tem preparatu se že da zabeležiti razkrojeno tkivo (Slika 35c). Zaradi razkrojenega in manjkajočega tkiva je amplituda, pridobljena z Resistographom, manjša kot pri ostalem tkivu. Pri območju 4 (od 235 do 270 mm od kambija) lahko na grafu signala Resistographa vidimo nenadno povečanje signala, in to kar za dvakratno vrednost v primerjavi z lesom na periferiji. Na fotografiji vzorca se lepo vidi, da je na tem mestu prisoten stržen, zaradi katerega se je signal tudi povečal. Primerjanje signala grafa in makroskopske slike potrjuje z Resistographom ugotovljene pridobitve. Vrednost gostote

predstavlja povprečno vrednost večjega števila branik v vzorcu. Relativno majhen odpor proti vrtanju v območju 1 in 2 (od kambija do 90 mm globine), ustreza majhni gostoti lesa ($\rho_0 = 450 \text{ kg/m}^3$, $R = 370 \text{ kg/m}^3$), nato pa se le-ta še zmanjša ($\rho_0 = 320 \text{ kg/m}^3$, $R = 270 \text{ kg/m}^3$), kar dejansko ustreza zabeleženemu signalu Resistographa (območje 3) (Slika 34). Gostota je v območju 4 povečana ($\rho_0 = 370 \text{ kg/m}^3$, $R = 350 \text{ kg/m}^3$) zaradi prisotnosti stržena, ki je nudil največji odpor pri vrtanju na tem vzorcu. Analiza vlažnostnega profila je razkrila dokaj karakteristično krivuljo za smreko. V beljavi je bila vlažnost med 130–170 %, nakar smo zaznali nekaj nihanja, kjer se je vlažnost zmanjšala v suhi coni (60 mm od kambija) na 57 %, zatem se je povečala na 75 % (70 mm od kambija, prva reakcijska cona), nato spet padla na 35 % (90 mm od kambija), se ponovno povečala na 57 % (100 mm od kambija, druga reakcijska cona) ter se naposled ustalila v območju 3 (območje diskoloriranega lesa) na okoli 35 % vlažnosti (Slika 34). Tudi pri smreki lahko v splošnem zaključimo, da tudi na tem radiju z Resistographom morebitnih razlik med beljavo in jedrovino nismo zabeležili.

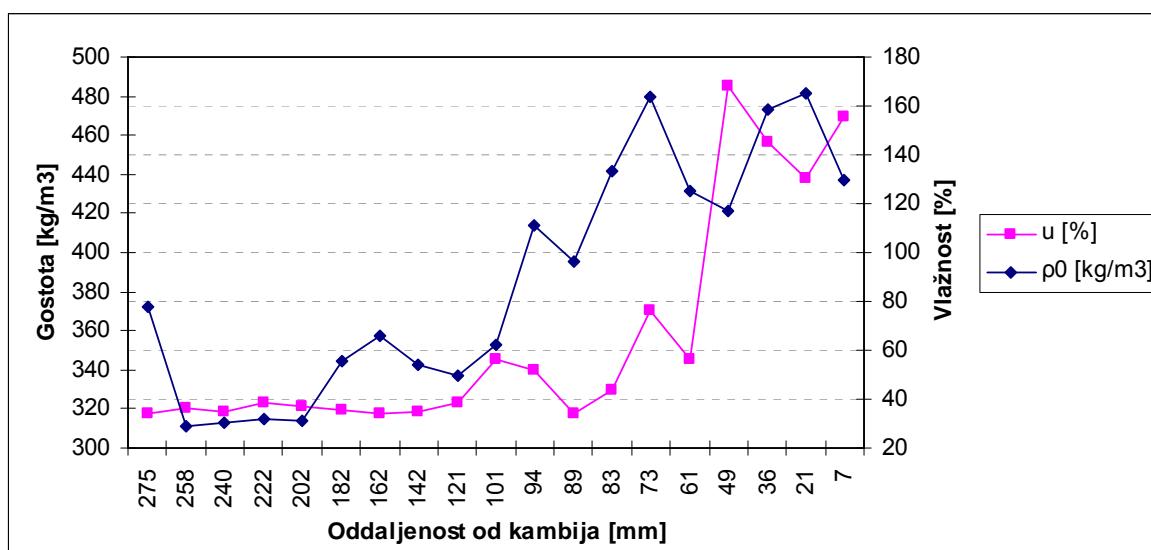
Raziskave z Resistographom kažejo, da je bil pri ostalih treh radialnih smrekovih profilih odziv na vrtanje zelo podoben. Pridobljeni signali (krivulje) so na vseh preostalih treh primerih dokaj enaki, izkazujejo pa naslednje posebnosti:



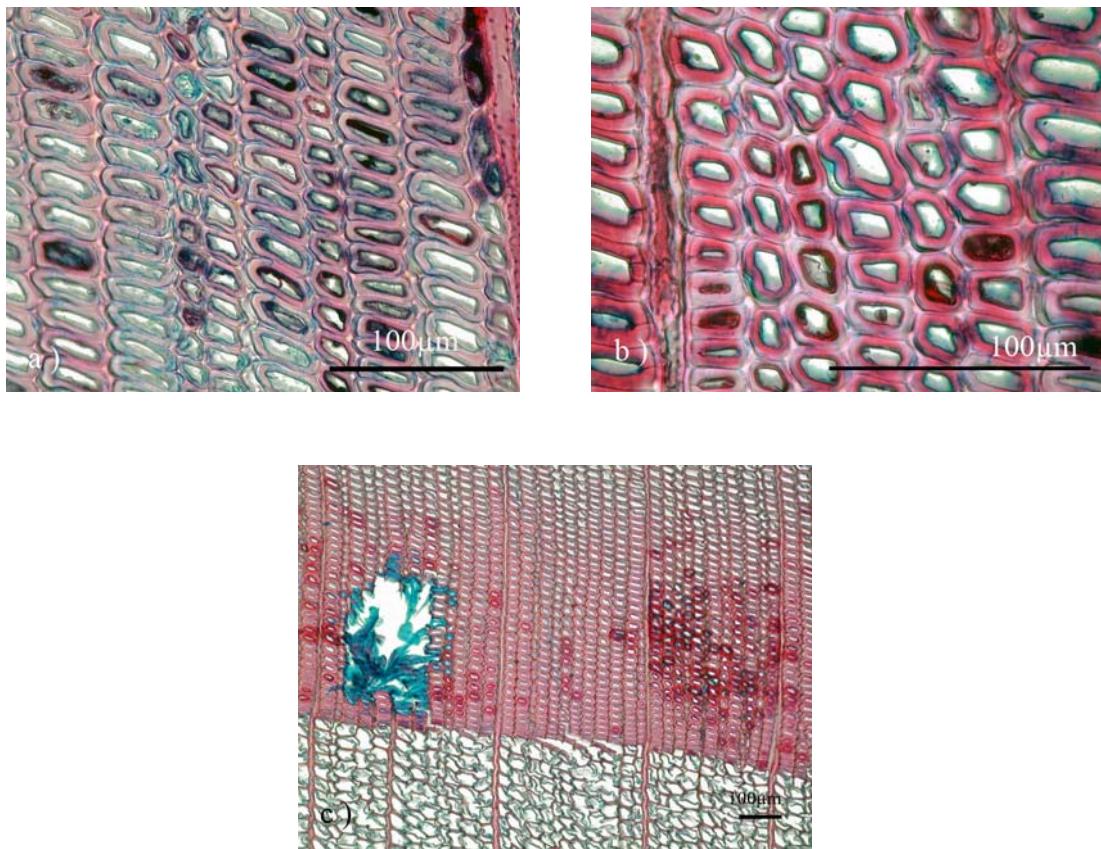
Slika 32: Navadna smreka (*Picea abies* (L.) Karst.), makroskopska slika vzorca P1A – lokacije odvzema vzorcev za anatomske preparate P1A3, P1A4 in P1A5.



Slika 33: Navadna smreka (*Picea abies* (L.) Karst.), krivulja signala Resistographa F500 pri vzorcu P1A.



Slika 34: Navadna smreka (*Picea abies* (L.) Karst.), graf gostotnega in vlažnostnega profila za vzorec P1A.



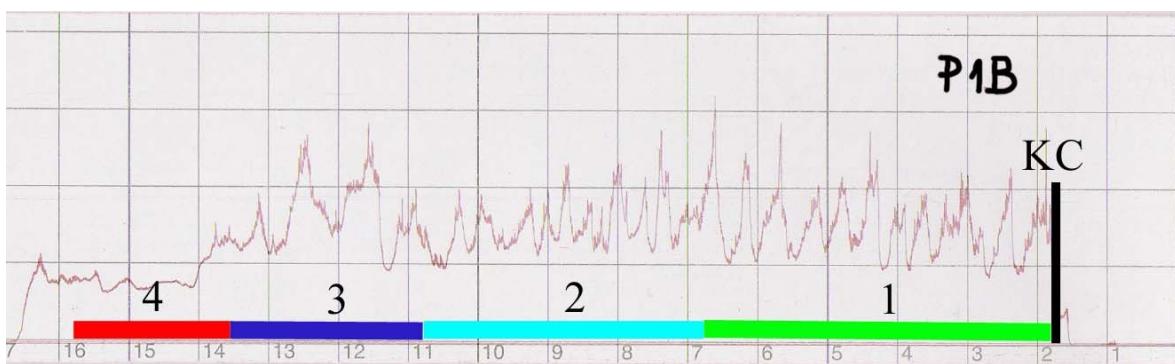
Slika 35: Navadna smreka (*Picea abies* (L.) Karst.); prečni prerezi – a) vzorec P1A3 in b) vzorec P1A4: ob celičnih stenah prisotne hife, c) vzorec P1A5: delno in popolnoma razkrojeno tkivo.

4.2.2 Vzorec P1B

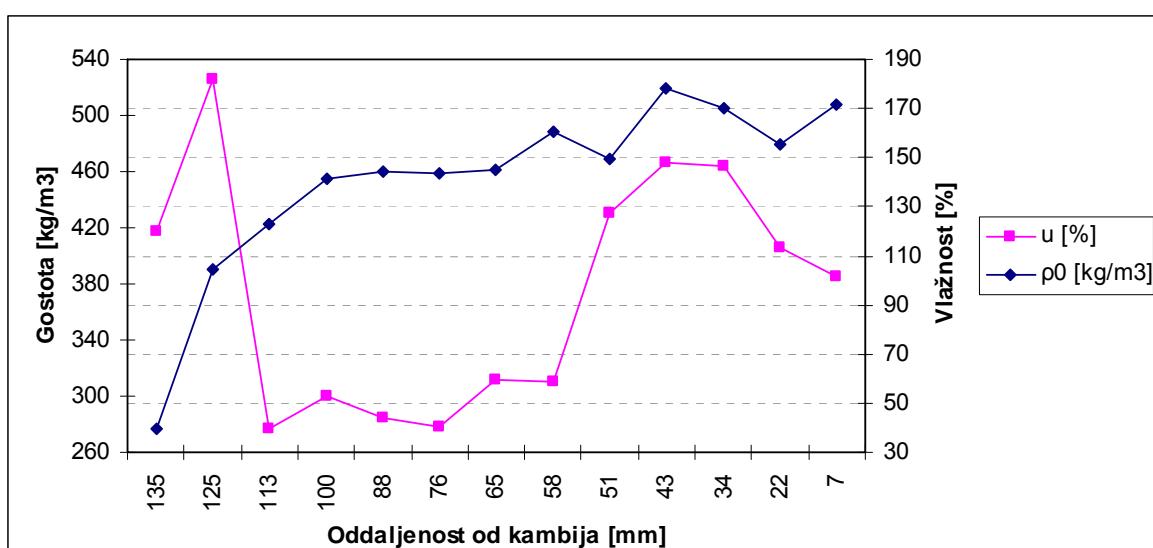
V območju 1 (prvih 50 mm globine od kambija proti strženu) je signal pridobljen z Resistographom jasno odražal spremembe v širini branik ter ranim in kasnim lesom. Na periferiji debla so bile branike relativno enakomerne in malo širše kot v prvem delu območja 2 (Slika 36). Zdi se, da je v širših branikah več kasnega lesa, zato so amplitudi signala večje. Na globini 50 do 65 mm od kambija, kjer se je pojavila reakcijska cona je kasnega lesa manj, kar se vidi tudi na grafu signala Resistographa (Slika 37). Na drugem delu območja 2 (od 65 do 90 mm) je les z eno široko braniko, sledijo ozke in nato spet dve široki braniki z relativno majhnim deležem kasnega lesa, kar se odraža tudi na grafu signala. Na območju 3 (od 90 do 117 mm) so zelo široke branike z relativno visokim deležem kasnega lesa, kar se lepo vidi na grafu signala (Slika 37). Temu sledi območje 4 (od 117 do 140 mm), kjer nastopi druga reakcijska cona in zatem diskoloriran les. Vlažnostni profil pri tem vzorcu izkazuje podobno, vendar malo drugačno zakonitost, kot smo jo zabeležili pri vzorcu P1A (Slika 38). Na periferiji (do globine 50 mm) smo zabeležili vlažnost od 100 do 150 %. Globlje v vzorcu bistvenih odstopanj od vlažnosti, ki smo jih pridobili pri vzorcu P1A nismo opazili, razen pri globini 125 mm, kjer se je pojavila druga reakcijska cona. Tu se je vlažnost povečala na 182 % vlažnosti. Pri P1B je ρ_0 in R po radiju zelo enakomerna in ne izkazuje izrazite variabilnosti ($\rho_0 = 470 \text{ kg/m}^3$, $R = 420 \text{ kg/m}^3$), razen na prehodu v drugo reakcijsko cono (od 125 mm naprej), kjer se gostota zmanjša (pri 135 mm je $\rho_0 = 275 \text{ kg/m}^3$, $R = 250 \text{ kg/m}^3$) (Slika 38).



Slika 36: Navadna smreka (*Picea abies* (L.) Karst.), makroskopska slika vzorca P1B – območja 2,3 in 4 predstavljajo les v različnih razkrojnih stopnjah.



Slika 37: Navadna smreka (*Picea abies* (L.) Karst.), krivulja signala Resistographa F500 pri vzorcu P1B.



Slika 38: Navadna smreka (*Picea abies* (L.) Karst.), graf gostotnega in vlažnostnega profila za vzorec P1B.

4.2.3 Vzorec P1C

Pri vzorcu P1C je signal, pridobljen z Resistographom, jasno odražal spremembe v širini branik ter razmerje med ranim in kasnim lesom. Na periferiji debla (do 60 mm globine) so bile branike relativno enakomerno široke, zatem so (od 60 do 75 mm) nekoliko ožje in vsebujejo več kasnega lesa (Slika 39). Nato sledi nekaj širokih branik z več ranega lesa, zaradi česar so amplitude signala nižje (od 75 do 90 mm). Resistograph zelo natančno beleži prisotnost kasnega lesa posebej v primerih, ko se v eni braniki pojavljata dve plasti kasnega lesa (anatomski preparat P1C1) (Slika 42). Na območju 2 (od 90 do 150 mm) je bila prisotna grča, kar se tudi lepo odraža na grafu Resistographa (Slika 40). Vlažnostni profil pri tem vzorcu izkazuje podobno zakonitost, kot smo jo zabeležili pri vzorcu P1A (Slika 41). Na periferiji (do globine 40 mm) smo zabeležili vlažnost od 130 do 157 %.

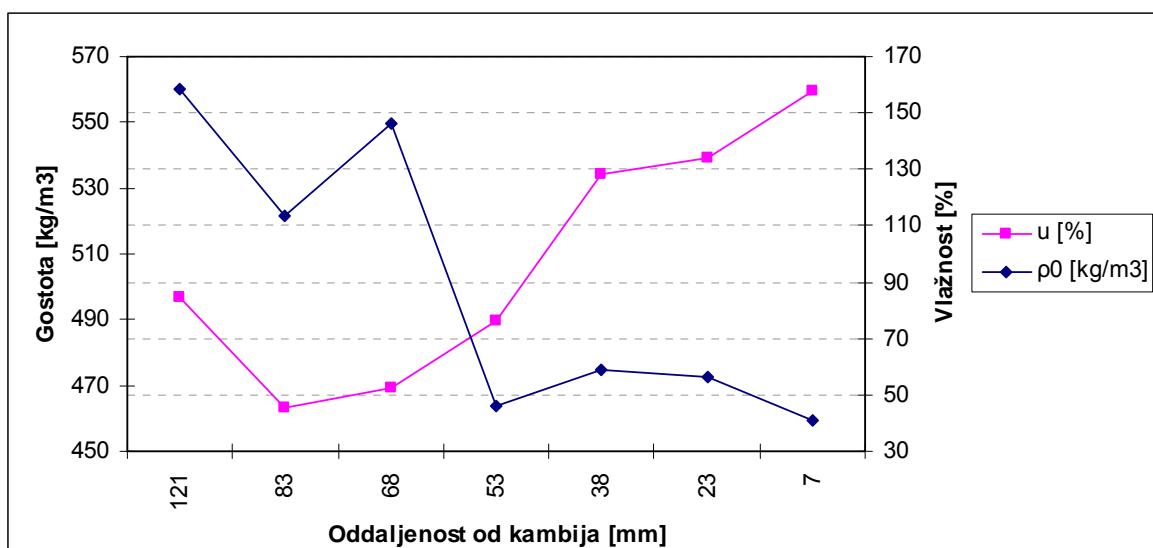
Globlje v vzorcu bistvenih odstopanj od vlažnosti, ki smo jih pridobili pri vzorcu P1A, nismo opazili, razen pri globini 120 mm, kjer se je vlažnost povečala na 85 %. Pri P1C je gostota brez izrazite variabilnosti ($\rho_0 = 470 \text{ kg/m}^3$, $R = 415 \text{ kg/m}^3$), v območju 2, kjer je prisotna grča, pa se le-ta poveča ($\rho_0 = 550 \text{ kg/m}^3$, $R = 480 \text{ kg/m}^3$) (Slika 41).



Slika 39: Navadna smreka (*Picea abies* (L.) Karst.), makroskopska slika vzorca P1C – lokacija odvzema vzorca za anatomskejki preparat P1C1.



Slika 40: Navadna smreka (*Picea abies* (L.) Karst.), krivulja signala Resistographa F500 pri vzorcu P1C – puščica prikazuje signal, ki ustreza lokaciji kasnega lesa na preparatu P1C1 (Slika 42).



Slika 41: Navadna smreka (*Picea abies* (L.) Karst.), graf gostotnega in vlažnostnega profila za vzorec P1C.



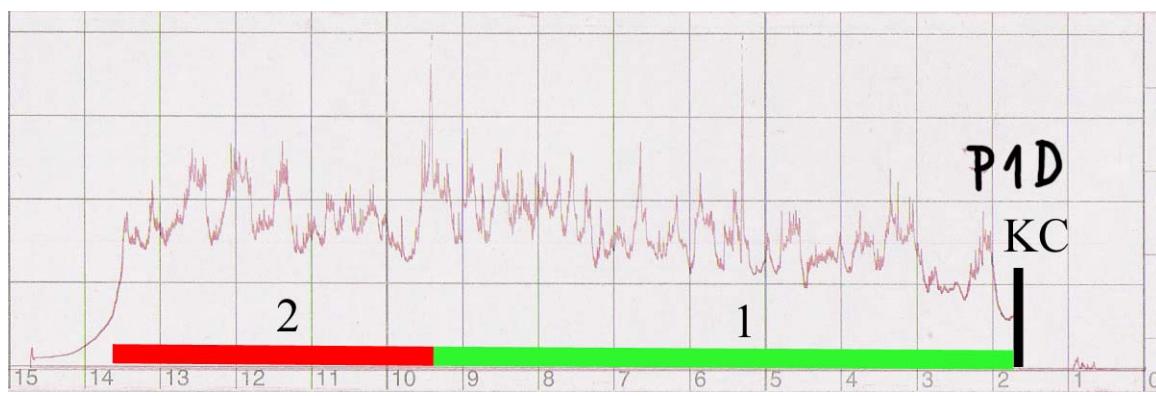
Slika 42: Navadna smreka (*Picea abies* (L.) Karst.), prečni prerez vzorca P1C1 – dve plasti kasnega lesa.

4.2.4 Vzorec P1D

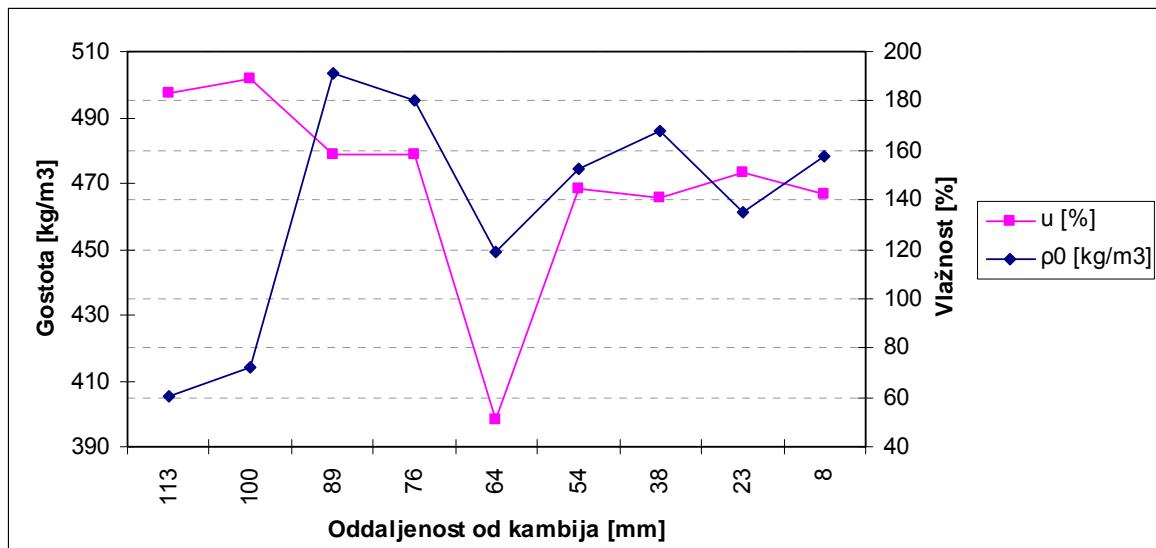
Vzorec P1D je bil, vsaj v perifernem delu, podoben vzorcu P1C. Na periferiji v območju 1 (do 77 mm globine) so branike relativno enako široke, z relativno majhnim deležem kasnega lesa (Slika 43). To se odraža tudi na grafu, pridobljenim z Resistographom. Sledi območje 2 (od 77 do 120 mm), kjer se pojavi reakcijska cona, kar smo zaznali tudi z Resistographom (Slika 44). V območju 2 vidimo na grafu padec amplitude, ki ustreza območju kolesivosti in je zelo dobro vidna na makroskopski sliki (Slika 43, Slika 44). Po 120 mm pa je viden razkroj, ki ga je tudi zaznal Resistograph. Vlažnostni profil vzdolž tega polmera se je nekoliko razlikoval od ostalih vzorcev: izmerili smo 145 % v beljavi, 50 % v sušini (okoli 65 mm od kambija) in 160–190 % v jedrovini (Slika 45). Gostotni profil po radiju vzorca P1D je brez posebnosti. V območju 1 znaša okoli $\rho_0 = 480 \text{ kg/m}^3$, $R = 420 \text{ kg/m}^3$. V območju 2, kjer je prisotna kolesivost, znaša $\rho_0 = 500 \text{ kg/m}^3$, $R = 420 \text{ kg/m}^3$, nato pa se zmanjša na $\rho_0 = 405 \text{ kg/m}^3$, $R = 360 \text{ kg/m}^3$ (Slika 45).



Slika 43: Navadna smreka (*Picea abies* (L.) Karst.), makroskopska slika vzorca P1D.



Slika 44: Navadna smreka (*Picea abies* (L.) Karst.), krivulja signala Resistographa F500 pri vzorcu P1D.



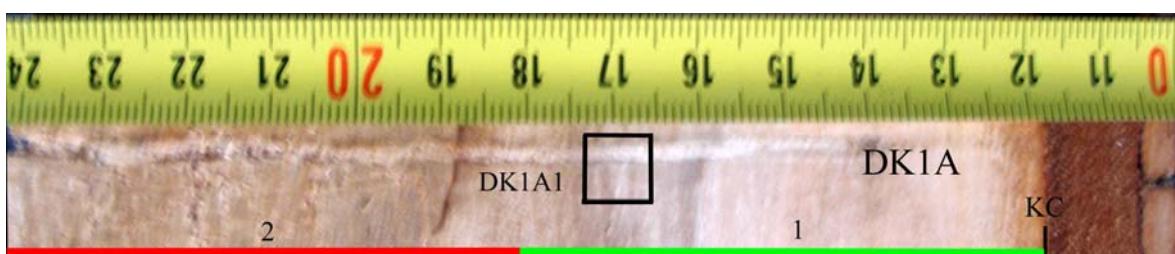
Slika 45: Navadna smreka (*Picea abies* (L.) Karst.), graf gostotnega in vlažnostnega profila za vzorec P1D.

4.3 DIVJI KOSTANJ (DK1)

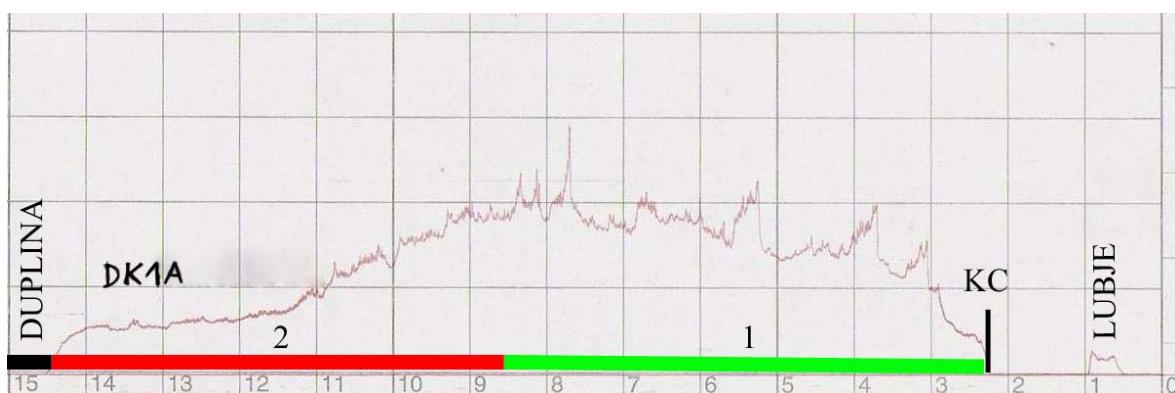
4.3.1 Vzorec DK1A

Pri vzorcih divjega kostanja je bila prav tako prisotna skorja, ki je vsebovala ritidom in živi del. Resistograph je pri obeh vzorcih zaznal ritidom (Slika 47). Pri prehodu svedra skozi les vzorca DK1A smo zabeležili naslednja nihanja. V območju 1 (prvih 63 mm od kambija proti strženu) je bila beljava z relativno enakomerno širokimi branikami. Na grafu Resistographa se lepo vidi, da je amplituda, za razliko od iglavcev, pri tej drevesni vrsti manjša, kar je posledica manjših razlik med ranim in kasnim lesom. Izjema so širje vrhovi. Pri zadnjem vrhu, kjer se je pojavi tudi prva reakcijska cona, smo vzel anatomske

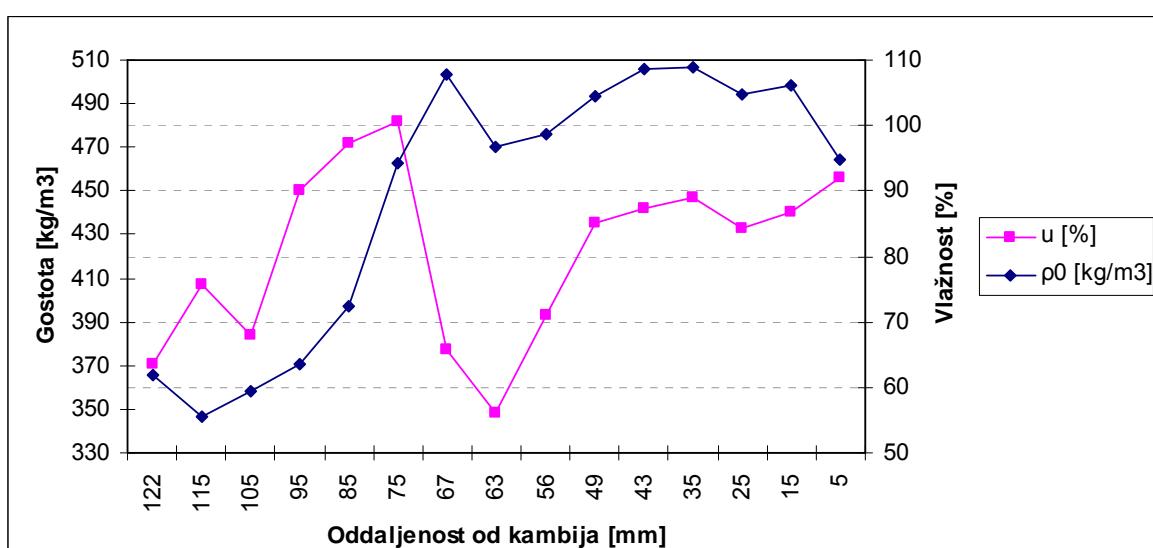
preparat. Na anatomskejem preparatu DK1A1, ki smo ga odvzeli na tem mestu, je prisotna reakcijska cona in dve barierni coni. Za reakcijsko cono je bila značilna zapolnjenost lumnov parenhimskih celic in osnovnih tkiv z gumoznimi depoziti. Rdeče ali modro obarvani gumozni depoziti so se pojavljali tudi v trahejah. Barierna cona je bila sestavljena z debelostenih parenhimskih celic. Trakovi so bili na temu mestu razširjeni, vlakeni ni, ravno tako ni trahej (Slika 49). Na mestu, kjer je bilo povečanje, je najverjetneje prisotna barierna cona. V območju 2 (od 63 mm pa do 125 mm od kambija) se takoj na začetku pojavi druga reakcijska cona, ki se na vzorcu lepo vidi (Slika 46). Od reakcijske cone naprej (od 70 do 125 mm) se na grafu vidi, kako se upor proti vrtanju zmanjšuje, saj je tam prisoten diskoloriran les (Slika 47), ki je razločen tudi na makroskopski sliki vzorca. Primerjava signala Resistographa in makroskopske slike vzorca potrjuje pridobitve, ugotovljene z Resistographom. Vrednost gostote predstavlja povprečno vrednost večjega števila branik v vzorcu. Relativno majhen odpor proti vrtanju v območju 1 (od kambija do 63 mm globine) ustreza majhni gostoti lesa $\rho_0 = 490 \text{ kg/m}^3$, $R = 450 \text{ kg/m}^3$, pri drugi reakcijski coni naraste na $\rho_0 = 500 \text{ kg/m}^3$, $R = 460 \text{ kg/m}^3$, nato se v območju 2 zmanjša na $\rho_0 = 370 \text{ kg/m}^3$, $R = 350 \text{ kg/m}^3$, kar dejansko ustreza zabeleženemu signalu Resistographa (Slika 48). Analiza vlažnosti je razkrila dokaj karakteristično krivuljo za divji kostanj. V beljavi je bila vlažnost okoli 85%, nakar smo zaznali nekaj nihanja. Vlažnost se je zmanjšala v suhi coni (63 mm od kambija) na 56 %, takoj za tem se je v drugi reakcijski coni povečala na 100 % (70 mm od kambija) in nato padla na okoli 68 % (105 mm od kambija) (Slika 48).



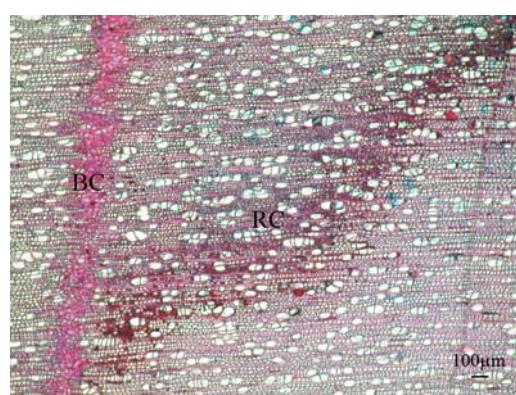
Slika 46: Divji kostanj (*Aesculus hippocastanum* L.), makroskopska slika vzorca DK1A – lokacija odvzema vzorca za anatomskejki preparat DK1A1.



Slika 47: Divji kostanj (*Aesculus hippocastanum* L.), krivulja signala Resistographa F500 pri vzorcu DK1A.



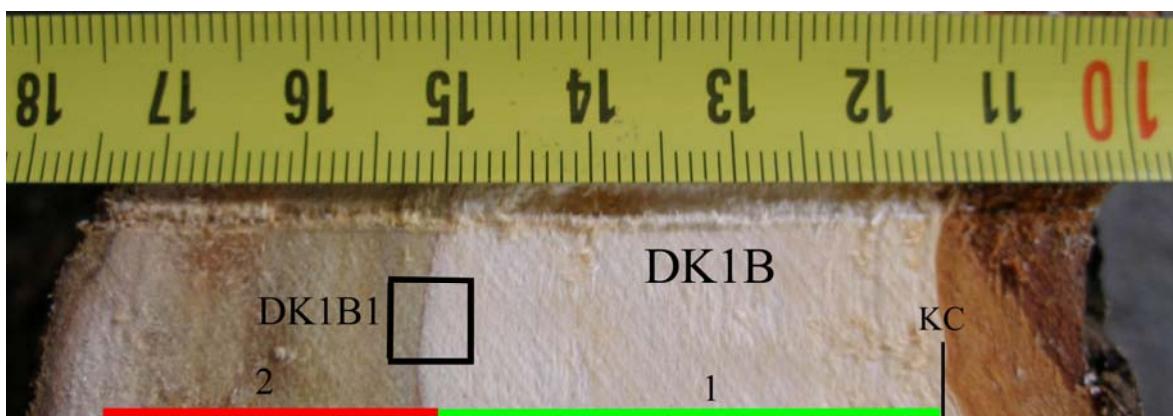
Slika 48: Divji kostanj (*Aesculus hippocastanum* L.), graf gostotnega in vlažnostnega profila za vzorec DK1A.



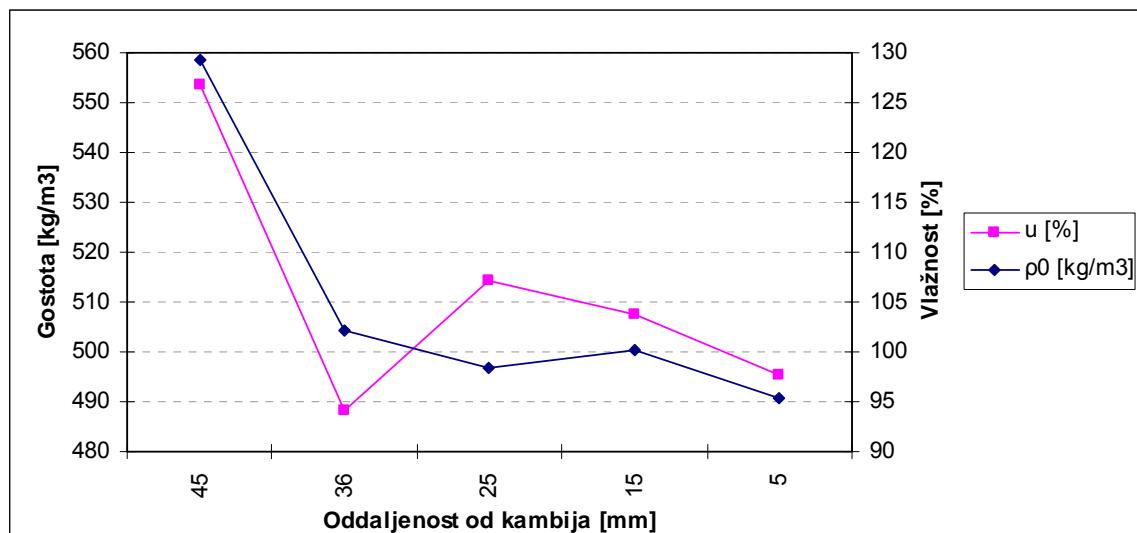
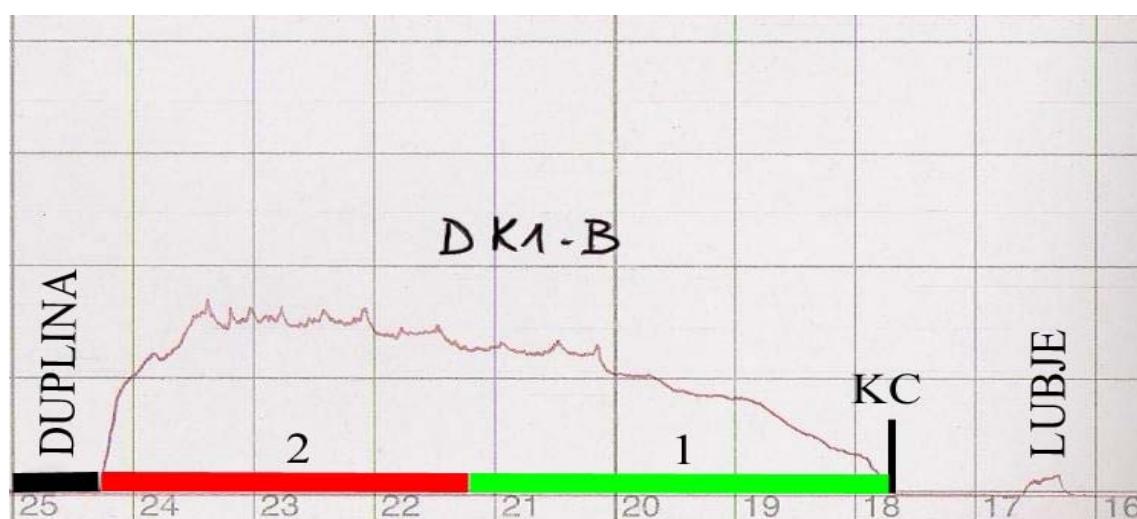
Slika 49: Divji kostanj (*Aesculus hippocastanum* L.), prečni prerez vzorca DK1A1 – prisotnost reakcijske (RC) in barierne cone (BC) ter gumoznih depozitov.

