

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA LESARSTVO

David JAKOFČIČ

**VSEBNOST LIPOFILNIH IN HIDROFILNIH EKSTRAKTIVOV V
GRČAH RDEČEGA BORA**

DIPLOMSKO DELO
Visokošolski strokovni študij

**CONTENTS OF LIPOPHILIC AND HYDROPHILIC EXTRACTIVES
IN KNOTS OF SCOTS PINE**

GRADUATION THESIS
Higher Professional Studies

Ljubljana, 2013

Diplomsko delo je zaključek Visokošolskega študija lesarstva, na Oddelku za lesarstvo Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani. Podatki so bili pridobljeni po obdelavi in meritvah vzorcev, pridobljenih iz območja protokolarnega področja Brdo pri Kranju.

Senat Oddelka za lesarstvo je odobril naslov diplomskega dela in je za mentorja imenoval prof. dr. Primoža Ovna, za somentorico doc. dr. Ido Poljanšek in za recenzenta prof. dr. Marka Petriča.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik:

Član:

Član:

Datum zagovora:

Naloga je rezultat lastnega raziskovalnega dela. Strinjam se z objavo svoje diplomske naloge v polnem tekstu na spletni strani Digitalne knjižnice Biotehniške fakultete.

David JAKOFČIČ

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD	Vs
DK	UDK 630*813.2
KG	rdeči bor/ <i>Pinus sylvestris</i> /grče/ekstraktivi/hidrofilni ekstraktivi/lipofilni/Soxhlet
AV	JAKOFCIČ, David
SA	OVEN, Primož (mentor)/POLJANŠEK, Ida (somentorica)/PETRIČ, Marko (recenzent)
KZ	SI-1000 Ljubljana, Rožna dolina, c. VIII/34
ZA	Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo
LI	2013
IN	VSEBNOST LIPOFILNIH IN HIDROFILNIH EKSTRAKTIVOV V GRČAH RDEČEGA BORA
TD	Diplomsko delo (visokošolski strokovni študij)
OP	IX, 60 str., 4 pregl., 67 sl., 11 vir.
IJ	sl
Jl	sl/en
AI	Raziskovali smo vsebnost ekstraktivov v živih in mrtvih grčah rdečih borov na področju Brda pri Kranju. S Soxhletovo napravo smo ekstrahirali hidrofobne (lipofilne) komponente s cikloheksanom, nato pa še hidrofilne z zmesjo acetona in vode. Vsebnost ekstrahiranih snovi smo ovrednotili gravimetrično. Vsebnost lipofilnih in prav tako hidrofilnih ekstraktivov v grčah je bila zelo variabilna znotraj drevesa in med drevesi. Delež lipofilnih ekstraktivov je bil pri drevesih, označenih s št. 1, 3, 4 in 6 večji v mrtvih grčah, pri št. 2 in 5 pa ni bilo bistvenh razlik. Delež hidrofilnih ekstraktivov je bil pri št. 1, 5 in 6 večji v mrtvih grčah, pri št. 2, 3 in 4 pa večji v živih. V povprečju je bil delež lipofilnih ekstraktivov največji v živih grčah pri št. 2, najmanjši pa v živih grčah pri št. 3. Največji povprečni delež hidrofilnih ekstraktivov je bil v mrtvih grčah pri št. 6, najmanjši pa v mrtvih grčah pri št. 2. Povprečen delež lipofilnih in hidrofilnih ekstraktivov v grčah vseh preiskanih dreves je bil večji v mrtvih grčah.

KEY WORDS DOCUMENTATION

DN Vs

DC UDC 630*813.2

CX Scots pine/*Pinus sylvestris*/knots/extractives/hydrophilic
extractives/lipophilic/Soxhlet

AU JAKOFČIČ, David

AA OVEN, Primož (supervisor)/POLJANŠEK, Ida (co-supervisor)/PETRIČ,
Marko (reviewer)

PP SI-1000 Ljubljana, Rožna dolina, c. VIII/34

PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Wood Science
and Technology

PY 2013

TI CONTENT OF LIPOPHILIC AND HYDROPHILIC EXTRACTIVES IN KNOTS
OF SCOTS PINE

DT Graduation thesis (Higher professional studies)

NO IX, 60 p., 4 tab., 67 fig., 11 ref.

LA sl

AL sl/en

AB We researched the contents of the extractives in living and dead knots of Scots pines in the area of Brdo near Kranj. Using a Soxhlet apparatus extractor we extracted hydrophobic (lipophilic) components with cyclohexane, and then the hydrophilic components with acetone/water compound. We assessed the contents of the extractives gravimetrically. The contents of lipophilic as well as hydrophilic extractives in knots varied considerably in a single tree and among trees when compared. The portion of the lipophilic extractives was considerably higher in dead knots in trees No. 1, 3, 4 and 6, whereas in No. 2 and 5 the difference was negligible. The portion of the hydrophilic extractives was higher in dead knots in No. 1, 5 and 6, but was higher in living knots in No. 2, 3 and 4. In average the portion of the lipophilic extractive was the highest in living knots in No. 2 and was the lowest in the living knots in No. 3. The highest average portion of the hydrophilic extractives was found in the dead knots in No. 6 and the lowest in the dead knots of No. 2. The average portion of lipophilic and hydrophilic extractives among all the examined trees was found to be the highest in dead knots.

KAZALO VSEBINE

str.

Ključna dokumentacijska informacija (KDI)
Key Words Documentation (KWD)
Kazalo vsebine
Kazalo preglednic
Kazalo slik

1	UVOD	1
2	PREGLED OBJAV	2
2.1	EKSTRAKTIVI IN DRUGE KEMIJSKE SPOJINE LESA	2
2.2	OPIS ZGRADBE LESA RDEČEGA BORA	3
2.3	GRČE KOT ZGRADBENA POSEBNOST LESA	5
3	MATERIAL IN METODE	8
3.1	IZBOR DREVES	8
3.2	OBDELAVA IN RAZREZ MATERIALA V DELAVNICI	9
3.3	PRIPRAVA MATERIALA ZA EKSTRAHIRANJE	11
3.3.1	Mletje vzorcev	11
3.3.2	Kemikalije	12
3.4	EKSTRAHIRANJE LESA	12
3.4.1	Določanje deleža suhe snovi	12
3.4.2	Soxhletova ekstrakcija	14
3.4.3	Ekstrahiranje s cikloheksanom	15
3.4.4	Ekstrahiranje v acetonu	18
4	REZULTATI	22
4.1	DELEŽ EKSTRAKTIVOV PRI DREVESU ŠTEVILKA 1	22
4.2	DELEŽ EKSTRAKTIVOV PRI DREVESU ŠTEVILKA 2	27
4.3	DELEŽ EKSTRAKTIVOV PRI DREVESU ŠTEVILKA 3	32
4.4	DELEŽ EKSTRAKTIVOV PRI DREVESU ŠTEVILKA 4	37
4.5	DELEŽ EKSTRAKTIVOV PRI DREVESU ŠTEVILKA 5	42
4.6	DELEŽ EKSTRAKTIVOV PRI DREVESU ŠTEVILKA 6	47
4.7	POVPREČNE VSEBNOSTI EKSTRAKTIVOV V GRČAH PREISKANIH DREVES	52
4.8	VSEBNOST EKSTRAKTIVOV V GRČAH BOROV NA RASTIŠČU BRDO	55
5	RAZPRAVA IN SKLEPI	57
6	POVZETEK	58
7	VIRI	60

ZAHVALA

KAZALO PREGLEDNIC

	str.
Preglednica 1: Razvrstitev grč po premerih za iglavce in listavce.	6
Preglednica 2: Rastišče Brdo pri Kranju, zaporedna številka, višina in premer dreves ter starost koluta.	8
Preglednica 3: Število živih in mrtvih grč pri posameznem drevesu.	10
Preglednica 4: Uporabljene kemikalije.	12

KAZALO SLIK

	str.
Slika 1: Kriterij molekulske mase kot osnova za klasifikacijo snovi, ki sestavljajo les.	2
Slika 2: Radialni prerez rdečega bora (<i>Pinus sylvestris</i>) z mrtvo vejo in vraslo grčo.	5
Slika 3: Krošnja rdečega bora (<i>Pinus sylvestris</i>) z živimi in odmrliimi vejami, katere imenujemo tudi štrclji vej.	6
Slika 4: Prečni prerez lesa veje na mestu, kjer izrašča iz debla. Vidna je beljava in jedrovina veje.	7
Slika 5: Rastišče Brdo pri Kranju, prikaz dela (levo) in vzorčnih dreves (desno).	8
Slika 6: Izžaganje koluta iz debla.	9
Slika 7: Izžagane grče.	10
Slika 8: Izžagane grče, razsekane na manjše dele, shranjene v prahovkah.	10
Slika 9: Mlin za mletje Retsch SM 2000, s katerim smo mleli grče.	11
Slika 10: Velikost delcev po mletju.	11
Slika 11: Laboratorijska tehtnica Mettler Toledo XS, s katero smo določali vse mase.	13
Slika 12: Tehtalna ladjica in drugi pripomočki za tehtanje (levo), hlajenje vzorcev v eksikatorju (desno).	13
Slika 13: Soxhletov aparat in skica ekstrakcijske naprave po Soxhletu.	14
Slika 14: Celulozni tulec v ekstrakcijski celici. Topilo se je med ekstrahiranjem rumenkasto obarvalo.	16
Slika 15: Suh ekstrakt, ki je ostala na dnu prahovke (levo) in tehtiča (desno), ko je topilo izparelo.	19
Slika 16: Vsebnost suhe snovi v grčah rdečega bora (<i>Pinus sylvestris</i>) številka 1.	22
Slika 17: Masna koncentracija ekstraktivov v cikloheksanu v grčah rdečega bora (<i>Pinus sylvestris</i>) številka 1.	23
Slika 18: Vsebnost topnih snovi v cikloheksanu v grčah rdečega bora (<i>Pinus sylvestris</i>) številka 1.	23
Slika 19: Povprečna masna koncentracija in povprečen delež topnih snovi v cikloheksanu v grčah rdečega bora (<i>Pinus sylvestris</i>) številka 1.	24
Slika 1: Masna koncentracija ekstraktivov v acetonu v grčah rdečega bora (<i>Pinus sylvestris</i>) številka 1. Masna koncentracija je bila določena po dveh metodah, ki ju v grafikonu označujemo z oznakama: »masna koncentracija-tehtič« in »masna koncentracija-prahovka« (glej poglavje 3.4.4).	25
Slika 21: Vsebnost topnih snovi v acetonu v grčah rdečega bora (<i>Pinus sylvestris</i>) številka 1. Delež topnih snovi je bil določen po dveh metodah (glej poglavje 3.4.4).	25
Slika 2: Povprečna masna koncentracija in povprečen delež topnih snovi v acetonu v grčah rdečega bora (<i>Pinus sylvestris</i>) številka 1. Masna koncentracija je bila določena po dveh metodah, ki ju v grafikonu označujemo z oznakama: »masna koncentracija-tehtič« in »masna koncentracija-prahovka« (glej poglavje 3.4.4). Tudi delež topnih snovi v acetonu je bil določen po dveh metodah (glej poglavje 3.4.4).	26
Slika 23: Vsebnost suhe snovi v grčah rdečega bora (<i>Pinus sylvestris</i>) številka 2.	27
Slika 24: Masna koncentracija ekstraktivov v cikloheksanu v grčah rdečega bora (<i>Pinus sylvestris</i>) številka 2.	28
Slika 25: Vsebnost topnih snovi v cikloheksanu v grčah rdečega bora (<i>Pinus sylvestris</i>) številka 2.	28
Slika 26: Povprečna masna koncentracija in povprečen delež topnih snovi v cikloheksanu v grčah rdečega bora (<i>Pinus sylvestris</i>) številka 2.	29
Slika 27: Masna koncentracija ekstraktivov v acetonu v grčah rdečega bora (<i>Pinus sylvestris</i>) številka 2. Masna koncentracija je bila določena po dveh metodah, ki ju v grafikonu označujemo z oznakama: »masna koncentracija-tehtič« in »masna koncentracija-prahovka« (glej poglavje 3.4.4)	
Slika 28: Vsebnost topnih snovi v acetonu v grčah rdečega bora (<i>Pinus sylvestris</i>) številka 2. Delež topnih snovi je bil določen po dveh metodah (glej poglavje 3.4.4).	30
Slika 29: Povprečna masna koncentracija in povprečen delež topnih snovi v acetonu v grčah rdečega bora (<i>Pinus sylvestris</i>) številka 2. Masna koncentracija je bila določena po dveh metodah, ki ju v grafikonu označujemo z oznakama: »masna koncentracija-tehtič« in »masna koncentracija-prahovka« (glej poglavje 3.4.4). Tudi delež topnih snovi v acetonu je bil določen po dveh metodah (glej poglavje 3.4.4).	
Slika 30: Vsebnost suhe snovi v grčah rdečega bora (<i>Pinus sylvestris</i>) številka 3.	32
Slika 31: Masna koncentracija ekstraktivov v cikloheksanu v grčah rdečega bora (<i>Pinus sylvestris</i>) številka 3.	33
Slika 32: Vsebnost topnih snovi v cikloheksanu v grčah rdečega bora (<i>Pinus sylvestris</i>) številka 3.	33
Slika 33: Povprečna masna koncentracija in povprečen delež topnih snovi v cikloheksanu v grčah rdečega bora (<i>Pinus sylvestris</i>) številka 3.	34
Slika 34: Masna koncentracija ekstraktivov v acetonu v grčah rdečega bora (<i>Pinus sylvestris</i>) številka 3. Masna koncentracija je bila določena po dveh metodah, ki ju v grafikonu označujemo z oznakama: »masna koncentracija-tehtič« in »masna koncentracija-prahovka« (glej poglavje 3.4.4)	
Slika 35: Vsebnost topnih snovi v acetonu v grčah rdečega bora (<i>Pinus sylvestris</i>) številka 3. Delež topnih snovi je bil določen po dveh metodah (glej poglavje 3.4.4).	35

Slika 36: Povprečna masna koncentracija in povprečen delež topnih snovi v acetonu v grčah rdečega bora (<i>Pinus sylvestris</i>) številka 3. Masna koncentracija je bila določena po dveh metodah, ki ju v grafikonu označujemo z oznakama: »masna koncentracija-tehtič« in »masna koncentracija-prahovka« (glej poglavje 3.4.4). Tudi delež topnih snovi v acetonu je bil določen po dveh metodah (glej poglavje 3.4.4).	
Slika 37: Vsebnost suhe snovi v grčah rdečega bora (<i>Pinus sylvestris</i>) številka 4.	37
Slika 38: Masna koncentracija ekstraktivov v cikloheksanu v grčah rdečega bora (<i>Pinus sylvestris</i>) številka 4..	38
Slika 39: Vsebnost topnih snovi v cikloheksanu v grčah rdečega bora (<i>Pinus sylvestris</i>) številka 4.	38
Slika 40: Povprečna masna koncentracija in povprečen delež topnih snovi v cikloheksanu v grčah rdečega bora (<i>Pinus sylvestris</i>) številka 4.	39
Slika 41: Masna koncentracija ekstraktivov v acetonu v grčah rdečega bora (<i>Pinus sylvestris</i>) številka 4. Masna koncentracija je bila določena po dveh metodah, ki ju v grafikonu označujemo z oznakama: »masna koncentracija-tehtič« in »masna koncentracija-prahovka« (glej poglavje 3.4.4)	
Slika 42: Vsebnost topnih snovi v acetonu v grčah rdečega bora (<i>Pinus sylvestris</i>) številka 4. Delež topnih snovi je bil določen po dveh metodah (glej poglavje 3.4.4).	40
Slika 43: Povprečna masna koncentracija in povprečen delež topnih snovi v acetonu v grčah rdečega bora (<i>Pinus sylvestris</i>) številka 4. Masna koncentracija je bila določena po dveh metodah, ki ju v grafikonu označujemo z oznakama: »masna koncentracija-tehtič« in »masna koncentracija-prahovka« (glej poglavje 3.4.4). Tudi delež topnih snovi v acetonu je bil določen po dveh metodah (glej poglavje 3.4.4).	
Slika 44: Vsebnost suhe snovi v grčah rdečega bora (<i>Pinus sylvestris</i>) številka 5.	42
Slika 45: Masna koncentracija ekstraktivov v cikloheksanu v grčah rdečega bora (<i>Pinus sylvestris</i>) številka 5..	43
Slika 46: Vsebnost topnih snovi v cikloheksanu v grčah rdečega bora (<i>Pinus sylvestris</i>) številka 5.	43
Slika 47: Povprečna masna koncentracija in povprečen delež topnih snovi v cikloheksanu v grčah rdečega bora (<i>Pinus sylvestris</i>) številka 5.	44
Slika 48: Masna koncentracija ekstraktivov v acetonu v grčah rdečega bora (<i>Pinus sylvestris</i>) številka 5. Masna koncentracija je bila določena po dveh metodah, ki ju v grafikonu označujemo z oznakama: »masna koncentracija-tehtič« in »masna koncentracija-prahovka« (glej poglavje 3.4.4)	
Slika 49: Vsebnost topnih snovi v acetonu v grčah rdečega bora (<i>Pinus sylvestris</i>) številka 5. Delež topnih snovi je bil določen po dveh metodah (glej poglavje 3.4.4).	45
Slika 50: Povprečna masna koncentracija in povprečen delež topnih snovi v acetonu v grčah rdečega bora (<i>Pinus sylvestris</i>) številka 5. Masna koncentracija je bila določena po dveh metodah, ki ju v grafikonu označujemo z oznakama: »masna koncentracija-tehtič« in »masna koncentracija-prahovka« (glej poglavje 3.4.4). Tudi delež topnih snovi v acetonu je bil določen po dveh metodah (glej poglavje 3.4.4).	
Slika 51: Vsebnost suhe snovi v grčah rdečega bora (<i>Pinus sylvestris</i>) številka 6.	47
Slika 52: Masna koncentracija ekstraktivov v cikloheksanu v grčah rdečega bora (<i>Pinus sylvestris</i>) številka 6..	48
Slika 53: Vsebnost topnih snovi v cikloheksanu v grčah rdečega bora (<i>Pinus sylvestris</i>) številka 6.	48
Slika 54: Povprečna masna koncentracija in povprečen delež topnih snovi v cikloheksanu v grčah rdečega bora (<i>Pinus sylvestris</i>) številka 6.	49
Slika 55: Masna koncentracija ekstraktivov v acetonu v grčah rdečega bora (<i>Pinus sylvestris</i>) številka 6. Masna koncentracija je bila določena po dveh metodah, ki ju v grafikonu označujemo z oznakama: »masna koncentracija-tehtič« in »masna koncentracija-prahovka« (glej poglavje 3.4.4)	
Slika 56: Vsebnost topnih snovi v acetonu v grčah rdečega bora (<i>Pinus sylvestris</i>) številka 6. Delež topnih snovi je bil določen po dveh metodah (glej poglavje 3.4.4).	50
Slika 57: Povprečna masna koncentracija in povprečen delež topnih snovi v acetonu v grčah rdečega bora (<i>Pinus sylvestris</i>) številka 6. Masna koncentracija je bila določena po dveh metodah, ki ju v grafikonu označujemo z oznakama: »masna koncentracija-tehtič« in »masna koncentracija-prahovka« (glej poglavje 3.4.4). Tudi delež topnih snovi v acetonu je bil določen po dveh metodah (glej poglavje 3.4.4).	
Slika 58: Povprečna masna koncentracija ekstraktivov v cikloheksanu v grčah preiskanih dreves.	52
Slika 59: Povprečen delež topnih snovi v cikloheksanu v grčah preiskanih dreves.	52
Slika 60: Povprečna masna koncentracija ekstraktivov v acetonu v grčah preiskanih dreves, pridobljena po prvi metodi (glej poglavje 3.4.4).	53
Slika 61: Povprečna masna koncentracija ekstraktivov v acetonu v grčah preiskanih dreves, pridobljena po drugi metodi (glej poglavje 3.4.4).	53
Slika 62: Povprečen delež topnih snovi v acetonu v grčah preiskanih dreves, pridobljen po prvi metodi (glej poglavje 3.4.4).	54
Slika 63: Povprečen delež topnih snovi v acetonu v grčah preiskanih dreves, pridobljen po drugi metodi (glej poglavje 3.4.4).	54
Slika 64: Povprečna masna koncentracija ekstraktivov v cikloheksanu v grčah borov na rastišču Brdo pri Kranju.....	55
Slika 65: Povprečen delež topnih snovi v cikloheksanu v grčah borov na rastišču Brdo pri Kranju.	55

Slika 66: Povprečna masna koncentracija ekstraktivov v acetonu v grčah borov na rastišču Brdo pri Kranju. Masna koncentracija je bila določena po dveh metodah, ki ju v grafikonu označujemo z oznakama: »masna koncentracija-tehtič« in »masna koncentracija-prahovka« (glej poglavje 3.4.4)

Slika 67: Povprečen delež topnih snovi v acetonu v grčah borov na rastišču Brdo pri Kranju. Delež topnih snovi v acetonu je bil določen po dveh metodah (glej poglavje 3.4.4). 56

1 UVOD

Les je kemični proizvod zapletenih fizioloških procesov v drevesu. Sestavljajo ga spojine z veliko molekulsko maso, kot so celuloza, hemiceluloza, lignin in spojine z majhno molekulsko maso, ki jih imenujemo ekstraktivi ali izvlečki (Oven, 2011).

Lesne ekstraktive, ki predstavljajo obsežno in heterogeno skupino spojin je mogoče odstraniti iz lesa z organskimi nepolarnimi in polarnimi topili ter vodo (Vek in Oven, 2011). Z ekstrakcijo odstranjujemo topne komponente, z ustreznim topilom iz trdnih ali tekočih snovi oziroma zmesi. Postopek je sestavljen iz dveh zaporednih operacij, pri čemer s prvo zagotovimo stik topila s snovjo, v drugi pa obe fazi ločimo. Za ekstrakcijo lesa, kjer komponente ekstrahiramo iz trdnega homogeniziranega vzorca, se uporablja topila v različnih kombinacijah (kloroform/etil acetat, etanol/kloroform/etil acetat, kloroform/etil acetat/metanol ali etanol/voda/etil acetat/butanol).

Na osnovi topnosti v različnih topilih ekstraktive razdelimo na hidrofilne in lipofilne. Hidrofilni ekstraktivi so topni v vodi in ostalih polarnih topilih. V polarnih topilih se topijo zlasti flobafeni, tanini, stilbenoidi in flavonoidi. Lipofilni ekstraktivi, ki se v lesu najpogosteje pojavljajo kot alifatske spojine (npr. voski, maščobe, maščobni alkoholi, maščobne kisline ali terpeni in pigmenti), so topni v nepolarnih organskih topilih, kot so npr. cikloheksan, toluen, pentan, petroleter ali diklorometan (Vek in Oven, 2011).

Cilji diplomske naloge so bili:

1. Ugotoviti delež lipofilnih ekstraktivov v živih in mrtvih grčah rdečega bora.
2. Ugotoviti delež hidrofilnih ekstraktivov v živih in mrtvih grčah rdečega bora.
3. Ugotoviti morebitne razlike v vsebnosti ekstraktivnih snovi v živih in mrtvih grčah med drevesi z istega rastišča.
4. Ugotoviti morebitne razlike v vsebnosti ekstraktivnih snovi med živimi in mrtvimi grčami iz istega drevesa.

Delovne hipoteze:

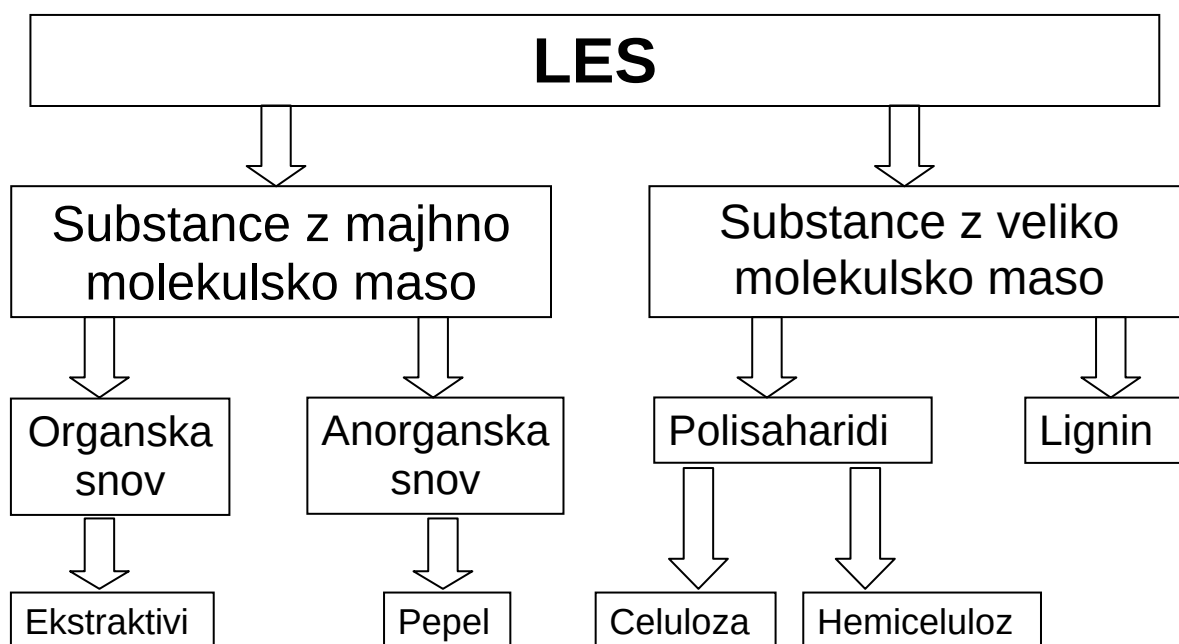
1. Vsebnost lipofilnih ekstraktivov je v mrtvih grčah večja, kot v živih grčah.
2. Vsebnost ekstrahiranih snovi v živih in mrtvih grčah se med drevesi ne razlikuje.

