UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA GOZDARSTVO IN OBNOVLJIVE
GOZDNE VIRE

Dušan JAGER

SEZONSKA VARIABILNOST ELEKTRIČNE UPORNOSTI KAMBIJEVE CONE IZBRANIH DREVESNIH VRST V URBANEM OKOLJU

DIPLOMSKO DELO

Univerzitetni študij

Ljubljana, 2008

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA GOZDARSTVO IN OBNOVLJIVE GOZDNE VIRE

Dušan JAGER

SEZONSKA VARIABILNOST ELEKTRIČNE UPORNOSTI KAMBIJEVE CONE IZBRANIH DREVESNIH VRST V URBANEM OKOLJU

DIPLOMSKO DELO

Univerzitetni Študij

SEASONAL VARIABILITY OF CAMBIAL ELECTRICAL RESISTANCE OF SELECTED TREE SPECIES IN URBAN ENVIRONMENT

GRADUATION THESIS

University studies

Ljubljana, 2008

"The best time to
plant a tree is twenty
years ago. The second
best time is now."

(kitajski pregovor)

Diplomsko delo je zaključek Univerzitetnega študija gozdarstva in obnovljivih gozdnih virov. Opravljeno je bilo na Oddelku za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani.

Študijska komisija Oddelka za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire je na svoji seji dne 29.3.2007 za mentorja diplomskaga dela imenovala prof. dr. Primoža Ovna in za recenzenta doc. dr. Janeza Pirnata.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik:

Član:

Član:

Datum zagovora:

Naloga je rezultat lastnega raziskovalnega dela. Podpisani se strinjam z objavo svoje naloge v polnem tekstu na spletni strani Digitalne knjižnice Biotehniške fakultete. Izjavljam, da je naloga, ki sem jo oddal v elektronski obliki, identična tiskani verziji.

Dušan Jager

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD Dn
DK GDK 992.2:53+811.13(043.2)=163.6
KG mestna drevesa/električna upornost živih tkiv/kambijeva cona/drevesna krošnja/vitalnost dreves/obglavljanje/posipne soli
KK
AV JAGER, Dušan
SA OVEN, Primož (mentor)
KZ SI-1000 Ljubljana, Večna pot 83
ZA Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire
LI 2008
IN SEZONSKA VARIABILNOST ELEKTRIČNE UPORNOSTI KAMBIJEVE CONE IZBRANIH DREVESNIH VRST V URBANEM OKOLJU
TD Diplomska delo (univerzitetni študij)
OP XIV, 96 str., 35 pregl., 68 sl., 17 pril., 34 vir.
IJ sl
JI sl/en

AI Preučevali smo vitalnost mestnih dreves z merjenjem električne upornosti živih tkiv (CER) v drevesu z instrumentom, imenovanim Tree tester. Meritve smo opravljali enkrat mesečno med rastno sezono 2005, od meseca maja do meseca oktobra. Drevesa smo ocenili tudi vizualno in jih razvrstili v skupine po prizadetosti krošnje zaradi neustrezne nege (obglavljena drevesa) in prizadetosti krošnje zaradi posipnih soli ter zdrava oz. referenčna drevesa. Drevesa smo razvrstili tudi v razširjene debelinske razrede po premeru debla v prsni višini. Raziskava je potekala na najpogosteje zastopanih drevesnih vrstah, ki rastejo v MO Ljubljana. Te vrste so *Acer platanoides* L., *Acer pseudoplatanus* L., *Acer saccharinum* L., *Aesculus hippocastanum* L., *Aesculus* x *carnea* Hayne., *Fraxinus excelsior* L., *Platanus* x *hispanica* Mill. ex Muenchh., *Populus nigra* L., *Salix* x *sepulcralis* Simk., *Tilia sp*. Interpretacija vrednosti električne upornosti živih tkiv mestnih dreves je zahtevna zaradi vpliva številnih dejavnikov, ki delujejo vzajemno. Ti dejavniki so: drevesna vrsta, starost, rastne razmere, čas v letu, vitalnost dreves, debelina živih tkiv, mehanske poškodbe zaradi neustrezne nege, polucija in klimatski dejavniki. Zaradi zahtevne interpretacije vrednosti CER je potrebno dobro poznavanje drevesne biologije proučevanih drevesnih vrst. Učinek obglavljanja in neustrezne nege drevesa na zmanjšanje vitalnosti dreves se je v raziskavi potrdil, medtem ko učinka posipnih soli na zmanjšanje vitalnosti z metodo CER nismo zaznali. Pri določanju vitalnosti mestnega drevja je mogoče uporabiti metodo CER kot dopolnilo k ostalim diagnostičnim metodam za določevanje vitalnosti mestnih dreves.

KEY WORDS DOCUMENTATION

DN Dn
DC FDC 992.2:53+811.13(043.2)=163.6
CX urban trees/electrical resistance of living tissues/cambial zone/tree crown/tree vitality/topping/de-icing salts
CC
AU JAGER, Dušan
AA OVEN, Primož (supervisor)
PP SI -1000 Ljubljana, Večna pot 83
PB University of Ljubljana, Biotechnical faculty, Department of Forestry and Renewable Forest Resources
PY 2008
TI SEASONAL VARIABILITY OF CAMBIAL ELECTRICAL RESISTANCE OF SELECTED TREE SPECIES IN URBAN ENVIRONMENT
DT Graduation thesis (University studies)
NO XIV, 96 p., 35 tab., 68 fig., 17 ann., 34 ref.
LA sl
AL sl/an

AB We examined selected urban tree species by measuring cambial electrical resistance of living tree tissues (CER) with an instrument, called Tree tester. The measurements were taken once a month during the growing season 2005, from May till the end of September. As well, trees were visually estimated and classified into groups. First group considered healthy trees (so called referential trees), second group included trees with affected crown caused by inappropriate tree care (topping) and third group involved trees contaminated with de-icing salts. Trees were classified by trunk diameter in breast height into thickness classes. The research was performed in the most common tree species (*Acer platanoides* L., *Acer pseudoplatanus* L., *Acer saccharinum* L., *Aesculus hippocastanum* L., *Aesculus* x *carnea* Hayne., *Fraxinus excelsior* L., *Platanus* x *hispanica* Mill. ex Muenchh., *Populus nigra* L., *Salix* x *sepulcralis* Simk., *Tilia sp*.) growing in the city of Ljubljana. To interpret the values of electrical resistance of living tissues on urban trees is difficult task, because of numerous factors operating mutually such as: tree species, age of trees, growing conditions, time of season, tree vitality, thickness of living tissues, mechanical injuries caused by inappropriate tree care (topping), pollution and climate parameters. To properly interpret CER values, profound knowledge of tree biology is necessary. The effect of topping on reduced vitality was confirmed on the other hand, effect of de-icing salt on reduced vitality was not detected with CER method. We can use method of CER as complementary method to other diagnostic methods for assessment of tree vitality of urban trees.

KAZALO VSEBINE

Ključna dokumentacijska informacija ……III
Key words documentation ……...…IV
Kazalo vsebine ……..V
Kazalo preglednic ……...VII
Kazalo slik ……....X

1 UVOD 1
1.1 NAMEN IN CILJI DIPLOMSKE NALOGE 2
2 PREGLED LITERATURE 3
2.1 RASTNE RAZMERE V MESTU 3
2.2 DREVESA V MESTIH 6
2.3 ARBORISTIKA 8
2.4 METODE OCENJEVANJA VITALNOSTI IN VARNOSTI DREVESA 9
2.4.1 Vizualna ocena drevesa 10
2.4.2 Plastično kladivo 13
2.4.3 Impulzno ali električno kladivo 13
2.4.4 Fraktometer 14
2.4.5 Svedri 15
2.4.6 Rezistograf 15
2.4.7 Shigometer 16
2.4.8 Arbosonic 17
2.4.9 Drevesni radar 17
2.4.10 Merilec električne upornosti živih tkiv – Tree tester 18
2.5 PREGLED OBJAV ELEKTRIČNE UPORNOSTI 19
3 MATERIAL IN METODA DELA 21
3.1 IZBOR DREVESNIH VRST 21
3.2 IZBOR RAZISKOVALNIH OBMOČIJ 21
3.3 OPIS RAZISKOVALNIH DREVES 22
3.4 METODA DELA 23
3.4.1 Merjenje električne upornosti 23

3.4.2 Opis raziskovalnih ploskev ... 25
3.5 DOVOLJENJA ZA RAZISKAVO NA TERENU ... 47

4 IZRAČUNI IN STATISTIČNA OBDELAVA PODATKOV ... 48

5 REZULTATI IN RAZPRAVA ... 49

5.1 RAZVRSTITEV DREVES GLEDE NA STOPNJO PRIZADETOSTI IN RAZVRSTITEV V RAZŠIRJENE DEBELINSKE RAZREDE ... 49
5.2 ELEKTRIČNA UPORNOST KAMBIJEVE CONE PRI POSAMEZNIH DREVESNIH VRSTAH ... 52
5.2.1 *Aesculus hippocastanum* L. – navadni divji kostanj ... 53
5.2.2 *Platanus x hispanica* Münchh. – javorolistna platana ... 61
5.2.3 *Salix x sepulcralis* Simonk. – pobešava vrba ... 65
5.2.4 *Acer platanoides* L. – ostrolistni javor ... 68
5.2.5 *Tilia sp.* – lipa ... 73
5.2.6 *Acer saccharinum* L. – srebrni javor ... 75
5.2.7 *Acer pseudoplatanus* L. – gorski javor ... 78
5.2.8 *Fraxinus excelsior* L. – veliki jesen ... 81
5.2.9 *Populus nigra* L. – črni topol ... 84

6 SKLEPI ... 89

7 POVZETEK ... 91

8 VIRI ... 94

ZAHVALA

PRILOGA

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Časovni razpored meritev električne upornosti živih tkiv v rastni sezoni 2005 24
Preglednica 2: Delež dreves po drevesnih vrstah, zajetih v raziskavo električne upornosti živih tkiv v mestni občini Ljubljana (MOL). 49
Preglednica 3: Število in delež dreves po razširjenih debelinskih razredih. 50
Preglednica 4: Razporeditev raziskovalnih dreves po skupinah glede na drevesno vrsto in prizadetost krošnje 52
Preglednica 5: Razporeditev navadnih divjih kostanjev (zgoraj) in rdečecvetnih divjih kostanjev (spodaj) na raziskovalni ploskvi Cesta v Rožno dolino v razširjene debelinske razrede 53
Preglednica 6: Razporeditev navadnih divjih kostanjev na raziskovalni ploskvi Park Tivoli v razširjene debelinske razrede 55
Preglednica 7: Razporeditev navadnih divjih kostanjev na raziskovalni ploskvi Tomšičeva ulica v razširjene debelinske razrede 56
Preglednica 8: Obglavljeni navadni divji kostanji po razširjenih debelinskih razredih na raziskovalni ploskvi Grajski grič 58
Preglednica 9: Navadni divji kostanji, prizadeti zaradi posipnih soli, razporejeni v razširjene debelinske razrede na raziskovalni ploskvi Grajski grič 59
Preglednica 10: Razvrstitev zdravih navadnih divjih kostanjev v razširjene debelinske razrede na raziskovalni ploskvi Grajski grič 60
Preglednica 11: Razporeditev javorolistnih platan na raziskovalni ploskvi Prešernova cesta v razširjene debelinske razrede 61
Preglednica 12: Razvrstitev javorolistnih platan na raziskovalni ploskvi Trg OF v razširjene debelinske razrede 62
Preglednica 13: Razvrstitev javorolistnih platan na raziskovalni ploskvi Poljanska cesta v razširjene debelinske razrede 63
Preglednica 14: Razvrstitev javorolistnih platan na raziskovalni ploskvi Šmartinska ulica v razširjene debelinske razrede 64
Preglednica 15: Razvrstitev pobešavih vrb na raziskovalni ploskvi Trnovski pristan I. v razširjene debelinske razrede 65

Preglednica 16: Razvrstitev pobešavih vrb na raziskovalni ploskvi Trnovski pristan II. v razširjene debelinske razrede 66
Preglednica 17: Razvrstitev pobešavih vrb na raziskovalni ploskvi Vila Podrožnik v razširjene debelinske razrede 67
Preglednica 18: Razvrstitev ostrolistnih javorjev na raziskovalni ploskvi Grudnovo nabrežje v razširjene debelinske razrede 68
Preglednica 19: Razvrstitev ostrolistnih javorjev na raziskovalni ploskvi Letališka cesta v razširjene debelinske razrede 69
Preglednica 20: Razvrstitev obglavljenih ostrolistnih javorjev na raziskovalni ploskvi Vila Podrožnik v razširjene debelinske razrede 71
Preglednica 21: Razvrstitev zdravih ostrolistnih javorjev na raziskovalni ploskvi Vila Podrožnik v razširjene debelinske razrede 72
Preglednica 22: Razvrstitev lip na raziskovalni ploskvi Petkovškovo nabrežje v razširjene debelinske razrede 73
Preglednica 23: Razvrstitev lip na raziskovalni ploskvi Vodnikova cesta III. v razširjene debelinske razrede 74
Preglednica 24: Razvrstitev srebrnih javorjev na raziskovalni ploskvi Murgle v razširjene debelinske razrede 75
Preglednica 25: Razvrstitev srebrnih javorjev na raziskovalni ploskvi Vodnikova cesta I. v razširjene debelinske razrede 76
Preglednica 26: Razvrstitev srebrnih javorjev na raziskovalni ploskvi Vila Podrožnik v razširjene debelinske razrede 77
Preglednica 27: Razvrstitev gorskih javorjev na raziskovalni ploskvi Letališka cesta v razširjene debelinske razrede 79
Preglednica 28: Razvrstitev gorskih javorjev na raziskovalni ploskvi Vila Podrožnik v razširjene debelinske razrede 80
Preglednica 29: Razvrstitev velikih jesenov na raziskovalni ploskvi Skapinova ulica v razširjene debelinske razrede 81
Preglednica 30: Razvrstitev velikih jesenov na raziskovalni ploskvi Vodnikova cesta II. v razširjene debelinske razrede 82
Preglednica 31: Razvrstitev velikih jesenov na raziskovalni ploskvi Vila Podrožnik v razširjene debelinske razrede 83

Preglednica 32: Razvrstitev črnih topolov na raziskovalni ploskvi Vodnikova cesta II. v razširjene debelinske razrede 84
Preglednica 33: Razvrstitev drevesnih vrst na raziskovalnih ploskvah v razširjeni debelinski razred A. Z vijolično barvo je označena najvišja, z rumeno pa najnižja vrednost CER. 85
Preglednica 34: Razvrstitev drevesnih vrst na raziskovalnih ploskvah v razširjeni debelinski razred B. Z vijolično barvo je označena najvišja, z rumeno pa najnižja vrednost CER. 86
Preglednica 35: Razvrstitev drevesnih vrst na raziskovalnih ploskvah v razširjeni debelinski razred C. Z vijolično barvo je označena najvišja, z rumeno pa najnižja vrednost CER. 87

KAZALO SLIK

Slika 1: Poškodbe in nekroze asimilacijskega aparata zaradi soli. 3
Slika 2: Omejevanje rastnega prostora drevesa (tlakovanje vse do debla drevesa). 4
Slika 3: Poškodbe drevesa v mestu. 7
Slika 4: Vitalnostni razredi javorolistne platane (*Platanus* x *hispanica* Mill. ex Muenchh.) pozimi – levo, poleti – desno. 11
Slika 5: Ocenjevanje osutosti krošnje za drevesno vrsto veliki jesen – Fraxinus excelsior L. 12
Slika 6: Plastično kladivo. 13
Slika 7: Električno kladivo za odkrivanje razkroja ali napak lesa v drevesu (zgoraj – starejši tip impulznega kladiva; spodaj levo – novejši tip; spodaj desno – opravljanje meritev z impulznim kladivom). 14
Slika 8: Različna modela fraktometra. 14
Slika 9: Sveder za odvzem vzorcev lesa z drevesa – levo, posamezni deli svedra – desno. 15
Slika 10: Opravljanje meritev z rezistografom 16
Slika 11: Shigometer in opravljanje meritev. 16
Slika 12: Arbosonic in opravljanje meritev. 17
Slika 13: Opravljanje meritev z drevesnim radarjem. 18
Slika 14: Uporovni merilnik Tree tester. 18
Slika 15: Lokacije raziskovalnih območij izbranih drevesnih vrst. 22
Slika 16: Opravjanje meritev električne upornosti živih tkiv na drevesu z uporovnim merilnikom Tree tester. 23
Slika 17: Obglavljeni veliki jeseni na ozki zelenici na Skapinovi ulici v Ljubljani. 25
Slika 18: Navadni divji kostanji v Rožni dolini. 26
Slika 19: Drevored navadnih divjih kostanjev v parku Tivoli. 27
Slika 20: Drevored navadnih divjih kostanjev na Tomšičevi ulici. 28
Slika 21: Skupina javorolistnih platan na Prešernovi cesti. 29
Slika 22: Močno poškodovane in neustrezno negovane platane (levo); omejevanje rastnega prostora drevesa (desno). 30
Slika 23: Lipe na Petkovškovem nabrežju. 31
Slika 24: Drevored platan na Poljanski cesti. 32

Slika 25: Obglavljena drevesa navadnih divjih kostanjev na Grajskem griču. 33
Slika 26: Drevored navadnih divjih kostanjev na Grajskem griču. 34
Slika 27: Dvojni drevored navadnih divjih kostanjev na Grajskem griču. 35
Slika 28: Mlade vrbe v Trnovskem pristanu. 36
Slika 29: Odrasle vrbe, ki nudijo prijetno senco ob sprehajalni poti, a hkrati nevarna drevesa zaradi razkroja v notranjosti. 37
Slika 30: Poškodovana krošnja ostrolistnih javorjev na Grudnovem nabrežju. 38
Slika 31: Srebrni javorji v Murglah. 39
Slika 32: Dvojni drevored javorjev na Letališki cesti. 40
Slika 33: Premočno obrezane javorolistne platane na Šmartinski cesti. 41
Slika 34: Dvojni drevored srebrnih javorjev na Vodnikovi cesti. 42
Slika 35: Obglavljeni veliki jesen v slabih rastnih razmerah. 43
Slika 36: Bujna sekundarna krošnja črnega topola. 44
Slika 37: Obglavljene lipe v Dravljah z že razvito sekundarno krošnjo. 45
Slika 38: Popolnoma obglavljena drevesa z že novo sekundarno krošnjo, ostrolistni javorji (zgoraj) pobešave vrbe (spodaj). 46
Slika 40: Tipične poškodbe zaradi posipne soli – nekroze listov (navadni divji kostanj – levo; gorski javor – desno). 51
Slika 41: Sezonska variabilnost električne upornosti kambijeve cone v letu 2005 pri devetih rdečecvetnih in osemintridesetih navadnih divjih kostanjih z raziskovalne ploskve Cesta v Rožno dolino. 54
Slika 42: Sezonska variabilnost električne upornosti kambijeve cone pri dvainštiridesetih navadnih divjih kostanjih v Parku Tivoli v rastni sezoni 2005. 55
Slika 43: Sezonska variabilnost električne upornosti kambijeve cone pri devetindvajsetih navadnih divjih kostanjih na Tomšičevi ulici v rastni sezoni 2005. 57
Slika 44: Sezonska variabilnost električne upornosti kambijeve cone osmih obglavljenih navadnih divjih kostanjev na raziskovalni ploskvi Grajski grič v rastni sezoni 2005. 58
Slika 45: Sezonska variabilnost električne upornosti kambijeve cone za 17 navadnih divjih kostanjev, prizadetih zaradi posipnih soli na raziskovalni ploskvi Grajski grič v rastni sezoni 2005. 59

Slika 46: Sezonska variabilnost električne upornosti kambijeve cone za 29 zdravih navadnih divjih kostanjev na raziskovalni ploskvi Grajski grič v rastni sezoni 2005. 60
Slika 47: Sezonska variabilnost električne upornosti kambijeve cone pri enaindvajsetih javorolistnih platanah z raziskovalne ploskve Prešernova cesta v rastni sezoni 2005. 61
Slika 48: Sezonska variabilnost električne upornosti kambijeve cone pri desetih javorolistnih platanah z raziskovalne ploskve Trg OF v rastni sezoni 2005. 62
Slika 49: Sezonska variabilnost električne upornosti kambijeve cone pri osemnajstih javorolistnih platanah z raziskovalne ploskve Poljanska cesta v rastni sezoni 2005. 63
Slika 50: Sezonska variabilnost električne upornosti kambijeve cone pri triintridesetih javorolistnih platanah z raziskovalne ploskve Šmartinska ulica v rastni sezoni 2005. 64
Slika 51: Sezonska variabilnost električne upornosti kambijeve cone pri štiriindvajsetih pobešavih vrbah z raziskovalne ploskve Trnovski pristan I. v rastni sezoni 2005. 65
Slika 52: Sezonska variabilnost električne upornosti kambijeve cone pri osemindvajsetih pobešavih vrbah z raziskovalne ploskve Trnovski pristan II. v rastni sezoni 2005....66
Slika 53: Sezonska variabilnost električne upornosti kambijeve cone pri enajstih pobešavih vrbah z raziskovalne ploskve Vila Podrožnik v rastni sezoni 2005. 67
Slika 54: Sezonska variabilnost električne upornosti kambijeve cone pri šestintridesetih ostrolistnih javorjih z raziskovalne ploskve Grudnovo nabrežje v rastni sezoni 2005....69
Slika 55: Sezonska variabilnost električne upornosti kambijeve cone pri trinajstih ostrolistnih javorjih z raziskovalne ploskve Letališka cesta v rastni sezoni 2005. 70
Slika 56: Sezonska variabilnost električne upornosti kambijeve cone pri sedmih obglavljenih ostrolistnih javorjih z raziskovalne ploskve Vila Podrožnik v rastni sezoni 2005. 71

Slika 57: Sezonska variabilnost električne upornosti kambijeve cone pri šestih zdravih ostrolistnih javorjih z raziskovalne ploskve Vila Podrožnik v rastni sezoni 2005. 72
Slika 58: Sezonska variabilnost električne upornosti kambijeve cone pri šestnajstih lipah z raziskovalne ploskve Petkovškovo nabrežje v rastni sezoni 2005. 73
Slika 59: Sezonska variabilnost električne upornosti kambijeve cone pri dvainštiridesetih lipah z raziskovalne ploskve Vodnikova ulica v rastni sezoni 2005. 74
Slika 60: Sezonska variabilnost električne upornosti kambijeve cone pri desetih srebrnih javorjih z raziskovalne ploskve Murgle v rastni sezoni 2005. 75
Slika 61: Sezonska variabilnost električne upornosti kambijeve cone pri dvaintridesetih srebrnih javorjih z raziskovalne ploskve Vodnikova cesta I. v rastni sezoni 2005. 77
Slika 62: Sezonska variabilnost električne upornosti kambijeve cone pri treh srebrnih javorjih z raziskovalne ploskve Vila Podrožnik v rastni sezoni 2005. 78
Slika 63: Sezonska variabilnost električne upornosti kambijeve cone pri tridesetih gorskih javorjih z raziskovalne ploskve Letališka cesta v rastni sezoni 2005. 79
Slika 64: Sezonska variabilnost električne upornosti kambijeve cone pri treh gorskih javorjih z raziskovalne ploskve Vila Podrožnik v rastni sezoni 2005. 80
Slika 65: Sezonska variabilnost električne upornosti kambijeve cone pri osmih velikih jesenih z raziskovalne ploskve Skapinova ulica v rastni sezoni 2005. 81
Slika 66: Sezonska variabilnost električne upornosti kambijeve cone pri petnajstih velikih jesenih z raziskovalne ploskve Vodnikova cesta II. v rastni sezoni 2005. 82
Slika 67: Sezonska variabilnost električne upornosti kambijeve cone pri šestih velikih jesenih z raziskovalne ploskve Vila Podrožnik v rastni sezoni 2005. 83

Slika 68: Sezonska variabilnost električne upornosti kambijeve cone pri sedmih črnih topolih z raziskovalne ploskve Vodnikova cesta II. v rastni sezoni 2005. 84

1 UVOD

Drevesa so na Zemlji prisotna že miljone let, obstajala so že veliko pred razvojem človeštva. Rastejo v debelino in so najvišji organizmi na Zemlji ter živijo dlje kot katerikoli organizem na našem planetu (Shigo, 1989).

Drevo je lesna trajnica. Je kompartmentalizirana in kompartmentalizirajoča, absczirajoča, ne-premikajoča se lesna rastlina brez možnosti celejenja ran (Shigo, 1986).

Ljudje smo prenesli drevesa v svoj svet, spremenili smo način, kako rastejo, zato smo odgovorni za pravilno vzgojo, nego in skrb za drevesa, ki rastejo v mestih (Shigo, 1989).

Posamezna drevesa in drevoredi v parkih, ob prometnicah, sprehajalnih poteh in rekreacijskih površinah pomenijo nenadomestljivo arhitekturno oživitev mesta. Mestna drevesa so nosilec oblikovane narave, zato njihov ekološki, družbeni, arhitekturni in gospodarski pomen narašča z naraščanjem prebivalcev, ki živijo v mestih in neposredni okolici (Oven, 2000b).

Drevesa v mestih izpolnjujejo številne vloge oziroma funkcije, ki jih zahteva človek. Večina dreves in lesnih rastlin (grmovnic) v urbanem okolju je posajenih, da krasijo okolico in nudijo senco. Ko se odločamo o izbiri drevesa, moramo vedeti, kaj od drevesa pričakujemo, kakšne vloge bo izpolnjeval s svojo prisotnostjo. Vloge in funkcije, ki jih drevesa izpolnjujejo, lahko razdelimo na ekološke (okoljske) funkcije ter socialne (družbene) in ekonomske (gospodarske) vloge. Med pomembnejšimi ekološkimi funkcijami bi izpostavili proizvodnjo kisika (O_2), omiljanje in blaženje vremenskih pojavov (sonce, veter, dež), izboljšanje kvalitete zraka, shranjevanje in zadrževanje vode (H_2O) in ogljikovega dioksida (CO_2) ter ohranjanje biotske pestrosti, tj. nudenje habitata za mnoga živa bitja (ptiči, žuželke, glive, lišaji, bakterije itd.). Pod blaženjem vremenskih pojavov lahko izpostavimo zviševanje relativne vlažnosti ozračja, zniževanje temperature zraka in neposredne okolice, zmanjševanje hitrosti vetra, absorbcijo direktnega sončnega sevanja in polutantov ozračja, kot so ozon (O_3), ogljikov monoksid (CO), prah in drugi aerosoli.

V uvodnem delu diplomske naloge bomo predstavili glavne metode ocenjevanja zdravstvenega stanja dreves oziroma vitalnosti dreves v urbanem okolju. V nadaljevanju diplomskega dela se bomo osredotočili le na metodo merjenja električne upornosti kambijeve cone (CER) živih tkiv med rastno sezono. Ta metoda nam poleg vizualnih znakov drevesa kaže, v kakšni »kondiciji« je drevo, kakšna je njegova vitalnost oziroma zdravstveno stanje. Metoda se je potrdila že na gozdnem drevju (sestoj), zlasti na iglavcih, manjkajo pa raziskave na listavcih, še posebej tistih, ki rastejo v urbanem prostoru. Tako bi preveril njeno uporabno vrednost na izbranih drevesnih vrstah, ki rastejo v urbanem okolju in imajo izrazito neugodne pogoje za rast in normalen razvoj.