4.3.2 Vzorec DK1B

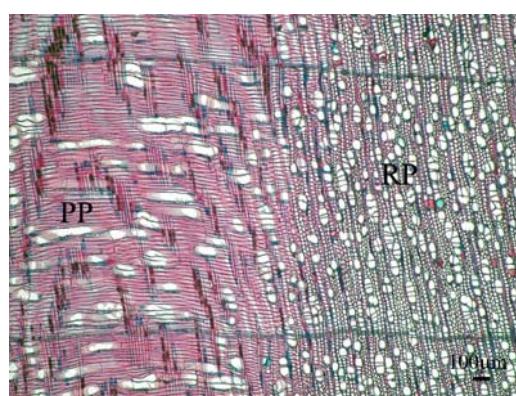
V območju 1 (prvih 35 mm globine od kambija proti strženu) je signal, pridobljen z Resistographom, jasno odražal spremembe v uporu, ki ga je nudil vzorec. Na periferiji debla so bile branike relativno enakomerne (Slika 50), zato je amplituda signala nizka in postopoma raste (Slika 51). Na globini okoli 35 mm od kambija, kjer se je pojavila reakcijska cona, se je krivulja grafa signala nekako ustalila in je bila skozi celotni diskoloriran les relativno enaka. Anatomski preparat DK1B1 smo odvzeli na prehodu iz beljave v diskoloriran les na lokaciji 35 mm od kambijeve cone. Ta anatomski preparat izkazuje značilnosti organiziranega tkiva na mestih, kjer je veja pripeta na deblo. Na prečnem prerezu je zato les debla dejansko prerezan prečno, les veje pa radialno (Slika 53). Kljub tej deorientiranosti tkiv spremembe v vrednosti signala Resistographa nismo zabeležili. Na koncu območja 2 (60 mm od kambija) je amplituda začela padati zaradi prisotnosti dupline, kar se vidi tudi na grafu signala Resistographa (Slika 51). Vlažnostni profil pri tem vzorcu izkazuje popolnoma drugačno zakonitost, kot smo jo zabeležili pri vzorcu DK1A (Slika 52). Na periferiji (do globine 50 mm) smo zabeležili vlažnost okoli 105 %. Pri globini 45 mm pa se je vlažnost povečala na 128 %. Pri vzorcu DK1B je gostota po radiju zelo mirna in ne izkazuje skrajnih variabilnosti, znašala pa je v povprečju okoli $\rho_0 = 510 \text{ kg/m}^3$, $R = 445 \text{ kg/m}^3$ (Slika 52).



Slika 50: Divji kostanj (*Aesculus hippocastanum* L.), makroskopska slika vzorca DK1B; lokacija odvzema vzorca za anatomski preparat DK1B1.



Slika 52: Divji kostanj (*Aesculus hippocastanum* L.), graf gostotnega in vlažnostnega profila za vzorec DK1B.



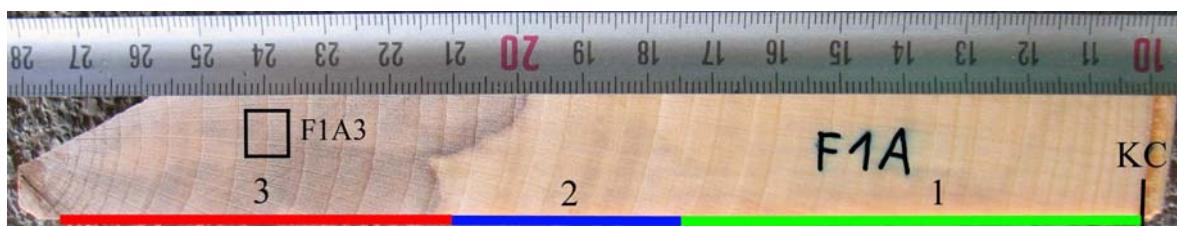
Slika 53: Divji kostanj (*Aesculus hippocastanum* L.), prečni prerez vzorca DK1B; (PP) prečno usmerjeno tkivo debla in (RP) radialno usmerjen les veje.

4.4 BUKEV (F1)

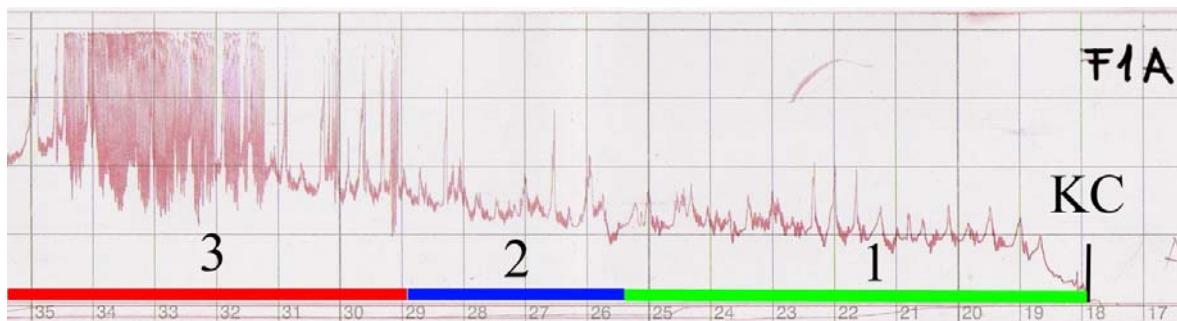
4.4.1 Vzorec F1A

Pri bukovih vzorcih je bila skorja prisotna le na dveh vzorcih, in sicer na F1A in F1B, ki je vsebovala ritidom in živi del, vendar Resistograph skorje ni zaznal. Pri prehodu svedra skozi les vzorca F1A smo zabeležili naslednja nihanja. V območju 1 (prvih 75 mm od kambija proti strženu) je bila beljava z relativno enakomerno širino branik in relativno skromnim delom kasnega lesa (do globine 50 mm), nato se je delež kasnega lesa povečal (Slika 54). Nižje vrednosti signala Resistographa ustrezajo ranemu lesu, višje vrednosti pa kasnemu. Na meji med območjem 1 in 2 (okoli 75 mm) je na fotografiji vidna branika, ki jo je Resistograph zaznal kot padec amplitude. V območju 2 (globine 75 do 110 mm od kambija) je bila večina branik širših kot v območju 1, širina kasnega lesa pa se je povečala, kar se vidi na diagramu, pridobljenem z vrtanjem. Na prehodu iz območja 2 v območje 3 je na makroskopski fotografiji razvidna reakcijska cona, ki ni vzporedna z branikami, ampak se širi preko dveh branik. Reakcijsko cono lepo vidimo tudi na grafu, pridobljenem z Resistographom (Slika 55). Na območju 3, kjer je prisotna diskoloracija (to je od 110 do 175 mm od kambija), se je odpor proti vrtanju ekstremno povečal in dosegel maksimalno možno vrednost. Anatomski preparat F1A3, odvzet na oddaljenosti 140 mm od kambijeve cone, je pokazal povečanje prisotnosti kasnega lesa, kar je vplivalo na povečanje amplitude signala Resistographa (Slika 57). Vrednost gostote predstavlja povprečno vrednost večjega števila branik v vzorcu. Relativno majhen odpor proti vrtanju v območju 1 in 2 (od kambija do 110 mm globine) ustreza relativno majhni gostoti lesa ($\rho_0 = 710 \text{ kg/m}^3$, $R = 590 \text{ kg/m}^3$) (Slika 56). V območju reakcijske cone se le-ta nato povečala ($\rho_0 = 785 \text{ kg/m}^3$, $R = 610 \text{ kg/m}^3$) po reakcijski coni, v območju 3, je ρ_0 padla ($\rho_0 = 735 \text{ kg/m}^3$), R_0 pa je ostala nekje enaka ($R = 610 \text{ kg/m}^3$). Analiza vlažnostnega profila je razkrila dokaj karakteristično krivuljo za bukovino. V beljavi je bila vlažnost med 58 in 65 %, nakar smo zaznali padanje vlažnosti proti reakcijski coni (okoli 110 mm) na 50 %. Po reakcijski coni se je vlažnost spet nekoliko povečala na 59 % (Slika 56).

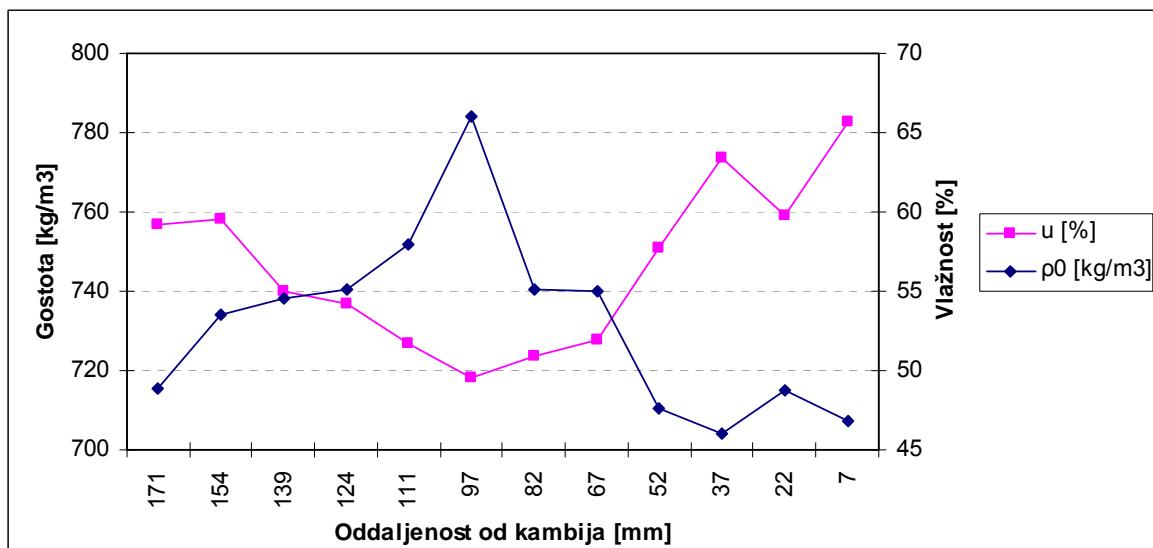
Raziskave z Resistographom kažejo, da je bil pri ostalih treh radialnih bukovih profilih koluta 1 v splošnem odziv na vrtanje zelo podoben.



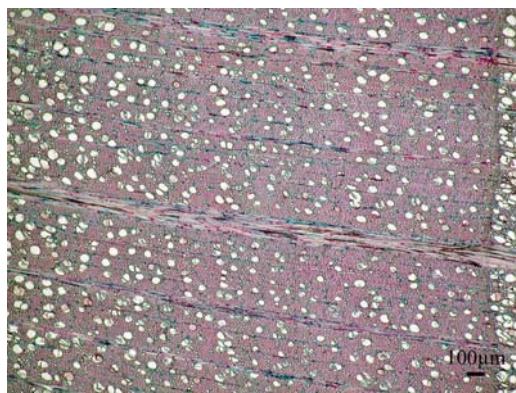
Slika 54: Bukev (*Fagus sylvatica* L.), makroskopska slika vzorca F1A – lokacija odvzema vzorca za anatomskejki preparat F1A3.



Slika 55: Bukev (*Fagus sylvatica* L.), krivulja signala Resistographa F500 pri vzorcu F1A.



Slika 56: Bukev (*Fagus sylvatica* L.), graf gostotnega in vlažnostnega profila za vzorec F1A.

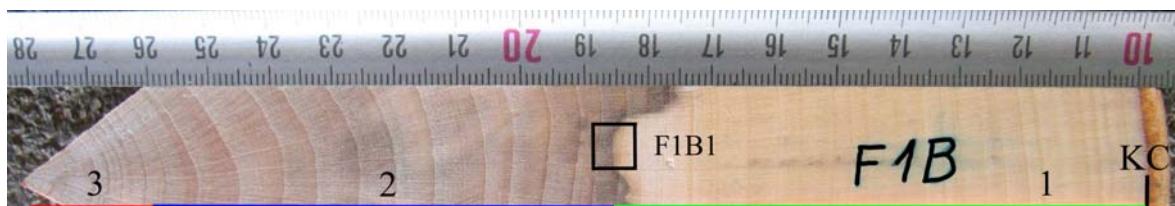


Slika 57: Bukev (*Fagus sylvatica* L.), prečni prerez vzorca F1A3 – povečana prisotnost kasnega lesa.

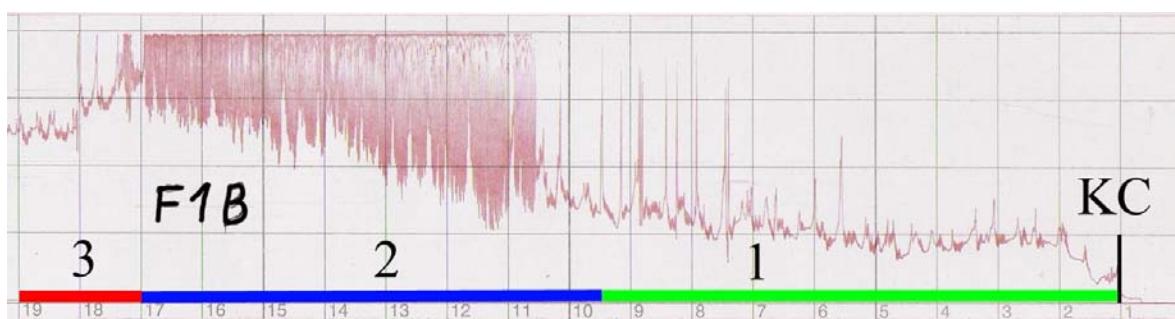
4.4.2 Vzorec F1B

V območju 1 (prvih 85 mm globine od kambija proti strženu) je signal, pridobljen z Resistographom, jasno odražal spremembe v širini branik ter med ranim in kasnim lesom. Na periferiji debla (do 50 mm) so bile branike relativno ozke, zatem pa so v drugem delu območja 1 (od 50 do 85 mm) nekoliko širše (Slika 58). To se odraža tudi na grafu signala Resistographa (Slika 59). Zdi se, da je v širših branikah več kasnega lesa, zato so amplitudo signala večje. Na globini okoli 85 mm od kambija je reakcijska cona, ki se vidi kot povišanje amplitude na grafu Resistographa. Na anatomskejem preparatu F1B1, ki smo ga odvzeli na območju reakcijske cone, smo opazili, da so v trahejah prisotne tile. Prisotni so tudi depoziti v aksialnem in prečnem parenhimu ter v celicah osnovnih tkiv (Slika 61). Na območju 2 (od 85 do 160 mm) so relativno zelo široke branike, z velikim deležem kasnega lesa. Na tem območju je prav tako kot pri vzorcu F1A signal Resistographa dosegel maksimalno vrednost (od 98 do 160 mm). Na območju 3 (od 160 do 180 mm) se vrednost signala Resistographa spusti na 60 % maksimalne vrednosti. Vlažnostni profil pri tem vzorcu izkazuje podobno zakonitost, kot smo jo zabeležili pri vzorcu F1A. Na periferiji (do globine 70 mm) smo zabeležili vlažnost okoli 60 %. Globlje v vzorcu (na globini 75 mm) je vlažnost padla na 50 %, nakar je sledila reakcijska cona (88 do 100 mm od kambija), kjer se je vlažnost povzpela na 75 %. Potem je spet sledil padec vlažnosti na 50 % (114 mm od kambija). Pri globini 144 mm od kambija je vlažnost pri tem vzorcu dosegla maksimum, in to kar 150%. Po tej točki (globine 144 do 160 mm) se je vlažnost ustalila na okoli 30 % (Slika 60). Pri F1B je gostotni profil nihal med ($\rho_0 =$ od 680 do 800 kg/m^3 in $R = 570 - 650 \text{ kg/m}^3$) do globine 130 mm, nakar se strmo spusti ($\rho_0 = 490 \text{ kg/m}^3$

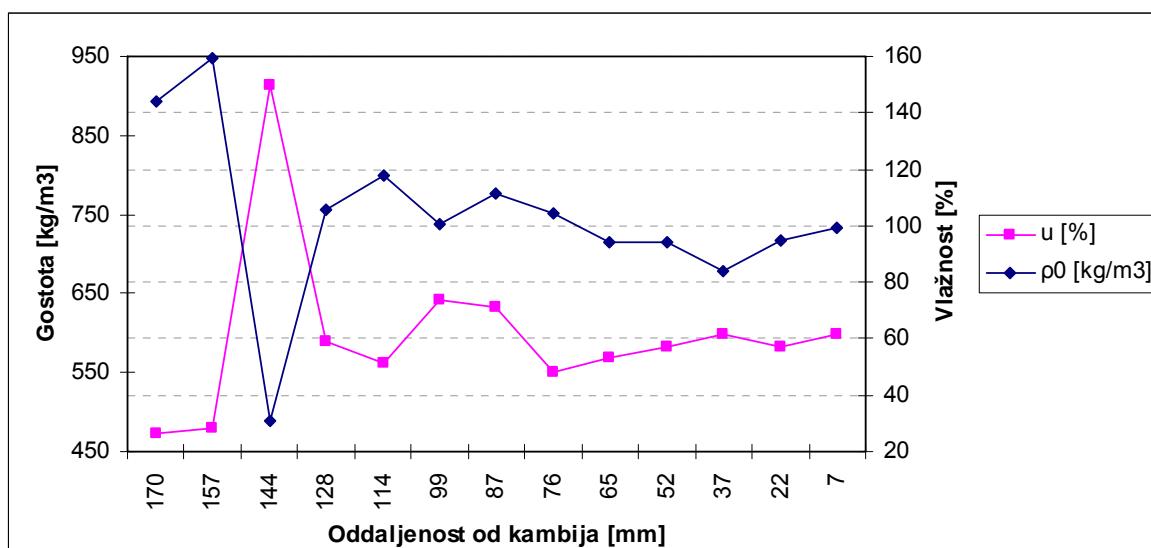
in $R = 400 \text{ kg/m}^3$) (pri globini 145 mm) (Slika 60). Med 150 in 170 mm globine znaša gostota okoli ($\rho_0 = 900 \text{ kg/m}^3$ in $R = 750 \text{ kg/m}^3$).



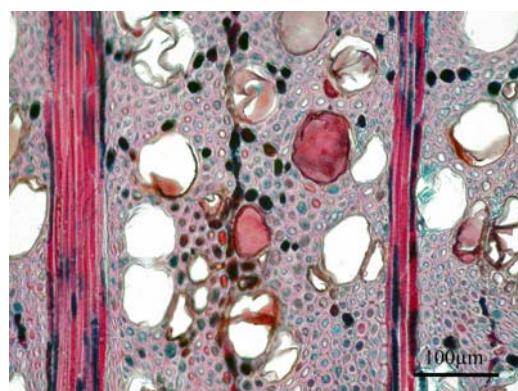
Slika 58: Bukev (*Fagus sylvatica* L.), makroskopska slika vzorca F1B – lokacija odvzema vzorca za anatomskejki preparat F1B1.



Slika 59: Bukev (*Fagus sylvatica* L.), krivulja signala Resistographa pri vzorcu F1B.



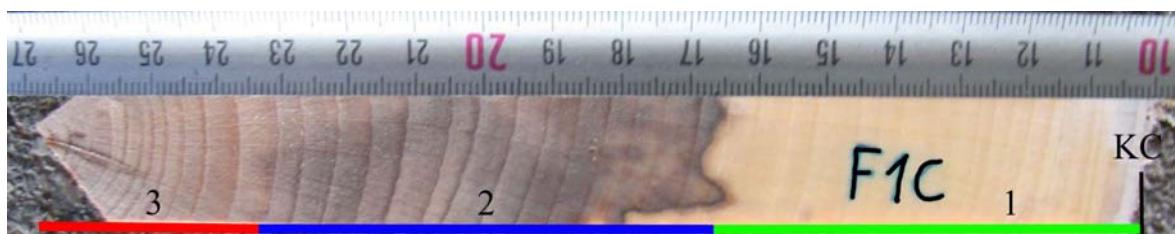
Slika 60: Bukev (*Fagus sylvatica* L.), graf gostotnega in vlažnostnega profila za vzorec F1B.



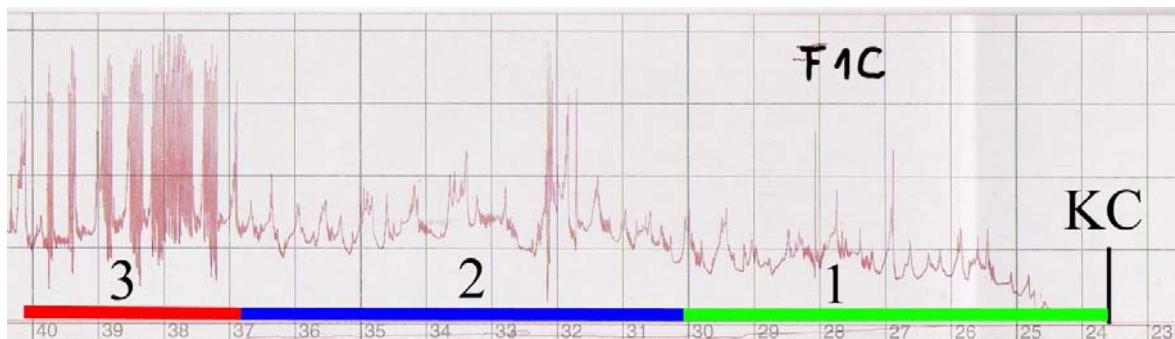
Slika 61: Bukev (*Fagus sylvatica* L.), prečni prerez vzorca F1B1 – v trahejah tile, depoziti v aksialnem in prečnem parenhimu ter v celicah osnovnega tkiva.

4.4.3 Vzorec F1C

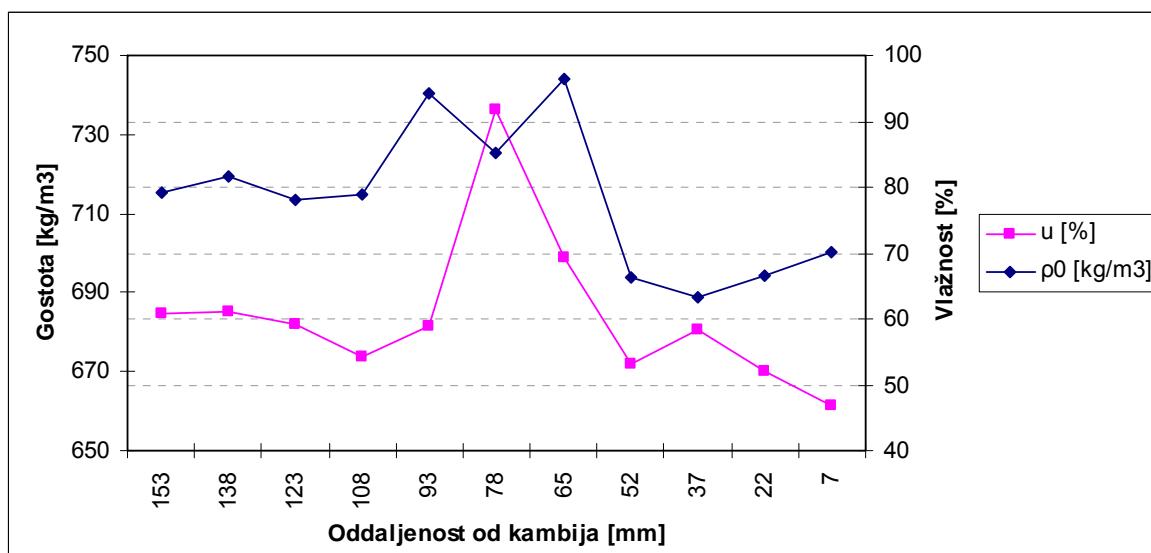
Pri vzorcu F1C so bile branike v območju 1 (prvih 65 mm globine od kambija proti strženu) relativno enakomerno široke z relativno majhnim deležem kasnega lesa, kar je pokazal tudi enakomeren signal, pridobljen z Resistographom (Slika 62). Pri globini 68 mm je bila reakcijska cona, ki je Resistograph ni zaznal (Slika 63). Nato sledi območje 2 (65 do 132 mm od kambija), kjer je bilo prisotno rdeče srce. Na prehodu iz beljave v diskoloriran les, na globini 88 mm od kambija, se je na signalu Resistographa pojavilo nenadno povišanje vrednosti signala, kar je verjetno posledica povečanja prisotnosti kasnega lesa. Ostali del območja 2 ni kazal nikakršnih sprememb v primerjavi z periferijo. Sledi območje 3 (od 132 do 166 mm), ki je nekako podobno območju iz vzorcev F1A in F1B, vendar z manj ekstremno amplitudo nihanja. Vlažnostni profil pri tem vzorcu izkazuje podobne zakonitosti, kot smo jih zabeležili pri vzorcih F1A in F1B (Slika 64). Na periferiji (do globine 40 mm) smo zabeležili vlažnost od 50 do 60 %. Pri globini 78 mm je vlažnost dosegla 90 %. Globlje v vzorcu bistvenih odstopanj od vlažnosti, ki smo jih dobili na periferiji, nismo opazili, saj je le-ta znašala od 55 do 60%. Pri F1C je gostota po radiju zelo enakomerna. V območju 1 je znašala okoli $\rho_0 = 690 \text{ kg/m}^3$, $R = 575 \text{ kg/m}^3$, v območju 2 pa se je malo povečala, in to na $\rho_0 = 715 \text{ kg/m}^3$, $R = 590 \text{ kg/m}^3$ (Slika 64).



Slika 62: B Bukev (*Fagus sylvatica* L.), makroskopska slika vzorca F1C.



Slika 63: Bukev (*Fagus sylvatica* L.), krivulja signala Resistographa F500 pri vzorcu F1C.

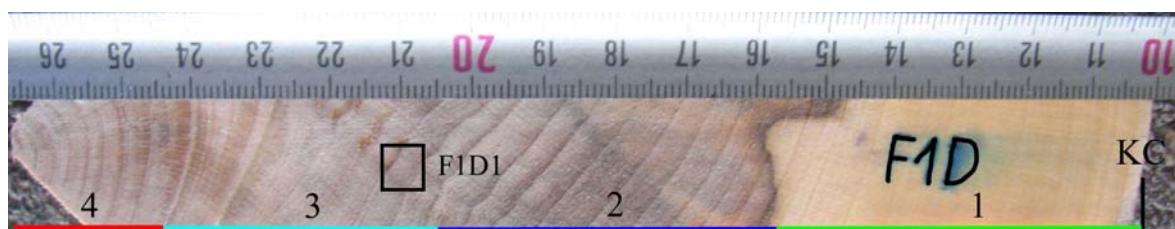


Slika 64: Bukev (*Fagus sylvatica* L.), graf gostotnega in vlažnostnega profila za vzorec F1C.

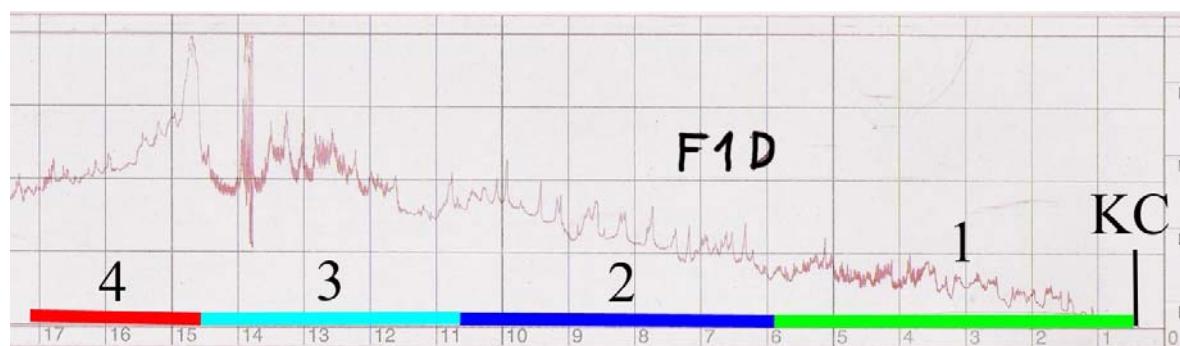
4.4.4 Vzorec F1D

Vzorec F1D je imel v primerjavi z ostalimi vzorci najmanj odstopanj in je izkazoval naslednje lastnosti. Na periferiji v območju 1 (do 55 mm od kambijeve cone) so bile branike zelo enakomerne z relativno majhnim deležem kasnega lesa, kar smo opazili tudi na signalu Resistographa (Slika 65). Na prehodu med območjem 1 in 2 je prisotna

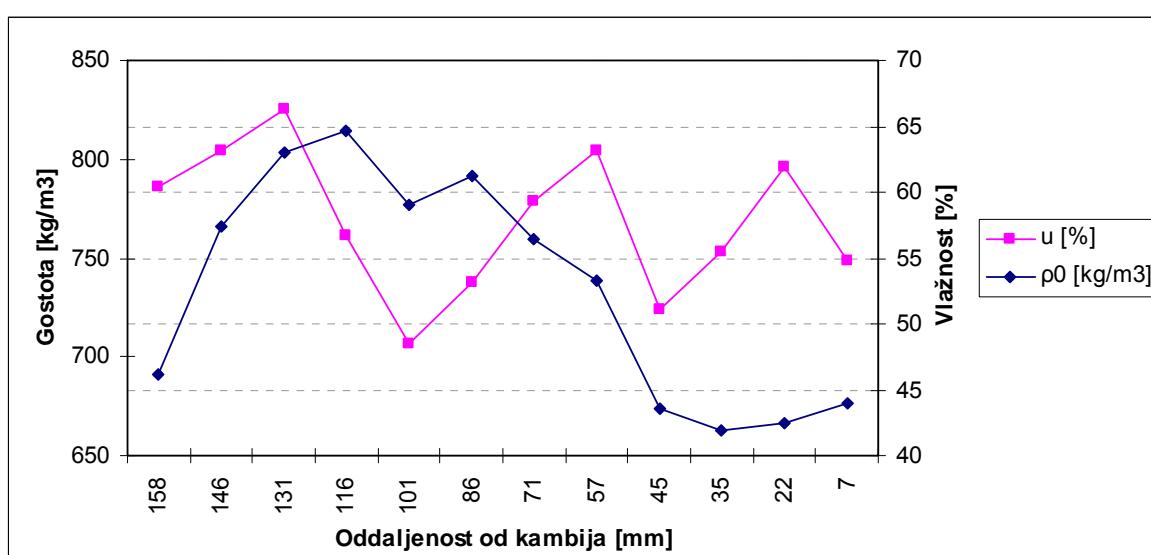
reakcijska cona, ki se na grafu Resistographa kaže kot majhen padec amplitude signala (55 mm od kambija) (Slika 66). Nato sledi območje 2 (od 55 do 103 mm), kjer se pojavi padec amplitudnega signala, vidnega na grafu. V območju 3 (od 103 do 142 mm od kambija) je prav tako kot pri ostalih vzorcih vidno povečanje amplitude signala, ampak ne tako ekstremno kot pri vzorcih F1A in F1B. Izrazito povečanje signala Resistographa je povezano s pojavom barierne cone oziroma stene 4-modelnega sistema CODIT. Anatomski preparat F1D1 smo odvzeli na oddaljenosti 110 mm od kambijeve cone, kjer so se pojavile barierne cone. Barierno cono, prisotno na anatomskem preparatu, sestavljajo neurejene debelostene močno piknjave parenhimske celice, ki so zapolnjene z modro ali rdeče obarvanimi obložinami. Trahej v temu tkivu ni, prav tako ni mogoče razpoznati vlaken. Trakovi se na prehodu barierne cone razširijo (Slika 68). Od 142 mm naprej je območje 4, kjer se je amplituda signala zmanjšala na polovico maksimalne vrednosti signala Resistographa. Vlažnostni profil vzdolž tega radija je v primerjavi z ostalimi tremi vzorci precej drugačen, saj precej niha. Na periferiji (7 mm od kambija) znaša vlažnost 62 % (Slika 67). Nato se vlažnost spusti (na globini 45 mm) na 52 %, takoj zatem se strmo dvigne (na globini 58 mm) na 63 % vlažnosti. Sledi naslednji padec (100 mm od kambija), kjer doseže vlažnost 48 %. Na 130 mm od kambija se vlažnost spet poviša, tokrat na 67 % in proti koncu vzorca (158 mm od kambija) pade na 60 %. Gostotni profil po radiju vzorca F1D je zelo miren in ne izkazuje ekstremnih odstopanj (Slika 67). Na periferiji znaša gostota okoli ($\rho_0 = 660 \text{ kg/m}^3$, $R = 560 \text{ kg/m}^3$). V območju 2 in 3 se gostota poveča ter doseže vrednosti ($\rho_0 = 815 \text{ kg/m}^3$, $R = 660 \text{ kg/m}^3$). V območju 4 se spet zmanjša na podobne vrednosti, kot jih je vzorec imel na periferiji.



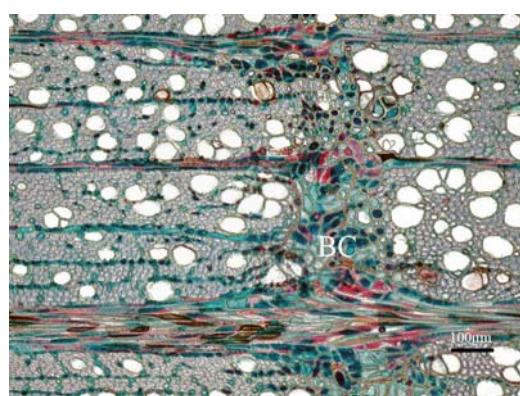
Slika 65: Bukev (*Fagus sylvatica* L.), makroskopska slika vzorca F1D – lokacija odvzema vzorca za anatomski preparat F1D1.



Slika 66: Bukev (*Fagus sylvatica L.*), krivulja signala Resistographa F500 pri vzorecu F1D.



Slika 67: Bukev (*Fagus sylvatica L.*), graf gostotnega in vlažnostnega profila za vzorec F1D.



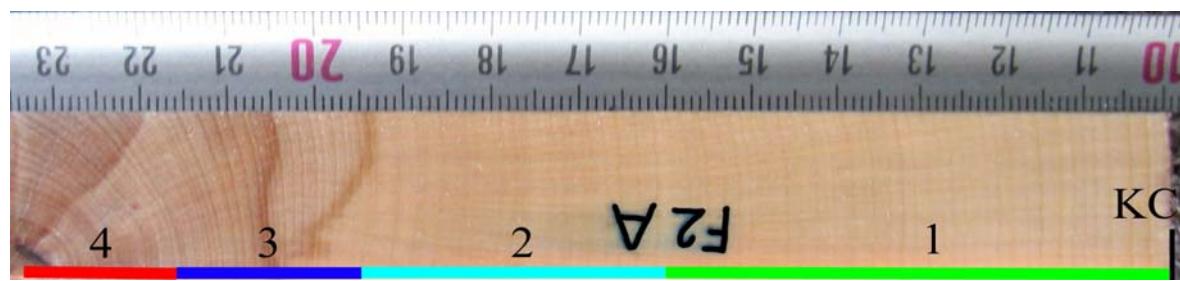
Slika 68: Bukev (*Fagus sylvatica L.*), prečni prerez vzorca F1D1 – barierna cona (BC), parenhimske celice, zapolnjene z modro ali rdeče obarvanimi obložinami.