2 PREGLED OBJAV

2.1 EKSTRAKTIVI IN DRUGE KEMIJSKE SPOJINE LESA

Kemijske snovi, ki sestavljajo les, razdelimo na snovi z veliko molekulsko maso in snovi z majhno molekulsko maso (Slika 3) (Oven in sod., 2009). Lahko jih razdelimo tudi na strukturne in nestrukturne komponente. Strukturne komponente so netopne makromolekule celuloze, hemiceluloz in lignina. Iz njih je zgrajena celična stena in tako določajo obliko celic ter večino fizikalnih in mehanskih lastnosti lesa.

Nestrukturne snovi najdemo v celičnih lumnih, v praznih prostorih v celični steni ter v medceličnih prostorih in jih običajno označujemo tudi z izrazi ekstraktivi, zunajcelične snovi, ekstracelularne snovi (Oven in sod., 2009). Ekstraktive uvrščamo v skupino organskih kemijskih spojin z majhno molekulsko maso in so večinoma topni, zato jih je iz lesa mogoče odstraniti z uporabo topil ustrezne polarnosti. Pri tem se ne spremeni njihova kemijska zgradba ali zgradba preostalih strukturnih komponent (Oven in sod., 2009). Anorganskih snovi, ki jih običajno označujemo z izrazom pepel, je v lesu zelo malo.



Slika 3: Kriterij molekulske mase kot osnova za klasifikacijo snovi, ki sestavljajo les (Oven in sod., 2009).

2.2 OPIS ZGRADBE LESA RDEČEGA BORA

Opis rdečega bora je povzet po Čufar (2006). Za les rdečega bora (*Pinus sylvestris*) so značilne naslednje posebnosti:

- sveža jedrovina rdečkastorumena, kasneje potemni do rjavkaste oz. rdečerjave barve
- beljava večinoma široka, rumenkasto do rdečkasto bela
- branike razločne, s temnim kasnim lesom
- prehod iz ranega v kasni les postopen do oster
- smolni kanali so številni in razločni (znatno večji kot pri smreki in macesnu)
- svež s prijetnim aromatičnim vonjem
- les zmerno trd in srednje gost (gostota ρ_0 300...490...860 kg/m³)

Lastnosti

Povzeto po Čufar (2006). Krčenje in nabrekanje je zmerno, vendar močnejše kot pri smrekovini, manj je nagnjen k zvijanju. Trdnost precej variira z gostoto. Ob preobremenitvi oddaja zvočni signal, zato je zaželen za rudniške podpornike.

Je zmerno odporen proti atmosferilijam. Jedrovina je dokaj trajna, beljava pa netrajna, vendar se z lahkoto impregnira. Beljava je nagnjena k okužbi z glivami modrivkami. Pomodrel les je bolj higroskopen od normalnega, kar povečuje nevarnost nadaljnje okužbe. Vlagi izpostavljen les je treba zaščititi s fungicidi.

Obdelava in predelava

Povzeto po Čufar (2006). Borovina je naprodaj predvsem kot žagan les, občasno tudi kot luščen in rezan furnir. Žaganje, skobljanje, vrtanje in brušenje je dobro. Les z ostrejšim prehodom med ranim in kasnim lesom se nekoliko težje obdeluje. Obilna smola se lahko lepi na orodja in dele strojev. Sušenje je v glavnem dobro. Zaradi obilne smole je borovino treba sušiti pri nižjih temperaturah. Pri temperaturah med 20 °C in 30 °C in relativno zračno vlažnostjo nad 25 % je povečana nevarnost modrenja. Pri površinski obdelavi je potrebno upoštevati prisotnost smole. Pred lakiranjem, luženjem ali obdelavo pri višjih temperaturah je pri bolj smolnatih primerkih potrebno predhodno odstraniti smolo.

Napake

Povzeto po Čufar (2006). Malolesnost, krivost, necenričnost, spiralen potek aksialnih elementov, grčavost, jedrovinski vključki, smolne razpoke, tlačne poškodbe, porušitve vlaken, neenakomerno priraščanje, kompresijski les, trohnoba, modrenje (velika nevarnost modrenja pri temperaturah med 20 °C in 30 °C, posebno za beljavo), rovi insektov.

Uporaba

Povzeto po Čufar (2006). Splošno in stavbno mizarstvo, okviri (okna, vrata), rudniški les, železniški pragovi, jambori, podi, parket, vagoni, karoserije, sodi za razsut tovor, pohištvo, luščen in rezan furnir, vezan les, stenske in stropne obloge, embalaža, les za kemično predelavo, vlaknene in iverne plošče. Skorja in iglice so vir terpentina in eteričnih olj.

Povzeto po Kotar in Brus, (1999). Razen lesa so, predvsem v zdravilstvu uporabni še drugi rastlinski deli rdečega bora (*Pinus sylvestris*). Iglice vsebujejo veliko vitamina C, vdihavanje njihove sopare pomaga pri vnetju pljuč in žrela, čaj iz storžkov čisti kri, sopara iz svežih brstov učinkovito sčisti zamašen nos. Borovo skorjo uspešno uporabljajo v primerih onesnaženja okolja z nafto, saj naj bi se na njej naselili mikrobi, ki nafto razgrajujejo. Rdeči bor je primeren tudi za smolarjenje.

2.3 GRČE KOT ZGRADBENA POSEBNOST LESA

Grče so posledica naravnega razvoja oziroma rasti drevesa, vendar jih zaradi njihovega negativnega vpliva na lastnosti lesa štejemo za napake (Gorišek, 2009). Grča je del veje v deblu. Dokler je veja živa, njen kambij in prirastne plasti sklenjeno prehajajo v debelni kambij in debelne prirastne plasti: grča je dotlej zrasla (Torelli, 1990). Ko veja odmre, z njo odmre tudi vejni kambij in poslej ni več kontinuitete med debelnim in vejnim kambijem oz. prirastnimi plastmi. Torelli (1990) meni, da veje in s tem grče listavcev vsebujejo le malo ekstraktivov. Ko veja odmro, mikroorganizmi inficirajo mrtvo tkivo. Tik ob deblu pred tem nastane otiljen in s polifenoli prepojen »zaščitni sloj« (Torelli, 1990). Tam se praviloma ustavi razkroj in se odmrla veja odlomi, tako da jo deblo hitro preraste in nastane vrasla slepica. Štrclji vej pri iglavcih so prepojeni s smolo in še dolgo ostanejo na deblu, ki jih obrašča, ne da bi bili z njim v fizičnem kontaktu. Takšna grča pri predelavi navadno izpade in jo imenujemo izpadna grča (Torelli, 1990).



Slika 4: Radialni prerez rdečega bora (*Pinus sylvestris*) z mrtvo vejo in vraslo grčo.

Zrasle grče živih vej pri iglavcih in zdrave grče živih vej pri listavcih predstavljajo manjšo napako lesa, medtem ko nezasle grče od suhih vej pri iglavcih in slepice pri listavcih bolj razvrednotijo lesne sortimente (Gorišek, 2009). Nezasle grče in slepice se pojavijo pretežno v spodnjem, zrasle in zdrave grče pa na zgornjem delu debla. Slepice so lahko že bolj ali manj biološko okužene ali razgrajene in se pojavljajo na površini. Njihovo prisotnost prepoznamo po bulah ali pa so popolnoma prerasle in jih na površini debla zaznamo le po sledovih (Gorišek, 2009). Grče od epikormskih vej ne segajo globoko v les in jih ne razvrščamo med (večje) napake (Gorišek, 2009).



Slika 5: Krošnja rdečega bora (*Pinus sylvestris*) z živimi in odmrliimi vejami, katere imenujemo tudi štrclji vej.

Grče vplivajo negativno na tehnološke lastnosti, predvsem na mehanske lastnosti, povečujejo pa gostoto (Pipa, 1997). Grčav les se tudi težje obdeluje, kakovost obdelanih površin pa je slabša. Vrsta grč, njihovo število in velikost so pomemben dejavnik pri razvrščanju lesa v kakovostne razrede (klasifikaciji). Grče so nezaželeni tudi pri lesu za kemično predelavo, tako daje npr. grčav les celulozo kratkih in temnejših vlaken. V estetskem pogledu pa so grče lahko tudi zaželeni (Pipa, 1997).

Za določanje velikosti grč merimo samo tiste dimenzije, ki jih vidimo na površini. Za velikost grč je odločilen srednji premer grče (d), ki ga izračunamo kot aritmetično sredino največjega ($d_{\max}$) in najmanjšega premera ($d_{\min}$) grče (Pipa, 1997). Srednji premer grč dobimo po obrazcu:

$$d = \frac{d_{\min} + d_{\max}}{2} (mm) \quad \dots (1)$$

Preglednica 1: Razvrstitev grč po premerih za iglavce in listavce (Pipa, 1997).

Velikost grč	iglavci	listavci
grčice	do 6 mm	do 10 mm
male grče	od 7 mm do 20 mm	od 11 mm do 20 mm
srednje grče	od 21 mm do 40 mm	od 21 mm do 40 mm
velike grče	nad 40 mm	nad 40 mm

Po obliki ločimo okrogle in ovalne grče. Okrogle grče so tiste, pri katerih razmerje med največjo in najmanjšo osjo ni večje kot 2. Ovalne grče pa so tiste, pri katerih je razmerje med največjo in najmanjšo osjo večje kot 2, vendar največ 4 (Pipa, 1997).

Pipa (1997) razlikuje grče tudi po trdoti. Trde (roženinaste grče) so zdrave grče, ki so pri iglavcih lahko napolnjene tudi s smolo. Take grče nudijo rezilom pri obdelavi velik odpor, saj so 2 do 3-krat trše kot les okoli njih. Omehčane grče so tiste grče, ki so jih okužile glive in so že v začetnem stadiju razpadanja. Omehčana grča se pod pritiskom vda, vendar pa zavzame po prenehanju pritiska svojo prvotno lego. Mehke grče so naslednji stadij razkroja gliv. Njihova trdota je že zelo majhna. Preperele grče so v zadnjem stadiju razkrajanja. Take grče se pod pritiskom drobijo v prah (Pipa, 1997). Z rastjo drevesa se veje na spodnjem delu debla sušijo in slej ko prej odpadejo, medtem ko ima drevo višje v deblu in v krošnji še žive veje (Gorišek, 2009).

V spodnjem delu debla so grče manjše in bližje strženu. To pa zaradi tega, ker so veje v mladosti tanke in v nižjem delu drevesa. S starostjo se višina in debelina drevesa povečujeta, grče pa so zato večje in bolj na periferiji (Pipa, 1997).

Glede grčavosti Pipa (1997) deblo razdeli na tri področja, in sicer:

- področje brez grč (zunanji spodnji del debla)
- področje mrtvih grč (spodnji in srednji del po višini in srednji del po debelini)
- področje zraslih zdravih grč (po višini vsi deli debla, po debelini pa v spodnjem delu debla samo notranji del, v zgornjem delu debla pa zajema to področje celoten premer) (Pipa 1997).

Grče so praviloma temnejše in gostejše zgradbe ter drugačne kemične sestave od ostalega lesa. To pa predvsem zaradi povečane vsebnosti smole pri iglavcih in čreslovin pri listavcih.



Slika 6: Prečni prerez lesa veje na mestu, kjer izrašča iz debla. Vidna je beljava in jedrovina veje.

3 MATERIAL IN METODE

3.1 IZBOR DREVES

Za eksperiment smo 8. 11. 2011 posekali 6 rdečih borov (*Pinus sylvestris*) (preglednica 2) na območju protokolarnega področja Brdo pri Kranju, oddelek 260 Joklovo. Nadmorska višina rastišča, kjer prevladuje acidofilen borov gozd (*Vaccinium Pinetum typicum*) je 470 m, podlaga pa je ilovnati nanos.



Slika 7: Rastišče Brdo pri Kranju, prikaz dela (levo) in vzorčnih dreves (desno).

Preglednica 2: Rastišče Brdo pri Kranju, zaporedna številka, višina in premer dreves ter starost koluta.

Drevo	višina (m)	premer na bazi drevesa (cm)	starost koluta na bazi drevesa (leta)
1	15,00	38	110
2	21,60	42	116
3	21,00	33	117
4	22,00	43	118
5	21,80	39	112
6	22,00	42	142

Na terenu smo iz debel na različnih višinah izžagali kolute (slika 8) in jih označili. Za eksperiment smo uporabili kolute, izžagane iz krošnje drevesa, na katerih so bile žive in mrtve grče.



Slika 8: Izžagovanje koluta iz debla.

3.2 OBDELAVA IN RAZREZ MATERIALA V DELAVNICI

V delavnici smo vsak kolut poskobljali na eni strani, tako da so bile na njem vidne branike. Prešteli smo letnice, vsako deseto označili in izmerili premere kolotov po dveh radijih. Pri štetju ozkih branik, katerih širina je bila s prostim očesom slabo vidna, smo si za večjo natančnost pomagali z lupo.

Za eksperiment smo uporabili žive in mrtve grče rdečega bora na različnih višinah, večinoma iz krošnje drevesa. Na tračnem žagalnem stroju smo razžagali kolute ter iz njih izžagali 36 živih in mrtvih grč (slika 9). Označili smo jih po številki drevesa žive grče in ločeno mrtve grče (preglednica 3). Izžagane grče smo pripravili za mletje tako, da smo jih na grobo razžagali na manjšem tračnem žagalnem stroju in z dletom ročno razsekali na manjše dele. Vzorce velikosti približno 5 mm x 5 mm smo shranili v označenih prahovkah (slika 10).

Preglednica 3: Število živih in mrtvih grč pri posameznem drevesu.

Št. Drevesa	Žive grče	Mrtve grče
1.	2	3
2.	3	3
3.	2	4
4.	2	3
5.	2	4
6.	4	4



Slika 9: Izžagane grče.



Slika 10: Izžagane grče, razsekane na manjše dele, shranjene v prahovkah.

3.3 PRIPRAVA MATERIALA ZA EKSTRAHIRANJE

3.3.1 Mletje vzorcev

Grče smo zmleli na manjše delce v mlinu za mletje Retsch SM 2000 (slika 11) v Laboratoriju za patologijo iz zaščito lesa. Izbrali smo sito z velikostjo odprtin 1mm, tako da so bili delci po mletju manjši od 1 mm (slika 12). Ker so grče vsebovale veliko smole, smo za hlajenje uporabljali suhi led temperature $-70\text{ }^{\circ}\text{C}$. Po končanem mletju posameznega vzorca smo mlin temeljito očistili s čopičem, da ni prišlo do mešanja vzorcev. Lesni prah pa smo pretresli nazaj v označene prahovke. Za vsak vzorec smo porabili približno 10 min.



Slika 11: Mlin za mletje Retsch SM 2000, s katerim smo mleli grče.



Slika 12: Velikost delcev po mletju.

3.3.2 Kemikalije

V preglednici 4 so osnovne značilnosti kemikalij, ki smo jih uporabili za ekstrahiranje.

Preglednica 4: Uporabljene kemikalije (Sigma-Aldrich, 2012).

Vrsta kemikalije	Formula	Proizvajalec	Vrsta topila	Molska masa [g/mol]	Tališče [°C]	Vrelišče [°C]
Cikloheksan	C_6H_{12}	Sigma-Aldrich	nepolarno	86,16	4-7	80,7
Aceton	CH_3COCH_3	Sigma-Aldrich	polarno	58,08	-94	56
Destilirana voda	H_2O	/	polarno	18,02	0	100

3.4 EKSTRAHIRANJE LESA

3.4.1 Določanje deleža suhe snovi

Za vsak vzorec smo določili vsebnost suhe snovi, za izračun deleža ekstraktivov v lesu, ki ga podajamo v % glede na suho substanco. Za tehtanje smo uporabili laboratorijsko tehtnico Mettler Toledo XS (slika 13). Najprej smo pripravili tehtiče tako, da smo jih ustrezno označili, 15 minut sušili v sušilniku pri temperaturi 105 °C in hladili 30 min v eksikatorju. Stehtali smo jih na 4 decimalna mesta natančno (m_1). Na tehtalno ladjico smo iz prahovke zatehtali približno 1 g (m_2) vlažnega vzorca in ga pretresli v ustrezen tehtič. Za vsak vzorec smo uporabili novo tehtalno ladjico, tako da ni prišlo do mešanja. Tehtiče z vzorci smo sušili v sušilniku pri temperaturi 105 °C 24 ur, oziroma do konstantne mase. Po končanem sušenju smo jih ohladili v eksikatorju in jih stehtali (m_3). Tako smo pridobili podatke o masi absolutno suhega lesa ($m_4 = m_3 - m_1$)

Podatke o deležu suhe snovi smo uporabili za izračun deleža topnih snovi v nepolarnem topilu cikloheksanu in v polarnem topilu acetonu.

Delež suhe snovi smo izračunali po naslednji enačbi.

$$\text{s.s.} = ((m_3 - m_1) / m_2) * 100 (\%) \quad \dots (2)$$

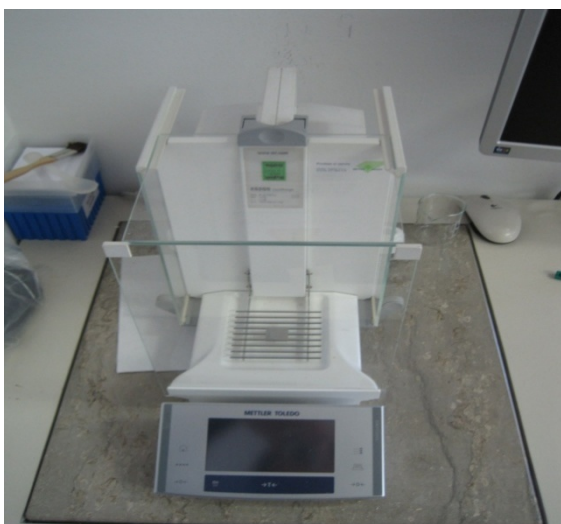
Pri čemer je:

s.s.suha snov

m1masa tehtiča

m2masa vzorca (cca 1 g)

m3masa vzorca s tehtičem po sušenju



Slika 13: Laboratorijska tehtnica Mettler Toledo XS, s katero smo določali vse mase.

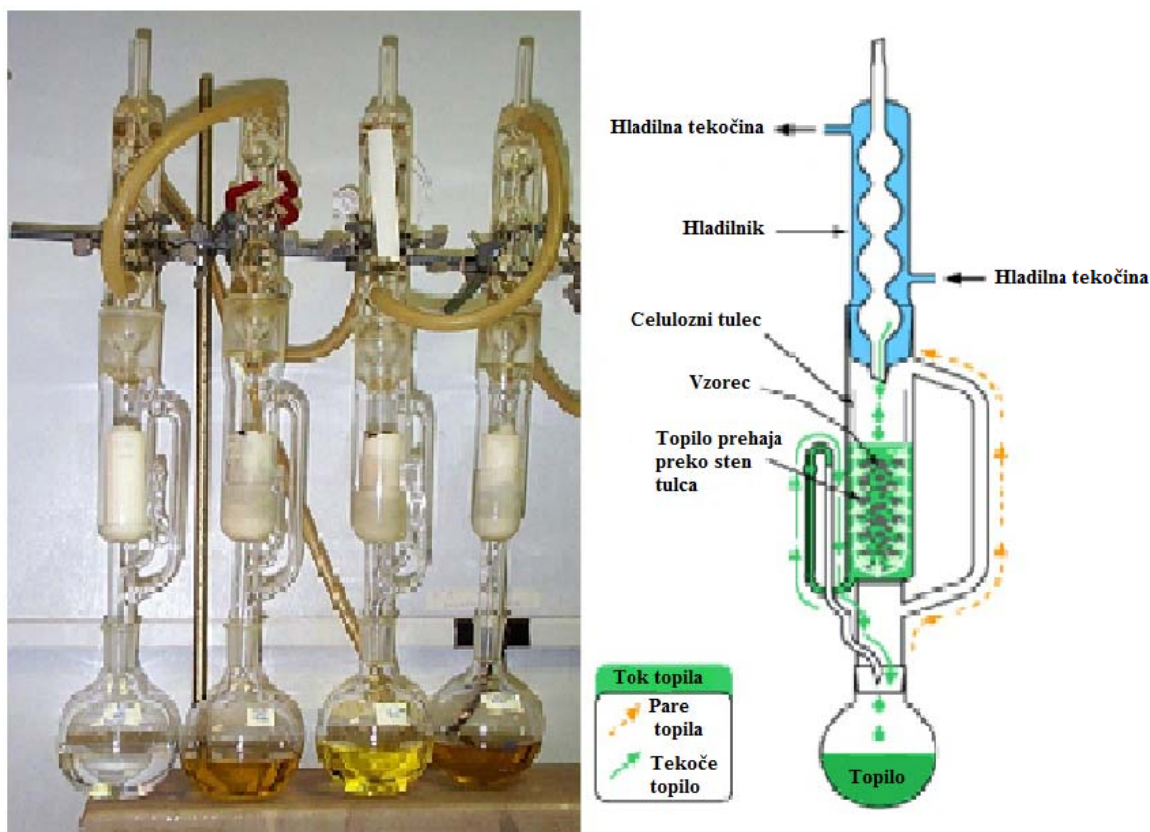


Slika 14: Tehtalna ladjica in drugi pripomočki za tehtanje (levo), hlajenje vzorcev v eksikatorju (desno).

3.4.2 Soxhletova ekstrakcija

Ekstrakcijski aparat Soxhlet (slika 15) je poimenovan po izumitelju Franzu von Soxhletu. Prvotno je bil načrtovan za ekstrakcijo lipidov iz trdnih materialov, vendar ni omejen samo za to vrsto ekstrakcije (Soxhlet extractor, 2012).

Delovanje aparata (slika 15) lahko strnemo v naslednji opis. V bučko nalijemo topilo, ki ga segrevamo s pomočjo grelnika. Topilo odpareva, hlapi potujejo po cevki (smer poteka prikazujejo rumene puščice) do hladilnika, katerega hladimo z mrzlo vodo. Hlapi (zelene kapljice) se kondenzirajo in padejo na vzorec iz katerega se izpirajo topne snovi. Ko topilo doseže najvišjo višino, steče nazaj v bučko (smer toka kažejo zelene puščice). Če je vretje premočno, nastane prevelik fluks in topilo steče nazaj, preden doseže maksimalno višino.



Slika 15: Fotografija in skica Soxhletovega aparata (Indiamart, 2012).

3.4.3 Ekstrahiranje s cikloheksanom

Vzorci smo najprej ekstrahirali v nepolarnem topilu cikloheksanu, kateri iz lesa izpere nepolarne komponente, ki motijo pri ekstrakciji z acetonom (smole, voske, maščobne kisline). Ekstrakcijo v cikloheksanu smo izvedli na sledeč način. Na celulozne tulce smo s svinčnikom napisali oznako vzorca in na vrh na rahlo zatlačili vato. V sušilniku smo jih posušili do absolutno suhega stanja na 105 °C 24 ur. Po končanem sušenju smo jih postavili v eksikator za pol ure, da so se ohladili. Absolutno suhe tulce smo stehtali (m5) tako, da smo maso čim hitreje odčitali, ker so nase hitro vezali vlago in jim je posledično masa zelo hitro naraščala. V tehtalno ladjico smo zatehtali približno 2,5 g vzorca (m6) in ga pretresli v tulec, pod vato. Pomagali smo si s čopičem, ker je na tehtalni ladjici zaradi statike ostalo nekaj prašnih delcev grč.