1.1 NAMEN IN CILJI DIPLOMSKE NALOGE

S posebnim instrumentom, imenovanim Tree tester, ki meri električno upornost (KΩ) kambijeve cone, smo želeli:

- ugotoviti oz. določiti razpon vrednosti električne upornosti kambijeve cone (CER) med rastno sezono pri različnih drevesnih vrstah, ki rastejo v urbanem okolju
- ugotoviti oz. določiti razpon vrednosti električne upornosti kambijeve cone (CER) med rastno sezono pri različno vitalnih drevesih glede na vizualne znake prizadetosti krošnje (prizadetost zaradi neustrezne nege drevesa, kontaminiranost zaradi posipnih soli, zaradi drugih razlogov)
- ugotoviti oz. določiti razpon vrednosti električne upornosti kambijeve cone (CER) med rastno sezono pri drevesih različnega premera debla (prsni premer debla na višini 1,3 m)
- poznavanje povezave med električno upornostjo kambijeve cone in značilnostmi drevesne krošnje bo pomemben prispevek k razvoju enotne metodologije za ugotavljanje prizadetosti mestnih dreves.

2 PREGLED LITERATURE

2.1 RASTNE RAZMERE V MESTU

Na splošno so drevesa podvržena delovanju različnih abiotskih in biotskih dejavnikov, ki vzajemno vplivajo na njihovo vitalnost.

Rastne razmere v urbanem okolju niso ugodne za drevesa in lesne rastline, saj smo jih umetno prenesli v okolje, kjer drugače same ne bi uspevale. Rastiščna dejavnika, tla in klima, sta ključnega pomena za rast in razvoj rastlin, še posebej lesnatih rastlin. Ravno ti dve komponenti pa sta v mestih močno spremenjeni.

Tla so zbita, njihova prepustnost za vodo je majhna, veliko je površinskega odtoka vode, kar je slabo z vidika preskrbe z vodo. Pogostokrat so tla osiromašena s kisikom (O_2), ogljikom (C) in drugimi elementi, ki so potrebni za rast. Nemalokrat pa se zgodi, da je kakšnega elementa, ki je za rastline toksičen, preveč. Eden izmed teh elementov je natrij (Na), ki ga človek v zimskem času v obliki soli (NaCl) uporablja za posipavanje cest, pločnikov in sprehajalnih poti, da bi preprečil poledico. Količine, ki jih letno porabijo komunalni delavci za posipavanje cest in pločnikov, so ogromne. Vsa ta sol se spere v tla, iz katerih drevesa s koreninami črpajo hranilne snovi. Sol nato potuje iz korenin po prevodnem tkivu, vse do asimilacijskega aparata drevesa (listov), kar škoduje drevesu. Značilne poškodbe zaradi soli so nekroze listov. Nekroza je odmiranje tkiva, zlasti zunanjega oboda listov (slika 1).

Slika 1: Poškodbe in nekroze asimilacijskega aparata zaradi soli.

Klima se kaže v obliki dolgoletnih povprečij padavin in temperatur. V večjih mestih, kjer je veliko asfaltnih površin, se temperatura v poletnih dneh lahko dvigne precej nad temperaturo okolice, kar povzroči večjo evaporacijo (prehajanje vode iz tekočega v plinasto stanje) iz tal in transpiracijo (oddajanje vode) rastlin skozi listne reže (Kotar, 2005), zato so drevesa v mestih izpostavljena pomanjkanju vode veliko bolj kot drevesa, ki rastejo v gozdu oziroma v sestoju. Takšna drevesa prej doživijo vodni stres.

Mesta se večajo in širijo, rastnega prostora za drevesa je premalo. V tla so speljane vodovodne, komunalne, električne, telefonske in druge optične napeljave, ki koreninskemu sistemu onemogočajo normalen razvoj in ga ob sami napeljavi tudi poškodujejo, ta pa je za zdravo in varno drevo bistvenega pomena. Vsa gradbena dela negativno vplivajo na rast in razvoj dreves. Zbitost tal, premalo rastnega prostora za koreninski sistem, mehanske poškodbe korenin in koreničnika (spodnjega dela debla) negativno vplivajo na rast in vitalnost dreves. Omejevanje rastnega prostora s tlakovanjem in asfaltiranjem poti vse do debla drevesa (slika 2) ni nobena redkost v mestih, prej pravilo. Poleg tega so drevesa izpostavljena posipni soli (soljenje cest in pločnikov v zimskem času), izpušnim plinom, odpadnim snovem industrije, delovanju glivičnih organizmov, vandalizmu. Tudi snegolomi in vetrolomi niso izjema.
(Hrvatske šume d.o.o., 2004)

Slika 2: Omejevanje rastnega prostora drevesa (tlakovanje vse do debla drevesa).

Še posebej bi veljalo izpostaviti nestrokovno nego dreves v zadnjem času. Premočno obrezovanje glavnih vej in vrha drevesa oziroma obrezovanje na glavo (ang. topping, tipping, heading) poruši ravnovesje, ki vlada v drevesu.

Porušen je obrambni mehanizem drevesa, uničena je lepota in dostojanstvo drevesa (Shigo, 1989).

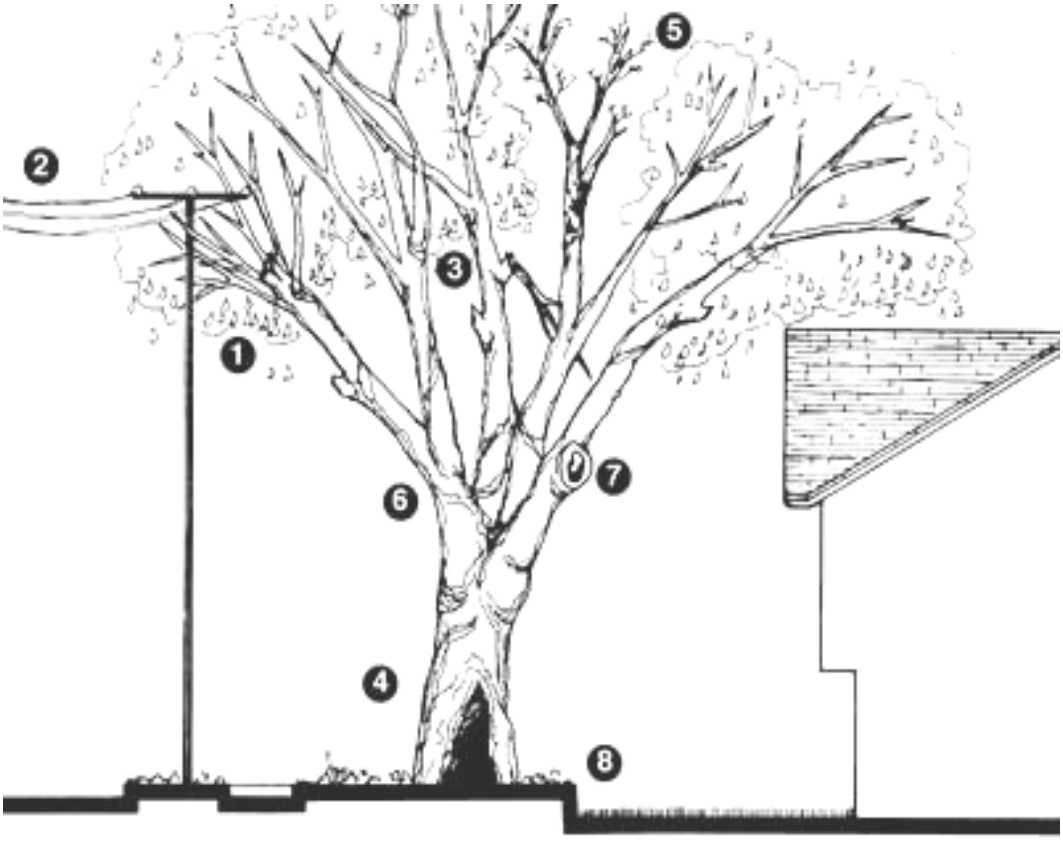
Obglavljanje povzroči stres v drevesu. Pogostokrat je z obglavljanjem in nestrokovnim obrezovanjem odstranjen velik del rezervnih zalog in hrane, ki so shranjene v vejah in vejicah ter od 50 do 100 % listne površine. Listi so glavni proizvajalci hrane za drevo (fotosinteza). Z odstranitvijo le-teh povzročimo, da drevo začasno strada. V drevesu se sprožijo preživetveni mehanizmi. Aktivira se rast latentnih ali spečih poganjkov z pospešeno rastjo neposredno pod rano. Če drevo nima zadosti rezervnih zalog za ponovno vzpostavitev asimilacijskega aparata, lahko zelo oslabi ali celo odmre. Oslabljeno drevo v stresu je ranljivo in dovzetnejše za napade insektov in vdore glivičnih organizmov, ki povzročajo trohnenje, razkroj in razpad živih tkiv. Zaradi velikih in odprtih ran obrezovanja lahko drevesu manjka zadostna količina energije za kemično zaščito pred vdorom insektov, glivičnih in patogenih organizmov. Drevo v stresu s svojimi kemičnimi signali nekatere insekte celo privablja. Obglavljanje povzroči trohnenje, razpad in razkroj v drevesu. Prečni rez vrha debla in rez vzdolž glavnih vej povzroči rano, ki je drevo običajno ne more zarasti in zapreti. Drevesa niso sposobna celjenja ran tako kot živali in ljudje, običajno rano le zarastejo s tvorjenjem kalusa, ali pa rano omejijo oz. kompartmentalizirajo. Izpostavljena lesna tkiva (beljava in jedrovina) tako začnejo razpadati. Organizmi, ki povzročajo razkroj, imajo prosto pot za napredovanje vzdolž veje in debla vse do korenin drevesa. Obglavljanje drevesa lahko povzroči tudi sončne opekline. Veje, ki rastejo v krošnji drevesa, proizvedejo tisoče listov, ti absorbirajo sončno svetlobo in ščitijo deblo. Ko odstranimo liste, so preostale veje in deblo naenkrat izpostavljeni direktni sončni svetlobi. Rezultat tega so lahko sončne opekline tkiv neposredno pod skorjo drevesa, ki lahko privedejo do razpok lubja, rakastih tvorb, ali pa celo do odmrtja nekaterih vej. Takšno drevo postane za okolico nevarno veliko prej, kot bi sicer postalo ob pravilni negi.
(International Society of Arboriculture, 2005.)

2.2 DREVESA V MESTIH

Drevesa, ki rastejo v urbanem okolju, potrebujejo večjo pozornost, skrb, nego in zaščito kot drevesa, ki rastejo v naravi (gozdu). Sem spadajo drevesa, ki rastejo na javnih zelenicah, v parkih, botaničnih vrtovih, drevoredih, sprehajalnih poteh, na otroških igriščih, ob prometnicah in ob stanovanjskih ter gospodarskih zgradbah, kot tudi drevesa na zasebnih površinah. Ta drevesa moramo pregledovati in negovati pogosteje, saj se nemalokrat zgodi, da stara, nenegovana drevesa ali pa nepravilno in neustrezno negovana drevesa ogrožajo varnost ljudi, kot tudi zasebno in državno lastnino. To so tako imenovana »hazardna« drevesa ali potencialno nevarna drevesa. Ta drevesa je potrebno ustrezno sanirati. V primeru, ko sanacija ni več možna, jih je potrebno odstraniti ter nadomestiti z drugo primerno drevesno vrsto. Če je drevo zdravo in vitalno, izpolnjuje številne ekološke (okoljske) in socialne vloge, ki imajo v urbanem okolju veliko vrednost, in sicer: veže ogljikov dioksid in sprošča kisik (proces fotosinteze), čisti in filtrira zrak, nudi senco in v poletnih dneh s svojo mikroklimo pripomore k zmanjšanju povprečne temperature, ki je v mestih z veliko asfalta lahko neznosna. Poleg vsega tega ima drevo tudi estetsko vlogo, ki se je pogosto ne zavedamo. Je nosilec oblikovane narave (Oven, 2003).

Vsak pregled se začne z vizualno oceno stanja, ki nemalokrat z opažanjem značilnih simptomov, nakazuje na procese znotraj drevesa.

Kaj je lahko narobe pri drevesih, ki rastejo v mestnem okolju, nam nazorno pokaže naslednja slika.



Slika 3: Poškodbe drevesa v mestu.
(International Society of Arboriculture, 2005.)

Slika 3 prikazuje poškodbe oziroma možne poškodbe drevesa, ki raste v urbanem okolju:

1. ponovna bujna rast stranskih poganjkov (adventivni poganjki) zaradi obglavljenja glavne veje, tako imenovani »topping«, neustrezno in nestrokovno obrezovanje,
2. električna napeljava blizu drevesa,
3. zlomljena ali delno pritrjena veja,
4. odprta duplina, votlina v deblu,
5. mrtva ali umirajoča veja,
6. kodominantne veje rastejo iz ene točke debla (vrasla skorja),
7. razkroj in trohnenje v starih ranah,
8. nedavno spremenjen nivo tal zaradi gradbenih del, poškodovan koreninski sistem,

2.3 ARBORISTIKA

(slo. arborikultura, arboristika; ang. arboriculture; fr. arboriculture; nem. Baumpflege; hr. arborikultura; it. Arboricoltura)

Izraz arborikultura izhaja iz latinskih besed **arbor** – drevo in **cultura** – gojenje.

Arborikultura je načrtovanje, sajenje, varstvo in vzdrževanje dreves ter pridruženih rastlin – posamično, v majhnih skupinah ali v gozdnih razmerah v velemestih, v njihovih predmestjih in manjših mestih (Miller, 1996).

Arboristika je veja urbanega gozdarstva in hortikulture, ki temelji na razumevanju drevesne biologije (Shigo, 1989) in se ukvarja s preučevanjem, gojenjem in ohranjanjem dreves v urbanem okolju. Je verjetno najpomembnejši in komplementarni del urbanega gozdarstva. Cilj arboristike je zdravo, estetsko in varno drevo, kar je mogoče doseči le z razmnoževanjem in izborom drevesnih vrst, primernih za rast v zaostrenih razmerah urbanega okolja, pravilnim sajenjem, pravilno nego dreves, z razvojem in uporabo diagnostičnih metod za oceno nevarnih dreves ter metod za ugotavljanje in zatiranje bolezni ter škodljivcev (Oven, 2000b). Razvojna dejavnost in ekspertize na področju arboristike so usmerjene predvsem v oceno zdravstvenega stanja in varnosti drevja v urbanem okolju.

Izraz arboristika je prvič uporabil Charles Irish leta 1932 v svojem članku “Highlights in the Early History of Arboriculture” (Dornik, 2007).

Arboristika ima dolgo tradicijo zlasti v ZDA, kjer je tudi sedež mednarodne izobraževalne in raziskovalne organizacije arboristov – *International Society of Arboriculture* (ISA). Ustanovljena je bila leta 1924 in ima danes okoli 12.000 članov ter 10.000 usposobljenih arboristov s certifikatom ISA po vsem svetu (Oven, 2000b).

2.4 METODE OCENJEVANJA VITALNOSTI IN VARNOSTI DREVESA

V preteklosti so gozdarji razvijali različne metode, kako oceniti oziroma določiti zdravstveno stanje oz. vitalnost drevesa. Najbolj preprosta ja vizualna ocena posameznih delov drevesa (koreničnik, deblo, krošnja, veje). Ti znaki nam v veliki meri povedo, kaj se v drevesu dogaja, ali je drevo zdravo, ali se razvija in raste, tako kot mora, ali pa je z njim kaj narobe.

Danes imamo za oceno stanja drevesa posebne obrazce, da lahko ocenimo poškodovanost posameznih delov drevesa ali vitalnost (npr. osutost krošnje). Poškodovanost posameznih delov drevesa največkrat izražamo v procentih (%), medtem ko vitalnostne stopnje oz. vitalnost delimo v posamezne razrede (0, 1, 2 itd.). Največjo težo pri vizualni oceni dajemo krošnji drevesa. Ocena krošnje je primernejša med rastno sezono, saj so suhe veje bolj opazne v času, ko je drevo olistano. Za natančnejšo oceno stanja lahko analiziramo liste oz. iglice dreves. Z analizo listja oz. iglic drevesa lahko podamo oceno preskrbljenosti drevesa z makrohranili (N, P, K, Ca, Mg in S) in oceno obremenjenosti drevesa oz. skupin dreves z onesnaženim zrakom (imisije NO_X, SO_2 in težkih kovin). Hranila so elementi, ki so neophodni za rast rastlin. (Popis poškodovanosti …, 2000)

V novejšem času so se pojavili različni merilni aparati in naprave, ki pokažejo, kaj se dogaja v notranjosti drevesa. Te naprave so zanesljivejše od ocene ocenjevalca in imajo veliko diagnostično vrednost pri odkrivanju razkroja v drevesu ter oceni vitalnosti in varnosti drevesa. V sodobni arboristiki so nepogrešljiv pripomoček arborista.

Med številnimi diagnostičnimi napravami bi izpostavil arbosonic (ultrazvočni detektor) in drevesni radar, fraktometer (meri upogibno trdnost vzorca lesa), prirastni sveder (vzemanje vzorcev lesa), arbotom in impulzno kladivo (zvočna detektorja), rezistograf (meri mehanski odpor lesa na vrtanje) ter shigometer (meri električno upornost).

2.4.1 Vizualna ocena drevesa

Pri vizualni oceni drevesa velja na splošno upoštevati naslednja vprašanja:

- Ali so na drevesu prisotne velike mrtve veje?
- Ali z drevesa visijo še pritrjene veje?
- Ali je v drevesu prisoten razkroj na deblu ali večjih vejah?
- Ali so prisotne glive ob ali na koreničniku, deblu?
- Ali so prisotne razpoke na deblu in kjer so veje pritrjene na deblo?
- Ali je padla kakšna veja z drevesa?
- Ali je padlo kakšno sosednje, bližnje drevo?
- Ali je deblo močno upognjeno?
- Ali glavne veje rastejo iz ene same točke na deblu?
- Ali so bile korenine porezane ali poškodovane pri komunalnih delih?
- Ali je bila bližnja okolica, kjer rastejo drevesa, spremenjena zaradi gradbenih del, z dvigovanjem tal ali ustvarjanjem novih zelenih površin?
- Ali je krošnja in listje nenavadne barve in velikosti?
- Ali so drevesa v bližnji okolici bila odstranjena?
- Ali je bilo drevo obglavljeno ali kako drugače močno obrezano?

Če odgovorimo na ta vprašanja, dobimo grobo oceno, kakšno je zdravstveno stanje drevesa in ali je v dobri fizični kondiciji.

Načeloma je za oceno vitalnosti dreves bolj ali manj ustreznih veliko različnih parametrov. Delijo se na nadzemno vidne kriterije in podzemno značilne in fiziološke parametre. (Roloff, 2001).

- **Nadzemno vidni kriteriji:**

- Vizualno: izguba listov, razvejitev, prirast premera, razvoj dolgih (podaljšanih) poganjkov, patogenost, fruktifikacija, velikost listov, porumenelost (obledelost), nekroze listov, osutost krošnje .
- Fiziološko: gospodarjenje z vodo, fotosinteza, gospodarjenje s snovmi, encimi, hormoni, fenologija.

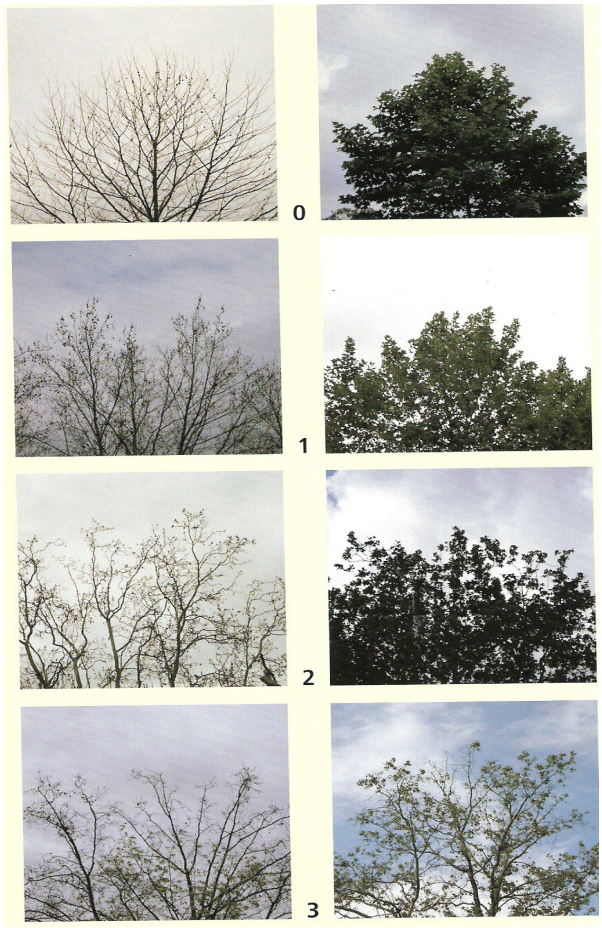
- **Podzemno značilni parametri:**

- Nastajanje finih korenin, prisotnost mikorize.

2.4.1.1 Ocena krošnje po Roloffu.

Rollof natančno opisuje ocenjevanje krošenj različnih drevesnih vrst. Posamezne vitalnostne stopnje je razdelil v štiri razrede in sicer od 0 do 3. Najnižjo številko 0 ima najvitalnejši razred (zdrava drevesa), nato si sledijo ostale vitalnostne stopnje do št. 3 (najbolj prizadeta drevesa).

Kot primer ocenjevanja krošnje je predstavljena javorolistna platana *(Platanus* x *hispanica* Mill. ex Muenchh.).

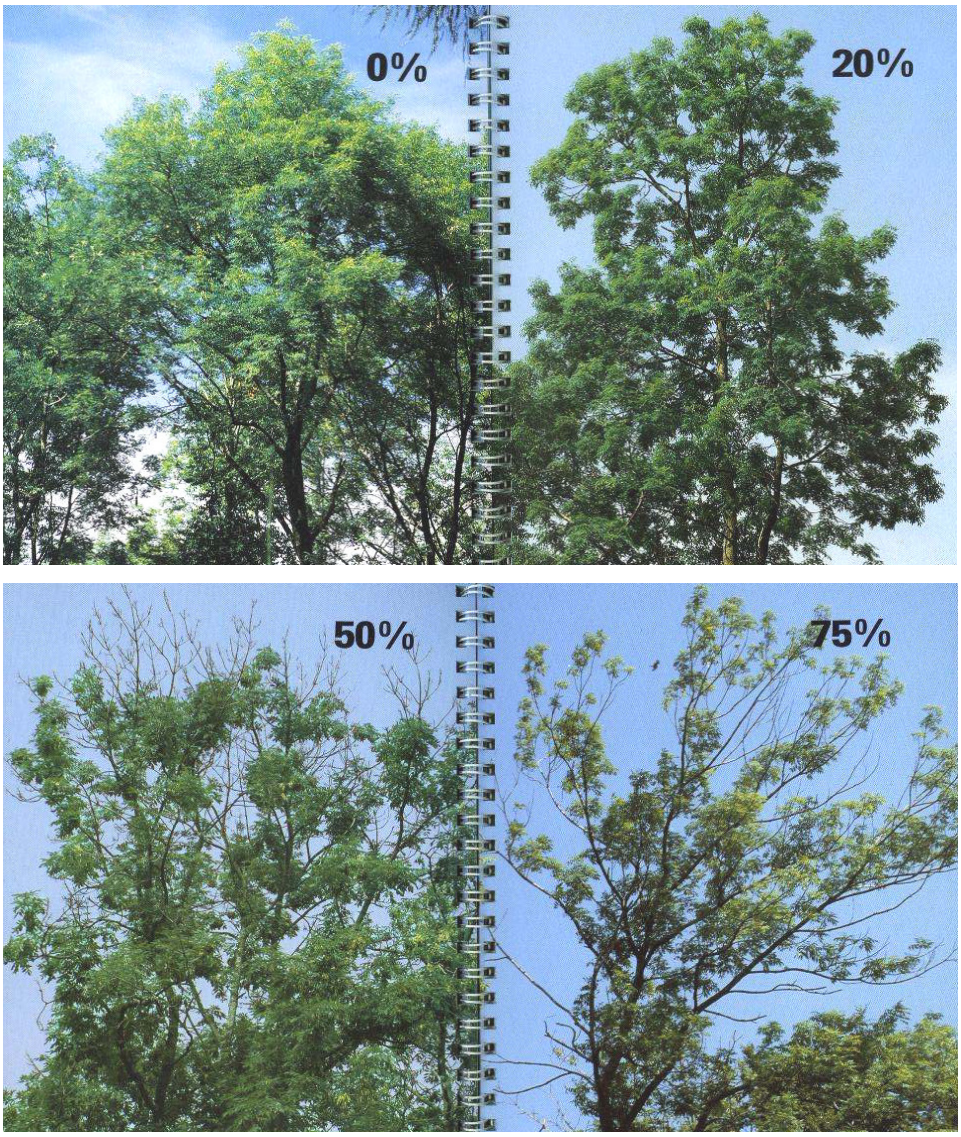


Slika 4: Vitalnostni razredi javorolistne platane (*Platanus* x *hispanica* Mill. ex Muenchh.) pozimi – levo, poleti – desno (Roloff, 2001).

2.4.1.2 Ocena osutosti krošnje po delovnem gradivu za ocenjevanje osutosti, Inventura 2007

V delovnem gradivu za ocenjevanje osutosti krošnje so predstavljene različne drevesne vrste, predvsem iglavci in najpogosteje zastopana listnata drevesa naših gozdov. Delovno gradivo je prirejeno za naše rastne razmere (fotografije so iz priročnika KRONENBILDER, Sanasilva, EAFV).

Primer ocenjevanja osutosti asimilacijskega aparata pri velikem jesenu – *Fraxinus excelsior* L., (štiri stopnje osutosti krošnje).



Slika 5: Ocenjevanje osutosti krošnje za drevesno vrsto veliki jesen – Fraxinus excelsior L. (Delovno gradivo ..., 2007)

2.4.2 Plastično kladivo

Plastično kladivo je zelo koristno, a v današnjih dneh pogostokrat prezrto orodje za splošni pregled drevesa. Glava kladiva je iz trde plastike in je idealna za udarjanje po deblu drevesa oziroma koreničniku. Z udarjanjem po deblu s pomočjo zvoka, ki nastane pri udarcu (višina zvoka, ton), odkrivamo večja območja, kjer je mrtvo lubje, mrtev les in razkroj v drevesu. V nekaterih primerih je relativno preprosto prepoznati npr. »jezik« mrtvega lesa, ki potuje po deblu navzdol od stare rane zaradi obrezovanja, ali pa odkriti zelo tanko steno dupline.

Slika 6: Plastično kladivo.
(Chris Skelern. AIE. 2000)

2.4.3 Impulzno ali električno kladivo

Je specializirana naprava, ki meri hitrost zvoka, ki potuje skozi les. Zvok potuje hitreje skozi trden les. Če naletimo na razkrojen les, bo le-ta upočasnil pot zvoka. Uporabljamo ga tako, da predhodno vstavimo v drevo dva vijaka (senzorja naprave), ki ležita v nasprotni ravnini. Na enem vijaku je pritrjen senzor, medtem ko z električnim kladivom udarimo po nasprotnem vijaku in tako ustvarimo impulz zvoka. Električna napeljava oddaja signale nazaj električni napravi, ki meri in izpisuje rezultate meritev na ekran naprave.

Slika 7: Električno kladivo za odkrivanje razkroja ali napak lesa v drevesu (zgoraj – starejši tip impulznega kladiva; spodaj levo – novejši tip; spodaj desno – opravljanje meritev z impulznim kladivom).
(Chris Skelern. AIE. 2000)

2.4.4 Fraktometer

Fraktometer je mehanska naprava, ki meri čvrstost oziroma odpornost vzorca lesa na takšen način, da meri njegov upogib in točko, pri kateri se vzorec popolnoma zlomi. Vzorec lesa dobimo s pomočjo svedra.

