

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA LESARSTVO

Blaž VIVOD

VSEBNOST EKSTRAKTIVOV V LESU ROBINIJE
(*Robinia pseudoacacia* L.)

DIPLOMSKI PROJEKT

Univerzitetni študij – 1. stopnja

Ljubljana, 2015

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA LESARSTVO

Blaž VIVOD

VSEBNOST EKSTRAKTIVOV V LESU ROBINIJE
(*Robinia pseudoacacia* L.)

DIPLOMSKI PROJEKT
Univerzitetni študij – 1. stopnja

CONTENT OF EXTRACTIVES IN WOOD OF BLACK LOCUST
(*Robinia pseudoacacia* L.)

B. SC. THESIS
Academic Study Programmes

Ljubljana, 2015

Diplomski projekt je zaključek Univerzitetnega študija Lesarstvo – 1. stopnja. Delo je bilo opravljeno na Katedri za kemijo in zaščito lesa Oddelka za lesarstvo Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani. Vzorce za analize smo pridobili na terenskem delu v sodelovanju z Zavodom za gozdove Slovenije.

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

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik:.

Član:

Član:

Datum zagovora:

Podpisani izjavljam, da je naloga rezultat lastnega dela. Izjavljam, da je elektronski izvod identičen tiskanemu. Na univerzo neodplačno, neizključno, prostorsko in časovno neomejeno prenašam pravici shranitve avtorskega dela v elektronski obliki in reproduciranja ter pravico omogočanja javnega dostopa do avtorskega dela na svetovnem spletu preko Digitalne knjižnice Biotehniške fakultete.

Blaž Vivod

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD	Du1
DK	UDK 630*813
KG	<i>Robinia pseudoacacia</i> /ekstraktivi/fenoli/spektrofotometrija/grče/jedrovina
AV	VIVOD, Blaž
SA	POLJANŠEK, Ida (mentor)/OVEN, Primož (somentor)/PETRIČ, Marko (recenzent)
KZ	SI-1000 Ljubljana, Rožna dolina, c. VIII/34
ZA	Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo
LI	2015
IN	VSEBNOST EKSTRAKTIVOV V LESU ROBINIJE (<i>Robinia pseudoacacia</i> L.)
TD	Diplomski projekt (Univerzitetni študij – 1. stopnja)
OP	VIII, 56 str., 3 pregl., 58 sl., 5 pril., 14 vir.
IJ	sl
JJ	sl/en
AI	Analizirali smo variabilnost vsebnosti ekstraktivov in delež celokupnih fenolov v posameznih tkivih drevesa navadne robinije (<i>Robinia pseudoacacia</i> L.). Na območju Obreža (Središče ob Dravi, Slovenija) smo posekali drevesa robinije in iz njih izžagali vzorce. Iz vzorcev smo v laboratoriju izžagali posamezna tkiva, jih zmleli in pripravili za ekstrakcijo po Soxhletu. Ekstrakcijo smo najprej opravili z nepolarnim topilom cikloheksanom, da so se izločile lipofilne komponente. Nato smo hidrofilne komponente izločili s polarnim topilom acetonom/vodo. Acetonske vzorce ekstraktov smo z UV/VIS-spektroskopijo uporabili za določanje celokupnih fenolov. Največja povprečna vsebnost celokupnih ekstraktov je bila v jedrovini (8,41 %), najmanjša pa v beljavi (4,88 %). Največja povprečna vsebnost lipofilnih ekstraktivov (30,40 mg/g) je bila v območju skorje, medtem ko so imela ostala analizirana tkiva precej nižje vrednosti. V mrtvih grčah je bila povprečna vsebnost lipofilnih ekstraktivov najnižja (7,36 mg/g). Povprečna vsebnost hidrofilnih ekstraktivov je bila največja v jedrovini (78,26 mg/g), najmanjša je bila v območju beljave (25,20 mg/g). Največja povprečna vsebnost celokupnih fenolov je bila v območju jedrovine (34,89 mg/g), najmanjša pa v beljavi (4,70 mg/g). Periferni deli jedrovine so imeli največji delež celokupnih fenolov, proti centru stržena pa se je njihova vsebnost zmanjševala. Vsebnost celokupnih fenolov je bila pri vseh preučevanih drevesih navadne robinije večja v jedrovini kot v beljavi.

KEY WORDS DOCUMENTATION

DN Dul

DC UDC 630*813

CX *Robinia pseudoacacia* /extractives/phenols/spektrophotometry/konts/heartwood

AU VIVOD, Blaž

AA POLJANŠEK, Ida (supervisor)/OVEN, Primož (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 2015

TI CONTENTS OF EXTRACTIVES IN WOOD OF BLACK LOCUST (*Robinia pseudoacacia* L.)

DT B. Sc. Thesis (Academic Study Programmes)

NO XIII,56 p., 3 tab., 58 fig., 5 ann., 15 ref.

LA sl

AL sl/en

AB We analysed variability of extractive contents and the share of total phenols in different tissues of black locust trees (*Robinia pseudoacacia* L.). Black locust trees from Obrež (Središče ob Dravi, Slovenia) area were cut down and wood samples sawn out. Individual tissues were sawn out, milled and prepared for extraction by Soxhlet. The extraction was conducted with a non-polar solvent cyclohexane for the lipophilic components, and with a polar solvent acetone/water for the hydrophilic components. Acetone extracts were used for the determination of total phenols done by UV/VIS spectroscopy. The highest average concentration of total extracts was found in heartwood (8.41 %), and the lowest in the sapwood (4.88 %). The bark area had the highest average content of lipophilic extractives (30.40 mg/g), while the other studied tissues had much lower values. The lowest average content of lipophilic extractives (7.36 mg/g) was in dead knots. The average content of hydrophilic extractives was the largest in the heartwood (78.26 mg/g), and the lowest in the range of sapwood (25.20 mg/g). The highest average concentration of total phenols was in the range of heartwood (34.89 mg/g), and the lowest in the sapwood (4.70 mg/g). Peripheral parts of heartwood had the largest share of total phenols, however, towards the centre of the core their value decreased. In all the researched robinia trees, the content of total phenols was greater in heartwood than in sapwood.

KAZALO VSEBINE

	Str.
KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA	III
KEY WORDS DOCUMENTATION	IV
KAZALO VSEBINE	V
KAZALO PREGLEDNIC	VII
KAZALO SLIK	VIII
KAZALO PRILOG	XII
OKRAJŠAVE IN SIMBOLI	XIII
1 UVOD	1
1.1 POVOD ZA RAZISKAVO	1
1.2 CILJ DIPLOMSKEGA PROJEKTA	2
1.3 DELOVNE HIPOTEZE	2
2 PREGLED OBJAV	3
2.1 OPIS NAVADNE ROBINIJE (<i>Robinia pseudoacacia</i> L.)	3
2.1.1 Makroskopske značilnosti navadne robinije (povzeto po Torelli, 2002)	5
2.1.2 Mikroskopske značilnosti navadne robinije (povzeto po Torelli, 2002)	5
2.1.3 Uporabnost navadne robinije	6
2.2 EKSTRAKTIVI	6
2.2.1 Ekstraktivne spojine v lesu	6
2.3 FLAVONOIDI	9
3 MATERIALI IN METODE	11
3.1 MATERIAL	11
3.1.1 Kemikalije	11
3.1.2 Izbor in posek drevesa	11
3.2 METODE	13
3.2.1 Razrez in meritve	13
3.2.2 Mletje vzorcev	16
3.2.3 Določitev vlažnosti vzorcev in delež suhe snovi	17
3.2.4 Soxhletova ekstrakcija	17
3.2.5 Izvedba ekstrakcije	19
3.2.6 UV/VIS spektrofotometrija	22
3.2.7 Beer - Lambertov zakon (povzeto po Pivk, 2011)	22

3.2.8 Določitev deleža celokupnih fenolov	23
3.2.8.1 Priprava vzorcev	23
3.2.8.2 Priprava razredčenega Folin- Ciocalteau reagenta	24
3.2.8.3 Priprava raztopine natrijevega karbonata	24
3.2.8.4 Priprava standardne raztopine galne kisline	25
3.2.9 Priprava vzorcev za spektrofotometrično merjenje	25
3.2.10 Izračuni	26
4 REZULTATI IN RAZPRAVA	29
4.1 PARAMETRI RASTNIH ZNAČILNOSTI DREVES	29
4.2 DOLOČITEV DELEŽA SUHE SNOVI	30
4.2 DELEŽ EKSTRAKTIVNIH SNOVI IN CELOKUPNIH FENOLOV	31
4.2.1 Delež ekstraktivnih snovi in celokupnih fenolov v lesu drevesa št. 1	31
4.2.2 Delež ekstraktivnih snovi in celokupnih fenolov v lesu drevesa št. 2	33
4.2.3 Delež ekstraktivnih snovi in celokupnih fenolov v lesu drevesa št. 3	36
4.2.4 Delež ekstraktivnih snovi in celokupnih fenolov v lesu drevesa št. 4	39
4.2.5 Delež ekstraktivnih snovi in celokupnih fenolov v lesu drevesa št. 5	41
4.2.6 Delež ekstraktivnih snovi in celokupnih fenolov v lesu drevesa št. 6	44
4.3 POVPREČNE VSEBNOSTI EKSTRAKTIVOV IN FENOLOV PO POSAMEZNIH TKIVIH ZA ŠEST PREISKANIH ROBINIJ	47
5 SKLEPI	51
6 POVZETEK	52
7 VIRI	54
ZAHVALA	
PRILOGE	

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Kemikalije, uporabljene pri analizah.....	11
Preglednica 2: Meritve ob poseku dreves (višina drevesa, premer debla, višina odzema koluta koreničnika, višina odzema koluta z mrtvo grčo in višina odzema koluta z živo grčo)	29
Preglednica 3: Parametri rastnih značilnosti posameznega koluta koreničnika, merjeni v mizarski delavnici Oddelka za lesarstvo.....	29

KAZALO SLIK

Slika 1: Botanična umestitev navadne robinije.	3
Slika 2: Naravni areal navadne robinije (<i>Robinia pseudoacacia</i> L.) v ZDA (Toreli, 2002).	4
Slika 3: Prikaz deleža robinije po gozdnogospodarskih območjih ZGS glede na podatke iz leta 2011 (Kutnar in Kobler, 2013).	5
Slika 4: Osnovna struktura flavonoidov je flavan ali 2-fenilkroman; z modro je označen fenilpropanoidni del molekule (C6–C3), ki izvira iz šikimatno-cimetne poti, z rdečo pa obroč C6, ki nastane po acetatno malonatni poti (Oven in sod., 2011). .	9
Slika 5: Robinetin je značilen flavonoid jedroivne navadne robinije.	10
Slika 6: Gozd plantažirane navadne robinije na območju Obreža (Središče ob Dravi, Slovenija).	12
Slika 7: Izžagani koluti korenčnika, žive in mrtve grče iz debla navadne robinije.	12
Slika 8: Razrez kolotov korenčnika na tračni žagi.	13
Slika 9: Koluti korenčnika vseh šestih dreves robinije.	14
Slika 10: Prepolovljeni kolti mrtve in žive grče šestih robinij.	15
Slika 11: Laboratorijski mlin Retsch SM 2000.	16
Slika 12: Dodajanje suhega ledu v prahovke z vzorcem.	16
Slika 13: Analitska tehnica Mettler Toledo XS.	17
Slika 14: Soxhletov aparat (Soxhletova ekstrakcija, https://en.wikipedia.org/wiki/Soxhlet_extractor , 2015).	18
Slika 15: Celulozni tulci, napolnjeni z vato.	19
Slika 16: Aceton.	20
Slika 17: Cikloheksan	20
Slika 18: Soxhletov aparat med ekstrakcijo s cikloheksanskim topilom.	20
Slika 19: Ekstrakcija po Soxhletu z acetonskim topilom.	21
Slika 20: Pipetiranje vzorcev v epruvete.	21
Slika 21: Sušenje epruvet z vzorcem v sušilniku.	21
Slika 22: Priprava vzorcev za pipetiranje v 15-mililitrske stekleničke.	23
Slika 23: Vakuumski eksikator, v katerem je izhlapevalo acetonsko topilo.	23
Slika 24: Folin-Ciocalteaujev reagentin in destilirana voda v razmerju 1 : 9 (v/v).	24
Slika 25: Tehtanje natrijevega karbonata.	24
Slika 26: Raztopina natrijevega karbonata.	24

Slika 27: Različne koncentracije standardne raztopine galne kisline.	25
Slika 28: Pripravljeni vzorci za UV-VIS.	25
Slika 29: Pipetiranje vzorcev v kivete za UV-VIS.	26
Slika 30: UV-VIS spektrofotometer Perkin Elmer Lambda 2.	26
Slika 31: Navadna robinija (<i>Robinia pseudoacacia</i> L.) rastišče Obrež, posek 11. 5. 2015. Delež suhe snovi za vseh 6 preučevanih dreves. Legenda: S – skorja, B – beljava, J – jedrovina, MG – mrtva grča, ŽG – živa grča.	30
Slika 32: Navadna robinija (<i>Robinia pseudoacacia</i> L.), drevo št. 1, rastišče Obrež, posek 11. 5. 2015. Vsebnost celokupnih ekstraktivnih snovi po posameznih tkivih. Trimestna oznaka pod oznako tkiva je številka vzorca. Legenda: S – skorja, B – beljava, J – jedrovina, MG – mrtva grča, ŽG – živa grča.	31
Slika 33: Navadna robinija (<i>Robinia pseudoacacia</i> L.), drevo št. 1, rastišče Obrež, posek 11. 5. 2015. Vsebnost lipofilnih ekstraktivnih snovi po posameznih tkivih. Trimestna oznaka pod oznako tkiva je številka vzorca. Legenda: S – skorja, B – beljava, J – jedrovina, MG – mrtva grča, ŽG – živa grča.	32
Slika 34: Navadna robinija (<i>Robinia pseudoacacia</i> L.), drevo št. 1, rastišče Obrež, posek 11. 5. 2015. Vsebnost hidrofilnih ekstraktivnih snovi po posameznih tkivih. Trimestna oznaka pod oznako tkiva je številka vzorca. Legenda: S – skorja, B – beljava, J – jedrovina, MG – mrtva grča, ŽG – živa grča.	32
Slika 35: Navadna robinija (<i>Robinia pseudoacacia</i> L.), drevo št. 1, rastišče Obrež, posek 11. 5. 2015. Vsebnost celokupnih fenolov po posameznih tkivih. Trimestna oznaka pod oznako tkiva je številka vzorca. Legenda: S – skorja, B – beljava, J – jedrovina, MG – mrtva grča, ŽG – živa grča.	33
Slika 36: Navadna robinija (<i>Robinia pseudoacacia</i> L.), drevo št. 2, rastišče Obrež, posek 11. 5. 2015. Vsebnost celokupnih ekstraktivnih snovi po posameznih tkivih. Trimestna oznaka pod oznako tkiva je številka vzorca. Legenda: S – skorja, B – beljava, J – jedrovina, ŽG – živa grča.	34
Slika 37: Navadna robinija (<i>Robinia pseudoacacia</i> L.), drevo št. 2, rastišče Obrež, posek 11. 5. 2015. Vsebnost lipofilnih ekstraktivnih snovi po posameznih tkivih. Trimestna oznaka pod oznako tkiva je številka vzorca. Legenda: S – skorja, B – beljava, J – jedrovina, ŽG – živa grča.	34
Slika 38: Navadna robinija (<i>Robinia pseudoacacia</i> L.), drevo št. 2, rastišče Obrež, posek 11. 5. 2015. Vsebnost hidrofilnih ekstraktivnih snovi po posameznih tkivih. Trimestna oznaka pod oznako tkiva je številka vzorca. Legenda: S – skorja, B – beljava, J – jedrovina, ŽG – živa grča.	35
Slika 39: Navadna robinija (<i>Robinia pseudoacacia</i> L.), drevo št. 2, rastišče Obrež, posek 11. 5. 2015. Vsebnost celokupnih fenolov po posameznih tkivih. Trimestna oznaka pod oznako tkiva je številka vzorca. Legenda: S – skorja, B – beljava, J – jedrovina, ŽG – živa grča.	36

- Slika 40: Navadna robinija (*Robinia pseudoacacia* L.), drevo št. 3, rastišče Obrež, posek 11. 5. 2015. Vsebnost celokupnih ekstraktivnih snovi po posameznih tkivih. Trimestna oznaka pod oznako tkiva je številka vzorca. S – skorja, B – beljava, J – jedrovina, MG – mrtva grča, ŽG – živa grča. 36
- Slika 41: Navadna robinija (*Robinia pseudoacacia* L.), drevo št. 3, rastišče Obrež, posek 11. 5. 2015. Vsebnost lipofilnih ekstraktivnih snovi po posameznih tkivih. Trimestna oznaka pod oznako tkiva je številka vzorca. S – skorja, B – beljava, J – jedrovina, MG – mrtva grča, ŽG – živa grča..... 37
- Slika 42: Navadna robinija (*Robinia pseudoacacia* L.), drevo št. 3, rastišče Obrež, posek 11. 5. 2015. Vsebnost hidrofilnih ekstraktivnih snovi po posameznih tkivih..... 38
- Slika 43: Navadna robinija (*Robinia pseudoacacia* L.), drevo št. 4, rastišče Obrež, posek 11. 5. 2015. Vsebnost celokupnih fenolov po posameznih tkivih. Trimestna oznaka pod oznako tkiva je številka vzorca. S – skorja, B – beljava, J – jedrovina, MG – mrtva grča, ŽG – živa grča. 38
- Slika 44: Navadna robinija (*Robinia pseudoacacia* L.), drevo št. 4, rastišče Obrež, posek 11. 5. 2015. Vsebnost celokupnih ekstraktivnih snovi po posameznih tkivih. Trimestna oznaka pod oznako tkiva je številka vzorca. S – skorja, B – beljava, J – jedrovina, MG – mrtva grča, ŽG – živa grča. 39
- Slika 45: Navadna robinija (*Robinia pseudoacacia* L.), drevo št. 4, rastišče Obrež, posek 11. 5. 2015. Vsebnost lipofilnih ekstraktivnih snovi po posameznih tkivih. Trimestna oznaka pod oznako tkiva je številka vzorca. S – skorja, B – beljava, J – jedrovina, MG – mrtva grča, ŽG – živa grča..... 40
- Slika 46: Navadna robinija (*Robinia pseudoacacia* L.), drevo št. 4, rastišče Obrež, posek 11. 5. 2015. Vsebnost hidrofilnih ekstraktivnih snovi po posameznih tkivih. Trimestna oznaka pod oznako tkiva je številka vzorca. S – skorja, B – beljava, J – jedrovina, MG – mrtva grča, ŽG – živa grča..... 40
- Slika 47: Navadna robinija (*Robinia pseudoacacia* L.), drevo št. 4, rastišče Obrež, posek 11. 5. 2015. Vsebnost celokupnih fenolov po posameznih tkivih. Trimestna oznaka pod oznako tkiva je številka vzorca. S – skorja, B – beljava, J – jedrovina, MG – mrtva grča, ŽG – živa grča. 41
- Slika 48: Navadna robinija (*Robinia pseudoacacia* L.), drevo št. 5, rastišče Obrež, posek 11. 5. 2015. Vsebnost celokupnih ekstraktivnih snovi po posameznih tkivih. Trimestna oznaka pod oznako tkiva je številka vzorca. S – skorja, B – beljava, J – jedrovina, MG – mrtva grča, ŽG – živa grča. 42
- Slika 49: Navadna robinija (*Robinia pseudoacacia* L.), drevo št. 5, rastišče Obrež, posek 11. 5. 2015. Vsebnost lipofilnih ekstraktivnih snovi po posameznih tkivih. Trimestna oznaka pod oznako tkiva je številka vzorca. S – skorja, B – beljava, J – jedrovina, MG – mrtva grča, ŽG – živa grča..... 42