4.5 BUKEV (F2)

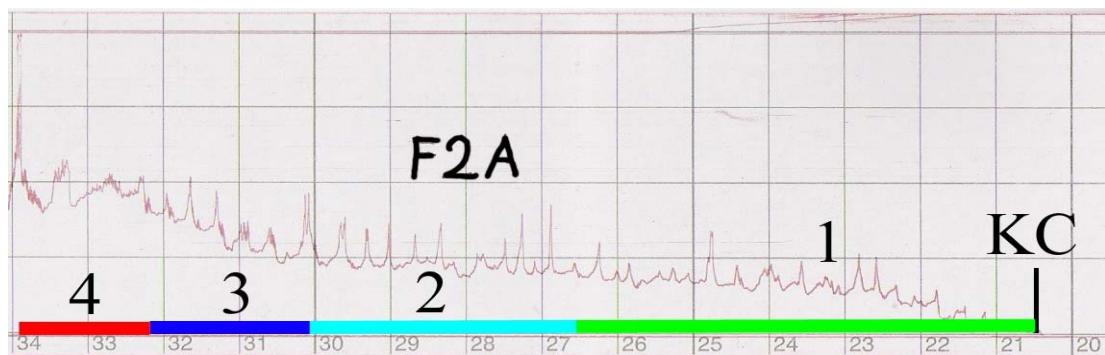
4.5.1 Vzorec F2A

Pri bukovih vzorcih iz drugega koluta (F2) je bila prisotna skorja le na dveh vzorcih, in to na F2C in F2D, ki je vsebovala ritidom in živi del. Resistograph ni zaznal ne ritidoma ne živega dela skorje. Iz grafov signala Resistographa pri vzorcih tega koluta nismo opazili ekstremnih sprememb v amplitudi nihanja signala. Pri prehodu svedra skozi les vzorca F2A smo zabeležili naslednje značilnosti. V območju 1 (prvih 61 mm od kambija proti strženu) je bila beljava z relativno enakomerno širino branik in relativno skromnim delom kasnega lesa. Nižje vrednosti ustrezajo ranemu lesu, višje vrednosti signala pa kasnemu (Slika 70). V območju 2 (od 61 do 96 mm od kambija) so bile branike ožje, delež kasnega lesa pa je bil večji. Na začetku območja 3 (96 do 117 mm od kambija) se je pojavila prva reakcijska cona, ki jo je Resistograph zaznal kot povišanje upora proti vrtanju. 10 mm za prvo sledi druga reakcijska cona, ki pa na grafu signala ni tako vidna. Od druge reakcijske cone pa do globine 117 mm se vrednost grafa enakomerno povečuje. V območju 4 (od 117 do 134 mm od kambija) se pojavijo zelo ozke branike, ki se nahajajo okoli stržena. Na koncu območja 4 se na grafu signala lepo vidi ekstremno povišanje amplitude, ki ustreza vrtanju skozi stržen (Slika 69). Relativno majhen odpor proti vrtanju v območju do 89 mm globine od kambija (območje 1 in 2) ustreza majhni gostoti lesa ($\rho_0 = 600$ do 650 kg/m^3 , $R = 515$ do 530 kg/m^3) (Slika 71). Zatem se gostota poveča na ($\rho_0 = 720 \text{ kg/m}^3$, $R = 585 \text{ kg/m}^3$), kar dejansko ustreza zabeleženi vrednosti z Resistographom (območje 3). V območju 4 gostota malo pada, in to na ($\rho_0 = 685 \text{ kg/m}^3$, $R = 580 \text{ kg/m}^3$). Analiza vlažnosti je razkrila naslednje značilnosti. V beljni (območje 1 in prva polovica območja 2) je bila vlažnost med 67 do 80 %, nakar se je zmanjšala na 54 do 61 % (Slika 71).

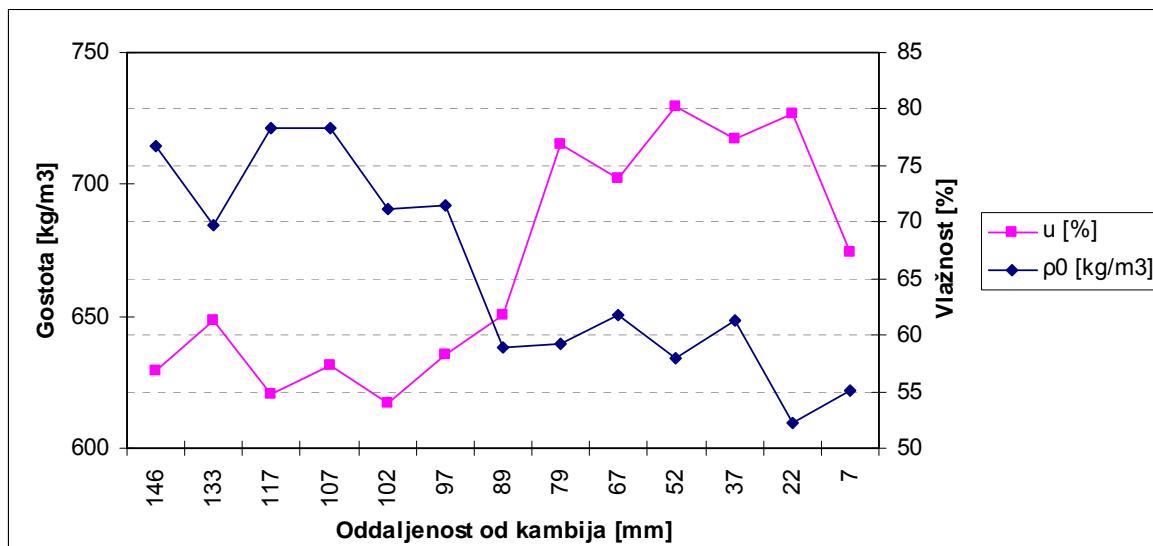
Pridobljeni signali Resistographa so na vseh preostalih treh primerih bolj ali manj enaki in izkazujejo naslednje posebnosti:



Slika 69: Bukev (*Fagus sylvatica* L.), makroskopska slika vzorca F2A.



Slika 70: Bukev (*Fagus sylvatica* L.), krivulja signala Resistographa F500 pri vzorecu F2A.



Slika 71: Bukev (*Fagus sylvatica* L.), graf gostotnega in vlažnostnega profila za vzorec F2A.

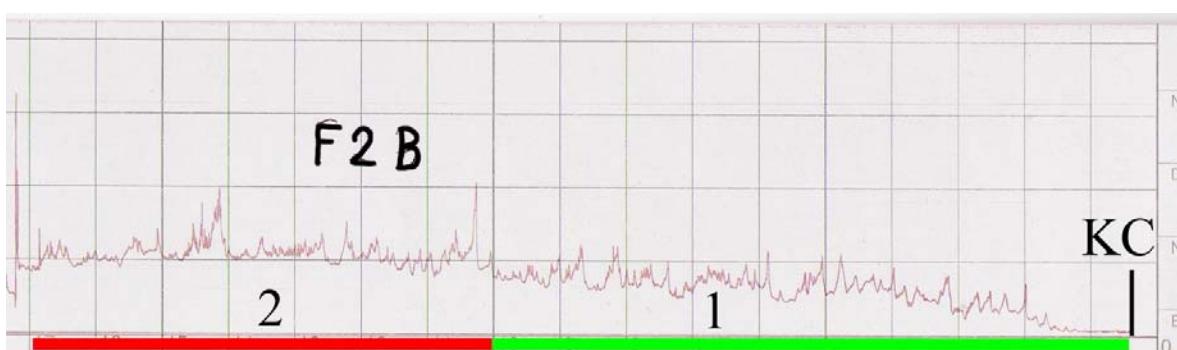
4.5.2 Vzorec F2B

Tudi pri tem vzorcu na grafu, pridobljenem z Resistographom, ne opazimo nikakršnih nenadnih sprememb v vrednosti signala. V prvih 97 mm globine od kambija proti strženu (območje 1) je signal, pridobljen z Resistographom, jasno odražal razliko med ranim in

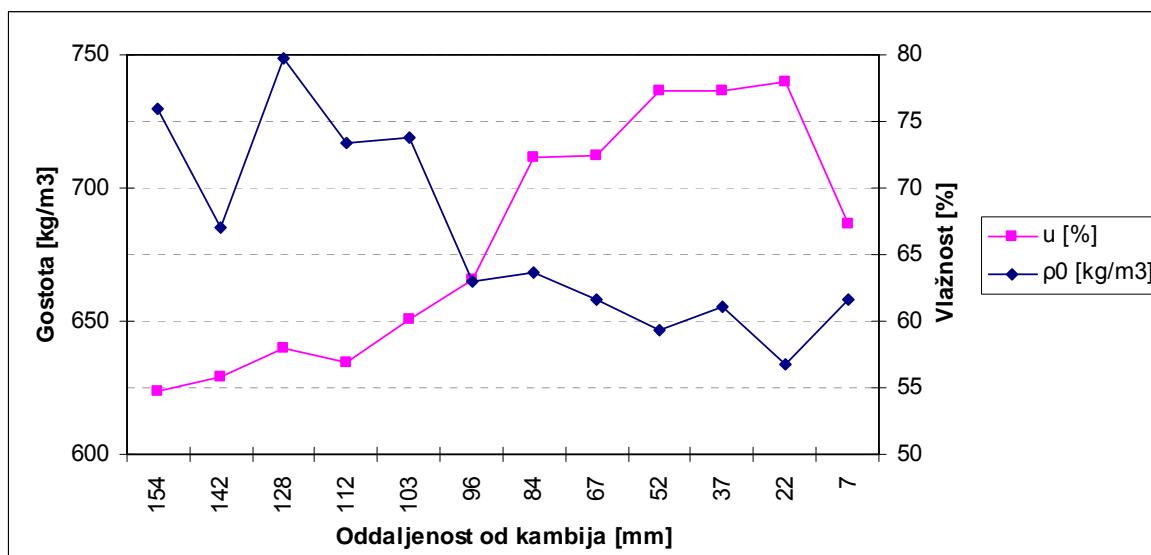
kasnim lesom (Slika 72). Višje vrednosti pripadajo kasnemu lesu, nižje pa ranemu. Na globini 98 mm od kambija se je pojavila reakcijska cona, ki jo je Resistograph zabeležil kot povišanje signala upora proti vrtanju (Slika 73). Pri prodiranju globlje se signal Resistographa ni bistveno spreminal, le na globini 137 mm od kambija je prišlo do majhnega povečanja amplitude. Vlažnostni profil pri tem vzorcu izkazuje podobne zakonitosti, kot smo jih zabeležili pri vzorcu F2A (Slika 74). Do 80 mm od kambija je vlažnost znašala od 67 do 78 %, po 80 mm pa je padla na okoli 55 do 60 %. Pri F2B je v območju 1 (do 97 mm globine) ρ_0 in R po radiju zelo mirna in ne izkazuje skrajnih variabilnosti ter znaša $\rho_0 = 650 \text{ kg/m}^3$, $R = 550 \text{ kg/m}^3$ (Slika 74). Po območju reakcijske cone (območje 2) se nenadno poveča, in to na $\rho_0 = 720 \text{ kg/m}^3$, $R = 600 \text{ kg/m}^3$.



Slika 72: Bukev (*Fagus sylvatica* L.), makroskopska slika vzorca F2B.



Slika 73: Bukev (*Fagus sylvatica* L.), krivulja signala Resistographa F500 pri vzorcu F2B.



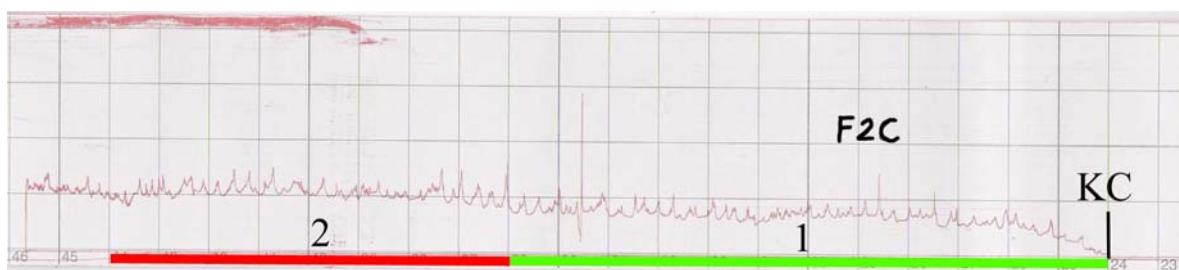
Slika 74: Bukev (*Fagus sylvatica* L.), graf gostotnega in vlažnostnega profila za vzorec F2B.

4.5.3 Vzorec F2C

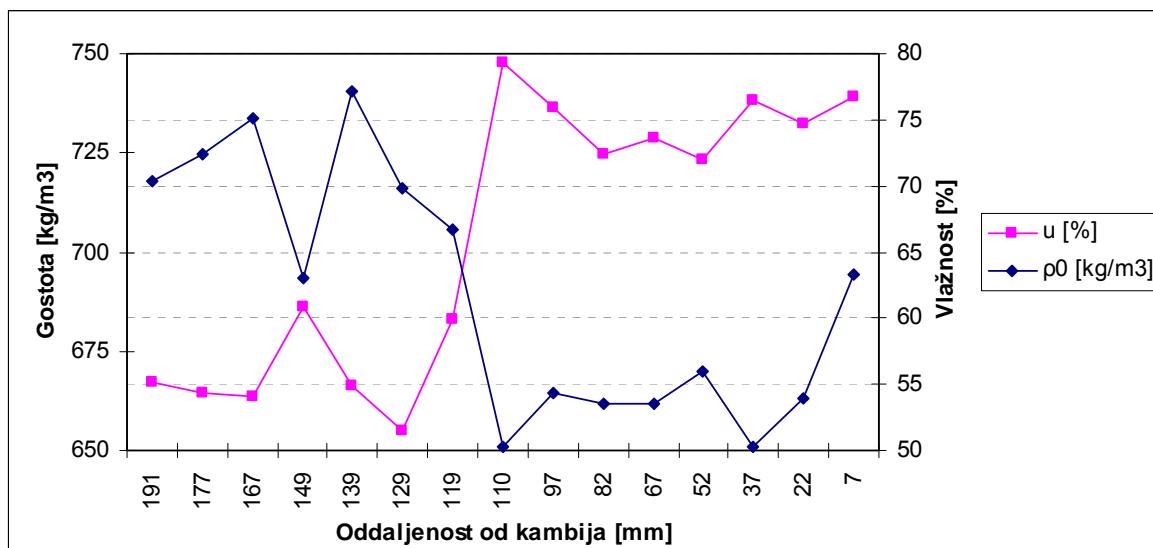
Signal Resistographa pri temu vzorcu je zelo podoben signalu vzorca F2B. Od kambija pa vse do globine 119 mm (območje 1) je bil les z zelo enakomerno zgradbo ter deležem ranega in kasnega lesa (Slika 75), kar se odraža tudi na grafu (Slika 76). Pri globini 105 mm se je nepričakovano pojavilo povišanje amplitude signala. Na globini 119 mm se je pojavila reakcijska cona, ki jo je Resistograph zaznal. Preostali del vzorca (območje 2) od 119 do stržena se ni bistveno razlikoval od območja 1, le vrednost signala grafa je bila splošno višja (Slika 76). Radialni vlažnostni profil tega vzorca je izkazoval naslednje značilnosti. Od kambija do globine 110 mm (območje 1) je vlažnost nihala okoli 75 %. V območju reakcijske cone je nato padla na okoli 60 %. Po reakcijski coni je še malo padla na 51 % ter se nato ustalila na 55 % vlažnosti (Slika 77). Pri gostotnem profilu smo zabeležili podobne odčitke kot pri prejšnjih 2 vzorcih. Na začetku v območju 1 je gostota nihala okoli $\rho_0 = 660 \text{ kg/m}^3$, $R = 560 \text{ kg/m}^3$. Na prehodu med območjema 1 in 2, kjer je reakcijska cona, in čez celo območje 2 se je gostota dvignila in to na $\rho_0 = 720 \text{ kg/m}^3$, $R = 590 \text{ kg/m}^3$ (Slika 77).



Slika 75: Bukev (*Fagus sylvatica* L.), makroskopska slika vzorca F2C.



Slika 76: Bukev (*Fagus sylvatica* L.), krivulja signala Resistographa pri vzorcu F2C.



Slika 77: Bukev (*Fagus sylvatica* L.), graf gostotnega in vlažnostnega profila za vzorec F2C.

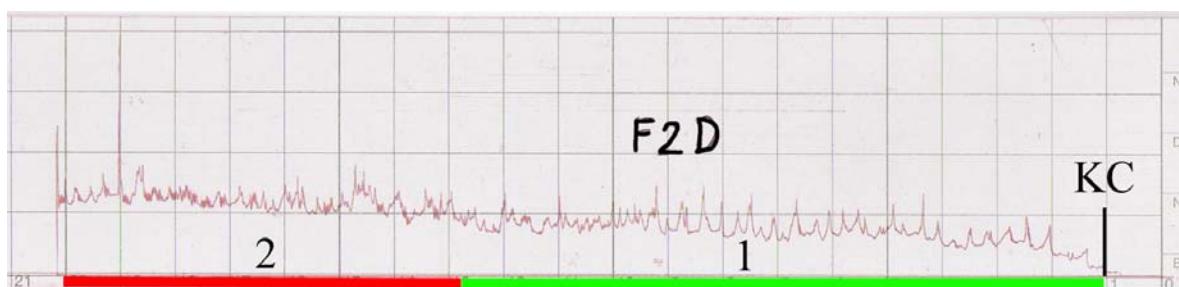
4.5.4 Vzorec F2D

Tudi pri temu vzorcu smo zabeležili podobne vrednosti signala Resistographa kot pri ostalih vzorcih bukovega koluta števila 2 (F2). V območju 1 (do 118 mm globine) vidimo na grafu dokaj enakomerno vrednost signala in amplitudo, ki odraža enakomerno razdaljo med branikami vzorca (Slika 78). V drugi tretjini območja 1 se na grafu signala vidi, da se je amplituda signala zmanjšala, kar se na vzorcu kaže kot manjša razdalja med branikami (Slika 79). Nato sledi območje 2 (od 118 mm pa do stržena), kjer se na začetku območja pojavi reakcijska cona, ki je Resistograph ni zaznal. Na območju 2 je bil signal

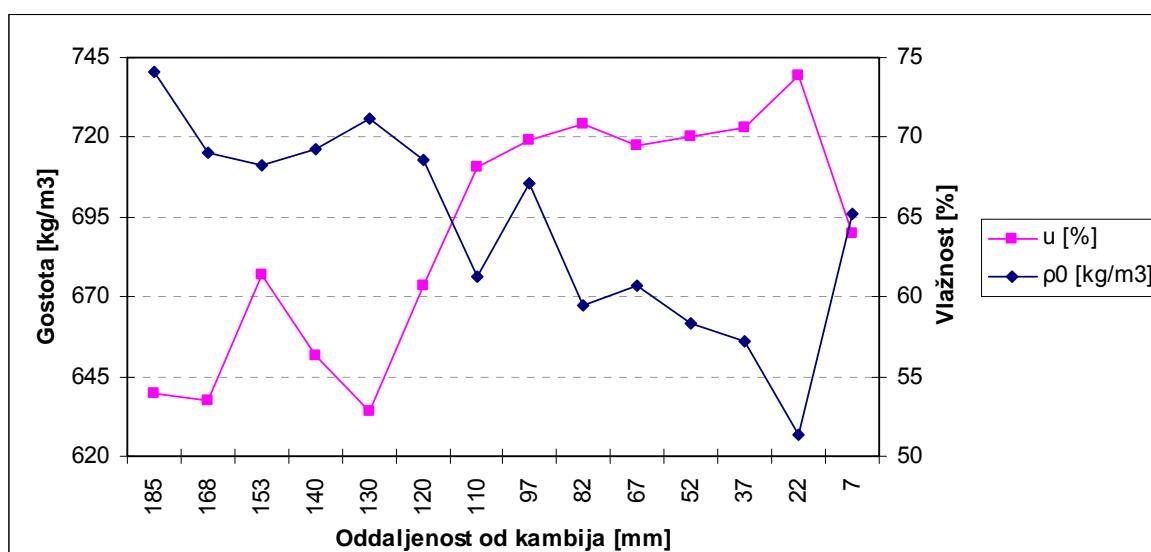
Resistographa podoben signalu z zadnje tretjine območja 1, amplituda signala pa je bila večja. Vlažnostni profil vzdolž tega radija je bil podoben profilom prejšnjih vzorcev in znaša do globine 118 mm (območje 1) okoli 70 % (Slika 80). V območju 2 se vlažnost zmanjša, in to na okoli 55 %. Do povišanja vlažnosti pride pri 153 mm, kjer znaša 62 %. Gostotni profil se v grobem ujema s krivuljo Resistographa. V območju 1 znaša $\rho_0 = 670 \text{ kg/m}^3$, $R = 570 \text{ kg/m}^3$, V območju 2 pa se poviša in to na $\rho_0 = 720 \text{ kg/m}^3$, $R = 610 \text{ kg/m}^3$ (Slika 80).



Slika 78: Bukev (*Fagus sylvatica* L.), makroskopska slika vzorca F2D.



Slika 79: Bukev (*Fagus sylvatica* L.), krivulja signala Resistographa pri vzorcu F2D.

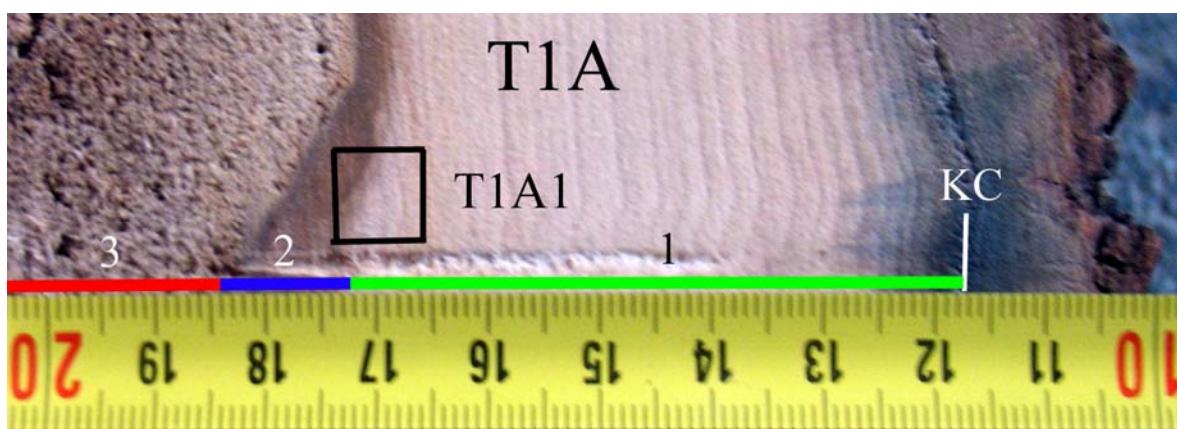


Slika 80: Bukev (*Fagus sylvatica* L.), graf gostotnega in vlažnostnega profila za vzorec F2D.

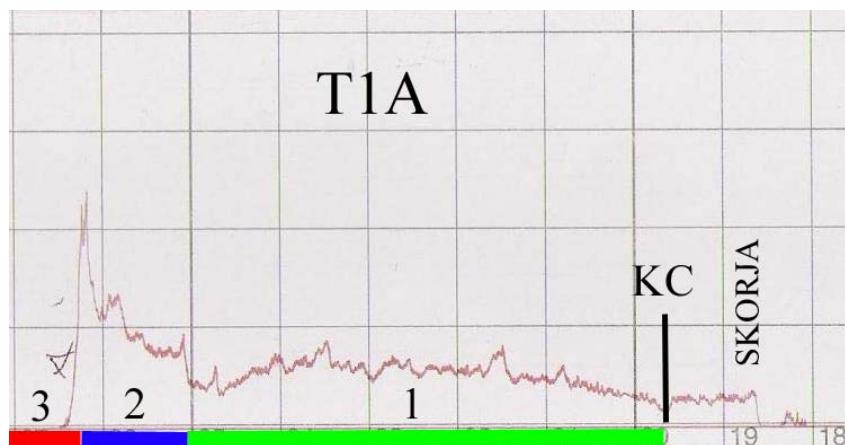
4.6 LIPA (T1)

4.6.1 Vzorec T1A

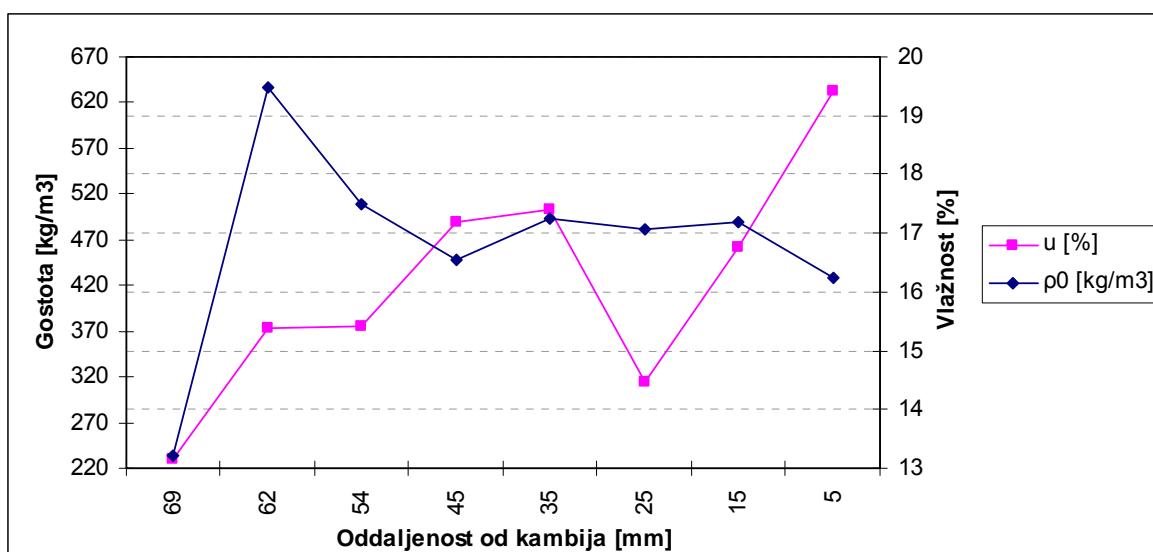
Vzorec T1A je bil znatno bolj suh, kot ves ostali preiskovani material. V raziskavo smo ga vključili zato, ker smo želeli prikazati uporabnost Resistographa tudi za preiskave stanja suhega oziroma vlažno suhega lesa. Pri vzorcih lipe koluta z oznako (T1) je bila skorja prisotna samo na vzorcu T1A in je vsebovala ritidom ter živi del (Slika 81), ki ga je Resistograph zaznal (Slika 82). Pri prehodu svedra skozi les smo zabeležili naslednja nihanja. V območju 1 (od kambija pa do globine 55 mm) Resistograph ni zaznal nikakršnih nenavadnih odstopanj v vrednosti signala. Anatomski preparat T1A1, odvzet na tem mestu, je pokazal, da je prisotna zelo široka reakcijska cona. V reakcijski coni so traheje in vzdolžne parenhimske celice zapolnjene z rdeče obarvanimi gumoznimi depoziti (Slika 84). Dvomimo, da te spremembe prispevajo k povišanju odpora proti vrtanju v območju 2. Sledi območje 2 (od 55 do 66 mm globine), kjer se pojavi reakcijska cona, ki jo Resistograph zazna kot povečanje odpora proti vrtanju (Slika 82). Na koncu območja 2, preden nastopi diskoloracija, se amplituda signala nenadno poveča. Nazadnje sledi območje 3 (od 66 mm naprej), kjer je prisoten diskoloriran les, ki ga Resistograph zazna kot padec odpora proti vrtanju. Relativno majhen odpor proti vrtanju v območju 1 (do 55 mm globine od kambija) ustreza relativno majhni gostoti lesa ($\rho_0 = 470 \text{ kg/m}^3$, $R = 420 \text{ kg/m}^3$), zatem se v območju 3 gostota poveča, kar dejansko ustreza zabeleženi vrednosti z Resistographom. Povečanje $\rho_0 = 620 \text{ kg/m}^3$, $R = 580 \text{ kg/m}^3$ pa je značilnost reakcijskega lesa, ki je nudil največji odpor pri vrtanju na tem vzorcu (Slika 83). Sledi padec gostote zaradi razkrojenega lesa, kar ustreza signalu grafa radialnega profila. Analiza vlažnosti je razkrila odčitke, navedene v nadaljevanju. Na začetku (območje 1) je bila vlažnost okoli 19,5 %, nakar se je zmanjšala na razdalji 25 mm od kambija na 14,5 %. Nato se je povzpela na 17,5 %, v območju reakcijske cone (območje 2) je padla na 15,5 % in v območju diskoloracije na 13 % (Slika 83). V splošnem lahko zaključimo, da na tem radiju z Resistographom morebitnih razlik med beljavo in jedrovino nismo zabeležili, pač pa smo zabeležili vse gostotne nianse z znatno večjo občutljivostjo kot v primeru tradicionalne izdelave gostotnega profila. Raziskave z Resistographom kažejo, da je bil pri ostalih treh radialnih profilih odziv na vrtanje podoben. Preiskava vzorcev z majhno vlažnostjo kaže, da se tudi pri takšnem lesu Resistograph odnese kot primerno orodje.



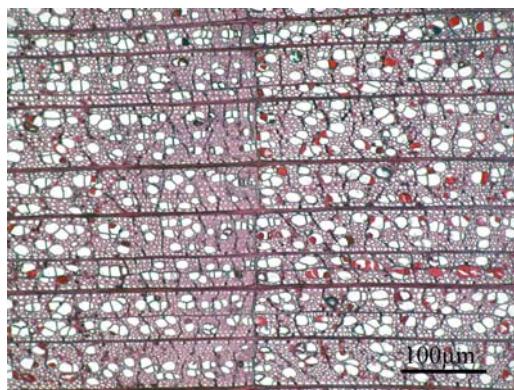
Slika 81: Lipa (*Tilia spp.*), makroskopska slika vzorca T1A – lokacija odvzema vzorca za anatomskejki preparat T1A1.



Slika 82: Lipa (*Tilia spp.*), krivulja signala Resistographa F500 pri vzorcu T1A.



Slika 83: Lipa (*Tilia spp.*), graf gostotnega in vlažnostnega profila za vzorec T1A.



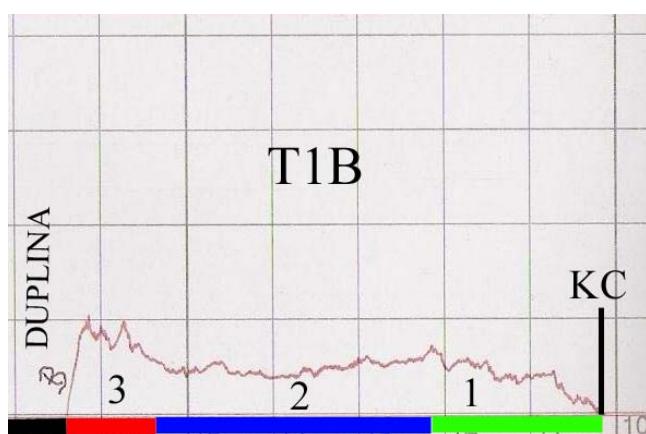
Slika 84: Lipa (*Tilia* spp.), anatomski preparat T1A1 – zelo široka reakcijska cona, traheje in parenhimske celice, zapolnjene z rdeče obarvanimi gumoznimi depoziti.

4.6.2 Vzorec T1B

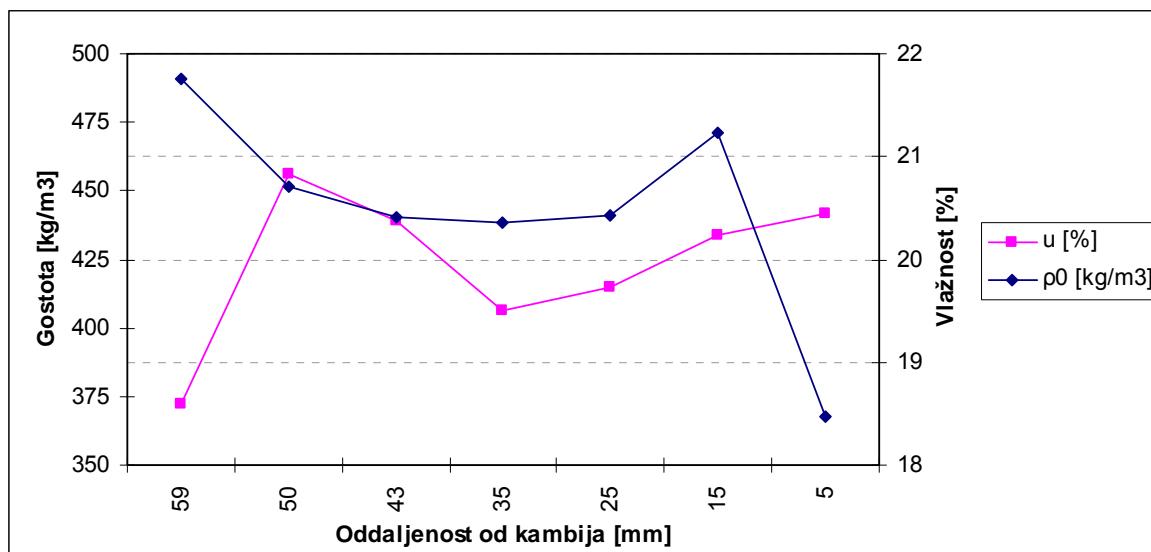
V prvih 20 mm globine od kambija proti strženu (območje 1) je signal, pridobljen z Resistographom, jasno odražal spremembe v odporu proti vrtanju (Slika 86). Na periferiji debla so bile branike z večjim deležem trahej z velikimi lumni (Slika 85), zatem se je delež trahej z velikimi premeri zmanjšal, posredno pa se je povečala tudi gostota, kar se odraža na grafu signala. V območju 2 (od 20 do 52 mm od kambija) je graf zaznal enakomeren signal, ki odraža enakomerno zgradbo zdravega lesa. Nato sledi območje 3 (od 52 do 62 mm od kambija), kjer se na začetku tega območja pojavi reakcijska cona, ki jo Resistograph zazna kot povečanje amplitude. Na koncu pa natopi duplina, od 62 mm naprej (območje 4), ki jo Resistograph zazna kot padec upora proti vrtanju. Vlažnostni profil pri tem vzorcu izkazuje podobno zakonitost, kot smo jo zabeležili pri vzorcu T1A (Slika 87). Na globini do 40 mm (območje 1 in prvi 2/3 območja 2) smo zabeležili vlažnost okoli 20 %. V območju reakcijske cone se je vlažnost povečala na 21 % in nato v območju diskoloracije padla na 18,5 %. Pri vzorcu T1B je ρ_0 in R na periferiji okoli $\rho_0 = 370 \text{ kg/m}^3$, $R = 340 \text{ kg/m}^3$, nato se nenadno dvigne na razdalji 16 mm od kambija na $\rho_0 = 470 \text{ kg/m}^3$, $R = 425 \text{ kg/m}^3$. Potem se na globini od 16 pa do 52 mm (območje 2) zniža in znaša okoli $\rho_0 = 440 \text{ kg/m}^3$, $R = 400 \text{ kg/m}^3$. Na koncu, tik preden se pojavi diskoloracija, pa se spet povzpne na $\rho_0 = 490 \text{ kg/m}^3$, $R = 445 \text{ kg/m}^3$ (Slika 87). Očitno je, da sekundarne oziroma terciarne spremembe v lesu lipe odločilno vplivajo na gostoto lipovine (območje 3 –ojedritev, območje 4 – razkroj).



Slika 85: Lipa (*Tilia* spp.), makroskopska slika vzorca T1B.



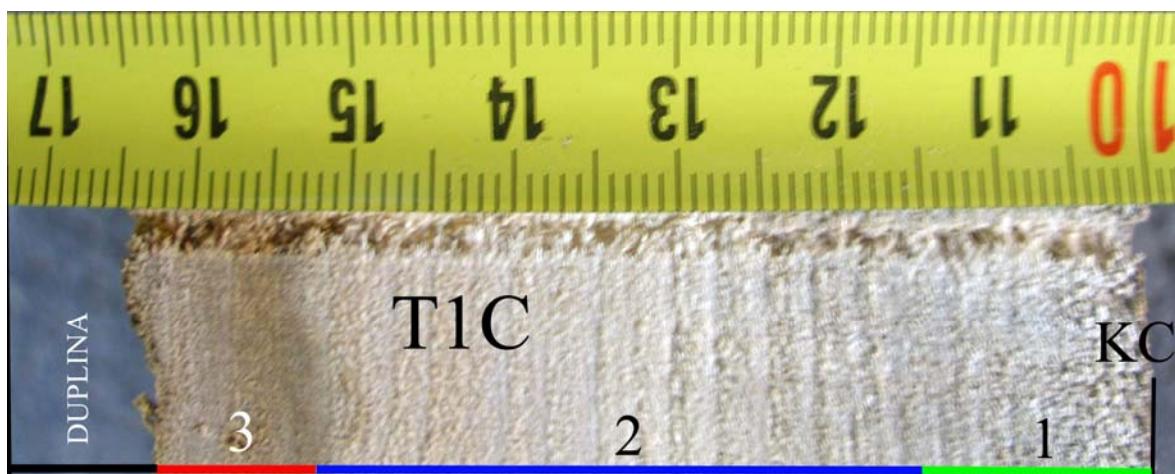
Slika 86: Lipa (*Tilia* spp.), krivulja signalova Resistographa F500 pri vzorecu T1B.