Slika 8: Različna modela fraktometra.
(Chris Skelern. AIE. 2000)

2.4.5 Svedri

Sveder je specializirano orodje, s katerim dobimo vzorec lesa z drevesa. Imamo več vrst svedrov. Uporabljajo se za določevanje prirastka in odkrivanje razkroja v drevesu. Vzorec lahko vzamemo s stebla ali z veje drevesa. Sveder je sestavljen iz treh delov:

- A = ročaj; to je metalna ali kovinska cev štirikotne oblike z objemko, ne katero pritrdimo velik sveder;
- B = sveder; je votel in iz ojačanega jekla;
- C = izločevalec; tanka jeklena cevka v obliki polmeseca za ločevanje vzorca iz svedra.

Slika 9: Sveder za odvzem vzorcev lesa z drevesa – levo, posamezni deli svedra – desno.
(Chris Skelern. AIE. 2000)

2.4.6 Rezistograf

Rezistograf je naprava, s katero odkrivamo razkroj v drevesu z vrtanjem v drevo. Deluje tako, da naprava beleži, kako se les »upira« svedru, ki prodira vanj. Če sveder naleti na razkroj ali kakšno drugo napako v lesu (razpoka, reža), je čas, ki ga potrebuje za vrtanje določene razdalje krajši, kot če bi vrtali v normalno zdrav les. Rezultati vrtanja se izpišejo na posebnem grafu. Metoda velja za nedestruktivno, saj je premer svedra le 1,5 mm.

Slika 10: Opravljanje meritev z rezistografom
(Chris Skelern. AIE. 2000)

2.4.7 Shigometer

Shigometer je specializirana naprava za merjenje električne upornosti drevesnih tkiv. Sestavljen je iz tanke in dolge sonde z dvema žičkama na koncu za merjenje električne upornosti lesa. To sondo vstavimo v predhodno izvrtano luknjo. Če naletimo na območja z razkrojem, se električna upornost spremeni in prikaže na ekranu inštrumenta.

Slika 11: Shigometer in opravljanje meritev.
(Chris Skelern. AIE. 2000)

2.4.8 Arbosonic; arbosonic decay detector (ADD)

Ultrazvočni detektor razkroja uporablja ultrazvok za zaznavo in oceno notranjega razkroja drevesa. Deluje na principu ultrazvočnega signala. In sicer tako, da se ultrazvočni signal (77kHz) spusti skozi drevo med dvema spreminjevalcema (oddajnik in sprejemnik). Hitrost signala je zelo velika, okoli 2000 m/s. Ker signal potuje hitreje skozi trdnejše dele drevesa, se v predelu razkroja ali drugačnih poškodb hitrost signala zmanjša. Čas, potreben za prehod ultrazvočnega signala od oddajnika do sprejemnika, se meri in prikaže na ekranu aparata. Nato lahko primerjamo idealen prehod časa za izbrano drevesno vrsto glede na premer oz. obseg drevesa z referenčnim drevesom.

Slika 12: Arbosonic in opravljanje meritev.
(Chris Skelern. AIE. 2000)

2.4.9 Drevesni radar

Naprava sestoji iz skenerja in kontrolne enote, ki sta med seboj povezana z električnim kablom. Drevesni radar je naprava za gledanje notranjosti debla drevesa in je v celoti nedestruktivna. Uporabljamo ga lahko celo za raziskovanje in analizo mase korenin v tleh. Deluje na principu radarja.

Slika 13: Opravljanje meritev z drevesnim radarjem.
(Chris Skelern. AIE. 2000)

2.4.10 Merilec električne upornosti živih tkiv – Tree tester

Instrument je sestavljen iz kontrolne enote z majhnim zaslonom in držalom. S kontrolno enoto nastavimo parametre, ki so potrebni za opravljanje meritev. Držalo instrumenta je iz umetne plastične mase, v katerega sta na vrhu vgrajeni dve igelni elektrodi. Igelni elektrodi sta povezani s kontrolno enoto preko električnega voda. Igelni elektrodi sta iz nerjavečega jekla, med seboj sta oddaljeni 1 cm. Lahko imamo različno velikost igel, ki so velike 1 cm, 3 cm ali 5 cm. Instrument potrebuje električno baterijo (3,5 V). Instrument meri električno upornost v KΩ-ih.

Slika 14: Uporovni merilnik Tree tester.

2.5 PREGLED OBJAV ELEKTRIČNE UPORNOSTI

Merjenje električne upornosti živih tkiv v stoječem drevesu je nedestruktivna metoda. Električna upornost in s tem prevodnost sta poleg vizualnih znakov dobra pokazatelja vitalnosti oz. zdravstvenega stanja drevesa. Ker se je ta metoda pokazala za uspešno pri drevesih v sestoju, predvsem iglavcih (jelka, smreka), je smiselno to metodo uporabiti tudi pri mestnem drevju in razširiti njeno uporabnost.

Merjenje električne upornosti kambijeve cone so preučevali v gozdnih sestojih na jelki, smreki in bukvi (Robič in sod. 1990; Torelli in sod. 1990; Torelli in Čufar 1994; Torelli in sod. 1996; Čufar 1997; Shortle in sod. 1999), na dobu in gradnu (Komlenović 1996), na smrekah (Lindberg in Johansson 1989), na zasajenih zelenih borih (Kostka in Sherald 1982) in na balzamastih jelkah (Shortle in Ostrofsky 1983; Piene in sod. 1984; Smith in sod. 1984).

V Sloveniji je bila na mestnem drevju opravljena le ena preliminarna raziskava (Oven 2000) in sicer na navadnih divjih kostanjih v eni vegetacijski dobi. Merjenje električne upornosti živih tkiv v stoječem drevesu je nedestruktivna metoda (Torelli in Čufar 1994). Lindberg in Johansson menita, da je najbolj primeren način uporabe te metode primerjava električne upornosti periodičnih meritev na istih področjih (Lindberg in Johansson 1989). Metoda se je po mnenju obeh avtorjev izkazala za manj primerno pri ugotavljanju rastnosti posameznih dreves. Torelli in sodelavci (1990, 1992) ugotavljajo, da je metoda primerna za ocenjevanje kondicije posameznega drevesa in možnosti za napoved preživetja prizadetih dreves na območjih z onesnaženim zrakom, če ta drevesa spremljamo s periodičnimi dolgoročnimi meritvami. Vrednosti električne upornosti so odvisne od sezonsko spremenljive debeline živega, z iglama inštrumenta prebodenega tkiva oz. celic in koncentracije mobilnih ionov, predvsem kalija v kambijevi coni. Dejavniki, ki na to vplivajo, so starost, cenotski status, onesnaženost, plodnost rastišča, suša in kombinacija posameznih dejavnikov (Torelli in sod. 1992; Torelli in Čufar 1994).

Smith in sodelavci (1984) so pri balzamastih jelkah ugotovili povezavo med številom celic kambijeve cone in električno upornostjo. Korelacija med električno upornostjo in številom celic kambijeve cone v času vegetacijske dobe za drevesa v urbanem okolju še

ni poznana. Prav tako ni poznana aktivnost kambijeve cone in njena električna upornost pri različno prizadetih drevesih zaradi posipnih soli (NaCl, $CaCl_2$).

Večje raziskave na mestnem drevju do leta 2007 ni bilo. (Marion 2007) je raziskovala povezavo med ocenami stanja krošnje in električno upornostjo živih tkiv. Pri posamezni drevesni vrsti je električna upornost živih tkiv odvisna od prizadetosti drevesa, širine kambija in časa meritev v vegetacijskem obdobju.

3 MATERIAL IN METODA DELA

3.1 IZBOR DREVESNIH VRST

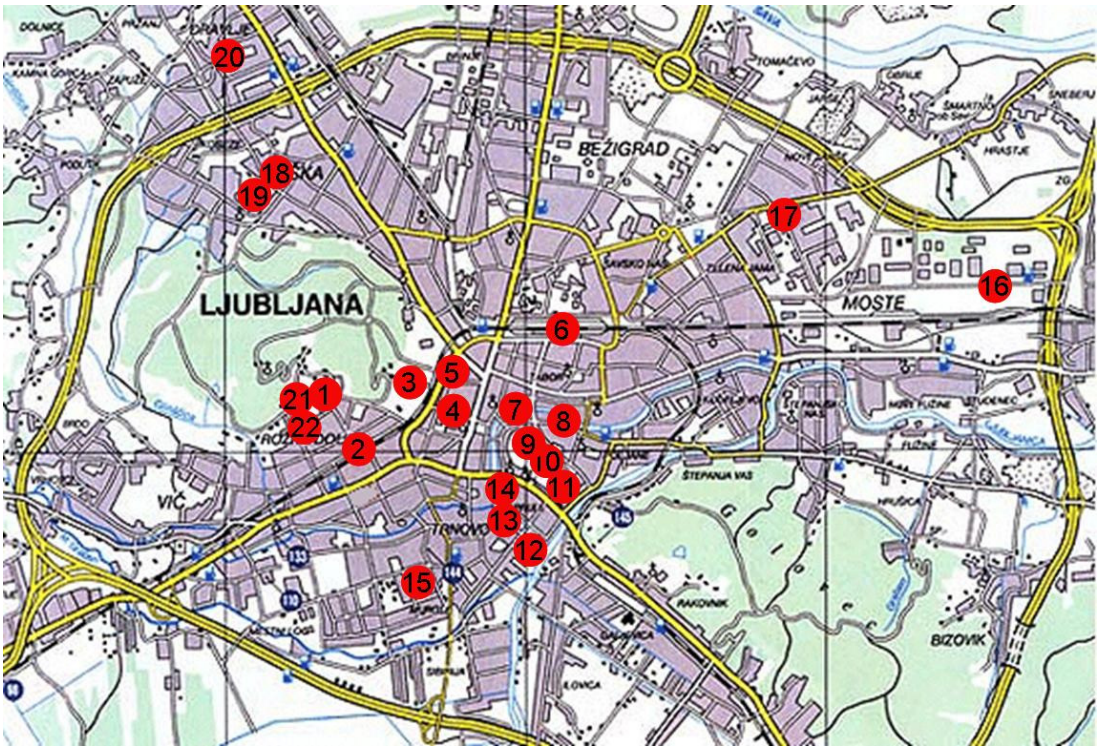
Po predhodnem ogledu terena (Mestna občina Ljubljana z okolico) smo na podlagi vidnih znakov prizadetosti krošnje in nestrokovne nege ter navidezno zdravih dreves izbrali ploskve z drevesnimi vrstami, ki so najpogosteje zastopane v MO Ljubljana.

V študijo so bila zajeta odrasla in mlada drevesa naslednjih drevesnih vrst:
Acer platanoides L. – ostrolistni javor, *Acer pseudoplatanus* L. – gorski javor, *Acer saccharinum* L. – srebrni javor, *Aesculus hippocastanum* L. – navadni divji kostanj, *Aesculus* x *carnea* Hayne. – rdečecvetni divji kostanj, *Fraxinus excelsior* L. – veliki jesen, *Platanus* x *hispanica* Mill. ex Muenchh. – javorolistna platana, *Populus nigra* L. – črni topol, *Salix* x *sepulcralis* Simk. – pobešava vrba, *Tilia sp.* – lipa. Izbrali smo različno prizadeta drevesa.

3.2 IZBOR RAZISKOVALNIH OBMOČIJ

Lokacije raziskovalnih dreves, kjer so bile opravljene meritve:

1 – Skapinova ulica
2 – Cesta v Rožno dolino
3 – Park Tivoli
4 – Tomšičeva ulica
5 – Prešernova cesta
6 – Trg OF
7 – Petkovškovo nabrežje
8 – Poljanska cesta
9 – Grajski grič I.
10 – Grajski grič II.
11 – Grajski grič III.
12 – Trnovski pristan I.
13 – Trnovski pristan II.
14 – Grudnovo nabrežje
15 – v Murglah
16 – Letališka cesta
17 – Šmartinska cesta
18 – Vodnikova cesta I.
19 – Vodnikova cesta II.
20 – Vodnikova cesta III.
21 – Vila Podrožnik I.
22 – Vila Podrožnik II.



Slika 15: Lokacije raziskovalnih območij izbranih drevesnih vrst. (Avtorica slike je Lena Marion.)

3.3 OPIS RAZISKOVALNIH DREVES

Raziskovalna drevesa rastejo v drevoredih, v parkih, na zelenicah, ob parkiriščih, ob peščenih, sprehajalnih poteh ali v alejah ob cestah. Vsa drevesa rastejo na javnih površinah in so last Mestne občine Ljubljana.

Za raziskavo merjenja električne upornosti kambijeve cone smo izbrali okoli 560 listnatih dreves, ki rastejo v tipičnem mestnem okolju. Izbrane drevesne vrste spadajo med najbolj zastopane drevesne vrste v Mestni občini Ljubljana (Kataster dreves MO Ljubljana, 2005).

3.4 METODA DELA

Informacijo o stanju dreves smo pridobili z merjenjem električne upornosti kambijeve cone živih tkiv v drevesu. Zabeležili smo čas pojava simptomov neugodnih dejavnikov, kot je npr. nekroza listov zaradi posipnih soli in listnega zavrtača divjega kostanja, pojav gliv na koreničniku in deblu. Vsem drevesom smo izmerili premer debla v prsni višini.

3.4.1 Merjenje električne upornosti

Meritve smo opravljali v vegetacijskem obdobju 2005. Meritve električne upornosti kambijeve cone na izbranih drevesnih vrstah smo izvajali enkrat mesečno, in sicer z Iskrinim MA 5951 uporovnim merilnikom, imenovanim Tree tester (slika 14). Inštrument so razvili na Oddelku za lesarstvo (podroben opis instrumenta je v poglavju 2.4.10.).

Slika 16: Opravjanje meritev električne upornosti živih tkiv na drevesu z uporovnim merilnikom Tree tester. (Avtorica slike je Lena Marion.)

Meritve smo izvedli tako, da smo v prsni višini (1,3 m) v deblo drevesa vbodli dve vzporedni igelni elektrodi. Pri izvajanju meritve je potrebno igelni elektrodi, v položaju ena nad drugo, potisniti skozi lubje in kambijevo cono do lesa. Igli pri tem penetrirata skozi neprevodni in prevodni floem, kambijevo cono in med rastno sezono tudi skozi nediferencirani ksilemski prirastek. Metoda velja za nedestruktivno (Torelli in Čufar 1994).

Na vsakem drevesu smo meritve izvedli šestkrat v enem vegetacijskem obdobju. Meritve smo izvajali med rastno fazo, ki traja od meseca maja do meseca oktobra (preglednica 1). Kot eno meritev smo upoštevali aritmetično sredino štirih meritev, ki smo jih v prsni višini na vsakem drevesu ponovili na štirih mestih. Prva meritev je bila vedno s strani ceste, ostale so si enakomerno sledile po obodu debla v nasprotni smeri urinega kazalca. Aritmetično sredino štirih meritev na vsakem drevesu smo uporabili za nadaljnjo analizo.

Preglednica 1: Časovni razpored meritev električne upornosti živih tkiv v rastni sezoni 2005

Zaporedna številka meritev v letu 2005	Datum
1	16.05. – 19.05.2005
2	08.06. – 13.06.2005
3	06.07. – 13.07.2005
4	01.08. – 05.08.2005
5	29.08. – 05.09.2005
6	26.09. – 30.09.2005

V letu 2004 so vsem drevesom s premerko izmerili premer debla v prsni višini (1,3m). Izmerili so dve med seboj pravokotni meritvi in izračunali njuno aritmetično sredino.

3.4.2 Opis raziskovalnih ploskev

1. Skapinova ulica

- ***Fraxinus excelsior* L. – veliki jesen, 8 dreves**

Polovica dreves raste na ozki zelenici med cesto in pločnikom, druga polovica na širši zelenici pa med tlakovano cesto in škarpo. Vsa drevesa so bila v preteklosti obglavljena. Odstranjena jim je bila vsa listna površina, ki jo sedaj nadomeščajo z rastjo adventivnih poganjkov (slika 17). Stare krošnje drevesa še niso nadomestila.

Slika 17: Obglavljeni veliki jeseni na ozki zelenici na Skapinovi ulici v Ljubljani. (Avtorica slike je Lena Marion.)

2. Cesta v Rožno dolino

- ***Aesculus hippocastanum* L. – navadni divji kostanj, 39 dreves**
- ***Aesculus* x *carnea* Hayne – rdečecvetni divji kostanj, 9 dreves**

Odrasel drevored divjih kostanjev z nekaj mlajšimi drevesi raste na zelenici med železniško progo in makadamskim pločnikom. Velikost zelenice omogoča drevesom normalen razvoj korenin. Z druge strani so drevesa omejena z zbitimi in za vodo neprepustnimi tlemi. Polovica dreves je bila v preteklosti (leta 1996) obglavljenih, krošnja je sekundarna (slika 18).

Slika 18: Navadni divji kostanji v Rožni dolini.

3. Park Tivoli

- ***Aesculus hippocastanum* L. – navadni divji kostanj, 43 dreves**

Drevored navadnega divjega kostanja se nahaja v osrednjem delu Tivolskega parka (slika 19). Večina navadnih divjih kostanjev so odrasla drevesa, vmes je zasajeno nekaj mlajših sadik. Drevesa rastejo ob peščeni sprehajalni poti, kjer imajo dovolj rastnega prostora za normalen razvoj koreninskega sistema.

Slika 19: Drevored navadnih divjih kostanjev v parku Tivoli.

4. Tomšičeva ulica

- ***Aesculus hippocastanum* L. – navadni divji kostanj, 29 dreves**

Drevored odraslih divjih kostanjev je ostanek Plečnikovega drevoreda, ki je povezoval mestno središče s Tivolskim parkom. Nahaja se na pločniku Tomšičeve ulice (slika 20) v središču Ljubljane. Rastne razmere so izrazito neugodne, saj morajo korenine iskati svoj prostor pod asfaltiranimi površinami in med mestno infrastrukturo. Tlakovanje pločnika sega vse do debla drevesa.

Slika 20: Drevored navadnih divjih kostanjev na Tomšičevi ulici.

5. Prešernova cesta

- ***Platanus* x *hispanica* Münchh. – javorolistna platana, 21 dreves**

Drevored javorolistnih platan raste na zelenici ob neprometni asfaltirani cesti. Za mestno okolje ima ta skupina dreves solidne rastne pogoje.

Slika 21: Skupina javorolistnih platan na Prešernovi cesti.

6. Trg OF

- ***Platanus* x *hispanica* Münchh. – javorolistna platana, 10 dreves**

Odrasle platane rastejo na prometno najbolj obleganem prostoru, na glavni avtobusni postaji v Ljubljani. Drevesa so obdana z asfaltom in tlakovana vse do debla drevesa (slika 22 – desno). Tla so zbita in v zimskem času redno posipana s soljo. Krošnje dreves so močno presvetljene in mehansko poškodovane zaradi neustrezne nege oz. premočnega obrezovanja (slika 22 – levo). Pri nekaterih drevesih krošnjo tvorijo samo adventivni poganjki.

Slika 22: Močno poškodovane in neustrezno negovane platane (levo); omejevanje rastnega prostora drevesa (desno).

7. Petkovškovo nabrežje

- ***Tilia sp*. lipa, 16 dreves**

Lipov drevored v središču Ljubljane raste na vrhu brežine reke Ljubljanice. Drevesa rastejo na koncu asfaltiranega parkirišča, kjer je prostora za korenine premalo. Koreninski sistem je omejen na eni strani z brežino reke Ljubljanice, na drugi strani pa z zbitimi tlemi pod asfaltirano površino parkirišča.

Slika 23: Lipe na Petkovškovem nabrežju.

8. Poljanska cesta

- ***Platanus* x *hispanica* Münchh. – javorolistna platana, 18 dreves**

Platane na pločniku Poljanske ceste so bile v letu 2003 premočno obrezane. Odstranjena jim je bila večina krošnje. Rastejo v utesnjenih razmerah, saj so debla popolnoma obdana z asfaltom.

Slika 24: Drevored platan na Poljanski cesti.

9. Grajski grič I.

- ***Aesculus hippocastanum* L. – navadni divji kostanj, 8 dreves**

Skupina osmih odraslih navadnih divjih kostanjev raste na vrhu Grajskega griča na peščenem parkirišču (slika 25). Drevesa so bila v preteklosti obglavljena. Razvila so novo, sekundarno krošnjo. Tla so zbita in slabo prepustna za vodo.

Slika 25: Obglavljena drevesa navadnih divjih kostanjev na Grajskem griču. (Avtorica slike je Lena Marion.)

10. Grajski grič II.

- ***Aesculus hippocastanum* L. – navadni divji kostanj, 17 dreves**

Drevored sedemnajstih navadnih divjih kostanjev raste na peščeni sprehajalni poti ob asfaltni cesti (slika 26). Območje koreninskega sistema je na eni strani omejeno s padajočo brežino, na drugi pa z asfaltno cesto. Tla so zbita zaradi prometa in onesnažena s posipnimi solmi.

Slika 26: Drevored navadnih divjih kostanjev na Grajskem griču.

11. Grajski grič III.

- ***Aesculus hippocastanum* L. – navadni divji kostanj, 29 dreves**

Skupina dreves navadnega divjega kostanja raste v dvojnem drevoredu ob peščeni sprehajalni poti (slika 27), po kateri samo občasno vozijo vzdrževalna vozila. Z ene strani je koreninski sistem dreves omejen s padajočo brežino. Krošnje so normalno razvite in mehansko nepoškodovane. Učinkov uporabe posipnih soli na listih nismo opazili.

Slika 27: Dvojni drevored navadnih divjih kostanjev na Grajskem griču.

12. Trnovski pristan I.

- ***Salix* x *sepulcralis* Simonk. – pobešava vrba, 24 dreves**

Drevored mladih vrb raste v ugodnih razmerah na vrhu brežine reke Ljubljanice. Krošnje dreves so normalno razvite (slika 28).

Slika 28: Mlade vrbe v Trnovskem pristanu.

13. Trnovski pristan II.

- ***Salix* x *sepulcralis* Simonk. – pobešava vrba, 28 dreves**

Drevored vrb ob Plečnikovem sprehajališču tvorijo mogočne odrasle vrbe (slika 29), nekaj mlajših dreves in nekaj sadik. Odrasle vrbe so v slabem stanju, saj se njihova življenska doba počasi izteka. Vrhovi krošenj se sušijo (zgornja tretjina krošenj), v deblih in vejah je prisoten razkroj. Trosišča gliv so prisotna na deblih kot na vejah. Vsa odrasla drevesa predstavljajo grožnjo okolici in so potencialno nevarna, oz. hazardna drevesa. (Opomba *).

Slika 29: Odrasle vrbe, ki nudijo prijetno senco ob sprehajalni poti, a hkrati nevarna drevesa zaradi razkroja v notranjosti.

Opomba*: Vsa drevesa so bila zaradi potencialne nevarnosti odstranjena (tako imenovana hazardna drevesa); december 2007.

14. Grudnovo nabrežje

- ***Acer platanoides* L. – ostrolistni javor, 36 dreves**

Drevored javorjev raste na zelenici ob cesti. Zelenica meji na pločnik ali cesto in se na drugi strani strmo spušča proti reki Ljubljanici. Listi javorjev že več let zapovrstjo kažejo na prekomerno onesnaženost tal s posipnimi solmi. Vzrok temu je tudi sušenje delov drevesnih krošenj.

Slika 30: Poškodovana krošnja ostrolistnih javorjev na Grudnovem nabrežju.

15. V Murglah

- ***Acer saccharinum* L. – srebrni javor, 10 dreves**

Srebrni javorji rastejo na zelenici ob asfaltiranem parkirišču. Na premočno obrezovanje v preteklosti so reagirali z bujno rastjo adventivnih poganjkov (slika 31).

Slika 31: Srebrni javorji v Murglah.

16. Letališka cesta

- ***Acer platanoides* L. – ostrolistni javor, 13 dreves**
- ***Acer pseudoplatanus* L. – gorski javor, 30 dreves (eno drevo se je posušilo)**

En del dvojnega drevoreda javorjev na Letališki cesti raste na ozki zelenici med cesto in pločnikom, drug del drevoreda pa na široki zelenici na drugi strani pločnika (slika 32). Rastne razmere dreves ob cesti so slabše od tistih na široki zelenici. Imajo manj prostora in tla so onesnažena s posipnimi solmi.

Slika 32: Dvojni drevored javorjev na Letališki cesti. (Avtorica slike je Lena Marion.)

17. Šmartinska cesta

- ***Platanus* x *hispanica* Münchh. – javorolistna platana, 33 dreves**

Platane rastejo na ozkih zelenicah na parkirišču. Večina krošnje je bila odstranjena eno sezono pred začetkom meritev električne upornosti kambijeve cone. Krošnje sestavljajo adventivne veje.

Slika 33: Premočno obrezane javorolistne platane na Šmartinski cesti.

18. Vodnikova cesta I.

- ***Acer saccharinum* L. – srebrni javor, 34 dreves (eden se je posušil)**

Dvojni drevored srebrnih javorjev raste na zelenici ob pločniku. Drevesom so v pretekli rastni sezoni odstranili celo krošnjo, ki so jo nadomestila s sekundarno. Vrsta javorjev, ki raste bliže pločniku, ima slabše razvito krošnjo.

Slika 34: Dvojni drevored srebrnih javorjev na Vodnikovi cesti. (Avtorica slike je Lena Marion.)

19. Vodnikova cesta II.

- ***Fraxinus excelsior* L. – veliki jesen, 15 dreves**
- ***Populus nigra* L. – črni topol, 7 dreves**

Skupina šestih obglavljenih jesenov raste na asfaltirani površini (slika 35), kjer so rastne razmere za drevesa neugodne. Drevesom vsakih nekaj let v celoti odstranijo krošnjo. Zadnjič jim je bila odstranjena pred rastno sezono leta 2004. Druga skupina šestih obglavljenih jesenov z že na novo oblikovano sekundarno krošnjo, pa raste v boljših pogojih, na zelenici ob robu makadamskega parkirišča.

Slika 35: Obglavljeni veliki jesen v slabih rastnih razmerah. (Avtorica slike je Lena Marion.)

Skupina sedmih črnih topolov raste na rahlo nagnjeni zelenici ob makadamskem parkirišču. Drevesa so bila v preteklosti obglavljena, danes pa imajo že na novo oblikovano krošnjo iz adventivnih poganjkov. Druga skupina sedmih topolov raste na zelenici med asfaltirano potjo in klančino. Drevesa so bila v preteklosti obglavljena (slika 36).

Slika 36: Bujna sekundarna krošnja črnega topola. (Avtorica slike je Lena Marion.)

20. Vodnikova cesta III.

- ***Tilia* sp. – lipa, 42 dreves**

Lipe rastejo ob povezovalni asfaltni cesti cerkve in pokopališča v Dravljah. Nekatere rastejo na tlakovani površini, nekatere na ozkih zelenicah ali gredicah, druge na robu travnika. Pred začetkom rastne sezone v letu 2004 so bile obglavljene (slika 37).

Slika 37: Obglavljene lipe v Dravljah z že razvito sekundarno krošnjo. (Avtorica slike je Lena Marion.)

21. Vila Podrožnik I. in II.

- ***Salix* x *sepulcralis* Simonk. – pobešava vrba, 11 dreves**
- ***Acer platanoides* L. – ostrolistni javor, 13 dreves**
- ***Acer pseudoplatanus* L. – gorski javor, 3 drevesa**
- ***Acer saccharinum* L. – srebrni javor, 3 drevesa**
- ***Fraxinus excelsior* L. – veliki jesen, 6 dreves**

Vsa drevesa so odrasla in rastejo na zelenici, kjer imajo dovolj prostora za rast in razvoj korenin. Pred rastno sezono 2004 so obglavili večino dreves. Odvzeta jim je bila vsa krošnja (slika 38). Krošnja ni bila obrezana pri osmih javorjih in dveh velikih jesenih.