- Slika 50: Navadna robinija (*Robinia pseudoacacia* L.), drevo št. 5, rastišče Obrež, posek 11. 5. 2015. Vsebnost hidrofilnih ekstraktivnih snovi po posameznih tkivih. Trimestna oznaka pod oznako tkiva je številka vzorca. S – skorja, B – beljava, J – jedrovina, MG – mrtva grča, ŽG – živa grča..... 43
- Slika 51: Navadna robinija (*Robinia pseudoacacia* L.), drevo št. 5, rastišče Obrež, posek 11. 5. 2015. Vsebnost celokupnih fenolov po posameznih tkivih. Trimestna oznaka pod oznako tkiva je številka vzorca. S – skorja, B – beljava, J – jedrovina, MG – mrtva grča, ŽG – živa grča. 44
- Slika 52: Navadna robinija (*Robinia pseudoacacia* L.), drevo št. 6, rastišče Obrež, posek 11. 5. 2015. Vsebnost celokupnih ekstraktivnih snovi po posameznih tkivih. Trimestna oznaka pod oznako tkiva je številka vzorca. S – skorja, B – beljava, J – jedrovina, MG – mrtva grča, ŽG – živa grča. 44
- Slika 53: Navadna robinija (*Robinia pseudoacacia* L.), drevo št. 6, rastišče Obrež, posek 11. 5. 2015. Vsebnost lipofilnih ekstraktivnih snovi po posameznih tkivih.. 45
- Slika 54: Navadna robinija (*Robinia pseudoacacia* L.), drevo št. 6, rastišče Obrež, posek 11. 5. 2015. Vsebnost hidrofilnih ekstraktivnih snovi po posameznih tkivih. Trimestna oznaka pod oznako tkiva je številka vzorca. S – skorja, B – beljava, J – jedrovina, MG – mrtva grča, ŽG – živa grča 46
- Slika 55: Navadna robinija (*Robinia pseudoacacia* L.), drevo št. 6, rastišče Obrež, posek 11. 5. 2015. Vsebnost celokupnih fenolov po posameznih tkivih. Trimestna oznaka pod oznako tkiva je številka vzorca. S – skorja, B – beljava, J – jedrovina, MG – mrtva grča, ŽG – živa grča. 46
- Slika 56: Navadna robinija (*Robinia pseudoacacia* L.), rastišče Obrež, posek 11. 5. 2015. Povprečen delež celokupnih ekstraktivov za vseh 6 preučevanih dreves po posameznih tkivih. S – skorja, B – beljava, J – jedrovina, MG – mrtva grča, ŽG – živa grča..... 47
- Slika 57: Navadna robinija (*Robinia pseudoacacia* L.), rastišče Obrež, posek 11. 5. 2015. Povprečna vsebnost lipofilnih in hidrofilnih snovi za vseh 6 preučevanih dreves po posameznih tkivih. S – skorja, B – beljava, J – jedrovina, MG – mrtva grča, ŽG – živa grča..... 48
- Slika 58: Navadna robinija (*Robinia pseudoacacia* L.), rastišče Obrež, posek 11. 5. 2015. Povprečna vsebnost celokupnih fenolov za vseh 6 preučevanih dreves po posameznih tkivih. S – skorja, B – beljava, J – jedrovina, MG – mrtva grča, ŽG – živa grča..... 49

KAZALO PRILOG

Priloga A: Stehtane mase za izračun deleža suhe snovi.

Priloga B: Izračunana masa suhega ostanka za cikloheksanski in acetonski vzorec

Priloga C: Izračunan delež ekstraktivov za posamezen vzorec tkiva.

Priloga D: Podani rezultati o deležu celokupnih ekstraktivov, vsebnosti lipofilnih ekstraktivov, vsebnosti hidrofilnih ekstraktivov in vsebnosti celokupnih fenolov po posameznih drevesih.

Priloga E: Absorbanca pri A765 nm, slepega vzorca in različnih raztopin monohidrata galne kisline

OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

ZDA	Združene države Amerike
GGO	gozdnogospodarsko območje
ZGS	Zavod za gozdove Slovenije
%	odstotki
°C	stopinj Celzija
T	temperatura
cm	centimeter
m	meter
m ³	kubični meter
g	gram
mg/kg	miligramov na kilogram
mg/g	miligramov na gram
mg/l	miligramov na liter
g/mol	molska masa

1 UVOD

Les je ena najpomembnejših obnovljivih surovin na svetu. Slovenija spada med najbolj gozdnate države v Evropi. Gozdovi pokrivajo več kot polovico površine države (gozdnatost je 58-odstotna). Ker se lesne zaloge v Sloveniji povečujejo, bi bilo iz slovenskih gozdov potrebno izkoristiti še nekoliko več lesa. Zaradi nizke cene lesa, ki se pojavi na trgu zaradi prenasíčenosti trga ali zaradi nezanimanja za določeno drevesno vrsto, bi bilo potrebno takšne vrste izkoristiti v nove namene. Ena izmed drevesnih vrst, ki se smatra kot plevel, je tudi navadna robinija (*Robinia pseudoacacia* L.). Navadna robinija izvira iz jugovzhodnega dela Severne Amerike. Do danes se je zaradi pogozdovanja na izsušenih regijah razširila povsod po svetu. Pozitivne lastnosti lesa navadne robinije, ki se odražajo v visoki gostoti in odpornosti na obrabo, omogočajo njeno uporabo za različne industrijske namene (Torelli, 2002).

Les je dragocena surovina ne samo zaradi lesa, pač pa tudi zato, ker vsebuje širok spekter spojin, ki na trgu dosegajo visoko vrednost. Mednje sodijo ekstraktivi pa tudi nanoceluloza in lignin. Ena izmed vrst, ki so za pridobivanje ekstraktivov pomembne, je tudi navadna robinija (*Robinia pseudoacacia* L.).

Objavljeni rezultati o vsebnostih ekstraktivov dokazujejo visoko variabilno vsebnost ekstraktivov v lesu navadne robinije (Sergent in sod., 2014 cit. po Adamopoulos in sod., 2005). Razlike se pojavijo med starejšimi in mlajšimi fazami rasti (Sergent in sod., 2014 cit. po Kopitovic in sod., 1989). Novejše študije razkrivajo pomembne razlike v kemizmu med juvenilnim lesom in jedrovino navadne robinije (Sergent in sod., 2014 cit. po Haupt in sod., 2003). S temi ugotovitvami sovpadajo tudi ugotovljene razlike v odpornosti lesa robinije, ki kažejo, da je območje novo nastale jedrovine (mlajša jedrovina) bolj odporno proti glivam kot centralni jedrovinski del (starejša tkiva). (Sergent in sod., 2014 cit. po Dünisch in sod., 2010)

1.1 POVOD ZA RAZISKAVO

Les navadne robinije ima veliko relativno gostoto, obenem pa predstavlja trd, gost in trajen material (Torelli, 2002). Zaradi svoje trdote je les navadne robinije zelo težko oblikovati, kljub temu pa ima veliko uporabno vrednost (Torelli, 2002). Doslej so kemične lastnosti oziroma vsebnosti ekstraktivov v lesu robinije, ki raste v Sloveniji, relativno slabo raziskane, zato smo se odločili, da v diplomskem projektu raziščemo vsebnosti ekstraktivov v različnih delih drevesnega debla navadne robinije (*Robinia pseudoacacia* L.).

1.2 CILJ DIPLOMSKEGA PROJEKTA

Cilj pričujoče študije je bil raziskati vsebnosti lipofilnih in hidrofilnih ekstraktivov ter celokupnih fenolov v beljavi, jedrovini, skorji ter v lesu mrtvih in živih grč navadne robinije (*Robinia pseudoacacia* L.).

1.3 DELOVNE HIPOTEZE

- Pri preučevani vrsti navadne robinije (*Robinia pseudoacacia* L.) je vsebnost hidrofilnih ekstraktivov manjša od vsebnosti lipofilnih ekstraktivov.
- Vsebnost ekstraktivov je v grčah navadne robinije večja kot v njeni jedrovini.
- V beljavi navadne robinije je manjši delež ekstraktivov kot v jedrovini.

2 PREGLED OBJAV

2.1 OPIS NAVADNE ROBINIJE (*Robinia pseudoacacia* L.)

Navadna robinija je listopadno drevo ali grm. Njeni poganjki imajo pogosto vzdolžne robove, ki so lahko gladki, dlakavi ali lepljivi. List navadne robinije je premenjalen in lihopernat. Prilista sta preobražena v dva močna trna. Lističi so nasprotni ter celorobni na kratkih pecljih. Cvet navadne robinije je bele, vijolične ali škrlatno rožnate barve, združen v gostih visečih socvetjih. Seme navadne robinije ima trdo lupino (Mlakar, 1984).

Brus (2011) opisuje navadno robinijo kot listopadno drevo z višino do 30 m, ki se jo je prijelo pogosto napačno poimenovanje akacija. Navadna robinija ima redko in zračno krošnjo, ki je okrogle do dežnikaste oblike. Koreninski sistem ima v mladosti močno glavno korenino, v kasnejših letih pa se široko razraste in je relativno plitev. Pogosto se intenzivno razrašča s koreninskimi poganjki. Na koreninah se pojavijo bakterije iz rodu *Rhizobium*, ki presnavljajo zračni dušik in ga vežejo v tla. Na začetku rasti je skorja gladka in siva, pri starejših drevesih pa le-ta pogosto porjavi in globoko ter vzdolžno razpoka. V mladosti so poganjki goli, rjavkasto rdeči in vzdolžno rebrasti. Drobni brsti so skriti pod nabrekli zalistjem, ob njih pa sta dva močna trna do dolžine 2 cm. Veje so v mladosti cikcakasto skrivenčene. List navadne robinije je lihopernato sestavljen iz 9–21 lističev. Lističi so podolgovati, eliptični in celorobi z dolžino 3–6 cm ter zraščeni na kratkih pecljih. Prijetno dišeči cvetovi bele barve so združeni v viseča in bujna grozdasta socvetja dolžine 10–25 cm. Plodovi navadne robinije so gladki rjavi stroki dolžine 5–10 cm, ki vsebujejo 4–10 ledvičasto oblikovanih temno rjavih semen.

Olistanje in cvetenje navadne robinije nastopi v aprilu in maju, odpadanje listov in dozorevanje plodov pa septembra in na začetku oktobra (Mlakar, 1984).

KRALJESTVO:	Plantae – rastline
DEBLO:	Magnoliophyta – kritosemenke
RAZRED:	Magnoliopsida – dvokaličnice
RED:	Fabales – stročnice
DRUŽINA:	Fabaceae – metuljnice
PODDRUŽINA:	Faboideae
TRIBUS:	Robinieae – robinije
ROD:	<i>Robinia</i> – robinija
VRSTA:	<i>Robinia pseudoacacia</i> – navadna robinija

Slika 1: Botanična umestitev navadne robinije.

Navadna robinija izredno dobro uspeva na rahlih, globokih in rodovitnih peščenih tleh. Ne mara kamnitih terenov in rastišč z zastajajočo vodo. Prav tako dobro uspeva na zasoljenih

tleh, izredno slabo pa prenaša hudo sušo. Uspeva tam, kjer je dovolj svetlobe, predvsem pa v čistih sestojih. Povečana zasenčenost slabo vpliva na rast in razvoj navadne robinije. Občutljiva je tudi na nestabilne vremenske vplive, kot so sneg, veter in nizke temperature. V Evropi jo za gojenje priporočajo tam, kjer se nahajajo vinorodna območja (Brus 2011).

Severna Amerika predstavlja naravni areal navadne robinije (slika 2), vendar je tam obseg njenega rastišča izredno majhen in pokriva le dve manjši površini. Prva večja je v Apalačih med Pensilvanijo, Ohiom, Alabamo in severno Georgio. Drugi manjši del pa v južnem Misuriju, Arkansasu in Oklahomi. Ljudje so navadno robinijo razširili tudi v druge predele Severne Amerike. V Evropo jo je leta 1600 prinesel francoski botanik J. Robin. Navadna robinija je danes ena izmed najbolj gojenih drevesnih vrst na svetu (Brus, 2011).

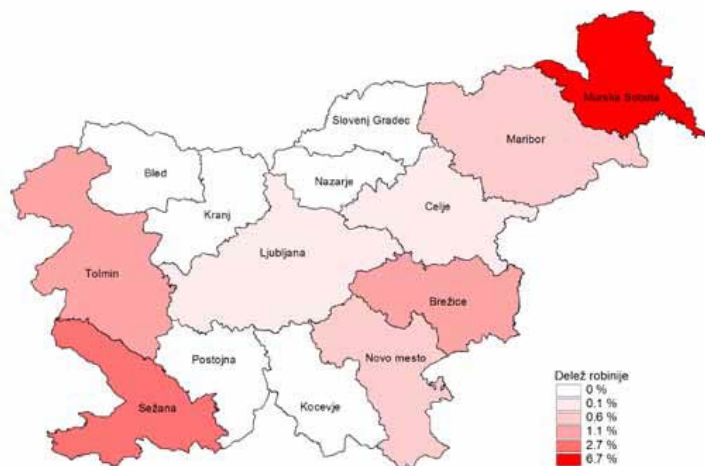


Slika 2: Naravni areal navadne robinije (*Robinia pseudoacacia* L.) v ZDA (Toreli, 2002).

V Sloveniji navadna robinija ni avtohtona drevesna vrsta, vendar se je v gozdnem prostoru izredno dobro vključila med domače vrste in postala najpogostejša tuja drevesna vrsta. Pred leti so jo sadili predvsem za utrjevanje nestabilnih rastišč in zaradi njenega lesa ter čebelje paše. V današnjem času se že sama širi subsponsano. Raste skoraj povsod po Sloveniji, najpogosteje pa se nahaja v nižinah in gričevjih do nadmorske višine okoli 600 metrov. Najpogosteje uspeva v panonskem in sredozemskem svetu, redkeje pa jo zasledimo na predelih dinarsko-kraškega sveta (Brus, 2011).

Celotna lesna zaloga navadne robinije je leta 2011 znašala 1 985 697 m³ oziroma 0,6 % celotne lesne zaloge gozdov v Sloveniji. Navadna robinija predstavlja v naših gozdovih največji delež tujerodnih drevesnih vrst, in sicer 2/3 lesne zaloge vseh tujerodnih vrst. Po podatkih Zavoda za gozdove Slovenije iz leta 2011 predstavlja navadna robinija največji delež v lesni zalogi gozdov v Gozdnogospodarskem območju (GGO) Murska Sobota (6,73

%) in v Kraškem GGO (2,68 %) (slika 3). Lesna zaloga navadne robinije v GGO Brežice je 1,09 % in v GGO Tolmin 1,05 %. Delež lesne zaloge navadne robinije v GGO Maribor je 0,59 %, v GGO Novo mesto 0,45 %, v GGO Celje 0,10 % in v GGO Ljubljana 0,06 %. V GGO Nazarje, Slovenj Gradec, Postojna, Kočevje, Kranj in Bled pa je delež te vrste zelo nizek, saj znaša pod 0,05 % (Kutnar in Kobler, 2013).



Slika 3: Prikaz deleža robinije po gozdnogospodarskih območjih ZGS glede na podatke iz leta 2011 (Kutnar in Kobler, 2013).

2.1.1 Makroskopske značilnosti navadne robinije (povzeto po Torelli 2002)

Jedrovina navadne robinije je zelene do temno rumene ali zlato rjave barve. Njena izrazito ozka beljava je rumenkasta. Zaradi venčasto porozne vrste so branike in letnice izredno izrazite. V jedrovini je rani les trahej močno otiljen in zaradi obilnega parenhima med njimi močno odstopa od temno obarvanega vlaknenega kasnega lesa. Pri navadni robiniji se začne črnjava tvoriti pri 3 do 4 letih starosti. Opaziti je mogoče mesečeve obroče, ki so sicer pogostejši pri hrastu, nastanejo pa zaradi lomov vej med dolgo ter izjemno hudo zimo (Torelli, 2002).

2.1.2 Mikroskopske značilnosti navadne robinije (povzeto po Torelli 2002)

Navadna robinija je venčasto porozna drevesna vrsta. Libriformska vlakna so osnovno vlakneno tkivo. Vlaknaste traheide se ne pojavljajo. Rani les sestavljajo 1–3 kolobarji širokih por. Opazen je postopen prehod v kasni les. V ranem lesu so večinoma posamezne pore. V kasnem lesu so drobne pore, ki so poligonalne v gostih gnezdih, ob letnici pa so v poševni ali tangencialnih pasovih (Torelli, 2002).

Pretežno se pojavijo 3 do 5 redni trakovi, lahko so pa tudi 1 do 7. Homogeno trakovno tkivo je redkeje heterocelularno s kvadratnimi robnimi celicami. Med trakovnimi celicami in trahejami so enostavne do obokane piknje. Prizmatični kristali se pojavljajo v trakovih (Torelli, 2002).

Razporejenost aksialnega parenhima je paratrahealno-vazicentrično, paratrahealno-aliformno, konfluentno interterminalno/incialno. Pojavi se v obliki fuziformnih (vretenastih) celic (Torelli, 2002).

2.1.3 Uporabnost navadne robinije

Torelli (2002) navaja, da je les navadne robinije trden, elastičen in trajen, vendar je zaradi slabe oblikovanosti debela raba robinije omejena. Dimenzijske stabilnosti, trdota in obarvanost omogočajo, da lahko les robinije uporabljamo za parket in dekorativno rezan furnir (Torelli, 2002). Uporablja se za železniške pragove in kot gradbeni ter jamski les, saj pri obremenitvi glasno poka. Prav tako ga lahko uporabljamo za gradnjo mostov in ladij ter za izdelavo sodov in vinogradniških kolov.

Les navadne robinije ob gorenju doseže visoke temperature in ima, tako kot premog, počasno izgorevanje, zato daje kvalitetno oglje. Energijski donos lesa znaša okoli 19,44 kJ/kg, prav tako kot je energijski donos zmernih širokolistnih dreves (Torelli, 2002 cit. po Stringer in Carpenter, 1986).

Navadna robinija kot drevesna vrsta spada med najbolj medonosne drevesne vrste, saj lahko dnevni donos doseže do 7 kg medu na panj. Mlada socvetja lahko v manjših količinah uživamo presno ali jih ocvremo. Iz socvetja navadne robinije lahko pripravljamo različne sirupe in pijače, zanje pa je značilno, da imajo zdravilne lastnosti (Brus, 2012).

