

Utjecaj kulture obične smreke (*Picea abies* (L.) Karst.) na tlo na području Macelja

Hrka, Bernard

Undergraduate thesis / Završni rad

2018

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Forestry / Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:108:138902>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-06**



Repository / Repozitorij:

[University of Zagreb Faculty of Forestry and Wood Technology](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

ŠUMARSKI FAKULTET

ŠUMARSKI ODSJEK

PREDDIPLOMSKI STUDIJ

URBANO ŠUMARSTVO, ZAŠTITA PRIRODE I OKOLIŠA

BERNARD HRKA

**UTJECAJ KULTURE OBIČNE SMREKE (*Picea abies* (L.) Karst.) NA
TLO NA PODRUČJU MACELJA**

ZAVRŠNI RAD

ZAGREB, (RUJAN, 2018.)

PODACI O ZAVRŠNOM RADU

Zavod :	Zavod za ekologiju i uzgajanje šuma
Predmet :	Pedologija
Mentor :	doc.dr.sc. Ivan Perkočić
Student :	Bernard Hrka
JMBAG :	0115070680
Akad.godina :	2017/2018.
Mjesto, datum obrane :	Zagreb, 25.09.2018.
Sadržaj rada :	Slika : 7 Tablica : 3 Navoda literature : 38
Sažetak :	<p>1. Cilj ovog istraživanja je na temelju kvantitativnih pedofiziografskih pokazatelja tla determinirati promjene u tlu koje se pripisuju utjecaju smrekovih kultura. Istraživanja su provedena na području Macelja (šumarija Krapina) gdje su kulture smreke značajno podizane u drugoj polovici 20.stoljeća. U smrekovoj kulturi i bukovo-jelovoj sastojini u njenoj neposrednoj blizini uzeti su kompozitni uzorci tla iz dvije dubine (od 0 do 10; 10 do 20 cm) i šumska prostirka za analizu razlika između istraživanih zajednica. Analizama je utvrđena veća akumulacija šumske prostirke, viša pH-vrijednost, veći C/N odnos u smrekovoj kulturi, dok je veći udjel ukupnog ugljika i dušika u bukovo-jelovoj sastojini. Veći udjeli istraživanih biodostupnih mikro- i makroelemenata utvrđeni su u bukovo-jelovoj zajednici u odnosu na kulturu smreke.</p>

„Izjavljujem da je moj završni rad izvorni rezultat mojega rada te da se u izradi istoga nisam koristio drugim izvorima osim onih koji su u njemu navedeni“.

Bernard Hrka

U Zagrebu, 25.09.2018.

SADRŽAJ

Stručni rad:

1. UVOD	1
2. CILJ RADA	3
3. MATERIJAL I METODE.....	4
3.1. Područje istraživanja	4
3.2. Šumske zajednice	5
3.3. Tip tla	6
3.4. Uzorkovanje tla	7
3.5. Laboratorijska istraživanja	8
4. REZULTATI	9
4.1. Šumska prostirka	9
4.2. Svojstva tla	10
5. ZAKLJUČAK	16
6. LITERATURA	17

1. UVOD

Obična smreka (*Picea abies* /L./Karst.) je jedna od najzastupljenijih i ekonomski najbitnijih vrsta sjeverne i srednje Europe (Spiecker, 2000). Obična smreka je u Hrvatskoj autohtona vrsta, te je prirodno rasprostranjena na gorskim i planinskim područjima Gorskog kotara, Velebita, Kapele i Plješivice. Za razliku od gore navedenih područja u kontinentalnom dijelu Hrvatske, koja je s aspekta klime i geologije slična području Centralne Europe, sastojine smreke nisu prirodnog karaktera već su umjetno podizane.

Pionirske karakteristike obične smreke, koje su određene relativno niskim zahtjevima prema okolini, te brz rast i relativno velika otpornost na različite ekološke čimbenike, često su isticali europski i hrvatski znanstvenici koji su se bavili problematikom pošumljavanja ovom vrstom (Komlenović i dr., 1995; Orlić i dr., 1997; Perić i dr., 2006). Promatrajući običnu smreku u kontekstu povijesnih zbivanja dobit ćemo kvalitetniji uvid u važnost ove vrste, te zašto je ona danas jedna od najrasprostranjenijih drvenastih vrsta na području Europe. Tijekom 19. i 20. stoljeća radi prevelikog iskorištavanja prirodnih bukovih i hrastovih šuma te ostalih bjelogoričnih vrsta, započinje masovno širenje i podizanje kultura produktivnih crnogoričnih vrsta, prvenstveno obične smreke i običnog bora s ciljem ublažavanja ozbiljnog nedostatka drveta u Europi (Klimo i dr., 2000). Biološke osobine dotičnih vrsta omogućavaju lako osnivanje i gospodarnje, te su osiguravale visoke prinose (Tijardović, 2015).

Problematicom pošumljavanja te osnivanjem prvih šumskih kultura na području Republike Hrvatske počeli su se baviti šumari već početkom 19. stoljeća, dok se sa značajnijim podizanjem šumskih kultura započelo 60-ih godina 20. stoljeća, nakon II. svjetskog rata, s ciljem povećanja udjela četinjača u šumskom fondu budući da četinjače kao takve predstavljaju relativno brz i siguran izvor obnavljanja drvne zalihe. Osim provođenja pošumljavanja slobodnih šumskih i izvanšumskih površina, zbog nedostatka iskustva i znanja o osnivanju i uzgoju intezivnih kultura i plantaža četinjača u to se vrijeme na našim prostorima započelo i sa osnivanjem komparativnih pokusa, te sa intezivnim i opsežnim istraživanjima o uspijevanju četinjača, sve s ciljem odabira što prikladnijih i produktivnijih vrsta četinjača s ekološkog i ekonomskog aspekta. Za potrebe prikupljanja tih podataka i provođenja pokusa u Jastrebarskom je u to vrijeme bio osnovan Institut za četinjače. U Hrvatskoj su kulture četinjača s obzirom na vrstu smjese uglavnom mješovitog tipa, bilo tvorene primjesom više vrsta četinjača ili smjesom četinjača i listača, dok su

monokulture na većim površinama rijetke (Perić i dr., 2006). Površine na kojima su podizane kulture u Hrvatskoj su relativno malene, u iznosima od jednog do nekoliko desetaka hektara i tu se uglavnom radilo o pošumljavanju degradiranog zemljišta (zbog ispaše stoke, erozije tla i sl.) pri čemu je smreka imala ulogu pionirske vrste ili o konverzaciji loše gospodarenih sastojina (panjače, šikare) u smrekove sastojine (Oršanić i dr., 2000).

Posebna pozornost istraživanjima kultura smreke u posljednjim desetljećima dana je osobito zbog zakiseljavanja tla i smanjene vitalnosti sastojina uslijed klimatskih promjena. Iste prirodne pojave Klimo i dr. (2000) naglašavaju kao neke od bitnijih čimbenika koji utječu na produktivnost i stabilnost ovih kultura. Spiecker (2000) ističe i važnost biranja prikladnih staništa za buduće smrekove kulture zbog sve većeg utjecaja ekstrema koji se javljaju u prirodi. Kapović i Keren (2012) još ukazuju na vidljiv negativan utjecaj na kvalitetu smrekove kulture uslijed neprovođenja uzgojnih mjera, iako su ekološki uvjeti povoljni na određenom području. Zabranama normalne njege i neuklanjanje sušenjem napadnutih stabala se isto pogoduje razvoju potkornjaka i drugih štetnika koji su jedan od velikih problema povezanih s ovom vrstom drveća (Matić, 2011).