Slika 38: Popolnoma obglavljena drevesa z že novo sekundarno krošnjo, ostrolistni javorji (zgoraj) pobešave vrbe (spodaj). (Avtorica slike je Lena Marion.)

3.5 DOVOLJENJA ZA RAZISKAVO NA TERENU

Za opisane raziskave na mestnih drevesih smo pridobili delovna dovoljenja in soglasja od naslednjih ustanov:

- Mestna občina Ljubljana, Oddelek za gospodarske javne službe in promet, Trg MDB 7, 1000 Ljubljana, št.371-309/2005-2,
- Javni gospodarski zavod, Protokolarne storitve Republike Slovenije, Predoslje 39, 4001 Kranj, št. 731-IV/04 in
- Zavod za varstvo kulturne dediščine Slovenije, Območna enota Ljubljana, Tržaška 4, 1001 Ljubljana, št. 3/8/2005-DP

Raziskava je bila prijavljena na Policijski postaji Ljubljana-Bežigrad, PP Ljubljana-Vič, PP Ljubljana Šiška, PP Ljubljana-Center in PP Ljubljana-Moste.

4 IZRAČUNI IN STATISTIČNA OBDELAVA PODATKOV

Popisne liste za terensko delo smo izdelali v programu Microsoft Excel (PRILOGA A). Mesečne meritve vrednosti CER smo vnašali v popisne liste za posamezne raziskovalne ploskve (22 ploskev). V rastni sezoni 2005 smo opravili okoli 14000 posameznih meritev.

Podatke, pridobljene na terenu, smo obdelali s programom Microsoft Excel (izračun povprečnih mesečnih vrednosti CER za posamezne skupine dreves).

V programu Microsoft Excel smo izdelali in uredili tudi vse grafe za posamezne skupine, kot med posameznimi skupinami (82 grafov).

5 REZULTATI IN RAZPRAVA

5.1 RAZVRSTITEV DREVES GLEDE NA STOPNJO PRIZADETOSTI IN RAZVRSTITEV V RAZŠIRJENE DEBELINSKE RAZREDE

Raziskavo električne upornosti živih tkiv smo zasnovali na 554 drevesih, ki rastejo na izbranih ploskvah v mestni občini Ljubljana (MOL). Dve drevesi sta se med izvajanjem meritev posušili in odmrli, zato sta bili izvzeti iz nadaljne analize meritev električne upornosti živih tkiv.

Raziskovali smo deset drevesnih vrst (Preglednica 2). Najštevilčneje so zastopani navadni divji kostanji (skoraj 30 %), sledijo jim platane s 15 % deležem, pobešave vrbe, ostrolistni javorji in lipe z 11 % deležem. Ostale drevesne vrste predstavljajo manjši delež, pod 10 %.

Preglednica 2: Delež dreves po drevesnih vrstah, zajetih v raziskavo električne upornosti živih tkiv v mestni občini Ljubljana (MOL).

Drevesna vrsta	Število dreves	Delež (%)
***Aesculus hippocastanum* L.**	165	29,9
***Platanus x hispanica* Münchh.**	82	14,8
***Salix x specularis* Simonk.**	63	11,4
***Acer platanoides* L.**	62	11.2
Tilia sp.	58	10,5
***Acer saccharinum* L.**	45	8,2
***Acer pseudoplatanus* L.**	32	5,8
***Fraxinus excelsior* L.**	29	5,3
***Aesculus x carnea Hayne* L.**	9	1,6
***Populus nigra* L.**	7	1,3
SKUPAJ	**552**	**100**

Meritve električne upornosti živih tkiv so potekale brez večjih zapletov. Zlasti pri drevesnih vrstah s tanjšo skorjo (platane) in hitrorastočih drevesnih vrstah, kjer so

razpoke ritidoma razmeroma široke, vbod igel instrumenta ni povzročal večjih preglavic. Nekajkrat se je zataknilo pri odraslih, počasi rastočih drevesnih vrstah (javor, jesen) in drevesnih vrstah z debelejšo plastjo ritidoma (navadni divji kostanji, vrbe), kjer je bila za vbod igel potrebna večja sila. Tako je prihajalo do krivljenja in lomljenja igel instrumenta, sama menjava igel na držalu instrumenta pa je zahtevala spretno roko in vzela kar nekaj časa.

Vsem drevesom je bil izmerjen prsni premer in sicer dvakrat, v dveh nasprotujočih si smereh. Skupaj smo dobili povprečni prsni premer drevesa. Drevesa smo razdelili na razširjene debelinske razrede (preglednica 3), ti so : **A** = 10–29; **B** = 30–49; **C** = 50 in več. Vsa drevesa, ki so imela prsni premer pod 10 cm, smo uvrstili v razred A. Tako smo dobili deleže dreves po debelinskih stopnjah (razširjeni debelinski razredi). Največ dreves je bilo v debelinskem razredu B, skoraj 39 % ali 215 dreves, sledil je razred C s 202 drevesi ali 37 % in nato razred A s 135 drevesi oziroma 24 % .

Preglednica 3: Število in delež dreves po razširjenih debelinskih razredih.

Debelinski razred (cm)	Število dreves	Delež (%)
A (1 - 29)	135	24
B (30 - 49)	215	39
C (50 ›)	202	37
Skupaj	**552**	**100**

V raziskavi prevladujejo odrasla in starejša drevesa, saj imata razred B in C skupaj kar 76 % delež vseh dreves, zajetih v raziskavi.

Da bi lahko primerjali rezultate meritev, smo drevesa razdelili na tri skupine po prizadetosti krošnje. V prvo skupino spadajo drevesa, ki so bila obglavljena ali premočno obrezana. V drugo skupino smo uvrstili drevesa, ki so prizadeta zaradi posipnih soli, v zadnji skupini pa so drevesa navidezno zdrava in vitalna. Ta drevesa so referenčna drevesa in naj bi imela nižjo vrednost električne upornosti kambijeve cone (CER) preko celotne rastne sezone, kot prizadeta drevesa, bodisi zaradi posipnih soli bodisi zaradi nepravilne in neustrezne nege mestnega drevja. Slike spodaj prikazujejo prizadetosti krošenj posamezne skupine:

Slika 39: Premočno obrezane platane na Šmartinski cesti (levo); obglavljeni navadni divji kostanji na Grajskem griču (desno).

Slika 40: Tipične poškodbe zaradi posipne soli – nekroze listov (navadni divji kostanj – levo; gorski javor – desno).

Preglednica 4: Razporeditev raziskovalnih dreves po skupinah glede na drevesno vrsto in prizadetost krošnje

Drevesna vrsta	Zdrava, vitalna drevesa	Obglavljena drevesa, prizadeta krošnja, neustrezna nega	Prizadeta drevesa zaradi posipnih soli (NaCl)	Skupaj
Aesculus hippocastanum L.	140	8	17	165
Platanus x hispanica Münchh.	21	61	-	82
Salix x specularis Simonk.	31	32	-	63
Acer platanoides L.	7	19	36	62
Tilia sp.	16	42	-	58
Acer saccharinum L.	16	13	16	45
Acer pseudoplatanus L.	20	12	-	32
Fraxinus excelsior L.	12	17	-	29
Aesculus x carnea Hayne L.	9	-	-	9
Populus nigra L.	-	7	-	7
SKUPAJ	**272**	**211**	**69**	**552**

V raziskavi prevladujejo zdrava in vitalna drevesa (272), ki so ob enem tudi referenčna drevesa in nam služijo za primerjavo prizadetih dreves zaradi neustrezne in nepravilne nege ali pa zaradi velike količine posipnih soli. Sledijo drevesa s prizadeto krošnjo (211) in nato drevesa, prizadeta zaradi posipnih soli (69).

5.2 ELEKTRIČNA UPORNOST KAMBIJEVE CONE PRI POSAMEZNIH DREVESNIH VRSTAH

Rezultate meritev bomo predstavili po posameznih drevesnih vrstah. Zaradi večje preglednosti bomo začeli z drevesno vrsto, ki se v raziskavi pojavlja najpogosteje ne glede na zaporedno številko raziskovalne ploskve. Drevesa smo razdelili tudi glede na premer debla, in sicer v razširjene debelinske razrede.

A = 1–29; **B** = 30–49; **C** = 50 in več

5.2.1 *Aesculus hippocastanum* L. – navadni divji kostanj

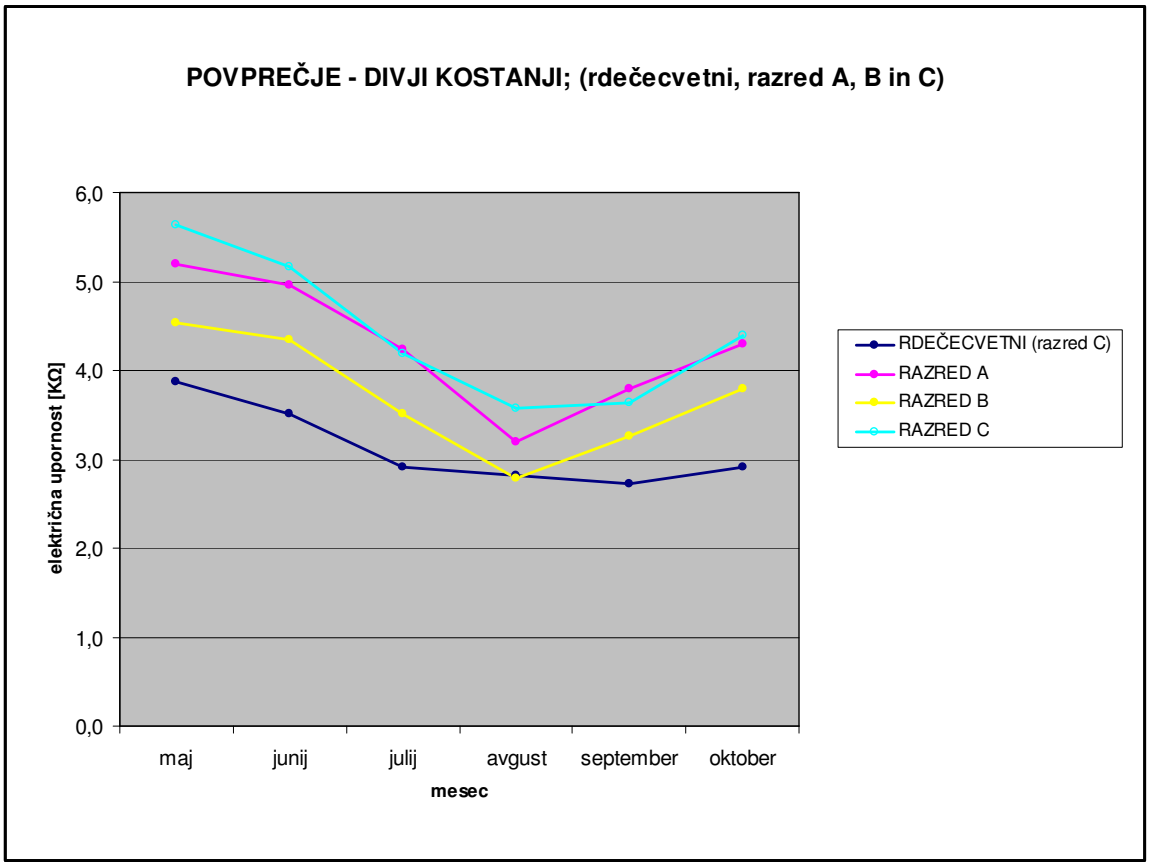
- Cesta v Rožno dolino:

Na tej ploskvi imamo 48 dreves. Večina dreves je v debelinskem razredu C. 39 dreves je navadnih divjih kostanjev, 9 dreves pa je rožnatocvetnih kostanjev, ki so križanci med domačim in ameriškim divjim kostanjem.

Preglednica 5: Razporeditev navadnih divjih kostanjev (zgoraj) in rdečecvetnih divjih kostanjev (spodaj) na raziskovalni ploskvi Cesta v Rožno dolino v razširjene debelinske razrede

Debelinski razred (cm)	Število dreves
A (10–29)	11
B (30–49)	10
C (50 ›)	27
Skupaj	**39**

Debelinski razred (cm)	Število dreves
A (10–29)	-
B (30–49)	-
C (50 ›)	9
Skupaj	**9**



Slika 41: Sezonska variabilnost električne upornosti kambijeve cone v letu 2005 pri devetih rdečecvetnih in osemintridesetih navadnih divjih kostanjih z raziskovalne ploskve Cesta v Rožno dolino.

Na grafu lahko vidimo, da imajo rdečecvetni divji kostanji nižjo električno upornost kot navadni divji kostanji preko celotne rastne sezone. Ob nadaljni analizi lahko opazimo, da nastopi minimum električne upornosti pri rdečecvetnih kostanjih meseca septembra, medtem ko pri navadnih divjih kostanjih nastopi minimum meseca avgusta ne glede na debelinski razred, v katerega spadajo. Kot zanimivost velja omeniti, da so ta drevesa nedovzetna za napad listnega zavrtača (*Cameraria ohridella* Deschka et Dimić), saj so listi teh dreves ostali praktično nedotaknjeni celotno rastno sezono, medtem ko so listi navadnega divjega kostanja bili napadeni že v začetku rastne sezone.

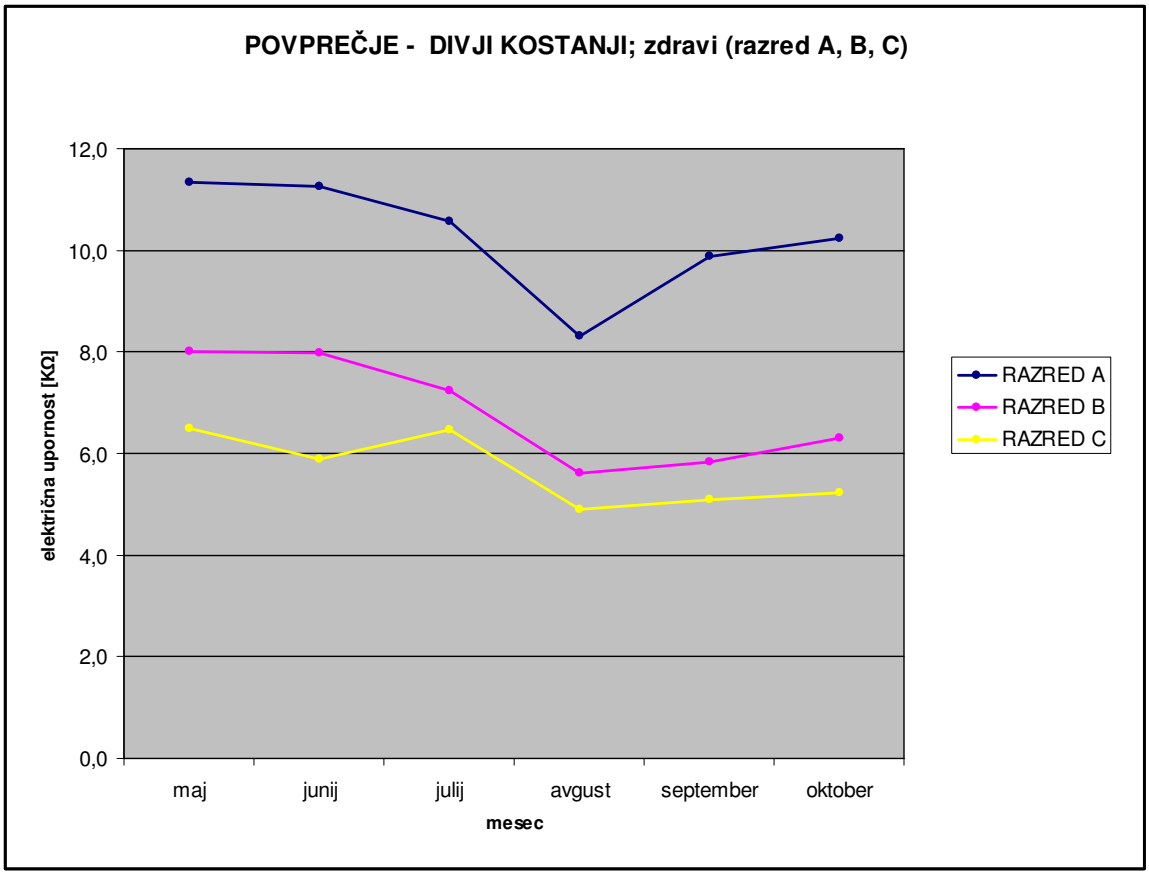
Najnižjo električno upornost pri navadnih divjih kostanjih imajo drevesa debelinskega razreda B, sledita mu razred A in nato razred C. Drevesa, ki spadajo v razred B, so v povprečju vitalnejša in zato v boljši kondiciji kot drevesa razreda C.

- Park Tivoli:

Drevesa na tej ploskvi imajo ugodne razmere za rast, saj rastejo v parku in imajo boljše pogoje za rast kot drevesa v samem mestu. Niso omejena z prostorom in tudi klima je milejša in bolj sestojna kot v samem mestu. Na tej ploskvi imamo 42 dreves. Večina dreves je v debelinskem razredu B.

Preglednica 6: Razporeditev navadnih divjih kostanjev na raziskovalni ploskvi Park Tivoli v razširjene debelinske razrede

Debelinski razred (cm)	Število dreves
A (1 - 29)	12
B (30 - 49)	27
C (50 ›)	3
Skupaj	**42**



Slika 42: Sezonska variabilnost električne upornosti kambijeve cone pri dvainštiridesetih navadnih divjih kostanjih v Parku Tivoli v rastni sezoni 2005.

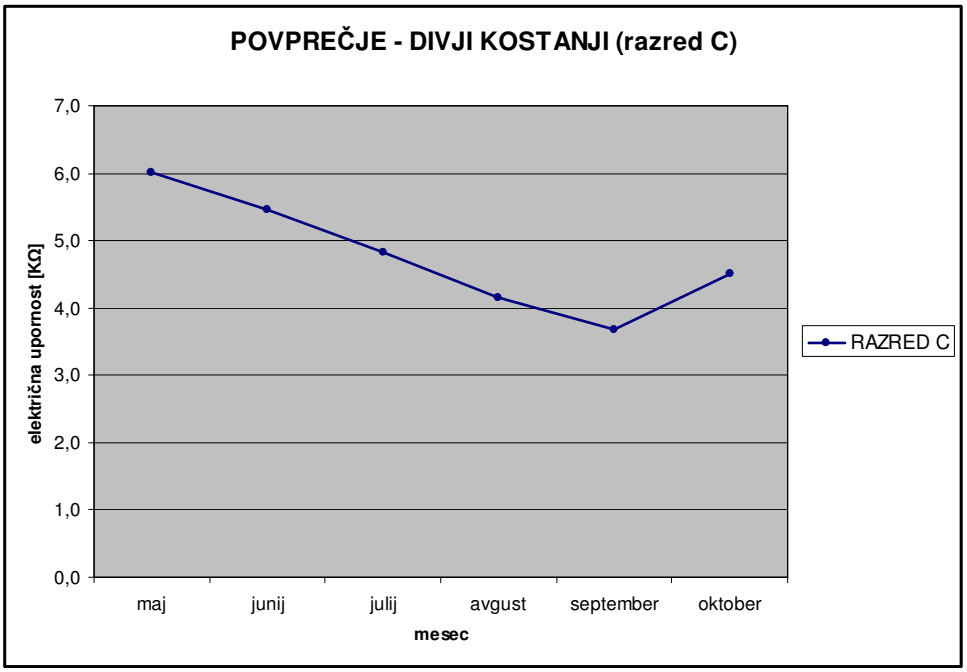
Iz grafa je razvidno, da imajo vsi debelinski razredi minimum električne upornosti v mesecu avgustu. Najvišjo električno upornost imajo najmlajša drevesa, torej drevesa debelinskega razreda A. Drevesa debelinskega razreda A so relativno mlada drevesa, saj je kar 9 dreves, ki ne dosegajo debeline 10 centimetrov. Povprečje električne upornosti je veliko višje od ostalih dveh debelinskih razredov, zato lahko trdimo, da imajo drevesa v juvenilnem stanju v povprečju višjo električno upornost kot starejša in odrasla drevesa. Razlog za višjo električno upornost je najverjetneje debelina prebodenih živih tkiv. Tanjša so, višja je CER in obratno. Pri relativno mladih drevesih bi k odčitkom CER utegnila odločilno prispevati relativno tanka skorja. Sledijo drevesa debelinskega razreda B, ter drevesa razreda C.

- Tomšičeva ulica:

Na tej ploskvi imamo 29 dreves. Vsa drevesa spadajo v debelinski razred C. Pogoji za rast niso ustrezni. Premalo je prostora za rast korenin, debla dreves so omejena. Cesta je prometna, zato tudi sol v zimskem času predstavlja problem za ta drevesa.

Preglednica 7: Razporeditev navadnih divjih kostanjev na raziskovalni ploskvi Tomšičeva ulica v razširjene debelinske razrede

Debelinski razred (cm)	Število dreves
A (1–29)	-
B (30–49)	-
C (50 ›)	29
Skupaj	**29**



Slika 43: Sezonska variabilnost električne upornosti kambijeve cone pri devetindvajsetih navadnih divjih kostanjih na Tomšičevi ulici v rastni sezoni 2005.

Najnižja povprečna električna upornost je meseca septembra, ko je faza rasti skoraj končana. Električna upornost pada skozi celotno rastno sezono. Drevesa so razmeroma vitalna in zdrava navkljub rastnim razmeram.

- Grajski grič:

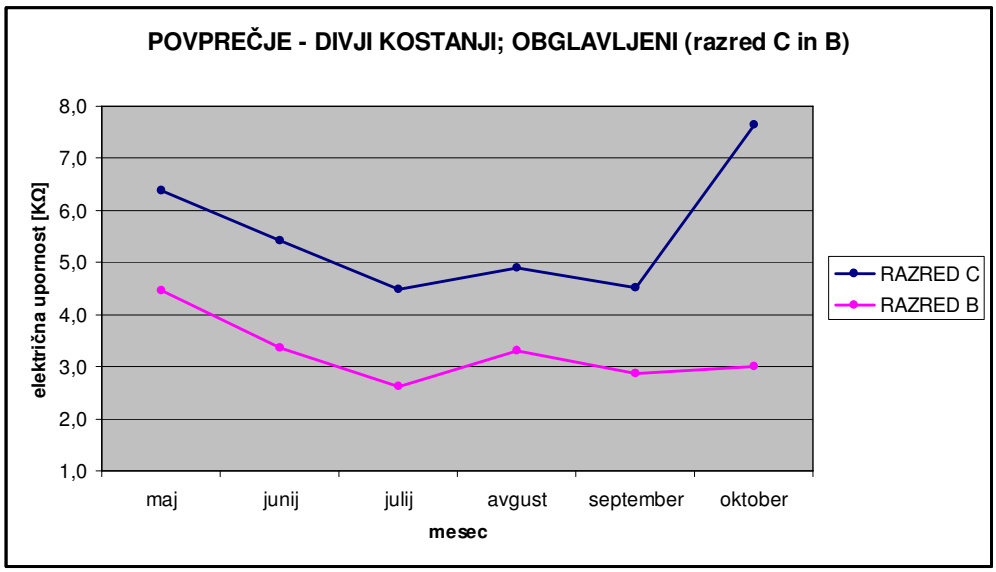
Na tej ploskvi imamo 54 dreves. Drevesa smo razdelili v tri skupine zdarvstvenega stanja in sicer:

- zdrava
- obglavljena
- prizadeta zaradi soli.

V okviru posamezne skupine zdravstvenega stanja smo drevesa razdelili še v razširjene debelinske razrede. Zdravih dreves je 29, od tega jih je 23 v debelinskem razredu C, ostalih 6 pa spada v debelinski razred B. Obglavljenih dreves je 8, od tega 6 v debelinskem razredu C in 2 drevesi v debelinskem razredu B. Imamo še 17 dreves, prizadetih zaradi soli, od tega 15 v debelinskem razredu C, ter 2 drevesi v debelinskem razredu B.

Preglednica 8: Obglavljeni navadni divji kostanji po razširjenih debelinskih razredih na raziskovalni ploskvi Grajski grič

Debelinski razred (cm)	Število dreves
A (1–29)	-
B (30–49)	2
C (50 ›)	6
Skupaj	**8**

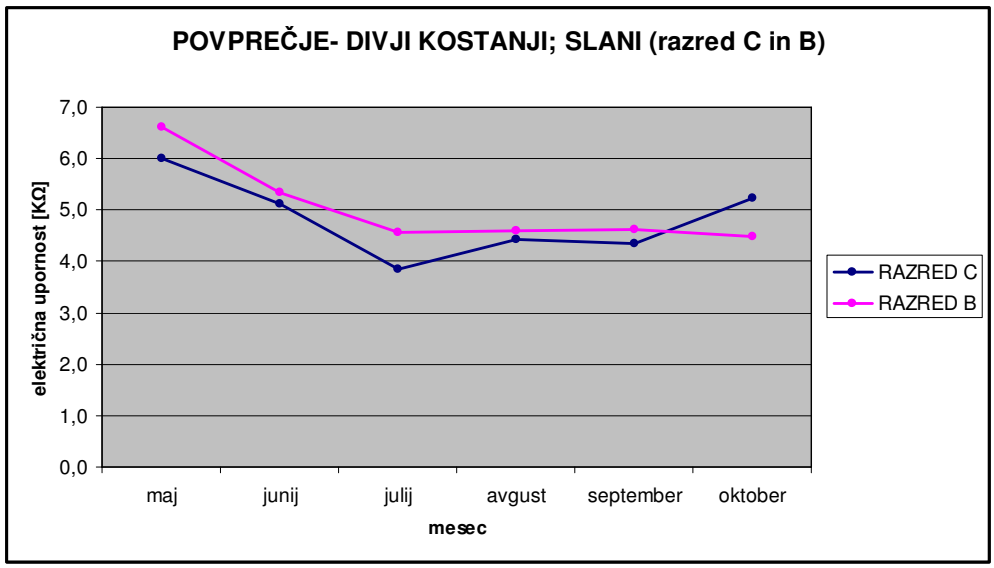


Slika 44: Sezonska variabilnost električne upornosti kambijeve cone osmih obglavljenih navadnih divjih kostanjev na raziskovalni ploskvi Grajski grič v rastni sezoni 2005.

Starejša drevesa (debelinski razred C) imajo v povprečju višjo električno upornost kot drevesa debelinskega razreda B. Rezultati meritev nakazujejo, da so mlajša drevesa ob poškodovani krošnji vitalnejša in se močneje odzovejo na poškodbe, kot starejša drevesa debelinskega razreda C. Pri obeh debelinskih razredih nastopi minimum električne upornosti meseca julija, kar pri zdravih drevesih ni moč opaziti.