2.2 EKSTRAKTIVI

2.2.1 Ekstraktivne spojine v lesu

Drevesna tkiva vsebujejo poleg gradnikov celične stene tudi različne snovi z majhno in srednjo molekulsko maso, ki jih je mogoče iz lesa ekstrahirati z organskimi topili ali vodo, zato jih imenujemo lesni ekstraktivi (Oven in sod., 2011). V drevesnih vrstah zmernega klimatskega pasu je ekstraktivov relativno malo, pri nekaterih tropskih lesnih vrstah pa lahko predstavljajo od 20 do 35 % mase absolutno suhega lesa (Oven in sod., 2011 cit. po Panshin in de Zeeu, 1980). V splošnem je njihova količina v lesu majhna, ekstrakt posamezne lesne vrste pa običajno sestavlja izjemno veliko število različnih spojin. Pomembno skupino lesnih ekstraktivov predstavljajo fenolne spojine (Oven in sod., 2011).

Ekstrakcija je postopek, s katerim z ustreznim topilom odstranjujemo topne komponente iz trdnih ali tekočih snovi oziroma zmesi. Sestavljen je iz dveh zaporednih operacij. S prvo operacijo zagotovimo stik topila s snovjo, v drugi pa obe fazi ločimo (Vek in Oven, 2011). Način ekstrakcije in izbira pogojev, pri katerih bo le-ta potekala, sta odvisna od deleža in porazdelitve topne komponente, naravne snovi ter od velikosti delcev materiala, ki ga bomo ekstrahirali (Vek in Oven, 2011 cit. po Peklar 2009). Ko govorimo o ekstrakciji lesa, imamo v mislih večinoma ekstrakcijo trdo-tekoče, torej komponente ekstrahiramo iz trdnega homogenega vzorca. Pri ekstrakciji se danes uporabljajo številna topila v različnih kombinacijah (kloroform/etil acetat, etanol/kloroform/etil acetat, kloroform/etil acetat/metanol ali etanol/voda/etil acetat/butanol), kar je ključnega pomena za nadaljnje analize (Vek in Oven, 2011 cit. po Zule, 2008).

Lesni ekstraktivi so bolj ali manj polarni, zato jih lahko na osnovi topnosti v različnih topilih razdelimo na dve skupini (Vek in Oven, 2011):

- lipofilni ekstraktivi: terpenoidi, maščobe in olja, voski, maščobne kisline, smolne kisline, maščobni alkoholi;
- hidrofilni ekstraktivi: enostavni fenoli, stilbeni, lignani, flavonoidi, tanini.

Lipofilni ekstraktivi so topni v nepolarnih organskih topilih, kot so npr. cikloheksan, pentan, toluen, petroleter ali diklorometan. Hidrofilni ekstraktivi so topni v vodi in ostalih polarnih topilih (Vek in Oven, 2011 cit. po Willför in sod., 2006). Lipofilni ekstraktivi, ki se v lesu najpogostejše pojavljajo kot alifatske spojine, lahko negativno vplivajo na sam postopek analize (zamašitev kolon) spojin polifenolnega značaja (Vek in Oven, 2011 cit. po Slanina in Glatz, 2004). Znano je, da se pri ekstrakciji lesa z acetonom poleg določenih fenolov in fenilnih glikozidov odstranijo tudi smolne komponente lesa ter nekateri ogljikovi hidrati (Vek in Oven, 2011 cit. po Holmbom, 1999). Posledica omejenih interakcij je lahko formacija kompleksov, ki so v izbranem topilu lahko netopni. Zaradi tega je priporočljivo, da se vse nezaželenne "ne-fenolne" komponente odstranijo s predhodno oziroma nadaljnjo ekstrakcijo z nepolarnim topilom (Vek in Oven, 2011 cit. po Willför in sod., 2006).

Pridobljeni fenolni ekstrakti iz rastlinskih tkiv predstavljajo raznoliko mešanico fenolnih spojin, topnih v izbranem topilu. Najpogosteje uporabljena topila za ekstrakcijo fenolov iz rastlinskih tkiv, torej tudi iz lesa, so metanol, aceton, etanol, propanol, etil acetat ter različne zmesi topil. Pogosto se tem topilom dodaja določen delež vode. Penetracija samega topila se s tem izboljša in omogoči ekstrakcijo bolj polarnih spojin, kot so npr. fenolni glikozidi (Vek in Oven, 2011 cit. po Willför in sod., 2006).

Pogosto polarnim topilom z namenom povečevanja ekstrakcijske učinkovitosti dodajamo 0,1–3 % kisline (HCl, HCOOH ali CH₃OOH). Za učinkovito ekstrakcijo taninov in antocianinov se uporabljajo nakisana polarna topila (Vek in Oven, 2011 cit. po Hagerman, 1988). Fenolne snovi se med ekstrakcijo iz lesnega matriksa ne smejo kemijsko spremeniti, zato so način vzorčenja, shranjevanja in predhodne obdelave ključnega pomena (Vek in

Oven, 2011 cit. po Zule, 2008). Seveda na donos vpliva tudi čas ekstrakcije, pri čemer lahko ekstrakcija poteka od 1 minute do 24 ur. Pri daljših časovnih ekstrahiranjih se pojavi možnost oksidacije fenolnih spojin. Temu se lahko izognemo z uporabo antioksidativnih reagentov. Tudi razmerje vzorec/topilo (torej razmerje med zatehto in topilom) močno vpliva na količino ekstrahiranih snovi. (Vek in Oven, 2011 cit. po Naczk in Shahidi, 2007).

Ekstraktive pogosto označujemo tudi z izrazom akcesorne snovi. S tem izrazom so v preteklosti označevali manj pomembne, obstranske spojine v lesu. Menili so, da so te spojine prisotne v manjših količinah in nimajo pomembne vloge v fiziologiji rastlin. Kasneje se je izkazalo, da je njihova funkcija zelo pestra, saj med drugim ščitijo les pred okužbo z glivami in škodljivci ter pred napadi insektov in bakterij (Oven in sod., 2011). Ekstraktivi so večinoma stranski in končni produkti živega drevesa, ki za rastlino niso uporabni v primarnem metabolizmu in se odlagajo v mrtve celice lubja ter jedrovine, ki se s tem tudi obarva. Jedrovina lahko vsebuje popolnoma drugačne snovi od tistih, ki so v beljavi in skorji. Lahko pa so tudi take kot v beljavi, toda v različnih količinah. Vsebnost toksičnih spojin zelo variira. Odvisna je od letnega časa, geografske lege, rastišča in ekoloških pogojev. Njihova količina je različna celo med posameznimi osebki iste vrste, ki rastejo na istem mestu in so med seboj oddaljeni le nekaj metrov (Tišler in Lipušček, 2001).

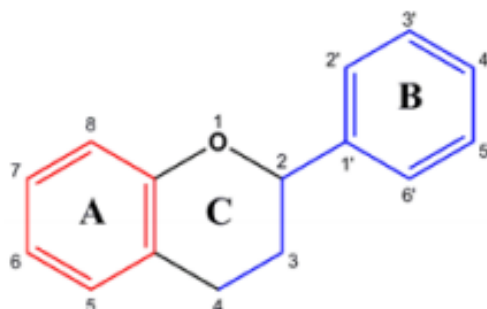
Med zelo zanimivimi ekstraktivi lesa so stilbeni. To so spojine, ki imajo molekulsko zgradbo C6-C2-C6. Značilno je, da v UV-svetlobi modro fluorescirajo. Kot optični belileci se uporabljajo v pralnih sredstvih, ker dajejo v beli svetlobi vtis posebne beline. Pri stiku s kožo občutljivih ljudi povzročajo alergije in draženje kože. V lesovih zasledimo naslednje stilbene: 4-hidroksistilben, 4-metoksistilben, pinosilvin, pinosilvindimetileter, piceid in druge (Tišler in Lipušček, 2001).

Piceatanol (stilbenoid, tip fenolnih spojin) in resveratrol imata protiglivične lastnosti. V zadnjih letih jima posvečajo več pozornosti, prav tako pa zanju narašča povpraševanje. Zaradi različnih blagodejnih učinkov na zdravje se štejeta kot potencialno uporabni spojini za razvoj zdravil (Sergent in sod., 2014 cit. po Piotrowska in sod., 2012). Najpomembnejši vir resveratrola v prehrani so rdeče grozdje, črni čaj, jabolčni sok in rdeče vino, ki v majhnih količinah vsebujejo tudi piceatanol. Glavni naravni vir omenjenih spojin so korenine japonskega dresnika (*P. cuspidatum*) in so v razponu od 150 do 1770 mg/kg za resveratrol in od 25 do 67 mg/kg za piceatanol (Sergent in sod., 2014 cit. po Benova in sod., 2008). Sergent in sod. (2014) so v jedrovini robinije odkrili veliko piceatanaola in resveratrola. Posebno v adultni jedrovini so piceatanol določili do vrednosti približno 650 mg/kg lesa, pri čemer je količina vsaj desetkrat višja kot v japonskem dresniku (*P. cuspidatum*) (Sergent in sod., 2014). Resveratrol je bil prisoten do vrednosti približno 271 mg/kg lesa, ki so primerljive z vrednostmi v *P. cuspidatum* (Sergent in sod., 2014). Rezultati njihove študije kažejo, da se lahko adultna jedrovina navadne robinije šteje kot nov vir za proizvodnjo pomembnih količin piceatanaola in resveratrola (Sergent in sod., 2014).

2.3 FLAVONOIDI

V rastlinskem svetu so flavonoidi zelo razširjena in številčna skupina fenolnih derivatov. Skupina šteje okoli 6500 različnih spojin (Oven in sod., 2011 cit. po Waksmundzka-Hjanos in sod., 2011). Najpogostejše se nahajajo v živih tkivih rastlin kot glikozidi z glukozo, glaktozo, arabinozo, ramnozo in kompleksnejšimi oligosaharidi, lahko pa so vezani na amino skupine, terpenoide in lipide (Oven in sod., 2011 cit. po Kure, 2006). V jedrovini najdemo proste aglikone, ki po encimski hidrolizi nastanejo iz flavonoidov (Oven in sod., 2011 cit. po Goodwin in Mercer, 1983).

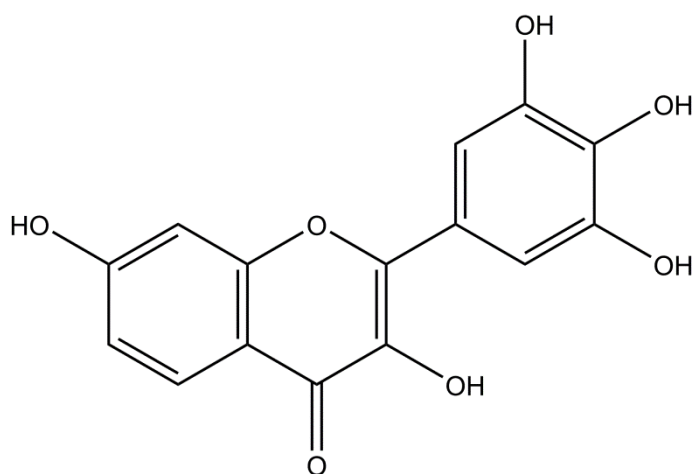
Na splošno se izraz flavonoid uporablja za opis naravnih produktov rastlin, katerih molekulska struktura temelji na 15 ogljikovih atomih. Atomi so urejeni v difenilpropansko ogrodje ($C_6-C_3-C_6$), torej dva aromatska obročja povezujeta most s tremi ogljikovimi atomi (Oven in sod., 2011 cit. po Umezawa, 2001). Molekula večine flavonoidov temelji na strukturi flavana, ki je sestavljen iz dveh aromatskih obročev in ju povezuje tetrahidropiranski obroč (slika 4). Levi obroč se označuje kot obroč A, desnega pa po dogovoru označujemo kot obroč B, heterociklični obroč med njima je obroč C.



Slika 4: Osnovna struktura flavonoidov je flavan ali 2-fenilkroman; z modro je označen fenilpropanoidni del molekule (C_6-C_3), ki izvira iz šikimatno-cimetne poti, z rdečo pa obroč C6, ki nastane po acetatno malonatni poti (Oven in sod., 2011).

Flavonoide lahko razvrstimo na halkone, flavanone, aurone, flavanonole, flavone, flavonele, flavan-3-ole, flavan-3,4-diole in antociane (Oven in sod., 2011 cit. po Umezawa, 2001). Flavanoni in flavanonoli, flavoni in flavonoli ter flavanoli se pojavljajo predvsem v lesnih tkivih (Oven in sod., 2011 cit. po Harborne, 1989).

V jedrovini navadne robinije prevladujejo polifenoli, med njimi pa predvsem flavonoidi. Zelo pomembna flavonoida, ki v jedrovini prevladujeta in imata fungicidne lastnosti, sta dihidro-robinetin in robinetin (slika 5) (Sergent in sod., 2014 cit. po Magel in sod. 1994).



Slika 5: Robinetin je značilen flavonoid jedroivne navadne robinije.

3 MATERIALI IN METODE

3.1 MATERIAL

3.1.1 Kemikalije

Kemikalije, ki smo jih uporabili v eksperimentu, in njihove osnovne značilnosti so prikazane v preglednici 1.

Preglednica 1: Kemikalije, uporabljene pri analizah

Vrsta kemikalije	Formula	Vrsta topila	Molska masa [g/mol]	Tališče [°C]	Vrelišče [°C]	Proizvajalec
Cikloheksan	C ₆ H ₁₂	nepolarno	86,16	4–7	80,7	Sigma-Aldrich
Aceton	CH ₃ COCH ₃	polarno	58,08	– 94	56	J. T. Baker
Destilirana voda	H ₂ O	polarno	18,02	0	100	Laboratorij BF-lesarstvo
Reagent FC	/	/	/	/	/	Sigma
Natrijev karbonat	Na ₂ CO ₃	/	105,99	851	1600	Riedel-deHaen
Monohidrat galne kisline	C ₇ H ₆ O ₅	/	188,13	/	/	Fluka

3.1.2 Izbor in posek drevesa

Les navadne robinije, ki smo ga potrebovali za izvedbo eksperimenta, smo dobili iz državnega gozda na območju občine Središče ob Dravi v kraju Obrež. V mesecu maju smo se z gozdarjem odpravili na omenjeno lokacijo, kjer je bilo načrtovano redčenje plantažnega nasada navadne robinije (slika 6). Za eksperiment je sekač posekal šest dreves in iz vsakega drevesa izžagal tri kolute na različnih višinah (slika 7). Prvi kolut je bil izžagan pri koreničniku, drugi in tretji kolut pa v območju krošnje, kjer se je pojavil les žive in mrtve grče.



Slika 6: Gozd plantažirane navadne robinije na območju Obreža (Središče ob Dravi, Slovenija).



Slika 7: Izžagani koluti koreničnika, žive in mrtve grče iz debla navadne robinije.

V gozdu smo na drevesih opravili naslednje meritve:

- premer debla (130 cm od nadzemnega dela drevesa),
- višino drevesa,
- višino odvzema kolotov (koreničnika, mrtve in žive grče).

3.2 METODE

3.2.1 Razrez in meritve

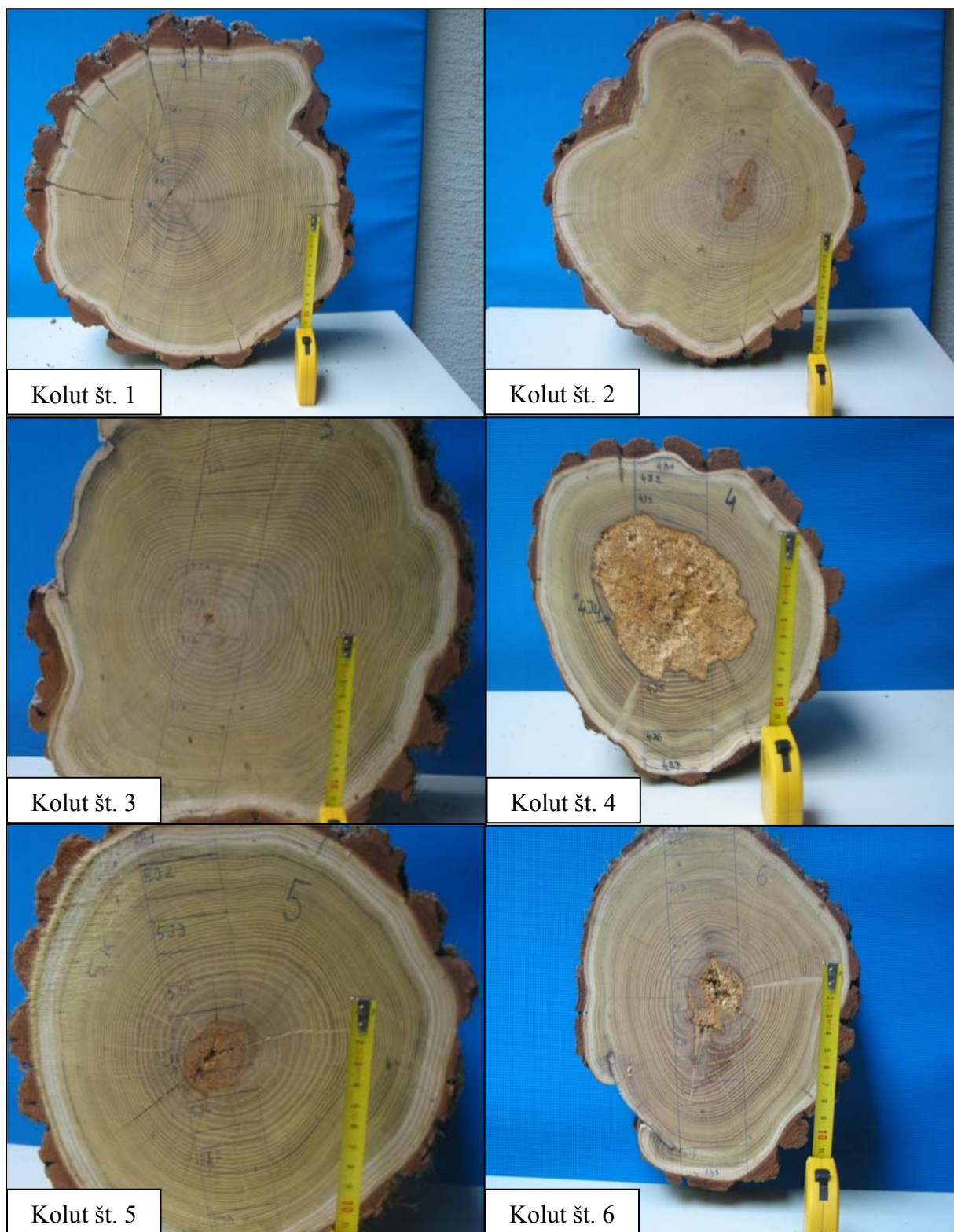
Material smo pripeljali v mizarsko delavnico. Na kolutih koreninika smo opravili naslednje meritve:

- število branik jedrovine,
- premer jedrovine,
- število branik beljave,
- premer beljave,
- premer koluta.

Na kolutih vseh šestih dreves smo označili območja, od koder bomo izžagali bodoče vzorce, ter jih dokumentirali (slika 9 in 10). Z razrezom kolotov na tračni žagi smo dobili vzorce skorje, beljave ter jedrovine. Iz kolotov, v katerih so bile mrtve in žive grče, smo izrezali vzorec posamezne grče. Vzorce smo izrezali s tračno žago (slika 8) ter jih shranjevali v označene prahovke.