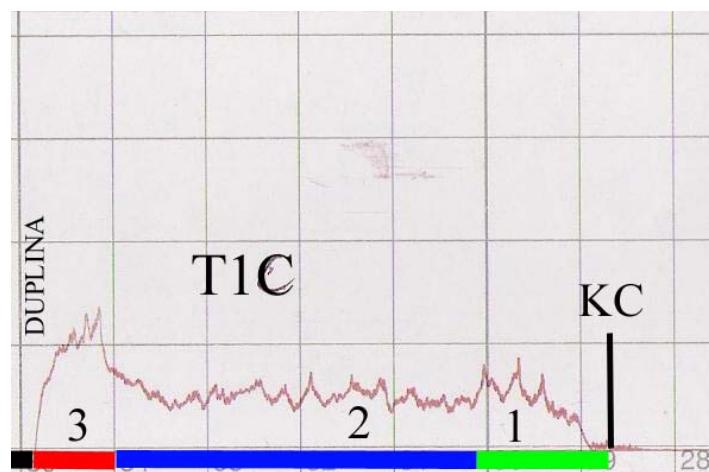
Slika 87: Lipa (*Tilia* spp.), graf gostotnega in vlažnostnega profila za vzorec T1B.

4.6.3 Vzorec T1C

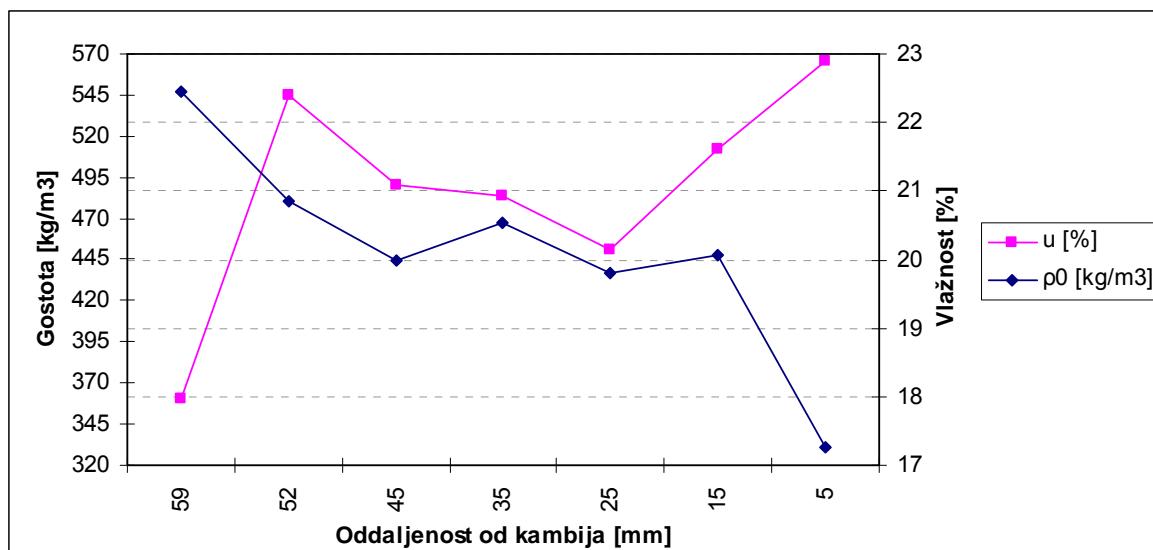
Graf signala vzorca T1C se ni zelo razlikoval od signala vzorca T1B (Slika 89). Na periferiji do globine 15 mm od kambija (območje 1) je Resistograph zaznal enakomerno povečevanje odpora proti vrtanju, kar je posledica prisotnosti velikega števila trahej z velikimi lumni, in posledično majhno gostoto lesa na periferiji (Slika 88). Na območju 2 (od 15 do 53 mm globine) je bil signal zelo enakomeren, kar pomeni enakomerno zgradbo zdravega lesa. Nato sledi območje 3 (od 53 do 64 mm od kambija), kjer se pojavi reakcijska cona, ki se na grafu signala pojavi kot povečanje amplitude. Tudi pri tem vzorcu se, tako kot pri ostalih dveh, tik pred nastankom dupline pojavi nenadno povečanje odpora proti vrtanju (območje 3) in takoj zatem padec signala (območje 4). Gostotni profil se v grobem zelo ujema z grafom Resistographa. Na periferiji je gostota znašala $\rho_0 = 330 \text{ kg/m}^3$, $R = 310 \text{ kg/m}^3$ (Slika 90). Nato se je povečala na območju 2 na okoli $\rho_0 = 450 \text{ kg/m}^3$, $R = 400 \text{ kg/m}^3$. Na koncu, tik preden se pojavi duplina, se je povečala na $\rho_0 = 550 \text{ kg/m}^3$, $R = 490 \text{ kg/m}^3$. Radialni vlažnostni profil pri tem vzorcu izkazuje podobno zakonitost, kot smo jo zabeležili pri vzorcu T1A in T1B. Na območju 1 smo zabeležili vlažnost okoli 22 %, ki se v območju 2 spusti na 21 %, v območju 3 se je nato spet poveča na 22,5 % in se na prehodu v območje 4 spusti na 18 % vlažnosti. (Slika 90).



Slika 88: Lipa (*Tilia spp.*), makroskopska slika vzorca T1C.



Slika 89: Lipa (*Tilia spp.*), krivulja signala Resistographa F500 pri vzorcu T1C.

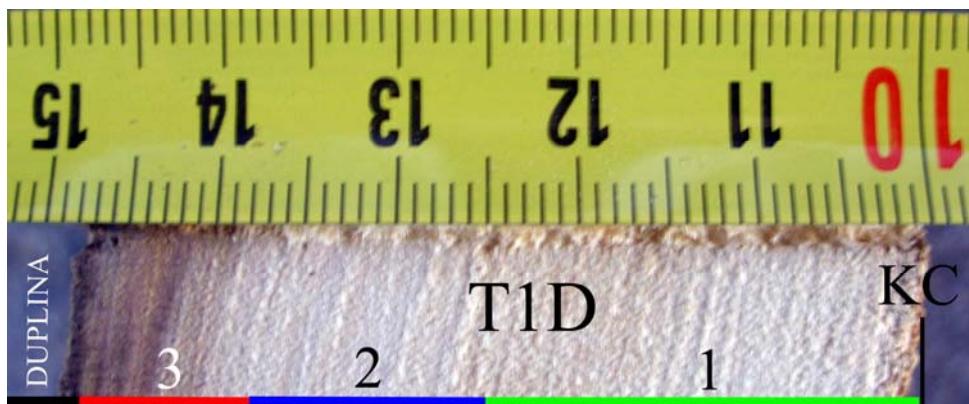


Slika 90: Lipa (*Tilia spp.*), graf gostotnega in vlažnostnega profila za vzorec T1C.

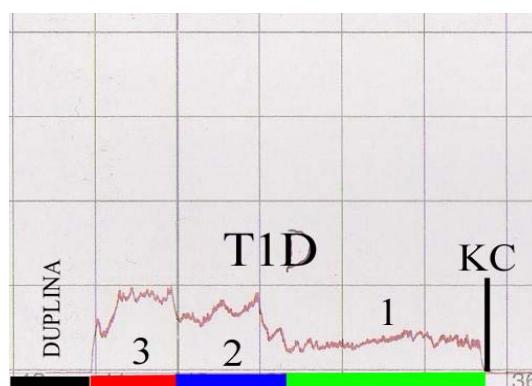
4.6.4 Vzorec T1D

Na območju 1 (do 25 mm od kambija) je Resistograph zaznal enakomeren signal, ki pripada enakomerni zgradbi zdravega lesa (Slika 92). V območju 2 (od 25 do 38 mm od kambija) se pojavi povečanje v amplitudi signala. Sledi območje 3 (od 38 do 48 mm v globino), tu se pojavi reakcijska cona (Slika 91), kjer se je amplituda signala še povečala. Nazadnje sledi območje 4 (od 48 mm naprej v globino), kjer je nastala duplina, ki jo je Resistograph zaznal. Vlažnostni profil vzdolž tega radija je zelo enakomeren in znaša okoli 18,5 %, nato se zmanjša na 17 % (Slika 93). Gostotni profil se v grobem ujema s krivuljo Resistographa. V območju 1 (od kambija pa do 25 mm globine) znaša gostota okoli $\rho_0 =$ od

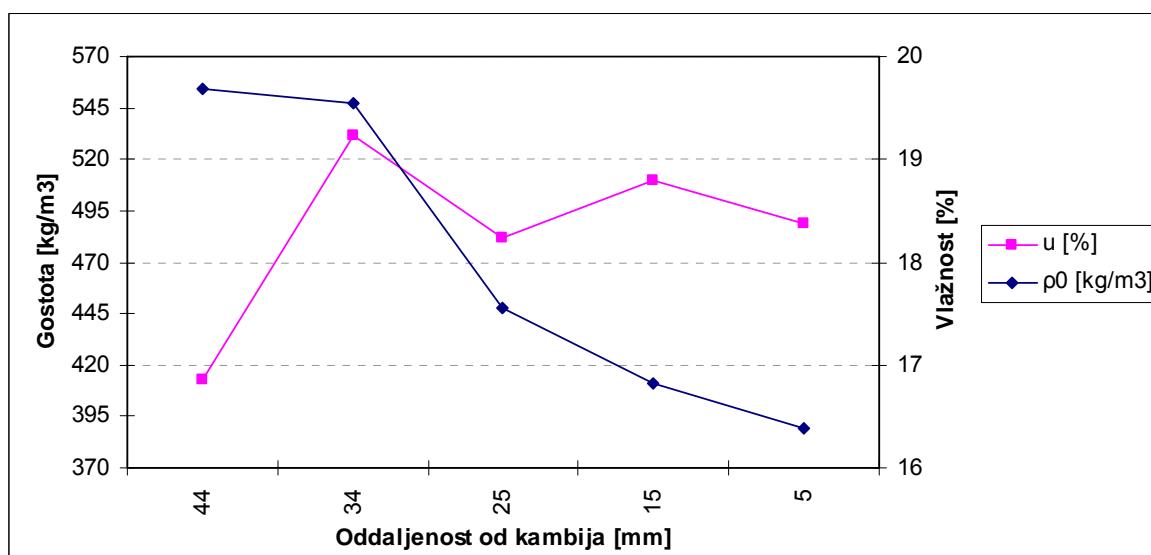
390 do 445 kg/m³, R = od 360 do 410 kg/m³, nato se v območju 2 (od 25 do 38 mm globine) gostota poveča na $\rho_0 = 550$ kg/m³, R = 490 kg/m³ in tam tudi ostane čez celo območje 3, kar se vidi tudi na grafu signala Resistographa (Slika 93).



Slika 91: Lipa (*Tilia* spp.), makroskopska slika vzorca T1D.



Slika 92: Lipa (*Tilia* spp.), krivulja signala Resistographa F500 pri vzorcu T1D.



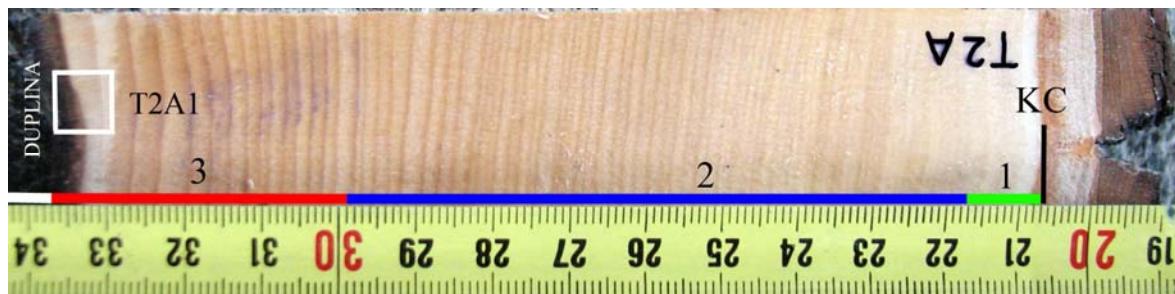
Slika 93: Lipa (*Tilia spp.*), graf gostotnega in vlažnostnega profila za vzorec T1D.

4.7 LIPA (T2)

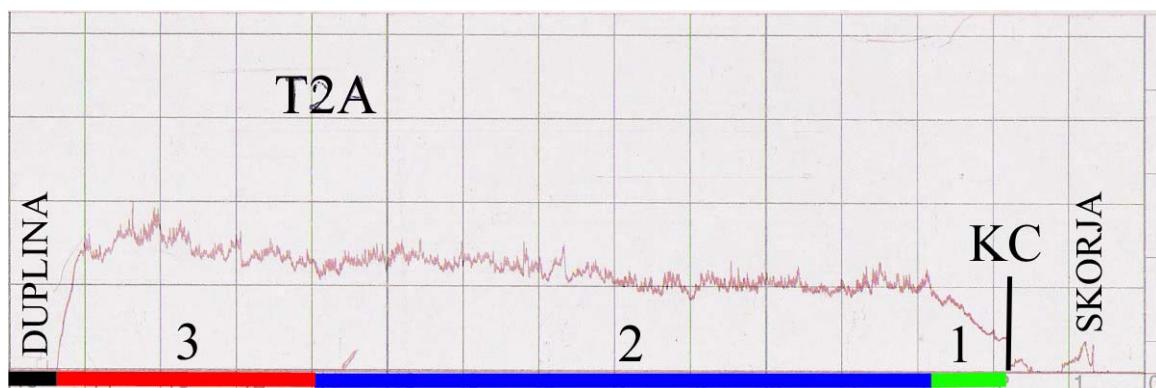
4.7.1 Vzorec T2A

Pri vzorcih lipe koluta številka 2 (T2) je bila prisotna skorja na vseh štirih vzorcih in je vsebovala ritidom ter živi del. Resistograph je pri vzorcu T2A in T2B zaznal ritidom in živi del, pri vzorcu T2C in T2D pa je zaznal samo del žive skorje. Povedati moramo, da smo pri tem kolatu zaradi prevelikega števila vzorcev, ki so se nabrali med izvajanjem preizkusa, izdelali gostotni profil samo za določene vzorce. Pri prehodu svedra skozi les smo zabeležili naslednja nihanja. Na periferiji, v območju 1 (od kambija pa do 10 mm globine) je amplituda signala postopoma naraščala, kar je vidno na grafu Resistographa (Slika 95). Sledi enakomerne amplituda signala Resistographa na območju 2 (od 10 do 92 mm od kambija), ki je posledica prisotnosti vizualno zelo enakomernih branik (Slika 94). Iz grafa signala lahko vidimo, da se v območju 3 (od 92 do 130 mm v globino) amplituda še nekoliko poveča, kar je posledica povečanja širine branike in s tem posledično deleža kasnega lesa. Na globini 126 mm se pojavi reakcijska cona, ki jo je Resistograph zaznal kot zadnje povišanje amplitude signala pred pojavom dupline. Anatomski preparat T2A1 smo odvzeli na mestu, kjer se je pojavila reakcijska cona (126 mm od kambijeve cone). Anatomska zgradba reakcijske cone je bila naslednja: za reakcijsko cono, ki je omejevala duplino, je bil značilen pojav rdeče obarvanih depozitov v trahejah in trakovnih parenhimskih celicah. V območju za reakcijsko cono, ki je ustvarilo pojav sušin, so bili

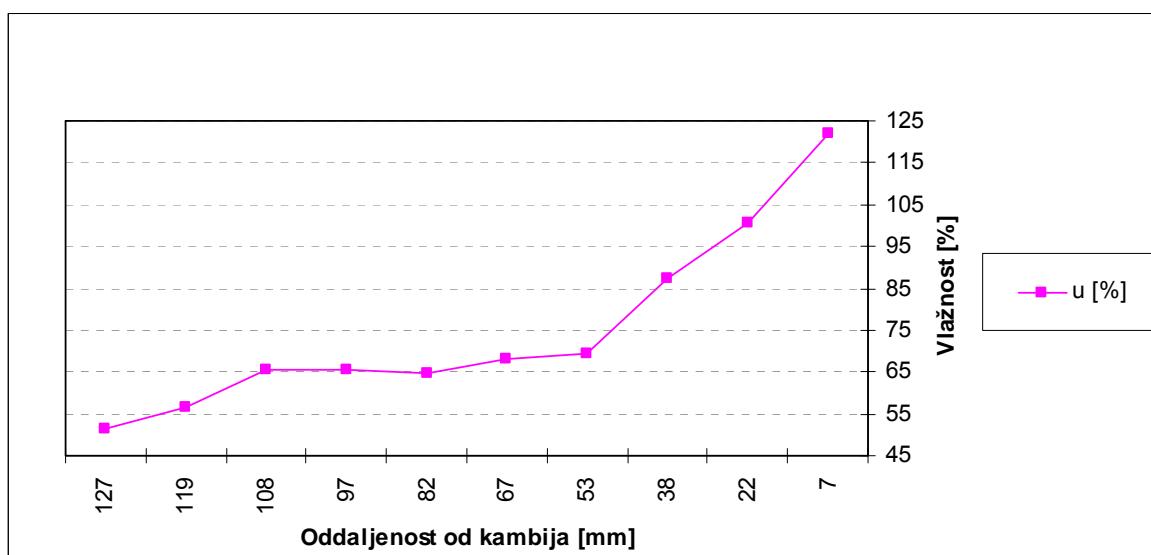
depoziti prisotni samo v trahejah (Slika 97). Z Resistographom teh anatomske sprememb nismo zabeležili. Analiza vlažnosti je pri vzorcu T2A razkrila naslednje odčitke. Na periferiji (začetek območje 1) je bila vlažnost okoli 122 %, nato se je enakomerno zmanjševala do razdalje 53 mm na 69 %. Od globine 53 pa do 110 mm je bila zelo enakomerna in je znašala okoli 65 %, nakar se je spet spustila in znašala na globini 128 mm 51 % (Slika 96).



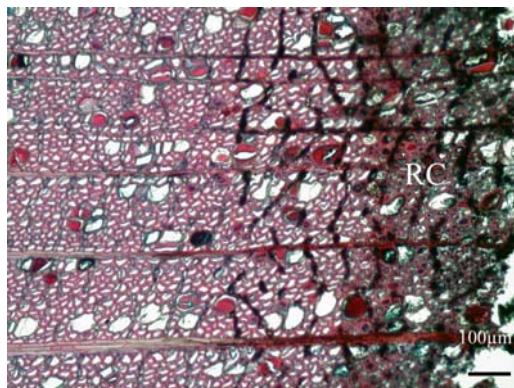
Slika 94: Lipa (*Tilia spp.*), makroskopska slika vzorca T2A – lokacija odvzema vzorca za anatomski preparat T2A1.



Slika 95: Lipa (*Tilia spp.*), krivulja signala Resistographa F500 pri vzorcu T2A.



Slika 96: Lipa (*Tilia* spp.), graf vlažnostnega profila za vzorec T2A.

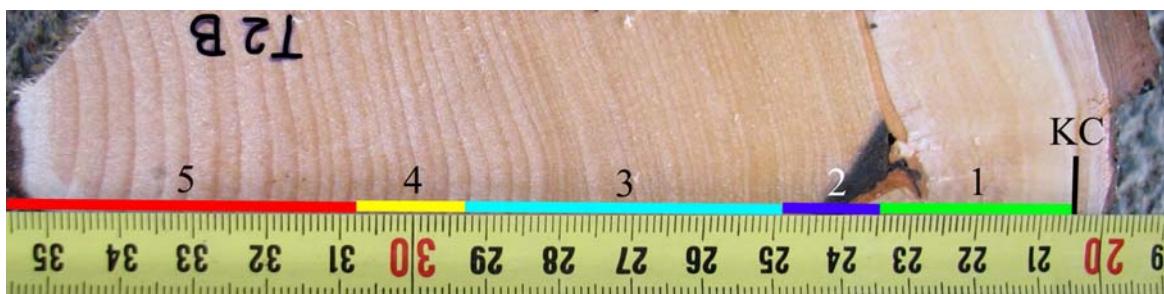


Slika 97: Lipa (*Tilia* spp.), prečni prerez vzorca T2A1– prisotna reakcijska cona (RC), rdeče obarvani depoziti v trahejah in trakovnem parenhimu.

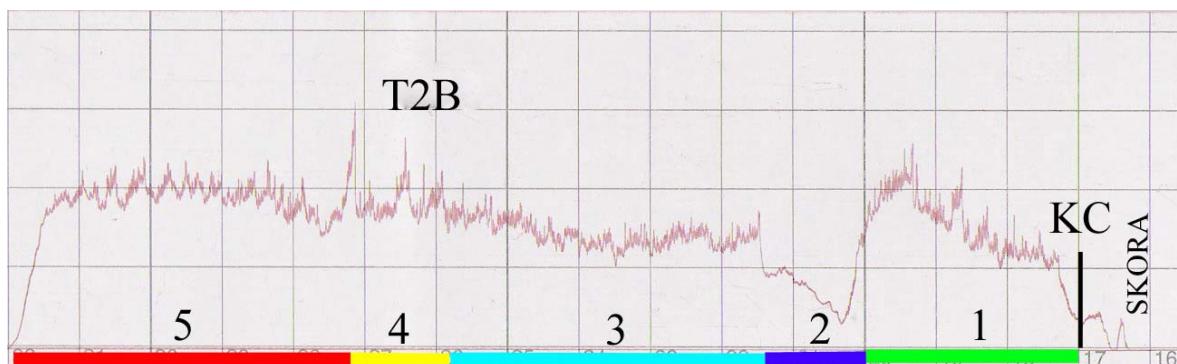
4.7.1 Vzorec T2B

V območju 1 (prvih 30 mm globine od kambija proti strženu) je signal jasno odražal spremembe v odporu proti vrtanju (Slika 99). Celotno območje 1 sestavlja poranitveni les, za katerega je pri večini drevesnih vrst značilen manjši delež trahej, ki so manjše, vlakna malo tanjša, trakovi pa so širši. Z oddaljevanjem od mesta poškodbe se zgradba poranitvenega lesa običajno normalizira. Proti koncu območja 1 opazimo prisotnost prerasle poškodbe, ki jo je Resistograph zaznal kot povišanje amplitude, ki ustreza preraslemu delu vzorca. Nato sledi padec amplitude signala v območju 2 (od 30 do 44 mm v globino), ki je posledica razkrojenega lesa v območju poškodbe (Slika 98). Zatem se je pojavilo območje zelo enakomernega signala, ki pripada območju 3 (od 44 do 88 mm od

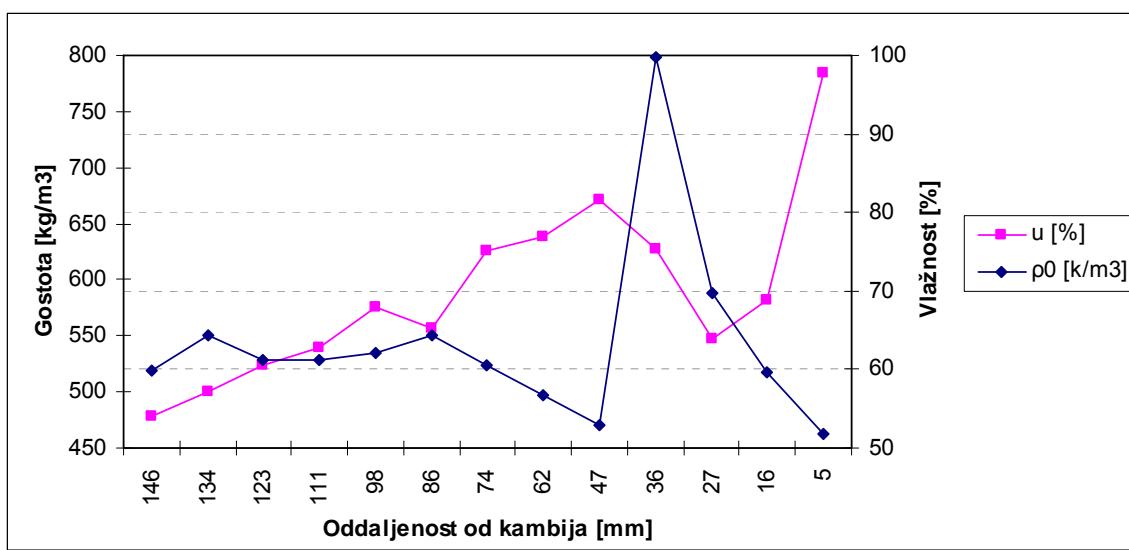
kambija), kjer lahko na makroskopski sliki vidimo, da so bile branike relativno goste in je bil delež kasnega lesa majhen, kar pomeni manjši odpor proti vrtanju. Nato se je na območju 4 (od 88 do 103 mm od kambija) pojavilo pet relativno širokih branik, ki so vsebovale velik delež kasnega lesa in so nudile velik odpor proti vrtanju, kar se vidi tudi na signalu grafa. Potem sledi območje 5 (od 103 do 148 mm v globino), kjer je amplituda signala zelo visoka in je podobna amplitudi v območju 1, kjer je les prerasel poškodbo. Vlažnostni profil pri tem vzorcu izkazuje sledeče zakonitosti. (Slika 100). Na periferiji je bila vlažnost visoka in je znašala 98 %. V območju prerasle poškodbe je zelo padla (28 mm od kambija) in znaša okoli 64 %. Na začetku območja 3 (47 mm od kambija) se je spet povečala na 81 %, od tu naprej pa je linearno padala po preostalem profilu vzorca do vlažnosti 54 % na globini 147 mm. Gostotni profil je pri vzorcu T2B na območju 1 naraščal od periferije proti notranjosti od $\rho_0 = 455\text{--}590 \text{ kg/m}^3$, $R = 370\text{--}450 \text{ kg/m}^3$, zatem pa je na območju prerasle poškodbe skočil kar na $\rho_0 = 800 \text{ kg/m}^3$, $R = 560 \text{ kg/m}^3$ (Slika 100). V območju poškodbe se je spet spustil na $\rho_0 = 460 \text{ kg/m}^3$, $R = 390 \text{ kg/m}^3$, se nato malo povečal in ostal skozi preostal profil zelo enakomeren.



Slika 98: Lipa (*Tilia spp.*), makroskopska slika vzorca T2B.



Slika 99: Lipa (*Tilia spp.*), krivulja signala Resistographa F500 pri vzorcu T2B.

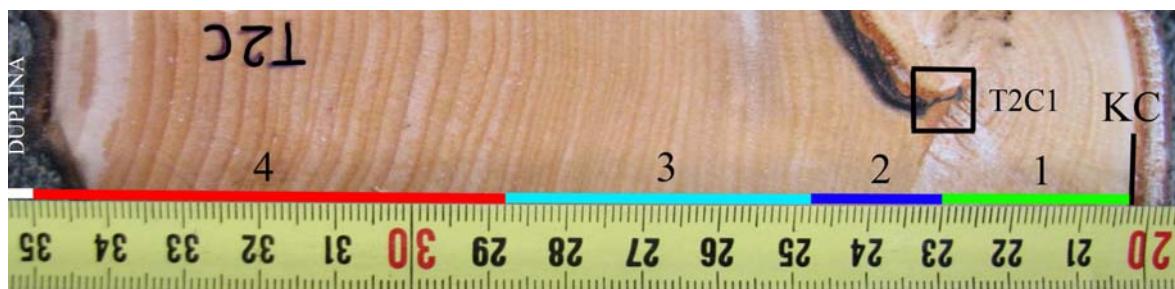


Slika 100: Lipa (*Tilia spp.*), graf gostotnega in vlažnostnega profila za vzorec T2B.

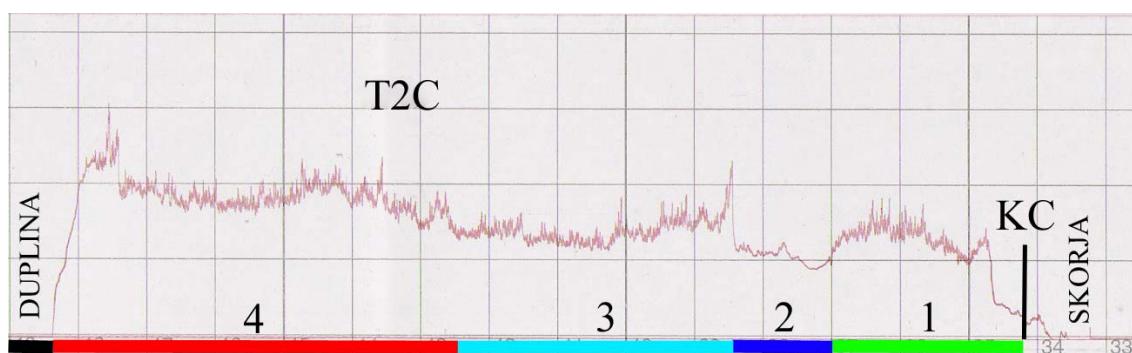
4.7.3 Vzorec T2C

Tudi pri vzorcu T2C je bila kot pri T2B prisotna prerasla poškodba. Graf signala vzorca T2C se bistveno ni razlikoval od signala vzorca T2B (Slika 102). Na periferiji do globine 27 mm od kambija (območje 1) je Resistograph zaznal povečevanje odpora proti vrtanju, kar je posledica prisotnosti poranitvenega lesa kot pri vzorcu T2B (Slika 101). Za razliko od vzorca T2B se tu na območju prerasle poškodbe (območje 1) amplituda signala ni tako dvignila. Anatomski preparati T2C1, odvzeti na tem mestu, kažejo prisotnost barierne cone, ki je tudi pri tej drevesni vrsti zgrajena iz debelostenih neurejenih parenhimskih celic (Slika 104a). Za barierno cono sledi nenaden padec (območje 2), ki nakazuje penetracijo močno razkrojenega lesa ali pa kar penetracijo skorje prevallitvenega tkiva (Slika 104b). Vključena skorja prevallitvenega tkiva ima lahko imo manjši odpor proti vrtanju. Na prehodu iz območja 2 v območje 3 se je amplituda signala Resistographa povečala, nato se je malo zmanjšala in postala enakomerna vzdolž celotnega območja 3 (od 45 do 85 mm globine). Zatem postanejo branike nekoliko širše, kar se na grafu odraža kot povečanje amplitude signala (območje 4). Sledi reakcijska cona, takoj za tem pa duplina, kar se tudi vidi na grafu signala. Radialni vlažnostni profil pri tem vzorcu izkazuje zelo nihajočo krivuljo, ki linearno pada od periferije, kjer vlažnost znaša 90 %, pa od globine 140 mm, kjer je vlažnost okoli 57 %. (Slika 103). Gostotni profil je zelo podoben gostotnemu profilu vzorca T2B in se v grobem ujema z grafom Resistographa. Gostota je naraščala od

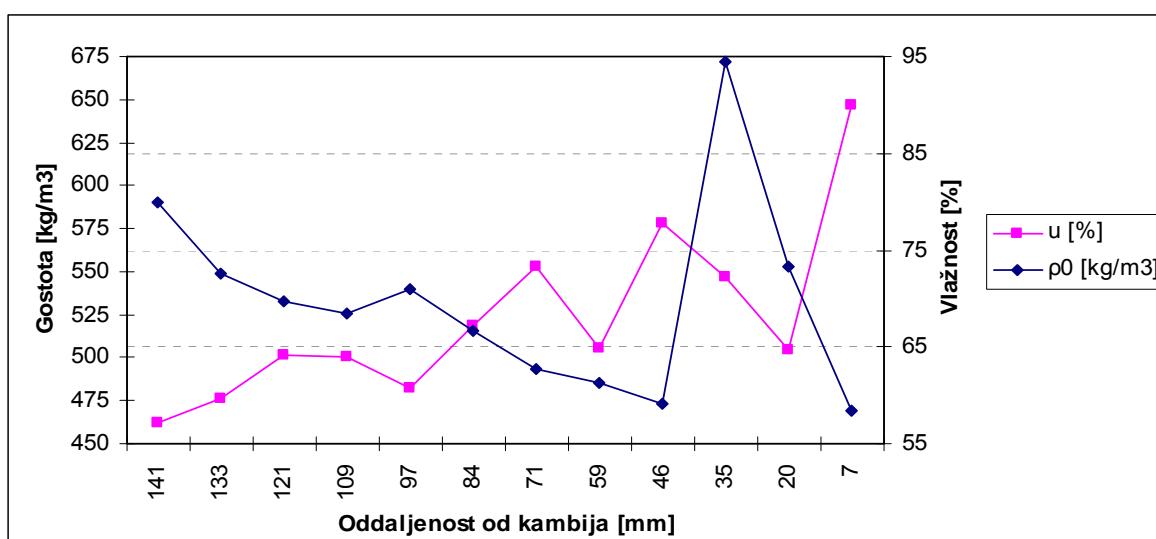
periferije proti notranjosti od $\rho_0 = 470\text{--}550 \text{ kg/m}^3$, $R = 400\text{--}450 \text{ kg/m}^3$, zatem je v območju prerasle poškodbe skočil kar na $\rho_0 = 680 \text{ kg/m}^3$, $R = 510 \text{ kg/m}^3$ (Slika 103). V območju poškodbe se je spet spustila na $\rho_0 = 480 \text{ kg/m}^3$, $R = 400 \text{ kg/m}^3$, se proti koncu vzorca skoraj linearno povečala na $\rho_0 = 580 \text{ kg/m}^3$, $R = 450 \text{ kg/m}^3$.



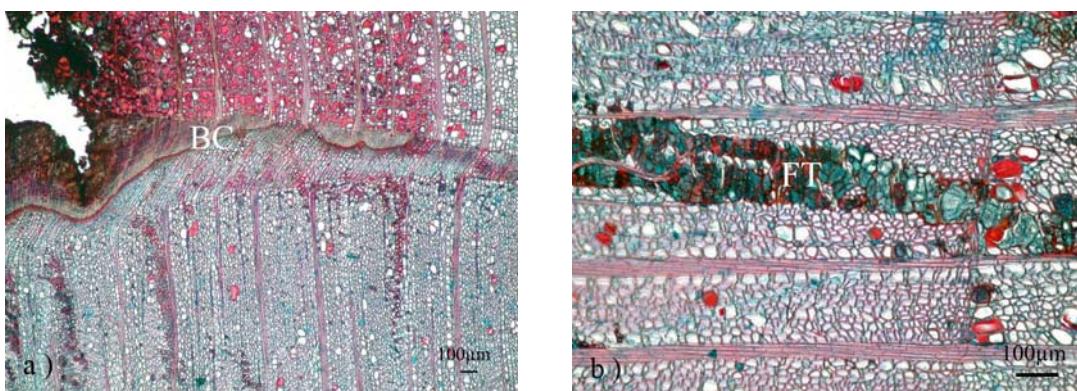
Slika 101: Lipa (*Tilia* spp.), makroskopska slika vzorca T2C – lokacija odvzema vzorca za anatomskejki preparat T2C1.



Slika 102: Lipa (*Tilia* spp.), krivulja signala Resistographa F500 pri vzorecu T2C.



Slika 103: Lipa (*Tilia* spp.), graf gostotnega in vlažnostnega profila za vzorec T2C.



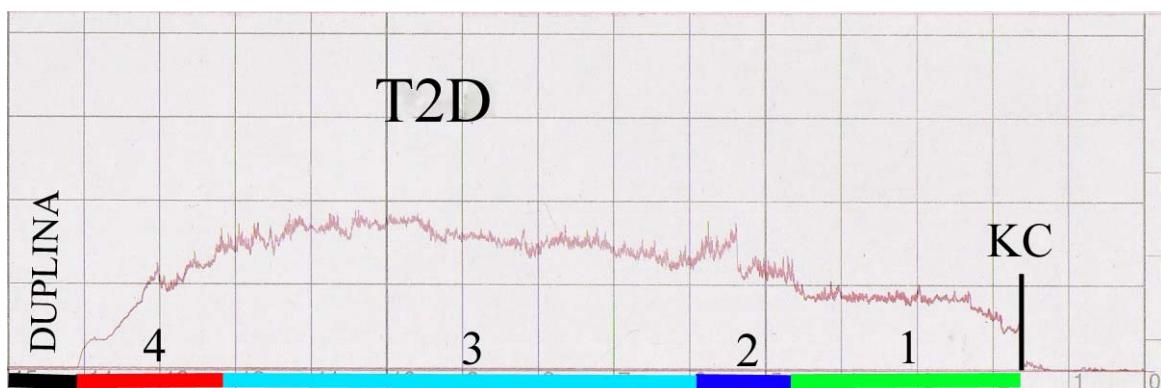
Slika 104: Lipa (*Tilia spp.*), prečni prerez vzorca T2C1 – a) barierna cona (BC), sestavljena iz debelostenih neurejenih parenhimskih celic, b) prečni prerez poranitvenega lesa, ki vključuje sekundarni floem, najverjetneje trakovno floemsko tkivo (FT).