Utjecaj kultura smreke na stanište je bio predmet brojnih istraživanja, u kojima su kao neki od glavnih nepovoljnih utjecaja utvrđeni zakiseljavanje površinskih slojeva tla i formiranje forme humusa nepovoljnih svojstava. Stoga je cilj ovog istraživanja na temelju kvantitativnih pokazatelja fiziografije tla determinirati promjene u tlu koje se mogu pripisati utjecaju šumske kulture smreke, te evaluirati i objasniti značenje takvih promjena na primjeru kultura obične smreke.

2. CILJ RADA

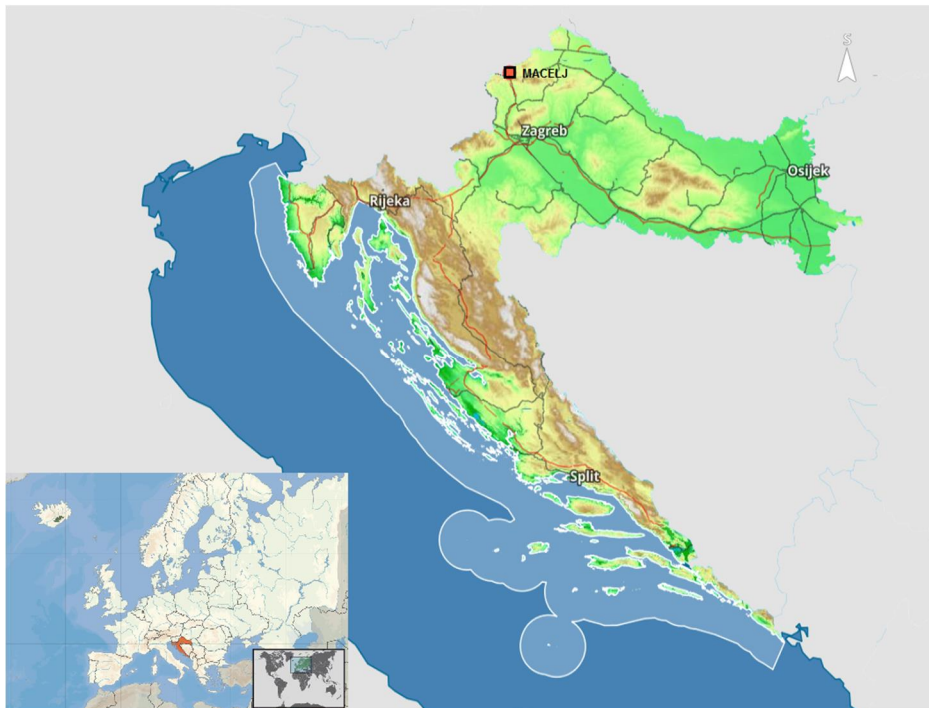
Cilj rada je da se na temelju uzorkovanja i analize različitih kvantitativnih pedofiziografskih pokazatelja tla (pH-vrijednost tla, ukupan udjel dušika, udjel ukupnog ugljika, C/N odnos, količina šumske prostirke, mikro- i makrohraniva u tlu – P, K, Ca, Mg, S, Fe, Mn, Cu, Zn i Na) odredi utjecaj smrekove kulture na tlo, te usporedi s prirodnom bukovo-jelovom sastojinom u čijoj su okolini podignute.

Prilikom rada na predmetnom istraživanju i u skladu sa postavljenim ciljevima, bilo je potrebno izvršiti niz radnji koje su obuhvaćale korištenje dostupnih podataka, određena terenska prikupljanja uzoraka i podataka na lokalitetima koji su bili predmet istraživanja, laboratorijske analize prikupljenih uzoraka, te donošenje određenih zaključaka na temelju usporedbe dobivenih rezultata sa podacima iz relevantnih istraživanja slične tematike.

3. MATERIJAL I METODE

3.1. Područje istraživanja

Područje istraživanja se nalazi u gospodarskoj jedinici Macelj (šumarija Krapina) koja je smještena na krajnjem sjeverozapadnom dijelu Republike Hrvatske (slika 1). Nadmorska visina Maceljskog gorja kreće se od 204 do 621 m. N. V., s nagibima preko 45° (Osnova gospodarenja HŠ 2016). Područje Macelja odlikuju vrlo razvijene mikroreljefne forme, okarakterizirane ostrim grebenima između kojih su se usjekli duboki potoci i jarci, što uvjetuje iznimno teško prohodan teren i što naročito otežava sve vrste poslova koji se obavljaju u gospodarenju šumama. Mikroklima je uvjetovana reljefom tla, te ima povoljan utjecaj na razvoj šumskih sastojina, tako da je proizvodna sposobnost tla na području Macelja u prosjeku dobra (Kondres, 1994). Lokalitet uzorkovanja za kulturu smreke ($46^{\circ}14'53.8'' - N$; $15^{\circ}49'14.7'' - E$) i za bukovo- jelovu sastojinu ($46^{\circ}14'46.9'' - N$; $15^{\circ}49'22.9'' - E$).



Slika 1. Područje istraživanja

3.2. Šumske zajednice

Kultura smreke (slika 2) nalazi se na nadmorskoj visini od 334 m, ekspozicija je 195°, a inklinacija 27°. Kultura je dobi od 44 godine. Sloj drveća u nadstojnoj etaži čini smreka, dok u podstojnoj etaži pridolazi bukva, a sloja grmlja nema. Sloj prizemnog rašća sadrži vrste poput *Cyclamen purpurascens*, *Hedera helix* i *Carex* sp. sa pokrovnošću manjom od 5 %.

Prirodna bukovo-jelova sastojina (slika 3) nalazi se na nadmorskoj visini od 289 m, ekspozicija je 190°, a inklinacija 32° i teren je strmiji, u odnosu na kulturu smreke. U pogledu fitocenološke pripadnosti radi se o asocijaciji *Festuco drymeiae-Abietetum*, to jest o Panonskoj bukovo-jelovoj šumi s brdskom vlasuljom (Vukelić i Baričević, 2007). U sloju drveća su glavne vrste bukva i jela, sa primjesama graba i trešnje, dok se u sloju grmlja zadržava jela. U sloju prizemnog rašća prevladavaju *Asarum europaeum*, *Vinca minor*, *Cardamine trifolia*, *Lunaria rediviva*, *Geranium robertianum*, *Galeopsis tetrahit*, *Cephalanthera damasonium* i *Glechoma hirsuta*.