Preglednica 9: Navadni divji kostanji, prizadeti zaradi posipnih soli, razporejeni v razširjene debelinske razrede na raziskovalni ploskvi Grajski grič

Debelinski razred (cm)	Število dreves
A (1–29)	-
B (30– 49)	2
C (50 ›)	15
Skupaj	**17**



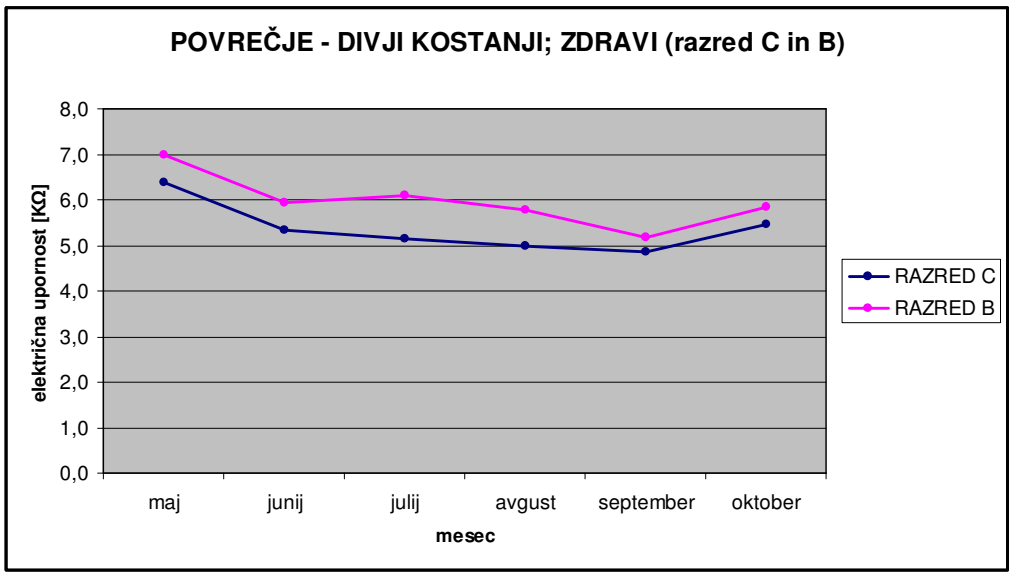
Slika 45: Sezonska variabilnost električne upornosti kambijeve cone za 17 navadnih divjih kostanjev, prizadetih zaradi posipnih soli na raziskovalni ploskvi Grajski grič v rastni sezoni 2005.

Minimum električne upornosti nastopi meseca julija, tako kot pri navadnih divjih kostanjih, ki so bili obglavljeni in premočno obrezana.

Drevesa, ki so izpostavljena prekomerni količini soli, kažejo sicer višje vrednosti električne upornosti kambijeve cone v posameznih mesečnih obdobjih kot zdrava drevesa. Nenavadno nizke vrednosti CER v obdobju september in oktober bi morda lahko pripisali prisotnosti Cl^- v drevesnih tkivih. Zaradi prisotnosti kloridnega iona, bi se utegnila CER raztopine drevesnega soka zmanjšati.

Preglednica 10: Razvrstitev zdravih navadnih divjih kostanjev v razširjene debelinske razrede na raziskovalni ploskvi Grajski grič

Debelinski razred (cm)	Število dreves
A (1–29)	-
B (30– 49)	6
C (50 ›)	23
Skupaj	**29**



Slika 46: Sezonska variabilnost električne upornosti kambijeve cone za 29 zdravih navadnih divjih kostanjev na raziskovalni ploskvi Grajski grič v rastni sezoni 2005.

Zdrava in vitalna drevesa navadnega divjega kostanja obeh debelinskih razredov dosežejo minimum električne upornosti meseca septembra. Električna upornost pri teh drevesih je konstantnejša in nima tako velikega razpona kot pri drevesih s prizadeto krošnjo. Presenetljivo je, da tudi ta skupina dreves ne izkazuje pričakovane sezonske oscilacije vrednosti CER, prav tako težko govorimo o indikativnem sezonskem minimumu odčitkov CER. Ker so to odrasla drevesa z debelo živo skorjo, bi morda prav debelina tega tkiva lahko »zamaskirala« siceršnjo variabilnost odčitkov CER v sami kambijevi coni.

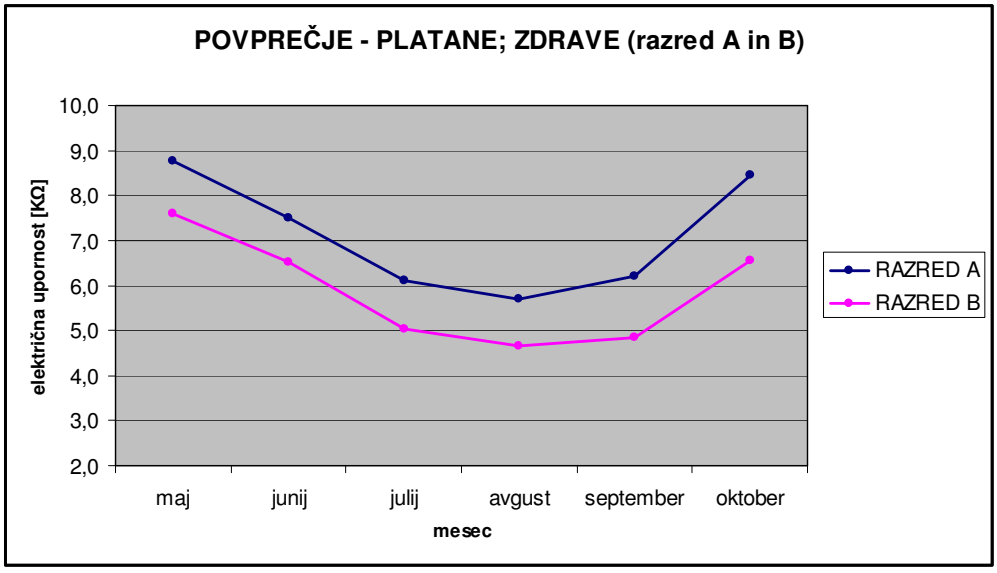
5.2.2 *Platanus x hispanica* Münchh. – javorolistna platana

- Prešernova cesta:

Rastni pogoji za mestna drevesa so relativno ugodni. Platane rastejo ob neprometni ulici, debla in koreninski sistem niso omejeni s prostorom. Na tej ploskvi imamo 21 zdravih in vitalnih platan. Drevesa so mlada, saj je kar 8 dreves v debelinskem razredu A in 13 dreves v debelinskem razredu B.

Preglednica 11: Razporeditev javorolistnih platan na raziskovalni ploskvi Prešernova cesta v razširjene debelinske razrede

Debelinski razred (cm)	Število dreves
A (1–29)	8
B (30–49)	13
C (50 ›)	-
Skupaj	**21**



Slika 47: Sezonska variabilnost električne upornosti kambijeve cone pri enaindvajsetih javorolistnih platanah z raziskovalne ploskve Prešernova cesta v rastni sezoni 2005.

V nasprotju z navadnimi divjimi kostanji izkazujejo platane očiten učinek časa meritev na vrednosti CER. Vrednosti CER so najvišje na začetku in koncu rastne sezone, najnižja vrednost (minimum) pa nastopi v mesecu avgustu. Tudi pri tej drevesni vrsti imajo mlada

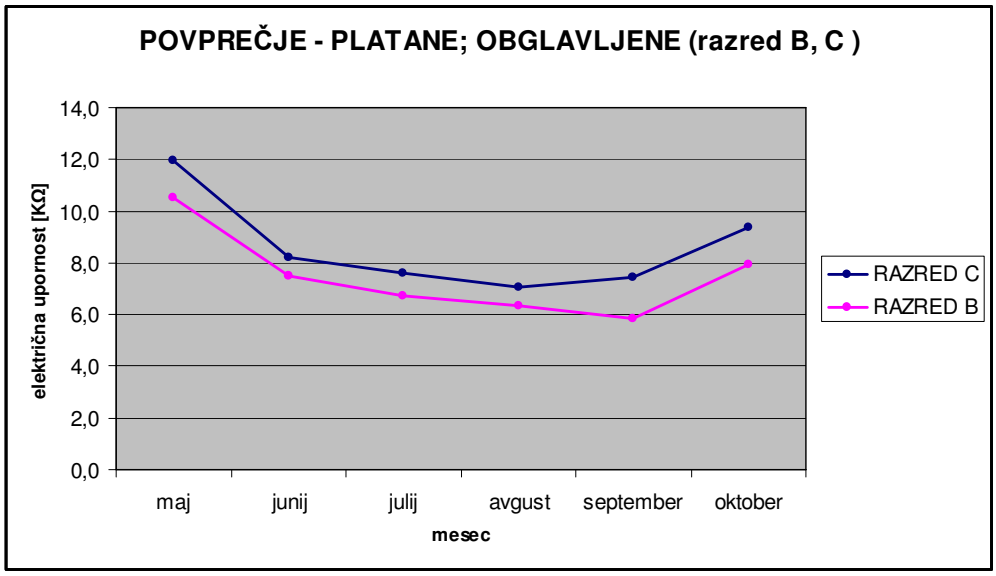
drevesa debelinskega razreda A s tanjšo skorjo višje vrednosti CER kot drevesa višjih debelinskih razredov B in C, oziroma odrasla in starejša drevesa. Ta vrednost se giba v povprečju za 1 KΩ preko celotne rastne sezone.

- Trg OF:

Rastni pogoji za drevesa, ki rastejo na tej ploskvi, so izrazito neugodni. Poleg neustrezne nege in obglavljanja so platane omejene tako pri koreninskem sistemu kot pri deblu. Zaradi velike gostote prometa (glavna avtobusna postaja) in množice ljudi je v zimskem času zaradi možnosti poledic, količina posipnih soli velika. Na ploskvi raste 10 platan, 8 dreves spada v debelinski razred C, 2 drevesi pa v debelinski razred B.

Preglednica 12: Razvrstitev javorolistnih platan na raziskovalni ploskvi Trg OF v razširjene debelinske razrede

Debelinski razred (cm)	Število dreves
A (1–29)	-
B (30– 49)	2
C (50 ›)	8
Skupaj	**10**



Slika 48: Sezonska variabilnost električne upornosti kambijeve cone pri desetih javorolistnih platanah z raziskovalne ploskve Trg OF v rastni sezoni 2005.

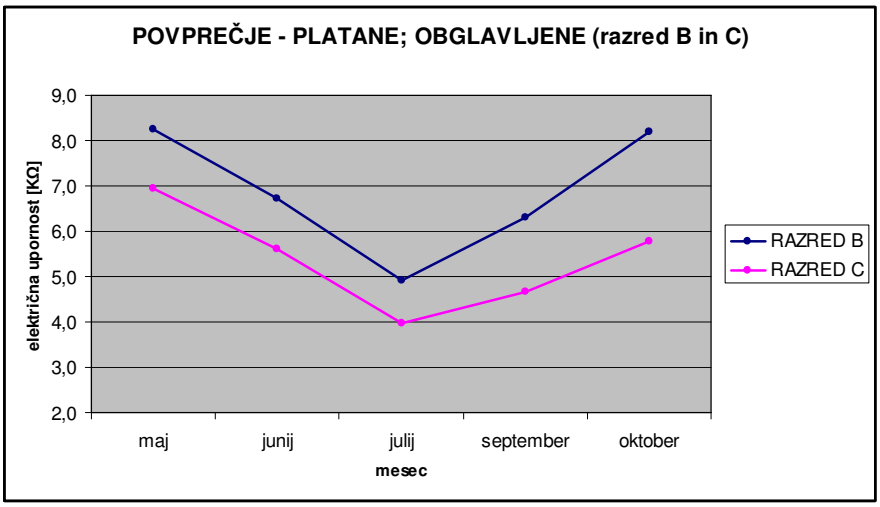
Rezultati meritev kažejo, da je električna upornost pri platanah, ki rastejo na tej ploskvi, relativno visoka glede na rezultate meritev pri zdravih platanah. Debelinski razred B ima nekoliko nižje povprečje električne upornosti. Minimum povprečja je pri platanah debelinskega razreda C v mesecu avgustu, medtem ko je minimum vrednosti CER dreves debelinskega razreda B v mesecu septembru.

- Poljanska cesta:

Tudi na tej ploskvi imamo obglavjene platane, vendar so bile obglavljene nekaj rastnih sezon v preteklosti, tako da je krošnja dreves lepo razvita. Promet je gost. Debla dreves so omejena s tlakovci, koreninski sistem je omejen in poškodovan zaradi mestne infrastrukture. Rastni pogoji so podobni razmeram na Trgu OF (glavna avtobusna postaja). Na tej ploskvi imamo 18 dreves, od tega jih je večina v debelinskem razredu B (16 dreves) ter 2 drevesi v debelinskem razredu C.

Preglednica 13: Razvrstitev javorolistnih platan na raziskovalni ploskvi Poljanska cesta v razširjene debelinske razrede

Debelinski razred (cm)	Število dreves
A (1–29)	-
B (30–49)	16
C (50 ›)	2
Skupaj	**18**



Slika 49: Sezonska variabilnost električne upornosti kambijeve cone pri osemnajstih javorolistnih platanah z raziskovalne ploskve Poljanska cesta v rastni sezoni 2005.

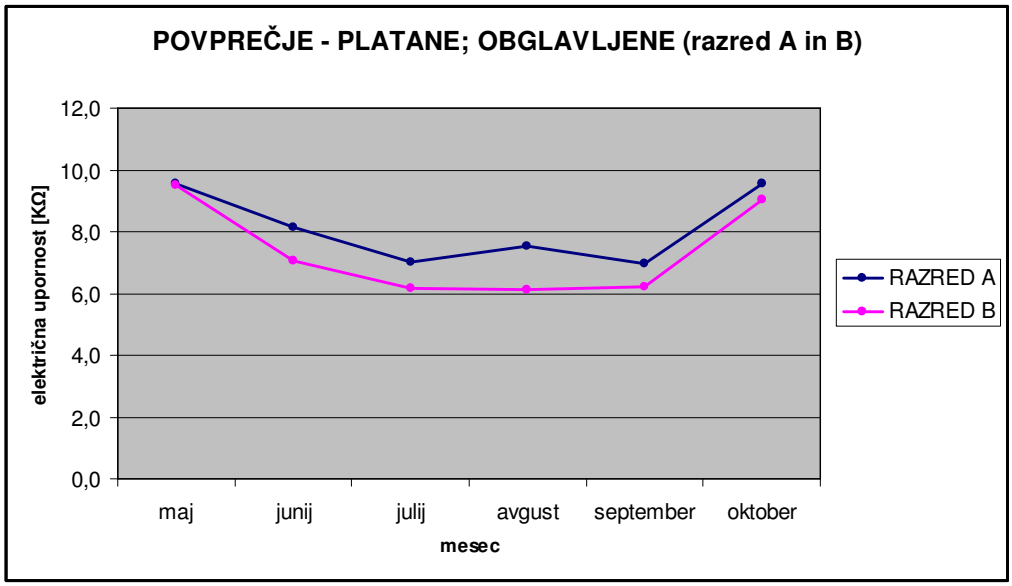
Rezultati meritev nam kažejo tipično sezonsko variabilnost vrednosti CER z izrazitim minimumom meseca julija. Z inštrumentom oz. meritvami CER učinka obglavljanja ni mogoče zaznati, če kambijeva cona oziroma skorja ne odmreta. Razlog za to je dejstvo, da je drevo v rasti odprt sistem.

- Šmartinska ulica:

Na tej ploskvi raste 33 platan. Vse platane so bile obglavljene več rastnih sezon zapored. V debelinski razred A spada 21 platan, 12 dreves pa v debelinski razred B.

Preglednica 14: Razvrstitev javorolistnih platan na raziskovalni ploskvi Šmartinska ulica v razširjene debelinske razrede

Debelinski razred (cm)	Število dreves
A (1–29)	21
B (30–49)	12
C (50 ›)	-
Skupaj	**33**



Slika 50: Sezonska variabilnost električne upornosti kambijeve cone pri triintridesetih javorolistnih platanah z raziskovalne ploskve Šmartinska ulica v rastni sezoni 2005.

Rezultati meritev kažejo, da ima debelinski razred A v povprečju višjo električno upornost skozi celotno rastno sezono kot debelinski razred B. Minimum električne

upornosti debelinskega razreda B je v mesecu avgustu, medtem ko je maksimum na začetku rastne sezone (maj). Debelinski razred B ima minimum električne upornosti v mesecu juliju in septembru, maksimum pa na koncu rastne sezone (oktober).

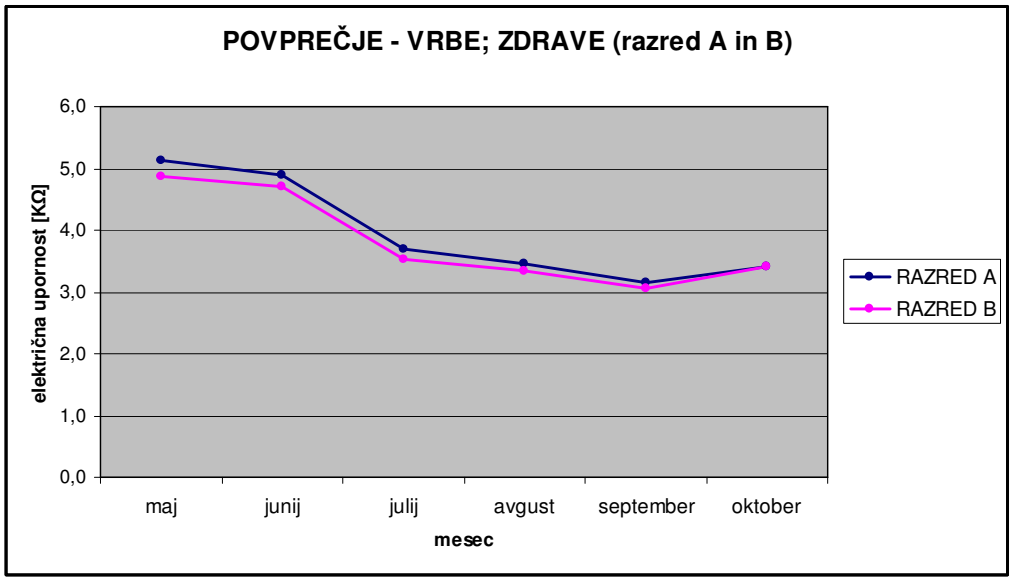
5.2.3 *Salix x sepulcralis* Simonk. – pobešava vrba

- Trnovski pristan I.:

Na tej ploskvi raste 24 pobešavih vrb. Pogoji za rast teh dreves so za mestno okolje ugodni, saj vrbe rastejo ob reki Ljubljanici. Večina dreves je mladih in spadajo v debelinski razred A (17 dreves). V debelinskem razredu B imamo 7 dreves.

Preglednica 15: Razvrstitev pobešavih vrb na raziskovalni ploskvi Trnovski pristan I. v razširjene debelinske razrede

Debelinski razred (cm)	Število dreves
A (1–29)	17
B (30–49)	7
C (50 ›)	-
Skupaj	**24**



Slika 51: Sezonska variabilnost električne upornosti kambijeve cone pri štiriindvajsetih pobešavih vrbah z raziskovalne ploskve Trnovski pristan I. v rastni sezoni 2005.

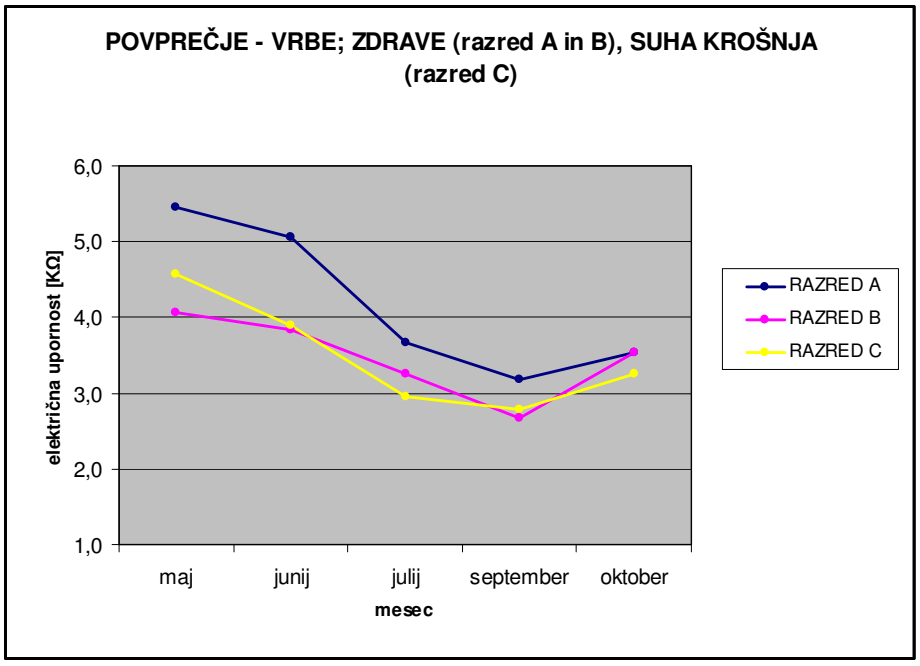
Rezultati meritev električne upornosti nam kažejo, da je povprečje električne upornosti debelinskega razreda A nekoliko nad povprečjem debelinskega razreda B. Pri obeh debelinskih razredih je minimum električne upornosti v mesecu septembru, maksimum pa v mesecu maju (začetek rastne sezone).

- Trnovski pristan II.:

Na tej ploskvi raste 28 pobešavih vrb. Rastni pogoji so podobni razmeram na ploskvi Trnovski pristan I., le da so tu vrbe omejene zaradi tlakovane brežine. Večina dreves spada v debelinski razred C (starejša in debela drevesa); 19 dreves. V debelinskem razredu A imamo 6 dreves in 3 drevesa v debelinskem razredu B.

Preglednica 16: Razvrstitev pobešavih vrb na raziskovalni ploskvi Trnovski pristan II. v razširjene debelinske razrede

Debelinski razred (cm)	Število dreves
A (1–29)	6
B (30–49)	3
C (50 ›)	19
Skupaj	**28**



Slika 52: Sezonska variabilnost električne upornosti kambijeve cone pri osemindvajsetih pobešavih vrbah z raziskovalne ploskve Trnovski pristan II. v rastni sezoni 2005.

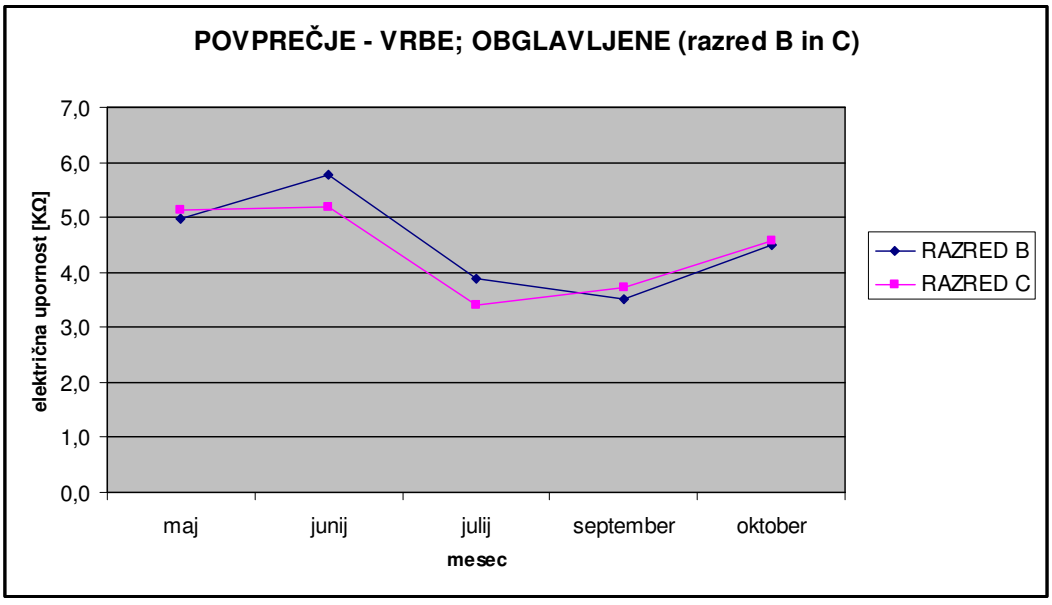
Rezultati meritev električne upornosti nam kažejo, da ima debelinski razred A v povprečju višjo električno upornost živih tkiv od ostalih dveh debelinskih razredov B in C skozi celotno rastno sezono. Pri vseh debelinskih razredih (A, B in C) nastopi minimum električne upornosti v mesecu septembru, medtem ko je maksimum na začetku rastne sezone v mesecu maju.

- Vila Podrožnik:

Na tej raziskovalni ploskvi raste 11 pobešavih vrb. Vse vrbe so bile obglavljene, tako da asimilacijski aparat tvori sekundarna krošnja. Večina dreves spada v debelinski razred C (8 deves), ostala 3 drevesa pa v debelinski razred B.

Preglednica 17: Razvrstitev pobešavih vrb na raziskovalni ploskvi Vila Podrožnik v razširjene debelinske razrede

Debelinski razred (cm)	Število dreves
A (1–29)	-
B (30–49)	3
C (50 ›)	8
Skupaj	**11**



Slika 53: Sezonska variabilnost električne upornosti kambijeve cone pri enajstih pobešavih vrbah z raziskovalne ploskve Vila Podrožnik v rastni sezoni 2005.

Rezultati meritev električne upornosti nam kažejo, da minimum povprečja električne upornosti nastopi meseca julija (debelinski razred C) oziroma meseca septembra (debelinski razred B). Maksimum povprečja električne upornosti je v mesecu juniju pri obeh debelinskih razredih.

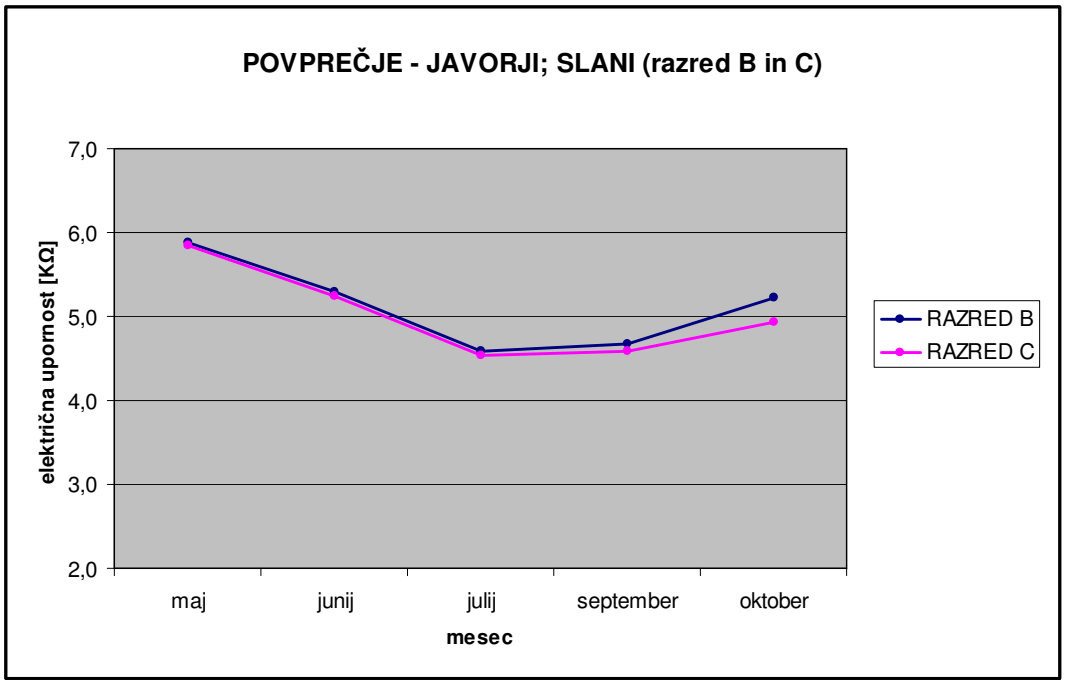
5.2.4 *Acer platanoides* L. – ostrolistni javor

- Grudnovo nabrežje:

Na tej ploskvi raste 36 ostrolistnih javorjev. Vsa drevesa spadajo v skupino, kjer je krošnja prizadeta zaradi posipnih soli. Večina dreves spada v debelinski razred B (24 dreves), ostalih 12 dreves pa v debelinski razred C.