V laboratoriju smo lahko ekstrahirali 12 vzorcev na enkrat. V bučke smo z merilnim valjem nalili po 250 ml cikloheksana in v vsako dodali po 3 vrelni kamenčke. Tulce z vzorci smo vstavili v Soxhletove ekstrakcijske celice in sestavili ekstrakcijski sistem. Grelni blok smo nastavili na temperaturo 115 °C in pustili delovati 4 ure. Proces se je začel, ko je kondenzirano topilo prvič steklo nazaj v bučko. Po končani ekstrakciji smo aparaturo razdrli in v digestoriju iz bučk prelili 50 ml cikloheksana v manjše stekleničke. Ovili smo jih v folijo in shranili v hladilniku. Poskušali smo določiti delež netopnih snovi v cikloheksanu, tako da smo tulce z vzorci postavili v digestorij, da so se posušili in jih kasneje stehtali (m7). Ta metoda se ni obnesla zaradi predolgega časa in neenakomernega sušenja vzorcev v celuloznih tulcih.

Za določitev deleža topnih snovi v cikloheksanu smo potrebovali še podatek mase suhega ekstrakta v ekstraktu. Ustrezno označene epruvete smo posušili, ohladili in stehtali (m9). Vanje smo nalili 20 ml ekstrakta in jih postavili v sušilnik na 60 °C, toliko časa, da je topilo izparelo. Epruvete s suhim ekstraktom smo stehtali (m10) in tako smo lahko izrazili maso suhega ekstrakta v 20 ml ekstrakta (m11).



Slika 16: Celulozni tulec v ekstrakcijski celici. Topilo se je med ekstrahiranjem rumenkasto obarvalo.

Izračun masne koncentracije in deleža v cikloheksanu topnih snovi:

Iz enačbe za masno koncentracijo $\gamma = m / V$ (g/L) smo izračunali masno koncentracijo v cikloheksanu topnih snovi v 20 ml ekstrakta (masna koncentracija 1).

$$\gamma_1 = m_{11} / 0,02 \text{ (g/L)} \quad \dots (3)$$

Pri čemer je:

γ_1 masna koncentracija v cikloheksanu topnih snovi (masna koncentracija 1)

m_{11} masa suhega ekstrakta v 20 ml ekstrakta

Maso suhega ekstrakta v 20 ml ekstrakta smo izračunali po enačbi (4)

$$m_{11} = m_{10} - m_9 \text{ (g)} \quad \dots (4)$$

Pri čemer je:

m_9 masa epruvete

m_{10} masa epruvete s suhim ekstraktom

m_{11} masa suhega ekstrakta v 20 ml ekstrakta

Maso celotnega suhega ekstrakta v 250 ml cikloheksana (m12) smo izračunali po enačbi (5).

$$m12 = (m11 * 250) / 20 \text{ (g)} \quad \dots (5)$$

Pri čemer je:

m11 masa suhega ekstrakta v 20 ml ekstrakta

m12 masa celotnega suhega ekstrakta v 250 ml cikloheksana

Na osnovi teh podatkov smo izračunali delež topnih snovi v cikloheksanu, kot kvocient med maso celotnega suhega ekstrakta v 250 ml cikloheksana in maso absolutno suhega lesa celotnega vzorca.

$$\text{Delež topnih snovi v cikloheksanu} = ((m12 * 100) / (m6 * \text{s.s.})) (\%) \quad \dots (6)$$

Pri čemer je:

m6masa vzorca pred ekstrakcijo (cca 2,5 g)

m12 masa celotnega suhega ekstrakta v 250 ml cikloheksana

s.s suha snov

3.4.4 Ekstrahiranje v acetonu

Po končani prvi ekstrakciji smo vzorce zaporedno ekstrahirali še z mešanico 95 % polarnega topila acetona in 5 % destilirane vode (da topilo lažje penetrira v les). Najprej smo v čaši zmešali 950 ml acetona in 50 ml destilirane vode. Z merilnim valjem smo nalili po 250 ml mešanice v vsako bučko in dodali še po 3 vrelne kamenčke. Posušene tulce z vzorci smo stehali (m7), nato vstavili v Soxhletove ekstrakcijske celice in sestavili sistem. Grelni blok smo nastavili na temperaturo 110 °C in pustili delovati 4 ure. Med tem smo pripravili tehtiče in prahovke za določitev deleža v acetonu topnih snovi. Ustrezno označene tehtiče smo posušili do absolutno suhega stanja, ohladili in stehali (m13). Prahovke smo prav tako ustrezno označili in stehali (m16). Po končani ekstrakciji smo počakali, da se je mešanica ohladila. Iz vsake bučke smo prelili po 40 ml mešanice v manjše označene stekleničke, jih ovili z aluminijasto folijo in shranili v hladilniku. Poskušali smo določiti delež netopnih snovi v acetonu, tako da smo tulce z vzorci postavili v digestorij, da so se posušili in jih kasneje stehali (m8). Ta metoda se ni obnesla zaradi pre dolgega časa sušenja vzorcev v celuloznih tulcih.

Masno koncentracijo in delež v acetonu topnih snovi smo določali po dveh metodah:

Metoda 1: iz vsake bučke smo prelili po 10 ml ekstrakta v tehtiče in jih postavili v sušilnik, da je tekočina izhlapela. Tehtiče s suhim ekstraktom smo stehali (m14) in tako pridobili podatek o masi suhega ekstrakta v 10 ml ekstrakta (m15).

Metoda 2: iz vsake bučke smo prelili po 200 ml ekstrakta v prahovke, ovite v aluminijasto folijo ter jih postavili v digestorij, kjer je topilo počasi izhlapevalo. Ko je v prahovkah ostal samo še suhi ekstrakt, smo jih še enkrat stehali (m17) in tako pridobili podatek o masi suhega ekstrakta v 200 ml ekstrakta (m18).



Slika 17: Suh ekstrakt, ki je ostal na dnu prahovke (levo) in tehtiča (desno), ko je topilo izparelo.

Izračun masne koncentracije in deleža v acetonu topnih snovi po dveh metodah.

Metoda 1 (tehtič):

Iz enačbe za masno koncentracijo $\gamma = m / V$ (g/L) smo izračunali masno koncentracijo v acetonu topnih snovi v 10 ml ekstrakta (masna koncentracija 2).

$$\gamma_2 = m_{15} / 0,01 \text{ (g/L)} \quad \dots (7)$$

Pri čemer je:

γ_2 masna koncentracija v acetonu topnih snovi (masna koncentracija 2)

m_{15} masa suhega ekstrakta v 10 ml ekstrakta

Maso suhega ekstrakta v 10 ml ekstrakta smo izračunali po enačbi (8)

$$m_{15} = m_{14} - m_{13} \text{ (g)} \quad \dots (8)$$

Pri čemer je:

m_{13} masa tehtiča

m_{14} masa tehtiča s suhim ekstraktom

m_{15} masa suhega ekstrakta v 10 ml ekstrakta

Maso celotnega suhega ekstrakta v 250 ml acetona (m19) smo izračunali po enačbi (9).

$$m_{19} = ((m_{15} * 250) / 10) \text{ (g)} \quad \dots (9)$$

Pri čemer je:

m15 masa suhega ekstrakta v 10 ml ekstrakta

m19 masa celotnega suhega ekstrakta v 250 ml acetona (tehtič)

Na osnovi teh podatkov smo izračunali delež topnih snovi v acetonu, kot kvocient med maso celotnega suhega ekstrakta v 250 ml acetona in maso absolutno suhega lesa celotnega vzorca.

$$\text{Delež topnih snovi v acetonu (tehtič)} = ((m_{19} * 100) / (m_6 * \text{s.s.})) (\%) \quad \dots (10)$$

Pri čemer je:

m6 masa vzorca pred ekstrakcijo (cca 2,5 g)

m19 masa celotnega suhega ekstrakta v 250 ml acetona (tehtič)

s.s suha snov

Metoda 2 (prahovka) :

Iz enačbe za masno koncentracijo $\gamma = m / V$ (g/L) smo izračunali masno koncentracijo v acetonu topnih snovi v 200 ml ekstrakta (masna koncentracija 3).

$$\gamma_3 = m_{18} / 0,01 \text{ (g/L)} \quad \dots (11)$$

Pri čemer je:

γ_3 masna koncentracija v acetonu topnih snovi (masna koncentracija 3)

m18 masa suhega ekstrakta v 200 ml ekstrakta

Maso suhega ekstrakta v 200 ml ekstrakta smo izračunali po enačbi (12)

$$m_{18} = m_{17} - m_{16} \text{ (g)} \quad \dots (12)$$

Pri čemer je:

m_{16} masa prahovke

m_{17} masa prahovke s suhim ekstraktom

m_{18} masa suhega ekstrakta v 200 ml ekstrakta

Maso celotnega suhega ekstrakta v 250 ml acetona (m_{20}) smo izračunali po enačbi (13).

$$m_{20} = ((m_{18} * 250) / 200) \text{ (g)} \quad \dots (13)$$

Pri čemer je:

m_{18} masa suhega ekstrakta v 200 ml ekstrakta

m_{20} masa celotnega suhega ekstrakta v 250 ml acetona (prahovka)

Na osnovi teh podatkov smo izračunali delež topnih snovi v acetonu, kot kvocient med maso celotnega suhega ekstrakta v 250 ml acetona in maso absolutno suhega lesa celotnega vzorca.

$$\text{Delež topnih snovi v acetonu (prahovka)} = ((m_{20} * 100) / (m_6 * \text{s.s.})) (\%) \quad \dots (14)$$

Pri čemer je:

m_6 masa vzorca pred ekstrakcijo (cca 2,5 g)

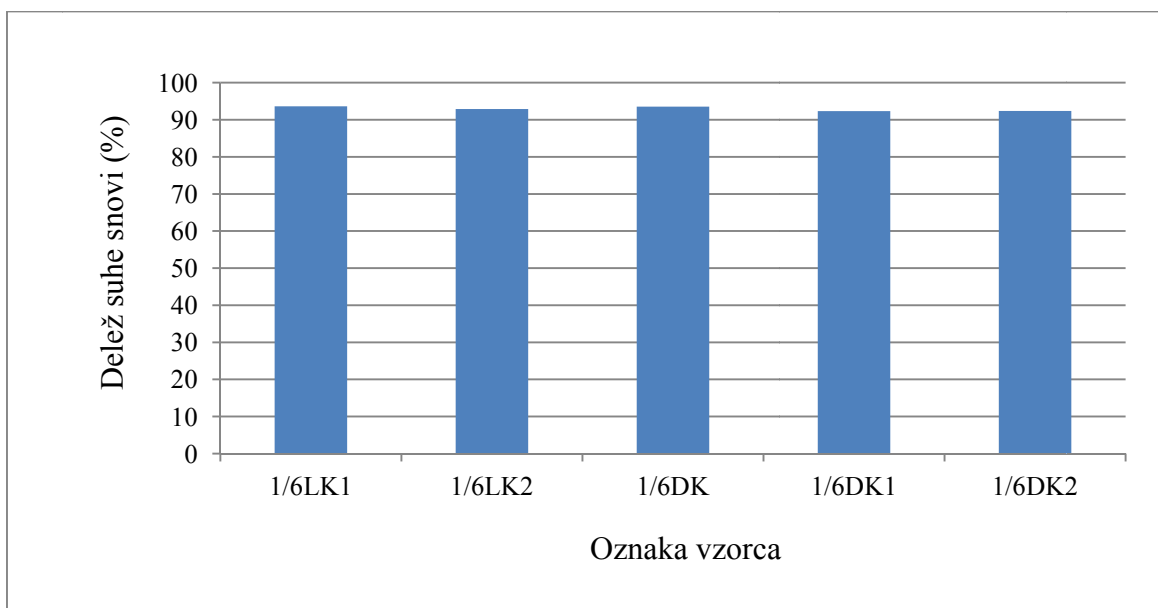
m_{20} masa celotnega suhega ekstrakta v 250 ml acetona (prahovka)

s.s suha snov

4 REZULTATI

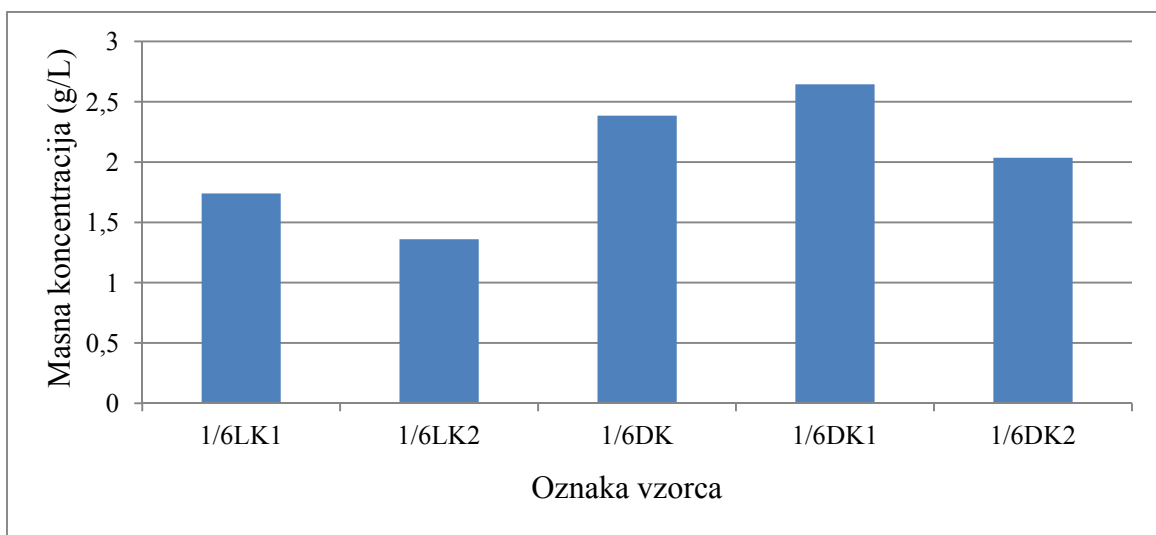
4.1 DELEŽ EKSTRAKTIVOV PRI DREVESU ŠTEVILKA 1

Na sliki 18 je graf, ki prikazuje delež suhe snovi v živih in mrtvih grčah rdečega bora številka 1. Največ suhe snovi je bilo v živi grči 1/6LK1 (93,62 %), najmanj suhe snovi pa v mrtvi grči 1/6DK1 (92,34 %). Na osnovi izračunanih vrednosti ne moremo zaključiti, da se deleži suhe snovi v živih in mrtvih grčah pri drevesu številka 1 razlikujejo.

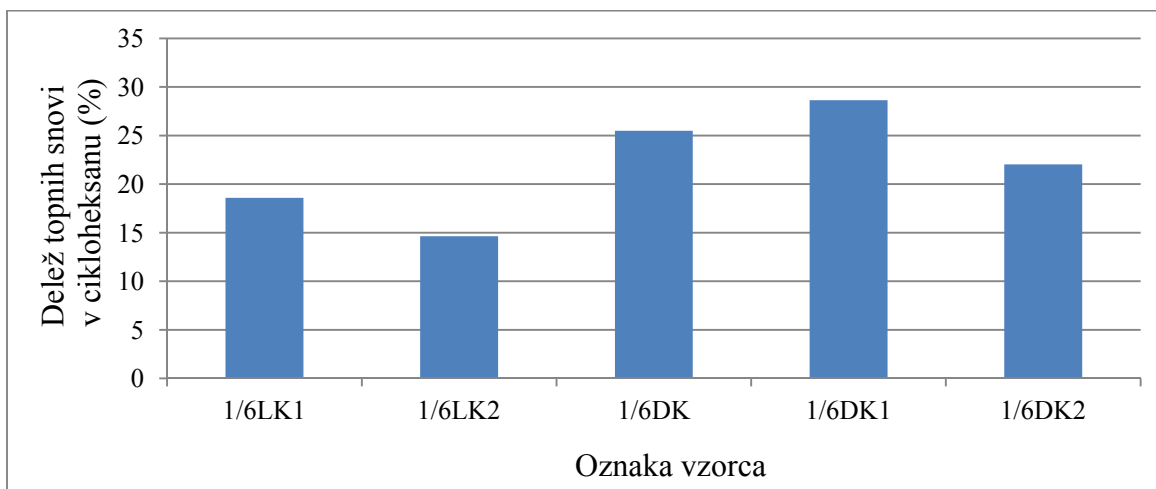


Slika 18: Vsebnost suhe snovi v grčah rdečega bora (*Pinus sylvestris*) številka 1.

Na slikah 19 in 20 sta grafikona, ki prikazujeta masno koncentracijo in odstotek ekstrahiranih snovi v cikloheksanu pri drevesu številka 1. Največji delež ekstrahiranih snovi je bil v mrtvi grči 1/6DK1, 28,64 %, najmanjši delež pa v živi grči 1/6LK2, 14,64 %. Iz slike je razvidno, da je delež ekstrahiranih snovi v cikloheksanu pri drevesu številka 1 večji pri vseh mrtvih grčah.

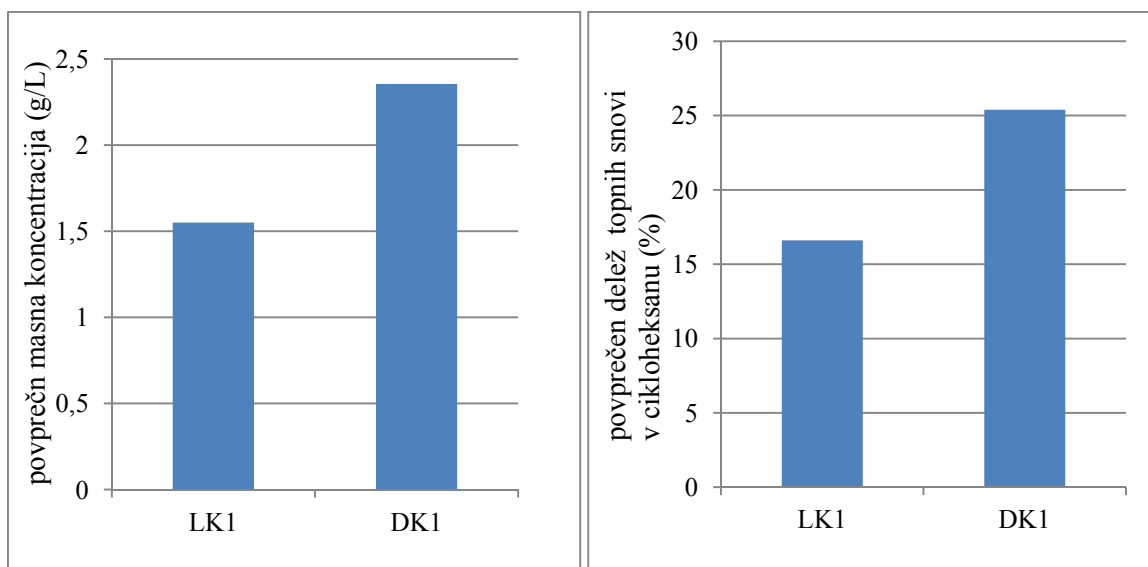


Slika 19: Masna koncentracija ekstraktivov v cikloheksanu v grčah rdečega bora (*Pinus sylvestris*) številka 1.



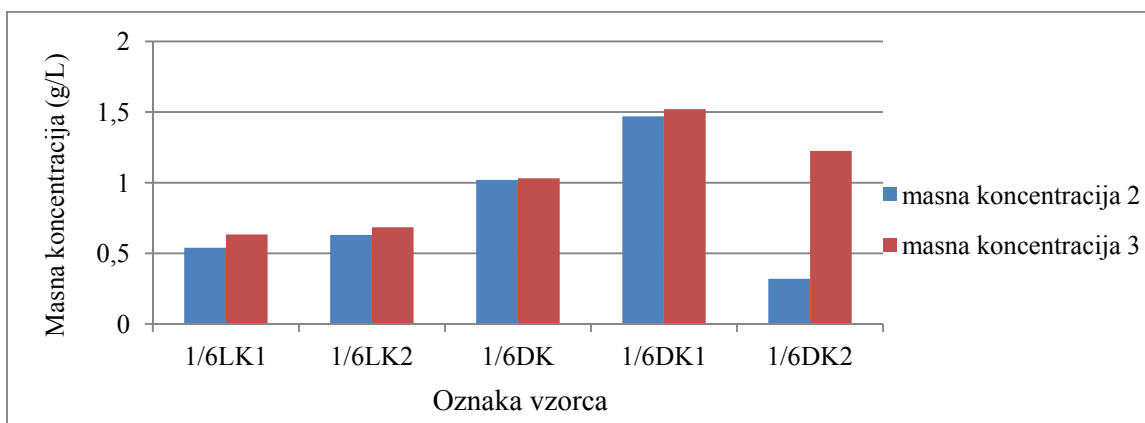
Slika 20: Vsebnost topnih snovi v cikloheksanu v grčah rdečega bora (*Pinus sylvestris*) številka 1.

Na sliki 21 sta grafikona, ki prikazujeta povprečno masno koncentracijo in povprečen odstotek ekstrahiranih snovi v cikloheksanu v živih in mrtvih grčah pri drevesu številka 1. Povprečna masna koncentracija v živih grčah je bila 1,55 g/L, v mrtvih grčah pa 2,36 g/L. Iz slike je razvidno, da sta pri drevesu številka 1 masna koncentracija in delež topnih snovi v cikloheksanu v povprečju večja pri mrtvih grčah.

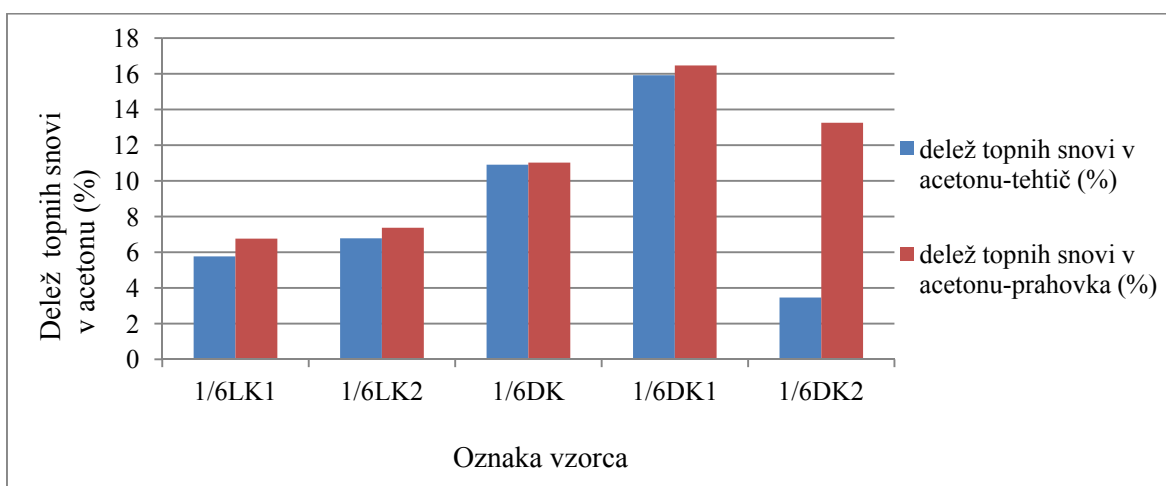


Slika 21: Povprečna masna koncentracija in povprečen delež topnih snovi v cikloheksanu v grčah rdečega bora (*Pinus sylvestris*) številka 1.

Na slikah 22 in 23 sta grafikona, ki prikazujeta masno koncentracijo in odstotek ekstrahiranih snovi v acetonu pri drevesu številka 1. Vsebnost ekstrahiranih snovi je bila določena po dveh metodah. Največja masna koncentracija v tehtiču je bila v mrtvi grči 1/6DK1, 1,47 g/L, najmanjša pa v mrtvi grči 1/6DK2, 0,32 g/L. Največja masna koncentracija v prahovki je bila v mrtvi grči 1/6DK1, 1,52 g/L, najmanjša pa v živi grči 1/6LK1, 0,63 g/L. Iz grafa je razvidno, da je masna koncentracija ekstrahiranih snovi v acetonu, pri drevesu številka 1 večja pri vseh mrtvih grčah razen v tehtiču pri grči 1/6DK2. Do velike razlike med masnima koncentracijama v grči 1/6DK2 je najverjetneje prišlo zaradi eksperimentalne napake.