Slika 2. Kultura smreke



Slika 3. Bukovo jelova šuma

3.3. Tip tla

Tip tla u u kulturi smreke je opisan na temelju otvorenog pedološkog profila tla, te je kvalificiran kao distrični kambisol (kiselo smeđe tlo) povrh pješčenjaka (slika 4). Sklop profila je A-(B)v-C. Debljina šumske prostirke (O horizont) je od 1 do 2 cm, debljina humusno-akumulativnog horizonta je od 0 do 4 cm, a debljina kambičnog horizonta je od 4 do 50 cm (B1 – od 4 do 23.5 cm i B2 od 23.5 do 47.5 cm). Ispod kambičnog horizonta nalazi se rastresiti matični supstrat (pješčenjak). Tekstura tla pjekovita ilovača (FAO 2006). Prema Blume H.-P. i dr. (2010) reakcija tla je jako kisela. U površinskom horizontu tlo je slabo humuzno, a u kambičnom vrlo slabo humuzno (Gračanin & Ilijanić, 1977), dok je tlo siromašno dušikom (Škorić, 1982) s C/N odnosom manjim od 15 (tablica 1).



Slika 4. Profil tla istraživanog područja

Horizont tla prema FAO	Debljina horizonta		pH		C org	N tot	C/N	Granulometrijski sastav tla						Teksturna_oznaka
	Od	Do	H ₂ O	CaCl ₂				K pijesak	S pijesak	K prah	S prah	Glina		
A	0	4	4.95	4.07	3.339	0.232	14.37	11.57	51.74	11.75	15.64	9.30	Pijeskovita ilova a	
B1	4	22 - 25	4.81	3.88	1.402	0.098	14.32	15.30	55.34	8.75	12.62	8.00	Pijeskovita ilova a	
B2	22 - 25	45 - 50	5.36	4.26	0.431	0.036	11.97	16.47	53.55	10.23	11.06	8.70	Pijeskovita ilova a	
			Ca	Cu	Fe	K	Mg	Mn	Na	P	S	Zn		
mg kg ⁻¹														
A			464	0.15	174	74.0	64.6	26.1	431	18.0	14.5	2.57		
B1			40.4	0.15	145	30.8	19.2	6.04	487	4.36	14.5	1.22		
B2			40.4	0.15	120	19.7	44.9	14.9	533	1.38	9.09	0.36		

Tablica 1. Značajke profila tla istraživanog područja

3.4. Uzorkovanje tla

U kulturi smreke i prirodnoj bukovo-jelovoj sastojini iz neposredne blizine prikupljeni su kompozitni uzorci tla u narušenom stanju i kompozitni uzorci šumske prostirke (pet uzoraka iz svakog sloja u kulturi smreke i bukovo-jelovoj sastojini). Pedološki profil tla otvoren je u kulturi smreke radi određivanja endomorfoloških parametara tla na temelju smjernica koje nalaže (FAO 2006), a određivale su se debljine horizonata, ukupna dubina profila i udjel skeleta po genetskim horizontima. Kompozitni uzorak šumske prostirke se sastavlja od tri pojedinačna uzorka sa površine 25x25 cm, na temelju čega se izračunava zaliha šumske prostirke (Mg ha⁻¹). Na istim površinama su pomoću plastične sonde unutarnjeg promjera od 80 mm uzeti kompozitni uzorci tla (pet poduzoraka u križnom rasporedu) iz dva sloja (0 – 10 cm i 10 – 20 cm).

3.5. Laboratorijska istraživanja

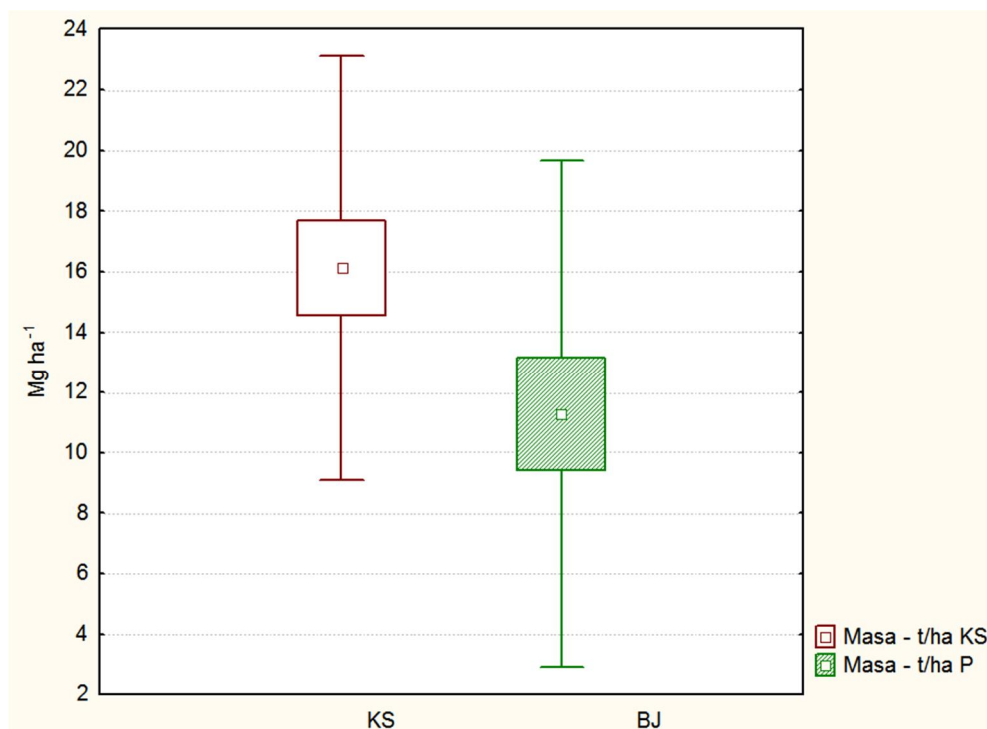
U laboratorijskim analizama korišteni su zrakosuhi uzorci tla, prosušeni u laboratoriju, zdrobljeni i prosijani kroz sita promjera otvora 2 i 0,2 mm (ISO 11464, 1994). Na prikupljenim uzorcima izmjereni su sljedeći pedofizigrafski parametri:

1. granulometrijski sastav tla (ISO 11277, 2009);
2. pH-vrijednost tla u H₂O i 0,01 M CaCl₂ (ISO 10390, 2005);
3. udjel karbonata u tlu – volumetrijska metoda (ISO 10693, 1995);
4. udjel C_{uk} (ISO 10694, 1995);
5. udjel N_{tot} (ISO 13878, 1995) na uređaju NC Soil Flash 2000 Thermo Scientifici
6. uzorci šumske prostirke sušeni su na temperaturi od 50 °C (Pernar i dr, 2013) na temelju čega je određena njena zaliha po jedinici površine;
7. udjel mobilnih makro i mikroelemenata (P, K, Ca, Mg, S, Fe, Mn, Cu, Zn i Na) nakon ekstrakcije otopinom Mehlich III određen je atomskom emisijskom spektrometrijom uz induktivno spregnutu plazmu ICP-AES (Mehlich, 1984).

Za sve analizirane varijable napravljena je detaljna deskriptivna statistička obrada po lokalitetima. Razlike između kulture i prirodne satojine testirane su t-testom u slučaju da je zadovoljen uvjet homogenosti varijance, odnosno neparametrijskim Mann-Whitniyevim U testom ukoliko nije zadovoljen uvjet homogenosti varijance. Statističke analize su napravljene pomoću programa „Statistica 8.0“ (StatSoft, Inc, 2007).