Preglednica 18: Razvrstitev ostrolistnih javorjev na raziskovalni ploskvi Grudnovo nabrežje v razširjene debelinske razrede

Debelinski razred (cm)	Število dreves
A (1–29)	-
B (30–49)	24
C (50 ›)	12
Skupaj	**36**



Slika 54: Sezonska variabilnost električne upornosti kambijeve cone pri šestintridesetih ostrolistnih javorjih z raziskovalne ploskve Grudnovo nabrežje v rastni sezoni 2005

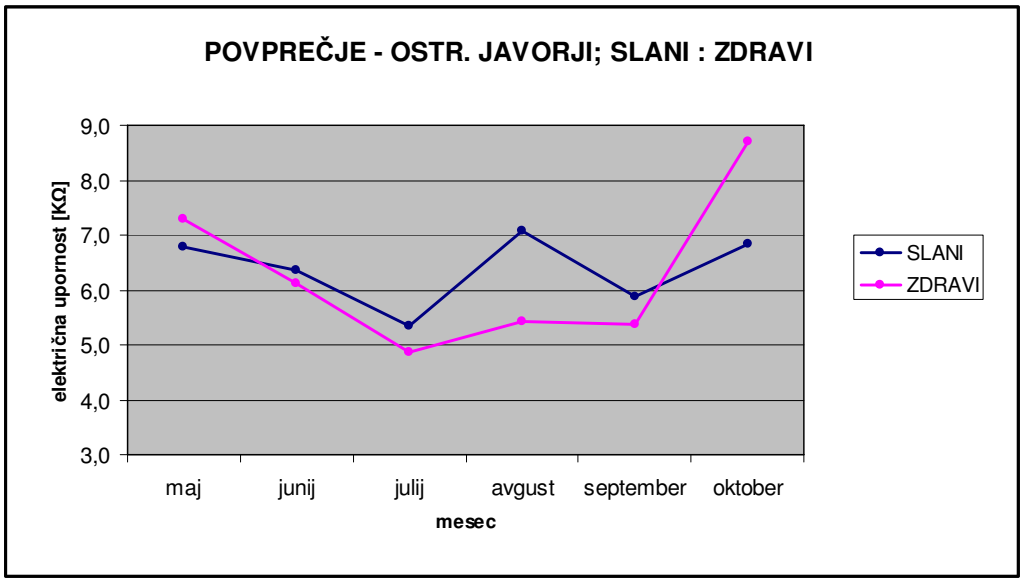
Rezultati meritev električne upornosti nam kažejo, da je povprečje električne upornosti debelinskega razreda B le za odtenek višji od povprečja debelinskega razreda C. Pri obeh debelinskih razredih nastopi minimum povprečja električne upornosti meseca julija, medtem ko je maksimum na začetku rastne sezone v mesecu maju.

- Letališka cesta:

Na tej ploskvi raste 13 ostrolistnih javorjev. 12 dreves raste ob prometni cesti, medtem ko je eno drevo odmaknjeno od cestišča. Vsa drevesa spadajo v debelinski razred A.

Preglednica 19: Razvrstitev ostrolistnih javorjev na raziskovalni ploskvi Letališka cesta v razširjene debelinske razrede

Debelinski razred (cm)	Število dreves
A (1–29)	13
B (30–49)	-
C (50 ›)	-
Skupaj	**13**



Slika 55: Sezonska variabilnost električne upornosti kambijeve cone pri trinajstih ostrolistnih javorjih z raziskovalne ploskve Letališka cesta v rastni sezoni 2005.

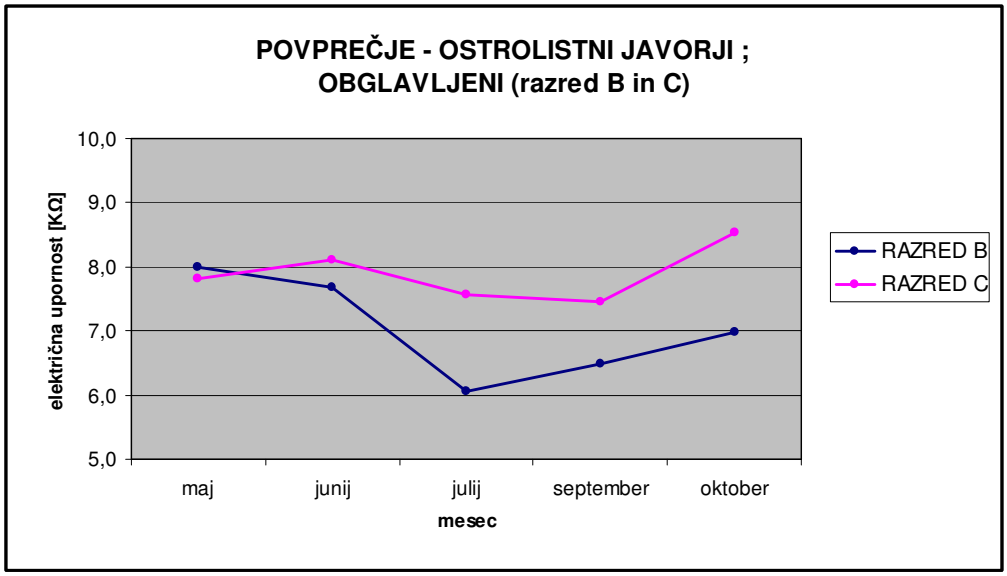
Rezultati meritev kažejo, da imajo ostrolistni javorji, prizadeti zaradi posipne soli, v sredini rastne sezone (mesec junij, julij, avgust in september) v povprečju višjo električno upornost, kot zdrava drevesa. Minimum povprečja električne upornosti pri zdravih drevesih nastopi meseca julija, maksimum pa na koncu rastne sezone (oktober). Pri drevesih, prizadetih zaradi posipnih soli, nastopi minimum meseca julija, medtem ko maksimum nastopi meseca avgusta. Najverjetneje se takrat delitvena aktivnost kambija zaključi, kar pomeni ožjo kambijevo cono in višje vrednosti električne upornosti. Zanimivo je, da se kasneje vrednosti CER ponovno znižajo. Domnevamo, da bi to lahko bil odraz reaktivizacije kambija zaradi stresnih razmer.

- Vila Podrožnik:

Na tej ploskvi raste 13 ostrolistnih javorjev. Nekaj drevesom je bila odstranjena krošnja (7 dreves), ostala drevesa so neobglavljena. Večina dreves spada v debelinski razred B (8 dreves), 2 drevesi v debelinski razred C in 3 drevesa v debelinski razred A.

Preglednica 20: Razvrstitev obglavljenih ostrolistnih javorjev na raziskovalni ploskvi Vila Podrožnik v razširjene debelinske razrede

Debelinski razred (cm)	Število dreves
A (1–29)	2
B (30–49)	5
C (50 ›)	-
Skupaj	**7**

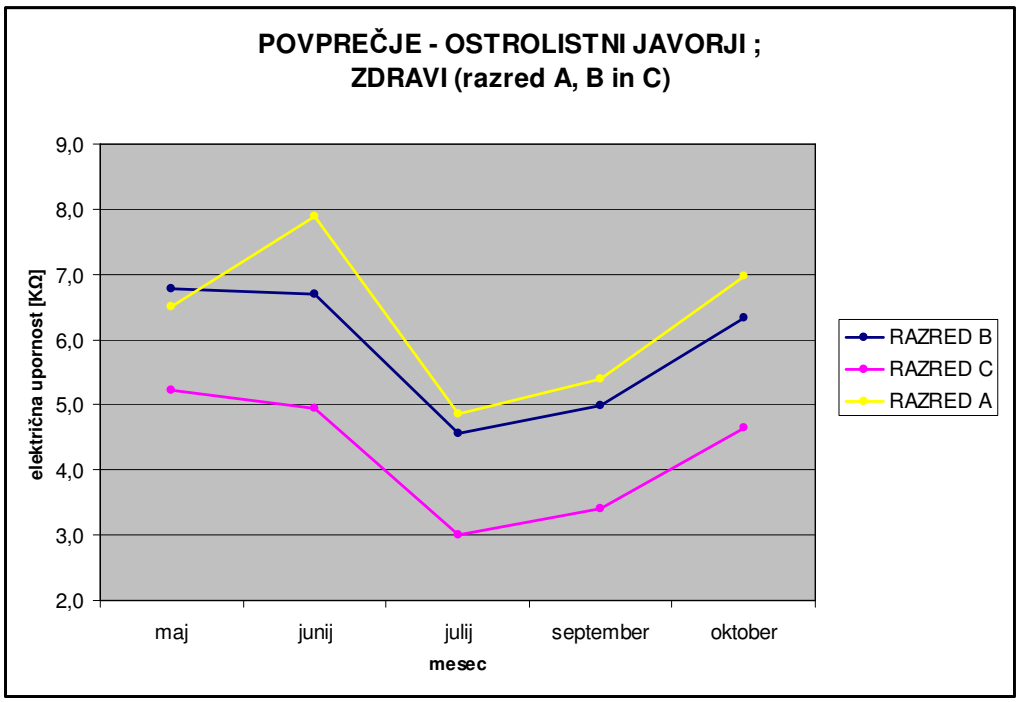


Slika 56: Sezonska variabilnost električne upornosti kambijeve cone pri sedmih obglavljenih ostrolistnih javorjih z raziskovalne ploskve Vila Podrožnik v rastni sezoni 2005.

Drevesa debelinskega razreda B imajo v povprečju višjo električno upornost preko celotne rastne sezone, le na začetku rastne sezone imajo nekoliko nižjo električno upornost. Minimum povprečja električne upornosti nastopi meseca julija (debelinski razred B), oziroma meseca septembra (debelinski razred C). Maksimum povprečja nastopi na začetku rastne sezone v mesecu maju (debelinski razred B), oziroma na koncu rastne sezone v mesecu oktobru (debelinski razred C).

Preglednica 21: Razvrstitev zdravih ostrolistnih javorjev na raziskovalni ploskvi Vila Podrožnik v razširjene debelinske razrede

Debelinski razred (cm)	Število dreves
A (1–29)	1
B (30–49)	3
C (50 ›)	2
Skupaj	**6**



Slika 57: Sezonska variabilnost električne upornosti kambijeve cone pri šestih zdravih ostrolistnih javorjih z raziskovalne ploskve Vila Podrožnik v rastni sezoni 2005.

Rezultati meritev kažejo, da ima debelinski razred A v povprečju najvišjo električno upornost, sledi debelinski razred B ter debelinski razred C. Minimum povprečja električne upornosti nastopi pri vseh treh debelinskih razredih istega meseca (julij), medtem ko je maksimum povprečja električne upornosti na začetku rastne sezone v mesecu maju (debelinski razred B in C), oziroma v mesecu juniju (debelinski razred A).

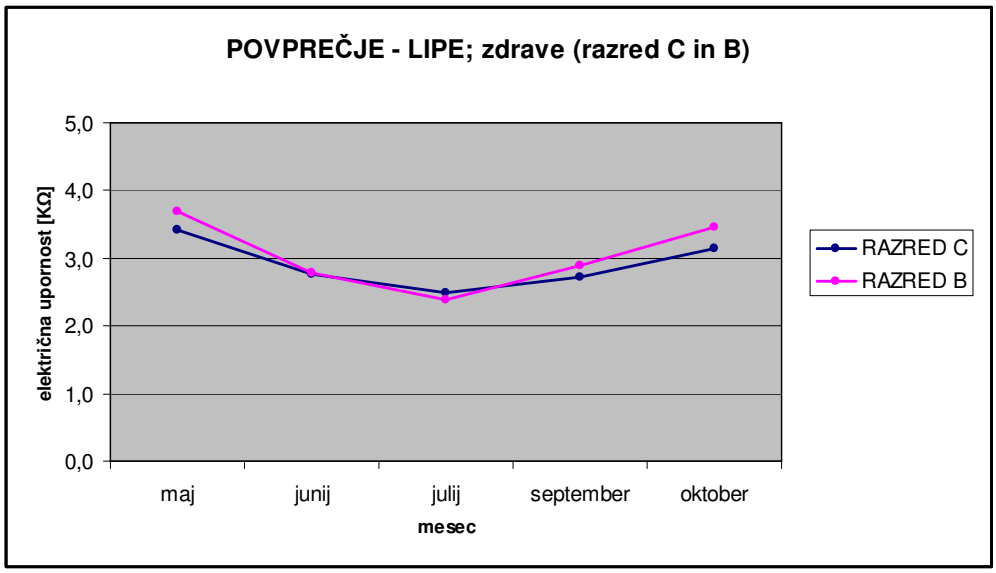
5.2.5 *Tilia sp.* – lipa

- Petkovškovo nabrežje:

Na tej ploskvi raste 16 dreves. Večina dreves je starejših in spadajo v debelinski razred C (10 dreves), ostala drevesa so v debelinskem razredu B.

Preglednica 22: Razvrstitev lip na raziskovalni ploskvi Petkovškovo nabrežje v razširjene debelinske razrede

Debelinski razred (cm)	Število dreves
A (1–29)	-
B (30–49)	6
C (50 ›)	10
Skupaj	**16**



Slika 58: Sezonska variabilnost električne upornosti kambijeve cone pri šestnajstih lipah z raziskovalne ploskve Petkovškovo nabrežje v rastni sezoni 2005.

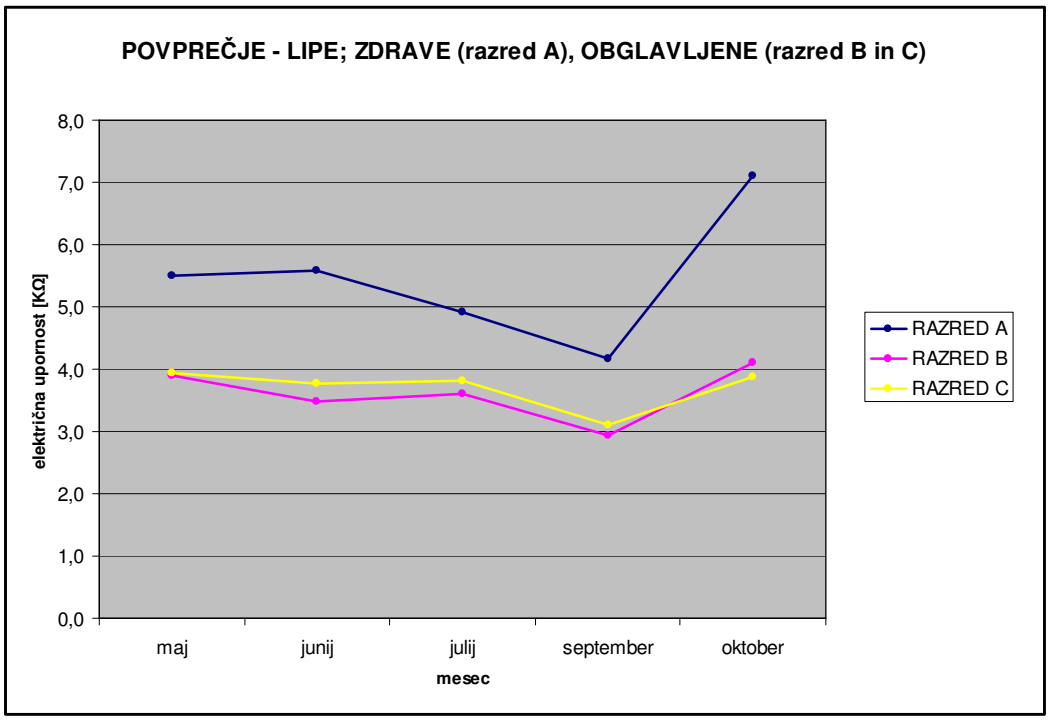
Rezultati meritev nam kažejo, da se povprečje električne upornosti med rastno sezono giblje med 2 in 4 KΩ. Med debelinskim razredom B in C ni opaznih večjih razlik. Minimum povprečja električne upornosti nastopi v sredini rastne sezone meseca julija, medtem ko je maksimum povprečja na začetku rastne sezone (maj). Na grafu lahko vidimo značilno sezonsko oscilacijo vrednosti CER.

- Vodnikova cesta III.:

Na tej ploskvi raste 42 lip. Vsem starejšim drevesom je bila odstranjena krošnja oziroma so bila obglavljena. Večina dreves spada v debelinski razred C (25 dreves), 14 dreves spada v debelinski razred B ter 3 drevesa v debelinski razred A.

Preglednica 23: Razvrstitev lip na raziskovalni ploskvi Vodnikova cesta III. v razširjene debelinske razrede

Debelinski razred (cm)	Število dreves
A (1–29)	3
B (30–49)	14
C (50 ›)	25
Skupaj	**42**



Slika 59: Sezonska variabilnost električne upornosti kambijeve cone pri dvainštiridesetih lipah z raziskovalne ploskve Vodnikova ulica v rastni sezoni 2005.

Rezultati meritev nam kažejo, da ima debelinski razred A v povprečju višjo električno upornost od ostalih dveh debelinskih razredov (B in C). Vrednosti električne upornosti debelinskega razreda A se gibljejo med 4 in 7 KΩ. Minimum povprečja električne upornosti debelinskega razreda A nastopi meseca septembra in znaša 4,2 KΩ, medtem ko maksimum povprečja nastopi meseca oktobra in znaša 7,1 KΩ. Med debelinskima

razredoma B in C ni opaziti večjih razlik. Vrednosti električne upornosti se gibljejo med 3 in 4 KΩ. Pri obeh debelinskih razredih B in C nastopi minimum povprečja v mesecu septembru, medtem ko je maksimum na koncu oz. na začetku rastne sezone.

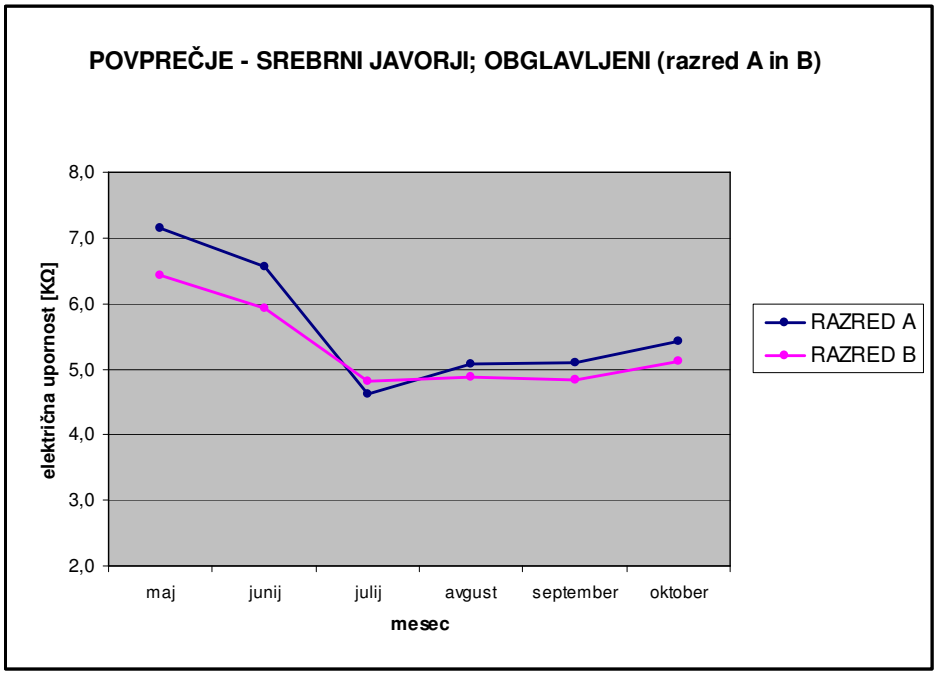
5.2.6 *Acer saccharinum* L. – srebrni javor

- Murgle:

Na tej ploskvi raste 10 dreves. Vsa drevesa so bila v preteklosti obglavljena. Polovica dreves spada v debelinski razred A (5 dreves), ostalih 5 dreves pa v debelinski razred B.

Preglednica 24: Razvrstitev srebrnih javorjev na raziskovalni ploskvi Murgle v razširjene debelinske razrede

Debelinski razred (cm)	Število dreves
A (1–29)	5
B (30–49)	5
C (50 ›)	-
Skupaj	**10**



Slika 60: Sezonska variabilnost električne upornosti kambijeve cone pri desetih srebrnih javorjih z raziskovalne ploskve Murgle v rastni sezoni 2005.

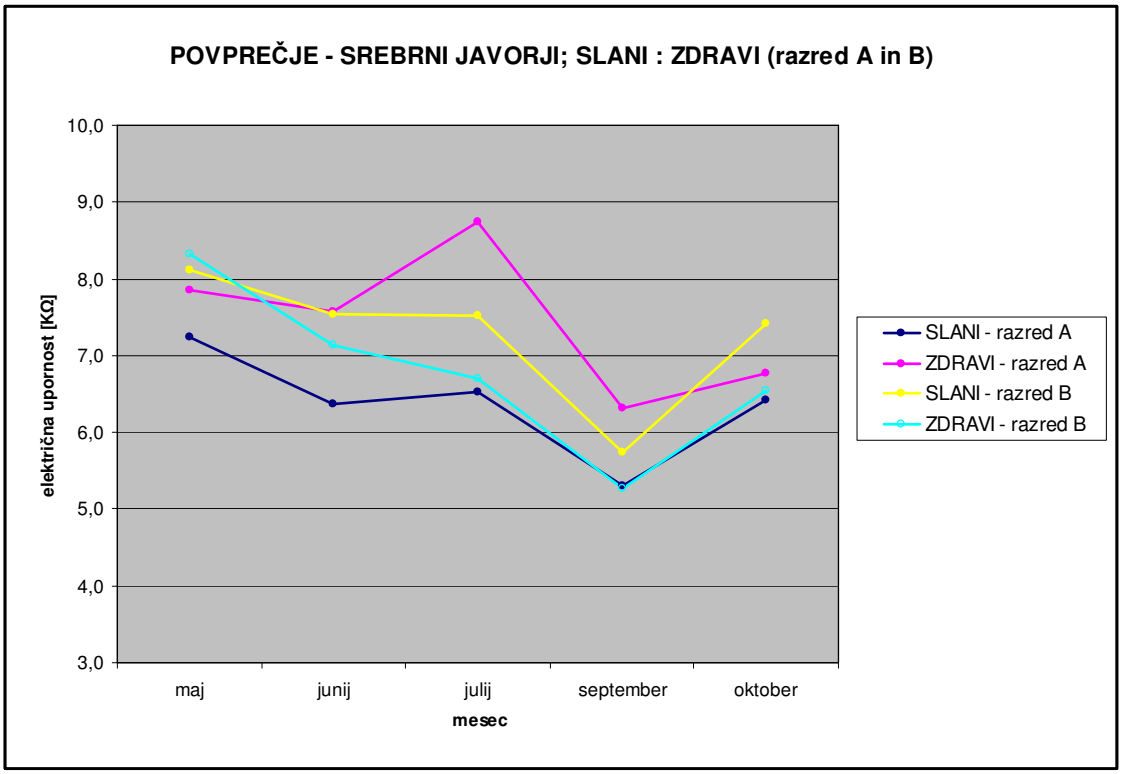
Rezultati meritev nam kažejo, da se povprečne vrednosti električne upornosti skozi rastno sezono gibljejo med 4,7 in 7,2 KΩ. Med razredoma ni večjih odstopanj. Debelinski razred A ima v povprečju višjo električno upornost preko rastne sezone, le v mesecu juliju, ko nastopi minimum povprečja, ima nekoliko nižjo električno upornost od debelinskega razreda B. Pri obeh debelinskih razredih nastopi minimum povprečja v mesecu juliju, maksimum povprečja električne upornosti pa na začetku rastne sezone v mesecu maju.

- Vodnikova cesta I. :

Na tej ploskvi raste 33 srebrnih javorjev. Eno drevo se je med raziskavo posušilo in odmrlo. Drevesa so bila razdeljena v dve skupini. Drevesa bližje cestišču so v skupini dreves, prizadetih zaradi posipne soli, ostala drevesa so označena kot zdrava in vitalna drevesa. Večina dreves spada v debelinski razred B (26 dreves), 6 dreves pa v debelinski razred A.

Preglednica 25: Razvrstitev srebrnih javorjev na raziskovalni ploskvi Vodnikova cesta I. v razširjene debelinske razrede

Debelinski razred (cm)	Število dreves
A (1–29)	6
B (30–49)	26
C (50 ›)	-
Skupaj	**32**



Slika 61: Sezonska variabilnost električne upornosti kambijeve cone pri dvaintridesetih srebrnih javorjih z raziskovalne ploskve Vodnikova cesta I. v rastni sezoni 2005.

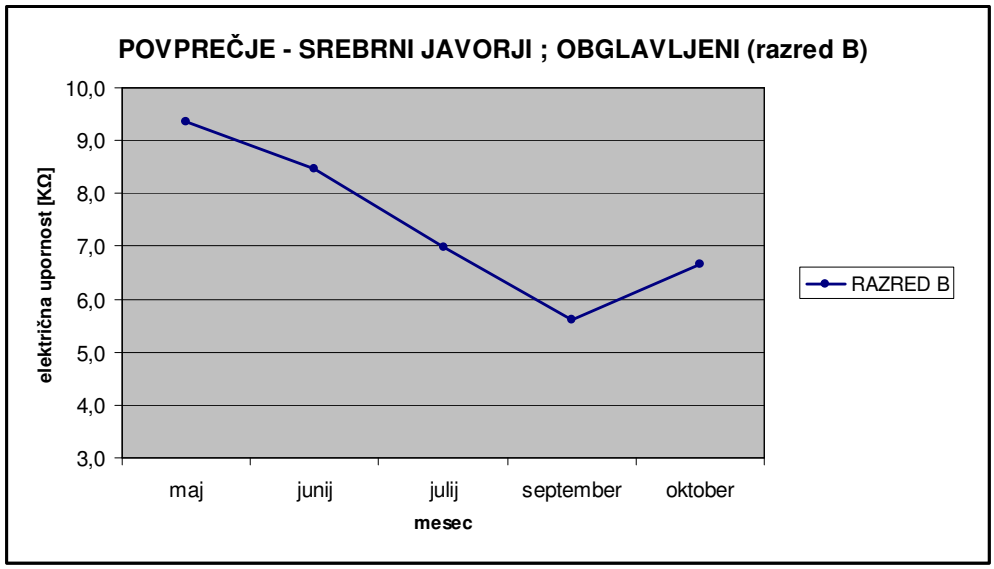
Sezonska variabilnost CER pri debelinskem razredu B je pričakovana. Prizadeta drevesa imajo v povprečju višje vrednosti CER od zdravih. Pri skupini A pa variabilnost električne upornosti ne moremo pojasniti z stopnjo prizadetosti. Pri tej skupini dreves je lahko pomemben dejavnik, ki vpliva na odčitek CER, tudi debelina prebodenih tkiv.

- Vila Podrožnik:

Na tej ploskvi rastejo tri drevesa vrste *Acer saccharinum* L. oz. srebrnega javorja. Vsa drevesa so bila v pretekli sezoni obglavljena. Drevesa spadajo v debelinski razred B.

Preglednica 26: Razvrstitev srebrnih javorjev na raziskovalni ploskvi Vila Podrožnik v razširjene debelinske razrede

Debelinski razred (cm)	Število dreves
A (1–29)	-
B (30–49)	3
C (50 ›)	-
Skupaj	**3**



Slika 62: Sezonska variabilnost električne upornosti kambijeve cone pri treh srebrnih javorjih z raziskovalne ploskve Vila Podrožnik v rastni sezoni 2005.

Rezultati meritev nam kažejo, da se povprečne vrednosti električne upornosti gibljejo med 5,5 in 9,5 KΩ. Najnižja vrednost (minimum) nastopi meseca septembra in znaša 5,6 KΩ, medtem ko je maksimum povprečja električne upornosti na začetku rastne sezone v mesecu maju in znaša 9,4 KΩ.