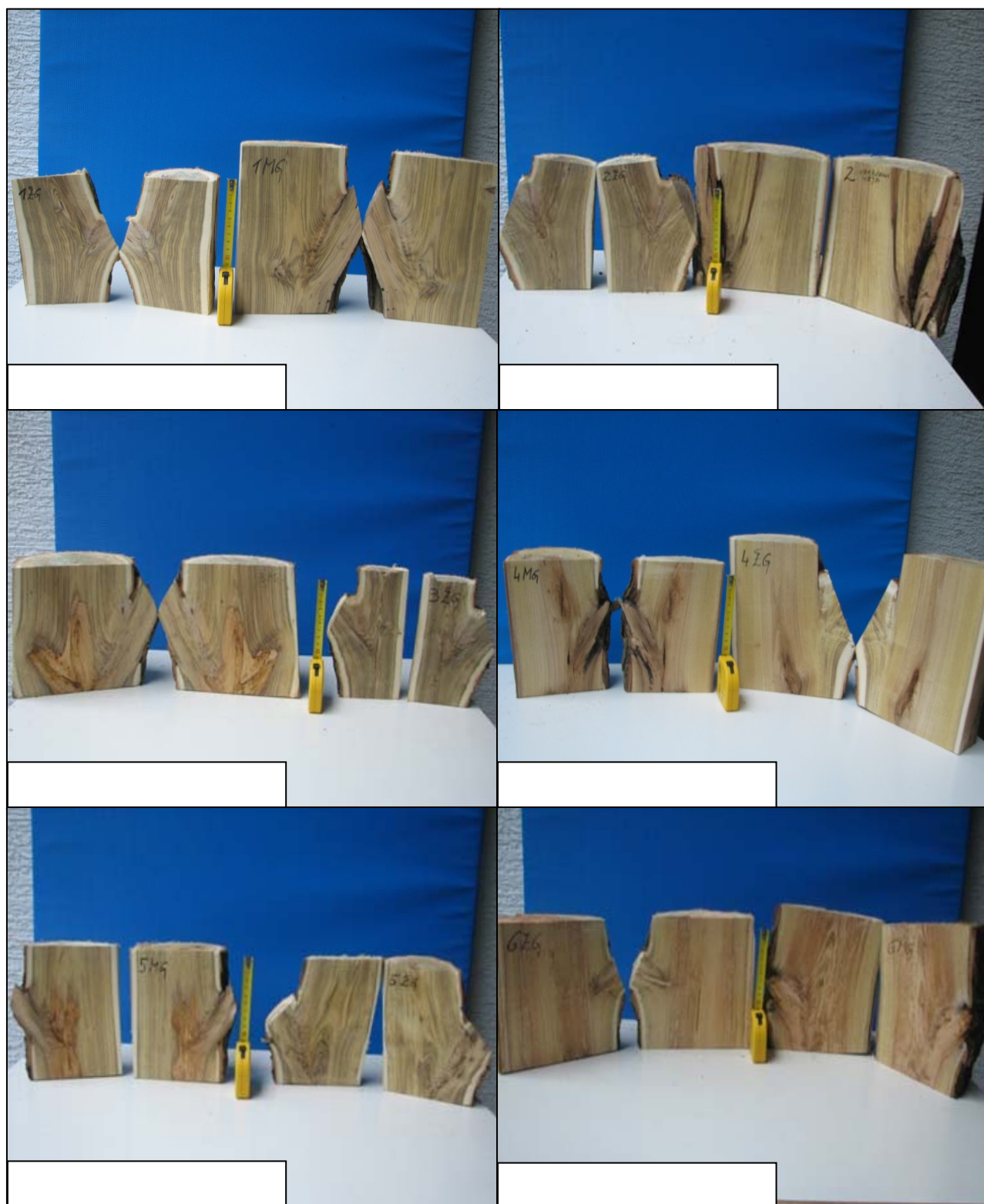
Slika 8: Razrez kolotov koreninika na tračni žagi.



Slika 9: Koluti korenčnika vseh šestih dreves robinije.

Vivod B. Vsebnost ekstraktivov v lesu robinije (*Robinia pseudoacacia* L.).

Dipl. projekt. Ljubljana, Univ. v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Odd. za lesarstvo, 2015



Slika 10: Prepolovljeni kolti mrtve in žive grče šestih robinij.

3.2.2 Mletje vzorcev

Vzorci, ki smo jih razžagali na tračni žagi, je bilo potrebno zmleti v droben lesni prah. To smo storili v Laboratoriju za patologijo in zaščito lesa. Za mletje smo uporabljali laboratorijski mlin Retsch SM 2000 (slika 11). Posameznemu vzorcu lesa smo v prahovko dodali suhi led (slika 12) ter počakali 2 minuti, da se je vzorec ohladil. Suhi led smo dodali, da bi preprečili segrevanje materiala, zaradi česar bi se spremenila kemična sestava vzorca. Zaradi težav, ki so se pojavile pri mletju (zatikanje delcev v stroju), je bilo potrebno nekatere večje vzorce lesa z dletom zmanjšati na ustrezno velikost.

Po mletju vsakega posameznega vzorca lesa smo lesni prah spravili v označene prahovke. Zaradi različnih vzorcev je bilo potrebno po vsakem mletju mlin očistiti za vsak nadaljnji vzorec. Pri čiščenju smo uporabili čopič in sesalec, da ne bi prišlo do onesnaženja naslednjega vzorca s prahom prejšnjega. Za mletje vzorca smo porabili 4 minute, za čiščenje pa okoli 5 minut za vsak vzorec.



Slika 11: Laboratorijski mlin Retsch SM 2000.



Slika 12: Dodajanje suhega ledu v prahovke z vzorcem.

3.2.3 Določitev vlažnosti vzorcev in delež suhe snovi

Za gravimetrično metodo smo uporabili analitsko tehtnico Mettler Toledo XS (slika 13). Rezultate smo podali na štiri decimalna mesta. Za serijo vzorcev smo pripravili tehtiče, ki smo jih označili z oznako za posamezno drevo in iz katerega tkiva je bil vzorec vzet. Tehtiče smo dali v sušilnik na temperaturo 105 °C za približno 30 minut. Sledilo je uravnotežanje temperature in vlage s pomočjo eksikatorja. S tem smo dobili absolutno maso tehtičev.

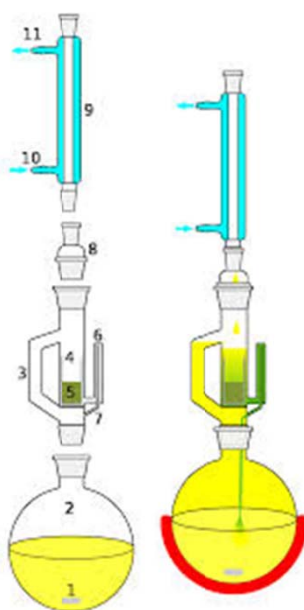
V tehtiče smo natehtali 1 g vlažnega lesnega prahu ter jih dali v laboratorijski sušilnik za 24 ur (pri temperaturi 105 °C). Ko so se vzorci posušili do absolutno suhega stanja, smo jih ponovno tehtali in s podatkov izračunali delež suhe snovi (glej poglavje Izračuni).



Slika 13: Analitska tehnica Mettler Toledo XS.

3.2.4 Soxhletova ekstrakcija

Nemški raziskovalec Franz von Soxhlet je leta 1879 izumil ekstrakcijski aparat Soxhlet (slika 14). Zasnovan je bil za ekstrakcijo lipidov iz trdih materialov, vendar ni omejen samo na to vrsto ekstrakcije. Značilno za Soxhletovo ekstrakcijo je, da ima želena spojina omejen delež topnih snovi, ki so topne v topilu, in nečistoče, ki so netopne v topilu. Po vsakem ciklu se topilo reciklira in ponovno topi snovi, ki so topne v njem. Zaradi tega se pri majhni količini topila raztopi večja količina materiala (Soxhlet extractor, 2015).



Slika 14: Soxhletov aparat (Soxhletova ekstrakcija, https://en.wikipedia.org/wiki/Soxhlet_extractor, 2015).

Elementi Soxhletove aparature (slika 14):

- 1 Topilo
- 2 Bučka
- 3 Potovanje hlapov topila
- 4 Topilo, ki se kondenzira
- 5 Tulec z vzorcem
- 6 Točka, ko poteče cikel
- 7 Stekanje topila v bučko
- 8 Vezni element
- 9 Hladilna površina
- 10 Vhod vode
- 11 Izhod vode

Aparat deluje tako, da v bučko nalijemo topilo. Topilo se s pomočjo grelnikov segreje na želeno temperaturo, ki jo nastavimo na aparatu. Ko se topilo segreje, začne izhlapevati (slika 14), hlapi topila se kondenzirajo v vodnem hladilniku. Vodni hladilnik hladimo s svežo vodo, da dosežemo dovolj nizko temperaturo v hladilnem sistemu. Kondenzirane kapljice oblivajo prostor, kjer je naš tulec z vzorcem. Topilo se mora napolniti do določene točke (oznaka 6 na sliki 14), da premaga višinsko razliko in se izlije nazaj v bučko. Tako v Soxhletovi aparaturi poteče en cikel. Čas cikla je odvisen od topila in temperature segrevanja. Cikel se ponavlja, topilo izhlapeva, topne snovi pa ostanejo raztopljene v topilu v bučki.

3.2.5 Izvedba ekstrakcije

Pripravili smo celulozne tulce (slika 15) in vsakega pokrili z vato ter označili z ustrezno oznako, ki pripada posameznemu vzorcu. Pripravljene tulce smo za 24 ur dali v sušilnik na temperaturo 105 °C. Po sušenju smo vzorce za 1 uro postavili v eksikator. Nato smo stehali prazne tulce, da smo dobili maso absolutno suhega tulca. Med tehtanjem smo morali biti izredno pozorni na to, da smo tulce hitro stehali, da se na zraku niso navlažili.



Slika 15: Celulozni tulci, napolnjeni z vato.

Za prvo ekstrakcijo smo potrebovali 12 tulcev. V tulcih so bila različna tkiva enega drevesa. Imeli smo vzorec skorje, po dva vzorca beljave, več vzorcev jedrovine (odvisno od drevesa), ter živo in mrtvo grčo. V vsak tulec smo natehtali 2,5 g posameznega vzorca. Postopek smo ponovili za vseh šest dreves.

Ekstrakcija je potekala:

- z nepolarnim topilom cikloheksanom (C_6H_{12}), ki je brezbarvna lahko gorljiva tekočina z značilnim vonjem;
- s polarnim topilom – zmes acetona in destilirane vode (C_3H_6O/H_2O ; 95/5; v/v), ki je brezbarvna hlapna in vnetljiva tekočina.

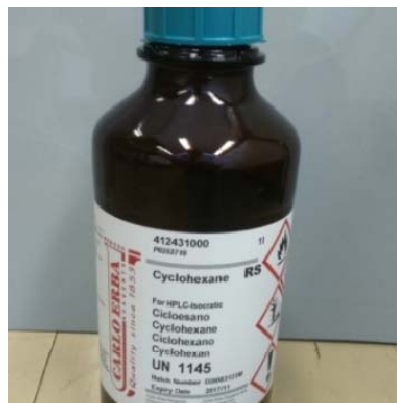
Vzorce smo najprej ekstrahirali z nepolarnim topilom cikloheksan, nato pa še s polarnim topilom aceton/voda (95 %; v/v).

Vivod B. Vsebnost ekstraktivov v lesu robinije (*Robinia pseudoacacia* L.).

Dipl. projekt. Ljubljana, Univ. v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Odd. za lesarstvo, 2015



Slika 16: Aceton



Slika 17: Cikloheksan

V laboratoriju smo pripravili 12 bučk. V vsako bučko smo dali po 4 vrelnke kamenčke in v vsako nalili 250 ml cikloheksana. Vključili smo Soxhletov aparat, da se je aparatura segrela na 120 °C. Med tem časom smo pripravili ekstraktorje, v katere smo vstavili tulce z vzorci in sestavili aparaturo. Ko je bila aparatura sestavljena, smo počakali toliko časa, da se je topilo segrelo in je potekel prvi cikel ekstrakcije dvanajstih vzorcev. Ekstrakcija je potekala 6 ur pri temperaturi 120 °C (slika 18). Ko je ekstrakcija potekla, smo počakali, da se je topilo ohladilo na približno 50 °C, in ga vzeli iz aparata. Iz vsake od 12 bučk smo prelili vzorec v stekleničke z prostornino 250 ml.



Slika 18: Soxhletov aparat med ekstrakcijo s cikloheksanskim topilom.

Po ekstrakciji smo aparat očistili z acetonom. Tulce z vzorci smo dali v digestorij za 24 ur, da je topilo izhlapelo. Ponovno smo pripravili bučke, v katere smo sedaj nalili polarno topilo aceton/voda v razmerju 95 : 5 (v/v). Ponovno smo sestavili Soxhletov aparat, le da smo tokrat topilo segreli na 110 °C (čas ekstrakcije 6 ur). Po končani ekstrakciji (slika 19) smo vzorce prelili v stekleničke. Za vseh šest dreves smo ponovili enak Soxhletov postopek, da bi dobili čim bolj relevantne podatke, ki smo jih kasneje med seboj primerjali.

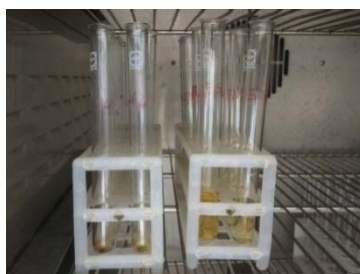


Slika 19: Ekstrakcija po Soxhletu z acetonskim topilom.

Maso ekstrahirane snovi v tulcu smo izračunali z gravimetrično metodo (glej poglavje Izračuni). Zanimali so nas tudi deleži ekstraktivov, ki so se ekstrahirali v posameznem topilu. V cikloheksanu smo delež snovi, ki so se ekstrahirale, določili tako, da smo iz stekleničk s pipeto odmerili 10 ml ekstrakta in ga prelili v absolutno suhe in predhodno stehtane epruvete (slika 20). Epruvete z vzorci smo nato za 48 ur postavili v sušilnik pri temperaturi 105 °C (slika 21), da je topilo izhlapelo. Tako smo dobili maso absolutno suhega ostanka (glej poglavje izračuni). Delež snovi, ki so se ekstrahirale v acetonu, smo določili po enakem postopku kot pri vzorcih ekstrakcije s cikloheksanom (glej poglavje Izračuni).



Slika 20: Pipetiranje vzorcev v epruvete.



Slika 21: Sušenje epruvet z vzorcem v sušilniku.

3.2.6 UV/VIS-spektrofotometrija

S spektroskopskimi metodami določimo kemijsko sestavo materiala, ugotavljamo vsebnost določenih kemijskih elementov ali delcev v vzorcu. Za določanje koncentracij v raztopinah se uporablja spektralna fotometrija, ki temelji na absorpciji svetlobe (UV, vidne) v raztopini. Iz količine absorbirane svetlobe (merjenje intenzivnosti svetlobe, ki je prodrla skozi vzorec) ugotovimo koncentracijo v raztopini, če vemo, kateri del spektra absorbirajo iskalni elementi.

UV/VIS-spektroskopija temelji na absorpciji vidne in ultravijolične svetlobe. Pri absorpcijskem procesu kemijske substance za svetlobo v prepustnem mediju selektivno sprejemajo točno določene frekvence elektromagnetnega sevanja. Ko absorbira fotone določenih valovnih dolžin pri atomu, ionu ali molekuli, pridobi s tem njihovo energijo in preide iz osnovnega (stabilnega stanja z nižjo energijo) v vzburjeno stanje (nestabilno stanje z višjo energijo). Če se zmanjšuje intenziteta elektromagnetnega valovanja po prehodu skozi raztopino, absorbanca raztopine narašča (Lobnik, 2010).

Definiranost absorbance A je: $A = \log_{10} T = \log \frac{I_0}{I}$,

kjer je A = absorbanca, T = transmisija, I = izhodna intenziteta sevanja, I_0 = začetna intenziteta sevanja.

3.2.7 Beer-Lambertov zakon (povzeto po Pivk, 2011)

Za spektrofotometrične meritve velja Beer-Lambertov zakon. V raztopinah se absorbira vpadna svetloba določene valovne dolžine ali pasu valovnih dolžin, čeznje pa prehaja prepuščena svetloba. Meritev absorbance tekočih vzorcev lahko izvajamo samo takrat, kadar merimo koncentracijo snovi, ki imajo sposobnost absorbirati svetlobo in so raztopljene v mediju, prepustnem za svetlobo.

Zakon velja takrat, ko so izpolnjeni naslednji pogoji:

- potrebna je monokromatska svetloba, razen če je vzorec sposoben absorbirati pas valovnih dolžin;
- svetloba, ki pade na vzorec, se mora absorbirati;
- koncentracija snovi ne sme biti previsoka niti prenizka (meritve absorbance naj bi se izvajale v linearnem območju v vrednosti absorbance 0,1–1,0).

Lambertov zakon: $A = c \times l \times \varepsilon$, kjer je A = absorbanca, c = koncentracija raztopine (mol/l), l = dolžina poti valovanja skozi raztopino [cm], ε = molarna absorptivnost.

3.2.8 Določitev deleža celokupnih fenolov

Da smo določili koncentracijo celokupnih fenolov v ekstraktih robinije, smo potrebovali Folin-Ciocalteaujev reagent, raztopino natrijevega karbonata in monohidrat galne kisline. Po Folin-Ciocalteaujevi metodi smo določili delež celokupnih fenolov na UV-VIS-spektrometru.

3.2.8.1 Priprava vzorcev

Iz 250-mililitrskih stekleničk, v katerih smo imeli vzorce ekstraktov (acetonskih), smo s pipeto iz vsakega vzorca odvzeli po 0,5 ml ekstrakta in ga prestavili v 15-mililitrske stekleničke (slika 22). Nato smo vse vzorce prestavili v vakuumski eksikator (slika 23). Tlak smo nastavili na 20 mbar za čas 24 ur (pri sobni temperaturi). V tem času je izhlapelo acetonsko topilo, ostal je suhi ostanek, ki smo ga potrebovali pri nadaljevanju našega dela. Suhi ostanek smo raztopili v 0,5 ml metanola.



Slika 22: Priprava vzorcev za pipetiranje v 15-mililitrske stekleničke.



Slika 23: Vakuumski eksikator, v katerem je izhlapevalo acetonsko topilo.

3.2.8.2 Priprava razredčenega Folin-Ciocalteaujevega reagenta

Za pripravo reagenta smo potrebovali Folin-Ciocalteau reagent in destilirano vodo v razmerju 1:9 (v/v). Pripravili smo le potrebno količino Folin–Ciocalteaujevega reagenta, ker mora reagent ostati svež. Reagent smo pripravili za vsako serijo vzorcev posebej.



Slika 24: Folin-Ciocalteaujev reagentin in destilirana voda v razmerju 1 : 9 (v/v).

3.2.8.3 Priprava raztopine natrijevega karbonata

Raztopino natrijevega karbonata (Na_2CO_3) smo pripravljali vzporedno s Folin-Ciocalteaujevim reagentom. V čašo smo natehtali 7,5 g natrijevega karbonata (slika 25) in ga prelili s 100 ml destilirane vode. Raztopino smo dobro premešali. Pomagali smo si z ultrazvočno kopeljo, da se je Na_2CO_3 dobro raztopil.



Slika 25: Tehtanje natrijevega karbonata.