4. REZULTATI I RASPRAVA

4.1. Šumska prostirka



Slika 5. Test akumulacije šumske prostirke. Testirane su razlike između kulture smreke (KS) i bukovo-jelove sastojine (BJ)

Na temelju dobivenih podataka utvrđena je veća akumulacija šumske prostirke (O_i , O_e i O_a – sveukupno) u kulturama smreke u odnosu na bukovo-jelovu sastojinu. Prosječna masa šumske prostirke u kulturi smreke iznosi $16.11 \pm 3.51 \text{ Mg ha}^{-1}$ i ona je veća u odnosu na bukovo-jelovu sastojinu gdje iznosi $11.28 \pm 4.20 \text{ Mg ha}^{-1}$. Razlog većoj akumulaciji organske tvari u smrekovim kulturama je sporija razgradnja organskog materijala (iglica) zbog većeg udjela teže razgradivih organskih spojeva (Berger i Berger, 2012). Prema Kubartová i dr. (2009) brzina razgradnje organskih ostataka raste prema poretku: obični bor < smreka < duglazija < bukva. Prema Perković i dr. (2007) u 35 – 40 god. starim sastojina kulture smreke, podignutim na staništu hrasta lužnjaka i običnog graba zaliha šumske prostirke je iznosila 17,5 do 31 Mg ha^{-1} , što je bilo 2 do 3 puta više u odnosu na prirodne sastojine. Do sličnih rezultata došla su i istraživanja (Fabianek i dr., 2009) koji navode da je količina akumuliranog površinskog materijala do tri puta veća u monokulturi smreke, u odnosu na mješovitu sastojinu listača.

4.2. Svojstva tla

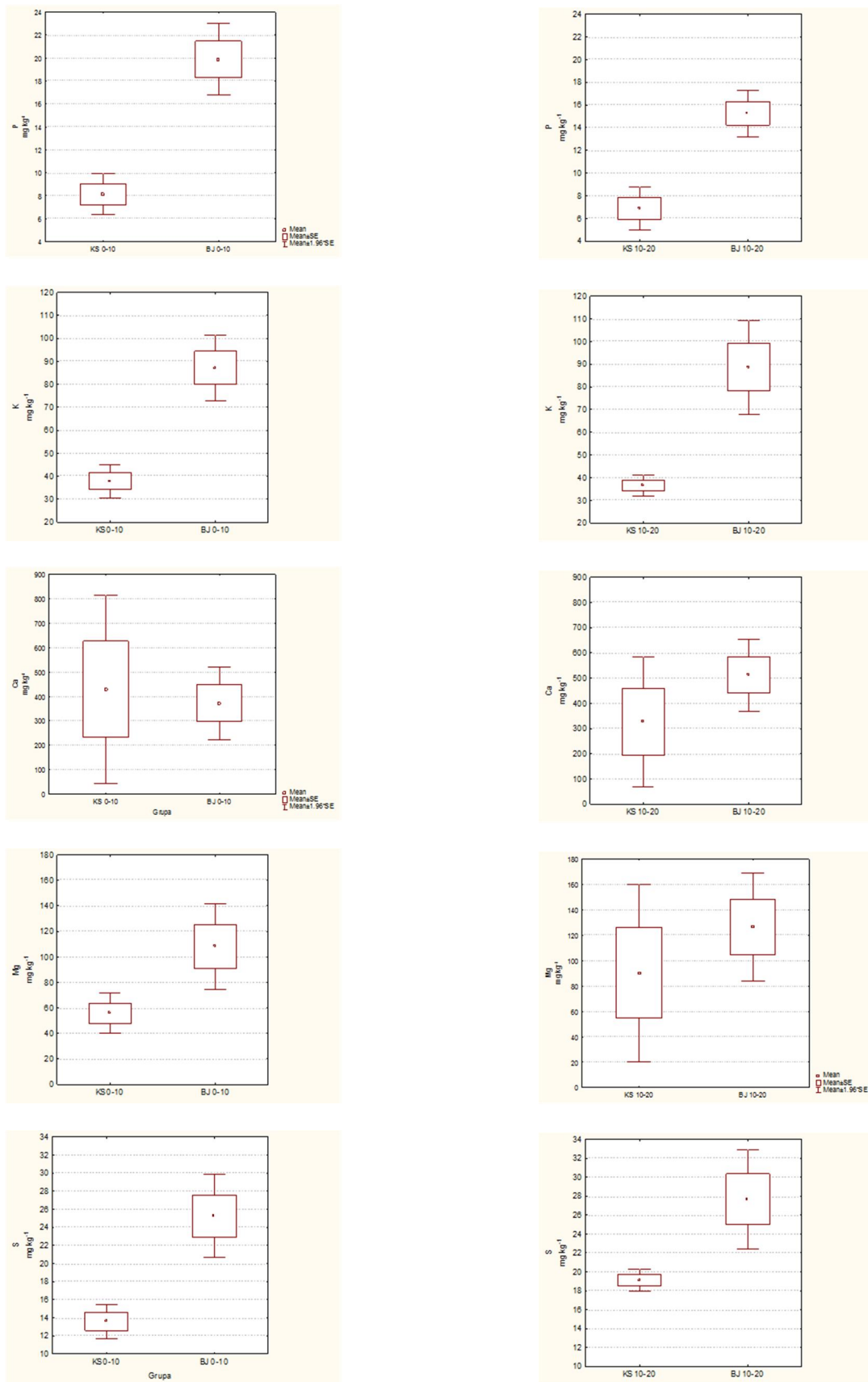
U kulturi smreke vrijednost pH (H₂O) u sloju tla 0 – 10 cm iznosi 5.02 ± 0.41 , dok u prirodnoj bukovo-jelovoj sastojini ona iznosi 5.00 ± 0.58 . Vrijednost pH (CaCl₂) iznosi za kulturu smreke 4.07 ± 0.45 , a za bukovo-jelovu sastojinu 4.40 ± 0.60 bez statistički značajnih razlika (tablica 2). U sloju tla 10 – 20 cm pH-vrijednost u kulturi smreke je nešto veća, dok je u bukovo-jelovoj sastojini približno istih iznosa. Istraživanja (Perković i dr., 2007; Fabianek i dr., 2009) navode da je pH-vrijednost značajno manja u kulturama smreke u odnosu na prirodne sastojine listača, što u ovom istraživanju nije utvrđeno. Kapović i Keren (2012) ukazuju kako je kiselost tla u kulturama smreke naročito izražena u površinskim dijelovima, uslijed jakog utjecaja smrekinog listinca i sklopljenosti kultura, zbog čega dolazi do stvaranja uglavnom sirovog humusa koji predstavlja nepovoljnu pojavu u tlu.