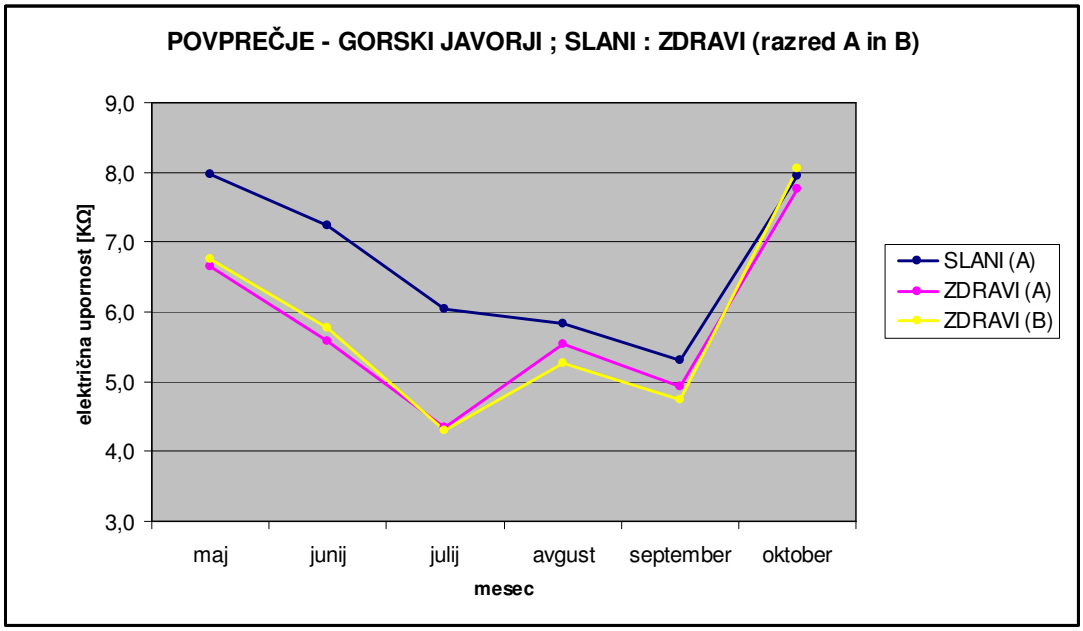
5.2.7 *Acer pseudoplatanus* L. – gorski javor

- Letališka cesta:

Na tej ploskvi raste 30 dreves. Eno drevo se je ob koncu raziskave posušilo in odmrlo. Drevesa so razdeljena v dve skupini. Prva skupina dreves raste ob prometni cesti v nakupovalno središče (BTC). Ta drevesa so prizadeta zaradi posipnih soli. Druga skupina dreves raste odmaknjeno od ceste in so zdrava ter vitalnejša. Večina dreves spada v debelinski razred A (28 dreves), ostali dve pa v debelinski razred B.

Preglednica 27: Razvrstitev gorskih javorjev na raziskovalni ploskvi Letališka cesta v razširjene debelinske razrede

Debelinski razred (cm)	Število dreves
A (1–29)	28-1
B (30–49)	2
C (50 ›)	-
Skupaj	**30**



Slika 63: Sezonska variabilnost električne upornosti kambijeve cone pri tridesetih gorskih javorjih z raziskovalne ploskve Letališka cesta v rastni sezoni 2005.

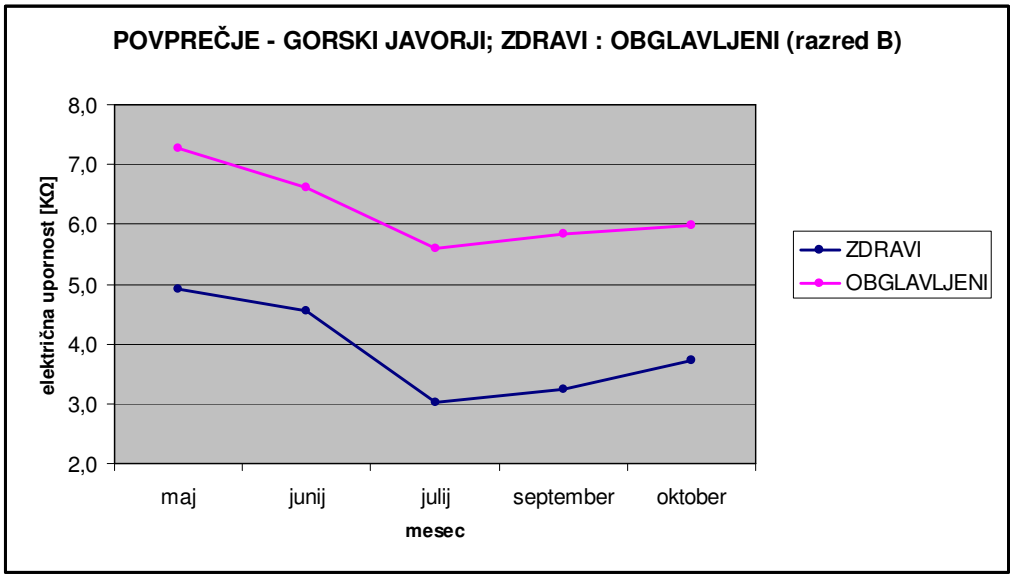
Rezultati meritev kažejo, da se povprečne vrednosti električne upornosti gibajo med 4 in 8 KΩ. Vidno prizadeta drevesa zaradi posipnih soli debelinskega razreda A imajo v povprečju višjo električno upornost od zdravih dreves debelinskega razreda A skozi celotno rastno sezono. Pri drevesih debelinskega razreda A nastopi minimum povprečja električne upornosti meseca septembra in znaša 5,3 KΩ, medtem ko je maksimum povprečja na koncu faze rasti meseca oktobra. Med zdravimi osebki debelinskega razreda A in B ni opaziti razlik. Minimum povprečja nastopi meseca julija (4,3 KΩ), maksimum povprečja pa nastopi na koncu faze rasti v mesecu oktobru.

- Vila Podrožnik:

Na tej ploskvi rastejo tri drevesa gorskega javorja. Eno drevo je bilo obglavljeno, eno drevo pa ima dva debla. Vsa drevesa spadajo v debelinski razred B.

Preglednica 28: Razvrstitev gorskih javorjev na raziskovalni ploskvi Vila Podrožnik v razširjene debelinske razrede

Debelinski razred (cm)	Število dreves
A (1–29)	-
B (30–49)	3
C (50 ›)	-
Skupaj	**3**



Slika 64: Sezonska variabilnost električne upornosti kambijeve cone pri treh gorskih javorjih z raziskovalne ploskve Vila Podrožnik v rastni sezoni 2005.

Rezultati meritev nam kažejo, da ima drevo, ki je bilo obglavljeno, v povprečju višjo električno upornost od zdravih dreves skozi celotno rastno sezono. Pri zdravih drevesih se vrednosti električne upornosti gibajo med 3 in 5 KΩ, medtem ko so vrednosti električne upornosti pri obglavljenem drevesu višje in se gibajo med 5,5 in 7,5 KΩ. Pri obeh skupinah nastopi minimum povprečja električne upornosti v mesecu juliju, maksimum pa na začetku rastne sezone meseca maja.

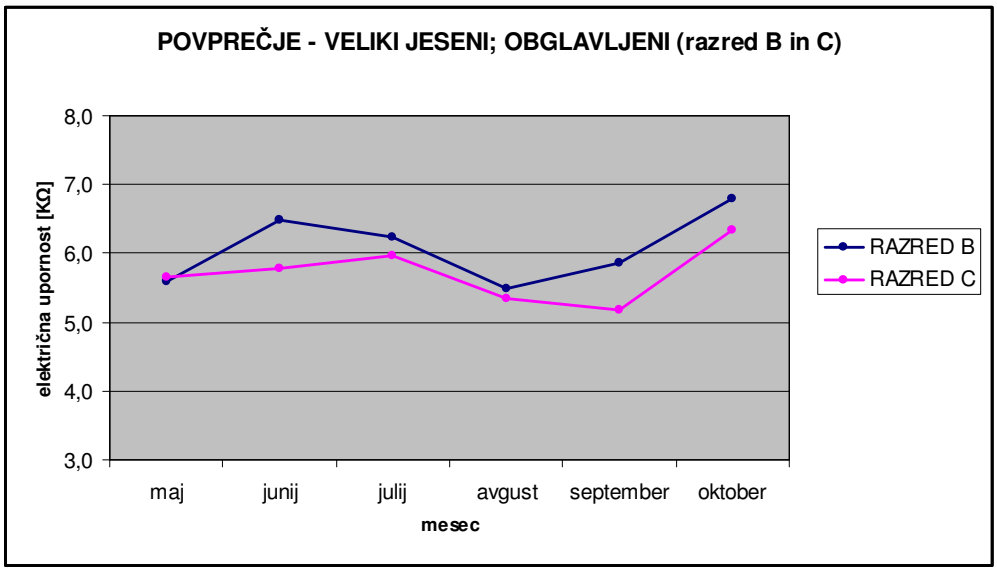
5.2.8 *Fraxinus excelsior* L. – veliki jesen

- Skapinova ulica:

Na tej ploskvi raste 8 dreves. Vsa drevesa so bila obglavljena. Večina dreves spada v debelinski razred B (6 dreves), ostali dvi pa v debelinski razred C.

Preglednica 29: Razvrstitev velikih jesenov na raziskovalni ploskvi Skapinova ulica v razširjene debelinske razrede

Debelinski razred (cm)	Število dreves
A (1–29)	-
B (30–49)	6
C (50 ›)	2
Skupaj	**8**



Slika 65: Sezonska variabilnost električne upornosti kambijeve cone pri osmih velikih jesenih z raziskovalne ploskve Skapinova ulica v rastni sezoni 2005.

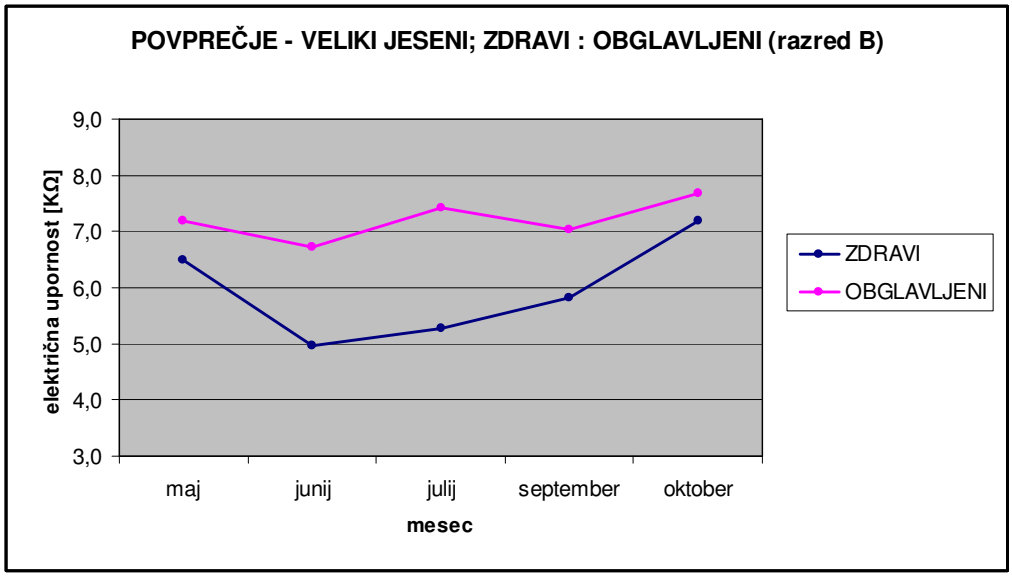
Rezultati meritev nam kažejo, da se povprečne vrednosti električne upornosti gibajo med 5 in 7 KΩ. Debelinski razred B ima v povprečju višjo električno upornost preko celotne rastne sezone. Minimum povprečja nastopi meseca avgusta (debelinski razred B) oziroma meseca septembra (debelinski razred C). Maksimum nastopi na koncu rastne sezone pri obeh debelinskih razredih.

- Vodnikova cesta II:

Na tej ploskvi raste 15 dreves. Drevesa so razdeljena na dve skupini. Zdrava drevesa (9 dreves) in obglavljena drevesa (6 dreves). Vsa drevesa spadajo v debelinski razred B.

Preglednica 30: Razvrstitev velikih jesenov na raziskovalni ploskvi Vodnikova cesta II. v razširjene debelinske razrede

Debelinski razred (cm)	Število dreves
A (1–29)	-
B (30– 49)	15
C (50 ›)	-
Skupaj	**15**



Slika 66: Sezonska variabilnost električne upornosti kambijeve cone pri petnajstih velikih jesenih z raziskovalne ploskve Vodnikova cesta II. v rastni sezoni 2005.

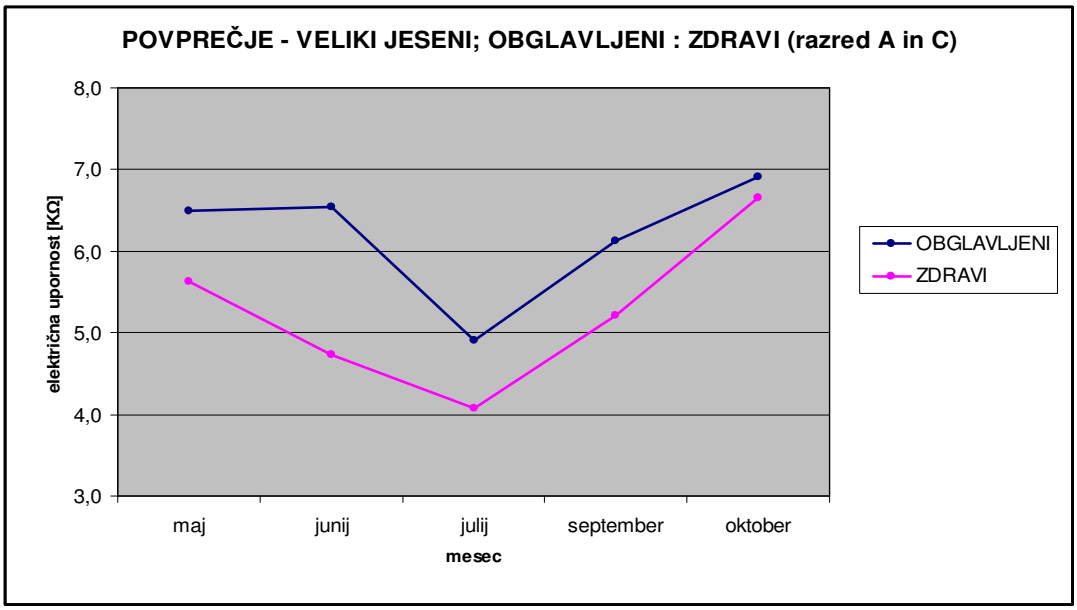
Rezultati meritev kažejo, da imajo drevesa s prizadeto krošnjo v povprečju višjo električno upornost od zdravih dreves preko celotne rastne sezone. Minimum povprečja nastopi pri obeh skupinah dreves meseca junija, maksimum povprečja pa na koncu rastne sezone meseca oktobra.

- Vila Podrožnik :

Na tej ploskvi raste 6 velikih jesenov. Tri drevesa so bila obglavljena in spadajo v debelinski razred A. Ostala tri drevesa so zdrava in spadajo v debelinski razred C.

Preglednica 31: Razvrstitev velikih jesenov na raziskovalni ploskvi Vila Podrožnik v razširjene debelinske razrede

Debelinski razred (cm)	Število dreves
A (1–29)	3
B (30–49)	-
C (50 ›)	3
Skupaj	**6**



Slika 67: Sezonska variabilnost električne upornosti kambijeve cone pri šestih velikih jesenih z raziskovalne ploskve Vila Podrožnik v rastni sezoni 2005.

Rezultati meritev kažejo, da se povprečne vrednosti električne upornosti gibajo med 4 in 7 KΩ. Povprečne vrednosti dreves s prizadeto krošnjo debelinskega razreda A so višje od povprečnih vrednosti zdravih dreves debelinskega razreda C preko celotne rastne sezone. Minimum povprečja električne upornosti nastopi pri obeh skupinah dreves meseca julija in znaša 4,1 KΩ pri zdravih oz. 4,9 KΩ pri prizadetih drevesih. Pri zdravih drevesih je lepo vidna tipična sezonska oscilacija vrednosti CER z indikativnim minimumom na višku rastne sezone.

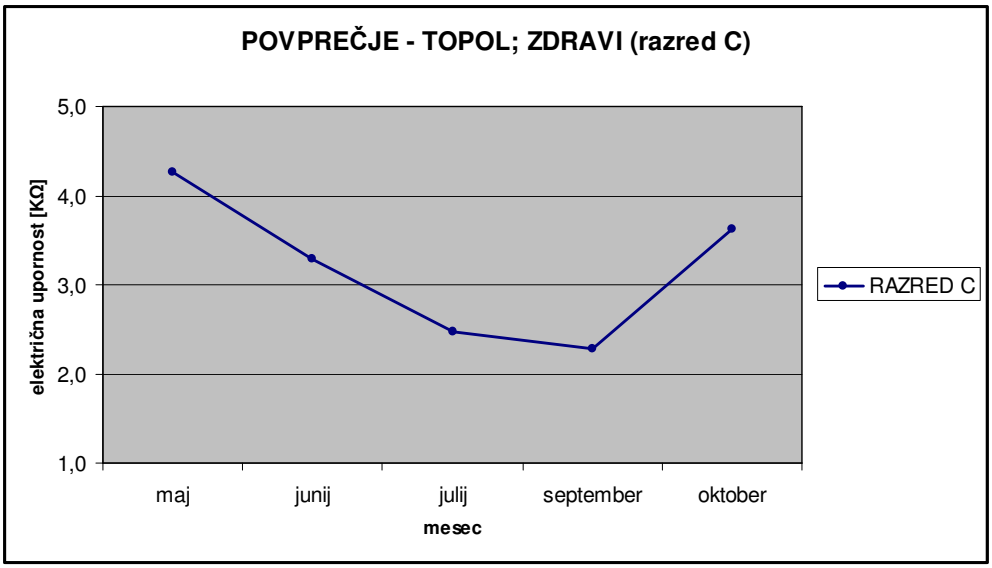
5.2.9 *Populus nigra* L. – črni topol

- Vodnikova cesta II:

Na tej ploskvi raste 7 dreves. Vsa drevesa so bila v preteklosti obglavljena, vendar se je ravnovesje med koreninskim sistemom in asimilacijskim aparatom že vzpostavilo, tako da drevesa spadajo v skupino zdravih dreves. Vsa drevesa spadajo v debelinski razred C.

Preglednica 32: Razvrstitev črnih topolov na raziskovalni ploskvi Vodnikova cesta II. v razširjene debelinske razrede

Debelinski razred (cm)	Število dreves
A (1–29)	-
B (30–49)	-
C (50 ›)	7
Skupaj	**7**



Slika 68: Sezonska variabilnost električne upornosti kambijeve cone pri sedmih črnih topolih z raziskovalne ploskve Vodnikova cesta II. v rastni sezoni 2005.

Meritve so pokazale, da so najnižje vrednosti CER pri topolih. Te se gibajo med 2 in 4 KΩ. Minimum vrednosti CER nastopi meseca septembra, maksimum pa meseca maja. Primerjava vrednosti električne upornosti različno prizadetih dreves v posameznem debelinskem razredu je predstavljena v preglednicah 33, 34 in 35.

Preglednica 33: Razvrstitev drevesnih vrst na raziskovalnih ploskvah v razširjeni debelinski razred A. Z vijolično barvo je označena najvišja, z rumeno pa najnižja vrednost CER.

Drevesna vrsta	Lokacija	Prizadetost	Najnižja vrednost CER [KΩ]	Mesec
Divji kostanj	Cesta v Rožno dolino	zdrava [11]	3,2	avgust
	Tivoli	zdrava [12]	8,3	avgust
Platana	Puharjeva ulica	zdrava [8]	5,7	avgust
	Šmartinska cesta	obglavljena [21]	7,0	julij
Pobešava vrba	Trnovski pristan I.	zdrava [17]	3,1	september
	Trnovski pristan II.	zdrava [7]	3,2	september
Ostrolistni javor	Letališka cesta	zdrava [1]	4,9	julij
		zasoljena [12]	5,3	julij
	Vila Podrožnik	zdrava [1]	4,9	julij
		obglavljena [2]	7,5	september
Lipa	Vodnikova cesta III.	zdrava [3]	4,2	september
Srebrni javor	Murgle	obglavljena [5]	4,6	julij
	Vodnikova cesta I.	zdrava [1]	6,3	september
		zasoljena [4]	5,3	september
Gorski javor	Letališka cesta	zdrava [16]	4,3	julij
		zasoljena [12]	5,3	september
Veliki jesen	Vila Podrožnik	obglavljena [3]	6,1	september

Najnižjo povprečno vrednost CER smo zabeležili pri pobešavih vrbah, ki znaša 3,1 KΩ. Relativno visoke najnižje vrednosti CER pri nekaterih drevesnih vrstah (divji kostanj, ostrolistni in srebrni javor) gre morda pripisati debelini tkiv skorje, ki je pri relativno mladih in juvenilnih drevesih tanka. Praviloma imajo vse drevesne vrste debelinskega razreda A v povprečju višjo električno upornost od ostalih dreves debelinskega razreda B in C iste drevesne vrste. Zlasti tista zelo mlada drevesa, ki ne dosegajo premera 10 cm. Največkrat minimum električne upornosti nastopi meseca septembra, kar ni v skladu s pričakovanimi rezultati. Minimum naj bi nastopil na višku rastne sezone, to je meseca junija in julija, kar se je pokazalo le pri šestih skupinah debelinskega razreda A. Drevesa, ki so zdrava in vitalna, naj bi imela v povprečju nižjo električno upornost od dreves, ki spadajo v isto primerljivo skupino in so prizadeta bodisi zaradi neustrezne nege bodisi zaradi izpostavljenosti posipni soli. To se je potrdilo na raziskovalni ploskvi Letališka cesta, in sicer za drevesno vrsto ostrolistni in gorski javor, Vila Podrožnik za drevesno

vrsto ostrolistni javor, medtem ko pri srebrnem javorju na raziskovalni ploskvi Vodnikova cesta I. teh pričakovanj nismo potrdili (glej preglednico 33).

Preglednica 34: Razvrstitev drevesnih vrst na raziskovalnih ploskvah v razširjeni debelinski razred B. Z vijolično barvo je označena najvišja, z rumeno pa najnižja vrednost CER.

Drevesna vrsta	Lokacija	Prizadetost	Najnižja vrednost CER [KΩ]	Mesec
Divji kostanj	Cesta v Rožno dolino	zdrava [9]	2,8	avgust
	Tivoli	zdrava [27]	5,6	avgust
	Grajski grič	zdrava [6]	5,2	september
		obglavljena [2]	2,6	julij
		zasoljena [2]	4,5	oktober
Platana	Puharjeva ulica	zdrava [13]	4,6	avgust
	Trg OF	obglavljena [2]	5,9	september
	Poljanska ulica	zdrava [16]	4,9	julij
	Šmartinska ulica	obglavljena [12]	6,1	avgust
Pobešava vrba	Trnovski pristan I.	zdrava [7]	3,1	september
	Trnovski pristan II.	zdrava [3]	2,7	september
	Vila Podrožnik	obglavljena [3]	3,5	september
Ostrolistni javor	Grudnovo nabrežje	zasoljeni [24]	4,6	julij
	Vila Podrožnik	zdrava [3]	4,6	julij
		obglavljena [5]	6,1	julij
Lipa	Vodnikova cesta III.	obglavljena [14]	2,9	september
	Petkovškovo nabrežje	zdrave [6]	2,4	julij
Srebrni javor	Murgle	obglavljena [5]	4,8	julij
	Vodnikova cesta I.	zdrava [14]	5,3	september
		zasoljena [12]	5,7	september
	Vila Podrožnik	obglavljena [3]	5,6	september
Gorski javor	Letališka cesta	zdrava [2]	4,3	julij
	Vila Podrožnik	zdrava [3]	3,0	julij
		obglavljena [1]	5,6	julij
Veliki jesen	Škapinova ulica	obglavljena [6]	5,5	avgust
	Vodnikova cesta II.	zdrava [9]	5,0	junij
		obglavljena [6]	6,7	junij

Najnižjo povprečno vrednost električne upornosti živih tkiv kambijeve cone smo zabeležili pri lipah in sicer 2,4 KΩ, najvišjo vrednost CER pa pri velikem jesenu (6,7

KΩ). Tudi pri teh skupinah dreves debelinskega razreda B pričakovanih najnižjih vrednosti ob višku rastne sezone nismo zabeležili, saj je le pri dveh skupinah nastopil minimum CER meseca junija, pri desetih skupinah pa meseca julija. Pri večini drevesnih vrst imajo zdrava in vitalna drevesa nekoliko nižjo vrednost CER od primerljivih dreves iste skupine, kar je v skladu s pričakovanimi rezultati. To se je potrdilo na raziskovalni ploskvi Vila Podrožnik pri drevesnih vrstah ostrolistni in gorski javor, na raziskovalni ploskvi Vodnikova cesta I. in II. pri velikem jesenu in srebrnem javorju, medtem ko se na raziskovalni ploskvi Grajski grič za navadne divje kostanje to ni potrdilo (glej preglednico 34).

Preglednica 35: Razvrstitev drevesnih vrst na raziskovalnih ploskvah v razširjeni debelinski razred C. Z vijolično barvo je označena najvišja, z rumeno pa najnižja vrednost CER.

Drevesna vrsta	Lokacija	Prizadetost	Najnižja vrednost CER [KΩ]	Mesec
Divji kostanj	Cesta v Rožno dolino	zdrava [19]	3,6	avgust
	Tivoli	zdrava [3]	4,9	avgust
	Tomšičeva ulica	zdrava [29]	3,7	september
	Grajski grič	zdrava [23]	4,9	september
		obglavljena [6]	4,5	september
		zasoljena [15]	3,9	julij
Platana	Trg OF	obglavljena [8]	7,1	avgust
	Poljanska ulica	zdrava [2]	4,0	julij
Pobešava vrba	Trnovski pristan II.	suha krošnja [18]	2,8	september
	Vila Podrožnik	obglavljena [8]	3,4	julij
Ostrolistni javor	Grudnovo nabrežje	zasoljeni [12]	4,5	julij
	Vila Podrožnik	zdrava [2]	3,0	julij
Lipa	Petkovškovo nabrežje	zdrave [10]	2,5	julij
	Vodnikova cesta III.	obglavljena [25]	5,3	september
Veliki jesen	Škapinova ulica	obglavljena [2]	5,2	september
	Vila Podrožnik	zdrava [3]	4,1	julij
Rdečecvetni kostanj	Cesta v Rožno dolino	zdrava [9]	2,7	september
Črni topol	Vodnikova cesta II.	zdrava [7]	2,3	september

Najnižjo povprečno vrednost električne upornosti živih tkiv kambijeve cone (CER) smo zabeležili pri črnih topolih, in sicer 2,3 KΩ, sledijo jim lipe in vrbe. Najvišji minimum CER smo zabeležili pri platanah (7,1 KΩ), ki so v slabem zdravstvenem stanju, imajo slabe pogoje za rast (zbitost tal, omejevanje rastnega prostora), neustrezna nega dreves in izpostavljenost posipnim solem. Minimum CER nastopi največkrat meseca septembra in sicer kar osemkrat, sledi mu mesec julij (sedemkrat), tako da tudi pri drevesih debelinskega razreda C nismo potrdili pričakovanih rezultatov glede najnižje vrednosti CER v odvisnosti od časa, ko naj bi nastopil na višku rastne sezone.