Slika 26: Raztopina natrijevega karbonata.

3.2.8.4 Priprava standardne raztopine galne kisline

Za pripravo standardne galne kisline smo uporabili monohidrat galne kisline, metanol in destilirano vodo. Pri pripravi 200 mg/l galne kisline smo najprej natehtali 0,1 g suhe monohidrat galne kisline ter dodali 5 ml metanola, da se je zmes raztopila. Nato smo raztopino prelili z destilirano vodo do oznake 500 ml na merilni bučki.

Pri umeritveni krivulji smo uporabili različne koncentracije monohidrat galne kisline. Za slepi vzorec smo uporabili metanol, ki smo ga redčili z destilirano vodo. Koncentracija standardnih raztopin galne kisline je bila 7,3 mg/l; 15,6 mg/l; 31,25 mg/l; 62,5 mg/l; 125 mg/l; 250 mg/l in 500 mg/l (slika 27).



Slika 27: Različne koncentracije standardne raztopine galne kisline.

3.2.9 Priprava vzorcev za spektrofotometrično merjenje

Stekleničke z vzorci smo vzeli iz vakuumskega eksikatorja, dodali 5 ml metanola in jim s pipeto dodali še 2,5 ml pripravljenega Folin-Ciocalteaujevega reagenta. V roku 5 minut smo v vsako stekleničko dodali še 2,0 ml natrijevega karbonata (slika 28). Stekleničke smo nato privili s pokrovčkom in jih dobro premešali. Sledila je inkubacija za čas 1,5 ure pri sobni temperaturi. Vzorce smo pokrili z aluminijasto folijo, da ne bi zaradi svetlobe prišlo do sprememb.

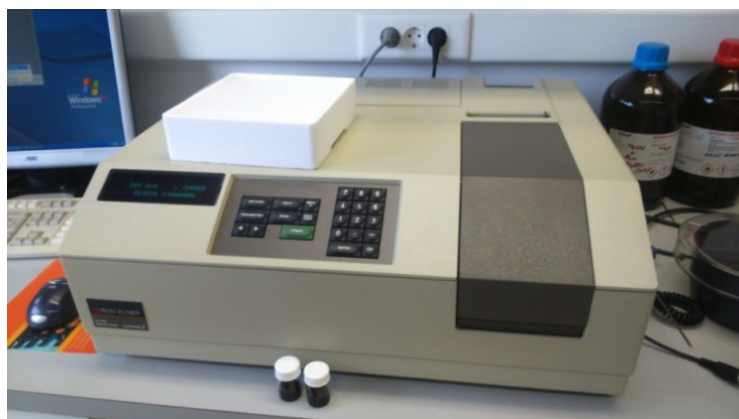


Slika 28: Pripravljeni vzorci za UV-VIS.

Z UV-VIS-spektrofotometrom Perkin-Elmer Lambda 2 (slika 30) smo po končani inkubaciji določili absorbance vzorcev pri valovni dolžini 765 nm. Uporabili smo polistirenske kivete z 10 mm optične poti. Najprej je bilo potrebno napravo umeriti. V dve kiveti smo s pipeto prenesli slepi vzorec in ju dali v spektrofotometer. Dobili smo referenčni podatek za naslednje meritve naših vzorcev. Izmerili smo absorbanco raztopin galne kisline znanih koncentracij in na podlagi umeritvene krivulje določili vsebnost celokupnih fenolov v preiskovanih vzorcih.



Slika 29: Pipetiranje vzorcev v kivete za UV-VIS.



Slika 30: UV-VIS spektrofotometer Perkin Elmer Lambda 2.

3.2.10 Izračuni

- I. Postopek gravimetrične analize vzorcev je opisan v poglavju Določitev vlažnosti vzorcev in delež suhe snovi.
- II. Delež suhe snovi (s. s.) smo izračunali po naslednji enačbi:

$$\text{delež suhe snovi (s. s.) [I]} = \frac{\text{masa absolutno suhega lesa [g]}}{\text{masa vlažnega lesa [g]}}$$

- III. Iz deleža suhe snovi (s. s.) smo izračunali tudi maso absolutno suhega lesa celotnega vzorca (dw), ki jo potrebujemo za nadaljnje izračune:

$$dw [g] = m_{vz} \times s. s.$$

- IV. Masno koncentracijo celokupnih fenolov (γ) v acetonskih ekstraktih (mg/l) pa smo izračunali na podlagi enačbe premice regresijskega modela:

$$\gamma \left[\frac{mg}{l} \right] = \frac{absorbca - 0,095}{0,011}$$

- V. Iz umeritvene krivulje smo za vsako izmerjeno absorbanco (A_{765}) vzorcev izračunali masno koncentracijo celokupnih fenolov. Delež celokupnih fenolov smo izračunali na podlagi predhodno izračunanih masnih koncentracij celokupnih fenolov (γ), pri čemer smo upoštevali volumen topila pri ekstrakciji in maso vzorca v absolutno suhem stanju:

$$\text{Vsebnost celokupnih fenolov} \left[\frac{mg}{g} \text{ lesa} \right] = \frac{\gamma \left[\frac{mg}{l} \right] \times 0,250 [l]}{dw [g]}$$

- VI. Delež celokupnih ekstraktivov [%] smo izračunali kot zmnožek vsote vsebnosti lipofilnih in hidrofilnih ekstraktivov in faktorja 0,1, ki predstavlja pretvornik med vsebnostjo celokupnih ekstraktivov, podanih v mg/g, in deležem celokupnih ekstraktivov, podanih v %:

$$\% \text{ celokupnih ekst. snovi} = (\text{vseb. lipo. ekstr.} + \text{vseb. hidro. ekstr.}) [mg/g] \times 0,1 [g/mg]$$

- VII. Delež celokupnih ekstrahiranih snovi smo izračunali tudi na drug način, in sicer razliko tež tulcev pred ekstrakcijo in po njej delili z maso absolutno suhega vzorca lesa (dw):

$$\% \text{ celokupnih ekst. snovi} = \frac{\Delta m}{dw} \times 100$$

$\Delta m = m_{pred\ e.} - m_{po\ e.}$; kjer je $m_{pred\ e.}$ = masa tulca, vate in lesa pred ekstrakcijo, $m_{po\ e.}$ = masa tulca, vate in lesa po ekstrakciji

- VIII. Vsebnost lipofilnih ekstraktivov [mg/g] smo izračunali iz suhega ostanka 10 mL cikloheksanskega ekstrakta. Ekstrakt smo 24 ur sušili v sušilniku pri temperaturi 105 °C. Enačba za izračun:

$$\text{vsebnost lipofilnih ekstraktivi} [mg/g] = \frac{m_{suhega\ ostanka\ cikloheksana\ v\ 10\ mL} [mg] \times 250\ mL}{10\ mL \times dw [g]}$$

- IX. Vsebnost hidrofilnih ekstraktivov [mg/g] smo izračunali iz suhega ostanka 10 mL acetonskega ekstrakta. Delež ekstrahiranih snovi v acetonu smo izračunali kot kvocient med maso suhega ostanka acetonskega ekstrakta po sušenju v sušilniku pri temperaturi 105 °C in času sušenja 24 ur ter maso absolutno suhega lesa celotnega vzorca ob upoštevanju pravilnega volumskega razmerja:

Vsebnost hidrofilnih ekstraktivov delež ekst. snovi v acetonu

$$= \frac{m_{\text{suhega ostanka acetona v 10 mL [mg]} \times 250 \text{ mL}}{10 \text{ mL} \times dw [g]}$$

4 REZULTATI IN RAZPRAVA

4.1 PARAMETRI RASTNIH ZNAČILNOSTI DREVES

Pred posekom dreves smo vedeli, da je bila robinija gojena na plantaži. Velike razlike v višini drevesa (preglednica 2) pripisujemo žledolomu ali močnemu vetru, ki je pri nekaterih drevesih odlomil krošnjo. Pri posameznih drevesih robinije je bila opazna trohnoba, ki se je pojavila v različnih časovnih obdobjih. Vplivala je na počasnejšo rast in s tem na manjši premer debla.

Preglednica 2: Meritve ob poseku dreves (višina drevesa, premer debla, višina odvzema koluta koreničnika, višina odvzema koluta z mrtvo grčo in višina odvzema koluta z živo grčo)

Drevo robinije	Višina drevesa (m)	Premer debla (cm)	Višina odvzema koluta koreničnika (m)	Višina odvzema koluta z mrtvo grčo (m)	Višina odvzema koluta z živo grčo (m)
I.	25,8	29	0,2	16,9	20,5
II.	28,9	32	2,2	15,2	21,7
III.	30,2	30	0,2	19,1	25,2
IV.	15,1	19	0,2	8,3	6,9
V.	25,3	22	0,2	16,4	19,5
VI.	19,3	21	0,2	11,8	11,2

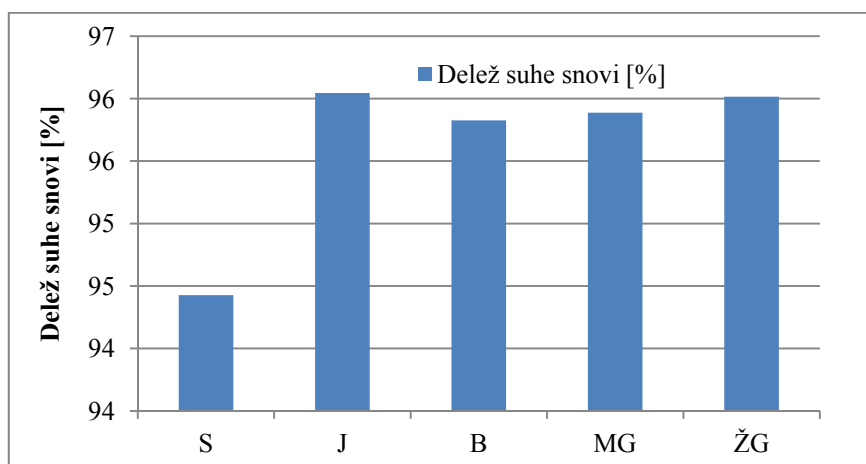
V mizarski delavnici smo lahko še samo potrdili dejstva o plantažni robiniji. Meritve so pokazale, da je bilo pri vseh kolutih koreničnika skoraj enako število branik (preglednica 3). Starost dreves na bazi branik je torej bila od 51 do 56 let. Do majhnih razlik je prišlo zaradi težav pri določevanju števila branik v centru debla, kjer se je pojavila trohnoba. Večinski delež kolotov je pokrivala jedrovina, beljavo so zastopale le štiri branike.

Preglednica 3: Parametri rastnih značilnosti posameznega koluta koreničnika, merjeni v mizarski delavnici Oddelka za lesarstvo

Kolut	Število branik jedrovine	Premer jedrovine (cm)	Število branik beljave (cm)	Premer beljave (cm)	Premer koluta (cm)
I.	51	29,6	4	2	31,6
II.	52	32,3	4	1,9	34,2
III.	51	30,3	4	1,8	32,1
IV.	(trohnoba)	19,7	4	1,1	20,8
V.	46	21,4	4	1,9	23,3
VI.	51	21,1	4	0,8	21,9

4.2 DOLOČITEV DELEŽA SUHE SNOVI

Iz slike 31 in priloge A so razvidni rezultati o povprečnem deležu suhe snovi za posamezno tkivo preiskovanih dreves. Med vzorci je izredno malo razlik. Najmanjši delež suhe snovi je v vzorcu iz drevesa številka ena, kjer je imela skorja 94,25 % suhe snovi, največji delež pa se je pojavil pri drevesu z zaporedno številko štiri v lesu žive grče, v kateri je bilo 96,55 % suhe snovi (glej prilogo A). Iz priloge A in slike 31 je razvidno, da so razlike v deležu suhe snovi med tkivi relativno majhne, izjema pa je skorja. Natančnejši opis povprečnega deleža suhe snovi je opisan pod sliko 31, kjer so zbrani povprečni deleži suhe snovi po posameznemu tkivu.



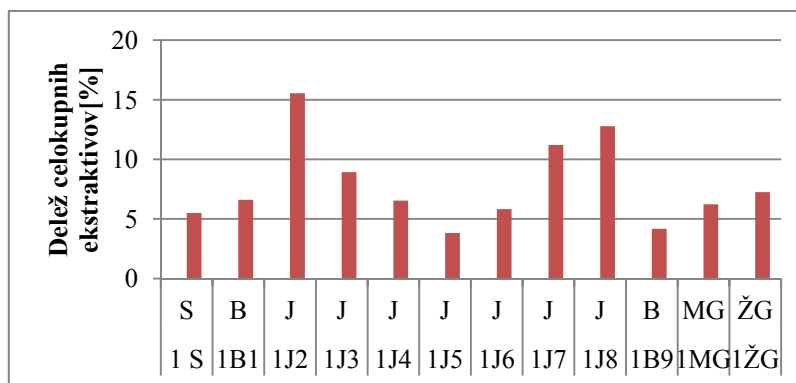
Slika 31: Navadna robinija (*Robinia pseudoacacia* L.) rastišče Obrež, posek 11. 5. 2015. Delež suhe snovi za vseh 6 preučevanih dreves. Legenda: S – skorja, B – beljava, J – jedrovina, MG – mrtva grča, ŽG – živa grča.

Razvidno je, da je na območju skorje (94,43 %) najnižji delež suhe snovi (slika 31), morda tudi zato, ker ima skorja nižjo gostoto kot les. Največji delež suhe snovi pa je zaznati v jedrovini (96,05 %), ki ima najvišjo gostoto. Do manjše razlike prihaja tudi med živo in mrtvo grčo, a živa grča ima v povprečju le za 0,13 % večjo vsebnost suhe snovi.

4.2 DELEŽ EKSTRAKTIVNIH SNOVI IN CELOKUPNIH FENOLOV

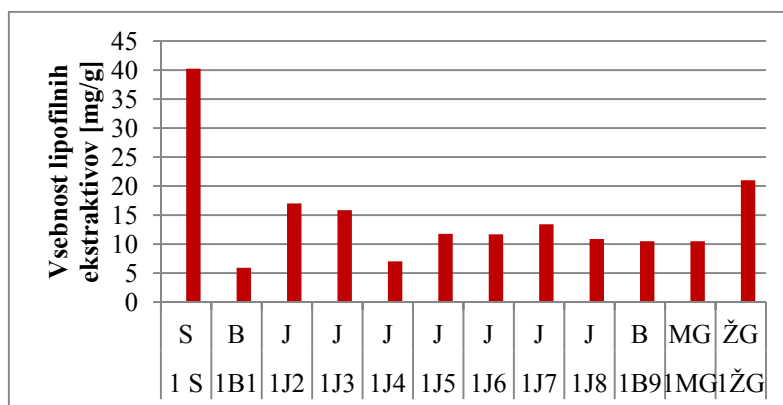
4.2.1 Delež ekstraktivnih snovi in celokupnih fenolov v lesu drevesa št. 1

Na slikah 32, 33, 34 in 35 so prikazane vsebnosti hidrofilnih in lipofilnih ekstraktivov za preučevano drevo št. 1.



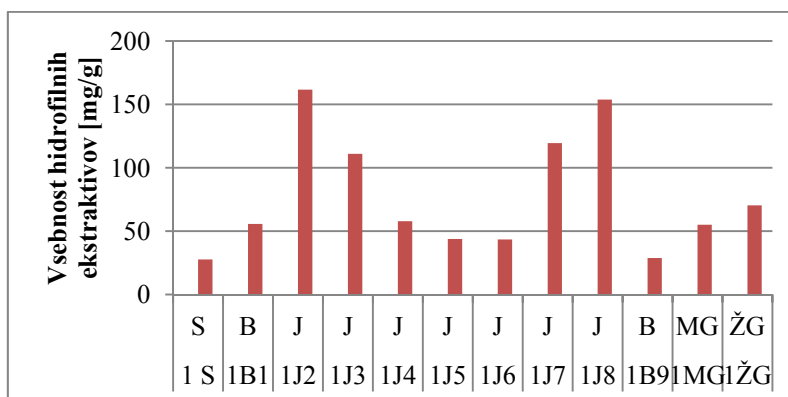
Slika 32: Navadna robinija (*Robinia pseudoacacia* L.), drevo št. 1, rastišče Obrež, posek 11. 5. 2015. Vsebnost celokupnih ekstraktivnih snovi po posameznih tkivih. Trimestna oznaka pod oznako tkiva je številka vzorca. Legenda: S – skorja, B – beljava, J – jedrovina, MG – mrtva grča, ŽG – živa grča.

Pri drevesu št. 1 je bil delež celokupnih ekstrahiranih snovi v proučevanih tkivih različen. V jedrovini je bilo največ celokupnih ekstraktivov v perifernih vzorcih jedrovine (pri vzorcu 1J2 kar 15,55 %), v smeri proti strženu pa so vsebnosti padale (slika 32). Delež ekstraktivov je bil tako najmanjši v vzorcu jedrovine z oznako 1J5 (3,83 %). V beljavi je celokupnih ekstraktivov bistveno manj (6,60 % in 4,17 %) kot v sosednjih vzorcih jedrovine. Vsebnosti ekstraktivov se na prehodu iz jedrovine v beljavo torej znatno spremenijo, t.j. zmanjšajo. V mrtvi grči smo izmerili 6,23 % in v živi grči 7,25 % ekstrahiranih snovi, v skorji pa 5,50 % (slika 32), kar je manj kot v perifernih vzorcih jedrovine in vsaj v grobem podobno kot v beljavi in v notranjih vzorcih jedrovine.



Slika 33: Navadna robinija (*Robinia pseudoacacia* L.), drevo št. 1, rastišče Obrež, posek 11. 5. 2015. Vsebnost lipofilnih ekstraktivnih snovi po posameznih tkivih. Trimestna oznaka pod oznako tkiva je številka vzorca. Legenda: S – skorja, B – beljava, J – jedrovina, MG – mrtva grča, ŽG – živa grča.

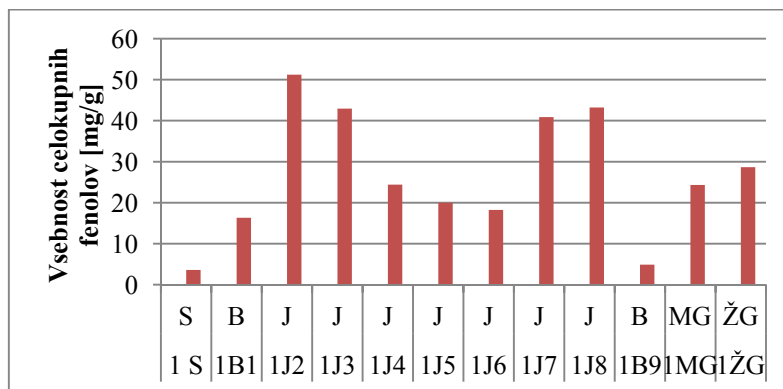
Vsebnosti lipofilnih ekstraktivnih snovi so bile v preučevanih tkivih drevesa št. 1 dokaj podobne, vendar tkivo skorje izstopa iz podatkov Tako, da je bilo največ lipofilnih ekstraktivov v skorji (pri vzorcu 1S kar 40,24 mg/g). Najnižja vsebnost lipofilnih ekstraktivov je v vzorcu beljave z oznako 1B1 (5,91 mg/g). Pri mrtvi grči smo izmerili 10,49 mg/g in v živi grči 21,00 mg/g lipofilnih ekstraktivov, kar je bistveno manj kot v skorji (slika 33).