0 - 10 cm										
	KS	BJ	t-value	df	p	F-ratio	p	U	Z	p-level
w ^w	3.24 ± 1.88	4.25 ± 0.79	-1.58745	8	0.151073	2.2862	0.442893	5.00000	-1.56670	0.117186
pH H ₂ O	5.02 ± 0.41	5.00 ± 0.58	0.06285	8	0.951427	2.0277	0.510408	11.00000	0.31334	0.754023
pH CaCl ₂	4.07 ± 0.45	4.40 ± 0.60	-0.99396	8	0.349351	1.7911	0.586237	8.00000	-0.94002	0.347208
Δ pH	0.96 ± 0.09	0.60 ± 0.20	3.63196	8	0.006666	4.7023	0.162951	0.00000	2.61116	0.009024
C _{tot}	3.54 ± 0.19	8.00 ± 2.79	-3.56748	8	0.007320	223.4827	0.000119	0.00000	-2.61116	0.009024
N _{tot}	0.23 ± 0.03	0.59 ± 0.19	-4.29322	8	0.002640	41.4532	0.003277	0.00000	-2.61116	0.009024
C/N	15.34 ± 1.43	13.36 ± 0.67	2.79896	8	0.023235	4.5029	0.174134	2.00000	2.19338	0.028281
10 - 20 cm										
	KS	BJ	t-value	df	p	F-ratio	p	U	Z	p-level
w ^w	1.90 ± 0.51	3.18 ± 0.50	-4.02635	8	0.003807	1.01527	0.988634	1.00000	-2.40227	0.016294
pH H ₂ O	5.33 ± 0.61	5.03 ± 0.53	0.81955	8	0.436209	1.31850	0.795237	8.50000	0.83557	0.403396
pH CaCl ₂	4.20 ± 0.51	4.42 ± 0.57	-0.65648	8	0.529940	1.22229	0.850457	11.00000	-0.31334	0.754023
Δ pH	1.13 ± 0.24	0.61 ± 0.32	2.92486	8	0.019148	1.81611	0.577469	0.00000	2.61116	0.009024
C _{tot}	2.23 ± 0.40	5.19 ± 1.43	-4.46104	8	0.002108	12.71442	0.030350	0.00000	-2.61116	0.009024
N _{tot}	0.15 ± 0.02	0.39 ± 0.10	-5.54966	8	0.000541	19.72761	0.013516	0.00000	-2.61116	0.009024
C/N	14.92 ± 1.73	13.14 ± 0.89	2.05285	8	0.074179	3.80578	0.223752	5.00000	1.56670	0.117186

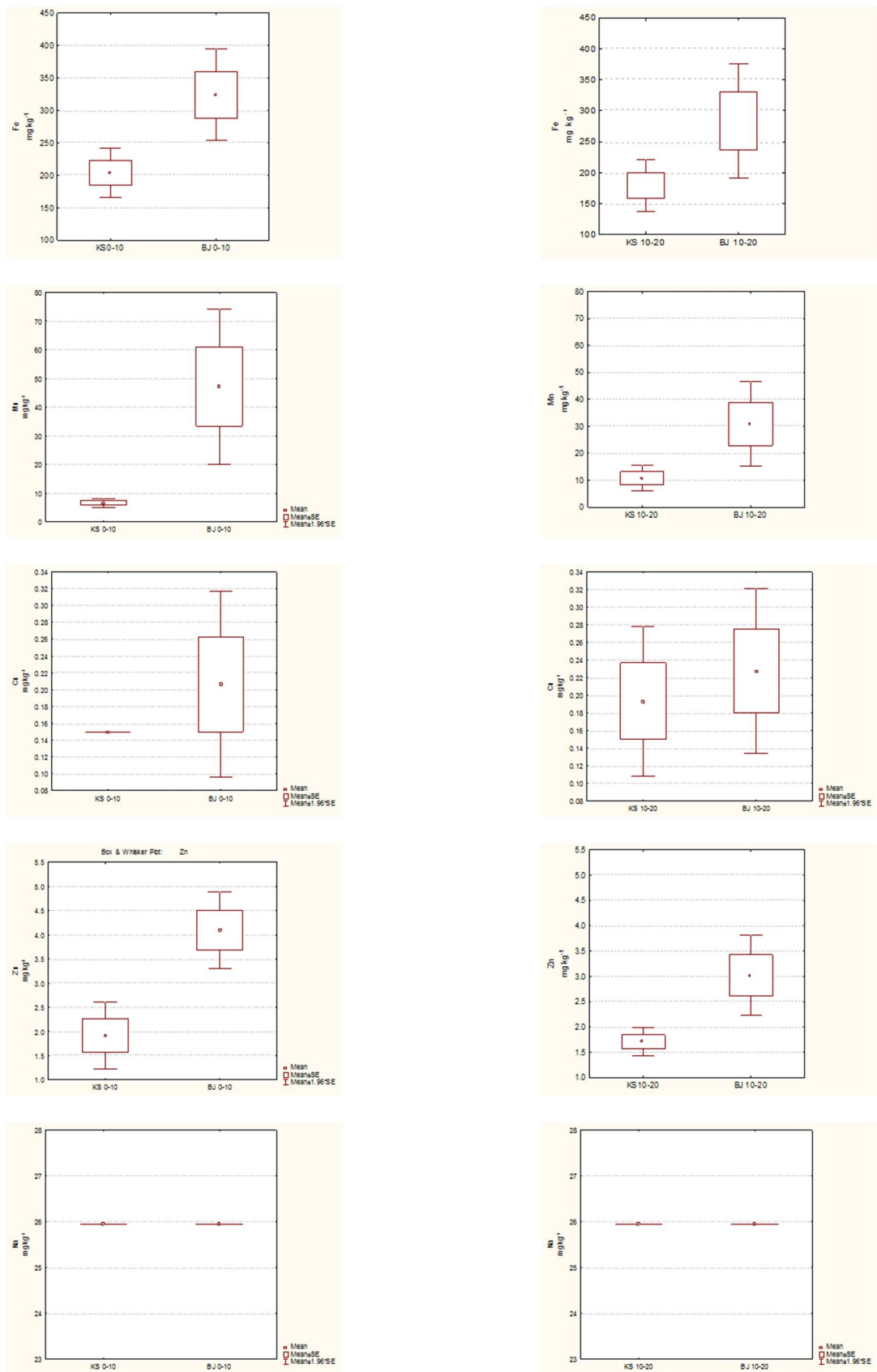
Tablica 2. Deskriptivna statistika (aritmetička sredina i standardna devijacija), t-test i Mann-Whitney U test za istraživane parametre tla na dubini 0 – 10 cm i 10 – 20 cm