4.7.4 Vzorec T2D

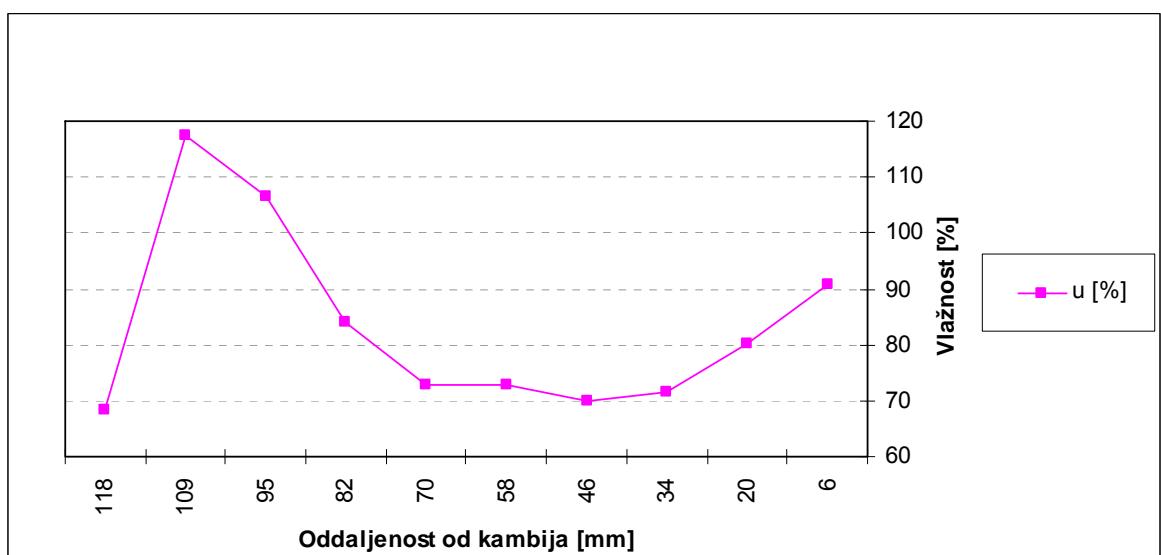
Graf signala vzorca T2D je bil relativno podoben signalu vzorca T2A. Na območju 1 (do 31 mm od kambija) je Resistograph zaznal enakomeren signal, ki pripada relativno enakomerni zgradbi zdravega lesa (Slika 105, Slika 106). Na prehodu v območje 2 (od 31 do 43 mm od kambija) se je pojavilo povečanje amplitude signala, ki se je na sredini območja 2 še povečalo. Zatem sledi območje 3 (od 43 do 106 mm od kambija), kjer je amplituda signala nihala okoli vrednosti, ki je bila odčitana v drugi polovici območja 2. Povečanje amplitude signala je posledica povečanja širine branik v tem območju in posledično tudi deleža kasnega lesa. V območju 4 (od 106 do 124 mm naprej v globino) je začela amplituda linearno padati. Na ničlo je padla na mestu, kjer se začne duplina (območje 5). Vlažnostni profil vzdolž tega radija je bil zelo enakomeren in je znašal okoli 18,5 %, na koncu pa se je zmanjšal na 17 % (Slika 107). Vlažnostni profil izkazuje naslednje odčitke. Na periferiji je vlažnostni profil prikazal okoli 91% vlažnost, ki se je postopoma zmanjševala do globine 30 mm, kjer je znašala 71 %. Pri tej vlažnosti je vzorec nihal vse do globine 70 mm, kjer se je začel strmo vzpenjati in smo na globini 110 mm od kambija zaznali vlažnost 118 %, ki je proti koncu vzorca spet padla na 68 %.



Slika 105: Lipa (*Tilia spp.*), makroskopska slika vzorca T2D.



Slika 106: Lipa (*Tilia spp.*), krivulja signala Resistographa F500 pri vzorcu T2D.

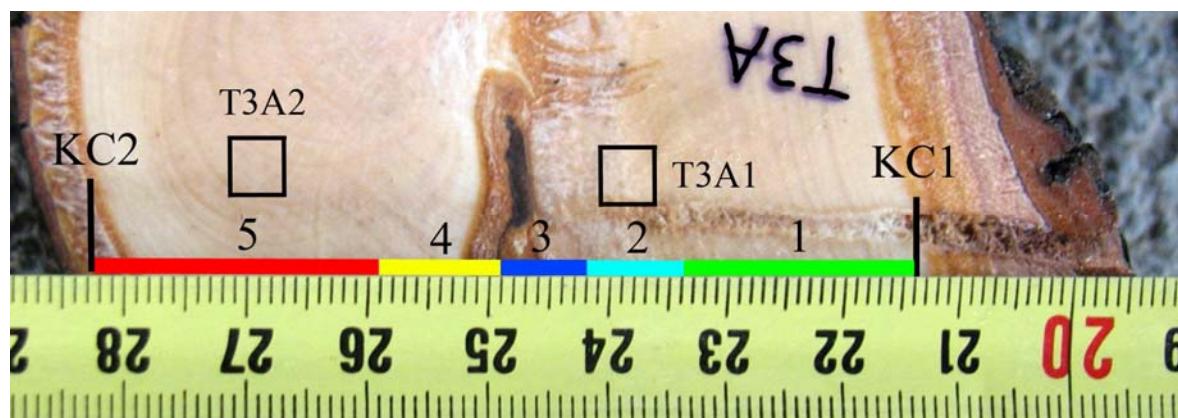


Slika 107: Lipa (*Tilia spp.*), graf vlažnostnega profila za vzorec T2D.

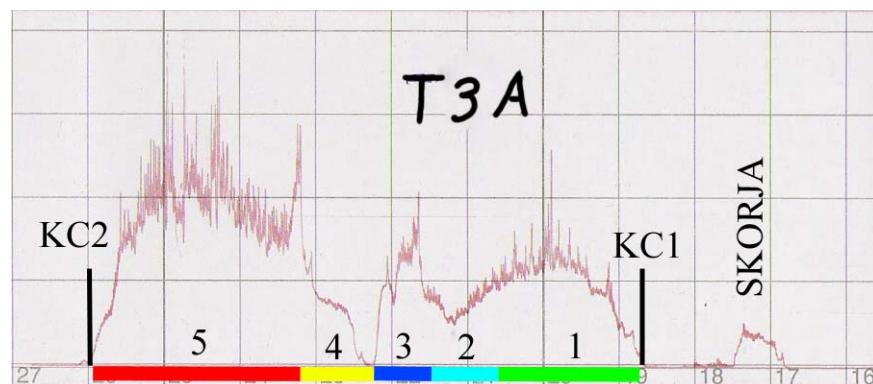
4.8 LIPA (T3)

4.8.1 Vzorec T3A

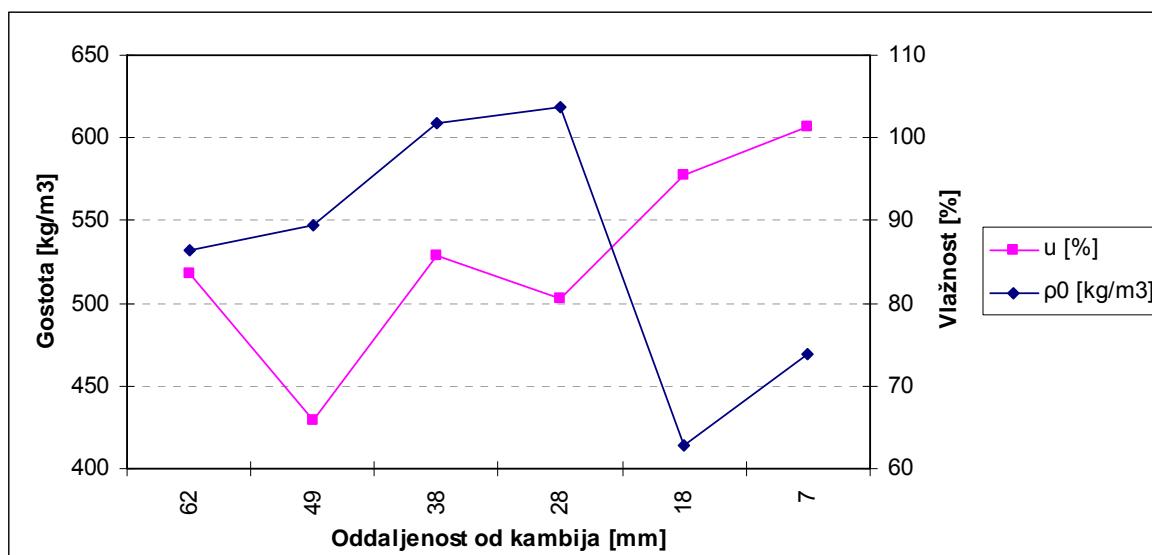
Pri kolutu 3 (T3) je bila skorja prisotna na vseh petih vzorcih, vsebovala pa je ritidom in živi del skorje (Slika 108). Pri tem kolutu so vzoreci T3B, T3C in T3D izkazovali podobne značilnosti kot pri kolutu T2 vzoreci T2A in T2D. T3A in T3E sta bila na mestu, kjer je les preraščal poškodbo. Vzorec T3A izkazuje sledeče značilnosti. Od kambija proti notranjosti do globine 20 mm, kjer je prisoten poranitveni les (območje 1), je graf izkazoval povišanje signala Resistographa do sredine območja 1, sledi rahel padec, ki se je nadaljeval v območje 2 (od 20 do 28 mm v globino). Anatomski preparat T3A1, odvzet na tem mestu, kaže, da je poroznost poranitvenih tkiv večja kot pri preparatu T3A2, v lesu pa se pojavljajo nenavadne strukture, ki po anatomiji spominjajo na vključene floemske trakove (Slika 111a). Sledi območje 3 (od 28 do 35 mm), kjer se je upor proti vrtanju nenadno povečal, najverjetneje zaradi lesnih tkiv, ki so preraščala poškodbo (Slika 109). Potem sledi območje 4 (od 35 do 45 mm), ki je območje poškodbe. Upor je proti vrtanju v prvi polovici območja 4 zelo upadel, v drugi polovici pa se je spet povečal na vrednost, ki jo je imel pred padcem upora. Nato se je signal upora proti vrtanju še povečal, saj je bil tudi na temu mestu prisoten poranitveni les (območje 5, od 45 do 68 mm). Anatomski preparat T3A2, odvzet na temu mestu, kaže, da je poranitveni les tu gostejši od ostalih delov tkiva, saj vsebuje manj trahej (Slika 111b). To je z visoko vrednostjo signala zabeležil tudi Resistograph. Na koncu območja 5 se na makroskopski sliki vidi druga kambijeva cona in skorja, ki vsebuje živi del in ritidom (Slika 108). Za vzorec T3A je značilno, da smo pri vrtanju preiskovali odpor poranitvenega lesa. Vlažnostni profil je za lipo nenavaden, vendar moramo povedati, da smo vrtali skozi vzorec, ki je preraščal poškodbo in je zato zgradba lesa drugačna od zgradbe zdravega lesa, izkazuje pa sledeče značilnosti. Na periferiji (območje 1) je vlažnost znašala okoli 84 %, se na koncu območja 1 (18 mm v globino) zmanjšala in dosegla vrednost 65 %. Od konca območja 1 naprej po prerezu vzorca se je enakomerno povečevala in na koncu (na globini 62 mm) znašala 101 % (Slika 110). Gostotni profil izkazuje naslednje značilnosti. Od periferije pa do globine 18 mm (območje 1) je gostota znašala $\rho_0 = 540 \text{ kg/m}^3$, $R = 450 \text{ kg/m}^3$. Zatem se je povečevala do globine 38 mm (območje 2, 3 in del območja 4) in znašala $\rho_0 = 620 \text{ kg/m}^3$, $R = 450 \text{ kg/m}^3$, potem pa drastično padla (območje 4 in 5) na $\rho_0 = 450 \text{ kg/m}^3$, $R = 370 \text{ kg/m}^3$ (Slika 110).



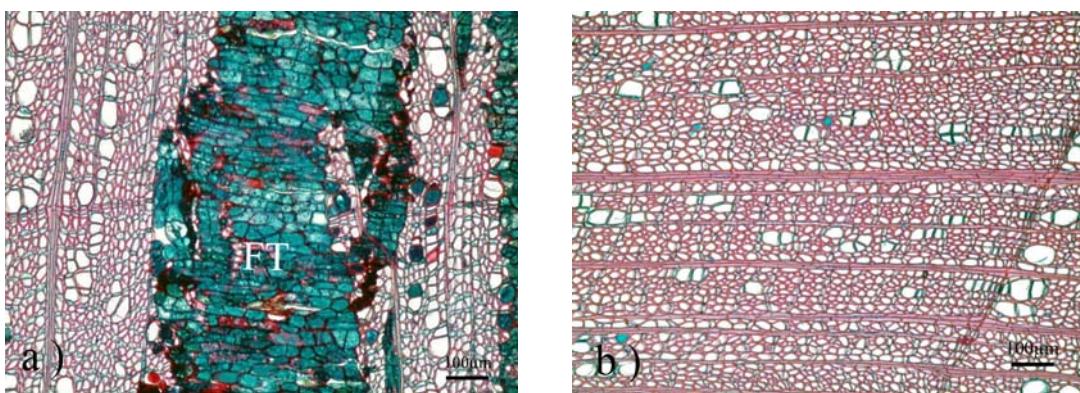
Slika 108: Lipa (*Tilia spp.*), makroskopska slika vzorca T3A – lokacij odvzema vzorcev za anatomske preparamat T3A1 in T3A2.



Slika 109: Lipa (*Tilia spp.*), krivulja signala Resistographa F500 pri vzorcu T3A.



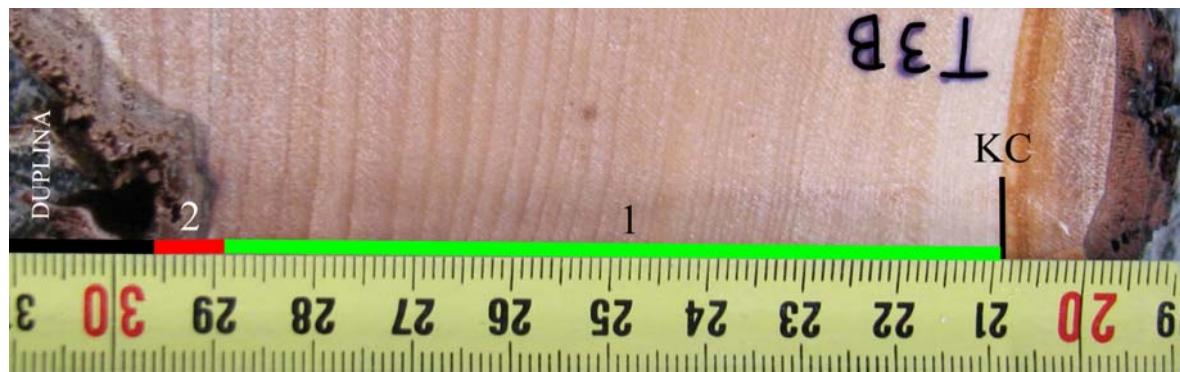
Slika 110: Lipa (*Tilia spp.*), graf gostotnega in vlažnostnega profila za vzorec T3A.



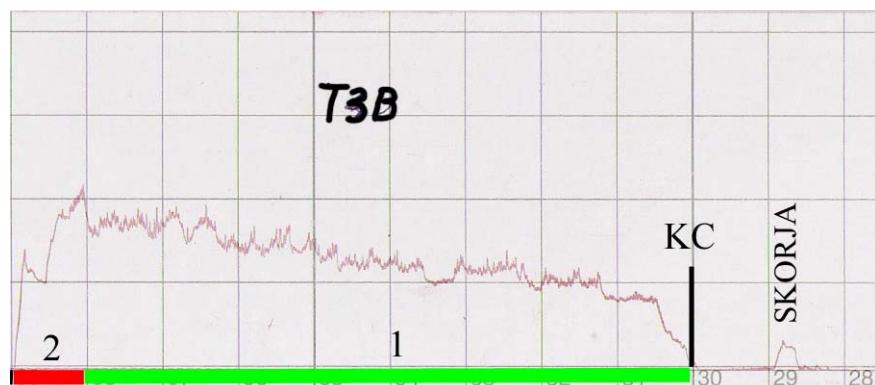
Slika 111: Lipa (*Tilia spp.*); a) prečni prerez vzorca T3A1: nenavadne strukture ki spominjajo na floemske trake (FT), b) prečni prerez vzorca T3A2: poranitveni les, ki vsebuje manj trahej.

4.8.2 Vzorec T3B

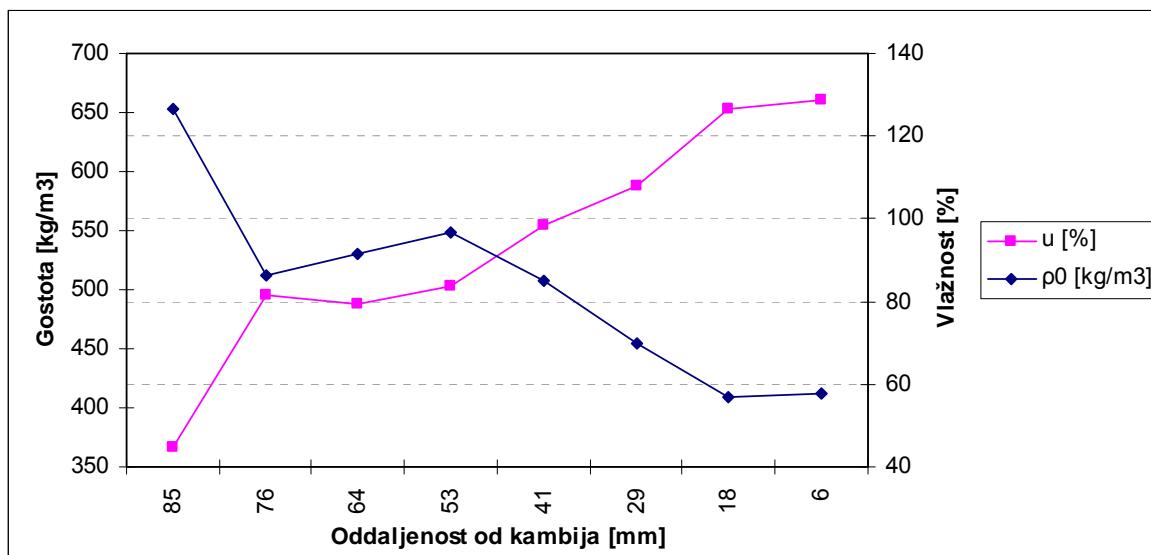
Na vzorcu T3B je bila prisotna skorja, ki je vsebovala ritidom in živi del. Resistograph je ritidom zaznal, medtem ko žive skorje ni zaznal (Slika 112). Po prerezu vzorca je bila amplituda signala Resistographa relativno majhna in enakomerna, upor proti vrtanju pa se je postopoma povečeval (območje 1, do 80 mm od kambija). Tu se je pojavila reakcijska cona (območje 2, od 80 do 87 mm). Kmalu je sledil razkroj in duplina (od 87 mm naprej) (Slika 113). Vlažnostni profil je za lipo dokaj karakterističen in izkazuje naslednje značilnosti. Na periferiji znaša vlažnost okoli 128 %. Nato skoraj linearно pada do globine 63 mm, kjer znaša 80 %. Na tej vlažnosti stagnira do globine 77 mm, se spet spusti na 45 %, in to na globini 85 mm. (Slika 114). Gostota se skozi celotni profil povečuje. Na periferiji znaša $\rho_0 = 410 \text{ kg/m}^3$, $R = 350 \text{ kg/m}^3$. Zatem se konstantno povečuje do globine 54 mm, kjer znaša $\rho_0 = 620 \text{ kg/m}^3$, $R = 450 \text{ kg/m}^3$. Po tej točki gostota rahlo pade (77 mm od kambija) in se potem strmo poveča na globini 87 mm, kjer znaša $\rho_0 = 650 \text{ kg/m}^3$, $R = 560 \text{ kg/m}^3$. (Slika 114).



Slika 112: Lipa (*Tilia* spp.), makroskopska slika vzorca T3B.



Slika 113: Lipa (*Tilia* spp.), krivulja signala Resistographa F500 pri vzorcu T3B.



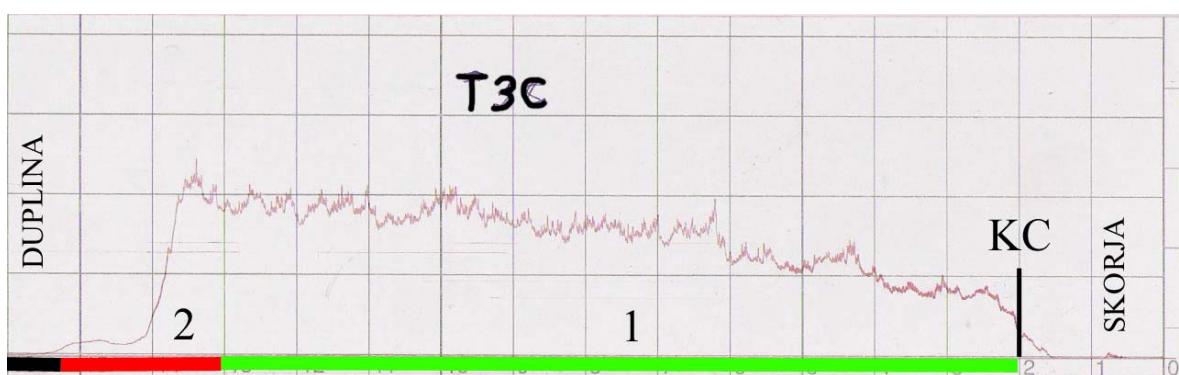
Slika 114: Lipa (*Tilia* spp.), graf gostotnega in vlažnostnega profila za vzorec T3B.

4.8.3 Vzorec T3C

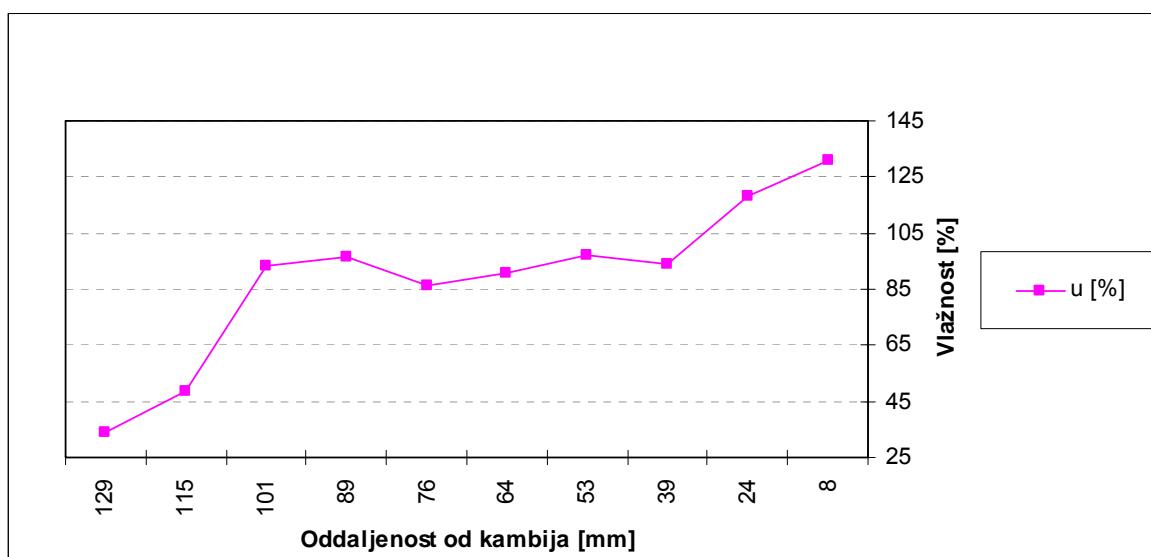
Graf signala, pridobljen z Resistographom, je zelo podoben grafu signala vzorca T3B. Tudi pri tem vzorcu je naprava zaznala ritidom, žive skorje pa ne. Na območju 1 (od kambija pa do globine 110 mm) je bila amplituda signala zelo majhna in enakomerna. Upor proti vrtanju se je skozi celotni profil vzorca enakomerno povečeval. Na območju 2 (od 110 do 132 mm globine) se pojavi reakcijska cona, ki se na grafu vidi kot zadnje povečanje upora proti vrtanju (Slika 116). Za reakcijsko cono je prisoten še diskoloriran les, ki ga Resistograph zazna (Slika 115). Diskoloriranemu lesu sledi duplina (območje 3, od 132 mm naprej). Vlažnostni profil je pri tem vzorcu podoben vlažnostnemu profilu vzorca T3B. Na periferiji znaša vlažnost 130 %, nakar se enakomerno spusti na 95 % na globini 40 mm. Na tej vlažnosti se nato giblje do globine 102 mm, nakar začne padati do globine 129 mm, kjer znaša vlažnost 34 % (Slika 117).



Slika 115: Lipa (*Tilia* spp.), makroskopska slika vzorca T3C.



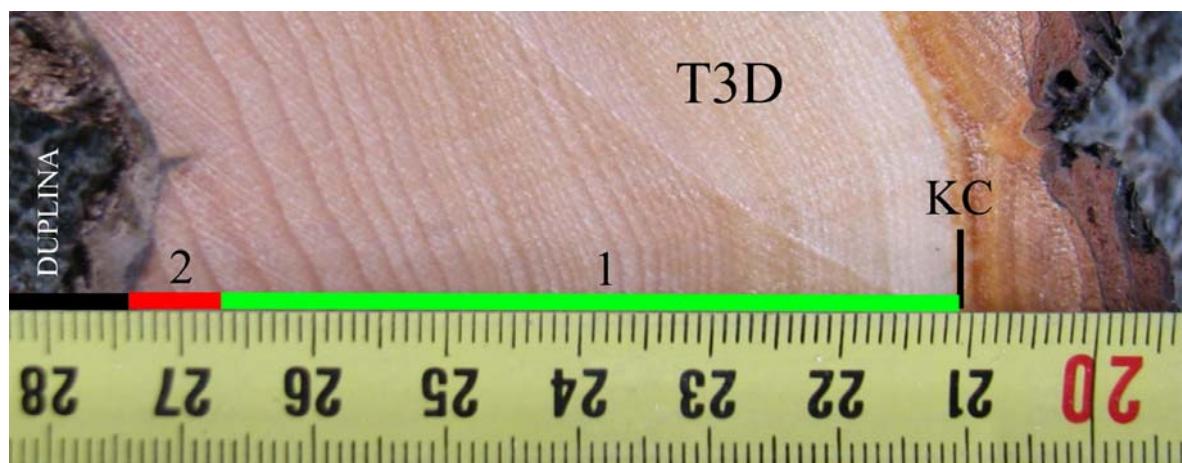
Slika 116: Lipa (*Tilia* spp.), krivulja signala Resistographa F500 pri vzorcu T3C.



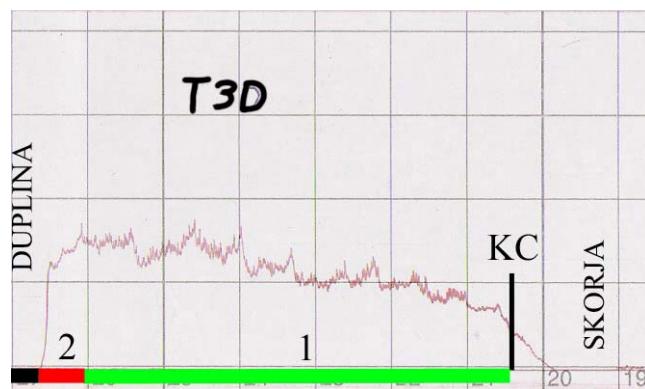
Slika 117: Lipa (*Tilia* spp.), graf vlažnostnega profila za vzorec T3C.

4.8.4 Vzorec T3D

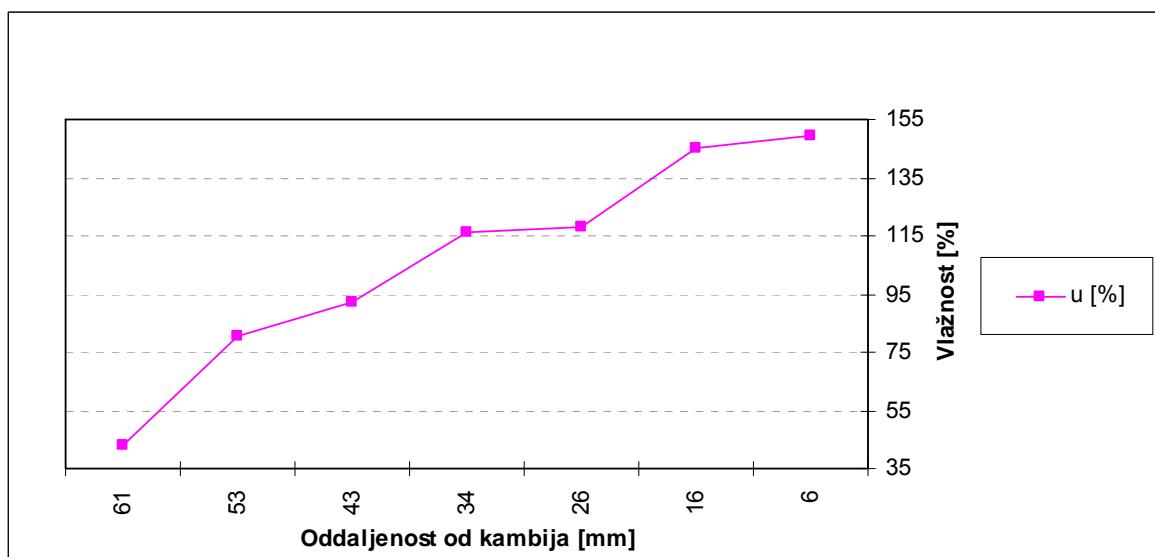
Tudi ta vzorec kaže podobne karakteristike grafa signala Resistographa kot vzorca T3B in T3C. Resistograph pri vzorcu T3D ni zaznal ritidoma, zaznal pa je živi del skorje (Slika 119). Na območju 1 (do globine 56 mm) ima signal grafa zelo majhno amplitudo, upor proti vrtanju pa se enakomerno povečuje, kar je posledica povečevanja širine branik od kambija proti strženu in večanja prisotnosti kasnega lesa. Povečanje amplitude lahko opazimo na posameznih območjih (Slika 119). V območju 2 (od 56 do 63 od kambija) se pojavi reakcijska cona, ki je Resistograph ni zaznal, tako kot pri vzorcu T3C. Zatem sledi območje, kjer se pojavi duplina (Slika 118). Vlažnostni profil izkazuje karakteristično krivuljo za lipo. Krivulja vlažnostnega profila vzorca T3D je zelo podobna krivulji vzorca T3C (Slika 120). Na periferiji je vlažnost znašala okoli 150 % in se je zelo enakomerno spuščala po profilu vzorca. Na globini 61 mm je znašala 45 %.



Slika 118: Lipa (*Tilia* spp.), makroskopska slika vzorca T3D.



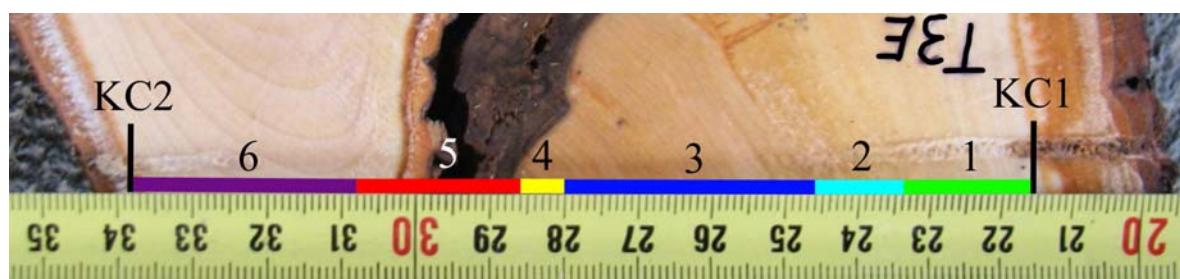
Slika 119: Lipa (*Tilia* spp.), krivulja signala Resistographa F500 pri vzorcu T3D.



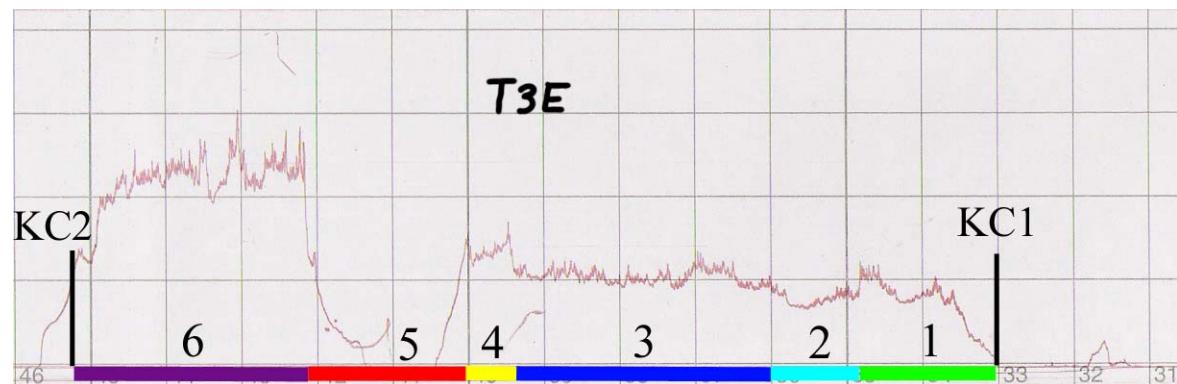
Slika 120: Lipa (*Tilia* spp.), graf gostotnega in vlažnostnega profila za vzorec T3D.

4.8.5 Vzorec T3E

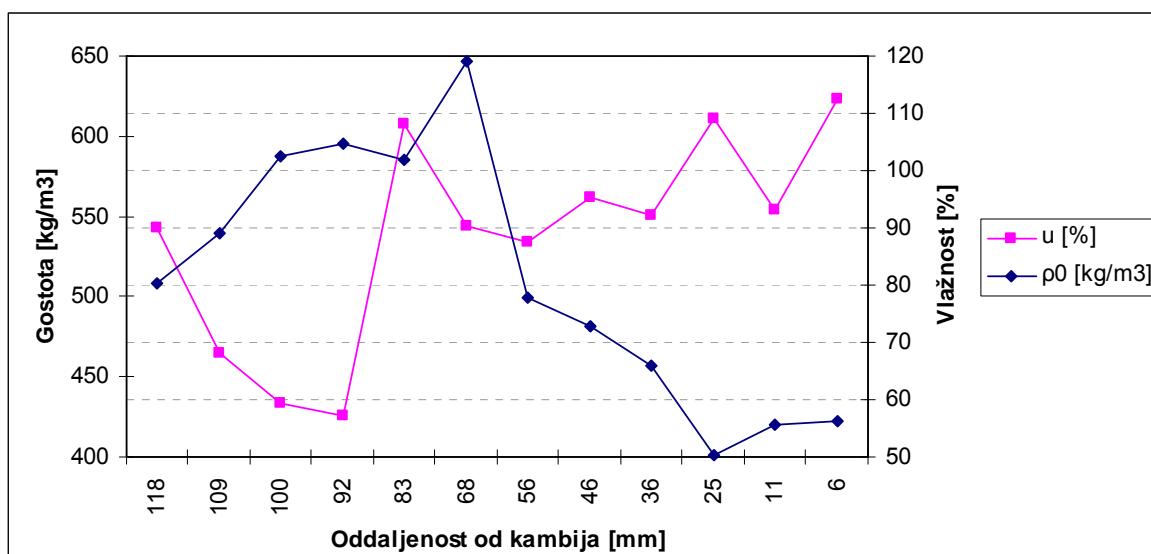
Ta vzorec je bil, kot vzorec T3A, odvzet na mestu, kjer je les preraščal poškodbo. Pri tem vzorcu je bila kot pri ostalih vzorcih koluta T3 prisotna skorja. Resistograph je zaznal samo ritidom, medtem ko živega dela skorje ni zaznal (Slika 122). Vzorec T3E izkazuje naslednje značilnosti. Na periferiji (območje 1, do 18 mm globine) je graf signala Resistographa izkazoval enakomerno povečanje odpora proti vrtanju do globine 7 mm, nakar se je odpor malo zmanjšal in se kmalu zatem spet povečal. Sledi območje 2 (od 18 do 30 mm od kambija), kjer je odpor proti vrtanju padel, amplituda signala pa se je prav tako zmanjšala. V območju 3 (od 30 do 64 mm globine) se je signal odpora proti vrtanju spet povečal in ostal relativno enakomeren skozi celotno območje, rahlo se je povečala tudi amplituda signala. V območju 4 (od 64 do 70 mm od kambija) se pojavi še eno povečanje signala Resistographa, na prehodu iz območja 4 v območje 5 pa se pojavi reakcijska cona (Slika 121). Na začetku območja 5 (od 70 do 92 mm od kambija) je bila prisotna reakcijska cona, takoj za njo pa duplina, ki je vidna na sliki (Slika 121). Proti koncu območja 5 se signal grafa postopoma spet poveča. Na začetku območja 6 (od 92 do 123 mm od kambija) doseže signal Resistographa najvišjo vrednost. Tu vidimo, da je amplituda signala največja v primerjavi z ostalimi območji (Slika 122). Proti koncu območja 6 se začne signal upora proti vrtanju počasi zmanjševati, dokler ne pride do kambija na drugi strani vzorca (Slika 121). Vlažnostni profil ne izkazuje značilne krivulje vlažnosti za lipo, kar smo pričakovali, saj je bil vzorec vzet iz območja, kjer je les preraščal poškodbo. Graf vlažnostnega profila izkazuje naslednje značilnosti. Na periferiji je vlažnost znašala okoli 113 %, nakar se je strmo spustila na 92 %, se spet dvignila na 108 % in se na globini 35 mm spustila na 93 mm. Okoli te vlažnosti je nato nihala do globine 68 mm, nakar se je na globini 85 mm dvignila na 108 % vlažnosti, takoj zatem pa se strmo spustila na 56 % (na globini 92 mm). Potem se je začela postopoma dvigati in je na koncu (na globini 118 mm) znašala 90 % (Slika 123). Gostotni profil je izkazoval naslednje značilnosti. Na periferiji je gostota znašala $\rho_0 = 420 \text{ kg/m}^3$, $R = 350 \text{ kg/m}^3$. Proti notranjosti vzorca se je nato začela dvigati in na globini 68 mm znašala $\rho_0 = 650 \text{ kg/m}^3$, $R = 470 \text{ kg/m}^3$. Zatem se je spustila (83 mm od kambija) na $\rho_0 = 580 \text{ kg/m}^3$, $R = 370 \text{ kg/m}^3$, se spet malo dvignila (na globini 92 mm) $\rho_0 = 580 \text{ kg/m}^3$, $R = 490 \text{ kg/m}^3$, se naposled začela zmanjševati in na globini 118 mm znašala $\rho_0 = 510 \text{ kg/m}^3$, $R = 420 \text{ kg/m}^3$ (Slika 123).