6 SKLEPI

Različne drevesne vrste imajo različen razpon vrednosti električne upornosti kambijeve cone živih tkiv (CER) preko celotne rastne sezone. Povprečne vrednosti CER varirajo od 2 do 10 KΩ. Najnižje vrednosti smo zabeležili pri topolih in lipah, medtem ko so se najvišje vrednosti CER pojavljale pri vidno prizadetih platanah in javorjih.

Različno vitalna drevesa imajo različen razpon vrednosti CER. Višja kot je vrednost CER, slabše je zdravstveno stanje drevesa in obratno. Praviloma imajo vitalna in zdrava drevesa nižjo električno upornost od vidno prizadetih dreves iste drevesne vrste, vendar je pri interpretaciji razultatov potrebna pazljivost, saj zelo nizke vrednosti CER nakazujejo na procese razkroja in odmiranja tkiv pod skorjo drevesa. Zaradi tega je nujno potrebna tudi vizualna ocena drevesa.

Značilna je sezonska oscilacija vrednosti CER. V raziskavi električne upornosti kambijeve cone pri mestnem drevju v MO Ljubljana, se je za posamezne drevesne vrste izkazalo, da imajo vrednosti CER tipično sezonsko krivuljo z minimumom na višku rastne sezone, ko je kambijeva aktivnost največja. Na začetku in koncu rastnega obdobja so vrednosti CER najvišje, medtem ko se najnižje vrednosti CER pojavljajo na sredini rastnega obdobja. Tako so vrednosti CER v tesni povezavi s kambijevo cono. Manjša je aktivnost celic v kambiju, višja je električna upornost in obratno.

To značilno porazdeljevanje vrednosti CER smo opazili le pri nekaterih drevesnih vrstah, medtem ko pri drugih drevesnih vrstah tega ni bilo moč opaziti. Te vrste so rodu *Tilia,* pri navadni lipi – *Tilia sp.*; rodu *Platanus,* gre za križanca med vzhodno in zahodno platano, javorolistna platana – *Platanus hispanica* Muenchh.; ter rodu *Acer*, pri ostrolistnem javorju. Vsa drevesa, ki so nakazovala tipično sezonsko oscilacijo z indikativnim minimumom na višku rastne sezone (U–krivulja), so zdrava in vitalna.

Povprečne mesečne vrednosti CER pri vidno prizadetih drevesih zaradi neustrezne nege (obglavljanje) ali zaradi posipnih soli, varirajo nepredvidljivo in nepravilno.

Električna upornost živih tkiv pri večini dreves, ki so bila obglavljena in neustrezno ter premočno obrezana, je nakazovala slabše zdravstveno stanje in vitalnost kot pri zdravih drevesih na isti raziskovalni ploskvi, saj so bile povprečne vrednosti CER obglavljenih dreves višje za kar 1–3 KΩ. Prav tako smo zabeležili višje povprečne vrednosti CER pri vidno prizadetih drevesih glede na zdrava drevesa iste drevesne vrste in debelinskega razreda, čeprav rastejo na različnih raziskovalnih lokacijah. Učinek obglavljenja drevesa oz. neustrezna nega negativno vplivata na vitalnost in zdravstveno stanje dreves, kar se je v raziskavah tudi potrdilo.

Učinek posipnih soli dolgoročno zmanjšuje vitalnost mestnih dreves, kar je mogoče zanesljivo opaziti pri pregledu dreves. Presenetljivo je, da z metodo merjenja električne upornosti živih tkiv upadanja vitalnosti dreves ni bilo mogoče dokazati. Drevesa kažejo sicer nepredvidljivo sezonsko oscilacijo vrednosti CER, vendar so bile vrednosti občasno celo nižje od vrednosti referenčnih (zdravih) dreves. To bi morda lahko pripisali prisotnosti klorovih kationov (Cl^-) v drevesnem soku.

Drevesa, ki so mlajša in spadajo v razširjeni debelinski razred A, imajo v povprečju dosti višjo vrednost CER preko celotnega rastnega obdobja kot drevesa iste drevesne vrste, ki spadajo v debelinski razred B in C. Ta drevesa so zdrava in vitalna, čeprav imajo višje vrednosti CER od zdravih odraslih in debelejših dreves iste vrste. To zakonitost lahko pojasnimo z debelino živih tkiv, ki jih prebodeta igelni elektrodi.

Pri določanju vitalnosti mestnega drevja je mogoče uporabiti metodo CER, kot dopolnilo k ostalim diagnostičnim metodam za določevanje vitalnosti mestnih dreves, kot so vizualna ocena drevesa, druge specialne naprave za odkrivanje razkoja v drevesu, ali pa morda celo z letalskimi posnetki z infrardečo fotografijo (ortofoto).

Pri interpretaciji rezultatov meritev električne upornosti živih tkiv je potrebno dobro poznavanje drevesne biologije.

7 POVZETEK

Vitalnost in zdravstveno stanje dreves, ki rastejo v urbanem okolju, je odraz izrazito neugodnih rastnih razmer. Poleg tega so drevesa deležna neustrezne nege (obglavljanje) in so v zimskem času izpostavljena velikim količinam posipnih soli.

V uvodnem delu diplomske naloge smo predstavili glavne metode ocenjevanja zdravstvenega stanja dreves oziroma vitalnosti dreves v urbanem okolju. V nadaljevanju diplomskega dela smo se osredotočili le na metodo merjenja električne upornosti kambijeve cone (CER) živih tkiv med rastno sezono. Metoda se je potrdila že na gozdnem drevju (sestoj), zlasti na iglavcih, manjkale pa so raziskave na listavcih, še posebej tistih, ki rastejo v urbanem okolju.

Namen raziskave je bil ugotoviti in določiti razpon vrednosti električne upornosti kambijeve cone (CER) različnih drevesnih vrst med rastno sezono. Določiti razpon vrednosti električne upornosti kambijeve cone (CER) med rastno sezono pri različno vitalnih drevesih glede na vizualne znake prizadetosti krošnje (prizadetost zaradi neustrezne nege drevesa, kontaminiranost zaradi posipnih soli, zaradi drugih razlogov). Določiti razpon vrednosti električne upornosti kambijeve cone (CER) med rastno sezono pri drevesih različne starosti in premera debla (razširjeni debelinski razredi).

Po predhodnem ogledu terena (Mestna občina Ljubljana z okolico) smo na podlagi vidnih znakov prizadetosti krošnje in nestrokovne nege ter navidezno zdravih dreves izbrali ploskve z drevesnimi vrstami, ki so najpogosteje zastopane v MO Ljubljana.

V raziskavo so bila zajeta odrasla in mlada drevesa naslednjih drevesnih vrst:
Acer platanoides L., *Acer pseudoplatanus* L., *Acer saccharinum* L., *Aesculus hippocastanum* L., *Aesculus* x *carnea* Hayne., *Platanus* x *hispanica* Mill. ex Muenchh., *Populus nigra* L., *Salix* x *sepulcralis* Simk., *Tilia sp.*. Izbrali smo različno prizadeta drevesa.

Meritve smo opravljali v vegetacijskem obdobju 2005. Meritve električne upornosti kambijeve cone na izbranih drevesnih vrstah so bile izvajane enkrat mesečno, in sicer z Iskrinim MA 5951 uporovnim merilnikom, imenovanim Tree tester (slika 12). Inštrument so razvili na Oddelku za lesarstvo.

Različne drevesne vrste imajo različen razpon vrednosti električne upornosti kambijeve cone živih tkiv (CER) preko celotne rastne sezone. Povprečne vrednosti CER varirajo od 2 do 10 KΩ. Najnižje vrednosti smo zabeležili pri topolih in lipah, medtem ko so se najvišje vrednosti CER pojavljale pri vidno prizadetih platanah in javorjih.

Različno vitalna drevesa imajo različen razpon vrednosti CER. Višja kot je vrednost CER, slabše je zdravstveno stanje drevesa in obratno. Praviloma imajo vitalna in zdrava drevesa nižjo električno upornost od vidno prizadetih dreves iste drevesne vrste, vendar je pri interpretaciji razultatov potrebna pazljivost, saj zelo nizke vrednosti CER nakazujejo na procese razkroja in odmiranja tkiv pod skorjo drevesa. Zaradi tega je nujno potrebna tudi vizualna ocena drevesa.

Električna upornost živih tkiv pri večini dreves, ki so bila obglavljena in neustrezno ter premočno obrezana, je nakazovala slabše zdravstveno stanje in vitalnost kot pri zdravih drevesih na isti raziskovalni ploskvi, saj so bile povprečne vrednosti CER obglavljenih dreves višje za kar 1–3 KΩ. Prav tako smo zabeležili višje povprečne vrednosti CER pri vidno prizadetih drevesih glede na zdrava drevesa iste drevesne vrste in debelinskega razreda, čeprav rastejo na različnih raziskovalnih lokacijah. Učinek obglavljenja drevesa oz. neustrezna nega negativno vplivata na vitalnost in zdravstveno stanje dreves.

Učinek posipnih soli dolgoročno zmanjšuje vitalnost mestnih dreves, kar je mogoče zanesljivo opaziti pri pregledu dreves. Presenetljivo je, da z metodo merjenja električne upornosti živih tkiv upadanja vitalnosti dreves ni bilo mogoče dokazati. Drevesa kažejo sicer nepredvidljivo sezonsko oscilacijo vrednosti CER, vendar so bile vrednosti občasno celo nižje od vrednosti referenčnih (zdravih) dreves. To bi morda lahko pripisali prisotnosti klorovih kationov (Cl^-) v drevesnem soku.

Drevesa, ki so mlajša in spadajo v razširjeni debelinski razred A, imajo v povprečju dosti višjo vrednost CER preko celotnega rastnega obdobja kot drevesa iste drevesne vrste, ki spadajo v debelinski razred B in C. Ta drevesa so zdrava in vitalna, čeprav imajo višje vrednosti CER od zdravih odraslih in debelejših dreves iste vrste. To zakonitost lahko pojasnimo z debelino živih tkiv, ki jih prebodeta igelni elektrodi.

Pri določanju vitalnosti mestnega drevja je mogoče uporabiti metodo CER, kot dopolnilo k ostalim diagnostičnim metodam za določevanje vitalnosti mestnih dreves, kot so vizualna ocena drevesa, druge specialne naprave za odkrivanje razkoja v drevesu.

8 VIRI

Brus R. 2004. Drevesne vrste na Slovenskem. Ljubljana, Mladinska knjiga: 399 str.

Chris Skellern. AIE. (2000)
http://www.aie.org.uk/index.html (17.6. 2007)

Čufar K. 1997. Umiranje jelke (*Abies alba* Mill.) v Sloveniji: pregled raziskav katedre za tehnologijo lesa. Zbornik gozdarstva in lesarstva, 52: 165–186

Delovno gradivo za ocenjevanje osutosti: inventura 2007. 2007. Ljubljana, Gozdarski inštitut Slovenije.

Dornik V. 2007. Analiza poškodb in sanacija poškodovanih dreves v zdraviliškem parku Rimske toplice: diplomsko delo. (UL, BF, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire). Ljubjana, samozal.: 182 str.

Fujikura Europe | Speciality.
http://www.fujikurawestbury.co.uk/speciality/products/decay/resistograph.html (21.6. 2007)

Hrvatske šume d.o.o. (2004)
http://www.hrsume.hr/casopis/pdf/br91-92str1-11.pdf (18.7. 2007)

International Society of Arboriculture. (2005)
http://www.treesaregood.org/treecare/topping.aspx (15.6. 2007)

Kataster dreves MOL. 2005. Ljubljana, Mestna občina Ljubljana, Oddelek za gospodarske javne službe in promet,.

Komlenović N. 1996. Cambial electrical resistance as an indicator of condition and nutritional status of pedunculate oak and sessile-flowered oak. Annales forestales, 21, 1: 1–22

Kostka S.J. in Sherald J.L. 1982. An evoluation of electrical resistance as a measure of vigor in eastern white pine. Canadian journal of forest research, 12: 463–467

Kotar M. 2005. Zgradba, rast in donos gozda na ekoloških in fizioloških osnovah. Ljubljana, Zveza gozdarskih društev Slovenije, Zavod za gozdove Slovenije, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire: 500 str.

Kovač M., Mavsar R., Simončič P., Batič F., Hočevar M. 2000. Popis poškodovanosti gozdov in gozdnih ekosistemov. Ljubljan, Gozdarski inštitut Slovenije: 74 str.

Križaj B. 1997. Zveza med vsebnostjo kalija, magnezija, kalcija in mangana v živih tkivih terprizadetostjo jelke (*Abies alba* Mill.) in anatomsko-fiziološka interpretacija električne upornosti. Ljubljana, UL, BF, Oddelek za lesarstvo: 168 str.

Križaj B., Štupar J. 1996. Pottasium Content in Living Bark, Cambium and Wood in Relation to Electrical Resistance and Tree Condition in the Silver Fir (*Abies alba* Mill.). Phyton, 36, 3: 39–42

Levanič T., Oven P. 2002. Prirastne in anatomske značilnosti rdečega bora (*Pinus sylvestris* L.), izpostavljenega solem za posipanje cestišč. Zbornik gozdarstva in lesarstva, 69: 237–258

Levanič T., Torreli N., Zupančič M. 1997. Zveza med širino branike in električno upornostjo živih tkiv pri jelki (*Abies alba* Mill.) na Ravniku. Zbornik gozdarstva in lesarstva, 54: 125–140

Lindberg M. in Johansson M. 1989. The use of Electrical Resistance of Cambium and Phloem as a Measure of Tree Vigor. Scandinavian journal of forest research, 4, 175–185

Marion L. 2007. Sezonska aktivnost kambija in njegov odziv na mehanske poškodbe pri mestnem drevju: doktorska disertacija. Ljubljana, UL, BF, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire: 182 str.

Miller R.W. 1996. Urban forestry: planning and managing urban greenspaces. Stevens Point, University of Wisconsin: 404 str.

Oven P. 2000a. Arboristična analiza drevja v MOL in navodila za njihovo nego. Ljubljana, UL, BF, Oddelek za lesarstvo: 207 str.

Oven P. 2000b. Kaj pravzaprav je arboristika. Proteus, 63, 2: 78–81

Oven P., Torelli N., Zupančič M. 1995. Anatomy of Cambial Zone and Living Bark as Related to Electrical Resistance Readings in Healthy and Effected Silver Fir (*Abies alba* Mill.). Acta Pharmaceutica, 45, 2-I: 375–377

Oven P. 2003. "Predavanja predmeta drevesna kirurgija". Ljubljana, UL, BF, Oddelek za lesarstvo. (osebni vir 2003)

Piene H., Thompson R.G. McIssac J.E., Fenson D.S. 1984. Electrical Resistance Measurments on Young Balsam Fir Trees in Relation to Specific Volume Increment, Foliar Biomass and Ion Contenet of Bark and Wood. Canadian journal of.forest research, 14: 177–180

Robič D., Torelli N. in Čufar K. 1990. Meritve električne upornosti aktivnih tkiv kot kazalca cenotskega statusa in stopnje poškodovanosti drevja zaradi onesnaženega zraka. Gozdarski vestnik, 3: 149–153

Roloff A. 2001. Baumkronen. Ulmer Verlag: 162 str.

Shigo A.L. 1986. A New Tree Biology. Durham, Shigo and Trees Associates: 595 str.

Shigo A.L. 1989. Tree Pruning. Durham, Shigo and Trees Associates: 186 str.

Shortle W.C., Ostrofsky A. 1983. Decay Susceptibility of Wood in Defoliated Fir Trees Related to Changing Physical, Chemical and Biological Properties. European journal of forest pathology, 13: 1–11

Smith K.T., Blanchard R.O., Shortle W.C. 1984. Cambial Electrical Resistance Related to the Number of Vascular Cambial Cells in Balsam Fir. Canadian journal of forest research, 14: 950–952

Torelli N., Robič D.A., Zupančič M., Oven P., Ferlin F., Križaj B. 1990. Električna upornost kot kazalec zdravstvenega stanja in možnosti jelk za preživetje na območjih z zračno polucijo. Zbornik gozdarstva in lesarstva, 36: 17–26

Torelli N., Čufar K. 1994. Electrical Resistance to Determine the Tree Condition. V: First European Symposium on Nondestructive Evaluation of Wood, Sopron, Hungary: 469–481

Torelli N., Shortle W.C., Čufar K., Ferlin F., Smith K.T. 1999. Detecting Changes in Tree Health and Productivity of Silver Fir in Slovenia. European journal of forest pathology, 29: 189–197

ZAHVALA

Zahvaljujemo se Javni agenciji Republike Slovenije za raziskovalno dejavnost in Ministrstvu za visoko šolstvo, znanost in tehnologijo, ki sta finančno podprla raziskavo, Mestni občini Ljubljana in Zavodu za varstvo kulturne dediščine Slovenije, ki sta izdali dovoljenje za raziskavo električne upornosti mestnega drevja v MO Ljubljana.

Zahvaljujem se mentorju prof. dr. Primožu Ovnu za idejo in temo diplomske naloge, potrpežljivost in usmerjanje pri raziskovalnem delu, za konstruktivne nasvete in porabljeni čas; recenzentu doc. dr. Janezu Pirnatu za angažiranost in hiter ter natančen pregled diplomske naloge, za vse popravke in opombe; dr. Leni Marion, ki me je veliko naučila, mi svetovala in pomagala pri terenskem pridobivanju podatkov, kot tudi z vsebinskimi napotki. Je avtorica nekaterih slik v nalogi.

Hvala Eriku za pomoč pri kartah zemljevidov dreves (priloge).

Priloga A

Primer popisnega lista za terensko delo z raziskovalne ploskve Vila Podrožnik II.

Območje: VILA PODROŽNIK
- ob ograji

Datum meritev:
Merilec:
Zapisovalec:

22

Zap. št.	Dr.vrsta	Premer		MERITEV 1	2	3	4	OPOMBE
1	Gorski javor	41	48					1 drevo 2 debli
2	Gorski javor	40	47					
3	Ostrol. javor	50	49					
4	Ostrol. javor	35	36					Podstojen pod hrastom
5	Ostrol. javor	22	23					
6	Ostrol. javor	43	42					
7	Ostrol. javor	47	59					Žlebovi
8	Gorski javor	40	47					

Priloga B

Karta dreves z raziskovalne ploskve Skapinova ulica.

Priloga C

Karta dreves z raziskovalne ploskve Cesta v Rožno dolino.

Priloga D

Karta dreves z raziskovalne ploskve Park Tivoli.

Priloga E

Karta dreves z raziskovalne ploskve Tomšičeva ulica.

Priloga F

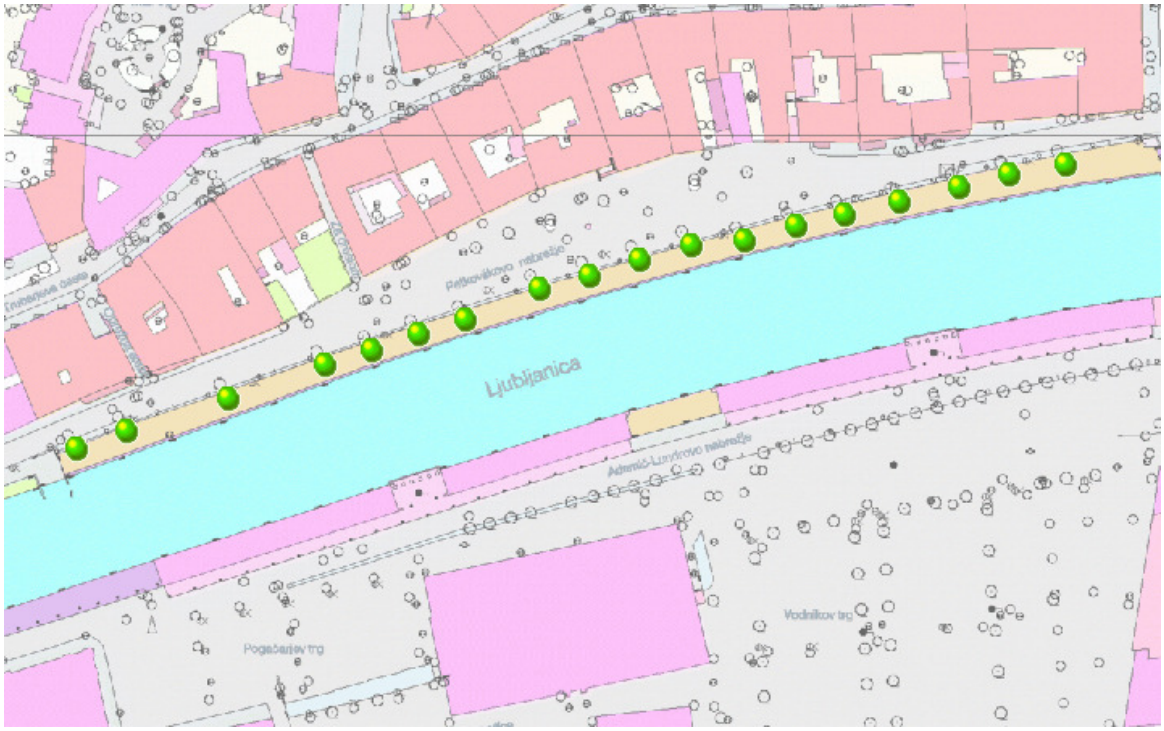
Karta dreves z raziskovalne ploskve Prešernova cesta.

Priloga G

Karta dreves z raziskovalne ploskve Trg OF (glavna avtobusna postaja).

Priloga H

Karta dreves z raziskovalne ploskve Petkovškovo nabrežje.

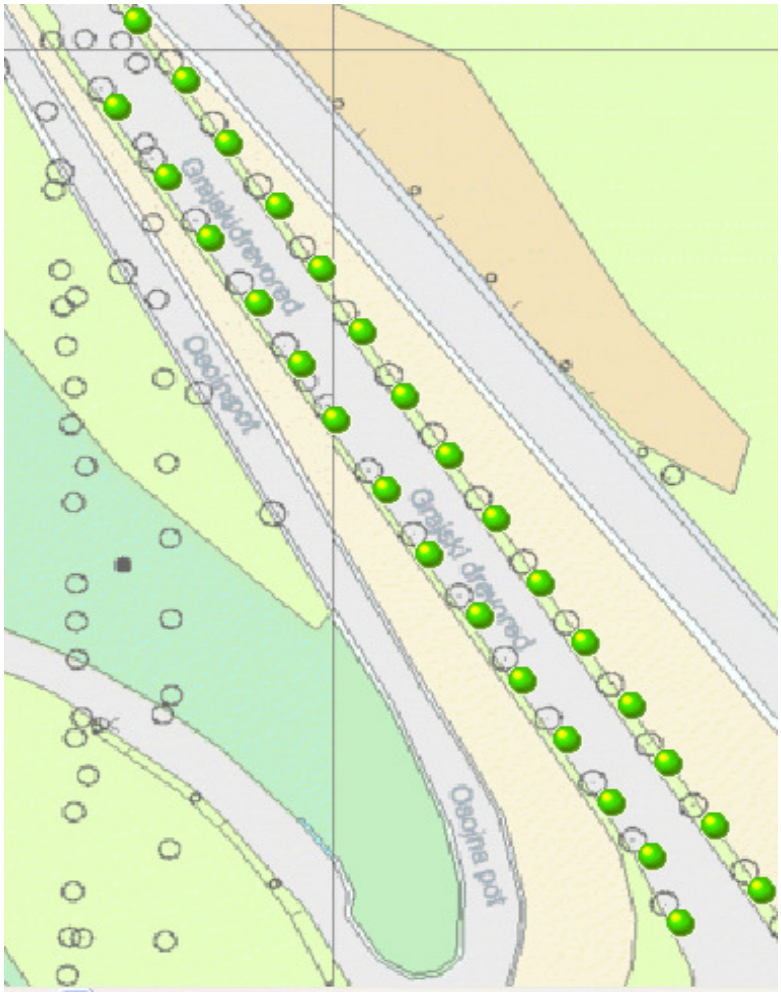


Priloga I

Karta dreves z raziskovalne ploskve Poljanska cesta.

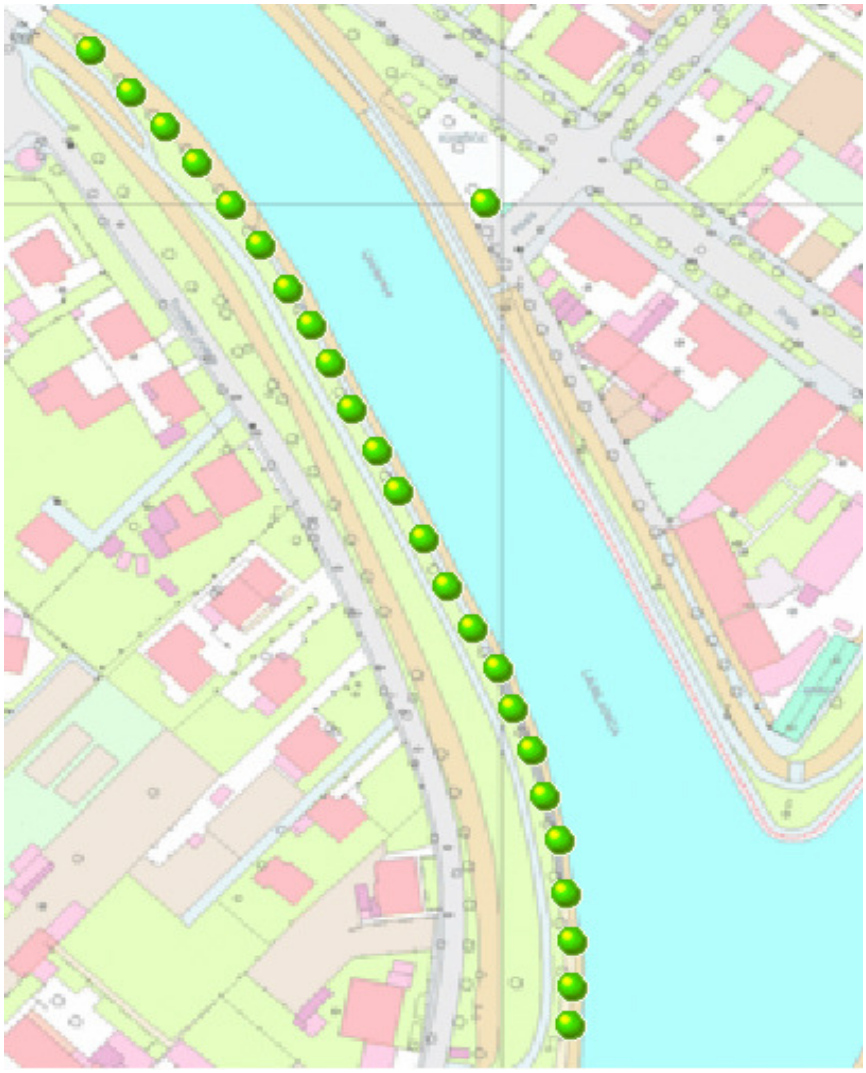
Priloga J

Karta dreves z raziskovalne ploskve Grajski grič III.



Priloga K

Karta dreves z raziskovalne ploskve Trnovski pristan I.



Priloga L

Karta dreves z raziskovalne ploskve Trnovski pristan II.

Priloga M

Karta dreves z raziskovalne ploskve v Murglah.

Priloga N

Karta dreves z raziskovalne ploskve Šmartinska cesta (BTC).

Priloga O

Karta dreves z raziskovalne ploskve Vodnikova cesta I.

Priloga P

Karta dreves z raziskovalne ploskve Vodnikova cesta II.

Priloga R

Karta dreves z raziskovalne ploskve Vodnikova cesta III.

Opomba*: Manjkajo karte dreves z raziskovalnih ploskev Grajski grič I. in II., Grudnovo nabrežje, Letališka cesta ter Vila Podrožnik I. in II.
Merilo kart je prilagojeno številu dreves na ploskvi in je poljubno.