Udjel ukupnog ugljika (C_{tot}) je u sloju tla 0 – 10 cm manji u kulturi smreke i u oba slučaja je statistički značajan (p = 0,009024). S porastom dubine udjel ugljika u tlu se smanjuje, dok su odnosi između kulture smreke i prirodne sastojine kao i u površinskom sloju. U kulturi smreke na dubini 0 – 10 cm on iznosi $3.54 \pm 0.19 \text{ g kg}^{-1}$, a na dubini između 10 – 20 cm iznosi $2.23 \pm 0.40 \text{ g kg}^{-1}$, dok su za bukovo-jelovu sastojinu te vrijednosti veće, za dubinu 0 – 10 cm vrijednosti su $8.00 \pm 2.79 \text{ g kg}^{-1}$ i za dubinu 10 – 20 cm vrijednosti su $5.19 \pm 1.43 \text{ g kg}^{-1}$ (tablica 2). Prema istraživanjima Vesterdal i dr. (2008)

udjel organskog ugljika bi se trebao povećati uslijed pošumljavanja crnogoričnim vrstama, što u ovom istraživanju nije dokazano. Udjel ukupnog dušika (N_{tot}) je u oba sloja tla manji u kulturi smreke s statistički značajnim razlikama ($p = 0,009024$). U kulturi smreke na dubini 0 – 10 cm udjel dušika je $0.23 \pm 0.03 \text{ g kg}^{-1}$, dok na dubini 10 – 20 cm iznosi $0.15 \pm 0.02 \text{ g kg}^{-1}$. U bukovo-jelovoj sastojini ti iznosi su veći (0 – 10 cm: $0.59 \pm 0.19 \text{ g kg}^{-1}$; 10 – 20 cm: $0.39 \pm 0.10 \text{ g kg}^{-1}$) (tablica 2). Ovi rezultati su u skladu s istraživanjima (Bagherzadeh i dr., 2008; Kostić i dr., 2012), prema kojima je udjel dušika značajno veći u prirodnim sastojinama (bukove sastojine) u odnosu na kulture smreke. Klimo i Khulavy (2006) naglašavaju da smrekove monokulture značajno usporavaju kruženje elemenata i to osobito dušika, zakiseljavanjem površinskih horizonata. Udjel dušika i C/N odnos u šumskom tlu su važni parametri za determiniranje utjecaja različitih vrsta drveća na funkcioniranje šumskih ekosustava (Vesterdal i dr., 2008). U ovom istraživanju C/N odnos u površinskom sloju tla statistički je značajno veći ($p = 0.028281$) u kulturi smreke u odnosu na bukovo-jelovu sastojinu, sa iznosima od 15.34 ± 1.43 naspram 13.36 ± 0.67 (tablica 2). U dubljem sloju 10 – 20 cm, C/N odnos je i za kulturu smreke i za bukovo-jelovu sastojinu nešto manjih vrijednosti, s tim da je kao i u površinskom sloju u kulturi smreke većih vrijednosti, 14.92 ± 1.73 naspram 13.14 ± 0.89 , bez statistički značajnih razlika (tablica 2). Brojna istraživanja ukazuju na veći C/N odnos u kulturama smreke u odnosu na prirodne sastojine (Perković i dr., 2007; Vesterdal i dr., 2008; Berger i Berger, 2012). Međutim treba napomenuti da je na oba lokaliteta i u prirodnoj sastojini i u kulturi smreke C/N odnos manji od 20, uslijed čega ne postoji zapreka u dekompoziciji organske tvari (Swift i dr., 1979).



Slika 6. Udio biogenih makroelemenata (P, K, Ca, Mg i S) na istraživanom području (lijevo – površinski sloj 0 – 10 cm; desno – sloj debljine 10 – 20 cm)



Slika 7. Udio biogenih mikroelemenata (Fe, Mn, Cu, Zn i Na) na istraživanom području (lijevo – površinski sloj 0 – 10 cm; desno – sloj debljine 10 – 20 cm)

0 - 10 cm										
	KS	BJ	t-value	df	p	F-ratio	p	U	Z	p-level
W ^w	3.24 ± 1.88	4.25 ± 0.79	-1,58745	8	0,151073	2,2862	0,442893	5,00000	-1,56670	0,117186
pH H ₂ O	5.02 ± 0.41	5.00 ± 0.58	0,06285	8	0,951427	2,0277	0,510408	11,00000	0,31334	0,754023
pH CaCl ₂	4.07 ± 0.45	4.40 ± 0.60	-0,99396	8	0,349351	1,7911	0,586237	8,00000	-0,94002	0,347208
Δ pH	0.96 ± 0.09	0.60 ± 0.20	3,63196	8	0,006666	4,7023	0,162951	0,00000	2,61116	0,009024
C _{tot}	3.54 ± 0.19	8.00 ± 2.79	-3,56748	8	0,007320	223,4827	0,000119	0,00000	-2,61116	0,009024
N _{tot}	0.23 ± 0.03	0.59 ± 0.19	-4,29322	8	0,002640	41,4532	0,003277	0,00000	-2,61116	0,009024
C/N	15.34 ± 1.43	13.36 ± 0.67	2,79896	8	0,023235	4,5029	0,174134	2,00000	2,19338	0,028281
P	8.14 ± 2.02	19.88 ± 3.53	-6,45279	8	0,000198	3,0396	0,307004	0,00000	-2,61116	0,009024
K	37.89 ± 8.30	87.15 ± 16.17	-6,05936	8	0,000303	3,7949	0,224687	0,00000	-2,61116	0,009024
Ca	429.55 ± 438.95	372.25 ± 168.88	0,27243	8	0,792189	6,7555	0,091178	11,00000	-0,31334	0,754023
Mg	55.76 ± 17.95	108.03 ± 38.24	-2,76692	8	0,024412	4,5400	0,171967	3,00000	-1,98449	0,047203
S	13.57 ± 2.20	25.23 ± 5.22	-4,59856	8	0,001759	5,6377	0,122505	0,00000	-2,61116	0,009024
Fe	203.63 ± 42.86	323.97 ± 80.59	-2,94815	8	0,018478	3,5354	0,248813	1,00000	-2,40227	0,016294
Mn	6.67 ± 1.71	47.20 ± 30.78	-2,93981	8	0,018715	323,3891	0,000057	0,00000	-2,61116	0,009024
Cu	0.15 ± 0.00	0.21 ± 0.13	-1,00000	8	0,346593	0,0000	1,000000	10,00000	-0,52223	0,601509
Zn	1.92 ± 0.79	4.09 ± 0.91	-4,04337	8	0,003718	1,3315	0,788173	0,00000	-2,61116	0,009024
Na	25.95 ± 0.0	25.95 ± 0.0		8				12,50000	0,00000	1,000000

10 - 20 cm										
	KS	BJ	t-value	df	p	F-ratio	p	U	Z	p-level
W ^w	1.90 ± 0.51	3.18 ± 0.50	-4,02635	8	0,003807	1,01527	0,988634	1,00000	-2,40227	0,016294
pH H ₂ O	5.33 ± 0.61	5.03 ± 0.53	0,81955	8	0,436209	1,31850	0,795237	8,50000	0,83557	0,403396
pH CaCl ₂	4.20 ± 0.51	4.42 ± 0.57	-0,65648	8	0,529940	1,22229	0,850457	11,00000	-0,31334	0,754023
Δ pH	1.13 ± 0.24	0.61 ± 0.32	2,92486	8	0,019148	1,81611	0,577469	0,00000	2,61116	0,009024
C _{tot}	2.23 ± 0.40	5.19 ± 1.43	-4,46104	8	0,002108	12,71442	0,030350	0,00000	-2,61116	0,009024
N _{tot}	0.15 ± 0.02	0.39 ± 0.10	-5,54966	8	0,000541	19,72761	0,013516	0,00000	-2,61116	0,009024
C/N	14.92 ± 1.73	13.14 ± 0.89	2,05285	8	0,074179	3,80578	0,223752	5,00000	1,56670	0,117186
P	6.90 ± 2.13	15.26 ± 2.34	-5,90109	8	0,000361	1,20002	0,863998	0,00000	-2,61116	0,009024
K	36.59 ± 5.28	88.61 ± 23.53	-4,82329	8	0,001316	19,82748	0,013389	0,00000	-2,61116	0,009024
Ca	325.79 ± 294.42	511.90 ± 162.33	-1,23777	8	0,250894	3,28958	0,275401	5,00000	-1,56670	0,117186
Mg	90.31 ± 79.67	126.35 ± 48.43	-0,86434	8	0,412564	2,70681	0,358134	6,00000	-1,35781	0,174526
S	19.10 ± 1.35	27.66 ± 6.02	-3,10290	8	0,014602	19,99221	0,013183	0,00000	-2,61116	0,009024
Fe	179.33 ± 47.35	283.39 ± 105.25	-2,01624	8	0,078515	4,94067	0,150933	4,00000	-1,77559	0,075801
Mn	10.74 ± 5.46	30.87 ± 17.96	-2,39836	8	0,043287	10,83313	0,040436	2,00000	-2,19338	0,028281
Cu	0.19 ± 0.10	0.23 ± 0.11	-0,53239	8	0,608918	1,20552	0,860629	11,00000	-0,31334	0,754023
Zn	1.71 ± 0.31	3.02 ± 0.91	-3,06221	8	0,015530	8,46070	0,062312	2,00000	-2,19338	0,028281
Na	25.95 ± 0.0	25.95 ± 0.0		8				12,50000	0,00000	1,000000