Slika 34: Navadna robinija (*Robinia pseudoacacia* L.), drevo št. 1, rastišče Obrež, posek 11. 5. 2015. Vsebnost hidrofilnih ekstraktivnih snovi po posameznih tkivih. Trimestna oznaka pod oznako tkiva je številka vzorca. Legenda: S – skorja, B – beljava, J – jedrovina, MG – mrtva grča, ŽG – živa grča.

Vzorci robinije so imeli pri drevesu št. 1 različne vsebnosti hidrofilnih ekstraktivov. Največja vsebnost hidrofilnih ekstraktivov je bila v perifernem vzorcu jedrovine (slika 34) (pri vzorcu 1J2 kar 161,67 mg/g), vsebnosti so se zmanjševale v smeri proti strženu. Vsebnost hidrofilnih ekstraktivov je najnižjo vrednost dosegla v vzorcu skorje z oznako 1S (27,64 mg/g). V vzorcih beljave je bilo bistveno manj (55,72 mg/g in 28,77mg/g)

hidrofilnih ekstraktivov kot v perifernih tkivih jedrovine. Na prehodu iz jedrovine v beljavo se vsebnost hidrofilnih ekstraktivov znatno spremeni, t.j. zmanjša. Pri mrtvi grči smo izmerili 55,07 mg/g in v živi grči 70,40 mg/g hidrofilnih ekstraktivov (slika 34), kar je v grobem podobno kot v centralnih vzorcih jedrovine.



Slika 35: Navadna robinija (*Robinia pseudoacacia* L.), drevo št. 1, rastišče Obrež, posek 11. 5. 2015. Vsebnost celokupnih fenolov po posameznih tkivih. Trimestna oznaka pod oznako tkiva je številka vzorca. Legenda: S – skorja, B – beljava, J – jedrovina, MG – mrtva grča, ŽG – živa grča.

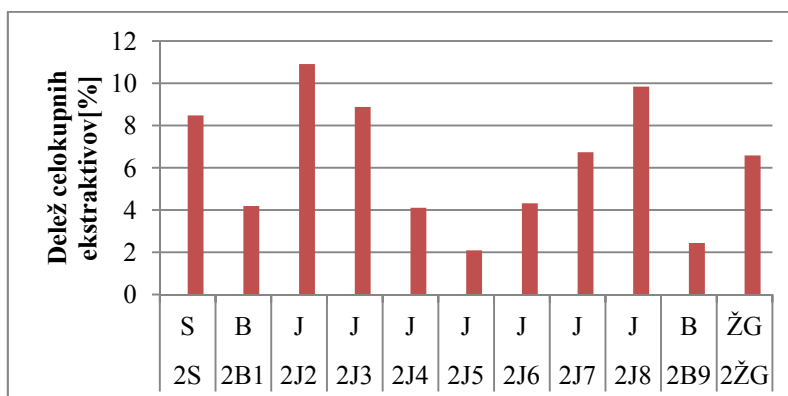
Največje vsebnosti celokupnih fenolov pri drevesu št. 1 so bile v perifernih delih jedrovine pri vzorcu 1J2 (51,24 mg/g). Proti centru stržena pa se je vsebnost zmanjševala. V vzorcu skorje 1S (3,59 mg/g) smo zaznali najnižjo vrednost celokupnih fenolov (slika 35). Vsebnosti celokupnih fenolov so v beljavi bistveno manjše (16,31 mg/g in 4,87mg/g), kot v perifernih vzorcih jedrovine (slika 35), torej se vsebnosti znatno spremenijo. Periferni vzorci jedrovine imajo večje vsebnosti celokupnih fenolov kot pa mrtva (24,31 mg/g) in živa grča (28,65 mg/g), katerih vsebnost celokupnih fenolov pa je vsaj v grobem podobna vzorcem centralne jedrovine.

4.2.2 Delež ekstraktivnih snovi in celokupnih fenolov v lesu drevesa št. 2

Na slikah 36, 37, 38 in 39 so prikazane vsebnosti hidrofilnih in lipofilnih ekstraktivov za preučevano drevo št. 2.

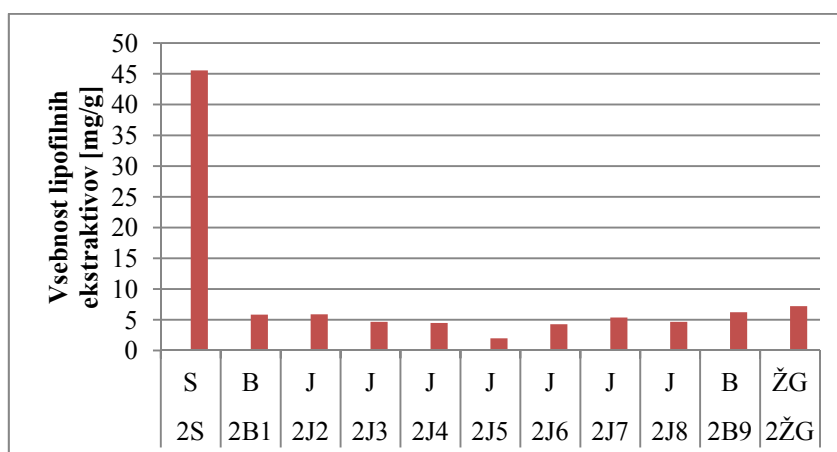
Vivod B. Vsebnost ekstraktivov v lesu robinije (*Robinia pseudoacacia* L.).

Dipl. projekt. Ljubljana, Univ. v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Odd. za lesarstvo, 2015



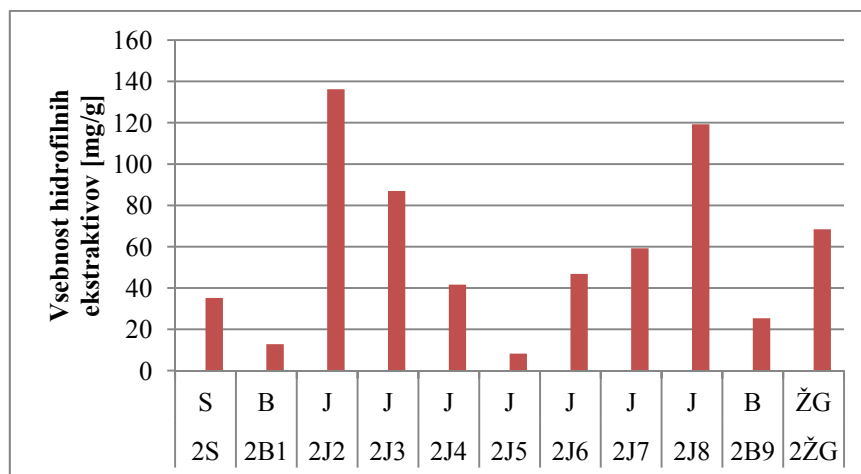
Slika 36: Navadna robinija (*Robinia pseudoacacia* L.), drevo št. 2, rastišče Obrež, posek 11. 5. 2015. Vsebnost celokupnih ekstraktivnih snovi po posameznih tkivih. Trimestna oznaka pod oznako tkiva je številka vzorca. Legenda: S – skorja, B – beljava, J – jedrovina, ŽG – živa grča.

V preučevanih tkivih drevesa št. 2 je delež celokupnih ekstraktivov različen. V jedrovini je bilo največ celokupnih ekstraktivov v perifernih vzorcih jedrovine (pri vzorcu 2J2 kar 10,91 %). Proti strženu pa se je vsebnost ekstraktivov zmanjševala. Delež ekstraktivov je bil tako najmanjši v vzorcu jedrovine z oznako 2J5 (2,09 %). V beljavi je celokupnih ekstraktivov bistveno manj (4,19 % in 2,44 %) kot v sosednjih vzorcih jedrovine (slika 36). Vsebnosti ekstraktivov se na prehodu iz jedrovine v beljavo znatno spremeni, t.j. zmanjša. V živi grči smo izmerili 6,58 % ekstrahiranih snovi, v skorji pa 8,48 %, kar je manj kot v perifernih vzorcih jedrovine in vsaj v grobem podobno kot v beljavi in v notranjih vzorcih jedrovine (slika 36).



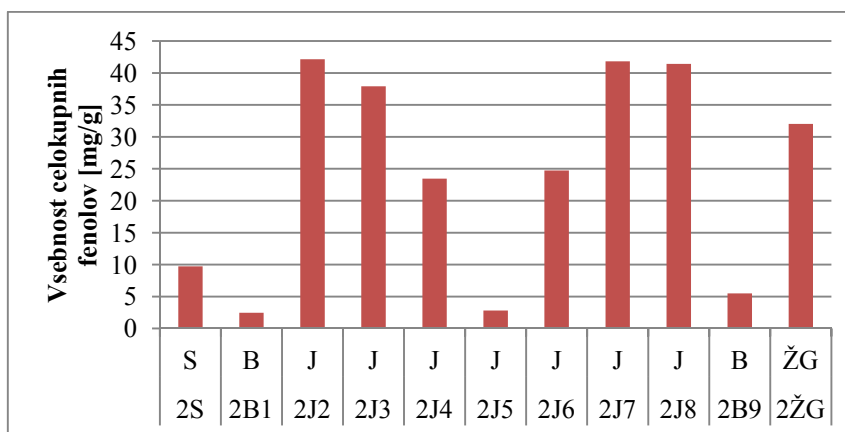
Slika 37: Navadna robinija (*Robinia pseudoacacia* L.), drevo št. 2, rastišče Obrež, posek 11. 5. 2015. Vsebnost lipofilnih ekstraktivnih snovi po posameznih tkivih. Trimestna oznaka pod oznako tkiva je številka vzorca. Legenda: S – skorja, B – beljava, J – jedrovina, ŽG – živa grča.

Pri preučevanih tkivih so vsebnosti lipofilnih ekstraktivov v tkivih drevesa št. 2 dokaj podobne (slika 37). Tkivo skorje pa izstopa iz podatkov in ima največjo vsebnost lipofilnih ekstraktivov (pri vzorcu 2S kar 45,57 mg/g). Najnižja vsebnost lipofilnih ekstraktivov je v vzorcu jedrovine z oznako 2J5 (1,98 mg/g). Pri živi grči smo izmerili 7,20 mg/g lipofilnih ekstraktivov, kar je bistveno manj kot v skorji.



Slika 38: Navadna robinija (*Robinia pseudoacacia* L.), drevo št. 2, rastišče Obrež, posek 11. 5. 2015. Vsebnost hidrofilnih ekstraktivnih snovi po posameznih tkivih. Trimestna oznaka pod oznako tkiva je številka vzorca. Legenda: S – skorja, B – beljava, J – jedrovina, ŽG – živa grča.

Vzorci drevesa št. 2 so imeli različne vsebnosti hidrofilnih ekstraktivov (slika 38). Največja vsebnost hidrofilnih ekstraktivov je bila v perifernih vzorcih jedrovine (pri vzorcu 2J2 kar 136,20 mg/g), vsebnosti so se zmanjševale v smeri proti strženu. Vsebnost hidrofilnih ekstraktivov je najnižjo vrednost dosegla v vzorcu jedrovine z oznako 2J5 (1,98 mg/g). V vzorcih beljave je bilo bistveno manj (12,80 mg/g in 25,33 mg/g) hidrofilnih ekstraktivov, kot v perifernih tkivih jedrovine. Na prehodu iz jedrovine v beljavo se vsebnosti hidrofilnih ekstraktivov znatno spremenijo, t.j. zmanjšajo (slika 38). Pri živi grči smo izmerili 70,40 mg/g hidrofilnih ekstraktivov, kar je v grobem podobno kot v centralnih vzorcih jedrovine. Trohnoba je bila prisotna pri vzorcu 2J5, kar verjetno vpliva na nizek delež hidrofilnih ekstraktivov pri preiskanem tkivu.

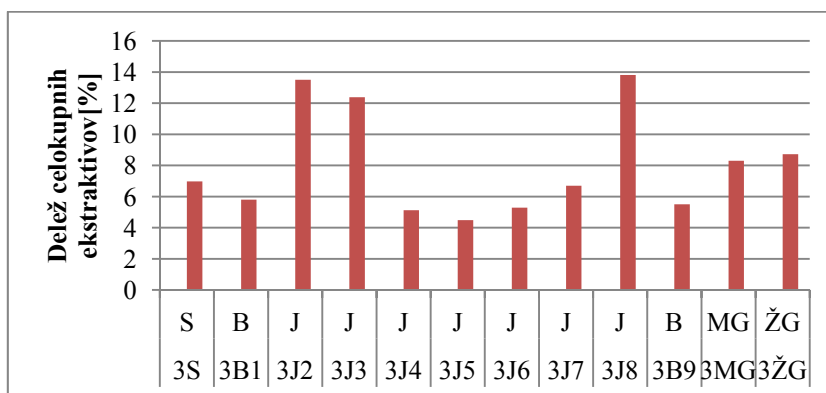


Slika 39: Navadna robinija (*Robinia pseudoacacia* L.), drevo št. 2, rastišče Obrež, posek 11. 5. 2015. Vsebnost celokupnih fenolov po posameznih tkivih. Trimestna oznaka pod oznako tkiva je številka vzorca. Legenda: S – skorja, B – beljava, J – jedrovina, ŽG – živa grča.

Pri drevesu št. 2 imajo največje vsebnosti celokupnih fenolov periferni deli jedrovine (42,16 mg/g v vzorcu 2J2). Proti centru stržena se vsebnost zmanjšuje. V vzorcu beljave (2B1 2,46 mg/g) smo zaznali najnižjo vrednost celokupnih fenolov. Vsebnost celokupnih fenolov je v skorji bistveno manjša (9,73 mg/g) kot v perifernih vzorcih jedrovine (slika 39). Periferni vzorci jedrovine imajo večje vsebnosti celokupnih fenolov kot pa živa grča (32,03 mg/g). Vsebnost celokupnih fenolov v živi grči je vsaj v grobem podobna vsebnosti celokupnim fenolom vzorcem centralne jedrovine.

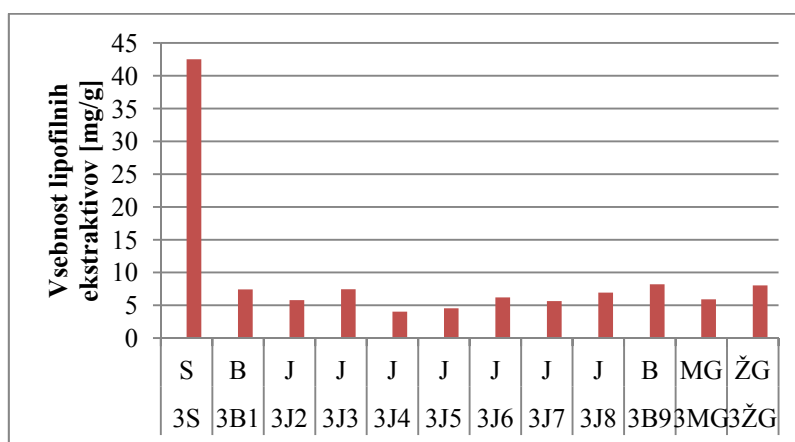
4.2.3 Delež ekstraktivnih snovi in celokupnih fenolov v lesu drevesa št. 3

Na slikah 40, 41, 42 in 43 so prikazane vsebnosti hidrofilnih in lipofilnih ekstraktivov za preučevano drevo št. 3.



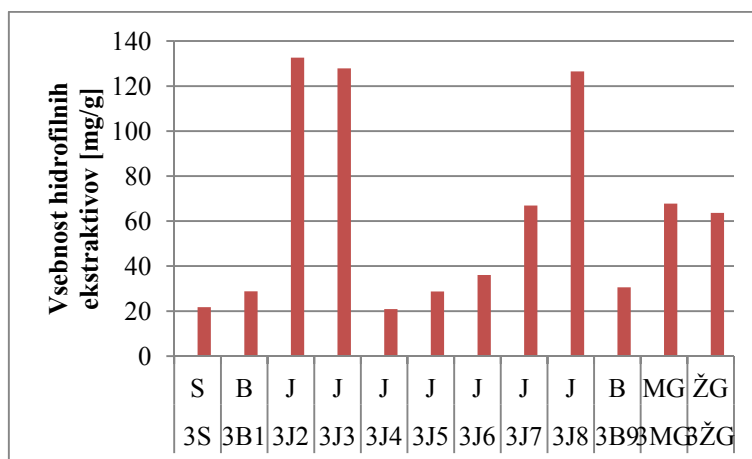
Slika 40: Navadna robinija (*Robinia pseudoacacia* L.), drevo št. 3, rastišče Obrež, posek 11. 5. 2015. Vsebnost celokupnih ekstraktivnih snovi po posameznih tkivih. Trimestna oznaka pod oznako tkiva je številka vzorca. S – skorja, B – beljava, J – jedrovina, MG – mrtva grča, ŽG – živa grča.

Delež celokupnih ekstrahiranih snovi je bil pri proučevanih tkivih drevesa št. 3 različen (slika 40). V jedrovini je bilo največ celokupnih ekstraktivov v perifernih vzorcih jedrovine (pri vzorcu 3J8 kar 13,82 %), proti strženu pa se je vsebnost ekstraktivov zmanjševala. Delež ekstraktivov je bil tako najmanjši v vzorcu jedrovine z oznako 3J5 (4,48 %). V beljavi je bilo celokupnih ekstraktivov bistveno manj (5,81 % in 5,50 %), kot v sosednjih vzorcih jedrovine. Vsebnosti ekstraktivov se na prehodu iz jedrovine v beljavo spremeni, t.j. zmanjša (slika 40). V mrtvi grči smo izmerili 8,30 % in v živi grči 8,72 % ekstrahiranih snovi, v skorji pa 6,98 %, kar je manj kot v perifernih vzorcih jedrovine in vsaj v grobem podobno kot v beljavi.



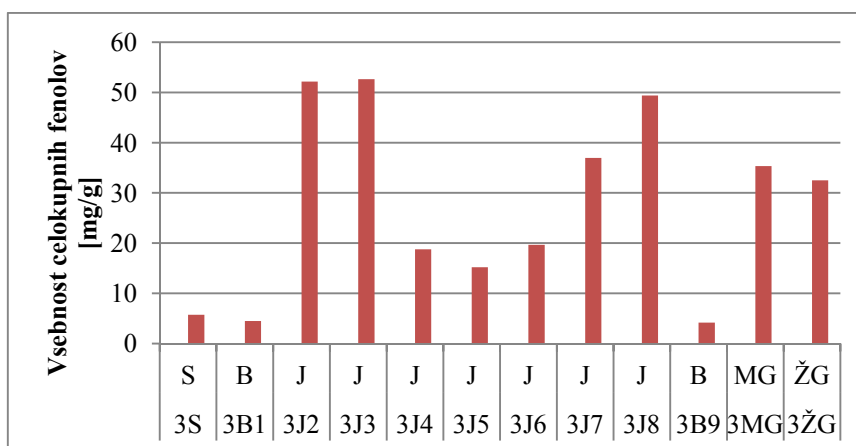
Slika 41: Navadna robinija (*Robinia pseudoacacia* L.), drevo št. 3, rastišče Obrež, posek 11. 5. 2015. Vsebnost lipofilnih ekstraktivnih snovi po posameznih tkivih. Trimestna oznaka pod oznako tkiva je številka vzorca. S – skorja, B – beljava, J – jedrovina, MG – mrtva grča, ŽG – živa grča.