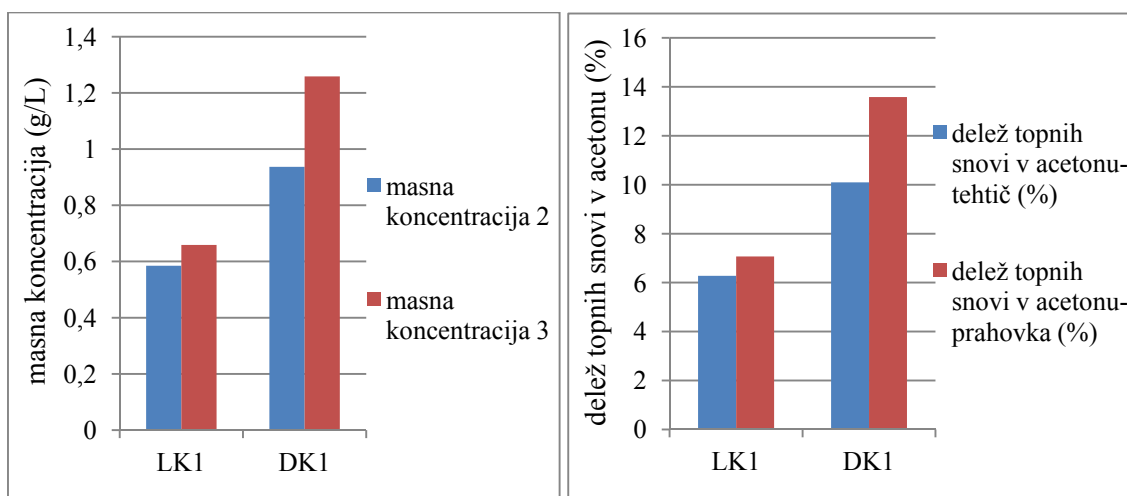


Slika 22: Masna koncentracija ekstraktivov v acetonu v grčah rdečega bora (*Pinus sylvestris*) številka 1. Masna koncentracija je bila določena po dveh metodah, ki ju v grafikonu označujemo z oznakama: »masna koncentracija 2« in »masna koncentracija 3« (glej poglavje 3.4.4).



Slika 23: Vsebnost topnih snovi v acetonu v grčah rdečega bora (*Pinus sylvestris*) številka 1. Delež topnih snovi je bil določen po dveh metodah (glej poglavje 3.4.4).

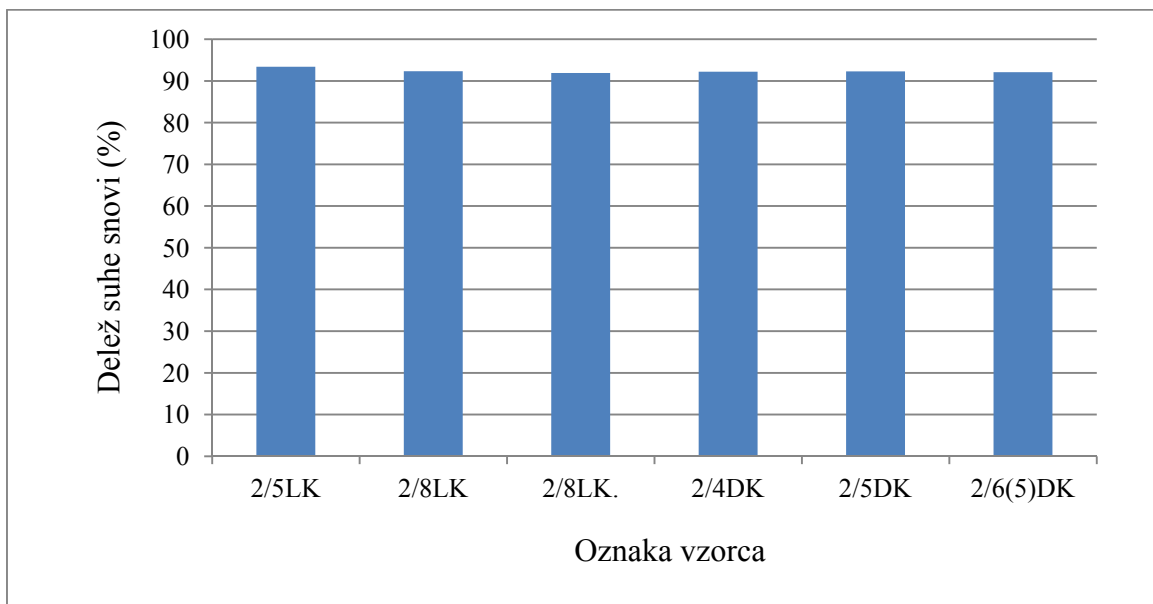
Na sliki 24 sta grafikona, ki prikazujeta povprečno masno koncentracijo in povprečen odstotek ekstrahiranih snovi v acetonu v živih in mrtvih grčah pri drevesu številka 1. Vsebnost ekstrahiranih snovi je bila določena po dveh metodah. Povprečna masna koncentracija v tehtiču je bila pri živih grčah 0,59 g/L, pri mrtvih grčah pa 0,94 g/L. Povprečna masna koncentracija v prahovki je bila pri živih grčah 0,66 g/L, pri mrtvih grčah pa 1,26 g/L. Iz slike je razvidno, da sta masna koncentracija in delež topnih snovi, pri drevesu številka 1, pridobljena po obeh metodah, v povprečju večja v mrtvih grčah.



Slika 24: Povprečna masna koncentracija in povprečen delež topnih snovi v acetonu v grčah rdečega bora (*Pinus sylvestris*) številka 1. Masna koncentracija je bila določena po dveh metodah, ki ju v grafikonu označujemo z oznakama: »masna koncentracija-tehtič« in »masna koncentracija-prahovka« (glej poglavje 3.4.4). Tudi delež topnih snovi v acetonu je bil določen po dveh metodah (glej poglavje 3.4.4).

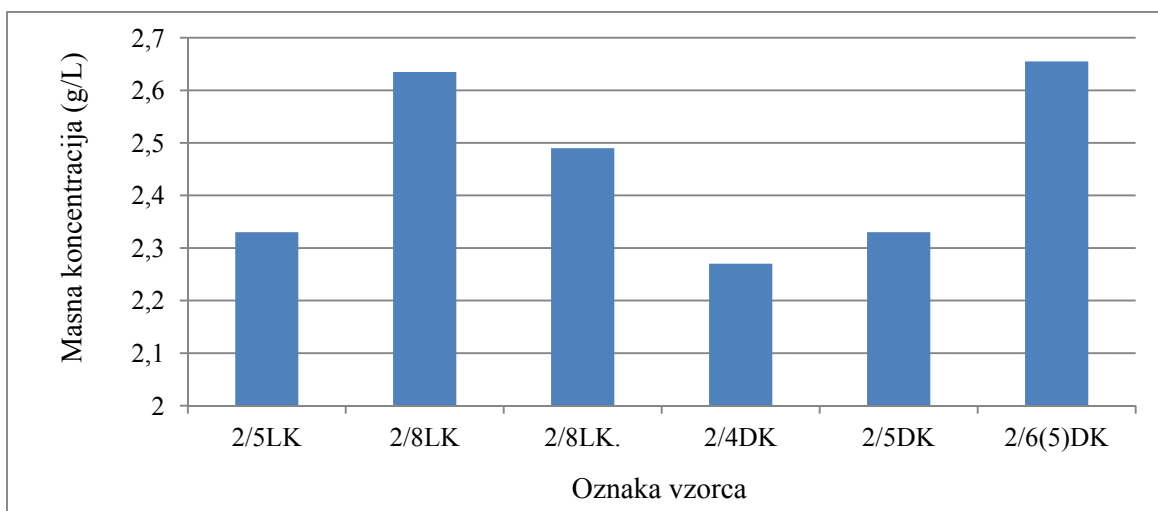
4.2 DELEŽ EKSTRAKTIVOV PRI DREVESU ŠTEVILKA 2

Na sliki 25 je graf, ki prikazuje delež suhe snovi v živih in mrtvih grčah rdečega bora številka 2. Največ suhe snovi je bilo v živi grči 2/5LK (93,38 %), najmanj suhe snovi pa v živi grči 2/8LK. (91,88 %). Na osnovi izračunanih vrednosti ne moremo zaključiti, da se deleži suhe snovi v živih in mrtvih grčah pri drevesu številka 2 razlikujejo.

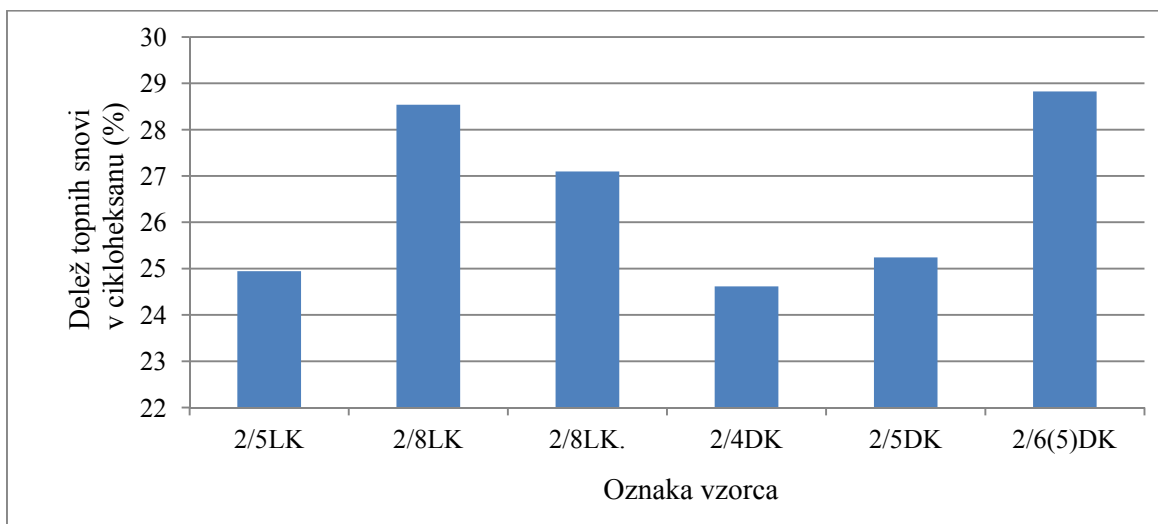


Slika 25: Vsebnost suhe snovi v grčah rdečega bora (*Pinus sylvestris*) številka 2.

Na slikah 26 in 27 sta grafikona, ki prikazujeta masno koncentracijo in odstotek ekstrahiranih snovi v cikloheksanu pri drevesu številka 2. Največji delež ekstrahiranih snovi je bil v mrtvi grči 2/6(5)DK, 28,83 %, najmanjši delež pa v mrtvi grči 2/4DK, 24,61 %. Na osnovi izračunanih vrednosti ne moremo zaključiti, da je delež ekstrahiranih snovi v cikloheksanu pri drevesu številka 2 v mrtvih grčah večji.

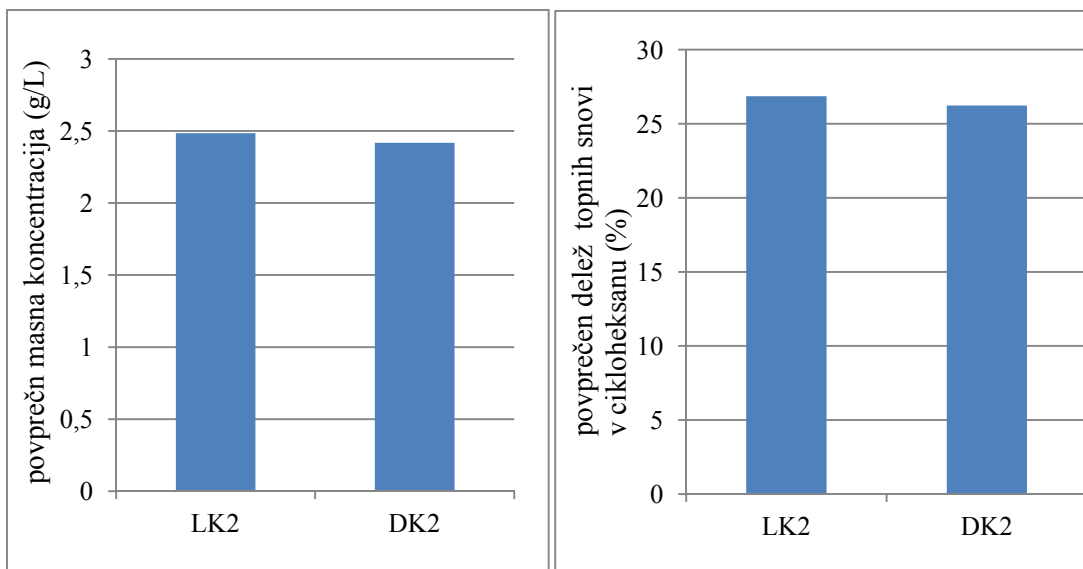


Slika 26: Masna koncentracija ekstraktivov v cikloheksanu v grčah rdečega bora (*Pinus sylvestris*) številka 2.



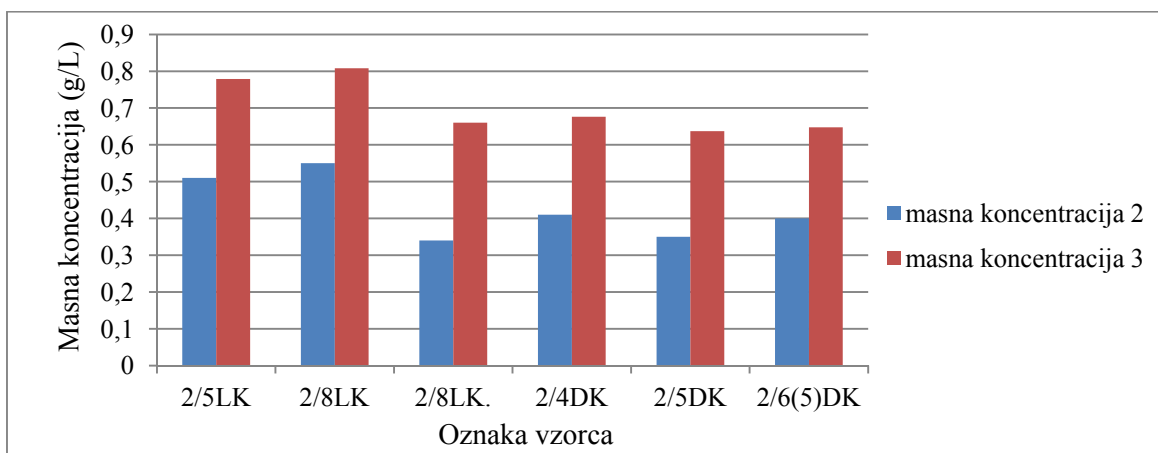
Slika 27: Vsebnost topnih snovi v cikloheksanu v grčah rdečega bora (*Pinus sylvestris*) številka 2.

Na sliki 28 sta grafikona, ki prikazujeta povprečno masno koncentracijo in povprečen odstotek ekstrahiranih snovi v cikloheksanu v živih in mrtvih grčah pri drevesu številka 2. Povprečna masna koncentracija v živih grčah je bila 2,49 g/L, v mrtvih grčah pa 2,42 g/L. Iz slike je razvidno, da sta pri drevesu številka 2 masna koncentracija in delež topnih snovi v cikloheksanu v povprečju skoraj enaka pri živih in pri mrtvih grčah.

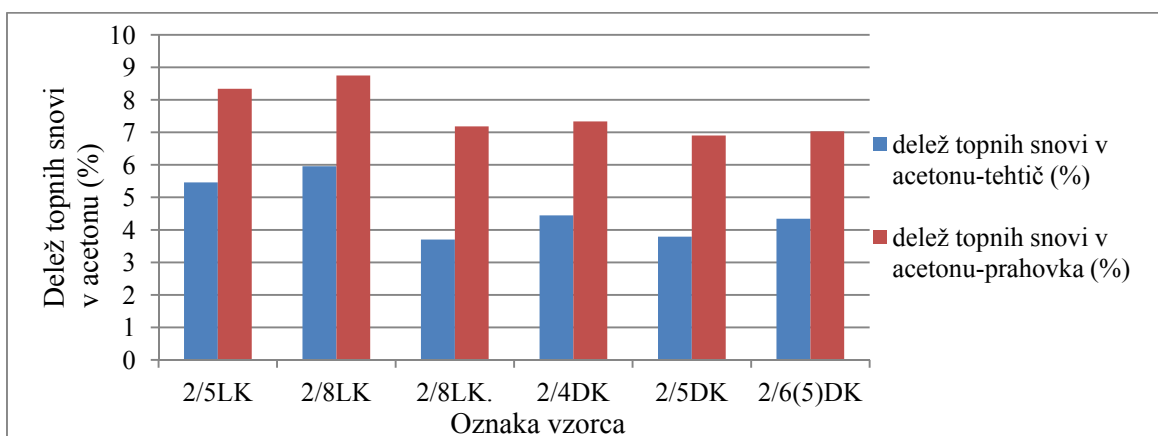


Slika 28: Povprečna masna koncentracija in povprečen delež topnih snovi v cikloheksanu v grčah rdečega bora (*Pinus sylvestris*) številka 2.

Na slikah 29 in 30 sta grafikona, ki prikazujeta masno koncentracijo in odstotek ekstrahiranih snovi v acetonu pri drevesu številka 2. Vsebnost ekstrahiranih snovi je bila določena po dveh metodah. Največja masna koncentracija v tehtiču je bila v živi grči 2/8LK, 0,55 g/L, najmanjša pa v živi grči 2/8LK., 0,34 g/L. Največja masna koncentracija v prahovki je bila v živi grči 2/8LK, 0,81 g/L, najmanjša pa v mrtvi grči 2/5DK, 0,63 g/L. Iz grafa je razvidno, da se pri drevesu številka 2 deleži ekstrahiranih snovi v acetonu bistveno ne razlikujejo, med živimi in mrtvimi grčami.

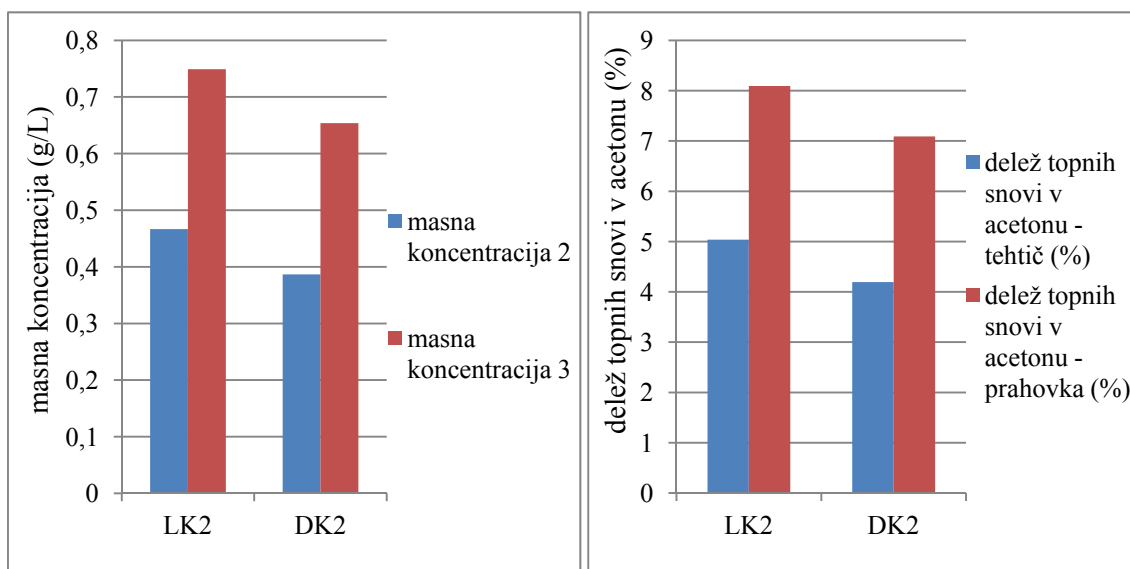


Slika 29: Masna koncentracija ekstraktivov v acetonu v grčah rdečega bora (*Pinus sylvestris*) številka 2. Masna koncentracija je bila določena po dveh metodah, ki ju v grafikonu označujemo z oznakama: »masna koncentracija 2« in »masna koncentracija 3« (glej poglavje 3.4.4).



Slika 30: Vsebnost topnih snovi v acetonu v grčah rdečega bora (*Pinus sylvestris*) številka 2. Delež topnih snovi je bil določen po dveh metodah (glej poglavje 3.4.4).

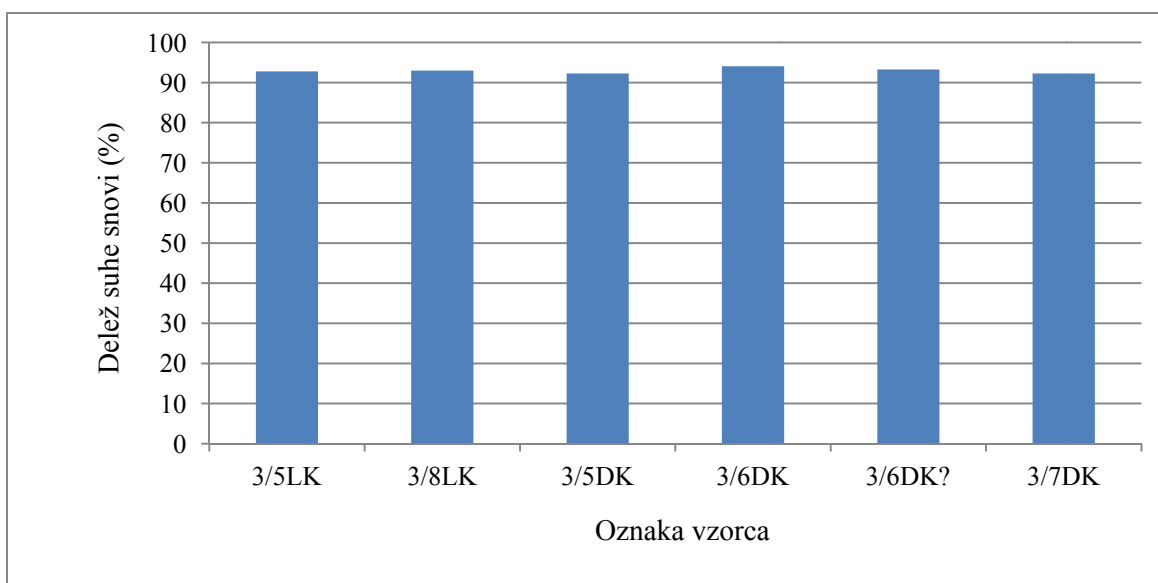
Na sliki 31 sta grafikona, ki prikazujeta povprečno masno koncentracijo in povprečen odstotek ekstrahiranih snovi v acetonu v živih in mrtvih grčah pri drevesu številka 2. Povprečna masna koncentracija v tehtiču je bila pri živih grčah 0,47 g/L, pri mrtvih grčah pa 0,39 g/L. Povprečna masna koncentracija v prahovki je bila pri živih grčah 0,75 g/L, pri mrtvih grčah pa 0,64 g/L. Iz slike je razvidno, da sta masna koncentracija in delež topnih snovi, pri drevesu številka 2, pridobljena po obeh metodah, v povprečju večja v živih grčah.



Slika 31: Povprečna masna koncentracija in povprečen delež topnih snovi v acetonu v grčah rdečega bora (*Pinus sylvestris*) številka 2. Masna koncentracija je bila določena po dveh metodah, ki ju v grafikonu označujemo z oznakama: »masna koncentracija 2« in »masna koncentracija 3« (glej poglavje 3.4.4). Delež topnih snovi v acetonu je bil določen po dveh metodah (glej poglavje 3.4.4).

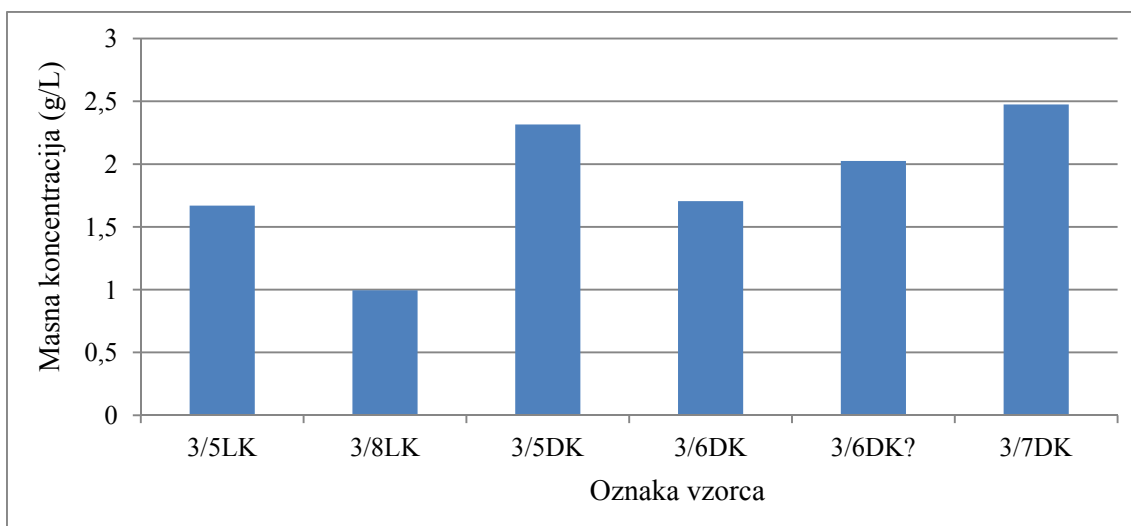
4.3 DELEŽ EKSTRAKTIVOV PRI DREVESU ŠTEVILKA 3

Na sliki 32 je graf, ki prikazuje delež suhe snovi v živih in mrtvih grčah rdečega bora številka 3. Največ suhe snovi je bilo v mrtvi grči 3/6DK (94,06 %), najmanj suhe snovi pa v mrtvi grči 3/5DK (92,27 %). Na osnovi izračunanih vrednosti ne moremo zaključiti, da se deleži suhe snovi v živih in mrtvih grčah pri drevesu številka 3 razlikujejo.