Tablica 3. Kemijske značajke tla u u kulturi smreke i u bukovo-jelovoj sastojini

U sloju tla 0 – 10 cm udjel biodostupnog kalija statistički je značajno veći u bukovo-jelovoj sastojini u odnosu na kulturu smreke ($p = 0.009024$). U kulturi smreke udjel biodostupnog kalija iznosi $38.9 \pm 8.3 \text{ mg kg}^{-1}$, dok u bukovo-jelovoj sastojini udjel iznosi $87.1 \pm 16.2 \text{ mg kg}^{-1}$. S porastom dubine odnosi između sastojina su slični s nižim udjelom biodostupnog kalija u odnosu na površinski sloj (tablica 3, slika 6). Niže udjele kalija u smrekovim kulturama u odnosu na sastojine bukve utvrdila su i istraživanja (Bagherzadeh i dr., 2008). Udjel biodostupnog fosfora u kulturi smreke u sloju tla 0 – 10 cm je statistički značajno manji ($p = 0.009024$) u odnosu na bukovo-jelovu sastojinu, sa vrijednostima $8.14 \pm 2.02 \text{ mg kg}^{-1}$ u kulturi smreke i $19.88 \pm 3.53 \text{ mg kg}^{-1}$ u bukovo-jelovoj sastojini. Kostić i dr. (2012) utvrđuju u svojim istraživanjima prosječno veće udjele fosfora u prirodnim sastojinama u odnosu na kulture smreke. U sloju tla 10 – 20 cm zabilježeno je smanjenje udjela biodostupnog fosfora u obje sastojine, u smrekovoj kulturi na $6.90 \pm 2.13 \text{ mg kg}^{-1}$ i u bukovo-jelovoj sastojini na $15.26 \pm 2.34 \text{ mg kg}^{-1}$, te je udjel i dalje statistički značajno veći ($p = 0.009024$) u bukovo-jelovoj sastojini (tablica 3, slika 6).

S porastom dubine, prema istraživanjima (Pernar i dr. 2009), udjel fosfora bi se trebao smanjivati jer je redovito veći u humusno-akumulativnom horizontu, što je u ovom istraživanju i dokazano, zbog smanjenja njegovog udjela u dubljem sloju. Udjel ostalih biodostupnih makroelemenata (kalcij, magnezij, sumpor) je veći u bukovo-jelovoj zajednici u odnosu na kulturu smreke izuzev za kalcij u površinskom sloju gdje je veći udjel u kulturi smreke (tablica 3, slika 6). Ovi podaci se slažu s istraživanjem Hansen i dr. (2009) koji su utvrdili da listinac bukve u odnosu na listinac smreke ima veći udjel gotovo svih makrohraniva. Udjeli biodostupnih mikroelemenata (željezo, mangan i cink) su statistički značajno veći, dok je udjel bakra veći u bukovo-jelovoj zajednici u odnosu na kulturu smreke (tablica 3, slika 7). Udjeli biodostupnog natrija u ovom istraživanju su u obe zajednice indetični, odnosno očitavanja su ispod limita detekcije uređaja. S porastom dubine udjeli svih mikroelemenata se smanjuju (tablica 3, slika 7).

Ovo istraživanje je pokazalo da je hipoteza postavljena u uvodnom dijelu potvrđena; utvrđen je utjecaj smrekovih kultura na većinu pedofiziografskih parametara. Procjenjujući slične studije trebalo bi uzeti u obzir regionalnu prirodu sličnih eksperimenata zbog čega je usporedba ponekad ograničena. S druge strane, postoje studije koje ukazuju da osim važnosti vrste drveća veliki utjecaj na kemijske značajke ima matični supstrat kao i mikro- i makroklima (Augusto i dr., 2002; Hagen Thornet i dr., 2004).

5. ZAKLJUČAK

Na temelju analize i interpretacije dobivenih rezultata iznosim sljedeće zaključke:

1. Utvrđena akumulacija šumske prostirke u kulturama smreke iznosi 16.11 ± 3.51 Mg ha⁻¹ i ona je veća u odnosu na bukovo-jelovu sastojinu gdje iznosi 11.28 ± 4.20 Mg ha⁻¹;
2. Utvrđena je niža pH-vrijednost tla u kulturi smreke što je u skladu s većinom prijašnjih istraživanja gdje se navodi da je smreka vrsta koja doprinosi acidifikaciji tla; prema nekim autorima karakteristično za kulture smreke;
3. Udjel totalnog ugljika i dušika je statistički značajno manji u kulturi smreke, dok je C/N odnos povoljniji u bukovo-jelovoj zajednici.
4. Veći udjeli istraživanih biodostupnih mikro- i makroelemenata utvrđeni su u bukovo-jelovoj zajednici u odnosu na kulturu smreke.