Slika 121: Lipa (*Tilia* spp.), makroskopska slika vzorca T3E.



Slika 122: Lipa (*Tilia* spp.), krivulja signalov Resistographa F500 pri vzorcu T3E.



Slika 123: Lipa (*Tilia* spp.), graf gostotnega in vlažnostnega profila za vzorec T3E.

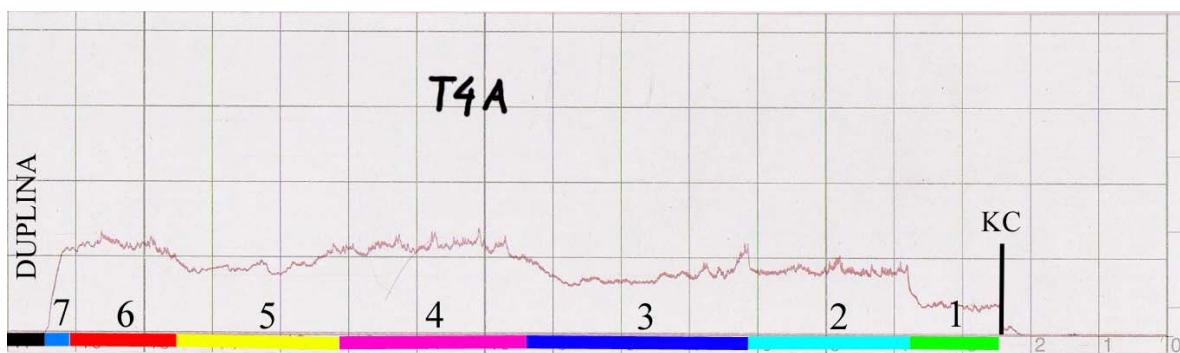
4.9 LIPA (T4)

4.9.1 Vzorec T4A

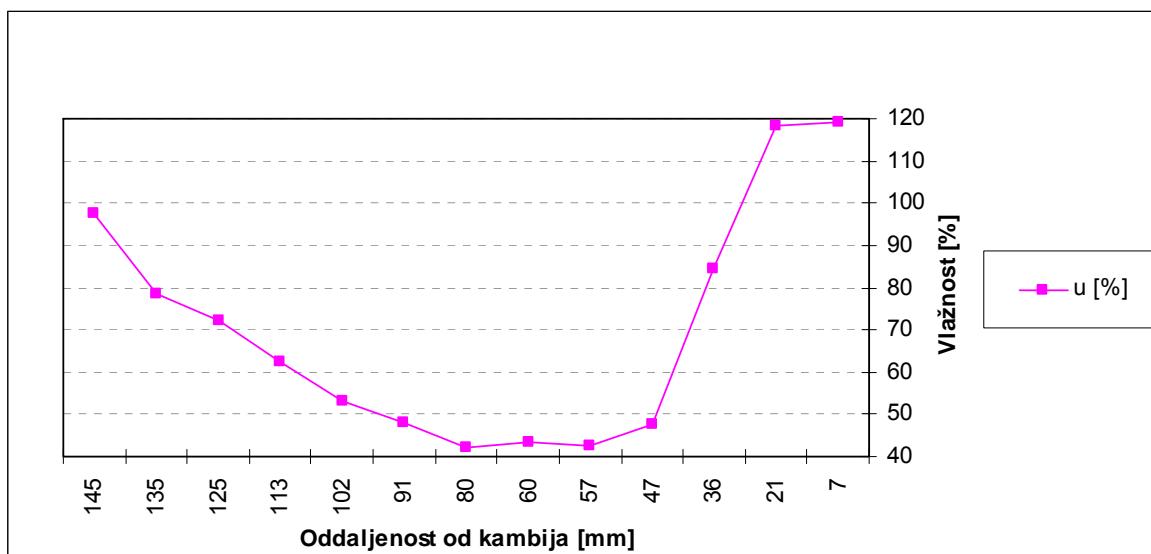
Pri kolatu T4 je bila prisotna skorja pri vseh štirih vzorcih, ki je vsebovala ritidom ter živi del skorje. Grafi signala Resistographa pri vzorcih koluta T4 so relativno podobni grafom signala ostalih vzorcev ter izkazujejo signale z relativno majhno amplitudo. Pojavi se nekaj izjem, kjer je bil prisoten les, ki je preraščal poškodovane dele (T2B, T3A in T3E). Pri teh vzorcih je bila amplituda signala v primerjavi z ostalimi vzorci nekajkrat večja. Pri vzorcu T4A smo zabeležili naslednje značilnosti. Ritidoma Resistograph ni zaznal, zaznal je le del žive skorje tik pred kambijevim conom. V območju 1 (do 14 mm od kambija) je bil graf signala zelo enakomeren in se ni povečeval. To območje pripada beljavi na periferiji. Na prehodu v območje 2 (od 14 do 37 mm od kambija) se je upor proti vrtanju povečal ter ostal relativno enakomeren skozi celotno območje, amplituda signala pa je ostala enaka kot v območju 1 (Slika 125). Na prehodu v območje 3 (od 37 do 70 mm od kambija), se je pojavilo povišanje signala nato pa padec, kjer se je signal upora proti vrtanju zmanjšal v primerjavi z območjem 2. Tu se pojavi tudi prva reakcijska cona (43 mm od kambija), ki ji sledijo še ostale (Slika 124). Sledi območje 4 (od 70 do 98 mm v globino), kjer sta se rahlo povečala upor proti vrtanju povečal in amplituda signala Resistographa. V območju 5 (od 98 do 122 mm) se je upor proti vrtanju zmanjšal, zmanjšala pa se je tudi amplituda signala (Slika 125). Sledi spet povišanje signala Resistographa v območju 6 (od 122 do 137 mm v globino), kjer se pojavijo zelo široke branike z velikim deležem kasnega lesa (Slika 124). Sledi območje 7 (od 137 do 141 mm od kambija), kjer je prisoten diskoloriran les, ki ga Resistograph zazna kot padec signala, kateremu sledi duplina (območje 8, od 141 mm naprej). Vlažnostni profil izkazuje naslednje značilnosti. Na periferiji znaša vlažnost okoli 120 % in na tej vrednosti ostaja do globine 21 mm, nakar strmo pada na 46 % pri globini 47 mm. Na tej vrednosti nato niha nekaj časa (do globine 80 mm), potem pa se spet začne skoraj linearno povečevati do 97 % vlažnosti na globini 145 mm (Slika 126).



Slika 124: Lipa (*Tilia* spp.), makroskopska slika vzorca T4A.



Slika 125: Lipa (*Tilia spp.*), krivulja signalov Resistographa F500 pri vzorcu T4A.

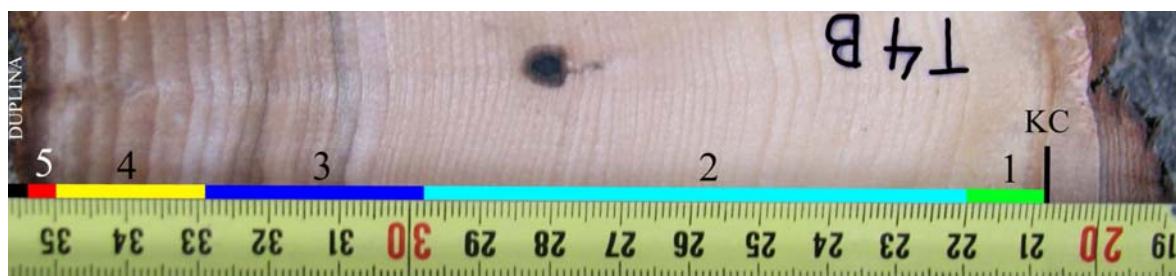


Slika 126: Lipa (*Tilia spp.*), graf vlažnostnega profila za vzorec T4A.

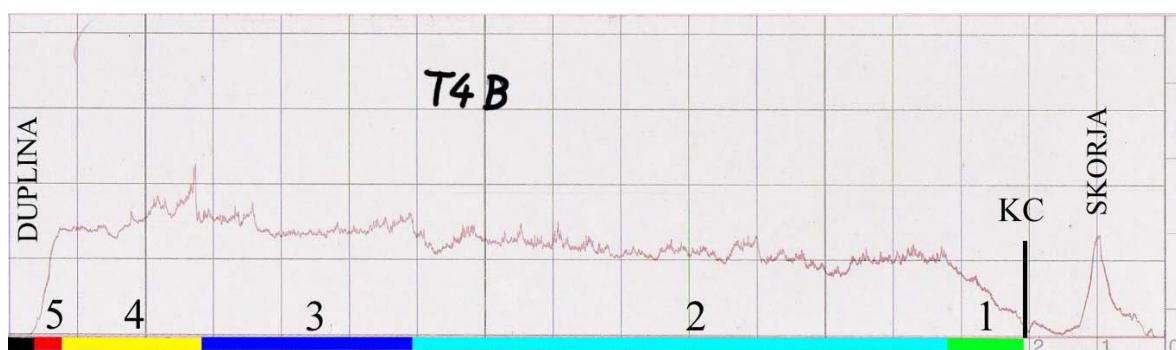
4.9.2 Vzorec T4B

Pri vzorcu T4B je Resistograph zaznal ritidom in tudi živi del skorje, kar je vidno na grafu signalov Resistographa (Slika 128). Upor proti vrtanju se je skozi skorjo povečeval vse od prehoda iz ritidoma v živi del skorje, kjer se je zmanjšal (Slika 127). Na območju 1 (do 12 mm od kambija) se je signal upora proti vrtanju enakomerno povečeval vse do začetka območja 2, nato je signal Resistographa skozi celotno območje 2 (od 12 do 90 mm od kambija) nihal okoli vrednosti, ki jo je imel na začetku območja. Na določenih območjih so se seveda pojavila majhna odstopanja, vendar brez kakšne velike amplitude signalov. Na območju 3 (od 90 do 121 mm proti strženu) se je odpor proti vrtanju še nekoliko povečal, amplituda signalov pa rahlo zmanjšala. Na začetku območja 4 (od 121 do 142 mm od kambija) se je signal Resistographa nenadoma povečal, nato pa je čez celotno območje 4

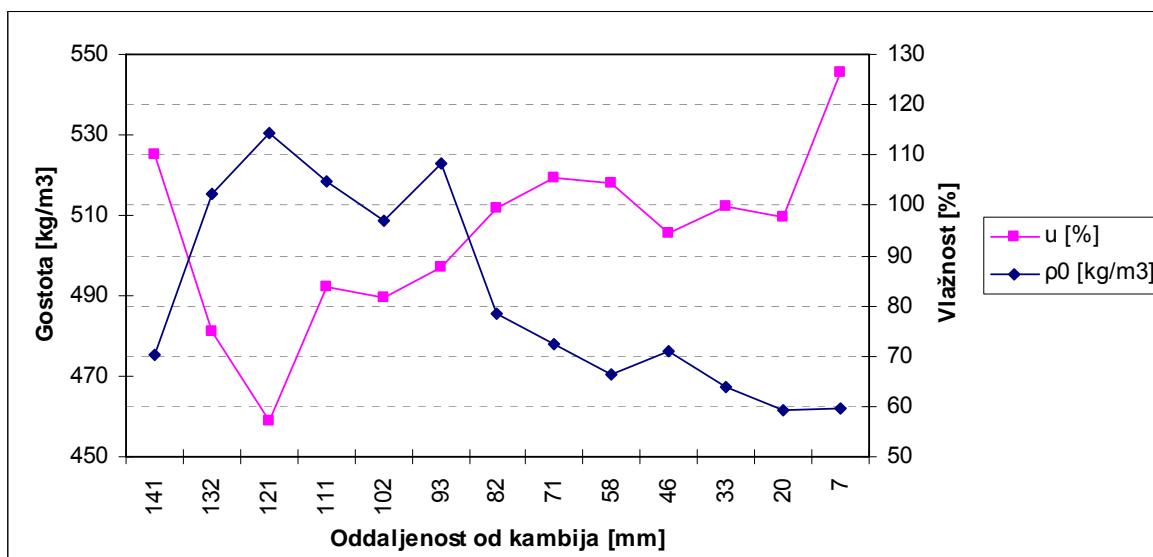
počasi padal. Na območju 5 (od 142 do 146 mm od kambija) se je pojavil diskoloriran les (Slika 127). Sledi duplina, ki jo predstavlja območje od 146 mm naprej. Vlažnostni profil kaže dokaj karakteristično krivuljo vlažnosti za lipo (Slika 129). Na periferiji je vlažnost znašala 125 %, nakar je strmo padla na 97 % na globini 20 mm. Na tej vrednosti je nihala do globine 45 mm, se nato povišala (na 105 %), začela spet padati in dosegla vlažnost 57 % na globini 121 mm. Od tu naprej se je strmo dvignila in na globini 141 mm znašala 110 %. Gostotni profil ni pokazal nobenih odstopanj do povprečne gostote (Slika 129). Po celotnem profilu je gostota enakomerno naraščala od periferije, kjer je znašala $\rho_0 = 465 \text{ kg/m}^3$, $R = 360 \text{ kg/m}^3$, vse do globine 121 mm, kjer je bila $\rho_0 = 530 \text{ kg/m}^3$, $R = 435 \text{ kg/m}^3$. Od te točke naprej je začela padati (do globine 141 mm) in padla na skoraj enako vrednost, kot jo je imela na periferiji.



Slika 127: Lipa (*Tilia* spp.), makroskopska slika vzorca T4B.



Slika 128: Lipa (*Tilia* spp.), krivulja signala Resistographa F500 pri vzorcu T4B.

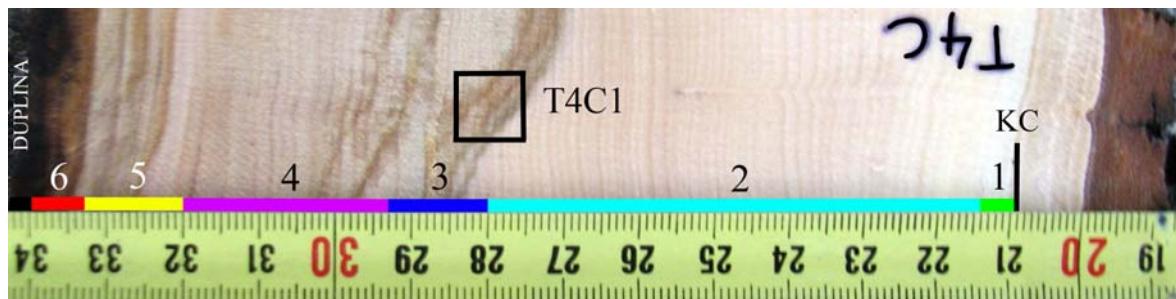


Slika 129: Lipa (*Tilia* spp.), graf gostotnega in vlažnostnega profila za vzorec T4B.

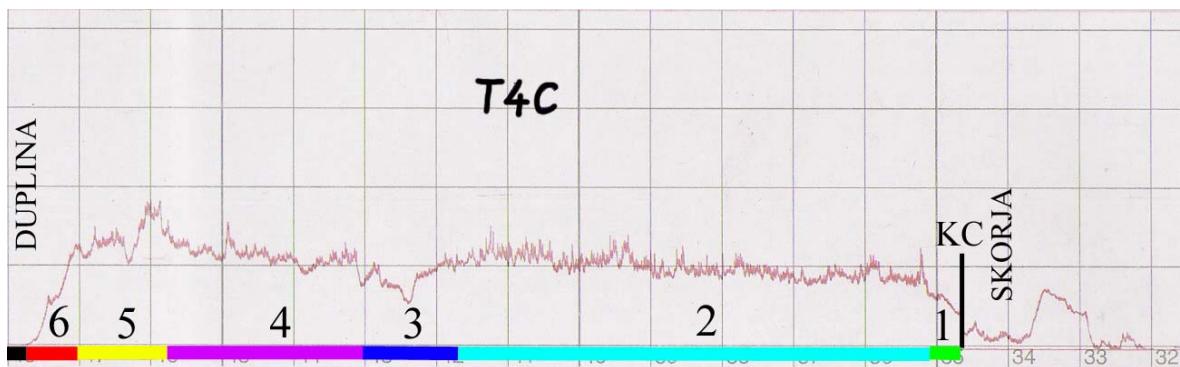
4.9.3 Vzorec T4C

Tudi pri temu vzorcu je Resistograph zaznal ritidom in živi del skorje, tako kot pri vzorcu T4B. Na prehodu skozi skorjo se je signal povečal na prehodu skozi ritidom, pri živi skorji pa se je zmanjšal in ostal konstanten do kambijeve cone (Slika 131). V območju 1 (do globine 5 mm od kabija) se je signal odpora proti vrtanju enakomerno povečeval. Amplituda signala je bila zelo mirna. Na prehodu iz območja 1 v območje 2 se je signal Resistographa umiril in ostal relativno konstanten do konca območja 2 (od 5 do 71 mm v globino). Amplituda signala se je na tem območju nekoliko povečala v primerjavi z območjem 1 (Slika 131). Na koncu območja 2 se pojavi prva reakcijska cona, ki se na grafu signala vidi kot lokacijsko povišanje upora proti vrtanju (na globini 68 mm) (Slika 131). Anatomički preparat T4C1, odvzet na prehodu iz območja 2 v območje 3, kaže pojav hif ob celičnih stenah vlaken in trahej. Porušene celične stene nakazujejo začetne razkrojne procese (Slika 133). Sledi območje 3 (od 71 do 84 mm v globino), kjer se pojavi padec signala. Amplituda signala se v primerjavi z območjem 2 bistveno zmanjša. Na makroskopski sliki (Slika 130) se vidi, da je na tem mestu prisotnih več reakcijskih con in diskoloracija, kar ustreza signalu pridobljenim z Resistographom (Slika 131). V območju 4 (od 84 do 111 mm v globino) se signal Resistographa spet poveča in nekoliko umiri. Sledi območje 5 (od 111 do 124 mm od kambija), kjer se na začetku območja signal upora proti vrtanju še poveča, na sredini območja pade, takoj zatem se nekoliko poveča in se proti

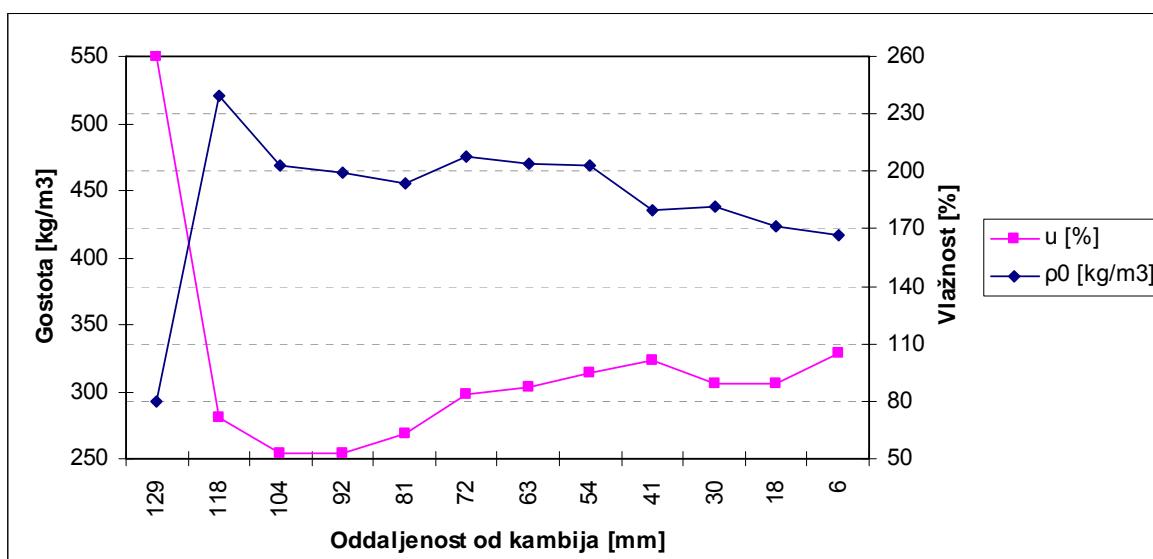
koncu območja 5 nekoliko spusti. Sledi območje 6 (od 124 do 131 od kambija), kjer se pojavi diskoloriran les, takoj za tem pa duplina (območje 7, od 131 mm naprej) (Slika 130). Vlažnostni profil je izkazoval naslednje značilnosti. Na periferiji je vlažnost znašala 105 %, se nato spustila na 90 % in na tej vlažnosti nihala do globine 30 mm. Potem je sledilo povečanje vlažnosti na 100 %, nato je vlažnost skoraj linearno padala vse do globine 92 mm, kjer je znašala 53 %. Na tej vlažnosti je nihala vse do globine 104 mm, nakar se je začela strmo dvigovati in na globini 129 mm znašala 260 % (Slika 132). Gostotni profil je bil enakomeren in izkazoval enakomerno povečevanje gostote od periferije, ker je gostota znašala $\rho_0 = 416 \text{ kg/m}^3$, $R = 350 \text{ kg/m}^3$, pa vse do globine 118 mm, kjer je gostota znašala $\rho_0 = 520 \text{ kg/m}^3$, $R = 426 \text{ kg/m}^3$ (Slika 132). Po tej globini je gostota zelo padla, saj je na globini 129 mm od kambija znašala $\rho_0 = 292 \text{ kg/m}^3$, $R = 237 \text{ kg/m}^3$.



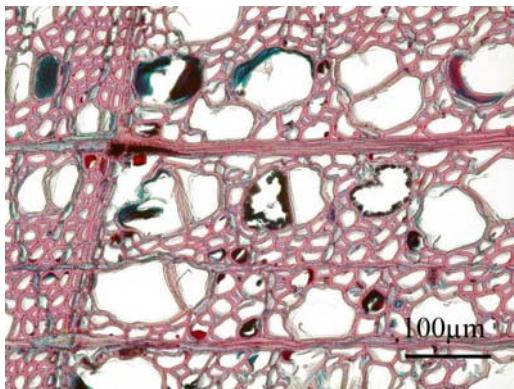
Slika 130: Lipa (*Tilia* spp.), makroskopska slika vzorca T4C – lokacija odvzema vzorca za anatomskejki preparat T4C1.



Slika 131: Lipa (*Tilia* spp.), krivulja signala Resistographa F500 pri vzorcu T4C.



Slika 132: Lipa (*Tilia spp.*), graf gostotnega in vlažnostnega profila za vzorec T4C.



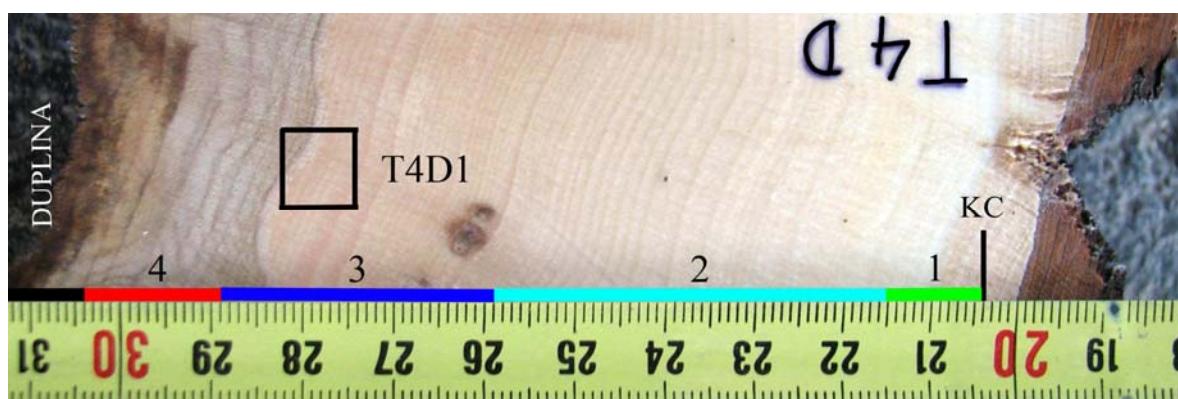
Slika 133: Lipa (*Tilia spp.*), prečni prerez vzorca T4C1 – pojav hif ob celičnih stenah vlaken in trahej, porušene celične stene nakazujejo začetek razkroja.

4.9.4 Vzorec T4D

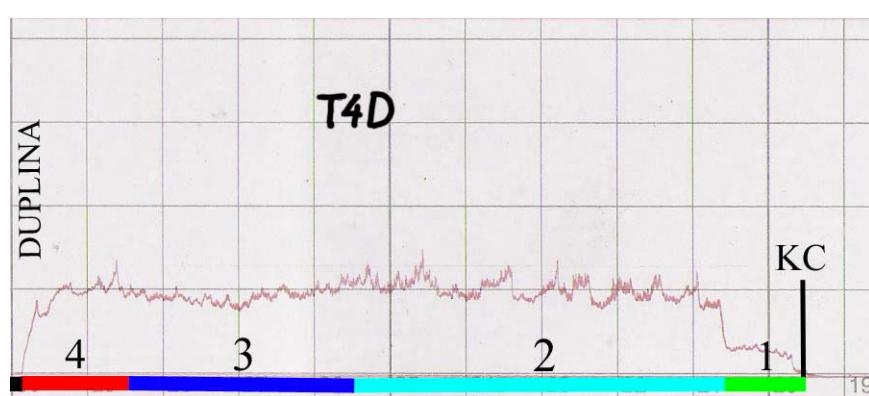
Prisotnost skorje je Resistograph zaznal tudi pri vzorcu T4D. Zaznal je tako ritidom kot tudi živi del skorje, kar se lepo vidi na sliki grafa signala naprave (Slika 135).

Na periferiji v območju 1 je bil signal relativno majhen, kar je razumljivo, saj je sveder prodiral skozi beljavo. V območju 2 (od 10 do 56 mm od kambija) se je signal povečal in ostal skozi celotno območje enakomeren. Pojavila so se odstopanja od srednje vrednosti signala odpora proti vrtanju, ki so vidna kot lokacijska povisjanja in nižanja signala upora proti vrtanju. Sledi območje 3 (od 56 do 86 mm globine), kjer se je signal malo umiril, zmanjšala se je tudi amplituda signala v primerjavi z območjem 2. Anatomički preparat

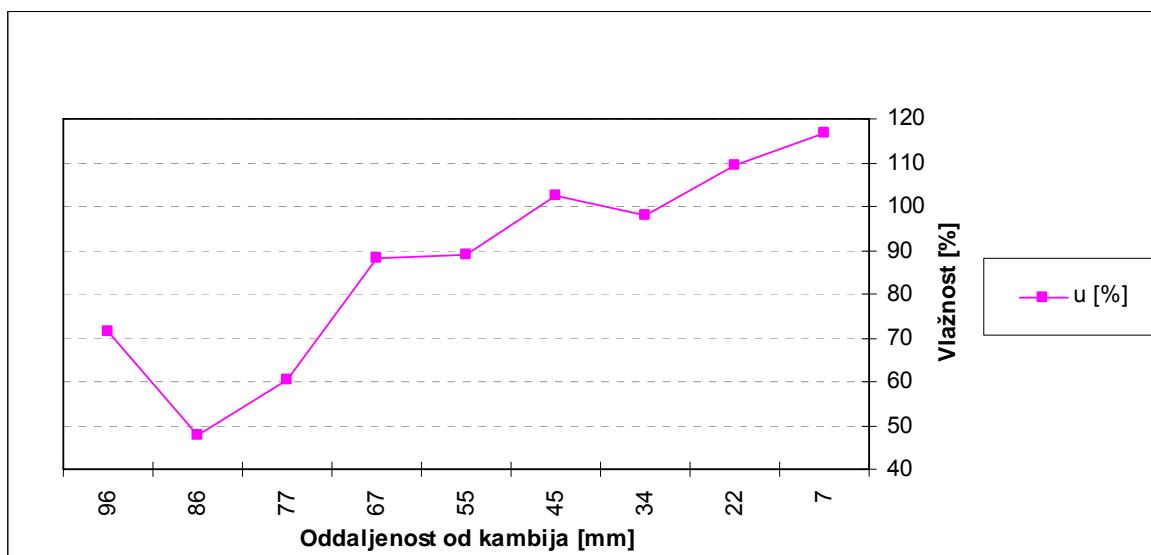
T4D1, odvzet na oddaljenosti 74 mm od kambijeve cone, kaže prisotnost gumoznih depozitov v trahejah, aksialnem in trakovnem parenhimu. V posameznih primerih so v trahejah prisotne hife gliv (Slika 137). Na prehodu iz območja 3 v območje 4 (od 86 do 100 mm od kambija) se pojavi diskoloriran les, ki je prisoten skozi celotno območje 4 (Slika 134). Presenetljivo je, da Resistograph na prehodu iz zdrave beljave preko sušine v diskoloriran les ni zabeležil nobene spremembe pri odporu svedra, kljub temu da so anatomske spremembe v tkivu zelo očitne. Sledi območje (od 104 mm naprej), kjer se je pojavila duplina. Vlažnostni profil izkazuje dokaj karakteristično krivuljo vlažnosti za lipo. Na periferiji je vlažnost vzorca T4D znašala okoli 117 %. Proti strženu se je relativno enakomerno spuščala in je na globini 86 mm znašala 48 %, se nato dvignila, in to na 71 % na globini 96 mm (Slika 136).



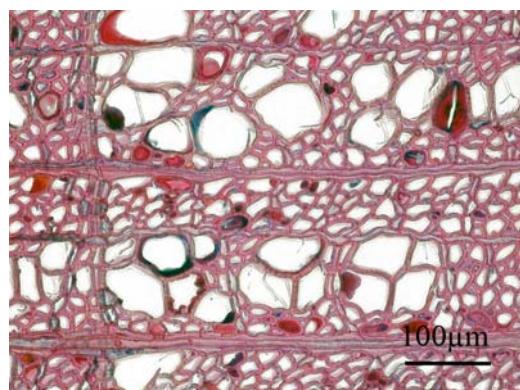
Slika 134: Lipa (*Tilia* spp.), makroskopska slika vzorca T4D – lokacija odvzema vzorca za anatomski preparat T4D1.



Slika 135: Lipa (*Tilia* spp.), krivulja signala Resistographa F500 pri vzorcu T4D.



Slika 136: Lipa (*Tilia* spp.), graf vlažnostnega profila za vzorec T4D.



Slika 137: Lipa (*Tilia* spp.), prečni prerez vzorca T4D1 – zelo široka reakcijska cona, traheje in parenhimske celice, zapolnjene z rdeče obarvanimi gumoznimi depoziti.

5 SKLEPI

Resistograph se je izkazal kot primerna metoda za določitev stanja lesa v živem drevesu pri dveh preiskovanih iglavcih (jelki in navadni smreki), ter pri treh preiskovanih drevesnih vrstah z difuzno porozno strukturo lesa (divjem kostanju, bukvi in lipi).

Pri jelki in smreki se je izkazalo, da naprava zelo natančno beleži prisotnost ranega in kasnega lesa predvsem zaradi razlik v gostoti. Nižje vrednosti ustrezano ranemu lesu, višje vrednosti signala pa kasnemu. Resistograph je pri smreki zabeležil tudi mrtvo skorjo, pri jelki pa prisotnosti skorjinih tkiv ni zaznal, je pa zabeležil prisotnost kompresijskega lesa. Z Resistographom morebitnih razlik med beljavo in jedrovino nismo zabeležili, smo pa zabeležili vse gostotne nianse, z znatno večjo občutljivostjo kot v primeru tradicionalne izdelave gostotnega profila. Kjer je sveder prodiral skozi žepke razkrojenega lesa, odpora proti vrtanju praktično ni bilo zaznati, med žepki pa so bili še vedno deli, ki so nudili odpor. Pri smreki so bili zaznani tudi prisotnost grč, kolesivost in razkroj.

Tudi pri difuzno poroznih listavcih je z Resistographom mogoče zabeležiti določene rastne posebnosti ali napake kot so ritidom, diskoloriran les, reakcijsko cono, barierno cono, rani in kasni les, vse gostotne nianse ter razkrojen les. Omeniti moramo, da Resistograph pri listavcih prisotnost sušin in deorientiranosti tkiva ni zaznal.

Pri vzorcih divjega kostanja je Resistograph zaznal prisotnost ritidoma. Amplituda signala Resistographa je pri tej drevesni vrsti manjša, kot pri iglavcih, kar je posledica manjših razlik med ranim in kasnim lesom. Kjer je bil prisoten diskoloriran les se je upor proti vrtanju zmanjšal. Deorientiranosti tkiv Resistograph ni zaznal.

Pri bukvi Resistograph skorje ni zaznal. Resistograph je zaznal rani in kasni les, pri kateremu so nižje vrednosti ustreza ranemu lesu, višje vrednosti signala pa kasnemu. Zaznane so bile tudi ozke in široke branike. Resistograph je reakcijsko cono zaznal pri dveh od štirih vzorcev. Izrazito povečanje signala Resistographa pri bukovih vzorcih je povezano s pojavom barierne cone oziroma stene 4-modelnega sistema CODIT, ki jo sestavljajo neurejene debelostene močno piknjave parenhimske celice.

Pri vzorcih lipe je Resistograph zaznal ritidom in živi del skorje, ter povečanje širine branike in s tem posledično delež kasnega lesa. Reakcijsko cono je zaznal kot povišanje amplitude signala pred pojavom dupline. Povečevanje odpora proti vrtanju, je posledica prisotnosti poranitvenega lesa in prisotnost barierne cone, ki je tudi pri tej drevesni vrsti zgrajena iz debelostenih neurejenih parenhimskih celic. Diskoloriran les je Resistograph zaznal kot padec signala. Presenetljivo je, da Resistograph na prehodu iz zdrave beljave preko sušine v diskoloriran les ni zabeležil nobene spremembe, kljub temu da so anatomske spremembe v tkivu zelo očitne.

Na podlagi dobljenih izsledkov pri preiskavi zračno suhe lipovine ($u = 13 - 23 \%$) je Resistograph primerno orodje tudi za ugotavljanje stanja lesa v uporabi.

Podatki, ki smo jih dobili z Resistographom, 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 odločjanju.

6 POVZETEK

Za določanje debeline zdravega lesa v živem drevesu je na razpolago več metod. Uporaba Resistographa F500 spada med manj destruktivne, a je uporabnost te tehnike pri različnih drevesnih vrstah kot tudi v lesu, ki je spremenjen zaradi različnih stopenj sekundarnih sprememb, skromnejše raziskana. V ksilemskem tkivu z različnimi razvojnimi fazami sekundarnih sprememb smo poskušali določiti obseg zdravega lesa z Resistographom F500.

V raziskavo smo vključili drevesa z območja Ljubljana Center, ki so bila poškodovana. Vsi vzorci so bili sveži, njihova vlažnost je bila nad TNCS (točko nasičenosti celičnih sten), z izjemo vzorca Lipe T1, katerega vlažnost je bila pod TNCS. Kolute smo označili po vrsti, in sicer z okrajšavo za drevesno vrsto in zaporedno številko koluta.