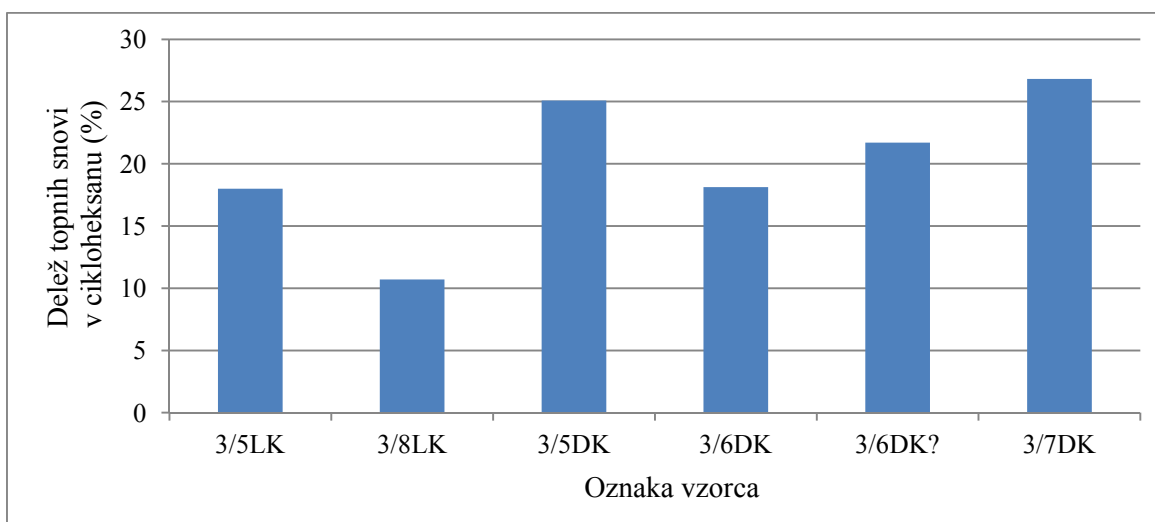


Slika 32: Vsebnost suhe snovi v grčah rdečega bora (*Pinus sylvestris*) številka 3.

Na slikah 33 in 34 sta grafikona, ki prikazujeta masno koncentracijo in odstotek ekstrahiranih snovi v cikloheksanu pri drevesu številka 3. Največji delež ekstrahiranih snovi je bil v mrtvi grči 3/7DK, 26,81 %, najmanjši delež pa v živi grči 3/8LK, 10,69 %. Iz slike je razvidno, da je delež ekstrahiranih snovi v cikloheksanu pri drevesu številka 3 v mrtvih grčah večji.

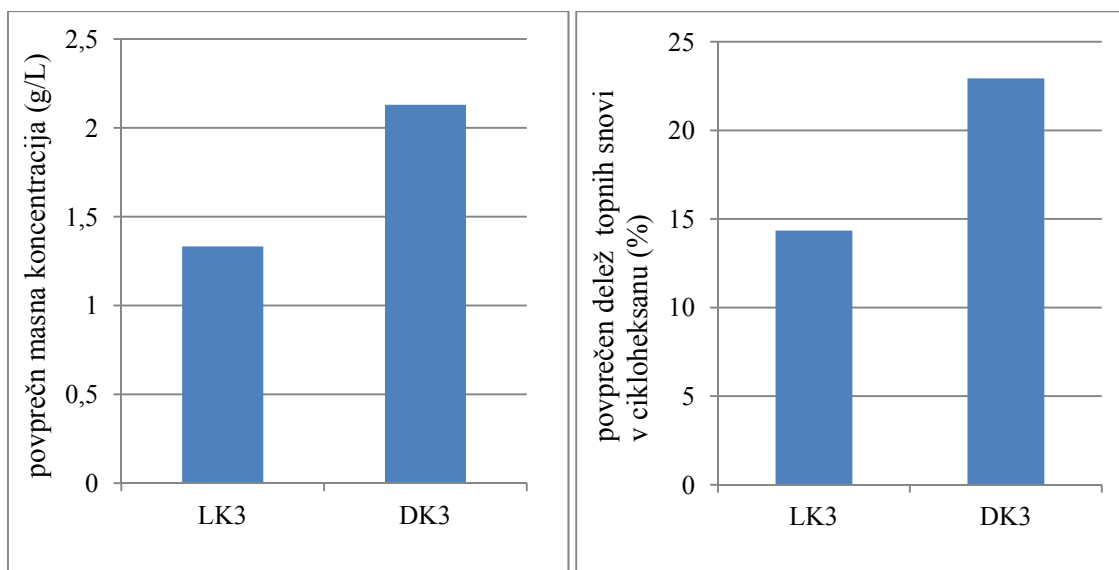


Slika 33: Masna koncentracija ekstraktivov v cikloheksanu v grčah rdečega bora (*Pinus sylvestris*) številka 3.



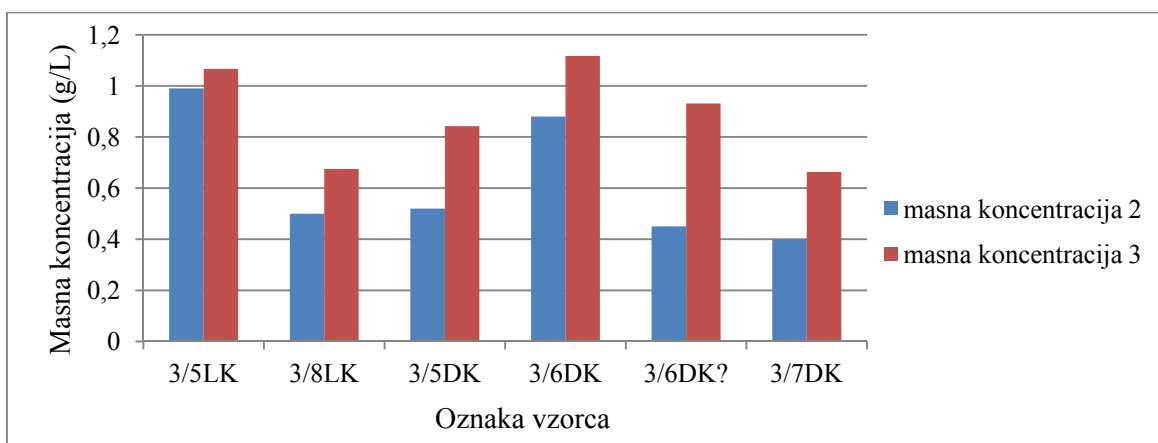
Slika 34: Vsebnost topnih snovi v cikloheksanu v grčah rdečega bora (*Pinus sylvestris*) številka 3.

Na sliki 35 sta grafikona, ki prikazujeta povprečno masno koncentracijo in povprečen odstotek ekstrahiranih snovi v cikloheksanu v živih in mrtvih grčah pri drevesu številka 3. Povprečna masna koncentracija v živih grčah je bila 1,33 g/L, v mrtvih grčah pa 2,13 g/L. Iz slike je razvidno, da sta pri drevesu številka 3 masna koncentracija in delež topnih snovi v cikloheksanu v povprečju večja pri mrtvih grčah.

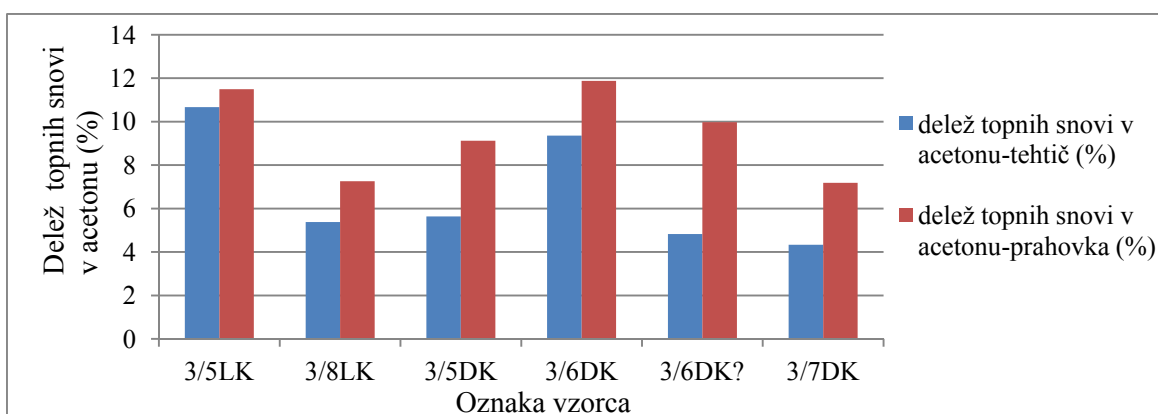


Slika 35: Povprečna masna koncentracija in povprečen delež topnih snovi v cikloheksanu v grčah rdečega bora (*Pinus sylvestris*) številka 3.

Na slikah 36 in 37 sta grafikona, ki prikazujeta masno koncentracijo in odstotek ekstrahiranih snovi v acetonu pri drevesu številka 3. Vsebnost ekstrahiranih snovi je bila določena po dveh metodah. Največja masna koncentracija v tehtiču je bila v živi grči 3/5LK, 0,99 g/L, najmanjša pa v mrtvi grči 3/7DK, 0,4 g/L. Največja masna koncentracija v prahovki je bila v mrtvi grči 3/6DK, 1,12 g/L, najmanjša pa v mrtvi grči 3/7DK, 0,66 g/L. Na osnovi izračunanih vrednosti ne moremo zaključiti, da je delež ekstrahiranih snovi v acetonu, pri drevesu številka 3 v mrtvih grčah večji.

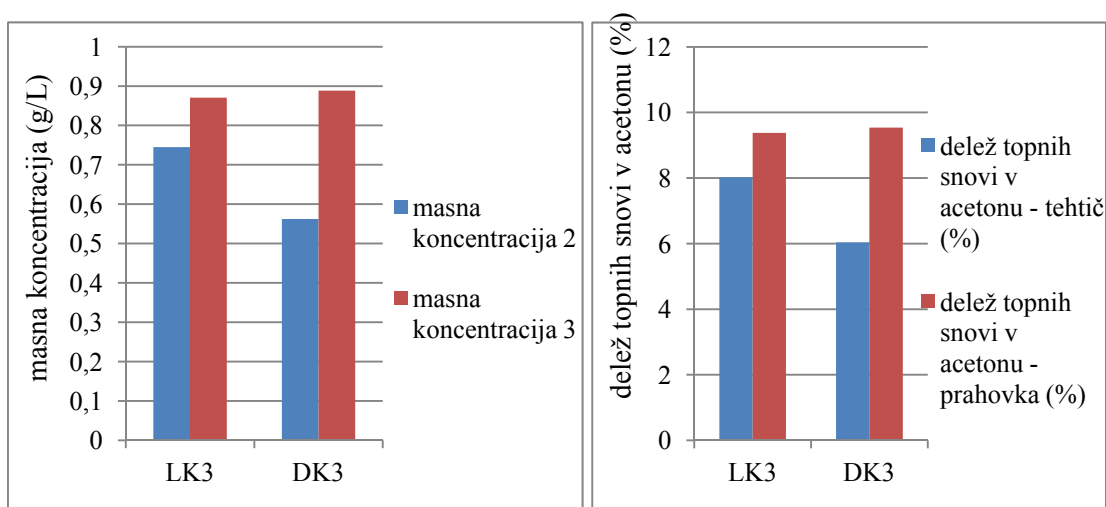


Slika 36: Masna koncentracija ekstraktivov v acetonu v grčah rdečega bora (*Pinus sylvestris*) številka 3. Masna koncentracija je bila določena po dveh metodah, ki ju v grafikonu označujemo z oznakama: »masna koncentracija 2« in »masna koncentracija 3« (glej poglavje 3.4.4).



Slika 37: Vsebnost topnih snovi v acetonu v grčah rdečega bora (*Pinus sylvestris*) številka 3. Delež topnih snovi je bil določen po dveh metodah (glej poglavje 3.4.4).

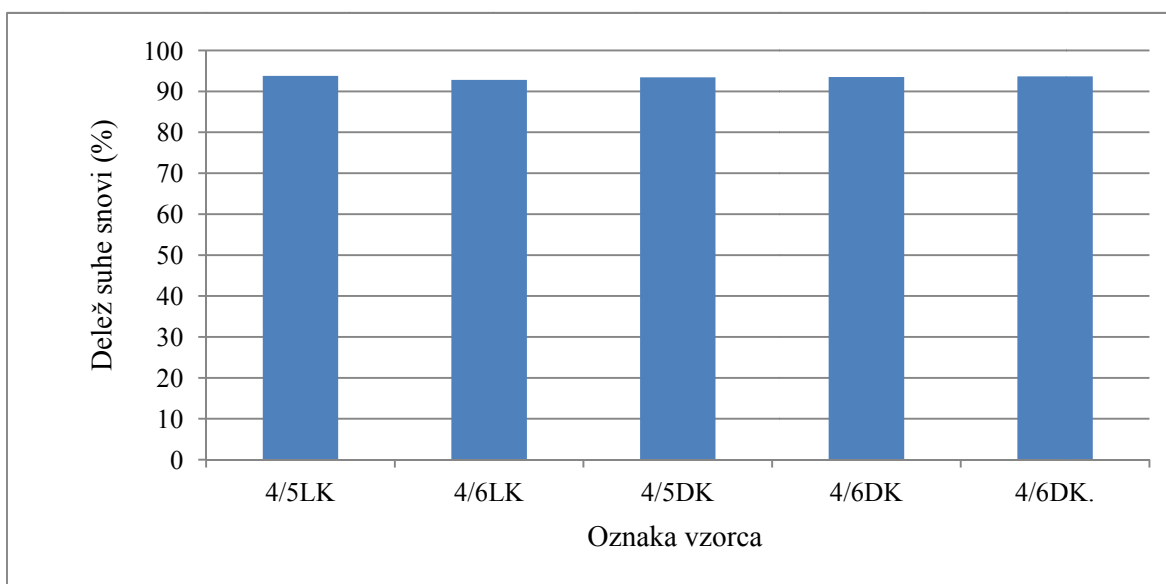
Na sliki 38 sta grafikona, ki prikazujeta povprečno masno koncentracijo in povprečen odstotek ekstrahiranih snovi v acetonu v živih in mrtvih grčah pri drevesu številka 3. Povprečna masna koncentracija v tehtiču je bila pri živih grčah 0,74 g/L, pri mrtvih grčah pa 0,56 g/L. Povprečna masna koncentracija v prahovki je bila pri živih grčah 0,87 g/L, pri mrtvih grčah pa 0,89 g/L. Iz slike je razvidno, da sta masna koncentracija in delež topnih snovi, pri drevesu številka 3, pridobljena po prvi metodi, v povprečju večja v živih grčah. Masna koncentracija in delež topnih snovi, pridobljena po drugi metodi, pa sta v povprečju skoraj enaka pri živih in pri mrtvih grčah.



Slika 38: Povprečna masna koncentracija in povprečen delež topnih snovi v acetonu v grčah rdečega bora (*Pinus sylvestris*) številka 3. Masna koncentracija je bila določena po dveh metodah, ki ju v grafikonu označujemo z oznakama: »masna koncentracija 2« in »masna koncentracija 3« (glej poglavje 3.4.4). Delež topnih snovi v acetonu je bil določen po dveh metodah (glej poglavje 3.4.4).

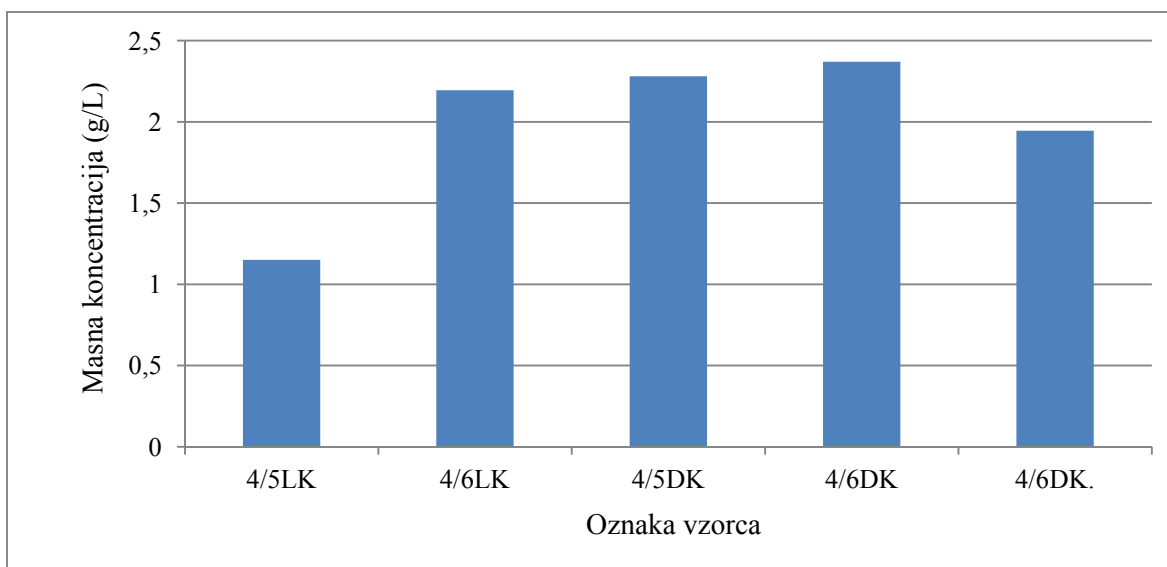
4.4 DELEŽ EKSTRAKTIVOV PRI DREVESU ŠTEVILKA 4

Na sliki 39 je graf, ki prikazuje delež suhe snovi v živih in mrtvih grčah rdečega bora številka 4. Največ suhe snovi je bilo v živi grči 4/5LK (93,79 %), najmanj suhe snovi pa v živi grči 4/6LK (92,82 %). Na osnovi izračunanih vrednosti ne moremo zaključiti, da se deleži suhe snovi v živih in mrtvih grčah pri drevesu številka 4 razlikujejo.

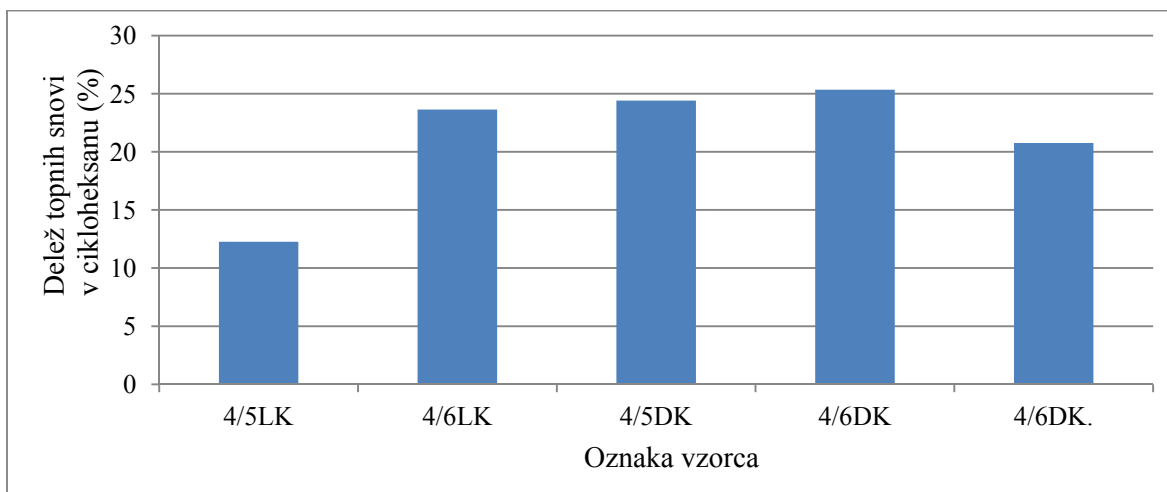


Slika 39: Vsebnost suhe snovi v grčah rdečega bora (*Pinus sylvestris*) številka 4.

Na slikah 40 in 41 sta grafikona, ki prikazujeta masno koncentracijo in odstotek ekstrahiranih snovi v cikloheksanu pri drevesu številka 4. Največji delež ekstrahiranih snovi je bil v mrtvi grči 4/6DK, 25,34 %, najmanjši delež pa v živi grči 4/5LK, 12,26 %. Iz slike je razvidno, da je delež ekstrahiranih snovi v cikloheksanu pri drevesu številka 4 v mrtvih grčah večji.

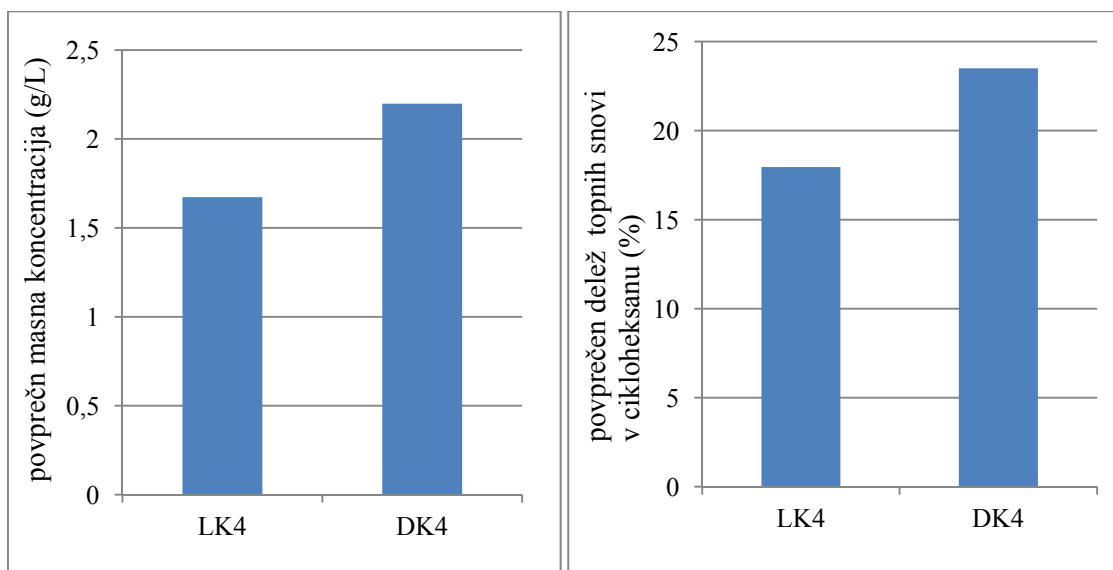


Slika 40: Masna koncentracija ekstraktivov v cikloheksanu v grčah rdečega bora (*Pinus sylvestris*) številka 4.



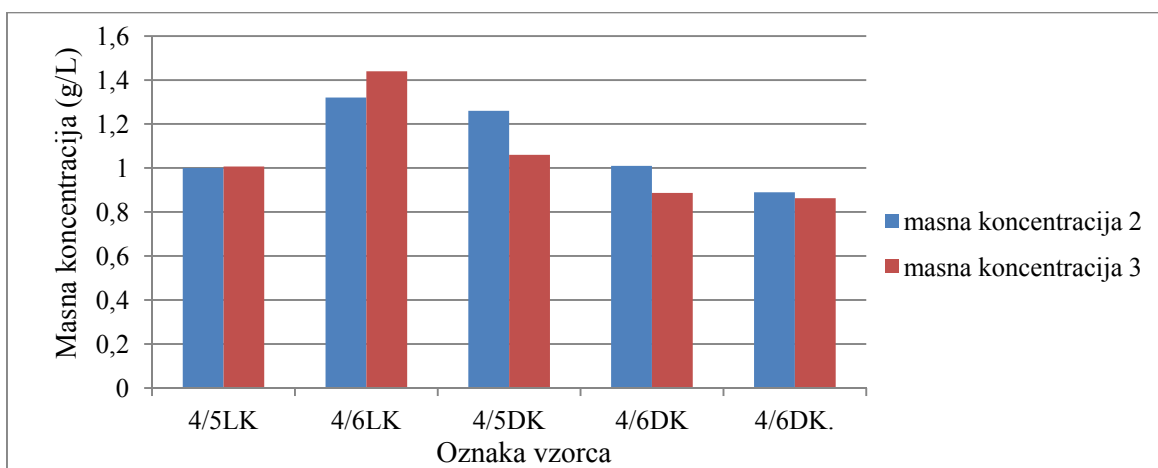
Slika 41: Vsebnost topnih snovi v cikloheksanu v grčah rdečega bora (*Pinus sylvestris*) številka 4.