6. LITERATURA

1. Augusto, L., Ranger, J., Binkley, D., Rothe, A., 2002: Impact of several common tree species of European temperate forests on soil fertility. *Ann Forest Sci.* 59:233-53.
2. Bagherzadeh, A., Brumme, R., Beese, F., 2008: Impact of Tree Species on Nutrient Stocks in the Forest Floors of a Temperature Forest Ecosystem. *Pakistan Journal of Biological Sciences* 11 (9): 1258-1262.
3. Berger, T.W., Berger, P., 2012: Greater accumulation of litter in spruce (*Picea abies*) compared to beech (*Fagus sylvatica*) stands is not a consequence of the inherent recalcitrance of needles. *Plant Soil.* 385: 349-69.
4. Blume, H.-P., Stahr, K., Leinweber, P., 2010: *Bodenkundliches Praktikum: Eine Einführung in pedologisches Arbeiten für Ökologen, Land- und Forstwirte, Geo- und Umweltwissenschaftler.*
5. Fabiánek, T, Menšík L., Tomášková I., Kulhavý J., 2009: Effects of spruce, beech and mixed commercial stand on humus conditions of forest soils. *Journal of Forest Science*, 55, 2009 (3): 119-126.
6. Hagen-Thorn, A., Callesen, I., Armolaitis, K., Nihlgård, B., 2004: The impact of six European tree species on the chemistry of mineral topsoil in forest plantation on former agricultural land. *Forest Ecology and Management*, 195: 373–384.
7. Hansen, K., Vesterdal, L., Schmidt, I.K., Gundersen, P., Sevel, L., Bastrup-Birk, A., Pedersen, L.B., Bille-Hansen, J., 2009: Litterfall and nutrient return in five tree species in a common garden experiment. *Forest Ecology and Management* 257, 2133–2214
8. ISO 10390, 1994: Soil quality – Determination of pH. ISO, Genève.
9. ISO 10693, 1995: Soil quality – Determination of carbonate content – Volumetric method, ISO, Genève.
10. ISO 10694, 1995: Soil quality – Determination of organic and total carbon after dry combustion (elementary analysis). ISO, Genève.
11. ISO 11277, 2009: Soil quality – Determination of particle size distribution in mineral soil material – Method by sieving and sedimentation. ISO, Genève.

12. ISO 11464, 1994: Soil quality - Pretreatment of samples for physico-chemical analyses. ISO, Genève.
13. ISO 13878, 1998: Soil quality – Determination of total nitrogen content by dry combustion (elemental analysis). ISO, Genève.
14. Kapović, M., Keren, S., 2012: Osobine zemljišta pod kulturama smrče (*Picea abies*, Karst.) u zapadnom dijelu Republike Srpske. UDK: 630*176.322:528.284.4 (497.6 RS)
15. Klimo, E., Kulhavý, J., 2006: Norway spruce monocultures and their transformation to close-to-nature forests from the point of view of soil changes in the Czech Republic. *Ekológia (Bratislava)* Vol. 25, No. 1, p. 27-43.
16. Klimo, E., Hager, H. and Kulhavý, J., 2000: Spruce Monocultures in Central Europe – Problems and Prospects, *EFI Proceedings* No. 33, 2000.
17. Komlenović, N., Orlić, S., Hastovski, P., 1995: Uspijevanje šest vrsta četinjača upodručju bujadnica i vriština. *Šumarski list*, 119 (5 – 6): 169 – 178, Zagreb.
18. Kondres, D., 1994: Gospodarenje šumama gospodarske jedinice Macelj. *Šumarski list* br. (7 – 8): 241 – 251
19. Kostić O., Mitrović M., Jarić S., Djurdjević L., Gajić G., Pavlović M., Pavlović P., 2012: The effects of forty years of spruce cultivation in a zone of beech forest on Mt. Maljen (Serbia). *Arch Biol Sci.* 2012; 64 (3): 1181-95.
20. Kubartová, A., Ranger, J., Berthelin, J., Beguiristain, T., 2009: Diversity and decomposing ability of saprophytic fungi from temperate forest litter. *Microbial Ecology* 58, 98-107.
21. Gračanin, M., Ilijanić, Lj., 1977: Uvod u ekologiju bilja, Školska knjiga, Zagreb.
22. Matic, S., 2011: Utjecaj stanišnih promjena i načina gospodarenja na sušenje obične smreke (*Picea abies* Karst.) u Hrvatskoj. *Croatian Journal of Forest Engineering* 32(2011)1: 7 - 17.
23. Mehlich, A., 1984: Mehlich-3 soil test extractant: a modification of Mehlich-2 extractant. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 15 (12):1409-1416.

24. Orlić, S., Komlenović, N., Rastovski, P., Ocvirek, M., 1997: Uspijevanje šest vrsta četinjača na lesiviranom tlu na području Bjelovara. Šumarski list 121 (7 – 8): 361 - 370.
25. Oršanić, M., Vukelić, J., Pernar, N. 2000: The Possibility of Converting Spruce Monocultures into Autochthonous Stands in Croatia. Spruce Monocultures in Central Europe – Problems and Prospects. (eds: Klimo, E., Hager, H. and Kulhavý, J.), EFI Proceedings No. 33, 2000:189-197.
26. Perić, S., Orlić, S., Dokuš, A., 2006: Pregled osnovanih pokusa provenijencija i kultura četinjača Šumarskog instituta, Jastrebarsko. Rad Šumarskog instituta Jastrebarsko 41 (1–2): 115-126.
27. Perić, S., Seletković, I., Medak, J., Pilaš, I., Topić, V., 2006: Istraživanje uspijevanja šest vrsta četinjača u ekološki karakterističnim regijama Hrvatske. Radovi šumarskog instituta Jastrebarsko, izvredno izdanje, 9: 99 - 108.
28. Perković, I., Pernar, N., Vrbek, B., Bakšić, D. Pilaš, I., Presečan, M., 2007: Utjecaj kulture obične smreke na tlo – Šumarski institut Jastrebarsko 42 (2): 95-107.
29. Pernar, N., Bakšić, D., Perković, I., 2013: Terenska i laboratorijska istraživanja tla, priručnik za uzorkovanje i analizu, Udžbenici Sveučilišta u Zagrebu, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
30. Pernar, N., Vukelić J., Bakšić D., Baričević D., Perković I., Miko S., Vrbek B., 2009: Soil properties in beech-fir forests on Mt. Medvednica (NW Croatia), Periodicum Biologorum, vol. 111., No 4, 427-434.
31. Spiecker, H., 2000: Growth of Norway spruce (*Picea abies* [L.] Karst.) under changing environmental conditions in Europe. Spruce Monocultures in Central Europe – Problems and Prospects. (eds: Klimo, E., Hager, H. and Kulhavý, J.), EFI Proceedings No. 33, 2000: 11 – 26.
32. Swift, M., J., Heal, O., W., Anderson, J., M., 1979: Decomposition in terrestrial ecosystems. Oxford: Blackwell; 1979. 372 p.
33. Škorić, A., 1982: Priručnik za pedološka istraživanja. Zagreb.
34. Tijardović, M., 2015: Supstitucija kultura obične smreke (*Picea abies* /L./ Karst.) u Republici Hrvatskoj, Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet, Zagreb.

35. Vesterdal, L., Schmidt I. K., Callesen I., Nilsson L. O., Gundersen, P., 2008: Carbon and nitrogen in forest floor and mineral soil under six common European tree species. *Forest Ecology and Management* 255 (2008): 35-48.

36. Vrbek, B., 1989: Izrada pedološke karte 1 : 25 000, s posebnom ulogom nagiba u šumsko gospodarskoj jedinici Macelj. Magistarski rad, Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet, Fakultet poljoprivrednih znanosti, Zagreb.

37. Vukelić, J., Baričević, D., 2007: Nomenklaturno-sintaksonomsko određenje panonskih bukovojelovih šuma (Abieti-Fagetum „pannonicum“) u Hrvatskoj. *Šumarski list* 131: 407 – 429

Izvori sa internetskih stranica:

38. SAŽETAK OPISA ŠUMA; GOSPODARSKA JEDINICA „Macelj“ (297); 2007-2016

URL: <http://javni-podaci-karta.hrsume.hr/podaci/gj/297/Opis%20sastojine.pdf>