Pri preučevanih tkivih so vsebnosti lipofilnih ekstraktivov v tkivih drevesa št. 3 dokaj podobne (slika 41). Tkivo skorje pa izstopa iz podatkov in ima največjo vsebnost lipofilnih ekstraktivov (pri vzorcu 3S kar 42,53 mg/g). Najnižja vsebnost lipofilnih ekstraktivov je v vzorcu jedrovine z oznako 3J4 (4,04 mg/g). Pri mrtvi grči smo izmerili 5,90 mg/g in v živi grči 8,03 mg/g lipofilnih ekstraktivov (slika 41), kar je bistveno manj kot v skorji.



Slika 42: Navadna robinija (*Robinia pseudoacacia* L.), drevo št. 3, rastišče Obrež, posek 11. 5. 2015. Vsebnost hidrofilnih ekstraktivnih snovi po posameznih tkivih. Trimestna oznaka pod oznako tkiva je številka vzorca. S – skorja, B – beljava, J – jedrovina, MG – mrtva grča, ŽG – živa grča.

Vzorci drevesa št. 3 so imeli različne vsebnosti hidrofilnih ekstraktivov (slika 42). Največja vsebnost hidrofilnih ekstraktivov je bila v perifernih vzorcih jedrovine (pri vzorcu 3J2 kar 132,64 mg/g), vsebnosti so se zmanjševale v smeri proti strženu. Vsebnost hidrofilnih ekstraktivov je najnižjo vrednost dosegla v vzorcu jedrovine z oznako 3J4 (20,91 mg/g). V vzorcih beljave je bilo bistveno manj (28,83 mg/g in 30,54 mg/g) hidrofilnih ekstraktivov kot v perifernih tkivih jedrovine. Na prehodu iz jedrovine v beljavo se vsebnosti hidrofilnih ekstraktivov znatno spremenijo, t.j. zmanjšajo (slika 42). Pri mrtvi grči smo izmerili 67,80 mg/g hidrofilnih ekstraktivov in v živi grči 63,61 mg/g, kar je v grobem podobno kot v centralnih vzorcih jedrovine.

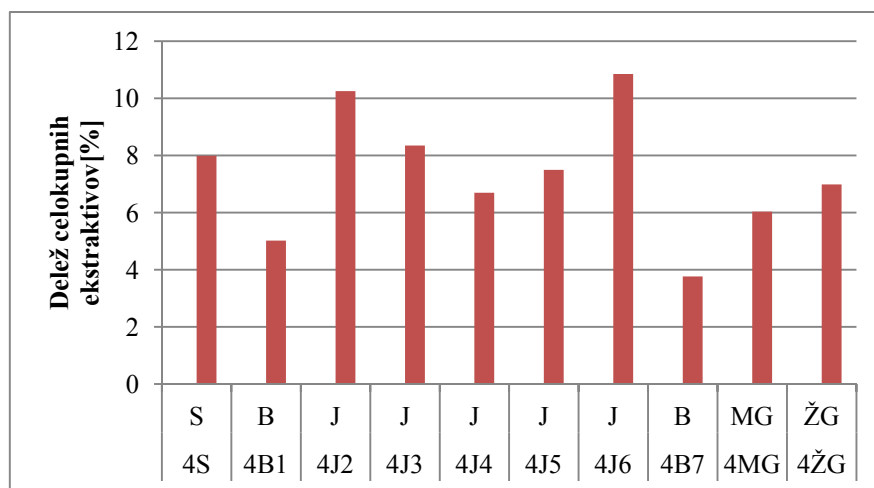


Slika 43: Navadna robinija (*Robinia pseudoacacia* L.), drevo št. 4, rastišče Obrež, posek 11. 5. 2015. Vsebnost celokupnih fenolov po posameznih tkivih. Trimestna oznaka pod oznako tkiva je številka vzorca. S – skorja, B – beljava, J – jedrovina, MG – mrtva grča, ŽG – živa grča.

Pri drevesu št. 3 imajo največje vsebnosti celokupnih fenolov periferni deli jedrovine (v vzorcu 2J2 42,16 mg/g). Proti centru stržena se vsebnost zmanjšuje. V vzorcu beljave 3B9 (4,16 mg/g) smo zaznali najnižjo vrednost celokupnih fenolov. Vsebnost celokupnih fenolov je v skorji bistveno manjša (5,73 mg/g) kot v perifernih vzorcih jedrovine (slika 43). Periferni vzorci jedrovine imajo večje vsebnosti celokupnih fenolov kot pa mrtva (35,34 mg/g) in živa grča (32,48 mg/g), katerih vsebnost celokupnih fenolov pa je vsaj v grobem podobna, kot jo imajo vzorci centralne jedrovine

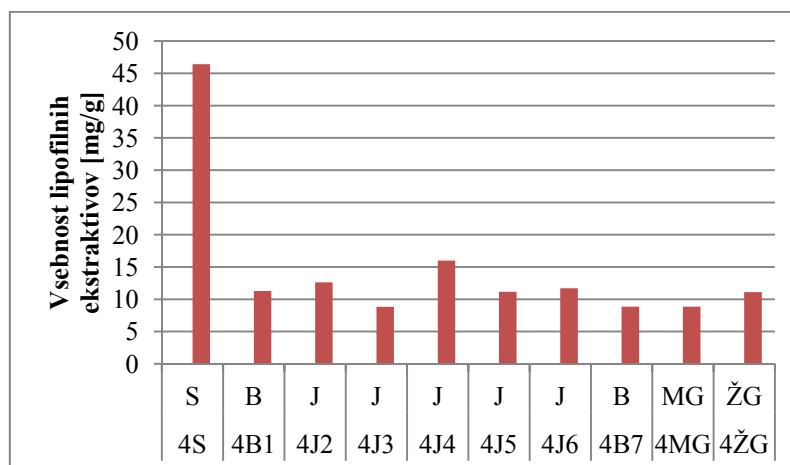
4.2.4 Delež ekstraktivnih snovi in celokupnih fenolov v lesu drevesa št. 4

Na slikah 44, 45, 46 in 47 so prikazane vsebnosti hidrofilnih in lipofilnih ekstraktivov za preučevano drevo št. 4.



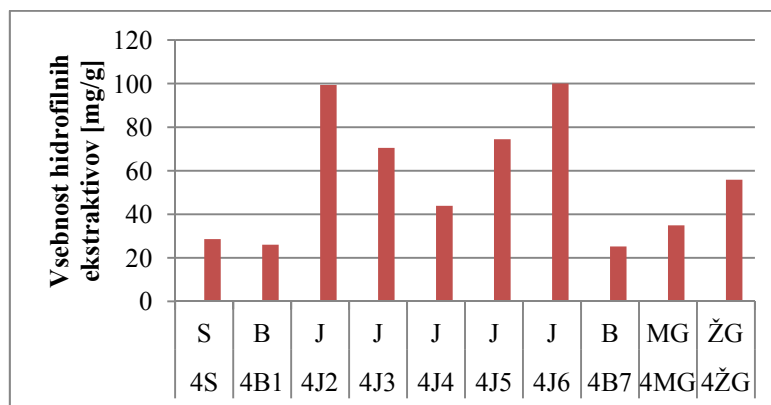
Slika 44: Navadna robinija (*Robinia pseudoacacia* L.), drevo št. 4, rastišče Obrež, posek 11. 5. 2015. Vsebnost celokupnih ekstraktivnih snovi po posameznih tkivih. Trimestna oznaka pod oznako tkiva je številka vzorca. S – skorja, B – beljava, J – jedrovina, MG – mrtva grča, ŽG – živa grča.

Pri drevesu št. 4 je bil delež celokupnih ekstrahiranih snovi v proučevanih tkivih različen. V jedrovini je bilo največ celokupnih ekstraktivov v perifernih vzorcih jedrovine (pri vzorcu 4J6 kar 10,85 %), v smeri proti strženu pa so vsebnosti padale (slika 44). Delež ekstraktivov je najmanjši v vzorcu beljave z oznako 4B8 (3,76 %). Vsebnosti ekstraktivov se na prehodu iz jedrovine v beljavo torej znatno spremenijo, t.j. zmanjšajo. V mrtvi grči smo izmerili 6,03 % in v živi grči 6,98 % ekstrahiranih snovi, v skorji pa 7,99 % (slika 44), kar je manj kot v perifernih vzorcih jedrovine in vsaj v grobem podobno kot v beljavi.



Slika 45: Navadna robinija (*Robinia pseudoacacia* L.), drevo št. 4, rastišče Obrež, posek 11. 5. 2015. Vsebnost lipofilnih ekstraktivnih snovi po posameznih tkivih. Trimestna oznaka pod oznako tkiva je številka vzorca. S – skorja, B – beljava, J – jedrovina, MG – mrtva grča, ŽG – živa grča.

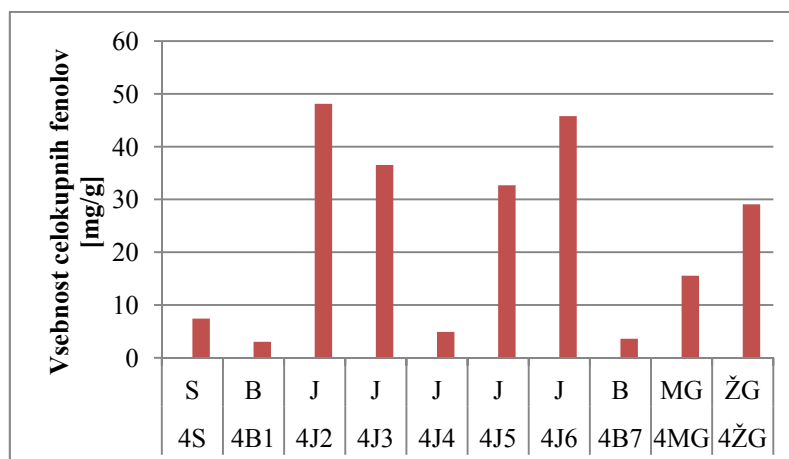
Pri preučevanih tkivih so vsebnosti lipofilnih ekstraktivov v tkivih drevesa št. 4 dokaj podobne (slika 45). Tkivo skorje pa izstopa iz podatkov in ima največjo vsebnost lipofilnih ekstraktivov (pri vzorcu 4S kar 46,41 mg/g). Najnižja vsebnost lipofilnih ekstraktivov je v vzorcu beljave z oznako 4B7 (8,86 mg/g). Pri mrtvi grči smo izmerili 8,86 mg/g in v živi grči 11,10 mg/g lipofilnih ekstraktivov (slika 45), kar je bistveno manj kot v skorji.



Slika 46: Navadna robinija (*Robinia pseudoacacia* L.), drevo št. 4, rastišče Obrež, posek 11. 5. 2015. Vsebnost hidrofilnih ekstraktivnih snovi po posameznih tkivih. Trimestna oznaka pod oznako tkiva je številka vzorca. S – skorja, B – beljava, J – jedrovina, MG – mrtva grča, ŽG – živa grča.

Vzorci drevesa št. 4 so imeli različne vsebnosti hidrofilnih ekstraktivov (slika 46). Največja vsebnost hidrofilnih ekstraktivov je bila v perifernih vzorcih jedrovine (pri vzorcu 4J6 kar 100,01 mg/g), vsebnosti so se zmanjševale v smeri proti strženu. Vsebnost hidrofilnih ekstraktivov je najnižjo vrednost dosegla v vzorcu beljave z oznako 4B7 (25,23 mg/g). V vzorcu skorje je bilo bistveno manj (28,59 mg/g) hidrofilnih ekstraktivov, kot v

perifernih tkivih jedrovine. Na prehodu iz jedrovine v beljavo se vsebnosti hidrofilnih ekstraktivov znatno spremenijo, t.j. zmanjšajo (slika 46). Pri mrtvi grči smo izmerili 34,92 mg/g in v živi grči 55,82 mg/g hidrofilnih ekstraktivov, kar je v grobem podobno kot v centralnih vzorcih jedrovine.



Slika 47: Navadna robinija (*Robinia pseudoacacia* L.), drevo št. 4, rastišče Obrež, posek 11. 5. 2015. Vsebnost celokupnih fenolov po posameznih tkivih. Trimestna oznaka pod oznako tkiva je številka vzorca. S – skorja, B – beljava, J – jedrovina, MG – mrtva grča, ŽG – živa grča.

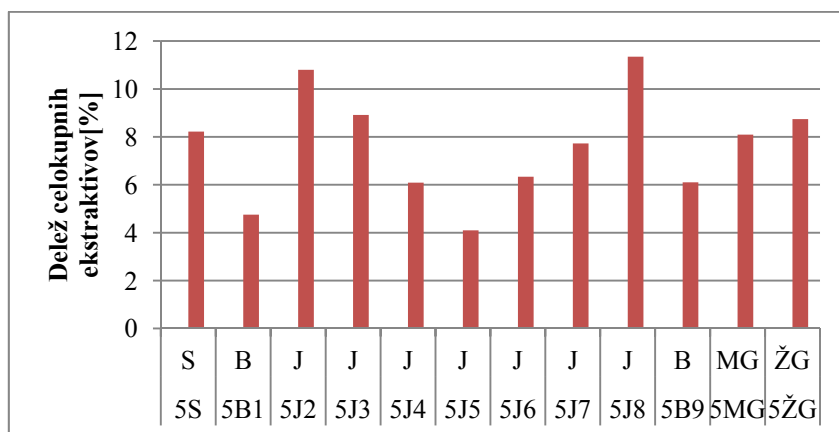
Pri drevesu št. 4 imajo največje vsebnosti celokupnih fenolov periferni deli jedrovine (v vzorcu 4J2 48,11 mg/g). Proti centru stržena pa se vsebnost zmanjšuje. V vzorcu beljave 4B1 (3,02 mg/g) smo zaznali najnižjo vrednost celokupnih fenolov. Vsebnost celokupnih fenolov je v skorji bistveno manjša (7,42 mg/g), kot v perifernih vzorcih jedrovine (slika 47). Periferni vzorci jedrovine imajo večje vsebnosti celokupnih fenolov, kot pa mrtva (15,54 mg/g) in živa grča (29,08 mg/g). Trohnoba je bila prisotna pri vzorcu 4J4, kar verjetno vpliva na nizko vsebnost celokupnih fenolov pri preiskanem tkivu.

4.2.5 Delež ekstraktivnih snovi in celokupnih fenolov v lesu drevesa št. 5

Na slikah 48, 49, 50 in 51 so prikazane vsebnosti hidrofilnih in lipofilnih ekstraktivov za preučevano drevo št. 5.

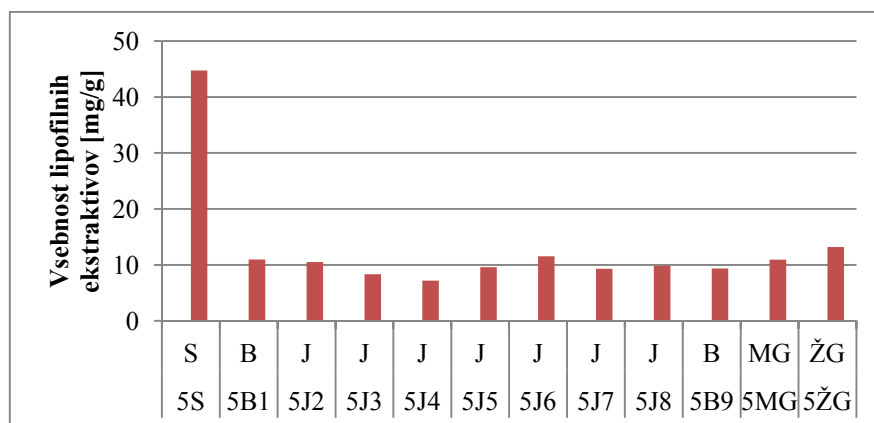
Vivod B. Vsebnost ekstraktivov v lesu robinije (*Robinia pseudoacacia* L.).

Dipl. projekt. Ljubljana, Univ. v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Odd. za lesarstvo, 2015



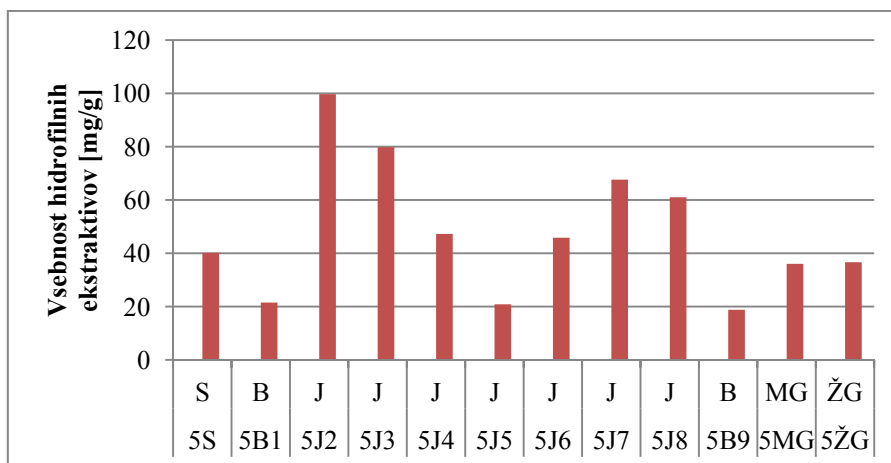
Slika 48: Navadna robinija (*Robinia pseudoacacia* L.), drevo št. 5, rastišče Obrež, posek 11. 5. 2015. Vsebnost celokupnih ekstraktivnih snovi po posameznih tkivih. Trimestna oznaka pod oznako tkiva je številka vzorca. S – skorja, B – beljava, J – jedrovina, MG – mrtva grča, ŽG – živa grča.

Pri drevesu št. 5 je bil delež celokupnih ekstrahiranih snovi v proučevanih tkivih različen. V jedrovini je bilo največ celokupnih ekstraktivov v perifernih vzorcih jedrovine (pri vzorcu 5J8 kar 11,35 %), v smeri proti strženu pa so vsebnosti padale (slika 48). Delež ekstraktivov je bil tako najmanjši v vzorcu jedrovine z oznako 5J5 (4,09 %). V beljavi je celokupnih ekstraktivov bistveno manj (4,75 % in 6,10 %) kot v sosednjih vzorcih jedrovine. Vsebnosti ekstraktivov se na prehodu iz jedrovine v beljavo torej znatno spremenijo, t.j. zmanjšajo. V mrtvi grči smo izmerili 8,10 % in v živi grči 8,74 % ekstrahiranih snovi, v skorji pa 8,22 % (slika 48), kar je manj kot v perifernih vzorcih jedrovine in vsaj v grobem podobno kot v beljavi in v notranjih vzorcih jedrovine.