Na sliki 42 sta grafikona, ki prikazujeta povprečno masno koncentracijo in povprečen odstotek ekstrahiranih snovi v cikloheksanu v živih in mrtvih grčah pri drevesu številka 4. Povprečna masna koncentracija v živih grčah je bila 1,67 g/L, v mrtvih grčah pa 2,2 g/L. Iz slike je razvidno, da sta pri drevesu številka 4 masna koncentracija in delež topnih snovi v cikloheksanu v povprečju večja pri mrtvih grčah.

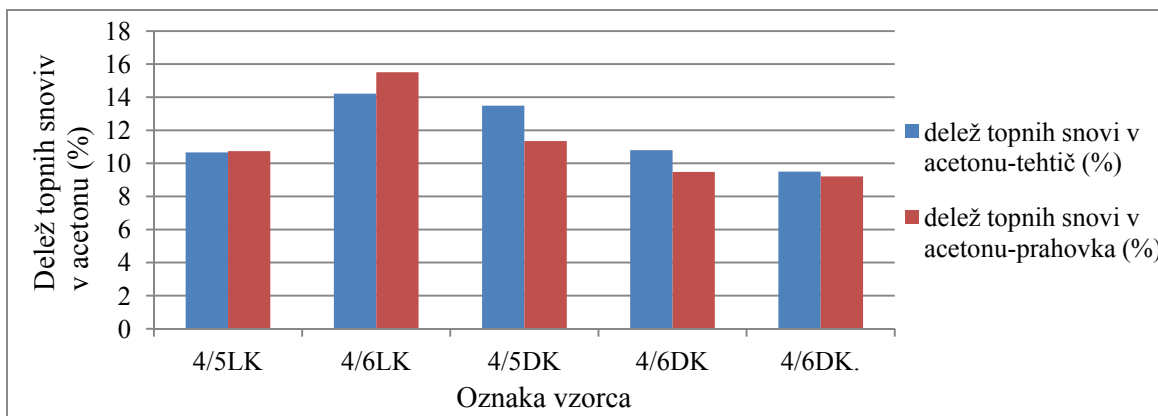


Slika 42: Povprečna masna koncentracija in povprečen delež topnih snovi v cikloheksanu v grčah rdečega bora (*Pinus sylvestris*) številka 4.

Na slikah 43 in 44 sta grafikona, ki prikazujeta masno koncentracijo in odstotek ekstrahiranih snovi v acetonu pri drevesu številka 4. Vsebnost ekstrahiranih snovi je bila določena po dveh metodah. Največja masna koncentracija v tehtiču je bila v živi grči 4/6LK, 1,32 g/L, najmanjša pa v mrtvi grči 4/6DK., 0,89 g/L. Največja masna koncentracija v prahovki je bila v živi grči 4/6LK, 1,44 g/L, najmanjša pa v mrtvi grči 4/6DK., 0,86 g/L. Iz grafa je razvidno, da je delež ekstrahiranih snovi v acetonu, pri drevesu številka 4 v živih grčah večji kot v mrtvih grčah.

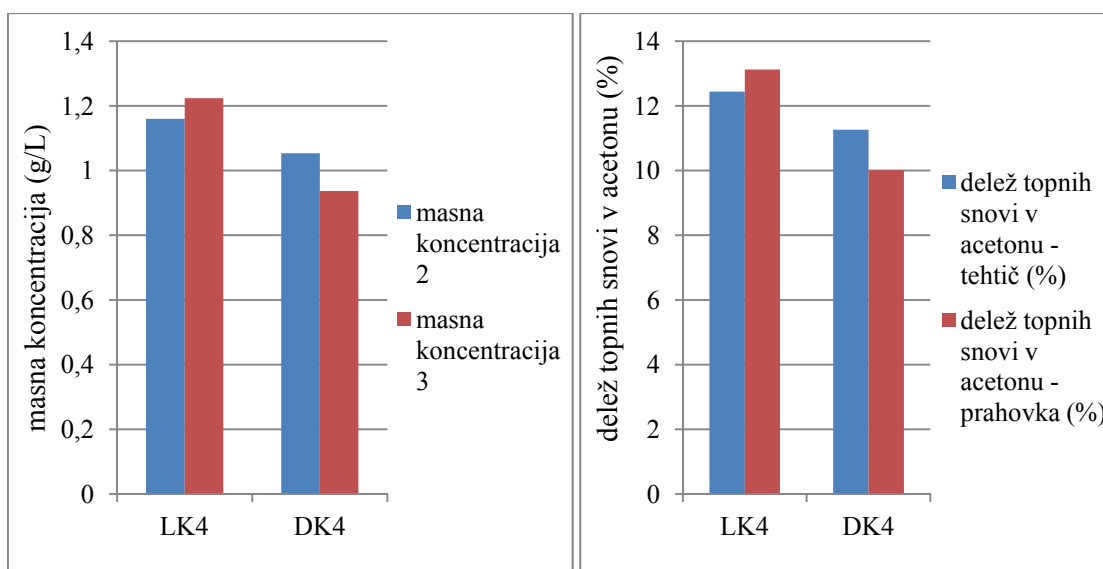


Slika 43: Masna koncentracija ekstraktivov v acetonu v grčah rdečega bora (*Pinus sylvestris*) številka 4. Masna koncentracija je bila določena po dveh metodah, ki ju v grafikonu označujemo z oznakama: »masna koncentracija 2« in »masna koncentracija 3« (glej poglavje 3.4.4).



Slika 44: Vsebnost topnih snovi v acetonu v grčah rdečega bora (*Pinus sylvestris*) številka 4. Delež topnih snovi je bil določen po dveh metodah (glej poglavje 3.4.4).

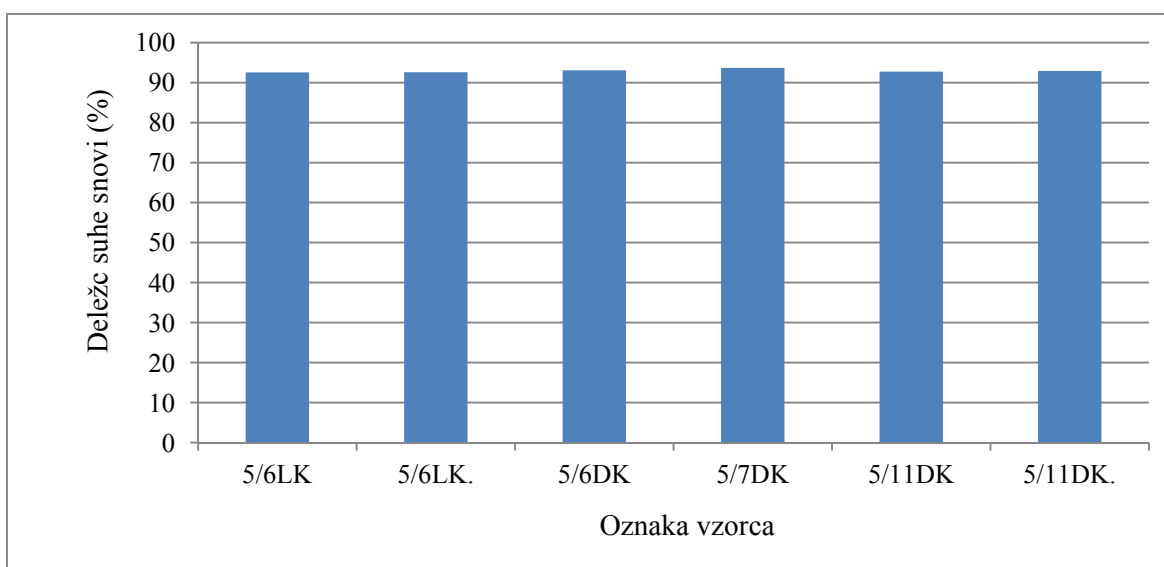
Na sliki 45 sta grafikona, ki prikazujeta povprečno masno koncentracijo in povprečen odstotek ekstrahiranih snovi v acetonu v živih in mrtvih grčah pri drevesu številka 4. Povprečna masna koncentracija v tehtiču je bila pri živih grčah 1,16 g/L, pri mrtvih grčah pa 1,05 g/L. Povprečna masna koncentracija v prahovki je bila pri živih grčah 1,21 g/L, pri mrtvih grčah pa 0,94 g/L. Iz slike je razvidno, da sta masna koncentracija in delež topnih snovi, pri drevesu številka 4, pridobljena po obeh metodah, v povprečju večja pri živih grčah.



Slika 45: Povprečna masna koncentracija in povprečen delež topnih snovi v acetonu v grčah rdečega bora (*Pinus sylvestris*) številka 4. Masna koncentracija je bila določena po dveh metodah, ki ju v grafikonu označujemo z oznakama: »masna koncentracija 2« in »masna koncentracija 3« (glej poglavje 3.4.4). Delež topnih snovi v acetonu je bil določen po dveh metodah (glej poglavje 3.4.4).

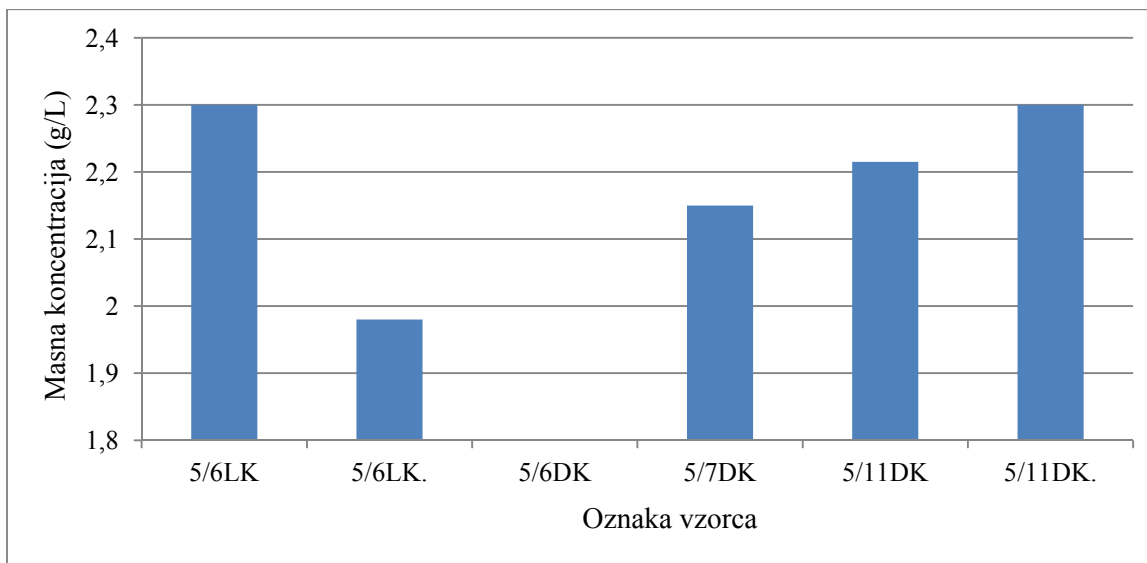
4.5 DELEŽ EKSTRAKTIVOV PRI DREVESU ŠTEVILKA 5

Na sliki 46 je graf, ki prikazuje delež suhe snovi v živih in mrtvih grčah rdečega bora številka 5. Največ suhe snovi je bilo v mrtvi grči 5/7DK (93,67 %), najmanj suhe snovi pa v živi grči 5/6LK (92,56 %). Na osnovi izračunanih vrednosti ne moremo zaključiti, da se deleži suhe snovi v živih in mrtvih grčah pri drevesu številka 5 razlikujejo.

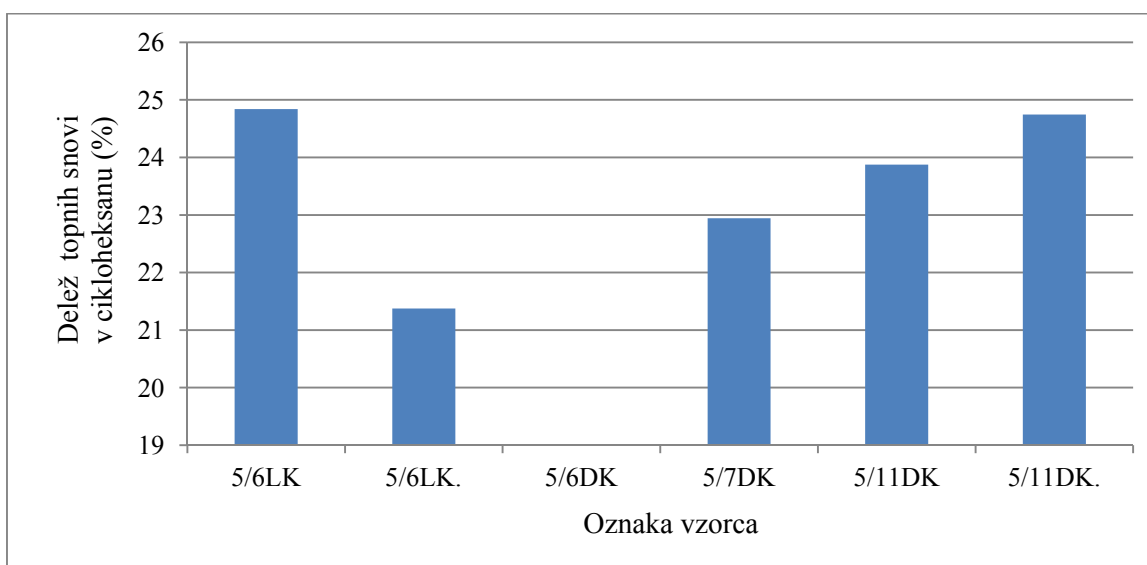


Slika 46: Vsebnost suhe snovi v grčah rdečega bora (*Pinus sylvestris*) številka 5.

Na slikah 47 in 48 sta grafikona, ki prikazujeta masno koncentracijo in odstotek ekstrahiranih snovi v cikloheksanu pri drevesu številka 5. Pri grči 5/6DK je prišlo do napake pri merivah, zato podatki na sliki manjkajo. Največji delež ekstrahiranih snovi je bil v živi grči 5/6LK, 24,84 %, najmanjši delež pa v živi grči 5/6LK., 21,38 %. Na osnovi izračunanih vrednosti je razvidno, da se pri drevesu številka 5, delež ekstrahiranih snovi v cikloheksanu bistveno ne razlikuje med živimi in mrtvimi grčami.

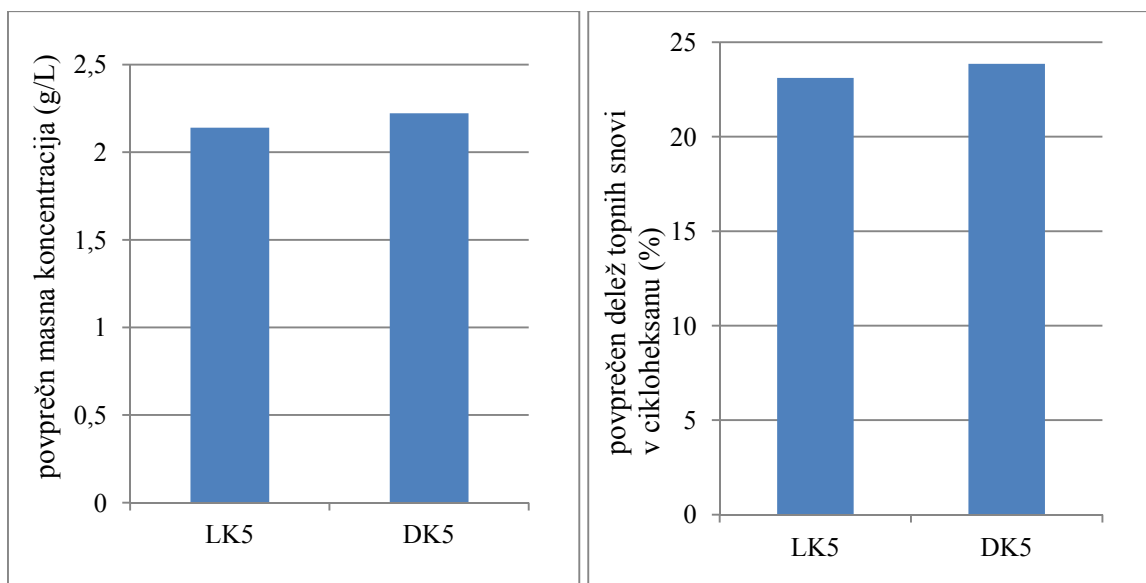


Slika 47: Masna koncentracija ekstraktivov v cikloheksanu v grčah rdečega bora (*Pinus sylvestris*) številka 5.



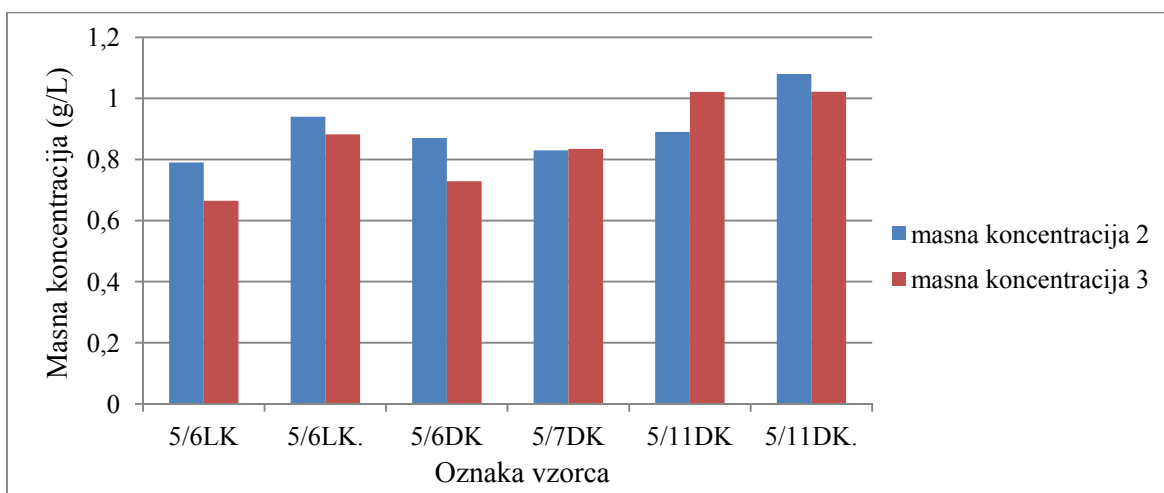
Slika 48: Vsebnost topnih snovi v cikloheksanu v grčah rdečega bora (*Pinus sylvestris*) številka 5.

Na sliki 49 sta grafikona, ki prikazujeta povprečno masno koncentracijo in povprečen odstotek ekstrahiranih snovi v cikloheksanu v živih in mrtvih grčah pri drevesu številka 5. Pri izračunu povprečja nismo upoštevali grče 5/6DK, ker je prišlo do napake pri merivah. Povprečna masna koncentracija v živih grčah je bila 2,14 g/L, v mrtvih grčah pa 2,22 g/L. Iz slike je razvidno, da sta pri drevesu številka 5 masna koncentracija in delež topnih snovi v cikloheksanu v povprečju skoraj enaka pri živih in mrtvih grčah.

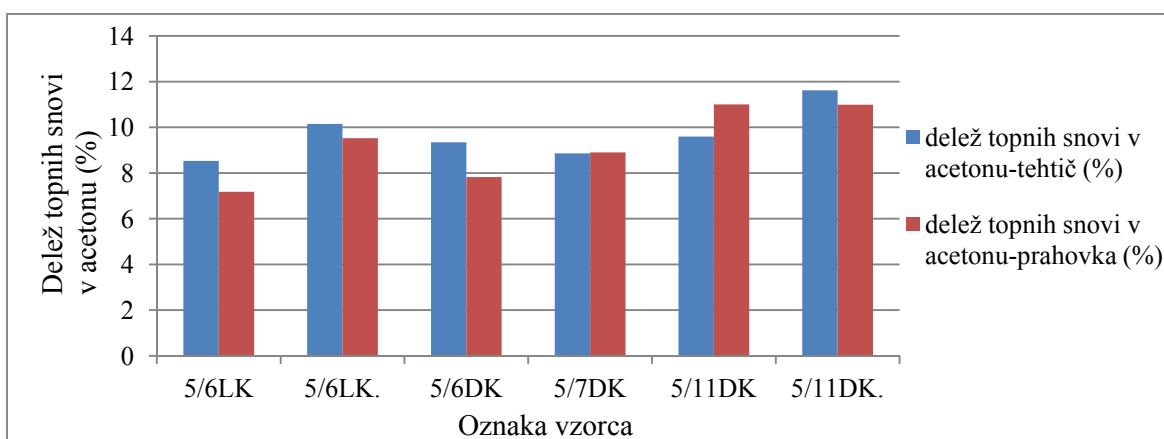


Slika 49: Povprečna masna koncentracija in povprečen delež topnih snovi v cikloheksanu v grčah rdečega bora (*Pinus sylvestris*) številka 5.

Na slikah 50 in 51 sta grafikona, ki prikazujeta masno koncentracijo in odstotek ekstrahiranih snovi v acetonu pri drevesu številka 5. Vsebnost ekstrahiranih snovi je bila določena po dveh metodah. Največja masna koncentracija v tehtiču je bila v mrtvi grči 5/11DK., 1,08 g/L, najmanjša pa v živi grči 5/6LK, 0,79 g/L. Največja masna koncentracija v prahovki je bila v mrtvi grči 5/11DK., 1,02 g/L, najmanjša pa v živi grči 5/6LK, 0,66 g/L. Iz slike je razvidno, da je delež ekstrahiranih snovi v acetonu pri drevesu 5 v mrtvih grčah večji.

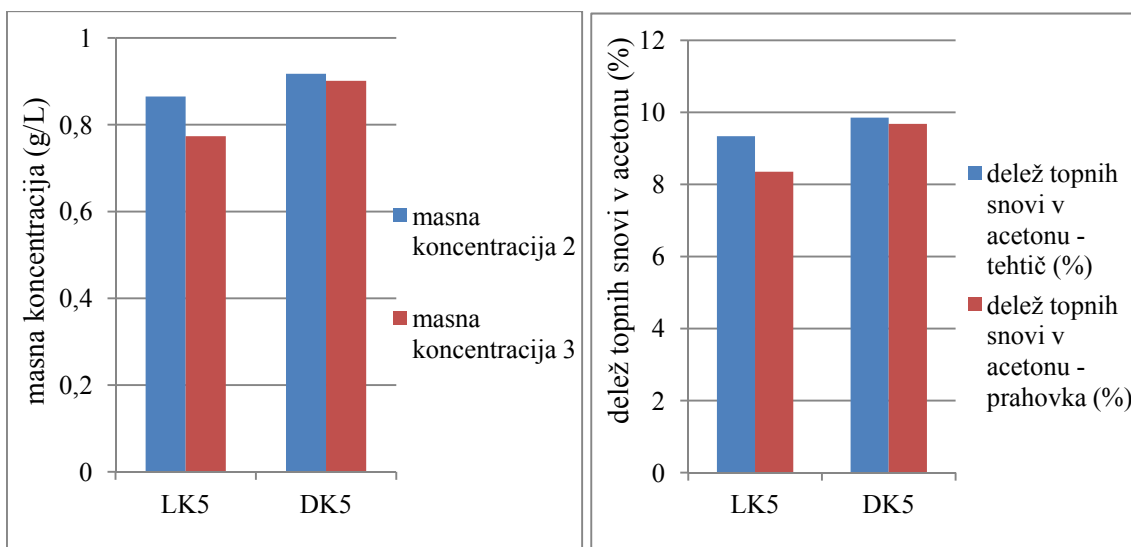


Slika 50: Masna koncentracija ekstraktivov v acetonu v grčah rdečega bora (*Pinus sylvestris*) številka 5. Masna koncentracija je bila določena po dveh metodah, ki ju v grafikonu označujemo z oznakama: »masna koncentracija 2« in »masna koncentracija 3« (glej poglavje 3.4.4).



Slika 51: Vsebnost topnih snovi v acetonu v grčah rdečega bora (*Pinus sylvestris*) številka 5. Delež topnih snovi je bil določen po dveh metodah (glej poglavje 3.4.4).