Kolute smo temeljito makroskopsko pregledali in jih vizualno ocenili. Zatem smo izbrali najprimernejše lokacije za vrtanje in jih označili s svinčnikom ter slikovno zabeležili. Resistograph F500 smo nato nastavili na točko začetnega prodiranja v vzorec, ga poravnali s smerjo vrtanja, ki smo jo predhodno določili, ter začeli z vrtanjem. Med prodiranjem igle skozi vzorec nam je Resistograph na papir izrisoval krivuljo, ki kaže upor proti vrtanju v odvisnosti od globine prodiranja svedra v kolut. Po vrtanju je sledilo razrezovanje kolutov ter pridobivanje radialnih vzorcev (napolitank) za gostotni in vlažnostni profil, ter za pripravo anatomskeih preparatov.

Resistograph se je izkazal kot primerna metoda za določitev stanja lesa v živem drevesu pri dveh preiskovanih iglavcih (jelki in navadni smreki), ter pri treh preiskovanih drevesnih vrstah z difuzno porozno strukturo lesa (divjem kostanju, bukvji in lipi).

Pri jelki in smreki se je izkazalo, da naprava zelo natančno beleži prisotnost ranega in kasnega lesa predvsem zaradi razlik v gostoti. Nižje vrednosti ustrezajo ranemu lesu, višje vrednosti signala pa kasnemu. Resistograph je pri smreki zabeležil tudi mrtvo skorjo, pri jelki pa prisotnosti skorjinih tkiv ni zaznal, je pa zabeležil prisotnost kompresijskega lesa. Z Resistographom morebitnih razlik med beljavo in jedrovino nismo zabeležili, smo pa zabeležili vse gostotne nianse, z znatno večjo občutljivostjo kot v primeru tradicionalne

izdelave gostotnega profila. Kjer je sveder prodiral skozi žepke razkrojenega lesa, odpora proti vrtanju praktično ni bilo zaznati, med žepki pa so bili še vedno deli, ki so nudili odpor. Pri smreki so bili zaznani tudi prisotnost grč, kolesivost in razkroj.

Tudi pri difuzno poroznih listavcih je z Resistographom mogoče zabeležiti določene rastne posebnosti ali napake kot so ritidom, diskoloriran les, reakcijsko cono, barierno cono, rani in kasni les, vse gostotne nianse ter razkrojen les. Omeniti moramo, da Resistograph pri listavcih prisotnost sušin in deorientiranosti tkiva ni zaznal.

Pri vzorcih divjega kostanja je Resistograph zaznal prisotnost ritidoma. Amplituda signala Resistographa je pri tej drevesni vrsti manjša, kot pri iglavcih, kar je posledica manjših razlik med ranim in kasnim lesom. Kjer je bil prisoten diskoloriran les se je upor proti vrtanju zmanjšal. Deorientiranosti tkiv Resistograph ni zaznal.

Pri bukvi Resistograph skorje ni zaznal. Resistograph je zaznal rani in kasni les, pri kateremu so nižje vrednosti ustrezale ranemu lesu, višje vrednosti signala pa kasnemu. Zaznane so bile tudi ozke in široke branike. Resistograph je reakcijsko cono zaznal pri dveh od štirih vzorcev. Izrazito povečanje signala Resistographa pri bukovih vzorcih je povezano s pojavom barierne cone oziroma stene 4-modelnega sistema CODIT, ki jo sestavljajo neurejene debelostene močno piknjave parenhimske celice.

Pri vzorcih lipe je Resistograph zaznal ritidom in živi del skorje, ter povečanje širine branike in s tem posledično delež kasnega lesa. Reakcijsko cono je zaznal kot povišanje amplitude signala pred pojavom dupline. Povečevanje odpore proti vrtanju, je posledica prisotnosti poranitvenega lesa in prisotnost barierne cone, ki je tudi pri tej drevesni vrsti zgrajena iz debelostenih neurejenih parenhimskih celic. Diskoloriran les je Resistograph zaznal kot padec signala. Presenetljivo je, da Resistograph na prehodu iz zdrave beljave preko sušine v diskoloriran les ni zabeležil nobene spremembe, kljub temu da so anatomske spremembe v tkivu zelo očitne.

Na podlagi dobljenih izsledkov pri preiskavi zračno suhe lipovine ($u = 13\% - 23\%$) je Resistograph primerno orodje tudi za ugotavljanje stanja lesa v uporabi.

Podatki, ki smo jih dobili z Resistographom, 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.

7 VIRI

Arborsonic Decay Detector, 2007. Technomarket

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

Costello R. L., Quarles S. L. 1999. Detection of wood decay in blue gum and elm: an evaluation of the Resistograph and the portable drill. Journal of arboriculture, 25, 6: 311–317

Čuden A. R. 2005. Raziskave kambijeve aktivnosti in nastajanja lesa pri jelki (*Abies alba* Mill.) z metodo vzorčenja intaktnih tkiv. Diplomsko delo. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: 44 str.

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.

Electronic hammer, 2007. WALESCH Electronic GmbH

http://www.walesch.ch/WAL_W/WAL_WI/WAL_WIH/wih_a1.html (15.avg.2007)

Fractometer, 2007

<http://www.grube.de/prodimg.php?nArticleID=6143> (20.sep.2007)

Inside wood, 2007

<http://insidewood.lib.ncsu.edu/> (20.sep.2007)

Kokolj D. 2001. Zgradba lesa navidezno zdravih in različno prizadetih navadnih divjih kostanjev (*Aesculus hippocatanum*) v MO Ljubljana. Višješolska diplomska naloga. Ljubljana, Biotehniška fakulteta. Oddelek za lesarstvo: 37 str.

Kollmann F., Cote W. 1968. Principles of Wood Science and Tehnology. Vol. I:
Solid Wood. Berlin, Heidelberg, New York, Springer Veralg: 592 str.

Merela M. 2002. Zgradba in radialna plinska permeabilnost reakejskih 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

Rinn F., Schweingruber F. H., Schär E. 1996. Resistograph and x-ray density charts of
wood comparative evaluation of drill resistance profiles and x-ray density charts of
wood species. Holzforschung, 50: 303–311

Shigo A. L. 1991. Modern Arboriculture. Durkow, New Hampshire, Shigo and Tree
Asociates: 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)

Test and measuring instruments for tree and timber structures, 2007. IML-Instrumenta
Mechanik Labor GmbH.

http://www.imlusa.com/pdf/manuals/IML-RESI_F-engl.pdf (25.sep.2007)

Zupan B. 2005. Nastanek ksilemske branike pri smrekah na Pokljuki v letu 2003.
Diplomsko delo. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: 51 str.

ZAHVALA

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

Zahvaljujem se recenzentu prof. dr. Željku Gorišku 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.

Zahvaljujem se tudi moji družini in sorodnikom, ki so verjeli vame, me podpirali in vzpodbujali pri mojem študiju.

Posebej se zahvaljujem punci Teji za njeno podporo, potrpežljivost in pomoč v času študija.

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

PRILOGE

Priloga A: Rezultati meritev za jelko (*Abies alba* Mill.).

Rezultati meritev ter izračuni vlažnosti in gostot za vzorec A1A.

Oznaka vzorca	m_v [g]	m_0 [g]	V_v [cm ³]	V_0 [cm ³]	u [%]	ρ_u [kg/m ³]	ρ_0 [kg/m ³]	R [kg/m ³]	KC [mm]
A1A1	6,460	2,216	6,38	5,31	191,52	1013,33	417,33	347,61	8
A1A2	5,995	2,044	5,94	5,13	193,30	1009,26	398,21	344,11	22
A1A3	5,208	1,779	5,13	4,49	192,75	1015,80	396,39	346,99	35
A1A4	5,828	2,213	5,90	5,34	163,35	988,63	414,19	375,40	48
A1A5	6,154	2,3	6,61	5,91	167,57	931,58	389,17	348,17	63
A1A6	5,702	2,691	7,15	6,44	111,89	797,26	417,99	376,26	79
A1A7	2,957	2,097	6,36	5,73	41,01	464,72	365,78	329,56	95
A1A8	7,522	3,373	8,12	7,49	123,01	926,24	450,45	415,34	111
A1A9	2,159	1,485	4,82	4,40	45,39	447,55	337,42	307,84	128
A1A10	3,180	2,248	5,17	4,79	41,46	615,56	469,51	435,15	139
A1A11	3,682	2,762	6,70	6,20	33,31	549,88	445,20	412,49	152
A1A12	3,268	2,456	6,56	5,97	33,06	498,55	411,18	374,68	168
A1A13	2,115	1,621	5,12	4,53	30,48	413,01	357,84	316,54	182
A1A14	2,120	1,59	4,65	4,07	33,33	455,91	390,86	341,94	193
A1A15	3,025	2,205	6,59	5,77	37,19	458,96	382,41	334,55	206
A1A16	3,836	2,839	7,78	6,77	35,12	493,12	419,10	364,96	222
maks	7,522	3,373	8,12	7,49	193,30	1015,80	469,51	435,15	
min	2,115	1,485	4,82	4,40	30,48	413,01	337,42	307,84	
povp.	4,358	2,245	6,24	5,60	92,11	692,46	403,94	360,72	
st. odklon	7,522	3,373	0,89	0,85	66,23	240,10	33,43	34,84	
koef. variacije	37,49	20,74	14,23	15,10	71,91	34,67	8,28	9,66	

Rezultati meritev in izračuni vlažnosti in gostot za vzorec A1B.

Oznaka vzorca	m_v [g]	m_0 [g]	V_v [cm ³]	V_0 [cm ³]	u [%]	ρ_u [kg/m ³]	ρ_0 [kg/m ³]	R [kg/m ³]	KC [mm]
A1B1	7,985	2,611	7,76	6,63	205,82	1029,26	393,64	336,56	9
A1B2	5,796	1,896	5,65	4,88	205,70	1026,57	388,21	335,81	24
A1B3	6,309	2,119	6,57	5,67	197,73	960,71	373,92	322,67	40
A1B4	6,210	2,249	6,83	5,93	176,12	908,69	379,58	329,09	55
A1B5	4,812	2,107	6,50	5,67	128,38	740,19	371,60	324,10	70
A1B6	3,390	2,18	6,58	5,81	55,50	515,04	375,15	331,21	85
A1B7	3,188	1,685	4,88	4,34	89,20	653,55	388,43	345,43	98
A1B8	2,891	1,993	6,00	5,33	45,06	482,07	374,06	332,33	111
A1B9	2,433	1,748	5,33	4,73	39,19	456,39	369,95	327,89	124
A1B10	1,838	1,221	3,51	3,05	50,53	523,20	400,99	347,57	134
A1B11	1,649	1,147	3,46	3,03	43,77	476,31	378,17	331,31	150
A1B12	2,824	2,057	6,13	5,44	37,29	460,53	377,99	335,45	171
A1B13	2,876	2,130	6,18	5,58	35,02	465,37	381,72	344,66	185
A1B14	2,224	1,670	4,34	3,97	33,17	511,97	420,44	384,44	196
A1B15	2,212	1,637	4,64	4,18	35,13	476,93	392,00	352,95	206
A1B16	1,849	1,361	4,12	3,76	35,86	449,22	361,78	330,66	217
maks	7,985	2,611	7,76	6,63	205,82	1029,26	420,44	384,44	
min	1,649	1,147	3,46	3,03	33,17	449,22	361,78	322,67	
povp.	3,655	1,863	5,80	5,08	88,34	633,50	382,98	338,26	
st. odklon	1,59	0,27	0,84	0,69	54,43	183,57	8,00	5,28	
koef. variacije	43,38	14,36	14,56	13,55	61,61	28,98	2,09	1,56	

Rezultati meritev in izračuni vlažnosti in gostot za vzorec A1C.

Oznaka vzorca	m_v [g]	m_0 [g]	V_v [cm ³]	V_0 [cm ³]	u [%]	ρ_u [kg/m ³]	ρ_0 [kg/m ³]	R [kg/m ³]	KC [mm]
A1C1	7,245	2,326	7,17	6,09	211,48	1010,46	381,94	324,41	9
A1C2	6,839	2,388	6,80	5,84	186,39	1006,03	409,25	351,28	25
A1C3	5,603	2,098	6,26	5,38	167,06	894,48	389,82	334,93	40
A1C4	5,178	2,014	6,14	5,31	157,10	843,60	379,28	328,12	55
A1C5	3,479	1,996	6,16	5,38	74,30	564,59	370,87	323,92	70
A1C6	3,364	2,321	6,58	5,76	44,94	511,09	403,16	352,63	85
A1C7	2,722	1,945	5,63	4,94	39,95	483,91	393,88	345,78	98
A1C8	3,081	2,06	6,11	5,38	49,56	504,67	382,97	337,43	112
A1C9	3,078	2,073	5,66	4,98	48,48	543,72	416,52	366,19	126
A1C10	3,561	2,572	7,13	6,28	38,45	499,16	409,42	360,53	141
A1C11	2,862	2,045	5,92	5,24	39,95	483,53	390,64	345,50	157
A1C12	2,060	1,522	4,39	3,91	35,35	469,36	389,36	346,78	169
A1C13	1,966	1,471	4,02	3,69	33,65	488,69	398,64	365,65	179
A1C14	2,280	1,712	4,38	3,99	33,18	520,55	428,75	390,87	188
maks	7,245	2,572	7,17	6,28	211,48	1010,46	428,75	390,87	
min	1,966	1,471	5,63	4,94	33,18	469,36	370,87	323,92	
povp.	3,808	2,039	6,36	5,51	82,85	630,27	396,04	348,14	
st. odklon	1,65	0,17	0,47	0,36	63,51	200,17	15,36	17,92	
koef. variacije	43,20	8,36	7,34	6,52	76,66	31,76	3,88	5,15	

Rezultati meritev in izračuni vlažnosti in gostot za vzorec A1D.

Oznaka vzorca	m_v [g]	m_0 [g]	V_v [cm ³]	V_0 [cm ³]	u [%]	ρ_u [kg/m ³]	ρ_0 [kg/m ³]	R [kg/m ³]	KC [mm]
A1D1	8,246	2,81	8,12	6,87	193,45	1015,39	409,20	346,02	10
A1D2	6,371	2,255	6,72	5,81	182,53	947,64	388,26	335,42	27
A1D3	3,176	2,006	6,11	5,31	58,33	519,72	377,99	328,26	42
A1D4	2,149	1,517	4,70	4,10	41,66	457,72	370,18	323,11	55
A1D5	3,230	1,998	5,84	5,04	61,66	552,70	396,19	341,89	68
A1D6	2,963	2,018	6,10	5,37	46,83	485,82	375,79	330,87	82
A1D7	2,681	2,018	6,11	5,40	32,85	438,72	373,50	330,22	95
A1D8	2,119	1,618	5,06	4,49	30,96	418,69	360,28	319,70	109
A1D9	2,324	1,761	5,49	4,92	31,97	423,32	357,93	320,77	121
A1D10	2,444	1,785	5,23	4,81	36,92	467,66	370,95	341,56	134
A1D11	2,797	2,155	5,22	4,83	29,79	535,82	445,89	412,84	146
A1D12	2,712	2,005	5,85	5,24	35,26	463,83	382,78	342,91	159
A1D13	2,666	1,901	5,66	5,05	40,24	471,44	376,73	336,16	173
A1D14	2,084	1,518	4,12	3,58	37,29	506,32	423,79	368,80	184
A1D15	3,024	2,13	5,97	5,27	41,97	506,28	403,87	356,60	196
A1D16	2,956	1,992	5,43	4,82	48,39	544,68	413,71	367,05	209
A1D17	2,932	1,775	4,38	3,95	65,18	668,95	448,91	404,97	223
maks	8,246	2,810	8,12	6,87	193,45	1015,39	448,91	412,84	
min	2,084	1,517	4,12	3,58	29,79	418,69	357,93	319,70	
povp.	3,228	1,957	5,65	4,99	59,72	554,39	392,70	347,48	
st. odklon	2,30	0,42	1,12	0,91	47,99	166,66	26,89	26,44	
koef. variacije	71,10	21,51	19,88	18,24	80,35	30,06	6,85	7,61	

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

Rezultati meritev in izračuni vlažnosti in gostot za vzorec P1A.

Oznaka vzorca	m_v [g]	m_0 [g]	V_v [cm ³]	V_0 [cm ³]	u [%]	ρ_u [kg/m ³]	ρ_0 [kg/m ³]	R [kg/m ³]	KC [mm]
P1A1	5,569	2,182	5,81	4,99	155,22	957,86	437,10	375,30	7
P1A2	5,895	2,562	6,13	5,32	130,09	962,29	481,94	418,22	21
P1A3	6,040	2,46	5,99	5,20	145,53	1007,67	473,44	410,41	36
P1A4	5,776	2,152	5,81	5,11	168,40	993,46	420,97	370,14	49
P1A5	2,245	1,438	3,77	3,33	56,12	596,28	431,44	381,94	61
P1A6	4,723	2,676	6,26	5,57	76,49	754,35	480,09	427,41	73
P1A7	1,558	1,086	2,64	2,46	43,46	589,48	442,00	410,90	83
P1A8	1,113	0,831	2,36	2,10	33,94	472,61	395,15	352,87	89
P1A9	1,355	0,893	2,42	2,16	51,74	560,38	414,00	369,31	94
P1A10	3,338	2,14	6,61	6,07	55,98	504,99	352,55	323,75	101
P1A11	2,901	2,094	6,68	6,22	38,54	434,28	336,66	313,47	121
P1A12	2,811	2,083	6,88	6,08	34,95	408,58	342,60	302,76	142
P1A13	2,932	2,184	6,71	6,11	34,25	436,96	357,45	325,48	162
P1A14	2,772	2,043	6,63	5,93	35,68	418,10	344,52	308,14	182
P1A15	2,576	1,884	6,71	6,01	36,73	383,90	313,48	280,77	202
P1A16	2,632	1,897	6,71	6,03	38,75	392,25	314,59	282,71	222
P1A17	1,641	1,216	4,40	3,89	34,95	372,95	312,60	276,36	240
P1A18	1,544	1,134	4,03	3,65	36,16	383,13	310,68	281,39	258
P1A19	3,107	2,314	6,70	6,22	34,27	463,73	372,03	345,37	275
maks	6,040	2,676	6,88	6,22	168,40	1007,67	481,94	427,41	
min	1,113	0,831	2,36	2,10	33,94	372,95	310,68	276,36	
povp.	3,186	1,856	5,43	4,87	65,33	583,86	385,96	345,09	
st. odklon	1,58	0,56	1,57	1,42	45,32	224,42	58,58	49,24	
koef. variacije	49,72	30,15	28,91	29,21	69,37	38,44	15,18	14,27	

Rezultati meritev in izračuni vlažnosti in gostot za vzorec P1B.

Oznaka vzorca	m_v [g]	m_0 [g]	V_v [cm ³]	V_0 [cm ³]	u [%]	ρ_u [kg/m ³]	ρ_0 [kg/m ³]	R [kg/m ³]	KC [mm]
P1B1	5,479	2,716	6,13	5,35	101,73	894,38	508,04	443,36	7
P1B2	5,759	2,696	6,14	5,62	113,61	938,71	479,54	439,45	22
P1B3	4,097	1,66	3,81	3,29	146,81	1075,33	505,33	435,70	34
P1B4	3,882	1,564	3,52	3,01	148,21	1104,10	519,26	444,82	43
P1B5	3,191	1,403	3,40	2,99	127,44	939,63	468,60	413,13	51
P1B6	2,038	1,281	2,97	2,63	59,09	686,89	488,00	431,75	58
P1B7	2,064	1,292	3,14	2,80	59,75	656,49	461,10	410,94	65
P1B8	3,524	2,517	6,16	5,49	40,01	572,17	458,72	408,67	76
P1B9	3,057	2,128	5,21	4,63	43,66	586,98	459,71	408,60	88
P1B10	2,727	1,78	4,40	3,91	53,20	619,21	455,01	404,18	100
P1B11	2,628	1,882	4,96	4,45	39,64	529,63	423,02	379,28	113
P1B12	4,774	1,692	4,93	4,34	182,15	969,14	390,04	343,48	125
P1B13	1,877	0,853	3,44	3,08	120,05	546,43	276,59	248,33	135
maks	5,759	2,716	6,16	5,62	182,15	1104,10	519,26	444,82	
min	1,877	0,853	2,97	2,63	39,64	529,63	276,59	248,33	
povp.	3,469	1,805	4,48	3,97	95,03	778,39	453,30	400,90	
st. odklon	1,23	0,55	1,14	1,04	46,56	203,66	61,06	51,74	
koef. variacije	35,41	30,50	25,51	26,17	49,00	26,16	13,47	12,91	

Rezultati meritev in izračuni vlažnosti in gostot za vzorec P1C.

Oznaka vzorca	m_v [g]	m_0 [g]	V_v [cm ³]	V_0 [cm ³]	u [%]	ρ_u [kg/m ³]	ρ_0 [kg/m ³]	R [kg/m ³]	KC [mm]
P1C1	6,692	2,597	6,66	5,65	157,68	1004,35	459,48	389,76	7
P1C2	6,141	2,625	6,33	5,55	133,94	969,68	472,72	414,50	23
P1C3	6,032	2,641	6,37	5,57	128,40	947,53	474,57	414,86	38
P1C4	4,540	2,574	6,28	5,55	76,38	723,39	463,78	410,13	53
P1C5	4,739	3,109	6,39	5,66	52,43	741,63	549,49	486,54	68
P1C6	3,942	2,716	5,80	5,21	45,14	679,77	521,81	468,36	83
P1C7	23,266	12,597	25,31	22,49	84,69	919,24	560,12	497,71	121
maks	23,266	12,597	25,31	22,49	157,68	1004,35	560,12	497,71	
min	3,942	2,574	5,80	5,21	45,14	679,77	459,48	389,76	
povp.	7,907	4,123	9,02	7,95	96,95	855,09	500,28	440,27	
st. odklon	6,34	3,46	6,65	5,94	40,15	124,80	39,43	39,64	
koef. variacije	80,14	84,02	73,78	74,64	41,41	14,60	7,88	9,00	

Rezultati meritev in izračuni vlažnosti in gostot za vzorec P1D.

Oznaka vzorca	m_v [g]	m_0 [g]	V_v [cm ³]	V_0 [cm ³]	u [%]	ρ_u [kg/m ³]	ρ_0 [kg/m ³]	R [kg/m ³]	KC [mm]
P1D1	7,064	2,918	7,06	6,10	142,08	1001,13	478,20	413,55	8
P1D2	5,917	2,354	5,83	5,11	151,36	1015,10	461,03	403,84	23
P1D3	6,666	2,766	6,53	5,69	141,00	1021,14	485,77	423,71	38
P1D4	6,824	2,793	6,74	5,89	144,33	1012,31	474,27	414,33	54
P1D5	1,786	1,182	2,89	2,63	51,10	618,85	449,26	409,56	64
P1D6	7,223	2,797	6,48	5,65	158,24	1114,66	495,13	431,64	76
P1D7	3,256	1,26	3,01	2,50	158,41	1083,17	503,60	419,16	89
P1D8	6,538	2,264	6,20	5,47	188,78	1054,35	413,97	365,10	100
P1D9	5,620	1,983	5,50	4,89	183,41	1021,45	405,52	360,41	113
maks	7,223	2,918	7,06	6,10	188,78	1114,66	503,60	431,64	
min	1,786	1,182	2,89	2,50	51,10	618,85	405,52	360,41	
povp.	5,655	2,257	5,58	4,88	146,52	993,57	462,97	404,59	
st. odklon	1,97	0,64	1,52	1,27	37,43	137,12	32,42	23,62	
koef. variacije	34,84	28,31	27,16	26,03	25,55	13,80	7,00	5,84	

Priloga C: Rezultati meritev za divji kostanj (*Aesculus hippocastanum* L.).

Rezultati meritev in izračuni vlažnosti in gostot za vzorec DK1A.

Oznaka vzorca	m_v [g]	m_0 [g]	V_v [cm ³]	V_0 [cm ³]	u [%]	ρ_u [kg/m ³]	ρ_0 [kg/m ³]	R [kg/m ³]	KC [mm]
DK1A1	3,150	1,640	3,99	3,53	92,07	788,88	464,06	410,72	5
DK1A2	3,140	1,680	3,82	3,37	86,90	822,85	498,22	440,25	15
DK1A3	3,150	1,710	3,92	3,46	84,21	803,98	493,93	436,45	25
DK1A4	3,270	1,730	3,86	3,42	89,02	846,93	506,29	448,07	35
DK1A5	1,760	0,940	2,10	1,86	87,23	838,10	506,19	447,62	43
DK1A6	2,110	1,140	2,60	2,31	85,09	813,10	493,51	439,31	49
DK1A7	2,190	1,280	2,96	2,69	71,09	738,87	475,66	431,85	56
DK1A8	1,280	0,820	1,91	1,74	56,10	670,86	470,45	429,77	63
DK1A9	1,260	0,760	1,66	1,51	65,79	760,87	503,64	458,94	67
DK1A10	3,550	1,770	4,23	3,83	100,56	839,84	462,38	418,74	75
DK1A11	2,880	1,460	3,98	3,68	97,26	723,98	397,28	367,02	85
DK1A12	2,700	1,420	4,10	3,83	90,14	658,38	370,66	346,26	95
DK1A13	2,200	1,310	3,91	3,65	67,94	562,37	358,51	334,87	105
DK1A14	2,250	1,280	3,95	3,69	75,78	569,48	346,60	323,97	115
DK1A15	0,850	0,520	1,52	1,42	63,46	561,06	365,68	343,23	122
maks	3,550	1,770	4,23	3,83	100,56	846,93	506,29	458,94	
min	0,850	0,520	1,52	1,42	56,10	561,06	346,60	323,97	
povp.	2,383	1,297	3,23	2,93	80,84	733,30	447,54	405,14	
st. odklon	0,80	0,38	0,97	0,88	12,84	101,27	58,84	46,00	
koef. variacije	33,62	29,25	29,89	30,05	15,88	13,81	13,15	11,35	

Rezultati meritev in izračuni vlažnosti in gostot za vzorec DK1B.

Oznaka vzorca	m_v [g]	m_0 [g]	V_v [cm ³]	V_0 [cm ³]	u [%]	ρ_u [kg/m ³]	ρ_0 [kg/m ³]	R [kg/m ³]	KC [mm]
DK1B1	3,340	1,690	3,94	3,44	97,63	847,29	490,71	428,72	5
DK1B2	2,770	1,360	3,09	2,72	103,68	895,57	500,37	439,70	15
DK1B3	3,440	1,660	3,81	3,34	107,23	903,60	496,71	436,04	25
DK1B4	3,340	1,720	3,92	3,41	94,19	851,82	504,25	438,66	36
DK1B5	4,830	2,130	4,43	3,81	126,76	1091,53	558,62	481,36	45
maks	4,830	2,130	4,43	3,81	126,76	1091,53	558,62	481,36	
min	2,770	1,360	3,09	2,72	94,19	847,29	490,71	428,72	
povp.	3,544	1,712	3,84	3,35	105,90	917,96	510,13	444,90	
st. odklon	0,69	0,25	0,43	0,35	11,38	89,67	24,65	18,63	
koef. variacije	19,33	14,35	11,17	10,58	10,75	9,77	4,83	4,19	

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

Rezultati meritev in izračuni vlažnosti in gostot za vzorec F1A.

Oznaka vzorca	m_v [g]	m_0 [g]	V_v [cm ³]	V_0 [cm ³]	u [%]	ρ_u [kg/m ³]	ρ_0 [kg/m ³]	R [kg/m ³]	KC [mm]
F1A1	6,466	3,903	6,57	5,52	65,67	983,72	707,45	593,79	7
F1A2	6,151	3,849	6,47	5,38	59,81	951,43	715,16	595,36	22
F1A3	6,116	3,742	6,40	5,32	63,44	956,22	703,91	585,05	37
F1A4	5,858	3,713	6,30	5,23	57,77	929,84	710,49	589,37	52
F1A5	6,061	3,989	6,56	5,39	51,94	924,64	739,94	608,54	67
F1A6	6,077	4,028	6,56	5,44	50,87	926,65	740,58	614,21	82
F1A7	6,039	4,037	6,62	5,15	49,59	911,68	784,19	609,45	97
F1A8	5,083	3,350	5,33	4,46	51,73	952,94	751,96	628,05	111
F1A9	6,075	3,940	6,47	5,32	54,19	938,37	740,32	608,59	124
F1A10	5,821	3,756	6,10	5,09	54,98	953,95	738,21	615,54	139
F1A11	6,346	3,977	6,48	5,42	59,57	979,77	734,03	614,02	154
F1A12	4,987	3,133	5,38	4,38	59,18	926,61	715,30	582,13	171
maks	6,466	4,037	6,62	5,52	65,67	983,72	784,19	628,05	
min	4,987	3,133	5,33	4,38	49,59	911,68	703,91	582,13	
povp.	5,923	3,785	6,27	5,17	56,56	944,65	731,79	603,67	
st. odklon	0,43	0,27	0,43	0,36	4,93	21,39	21,96	13,59	
koef. variacije	7,29	7,09	6,85	6,92	8,72	2,26	3,00	2,25	

Rezultati meritev in izračuni vlažnosti in gostot za vzorec F1B.

Oznaka vzorca	m_v [g]	m_0 [g]	V_v [cm ³]	V_0 [cm ³]	u [%]	ρ_u [kg/m ³]	ρ_0 [kg/m ³]	R [kg/m ³]	KC [mm]
F1B1	5,849	3,614	5,95	4,93	61,84	983,69	732,77	607,80	7
F1B2	5,931	3,772	6,34	5,27	57,24	935,64	716,43	595,05	22
F1B3	6,108	3,774	6,64	5,57	61,84	920,02	677,80	568,46	37
F1B4	6,258	3,976	6,70	5,56	57,39	934,59	715,62	593,79	52
F1B5	4,285	2,794	4,71	3,91	53,36	909,19	715,31	592,83	65
F1B6	4,827	3,265	5,20	4,35	47,84	928,45	750,57	628,01	76
F1B7	4,686	2,738	4,33	3,53	71,15	1081,72	776,74	632,04	87
F1B8	6,839	3,943	6,54	5,35	73,45	1045,24	736,73	602,63	99
F1B9	6,210	4,109	6,31	5,15	51,13	983,84	798,64	650,98	114
F1B10	6,430	4,051	6,57	5,36	58,73	978,69	756,49	616,59	128
F1B11	6,441	2,582	6,47	5,27	149,46	994,90	489,85	398,83	144
F1B12	4,101	3,191	4,14	3,37	28,52	990,58	948,01	770,77	157
F1B13	5,153	4,087	5,69	4,58	26,08	904,99	892,75	717,77	170
maks	6,839	4,109	6,70	5,57	149,46	1081,72	948,01	770,77	
min	4,101	2,582	4,14	3,37	26,08	904,99	489,85	398,83	
povp.	5,624	3,530	5,82	4,78	61,39	968,58	746,75	613,50	
st. odklon	0,87	0,53	0,88	0,74	28,71	51,29	103,57	81,81	
koef. variacije	15,41	15,04	15,19	15,43	46,77	5,30	13,87	13,33	

Rezultati meritev in izračuni vlažnosti in gostot za vzorec F1C.

Oznaka vzorca	m_v [g]	m_0 [g]	V_v [cm ³]	V_0 [cm ³]	u [%]	ρ_u [kg/m ³]	ρ_0 [kg/m ³]	R [kg/m ³]	KC [mm]
F1C1	4,997	3,400	5,79	4,85	46,97	862,59	700,45	586,92	7
F1C2	5,718	3,760	6,47	5,42	52,07	884,04	694,37	581,32	22
F1C3	5,793	3,658	6,35	5,31	58,37	913,00	688,89	576,52	37
F1C4	5,687	3,711	6,13	5,35	53,25	928,34	693,77	605,78	52
F1C5	5,653	3,341	5,43	4,49	69,20	1041,07	743,93	615,29	65
F1C6	7,391	3,853	6,43	5,31	91,82	1149,10	725,20	599,04	78
F1C7	6,392	4,024	6,59	5,44	58,85	970,69	740,25	611,09	93
F1C8	6,028	3,910	6,56	5,47	54,17	918,34	714,94	595,67	108
F1C9	5,856	3,680	6,21	5,16	59,13	943,00	713,59	592,59	123
F1C10	6,070	3,769	6,37	5,24	61,05	952,61	719,55	591,49	138
F1C11	5,547	3,450	5,97	4,82	60,78	929,61	715,17	578,18	153
maks	7,391	4,024	6,59	5,47	91,82	1149,10	743,93	615,29	
min	4,997	3,341	5,43	4,49	46,97	862,59	688,89	576,52	
povp.	5,921	3,687	6,21	5,17	60,51	953,85	713,65	593,99	
st. odklon	0,57	0,20	0,34	0,30	11,33	75,98	17,45	12,38	
koef. variacije	9,66	5,56	5,48	5,77	18,73	7,97	2,45	2,08	

Rezultati meritev in izračuni vlažnosti in gostot za vzorec F1D.

Oznaka vzorca	m_v [g]	m_0 [g]	V_v [cm ³]	V_0 [cm ³]	u [%]	ρ_u [kg/m ³]	ρ_0 [kg/m ³]	R [kg/m ³]	KC [mm]
F1D1	5,294	3,420	5,99	5,06	54,80	884,10	676,16	571,14	7
F1D2	5,996	3,702	6,58	5,56	61,97	910,97	666,31	562,44	22
F1D3	4,147	2,667	4,75	4,02	55,49	872,69	662,94	561,24	35
F1D4	3,760	2,488	4,31	3,69	51,13	873,40	673,71	577,93	45
F1D5	5,268	3,228	5,25	4,37	63,20	1003,43	739,01	614,86	57
F1D6	5,975	3,752	5,94	4,94	59,25	1006,40	759,82	631,97	71
F1D7	6,549	4,278	6,52	5,41	53,09	1004,14	791,34	655,93	86
F1D8	5,953	4,008	6,21	5,16	48,53	958,62	777,20	645,41	101
F1D9	6,561	4,185	6,34	5,14	56,77	1035,02	814,84	660,20	116
F1D10	7,638	4,593	6,98	5,72	66,30	1095,05	803,67	658,49	131
F1D11	7,038	4,312	6,97	5,63	63,22	1009,90	766,17	618,74	146
F1D12	3,409	2,126	3,80	3,08	60,35	896,16	691,38	558,89	158
maks	7,638	4,593	6,98	5,72	66,30	1095,05	814,84	660,20	
min	3,409	2,126	3,80	3,08	48,53	872,69	662,94	558,89	
povp.	5,632	3,563	5,80	4,81	57,84	962,49	735,21	609,77	
st. odklon	1,26	0,76	1,00	0,81	5,20	70,50	55,29	39,38	
koef. variacije	22,32	21,33	17,24	16,73	8,99	7,32	7,52	6,46	

Rezultati meritev in izračuni vlažnosti in gostot za vzorec F2A.

Oznaka vzorca	m_v [g]	m_0 [g]	V_v [cm ³]	V_0 [cm ³]	u [%]	ρ_u [kg/m ³]	ρ_0 [kg/m ³]	R [kg/m ³]	KC [mm]
F2A1	5,271	3,150	5,93	5,06	67,33	888,27	622,04	530,84	7
F2A2	6,217	3,462	6,72	5,68	79,58	925,56	609,61	515,41	22
F2A3	6,280	3,541	6,54	5,46	77,35	959,80	648,53	541,19	37
F2A4	6,271	3,480	6,52	5,49	80,20	961,96	634,23	533,82	52
F2A5	6,460	3,714	6,86	5,71	73,94	941,14	650,21	541,08	67
F2A6	4,549	2,571	4,78	4,02	76,94	951,87	639,55	537,98	79
F2A7	3,551	2,195	4,07	3,44	61,78	873,55	638,45	539,98	89
F2A8	2,174	1,374	2,42	1,99	58,22	897,98	691,84	567,53	97
F2A9	1,659	1,077	1,91	1,56	54,04	866,77	690,38	562,70	102
F2A10	2,449	1,556	2,66	2,16	57,39	922,41	721,37	586,06	107
F2A11	5,791	3,741	6,45	5,19	54,80	897,41	721,23	579,73	117
F2A12	6,450	4,000	6,89	5,84	61,25	936,41	684,81	580,72	133
F2A13	5,556	3,542	5,93	4,96	56,86	936,77	714,69	597,20	146
maks	6,460	4,000	6,89	5,84	80,20	961,96	721,37	597,20	
min	1,659	1,077	1,91	1,56	54,04	866,77	609,61	515,41	
povp.	4,821	2,877	5,21	4,35	66,13	919,99	666,69	554,94	
st. odklon	1,70	0,97	1,77	1,50	9,71	30,87	37,45	24,39	
koef. variacije	35,24	33,63	33,93	34,38	14,69	3,36	5,62	4,40	

Rezultati meritev in izračuni vlažnosti in gostot za vzorec F2B.