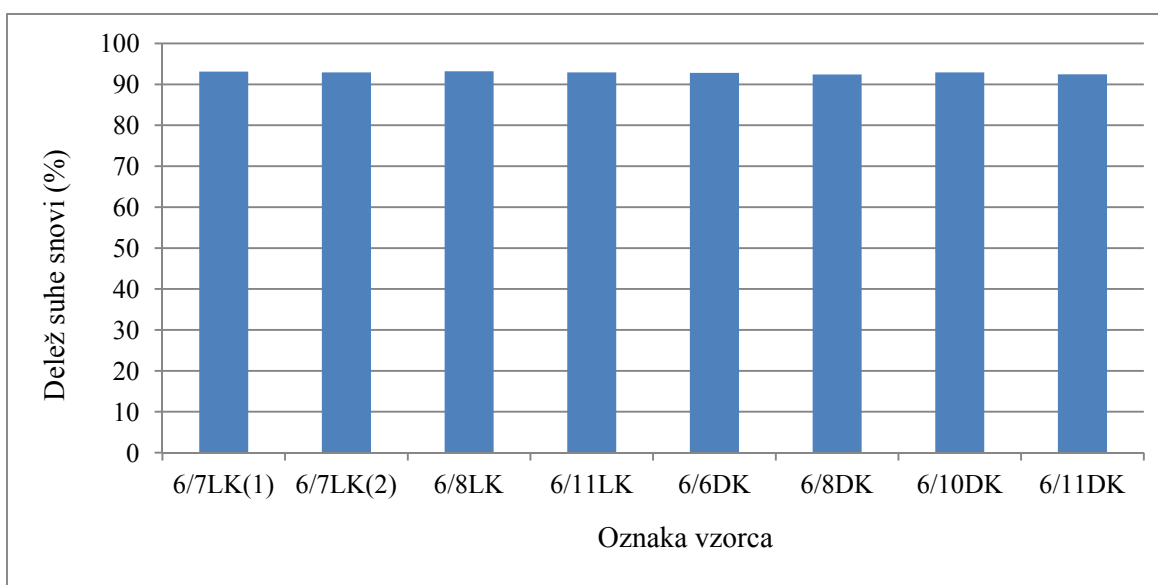
Na sliki 52 sta grafikona, ki prikazujeta povprečno masno koncentracijo in povprečen odstotek ekstrahiranih snovi v acetonu v živih in mrtvih grčah pri drevesu številka 5. Povprečna masna koncentracija v tehtiču je bila pri živih grčah 0,86 g/L, pri mrtvih grčah pa 0,92 g/L. Povprečna masna koncentracija v prahovki je bila pri živih grčah 0,76 g/L, pri mrtvih grčah pa 0,90 g/L. Iz slike je razvidno, da sta masna koncentracija in delež topnih snovi, pri drevesu številka 5, pridobljena po obeh metodah, v povprečju večja v mrtvih grčah.



Slika 52: Povprečna masna koncentracija in povprečen delež topnih snovi v acetonu v grčah rdečega bora (*Pinus sylvestris*) številka 5. Masna koncentracija je bila določena po dveh metodah, ki ju v grafikonu označujemo z oznakama: »masna koncentracija 2« in »masna koncentracija 3« (glej poglavje 3.4.4). Delež topnih snovi v acetonu je bil določen po dveh metodah (glej poglavje 3.4.4).

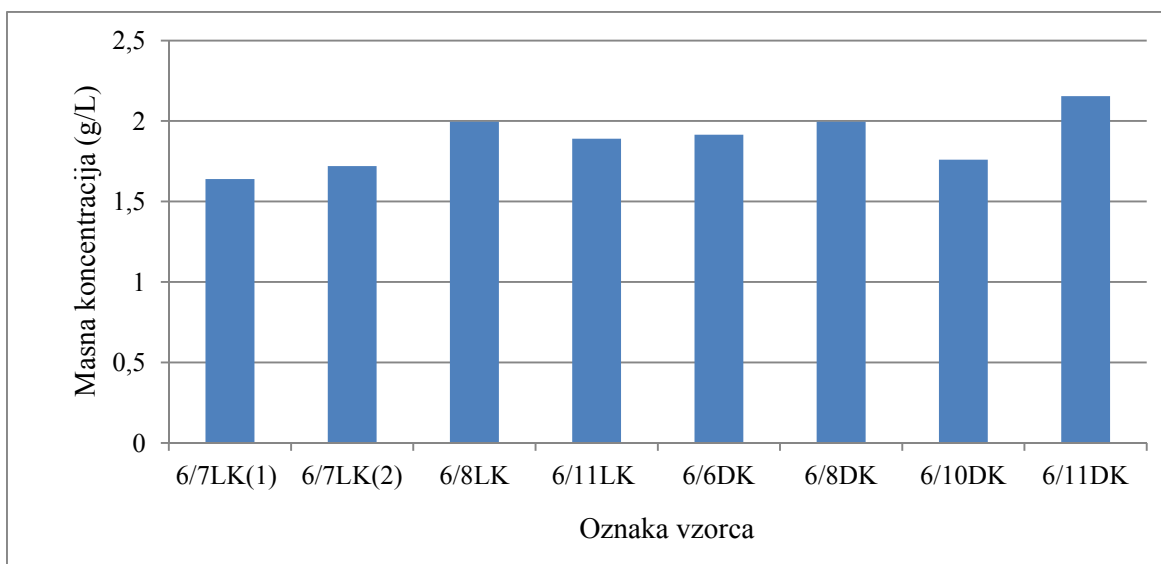
4.6 DELEŽ EKSTRAKTIVOV PRI DREVESU ŠTEVILKA 6

Na sliki 53 je graf, ki prikazuje delež suhe snovi v živih in mrtvih grčah rdečega bora številka 6. Največ suhe snovi je bilo v živi grči 6/8LK (93,21 %), najmanj suhe snovi pa v mrtvi grči 6/8DK (92,41 %). Na osnovi izračunanih vrednosti ne moremo zaključiti, da se deleži suhe snovi v živih in mrtvih grčah pri drevesu številka 6 razlikujejo.

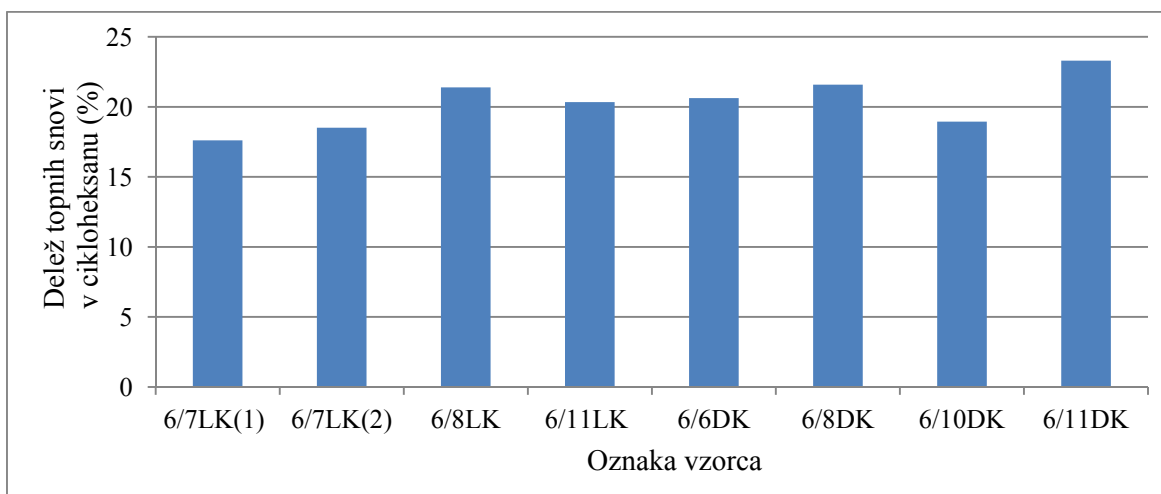


Slika 53: Vsebnost suhe snovi v grčah rdečega bora (*Pinus sylvestris*) številka 6.

Na slikah 54 in 55 sta grafikona, ki prikazujeta masno koncentracijo in odstotek ekstrahiranih snovi v cikloheksanu pri drevesu številka 6. Največji delež ekstrahiranih snovi je bil v mrtvi grči 6/11DK, 23,3 %, najmanjši delež pa v živi grči 6/7LK(1), 17,61 %. Iz slike je razvidno, da je delež ekstrahiranih snovi v cikloheksanu pri drevesu številka 6 v mrtvih grčah večji.

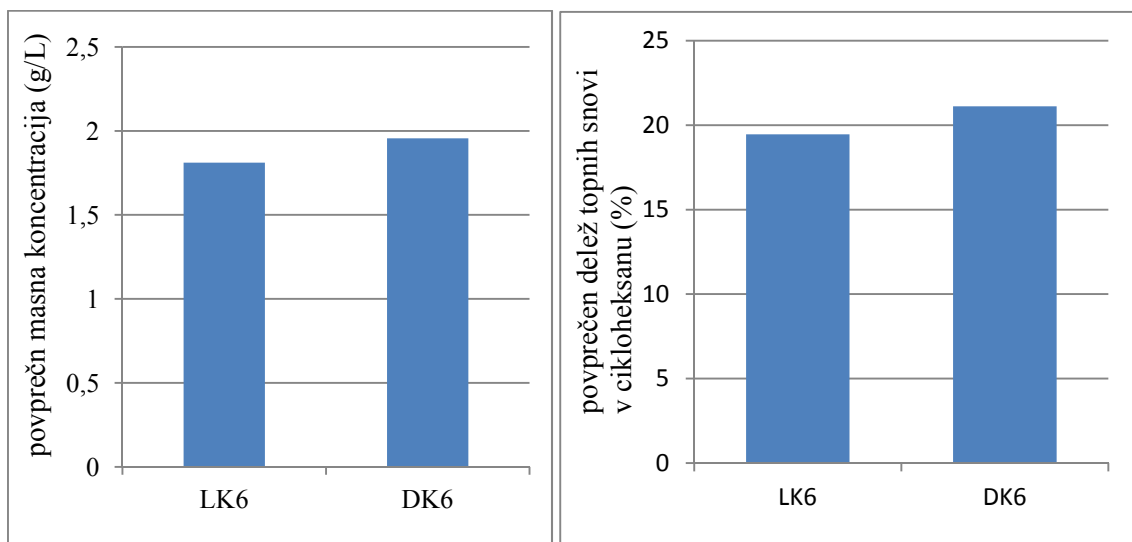


Slika 54: Masna koncentracija ekstraktivov v cikloheksanu v grčah rdečega bora (*Pinus sylvestris*) številka 6.



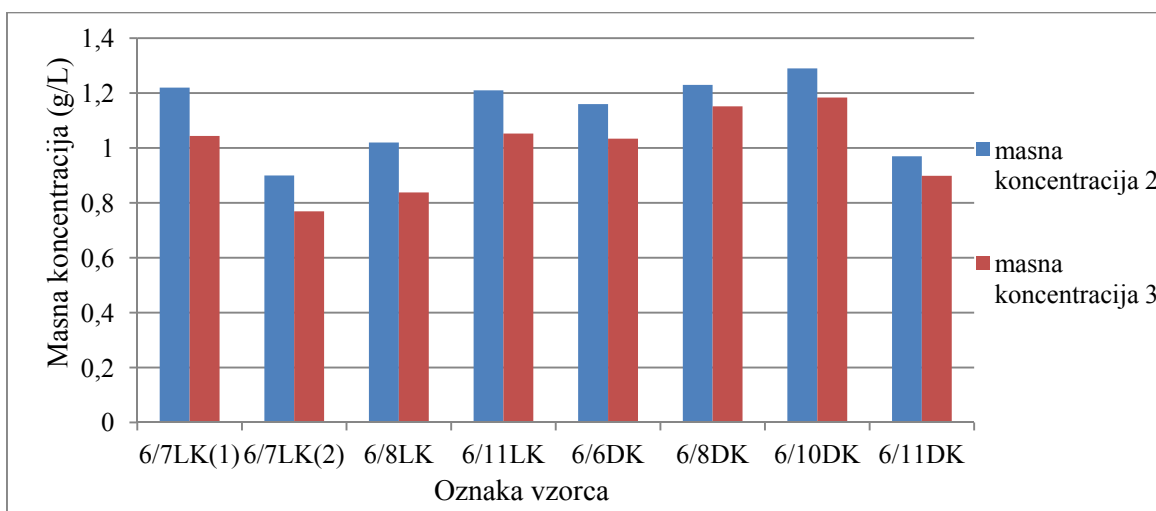
Slika 55: Vsebnost topnih snovi v cikloheksanu v grčah rdečega bora (*Pinus sylvestris*) številka 6.

Na sliki 56 sta grafikona, ki prikazujeta povprečno masno koncentracijo in povprečen odstotek ekstrahiranih snovi v cikloheksanu v živih in mrtvih grčah pri drevesu številka 6. Povprečna masna koncentracija v živih grčah je bila 1,81 g/L, v mrtvih grčah pa 1,95 g/L. Iz slike je razvidno, da sta pri drevesu številka 6 masna koncentracija in delež topnih snovi v cikloheksanu v povprečju večja pri mrtvih grčah.

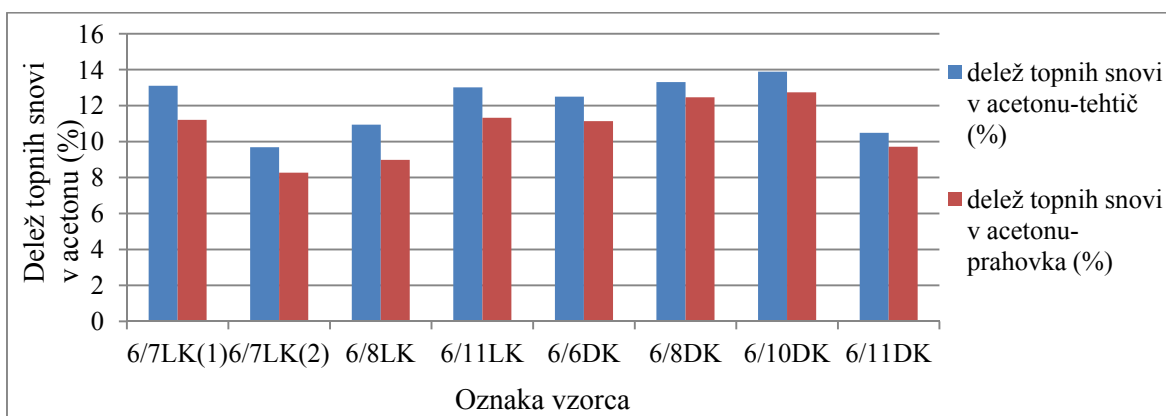


Slika 56: Povprečna masna koncentracija in povprečen delež topnih snovi v cikloheksanu v grčah rdečega bora (*Pinus sylvestris*) številka 6.

Na slikah 57 in 58 sta grafikona, ki prikazujeta masno koncentracijo in odstotek ekstrahiranih snovi v acetonu pri drevesu številka 6. Vsebnost ekstrahiranih snovi je bila določena po dveh metodah. Največja masna koncentracija v tehtiču je bila v mrtvi grči 6/10DK, 1,29 g/L, najmanjša pa v živi grči 6/7LK(2), 0,9 g/L. Največja masna koncentracija v prahovki je bila v mrtvi grči 6/10DK, 1,18 g/L, najmanjša pa v živi grči 6/7LK(2), 0,77 g/L. Iz slike je razvidno, da je delež ekstrahiranih snovi v acetonu pri drevesu 6 v mrtvih grčah večji.

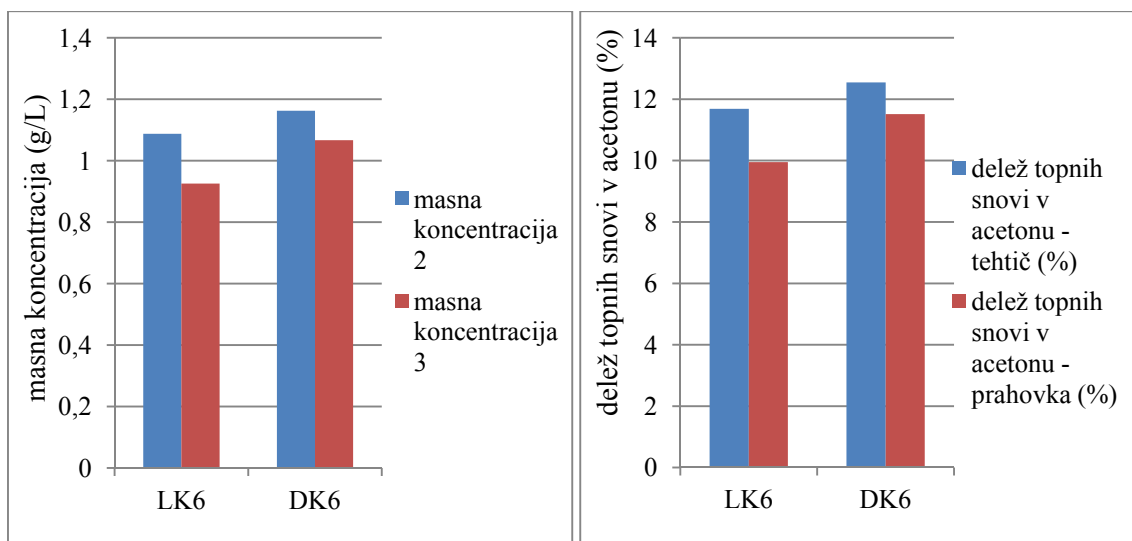


Slika 57: Masna koncentracija ekstraktivov v acetonu v grčah rdečega bora (*Pinus sylvestris*) številka 6. Masna koncentracija je bila določena po dveh metodah, ki ju v grafikonu označujemo z oznakama: »masna koncentracija 2« in »masna koncentracija 3« (glej poglavje 3.4.4).



Slika 58: Vsebnost topnih snovi v acetonu v grčah rdečega bora (*Pinus sylvestris*) številka 6. Delež topnih snovi je bil določen po dveh metodah (glej poglavje 3.4.4).

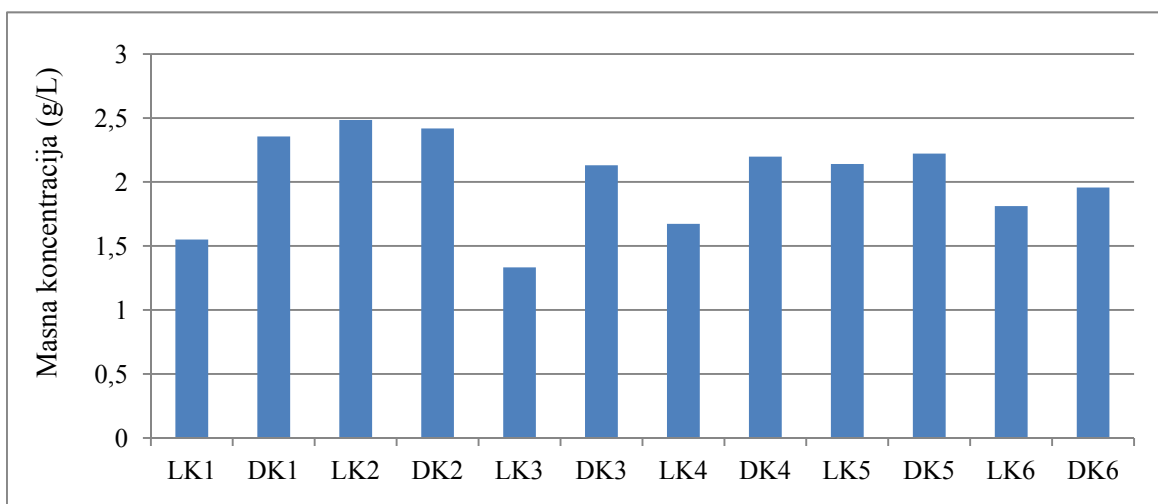
Na sliki 59 sta grafikona, ki prikazujeta povprečno masno koncentracijo in povprečen odstotek ekstrahiranih snovi v acetonu v živih in mrtvih grčah pri drevesu številka 6. Povprečna masna koncentracija v tehtiču je bila pri živih grčah 1,09 g/L, pri mrtvih grčah pa 1,16 g/L. Povprečna masna koncentracija v prahovki je bila pri živih grčah 0,93 g/L, pri mrtvih grčah pa 1,07 g/L. Iz slike je razvidno, da sta masna koncentracija in delež topnih snovi, pri drevesu številka 6, pridobljena po obeh metodah, v povprečju večja v mrtvih grčah.



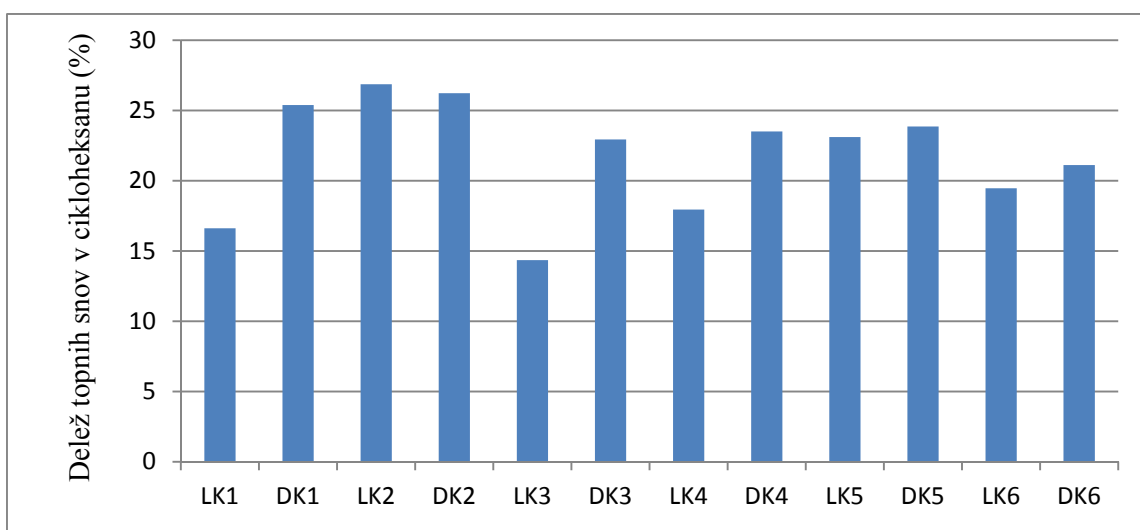
Slika 59: Povprečna masna koncentracija in povprečen delež topnih snovi v acetonu v grčah rdečega bora (*Pinus sylvestris*) številka 6. Masna koncentracija je bila določena po dveh metodah, ki ju v grafikonu označujemo z oznakama: »masna koncentracija 2« in »masna koncentracija 3« (glej poglavje 3.4.4). Delež topnih snovi v acetonu je bil določen po dveh metodah (glej poglavje 3.4.4).

4.7 POVPREČNE VSEBNOSTI EKSTRAKTIVOV V GRČAH PREISKANIH DREVES

Na slikah 60 in 61 sta grafikona, ki prikazujeta povprečno masno koncentracijo in povprečen odstotek ekstrahiranih snovi v cikloheksanu v grčah preiskanih dreves. Največji povprečni delež ekstrahiranih snovi je bil v živih grčah pri drevesu številka 2, 26,86 %, najmanjši povprečni delež pa v živih grčah drevesa številka 3, 14,34 %. Povprečen delež ekstrahiranih snovi v cikloheksanu je bil večji pri mrtvih grčah pri vseh drevesih, razen pri drevesu številka 2.

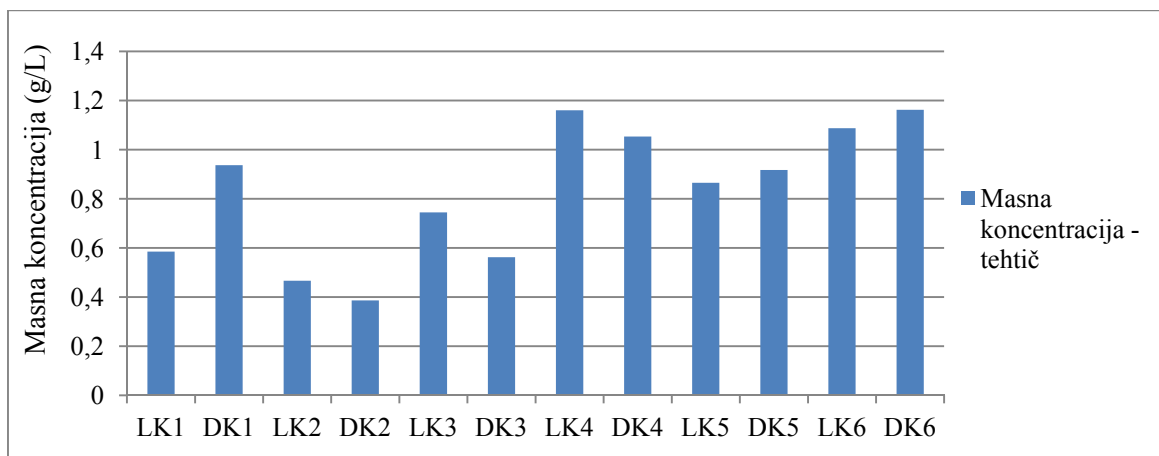


Slika 60: Povprečna masna koncentracija ekstraktivov v cikloheksanu v grčah preiskanih dreves.