Oznaka vzorca	m_v [g]	m_0 [g]	V_v [cm ³]	V_0 [cm ³]	u [%]	ρ_u [kg/m ³]	ρ_0 [kg/m ³]	R [kg/m ³]	KC [mm]
F2B1	5,741	3,433	6,26	5,21	67,23	916,95	658,42	548,31	7
F2B2	6,362	3,575	6,78	5,64	77,96	938,76	633,87	527,52	22
F2B3	6,132	3,458	6,34	5,28	77,33	967,80	655,30	545,77	37
F2B4	6,408	3,614	6,65	5,59	77,31	963,03	646,63	543,13	52
F2B5	6,330	3,672	6,58	5,58	72,39	961,71	658,06	557,89	67
F2B6	6,897	4,003	7,26	5,99	72,30	950,39	668,17	551,61	84
F2B7	3,590	2,201	3,95	3,31	63,11	907,94	665,16	556,65	96
F2B8	1,472	0,919	1,65	1,28	60,17	893,75	719,09	557,98	103
F2B9	5,757	3,670	6,20	5,12	56,87	928,85	717,08	592,13	112
F2B10	6,421	4,066	6,61	5,43	57,92	972,00	748,80	615,50	128
F2B11	6,322	4,057	7,12	5,92	55,83	888,42	685,07	570,12	142
F2B12	3,843	2,483	4,17	3,40	54,77	921,58	729,86	595,44	154
maks	6,897	4,003	7,26	5,99	77,96	972,00	748,80	615,50	
min	1,472	2,201	1,65	1,28	54,77	888,42	633,87	527,52	
povp.	5,440	3,422	5,80	4,81	66,10	934,27	682,13	563,50	
st. odklon	1,00	0,53	0,99	0,82	8,67	27,89	35,65	24,31	
koef. variacije	18,46	15,43	17,06	17,01	13,11	2,99	5,23	4,31	

Rezultati meritev in izračuni vlažnosti in gostot za vzorec F2C.

Oznaka vzorca	m_v [g]	m_0 [g]	V_v [cm ³]	V_0 [cm ³]	u [%]	ρ_u [kg/m ³]	ρ_0 [kg/m ³]	R [kg/m ³]	KC [mm]
F2C1	6,387	3,613	6,28	5,20	76,78	1017,20	694,54	575,41	7
F2C2	6,207	3,552	6,34	5,36	74,75	978,71	662,93	560,08	22
F2C3	6,550	3,713	6,76	5,71	76,41	969,08	650,72	549,34	37
F2C4	6,180	3,593	6,37	5,36	72,00	970,78	669,84	564,40	52
F2C5	6,069	3,495	6,30	5,28	73,65	963,33	661,93	554,76	67
F2C6	6,417	3,723	6,66	5,63	72,36	963,95	661,87	559,26	82
F2C7	6,537	3,715	6,63	5,59	75,96	986,42	664,34	560,59	97
F2C8	4,749	2,648	4,82	4,07	79,34	985,68	650,93	549,61	110
F2C9	3,720	2,326	3,95	3,30	59,93	940,82	705,49	588,27	119
F2C10	3,773	2,490	4,21	3,48	51,53	896,41	716,13	591,59	129
F2C11	4,337	2,801	4,67	3,78	54,84	929,09	740,42	600,04	139
F2C12	4,104	2,552	4,32	3,68	60,82	949,34	693,29	590,33	149
F2C13	6,417	4,166	6,92	5,68	54,03	926,78	733,58	601,68	167
F2C14	6,205	4,021	6,62	5,55	54,31	936,75	724,50	607,04	177
F2C15	5,283	3,404	5,39	4,74	55,20	980,51	717,69	631,77	191
maks	6,550	3,723	6,76	5,71	79,34	1017,20	740,42	631,77	
min	3,720	3,495	3,95	3,30	51,53	896,41	650,72	549,34	
povp.	5,529	3,629	5,83	4,83	66,13	959,66	689,88	578,94	
st. odklon	0,17	0,08	0,18	0,18	10,02	29,15	30,33	23,87	
koef. variacije	3,11	2,30	3,15	3,69	15,16	3,04	4,40	4,12	

Rezultati meritev in izračuni vlažnosti in gostot za vzorec F2D.

Oznaka vzorca	m_v [g]	m_0 [g]	V_{v_0} [cm ³]	V_0 [cm ³]	u [%]	ρ_u [kg/m ³]	ρ_0 [kg/m ³]	R [kg/m ³]	KC [mm]
F2D1	5,701	3,478	5,96	5,00	63,92	956,38	695,88	583,46	7
F2D2	5,918	3,404	6,32	5,43	73,85	936,24	626,89	538,52	22
F2D3	6,201	3,635	6,52	5,54	70,59	951,66	656,02	557,86	37
F2D4	6,170	3,628	6,47	5,48	70,07	953,93	661,56	560,92	52
F2D5	6,061	3,576	6,37	5,31	69,49	951,19	673,45	561,21	67
F2D6	6,139	3,594	6,44	5,39	70,81	953,56	667,41	558,25	82
F2D7	6,439	3,791	6,50	5,37	69,85	991,38	705,56	583,68	97
F2D8	4,823	2,868	4,96	4,24	68,17	972,58	676,57	578,34	110
F2D9	4,227	2,630	4,46	3,69	60,72	948,18	712,74	589,95	120
F2D10	3,524	2,306	3,86	3,18	52,82	912,01	725,84	596,79	130
F2D11	4,972	3,180	5,23	4,44	56,35	951,40	716,22	608,50	140
F2D12	4,511	2,795	4,61	3,93	61,40	978,95	711,20	606,55	153
F2D13	3,626	2,363	3,86	3,30	53,45	939,87	715,41	612,49	168
F2D14	1,973	1,282	2,09	1,73	53,90	946,28	740,61	614,87	185
maks	6,439	3,635	6,52	5,54	73,85	991,38	740,61	614,87	
min	1,973	3,404	2,09	1,73	52,82	912,01	626,89	538,52	
povp.	5,020	3,544	5,26	4,43	63,96	953,11	691,81	582,24	
st. odklon	0,18	0,09	0,20	0,19	7,17	18,42	30,81	23,19	
koef. variacije	3,66	2,53	3,72	4,36	11,21	1,93	4,45	3,98	

Priloga E: Rezultati meritev za lipo (*Tilia spp.*).

Rezultati meritev in izračuni vlažnosti in gostot za vzorec T1A.

Oznaka vzorca	m_v [g]	m_0 [g]	V_v [cm ³]	V_0 [cm ³]	u [%]	ρ_u [kg/m ³]	ρ_0 [kg/m ³]	R [kg/m ³]	KC [mm]
T1A1	2,030	1,700	4,33	3,98	19,41	469,26	427,67	392,97	5
T1A2	2,160	1,850	4,17	3,78	16,76	518,36	489,42	443,96	15
T1A3	1,900	1,660	3,81	3,45	14,46	498,30	481,58	435,35	25
T1A4	2,090	1,780	3,99	3,60	17,42	523,42	494,03	445,78	35
T1A5	1,840	1,570	3,80	3,50	17,20	483,70	448,06	412,72	45
T1A6	2,020	1,750	3,77	3,44	15,43	535,67	508,13	464,07	54
T1A7	2,100	1,820	3,18	2,86	15,38	661,00	636,59	572,87	62
T1A8	0,430	0,380	1,78	1,62	13,16	241,71	234,13	213,60	69
maks	2,160	1,850	4,33	3,98	19,41	661,00	636,59	572,87	
min	0,430	0,380	1,78	1,62	13,16	241,71	234,13	213,60	
povp.	1,821	1,564	3,60	3,28	16,15	491,43	464,95	422,67	
st. odklon	0,54	0,46	0,76	0,70	1,82	109,21	104,88	93,62	
koef. variacije	29,38	29,11	21,07	21,20	11,30	22,22	22,56	22,15	

Rezultati meritev in izračuni vlažnosti in gostot za vzorec T1B.

Oznaka vzorca	m_v [g]	m_0 [g]	V_v [cm ³]	V_0 [cm ³]	u [%]	ρ_u [kg/m ³]	ρ_0 [kg/m ³]	R [kg/m ³]	KC [mm]
T1B1	1,650	1,370	4,02	3,73	20,44	410,14	367,69	340,54	5
T1B2	2,020	1,680	3,98	3,57	20,24	508,18	470,98	422,64	15
T1B3	1,820	1,520	3,83	3,45	19,74	475,44	440,96	397,07	25
T1B4	1,900	1,590	4,00	3,62	19,50	475,12	438,74	397,60	35
T1B5	1,300	1,080	2,72	2,45	20,37	478,82	440,10	397,79	43
T1B6	1,450	1,200	2,94	2,66	20,83	493,70	451,47	408,58	50
T1B7	1,850	1,560	3,49	3,18	18,59	530,24	491,03	447,12	59
maks	2,020	1,680	4,02	3,73	20,83	530,24	491,03	447,12	
min	1,300	1,080	2,72	2,45	18,59	410,14	367,69	340,54	
povp.	1,713	1,429	3,57	3,24	19,96	481,66	443,00	401,62	
st. odklon	0,24	0,20	0,50	0,46	0,69	34,67	35,59	30,10	
koef. variacije	14,01	14,30	14,05	14,27	3,48	7,20	8,03	7,49	

Rezultati meritev in izračuni vlažnosti in gostot za vzorec T1C.

Oznaka vzorca	m_v [g]	m_0 [g]	V_{v_0} [cm ³]	V_0 [cm ³]	u [%]	ρ_u [kg/m ³]	ρ_0 [kg/m ³]	R [kg/m ³]	KC [mm]
T1C1	1,610	1,310	4,27	3,95	22,90	376,87	331,31	306,65	5
T1C2	1,970	1,620	4,02	3,62	21,60	490,05	447,76	402,99	15
T1C3	1,790	1,490	3,78	3,41	20,13	473,92	436,82	394,49	25
T1C4	2,080	1,720	4,09	3,68	20,93	508,31	466,88	420,33	35
T1C5	1,780	1,470	3,65	3,31	21,09	487,94	444,65	402,96	45
T1C6	0,820	0,670	1,55	1,40	22,39	529,72	480,29	432,82	52
T1C7	2,560	2,170	4,42	3,97	17,97	579,32	547,15	491,06	59
maks	2,560	2,170	4,42	3,97	22,90	579,32	547,15	491,06	
min	0,820	0,670	1,55	1,40	17,97	376,87	331,31	306,65	
povp.	1,801	1,493	3,68	3,33	21,00	492,30	450,69	407,33	
st. odklon	0,49	0,42	0,91	0,82	1,50	57,21	59,68	50,95	
koef. variacije	27,21	28,16	24,59	24,72	7,16	11,62	13,24	12,51	

Rezultati meritev in izračuni vlažnosti in gostot za vzorec T1D.

Oznaka vzorca	m_v [g]	m_0 [g]	V_{v_0} [cm ³]	V_0 [cm ³]	u [%]	ρ_u [kg/m ³]	ρ_0 [kg/m ³]	R [kg/m ³]	KC [mm]
T1D1	1,740	1,470	4,08	3,77	18,37	426,47	389,51	360,29	5
T1D2	1,770	1,490	3,94	3,62	18,79	449,01	411,15	377,98	15
T1D3	2,010	1,700	4,15	3,80	18,24	484,80	447,96	410,03	25
T1D4	2,170	1,820	3,71	3,33	19,23	585,70	547,04	491,23	34
T1D5	2,010	1,720	3,43	3,11	16,86	586,18	553,95	501,60	44
maks	2,170	1,820	4,15	3,80	19,23	586,18	553,95	501,60	
min	1,740	1,470	3,43	3,11	16,86	426,47	389,51	360,29	
povp.	1,94	1,64	3,86	3,53	18,30	506,43	469,92	428,23	
st. odklon	0,16	0,14	0,26	0,27	0,80	67,53	68,43	58,01	
koef. variacije	8,36	8,35	6,82	7,62	4,36	13,33	14,56	13,55	

Rezultati meritev in izračuni vlažnosti in gostot za vzorec T2A.

Oznaka vzorca	m_v [g]	m_0 [g]	u [%]	KC [mm]
T2A1	4,341	1,956	121,93	7
T2A2	4,516	2,251	100,62	22
T2A3	4,499	2,402	87,30	38
T2A4	3,529	2,086	69,18	53
T2A5	3,886	2,314	67,93	67
T2A6	4,488	2,725	64,70	82
T2A7	3,420	2,066	65,54	97
T2A8	2,878	1,737	65,69	108
T2A9	3,321	2,120	56,65	119
T2A10	0,917	0,606	51,32	127
maks	4,516	2,725	121,93	
min	0,917	0,606	51,32	
povp.	3,580	2,026	75,09	
st. odklon	1,04	0,54	20,67	
koef. variacije	29,16	26,50	27,53	

Rezultati meritev in izračuni vlažnosti in gostot za vzorec T2B.

Oznaka vzorca	m_v [g]	m_0 [g]	V_v [cm ³]	V_0 [cm ³]	u [%]	ρ_u [kg/m ³]	ρ_0 [kg/m ³]	R [kg/m ³]	KC [mm]
T2B1	3,245	1,640	4,28	3,55	97,87	758,00	462,49	383,09	5
T2B2	3,292	1,950	4,57	3,77	68,82	720,03	517,93	426,51	16
T2B3	3,158	1,926	4,21	3,27	63,97	750,30	588,45	457,59	27
T2B4	3,070	1,750	3,07	2,19	75,43	1000,33	797,99	570,22	36
T2B5	4,269	2,350	6,03	4,99	81,66	708,31	471,04	389,91	47
T2B6	4,460	2,522	6,21	5,08	76,84	718,54	496,55	406,32	62
T2B7	3,119	1,782	4,21	3,40	75,03	740,50	523,81	423,08	74
T2B8	3,565	2,156	4,90	3,92	65,35	728,15	549,86	440,36	86
T2B9	3,505	2,088	4,86	3,90	67,86	721,64	535,38	429,89	98
T2B10	3,544	2,177	5,15	4,12	62,79	687,62	528,14	422,39	111
T2B11	3,257	2,030	4,82	3,85	60,44	676,43	527,82	421,60	123
T2B12	3,185	2,026	4,59	3,68	57,21	694,35	550,39	441,68	134
T2B13	2,103	1,365	3,36	2,63	54,07	625,33	518,81	405,89	146
maks	4,460	2,522	6,207	5,079	97,87	1000,33	797,99	570,22	
min	2,103	1,365	3,069	2,193	54,07	625,33	462,49	383,09	
povp.	3,367	1,982	4,635	3,719	69,80	733,04	543,74	432,19	
st. odklon	0,55	0,29	0,850	0,763	11,23	84,09	79,95	44,50	
koef. variacije	16,38	14,72	18,338	20,505	16,08	11,47	14,70	10,30	

Rezultati meritev in izračuni vlažnosti in gostot za vzorec T2C.

Oznaka vzorca	m_v [g]	m_0 [g]	V_{v_0} [cm ³]	V_0 [cm ³]	u [%]	ρ_u [kg/m ³]	ρ_0 [kg/m ³]	R [kg/m ³]	KC [mm]
T2C1	4,047	2,130	5,35	4,54	90,00	757,01	468,96	398,43	7
T2C2	4,550	2,763	6,22	5,00	64,68	731,28	552,49	444,07	20
T2C3	4,084	2,372	4,58	3,53	72,18	892,09	672,34	518,13	35
T2C4	3,041	1,711	4,33	3,62	77,73	702,96	473,31	395,52	46
T2C5	3,577	2,169	5,37	4,47	64,91	666,48	485,56	404,14	59
T2C6	3,524	2,033	4,99	4,12	73,34	706,35	493,57	407,50	71
T2C7	3,676	2,198	5,20	4,27	67,24	706,65	515,24	422,53	84
T2C8	3,772	2,347	5,38	4,35	60,72	701,25	539,91	436,33	97
T2C9	3,274	1,996	4,65	3,80	64,03	704,54	525,54	429,52	109
T2C10	3,328	2,028	4,70	3,80	64,10	708,39	533,12	431,67	121
T2C11	2,880	1,804	4,10	3,29	59,65	702,27	549,16	439,89	133
T2C12	2,053	1,307	2,85	2,21	57,08	720,35	590,33	458,60	141
maks	4,550	2,763	6,22	5,00	90,00	892,09	672,34	518,13	
min	2,053	1,307	2,85	2,21	57,08	666,48	468,96	395,52	
povp.	3,484	2,072	4,81	3,92	67,97	724,97	533,29	432,19	
st. odklon	0,62	0,35	0,80	0,69	8,75	54,30	54,18	31,99	
koef. variacije	17,81	16,89	16,74	17,73	12,87	7,49	10,16	7,40	

Rezultati meritev in izračuni vlažnosti in gostot za vzorec T2D.

Oznaka vzorca	m_v [g]	m_0 [g]	u [%]	KC [mm]
T2D1	3,051	1,600	90,69	6
T2D2	4,142	2,300	80,09	20
T2D3	3,860	2,252	71,40	34
T2D4	3,697	2,174	70,06	46
T2D5	3,244	1,876	72,92	58
T2D6	2,838	1,642	72,84	70
T2D7	3,046	1,656	83,94	82
T2D8	3,707	1,796	106,40	95
T2D9	4,296	1,975	117,52	109
T2D10	2,334	1,387	68,28	118
maks	4,296	2,300	117,52	
min	2,334	1,387	68,28	
povp.	3,422	1,866	83,41	
st. odklon	0,59	0,29	15,91	
koef. variacije	17,21	15,57	19,07	

Rezultati meritev in izračuni vlažnosti in gostot za vzorec T3A.

Oznaka vzorca	m_v [g]	m_0 [g]	V_v [cm ³]	V_0 [cm ³]	u [%]	ρ_u [kg/m ³]	ρ_0 [kg/m ³]	R [kg/m ³]	KC [mm]
T3A1	4,569	2,269	5,76	4,84	101,37	792,82	468,90	393,72	7
T3A2	3,376	1,727	5,26	4,18	95,48	641,58	413,55	328,20	18
T3A3	2,873	1,592	3,54	2,57	80,46	810,89	618,49	449,34	28
T3A4	2,637	1,420	3,32	2,33	85,70	794,76	609,18	427,97	38
T3A5	3,220	1,941	4,25	3,55	65,89	756,93	546,91	456,28	49
T3A6	4,236	2,308	5,15	4,34	83,54	821,89	531,67	447,81	62
maks	4,569	2,308	5,763	4,839	101,37	821,89	618,49	456,28	
min	2,637	1,420	3,318	2,331	65,89	641,58	413,55	328,20	
povp.	3,485	1,876	4,549	3,635	85,41	769,81	531,45	417,22	
st. odklon	0,70	0,33	0,909	0,920	11,29	60,77	72,65	44,88	
koef. variacije	20,00	17,63	19,992	25,299	13,22	7,89	13,67	10,76	

Rezultati meritev in izračuni vlažnosti in gostot za vzorec T3B.

Oznaka vzorca	m_v [g]	m_0 [g]	V_v [cm ³]	V_0 [cm ³]	u [%]	ρ_u [kg/m ³]	ρ_0 [kg/m ³]	R [kg/m ³]	KC [mm]
T3B1	3,612	1,580	4,55	3,83	128,61	794,20	412,75	347,41	6
T3B2	3,292	1,452	4,10	3,56	126,72	803,91	408,44	354,58	18
T3B3	3,578	1,721	4,47	3,78	107,90	799,91	455,29	384,75	29
T3B4	3,728	1,879	4,47	3,70	98,40	834,00	507,56	420,36	41
T3B5	3,600	1,958	4,34	3,57	83,86	829,88	548,92	451,36	53
T3B6	3,444	1,918	4,44	3,62	79,58	776,29	529,69	432,27	64
T3B7	3,596	1,981	4,68	3,86	81,52	767,88	512,68	423,02	76
T3B8	2,152	1,485	2,67	2,27	44,92	806,90	653,03	556,81	85
maks	3,728	1,981	4,683	3,864	128,61	834,00	653,03	556,81	
min	2,152	1,452	2,667	2,274	44,92	767,88	408,44	347,41	
povp.	3,375	1,747	4,214	3,524	93,94	801,62	503,55	421,32	
st. odklon	0,48	0,20	0,606	0,485	25,88	21,56	74,84	61,88	
koef. variacije	14,17	11,63	14,378	13,757	27,55	2,69	14,86	14,69	

Rezultati meritev in izračuni vlažnosti in gostot za vzorec T3C.

Oznaka vzorca	m_v [g]	m_0 [g]	u [%]	KC [mm]
T2D1	3,051	1,600	90,69	6
T2D2	4,142	2,300	80,09	20
T2D3	3,860	2,252	71,40	34
T2D4	3,697	2,174	70,06	46
T2D5	3,244	1,876	72,92	58
T2D6	2,838	1,642	72,84	70
T2D7	3,046	1,656	83,94	82
T2D8	3,707	1,796	106,40	95
T2D9	4,296	1,975	117,52	109
T2D10	2,334	1,387	68,28	118
maks	4,296	2,300	117,52	
min	2,334	1,387	68,28	
povp.	3,422	1,866	83,41	
st. odklon	0,59	0,29	15,91	
koef. variacije	17,21	15,57	19,07	

Rezultati meritev in izračuni vlažnosti in gostot za vzorec T3D.

Oznaka vzorca	m_v [g]	m_0 [g]	u [%]	KC [mm]
T3D1	3,818	1,530	149,54	6
T3D2	3,120	1,273	145,09	16
T3D3	3,171	1,453	118,24	26
T3D4	2,874	1,330	116,09	34
T3D5	3,547	1,844	92,35	43
T3D6	2,780	1,540	80,52	53
T3D7	1,861	1,301	43,04	61
maks	3,818	1,844	149,54	
min	1,861	1,273	43,04	
povp.	3,024	1,467	106,41	
st. odklon	0,58	0,18	34,79	
koef. variacije	19,24	12,50	32,70	

Rezultati meritev in izračuni vlažnosti in gostot za vzorec T3E.

Oznaka vzorca	m_v [g]	m_0 [g]	V_{v_0} [cm ³]	V_0 [cm ³]	u [%]	ρ_u [kg/m ³]	ρ_0 [kg/m ³]	R [kg/m ³]	KC [mm]
T3E1	3,383	1,592	4,52	3,77	112,50	748,78	422,17	352,37	6
T3E2	2,417	1,252	3,50	2,98	93,05	690,97	420,28	357,92	11
T3E3	2,828	1,353	4,02	3,37	109,02	704,01	401,60	336,82	25
T3E4	3,125	1,625	4,22	3,56	92,31	741,40	456,72	385,53	36
T3E5	3,122	1,599	4,00	3,32	95,25	780,11	481,48	399,55	46
T3E6	2,957	1,577	3,75	3,16	87,51	789,16	499,21	420,87	56
T3E7	5,520	2,899	6,17	4,49	90,41	894,94	646,38	470,01	68
T3E8	2,478	1,191	3,12	2,03	108,06	795,00	585,55	382,10	83
T3E9	3,260	2,076	4,25	3,49	57,03	766,88	595,01	488,36	92
T3E10	2,785	1,747	3,61	2,98	59,42	771,68	587,03	484,07	100
T3E11	2,946	1,751	3,81	3,24	68,25	773,84	539,93	459,94	109
T3E12	2,776	1,460	3,41	2,87	90,14	813,84	508,53	428,03	118
maks	5,520	2,899	6,17	4,49	112,50	894,94	646,38	488,36	
min	2,417	1,191	3,12	2,03	57,03	690,97	401,60	336,82	
povp.	3,133	1,677	4,03	3,27	88,58	772,55	511,99	413,80	
st. odklon	0,77	0,43	0,75	0,56	17,59	50,37	76,16	50,72	
koef. variacije	24,60	25,87	18,54	17,07	19,86	6,52	14,87	12,26	

Rezultati meritev in izračuni vlažnosti in gostot za vzorec T4A.

Oznaka vzorca	m_v [g]	m_0 [g]	u [%]	KC [mm]
T4A1	4,167	1,900	119,32	7
T4A2	4,484	2,053	118,41	21
T4A3	3,869	2,098	84,41	36
T4A4	1,875	1,270	47,64	47
T4A5	2,929	2,053	42,67	57
T4A6	2,703	1,887	43,24	60
T4A7	2,549	1,792	42,24	80
T4A8	2,835	1,916	47,96	91
T4A9	2,728	1,781	53,17	102
T4A10	2,667	1,644	62,23	113
T4A11	2,977	1,731	71,98	125
T4A12	2,352	1,318	78,45	135
T4A13	2,134	1,081	97,41	145
maks	4,484	2,098	119,32	
min	1,875	1,081	42,24	
povp.	2,944	1,733	69,93	
st. odklon	0,75	0,31	26,85	
koef. variacije	25,32	17,89	38,39	

Rezultati meritev in izračuni vlažnosti in gostot za vzorec T4B.

Oznaka vzorca	m_v [g]	m_0 [g]	V_v [cm ³]	V_0 [cm ³]	u [%]	ρ_u [kg/m ³]	ρ_0 [kg/m ³]	R [kg/m ³]	KC [mm]
T4B1	4,715	2,083	5,76	4,51	126,36	819,00	461,96	361,82	7
T4B2	3,766	1,905	4,87	4,13	97,69	772,99	461,48	391,01	20
T4B3	4,324	2,164	5,50	4,63	99,82	786,32	467,18	393,53	33
T4B4	3,886	2,000	5,00	4,20	94,30	777,04	476,19	399,92	46
T4B5	4,059	1,985	5,06	4,22	104,48	802,49	470,27	392,45	58
T4B6	3,913	1,903	4,81	3,98	105,62	814,19	478,02	395,96	71
T4B7	3,488	1,748	4,34	3,60	99,54	804,06	485,56	402,95	82
T4B8	2,896	1,544	3,61	2,95	87,56	802,44	523,04	427,82	93
T4B9	3,016	1,660	3,99	3,26	81,69	755,32	508,58	415,73	102
T4B10	2,714	1,476	3,47	2,85	83,88	783,26	518,44	425,97	111
T4B11	2,724	1,735	4,01	3,27	57,00	680,15	530,58	433,21	121
T4B12	3,423	1,958	4,65	3,80	74,82	736,60	515,53	421,35	132
T4B13	2,232	1,062	2,87	2,24	110,17	778,24	475,17	370,29	141
maks	4,715	2,164	5,76	4,63	126,36	819,00	530,58	433,21	
min	2,232	1,062	2,87	2,24	57,00	680,15	461,48	361,82	
povp.	3,474	1,786	4,46	3,66	94,07	777,86	490,15	402,46	
st. odklon	0,70	0,29	0,81	0,69	16,79	35,94	24,22	20,98	
koef. variacije	20,01	16,08	18,07	18,72	17,85	4,62	4,94	5,21	

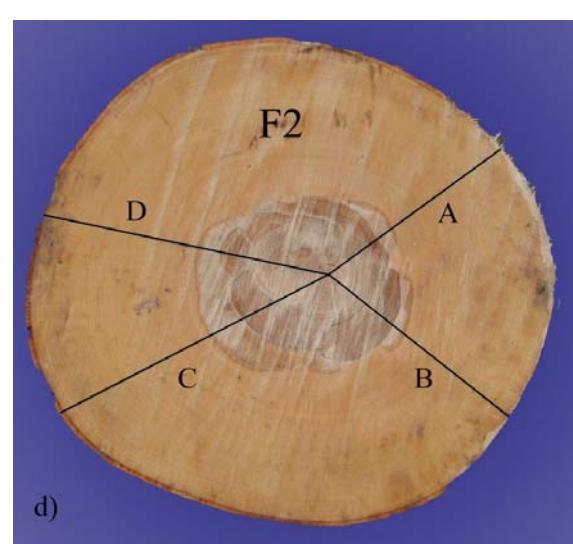
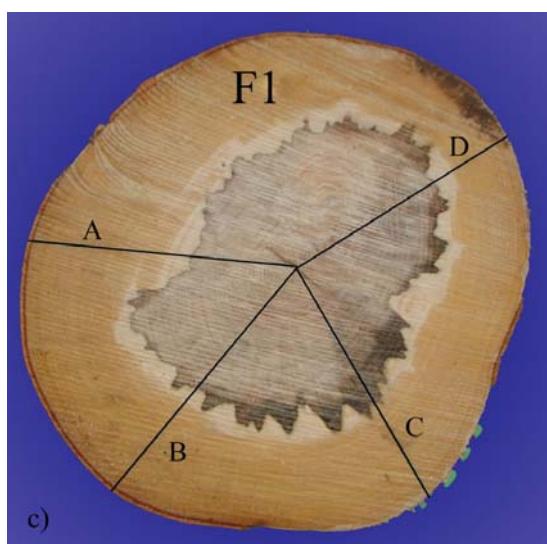
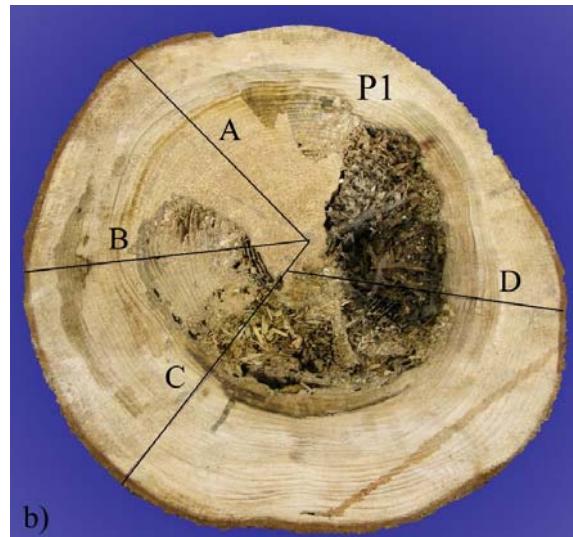
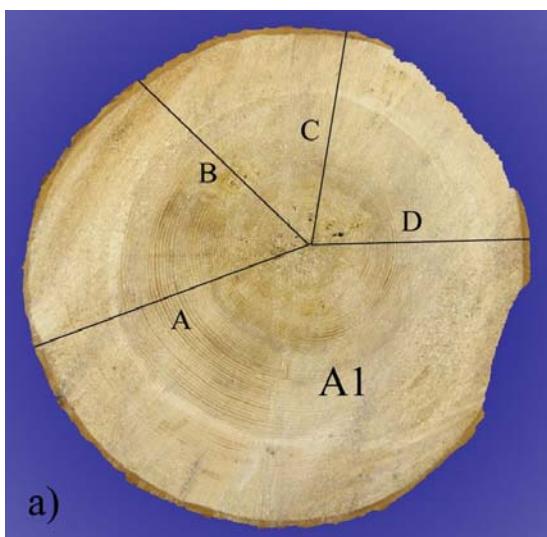
Rezultati meritev in izračuni vlažnosti in gostot za vzorec T4C.

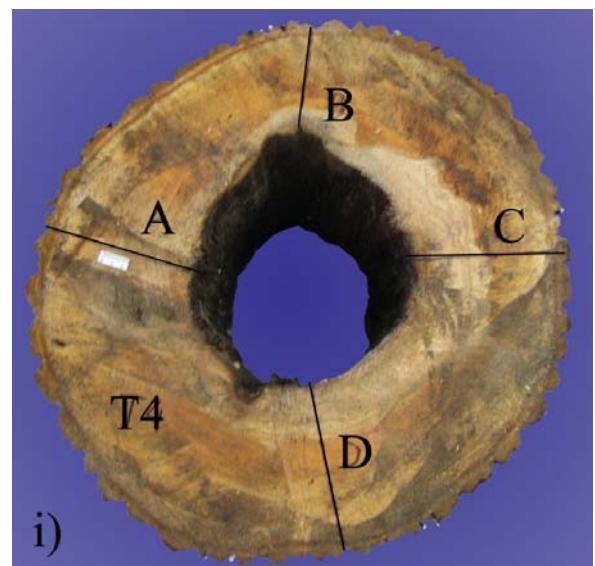
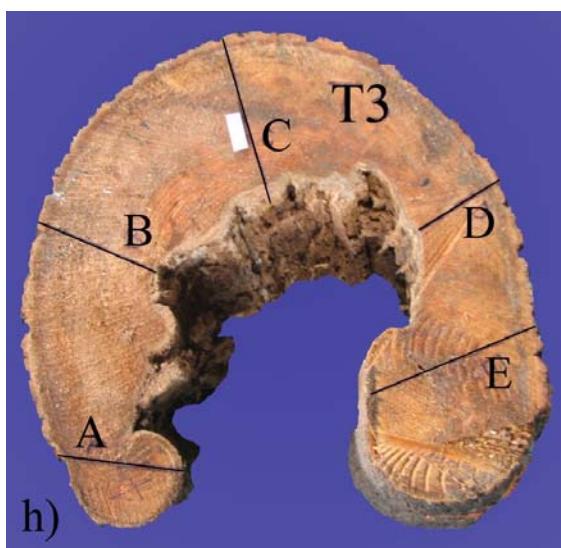
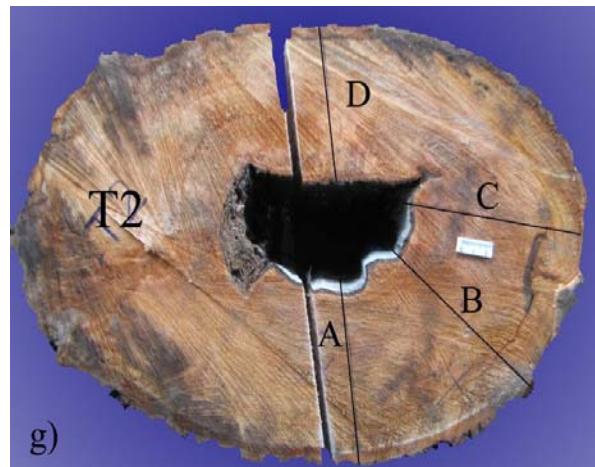
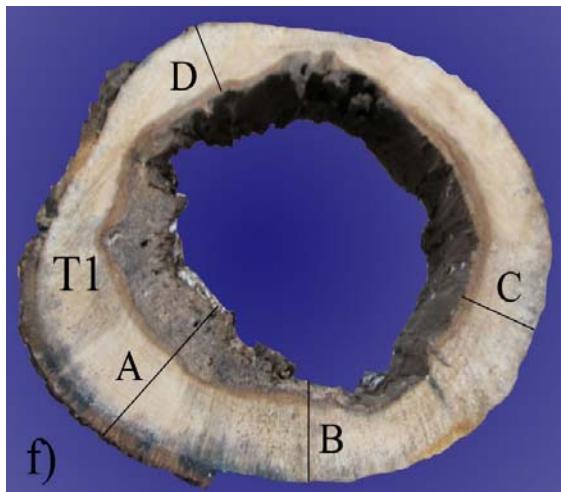
Oznaka vzorca	m_v [g]	m_0 [g]	V_v [cm ³]	V_0 [cm ³]	u [%]	ρ_u [kg/m ³]	ρ_0 [kg/m ³]	R [kg/m ³]	KC [mm]
T4C1	3,833	1,866	5,30	4,48	105,41	723,48	416,33	352,21	6
T4C2	3,298	1,740	4,86	4,11	89,54	678,18	423,67	357,80	18
T4C3	3,100	1,638	4,44	3,74	89,26	697,73	437,85	368,67	30
T4C4	3,713	1,846	5,07	4,24	101,14	731,91	435,17	363,89	41
T4C5	3,493	1,796	4,65	3,84	94,49	750,70	468,07	385,99	54
T4C6	2,428	1,293	3,31	2,75	87,78	733,09	470,01	390,40	63
T4C7	2,398	1,306	3,33	2,75	83,61	719,47	475,25	391,84	72
T4C8	2,700	1,652	4,38	3,63	63,44	616,02	455,10	376,91	81
T4C9	2,537	1,657	4,24	3,58	53,11	598,07	463,37	390,62	92
T4C10	3,188	2,086	5,31	4,45	52,83	600,04	468,87	392,62	104
T4C11	3,971	2,311	5,42	4,44	71,83	732,52	520,85	426,31	118
T4C12	3,350	0,931	3,92	3,18	259,83	855,03	292,49	237,62	129
maks	3,971	2,311	5,42	4,48	259,83	855,03	520,85	426,31	
min	2,398	0,931	3,31	2,75	52,83	598,07	292,49	237,62	
povp.	3,167	1,677	4,52	3,77	96,02	703,02	443,92	369,57	
st. odklon	0,52	0,35	0,70	0,59	52,13	69,83	52,84	44,09	
koef. variacije	16,56	21,06	15,40	15,78	54,29	9,93	11,90	11,93	

Rezultati meritev in izračuni vlažnosti in gostot za vzorec T4D.

Oznaka vzorca	m_v [g]	m_0 [g]	u [%]	KC [mm]
T4D1	4,570	2,108	116,79	7
T4D2	4,132	1,972	109,53	22
T4D3	3,455	1,745	97,99	34
T4D4	3,562	1,758	102,62	45
T4D5	3,939	2,086	88,83	55
T4D6	3,218	1,711	88,08	67
T4D7	2,450	1,528	60,34	77
T4D8	3,008	2,033	47,96	86
T4D9	2,663	1,554	71,36	96
maks	4,570	2,108	116,79	
min	2,450	1,528	47,96	
povp.	3,444	1,833	87,06	
st. odklon	0,65	0,21	21,72	
koef. variacije	18,96	11,47	24,94	

Priloga F: Razporeditev lokacij vrtanja na posameznem kolutu.





Razpored lokacij vrtanja pri posameznih kolutih za: a) jelko (A1), b) navadno smreko (P1), c) bukev (F1), d) bukev (F2), f) lipa (T1), g) lipa (T2), h) lipa (T3), i) lipa (T4).