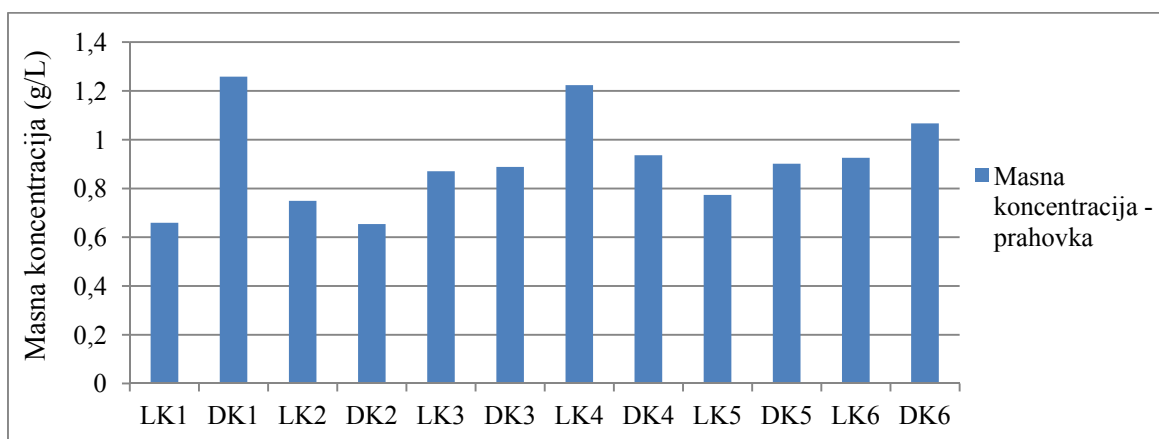


Slika 61: Povprečen delež topnih snovi v cikloheksanu v grčah preiskanih dreves.

Na slikah 62 in 63 sta grafikona, ki prikazujeta povprečno masno koncentracijo v acetonu v grčah preiskanih dreves. Masna koncentracija je bila določena po dveh metodah. Največja povprečna masna koncentracija v tehtiču je bila v mrtvih grčah pri drevesu številka 6, 1,16 g/L, najmanjša pa v mrtvih grčah drevesa številka 2, 0,39 g/L. Največja povprečna masna koncentracija v prahovki je bila v mrtvih grčah drevesa številka 1, 1,26 g/L, najmanjša pa v mrtvih grčah drevesa številka 2, 0,65 g/L. Povprečna masna koncentracija v acetonu, pridobljena po prvi metodi je bila pri drevesih številka 1, 5 in 6 večja v mrtvih grčah, pri drevesih številka 2, 3 in 4 pa je bila večja v živih grčah. Povprečna masna koncentracija v acetonu, pridobljena po drugi metodi je bila pri drevesih številka 1, 5 in 6 večja v mrtvih grčah, pri drevesih številka 2 in 4 pa je bila večja v živih grčah. Pri drevesu številka 2 ni bilo bistvenih razlik med živimi in mrtvimi grčami.

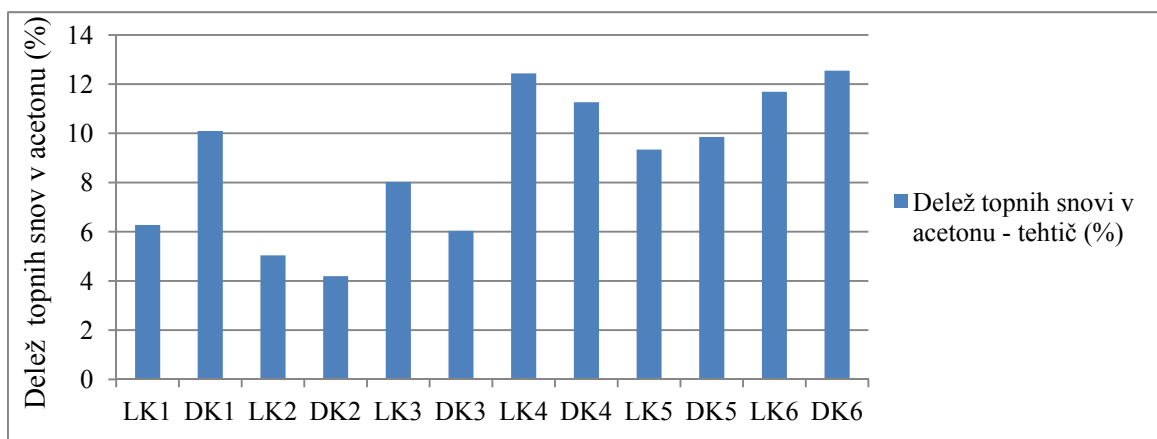


Slika 62: Povprečna masna koncentracija ekstraktivov v acetonu v grčah preiskanih dreves, pridobljena po prvi metodi (glej poglavje 3.4.4).

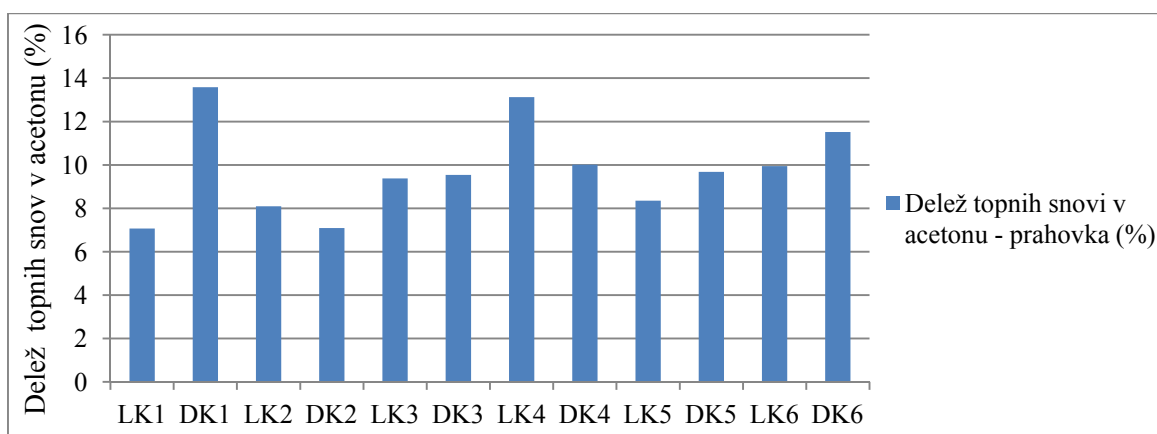


Slika 63: Povprečna masna koncentracija ekstraktivov v acetonu v grčah preiskanih dreves, pridobljena po drugi metodi (glej poglavje 3.4.4).

Na slikah 64 in 65 sta grafikona, ki prikazujeta povprečen delež topnih snovi v acetonu v grčah preiskanih dreves. Delež topnih snovi je bil določen po dveh metodah. Največji povprečen delež topnih snovi v tehtiču je bil v mrtvih grčah pri drevesu številka 6, 12,54 %, najmanjši pa v mrtvih grčah drevesa številka 2, 4,19 %. Največji povprečen delež topnih snovi v prahovki je bil v mrtvih grčah drevesa številka 1, 13,58 %, najmanjša pa v živih grčah drevesa številka 1, 7,07 %. Povprečni delež ekstrahiranih snovi v acetonu, pridobljen po prvi metodi je bil pri drevesih številka 1, 5 in 6 večji v mrtvih grčah, pri drevesih številka 2, 3 in 4 pa je bil večji v živih grčah. Povprečni delež ekstrahiranih snovi v acetonu, pridobljen po drugi metodi je bil pri drevesih številka 1, 5 in 6 večji v mrtvih grčah, pri drevesih številka 2 in 4 pa je bil večji v živih grčah. Pri drevesu številka 2 ni bilo bistvenih razlik med živimi in mrtvimi grčami.



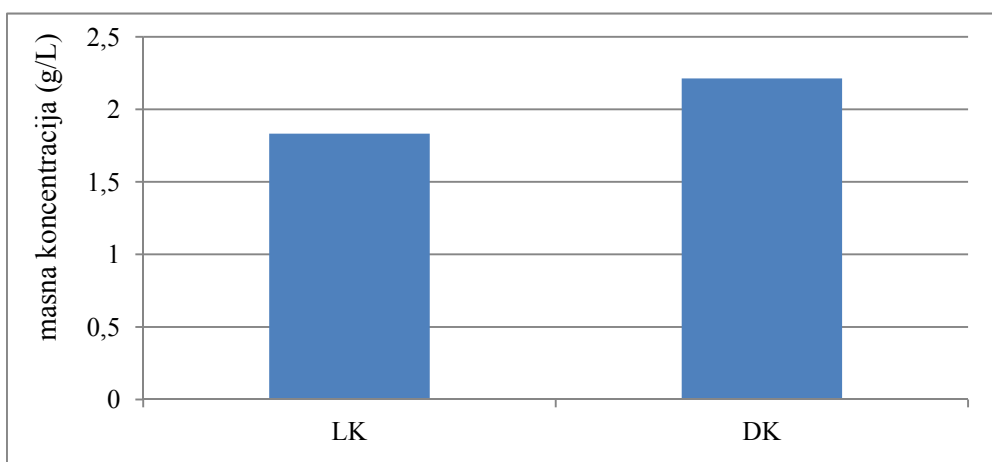
Slika 64: Povprečen delež topnih snovi v acetonu v grčah preiskanih dreves, pridobljen po prvi metodi (glej poglavje 3.4.4).



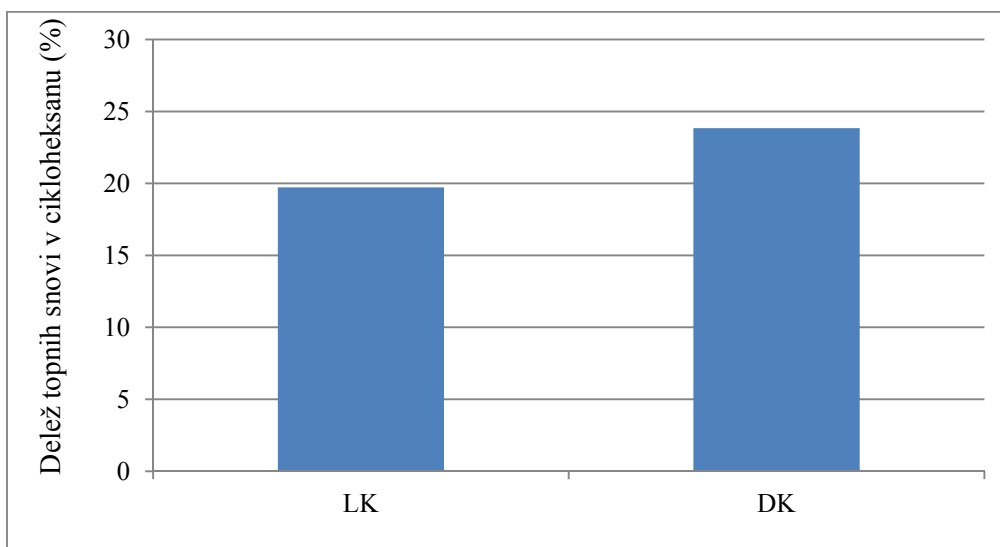
Slika 65: Povprečen delež topnih snovi v acetonu v grčah preiskanih dreves, pridobljen po drugi metodi (glej poglavje 3.4.4).

4.8 VSEBNOST EKSTRAKTIVOV V GRČAH BOROV NA RASTIŠČU BRDO

Na slikah 66 in 67 sta grafikona, ki prikazujeta povprečno masno koncentracijo in povprečen odstotek ekstrahiranih snovi v cikloheksanu v grčah vseh preiskanih dreves. Povprečni delež ekstrahiranih snovi v cikloheksanu je bil v mrtvih grčah 23,84 %. Povprečni delež ekstrahiranih snovi v cikloheksanu je bil v živih grčah 19,72%. Iz grafa je razvidno, da sta povprečni delež ekstrahiranih snovi in povprečna masna koncentracija v cikloheksanu, v grčah vseh preiskanih borov na rastišču Brdo, večja pri mrtvih grčah.

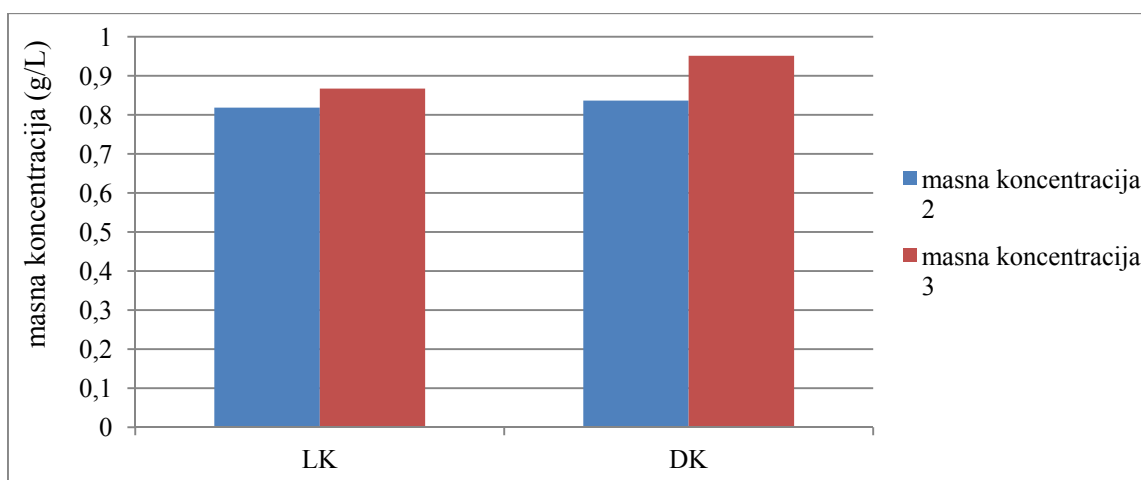


Slika 66: Povprečna masna koncentracija ekstraktivov v cikloheksanu v grčah borov na rastišču Brdo pri Kranju.

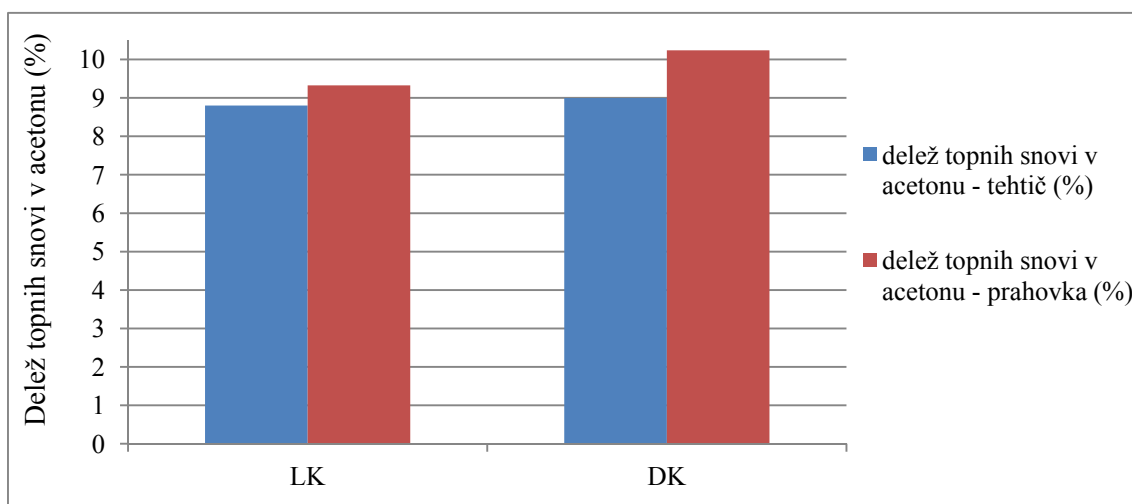


Slika 67: Povprečen delež topnih snovi v cikloheksanu v grčah borov na rastišču Brdo pri Kranju.

Na slikah 68 in 69 sta grafikona, ki prikazujeta povprečno masno koncentracijo in povprečen odstotek ekstrahiranih snovi v acetonu v grčah vseh preiskanih dreves. Masna koncentracija je bila določena po dveh metodah. Povprečna masna koncentracija v tehtiču je bila v živih grčah 0,82 g/L, v mrtvih grčah pa 0,84 g/L. Povprečna masna koncentracija v prahovki je bila v živih grčah 0,87 g/L, v mrtvih grčah pa 0,95 g/L. Iz grafa je razvidno, da sta povprečni delež ekstrahiranih snovi in povprečna masna koncentracija v acetonu, v grčah vseh preiskanih borov na rastišču Brdo, večja pri mrtvih grčah.



Slika 68: Povprečna masna koncentracija ekstraktivov v acetonu v grčah borov na rastišču Brdo pri Kranju. Masna koncentracija je bila določena po dveh metodah, ki ju v grafikonu označujemo z oznakama: »masna koncentracija 2« in »masna koncentracija 3« (glej poglavje 3.4.4).



Slika 69: Povprečen delež topnih snovi v acetonu v grčah borov na rastišču Brdo pri Kranju. Delež topnih snovi v acetonu je bil določen po dveh metodah (glej poglavje 3.4.4).

5 RAZPRAVA IN SKLEPI

Raziskava je pokazala, da je vsebnost v cikloheksanu topnih snovi, prav tako pa tudi v acetonu topnih snovi zelo variabilna znotraj drevesa in med drevesi. Delež ekstrahiranih snovi v cikloheksanu je bil pri drevesih številka 1, 3, 4 in 6 večji v mrtvih grčah, pri drevesih številka 2 in 5, pa ni bilo bistvenh razlik. Delež acetonskih ekstraktov kaže, da med živimi in mrtvimi grčami ni bistvenih razlik. Delež ekstrahiranih snovi v acetonu je bil pri drevesih številka 1, 5 in 6 večji v mrtvih grčah, pri drevesih številka 2, 3 in 4 pa je bil večji v živih grčah.

Največja povprečna masna koncentracija v cikloheksanu topnih snovi je bila v živih grčah drevesa številka 2, 2,49 g/L, najmanjša pa v živih grčah drevesa številka 3, 1,33 g/L.

Največja povprečna masna koncentracija v acetonu topnih snovi v tehtiču je bila v mrtvih grčah drevesa številka 6, 1,16 g/L, najmanjša pa v mrtvih grčah drevesa številka 2, 0,39 g/L. Največja povprečna masna koncentracija v acetonu topnih snovi v prahovki je bila v mrtvih grčah drevesa številka 1, 1,26 g/L, najmanjša pa v mrtvih grčah drevesa številka 2, 0,65 g/L).

Povprečni delež ekstrahiranih snovi in povprečna masna koncentracija v cikloheksanu sta v grčah vseh preiskanih borov na rastišču Brdo, večja pri mrtvih grčah. Povprečni delež ekstrahiranih snovi in povprečna masna koncentracija v acetonu sta v grčah vseh preiskanih borov na rastišču Brdo prav tako večja pri mrtvih grčah.

Vsebnost v acetonu topnih snovi in masno koncentracijo v acetonu topnih snovi smo določali po dveh metodah. Ocenjujem da je metoda določanja s »tehtičem« bolj primerna.

6 POVZETEK

V diplomski nalogi smo raziskovali vsebnost ekstraktivov v živih in mrtvih grčah rdečega bora (*Pinus sylvestris*) s področja Brdo pri Kranju.

Cilji naloge so bili:

- ugotoviti delež lipofilnih ekstraktivov v živih in mrtvih grčah rdečega bora.
- ugotoviti delež hidrofilnih ekstraktivov v živih in mrtvih grčah rdečega bora.
- ugotoviti morebitne razlike v vsebnosti ekstraktivnih snovi v živih in mrtvih grčah med drevesi z istega rastišča.
- ugotoviti morebitne razlike v vsebnosti ekstraktivnih snovi med živimi in mrtvimi grčami iz istega drevesa.

Na področju Brda pri Kranju smo posekali 6 rdečih borov in iz debel na različnih višinah izžagali kolute. Kolute smo v delavnici razžagali ter iz njih izžagali 36 živih in mrtvih grč. Vzorce smo pripravili za ekstrahiranje tako, da smo grče zmleli na delce, manjše od 1 mm. Posušili smo jih do absolutno suhega stanja in jim določili delež suhe snovi. Ekstrakcijo smo izvedli z napravo po Soxhletu. Vzorce smo najprej ekstrahirali s cikloheksanom in nato še z zmesjo aceton/voda. Določili smo delež hidrofobnih (lipofilnih) ekstraktivov in delež hidrofilnih ekstraktivov v živih in mrtvih grčah. Vsebnost ekstrahiranih snovi smo ovrednotili gravimetrično.

Raziskava je pokazala, da je vsebnost v cikloheksanu topnih snovi, prav tako pa tudi v acetonu topnih snovi zelo variabilna znotraj drevesa in med drevesi. Delež ekstrahiranih snovi v cikloheksanu je bil pri drevesih številka 1, 3, 4 in 6 večji v mrtvih grčah, pri drevesih številka 2 in 5, pa ni bilo bistvenih razlik. Delež acetonskih ekstraktov kaže, da med živimi in mrtvimi grčami ni bistvenih razlik. Delež ekstrahiranih snovi v acetonu je bil pri drevesih številka 1, 5 in 6 večji v mrtvih grčah, pri drevesih številka 2, 3 in 4 pa je bil večji v živih grčah.

Največja povprečna masna koncentracija v cikloheksanu topnih snovi je bila v živih grčah drevesa številka 2, 2,49 g/L, najmanjša pa v živih grčah drevesa številka 3, 1,33 g/L.

Največja povprečna masna koncentracija v acetonu topnih snovi v tehtiču je bila v mrtvih grčah drevesa številka 6, 1,16 g/L, najmanjša pa v mrtvih grčah drevesa številka 2, 0,39 g/L. Največja povprečna masna koncentracija v acetonu topnih snovi v prahovki je bila v mrtvih grčah drevesa številka 1, 1,26 g/L, najmanjša pa v mrtvih grčah drevesa številka 2, 0,65 g/L).

Povprečni delež ekstrahiranih snovi in povprečna masna koncentracija v ciloheksanu sta v grčah vseh preiskanih borov na rastišču Brdo, večja pri mrtvih grčah. Povprečni delež ekstrahiranih snovi in povprečna masna koncentracija v acetonu sta v grčah vseh preiskanih borov na rastišču Brdo prav tako večja pri mrtvih grčah.

Vsebnost v acetonu topnih snovi in masno koncentracijo v acetonu topnih snovi smo določali po dveh metodah. Ocenjujem, da je metoda določanja s »tehtičem« bolj primerna.

7 VIRI

- Čufar K. 2006. Anatomija lesa – univerzitetni učbenik. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: 185 str.
- Gorišek Ž. 2009. Les: zgradba in lastnosti: njegova variabilnost in heterogenost. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: 178 str.
- Indiamart. (2012)
<http://www.indiamart.com/shathaal-jubail-int/products.html> (15.10.2012).
- Kotar M., Brus R. 1999. Naše drevesne vrste. Ljubljana, Slovenska matica: 320 str.
- Oven P., Rep G., Vek V. 2009. Strukturni gradniki celične stene in variabilnost kemijske sestave lesa. Les, 61, 6: 302 – 311
- Oven P. 2011. Kemična zgradba lesa. Študijsko gradivo za leto 2011. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: 147 str.
- Pipa R. 1997. Anatomija in tehnologija lesa. Ljubljana, Zveza društev inženirjev in tehnikov lesarstva, Lesarska založba: 136 str.
- Sigma-Aldrich. (2012)
<http://www.sigmaaldrich.com/european-export.html> (28.9.2012).
- Soxhlet extractor. (2011)
http://en.wikipedia.org/wiki/Soxhlet_extractor (26.10.2012).
- Torelli N. 1990. Les & skorja = Wood & bark = Holz & bast. Slovar strokovnih izrazov. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, VTOVZ Oddelek za lesarstvo: 70 str.
- Vek V., Oven P. 2011. Vpliv različnih polarnih topil na delež celokupnih fenolov v lesnih ekstraktih. Les, 63, 3: 45 – 48

ZAHVALA

Zahvaljujem se vsem, ki so mi na kakršen koli način pomagali pri izdelavi, urejanju in oblikovanju moje diplomske naloge.

Posebej se želim zahvaliti mentorju prof. dr. Primožu Ovnu in somentorici doc. dr. Idi Poljanšek za strokovno pomoč, usmerjanje in nasvete. Mlademu raziskovalcu Vijemu Veku za pomoč pri eksperimentalnem delu naloge v laboratoriju in sodelavcem katedre za Patologijo in zaščito lesa pri mletju vzorcev. Zahvaljujem se recenzentu prof. dr. Marku Petriču za skrben pregled diplomske naloge.

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA LESARSTVO

David JAKOFČIČ

**VSEBNOST LIPOFILNIH IN HIDROFILNIH
EKSTRAKTIVOV V GRČAH RDEČEGA BORA**

DIPLOMSKO DELO

Visokošolski strokovni študij

Ljubljana, 2013