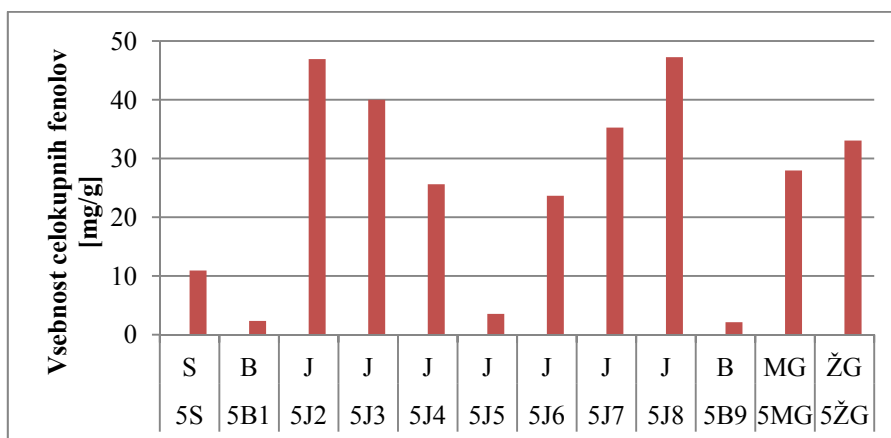
Slika 49: Navadna robinija (*Robinia pseudoacacia* L.), drevo št. 5, rastišče Obrež, posek 11. 5. 2015. Vsebnost lipofilnih ekstraktivnih snovi po posameznih tkivih. Trimestna oznaka pod oznako tkiva je številka vzorca. S – skorja, B – beljava, J – jedrovina, MG – mrtva grča, ŽG – živa grča.

Pri preučevanih tkivih so vsebnosti lipofilnih ekstraktivov v tkivih drevesa št. 5 dokaj podobne (slika 49). Tkivo skorje pa izstopa iz podatkov in ima največjo vsebnost lipofilnih ekstraktivov (pri vzorcu 5S kar 44,75 mg/g). Najnižja vsebnost lipofilnih ekstraktivov je v vzorcu jedrovine z oznako 5J4 (7,19 mg/g). Pri mrtvi grči smo izmerili 10,94 mg/g in v živi grči 13,21 mg/g lipofilnih ekstraktivov (slika 49), kar je bistveno manj kot v skorji.



Slika 50: Navadna robinija (*Robinia pseudoacacia* L.), drevo št. 5, rastišče Obrež, posek 11. 5. 2015. Vsebnost hidrofilnih ekstraktivnih snovi po posameznih tkivih. Trimestna oznaka pod oznako tkiva je številka vzorca. S – skorja, B – beljava, J – jedrovina, MG – mrtva grča, ŽG – živa grča.

Vzorci drevesa št. 5 so imeli različne vsebnosti hidrofilnih ekstraktivov (slika 50). Največja vsebnost hidrofilnih ekstraktivov je bila v perifernih vzorcih jedrovine (pri vzorcu 5J2 kar 99,73 mg/g), vsebnosti so se zmanjševale v smeri proti strženu. Vsebnost hidrofilnih ekstraktivov je najnižjo vrednost dosegla v vzorcu beljave z oznako 5B9 (18,81 mg/g). V vzorcu skorje je bilo bistveno manj (40,21 mg/g) hidrofilnih ekstraktivov kot v perifernih tkivih jedrovine. Na prehodu iz jedrovine v beljavo se vsebnosti hidrofilnih ekstraktivov znatno spremenijo, t.j. zmanjšajo (slika 50). Pri mrtvi grči smo izmerili 36,06 mg/g in v živi grči 36,60 mg/g hidrofilnih ekstraktivov, kar je v grobem podobno kot v centralnih vzorcih jedrovine. Trohnoba je bila prisotna pri vzorcu 5J5 ter verjetno vpliva na nizek delež hidrofilnih ekstraktivov pri preiskanem tkivu.

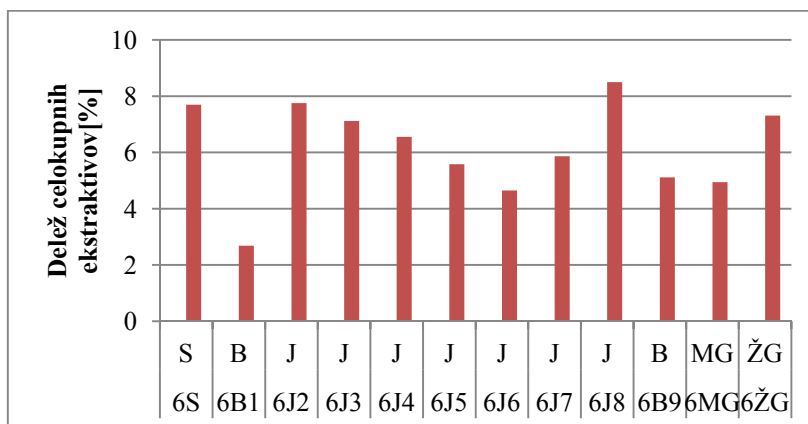


Slika 51: Navadna robinija (*Robinia pseudoacacia* L.), drevo št. 5, rastišče Obrež, posek 11. 5. 2015. Vsebnost celokupnih fenolov po posameznih tkivih. Trimestna oznaka pod oznako tkiva je številka vzorca. S – skorja, B – beljava, J – jedrovina, MG – mrtva grča, ŽG – živa grča.

Pri drevesu št. 5 imajo največje vsebnosti celokupnih fenolov periferni deli jedrovine (v vzorcu 5J8 47,27 mg/g). Proti centru stržena pa se vsebnost zmanjšuje. V vzorcu beljave 5B9 (2,11 mg/g) smo zaznali najnižjo vrednost celokupnih fenolov. Vsebnost celokupnih fenolov je v skorji bistveno manjša (10,91 mg/g) kot v perifernih vzorcih jedrovine (slika 51). Periferni vzorci jedrovine imajo večje vsebnosti celokupnih fenolov kot pa mrtva (27,96 mg/g) in živa grča (33,05 mg/g), katerih vsebnost celokupnih fenolov pa je vsaj v grobem podobna, kot jo imajo vzorci centralne jedrovine

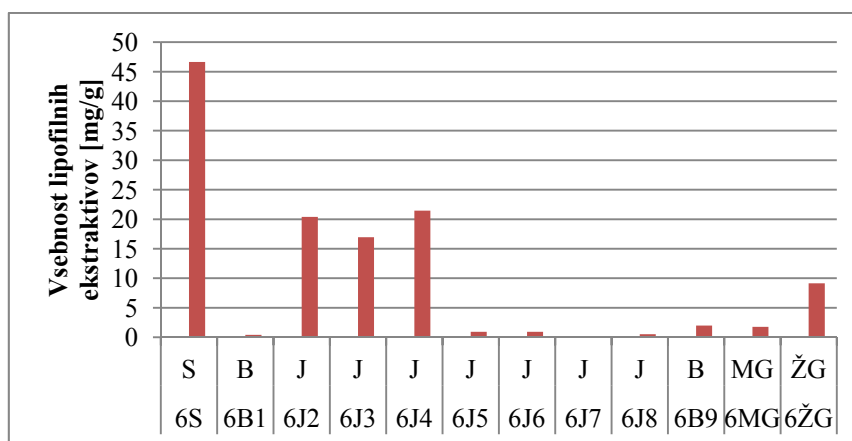
4.2.6 Delež ekstraktivnih snovi in celokupnih fenolov v lesu drevesa št. 6

Na slikah 52, 53, 54 in 55 so prikazane vsebnosti hidrofilnih in lipofilnih ekstraktivov za preučevano drevo št. 6.



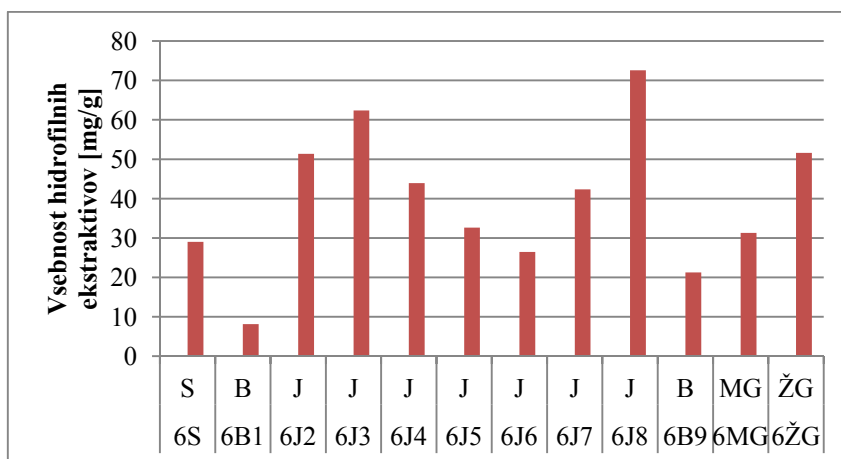
Slika 52: Navadna robinija (*Robinia pseudoacacia* L.), drevo št. 6, rastišče Obrež, posek 11. 5. 2015. Vsebnost celokupnih ekstraktivnih snovi po posameznih tkivih. Trimestna oznaka pod oznako tkiva je številka vzorca. S – skorja, B – beljava, J – jedrovina, MG – mrtva grča, ŽG – živa grča.

Pri drevesu št. 6 je bil delež celokupnih ekstrahiranih snovi v proučevanih tkivih različen. V jedrovini je bilo največ celokupnih ekstraktivov v perifernih vzorcih jedrovine (pri vzorcu 6J8 kar 8,50 %), v smeri proti strženu pa so vsebnosti padale (slika 52). Delež ekstraktivov je bil tako najmanjši v vzorcu beljave z oznako 6B1 (2,68 %). Vsebnosti ekstraktivov se na prehodu iz jedrovine v beljavo torej znatno spremenijo, t.j. zmanjšajo. V mrtvi grči smo izmerili 4,94 % in v živi grči 7,31 % ekstrahiranih snovi, v skorji pa 7,70 % (slika 52), kar je manj kot v perifernih vzorcih jedrovine in vsaj v grobem podobno kot v beljavi in v notranjih vzorcih jedrovine.



Slika 53: Navadna robinija (*Robinia pseudoacacia* L.), drevo št. 6, rastišče Obrež, posek 11. 5. 2015. Vsebnost lipofilnih ekstraktivnih snovi po posameznih tkivih. Trimestna oznaka pod oznako tkiva je številka vzorca. S – skorja, B – beljava, J – jedrovina, MG – mrtva grča, ŽG – živa grča.

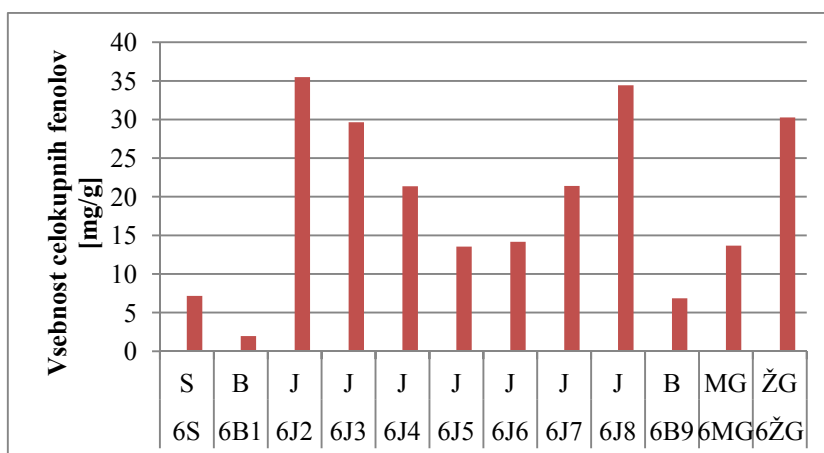
Pri preučevanih tkivih so vsebnosti lipofilnih ekstraktivov v tkivih drevesa št. 6 različne (slika 53). Tkivo skorje pa izstopa iz podatkov in ima največjo vsebnost lipofilnih ekstraktivov (pri vzorcu 6S kar 46,64 mg/g). Najnižja vsebnost lipofilnih ekstraktivov je v vzorcu jedrovine z oznako 6J7 (0,10 mg/g). Pri mrtvi grči smo izmerili 1,77 mg/g in v živi grči 9,15 mg/g lipofilnih ekstraktivov (slika 53), kar je bistveno manj kot v skorji.



Slika 54: Navadna robinija (*Robinia pseudoacacia* L.), drevo št. 6, rastišče Obrež, posek 11. 5. 2015. Vsebnost hidrofilnih ekstraktivnih snovi po posameznih tkivih. Trimestna oznaka pod oznako tkiva je številka vzorca. S – skorja, B – beljava, J – jedrovina, MG – mrtva grča, ŽG – živa

grča.

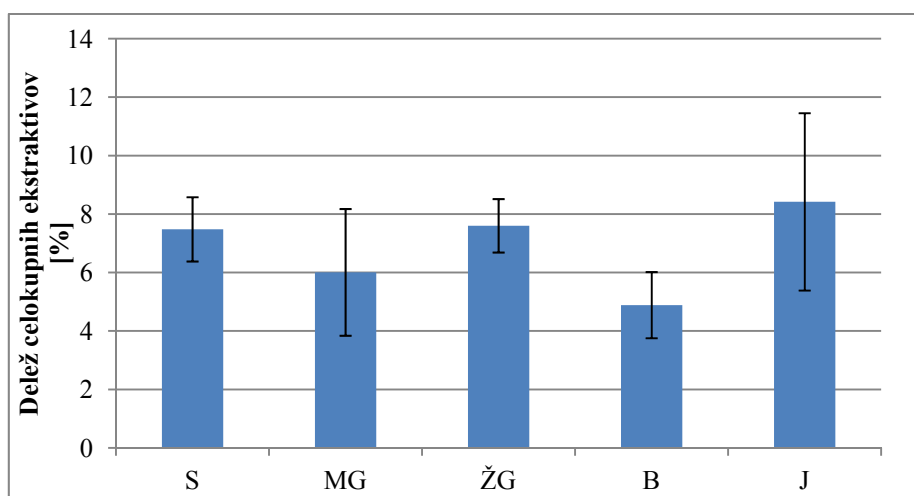
Vzorci drevesa št. 6 so imeli različne vsebnosti hidrofilnih ekstraktivov (slika 54). Največja vsebnost hidrofilnih ekstraktivov je bila v perifernih vzorcih jedrovine (pri vzorcu 6J8 kar 72,58 mg/g), vsebnosti so se zmanjševale v smeri proti strženu. Vsebnost hidrofilnih ekstraktivov je najnižjo vrednost dosegla v vzorcu beljave z oznako 6B1 (8,13 mg/g). V vzorcu skorje je bilo bistveno manj (29,02 mg/g) hidrofilnih ekstraktivov kot v perifernih tkivih jedrovine. Na prehodu iz jedrovine v beljavo se vsebnosti hidrofilnih ekstraktivov znatno spremenijo, t.j. zmanjšajo (slika 54). Pri mrtvi grči smo izmerili 31,28 mg/g in v živi grči 51,59 mg/g hidrofilnih ekstraktivov, kar je v grobem podobno kot v centralnih vzorcih jedrovine.



Slika 55: Navadna robinija (*Robinia pseudoacacia* L.), drevo št. 6, rastišče Obrež, posek 11. 5. 2015. Vsebnost celokupnih fenolov po posameznih tkivih. Trimestna oznaka pod oznako tkiva je številka vzorca. S – skorja, B – beljava, J – jedrovina, MG – mrtva grča, ŽG – živa grča.

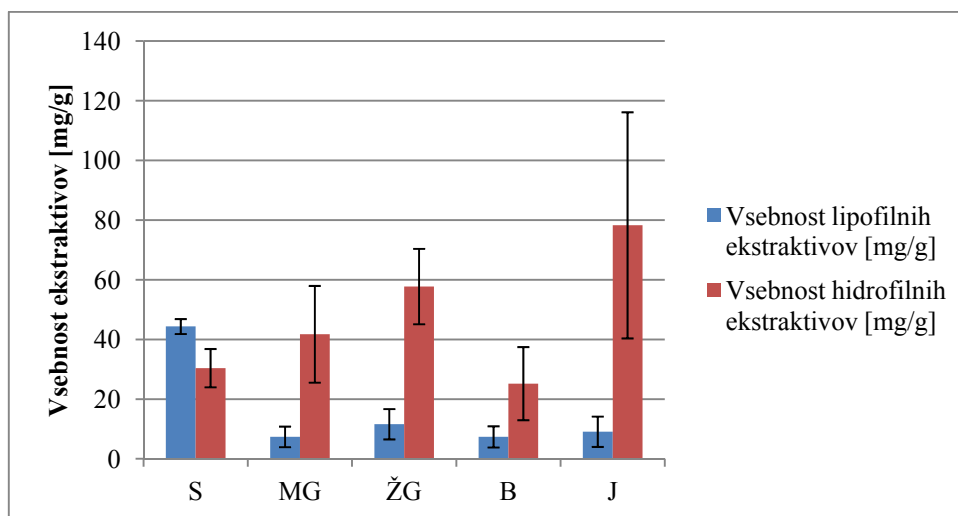
Pri drevesu št. 6 imajo največje vsebnosti celokupnih fenolov periferni deli jedrovine (v vzorcu 6J2 35,48 mg/g). Proti centru stržena se vsebnost zmanjšuje. V vzorcu beljave 6B1 (1,95 mg/g) smo zaznali najnižjo vrednost celokupnih fenolov. Vsebnost celokupnih fenolov je v skorji bistveno manjša (7,16 mg/g) kot v perifernih vzorcih jedrovine (slika 55). Periferni vzorci jedrovine imajo večje vsebnosti celokupnih fenolov, kot pa mrtva (13,66 mg/g) in živa grča (30,27 mg/g). Trohnoba je bila prisotna pri vzorcu 6J5 in 6J6, kar verjetno vpliva na nizko vsebnost celokupnih fenolov pri preiskanem tkivu.

4.3 POVPREČNE VSEBNOSTI EKSTRAKTIVOV IN FENOLOV PO POSAMEZNIH TKIVIH ZA ŠEST PREISKANIH ROBINIJ



Slika 56: Navadna robinija (*Robinia pseudoacacia* L.), rastišče Obrež, posek 11. 5. 2015. Povprečen delež celokupnih ekstraktivov za vseh 6 preučevanih dreves po posameznih tkivih. S – skorja, B – beljava, J – jedrovina, MG – mrtva grča, ŽG – živa grča.

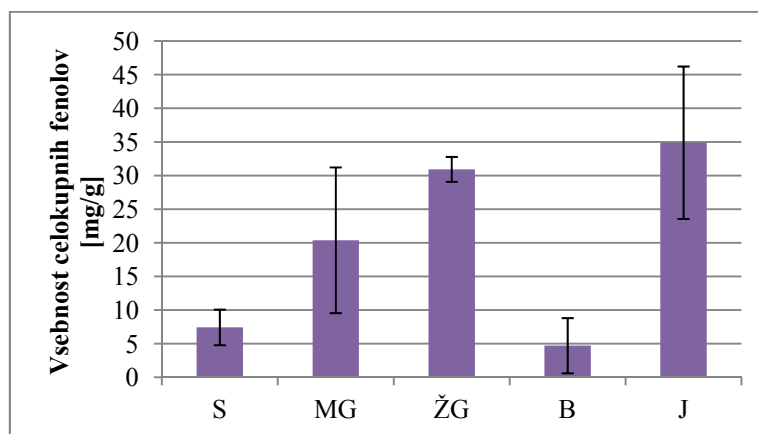
Na sliki 56 je prikazan povprečni delež celokupnih ekstraktivov za posamezno tkivo lesa robinije. Najnižji delež celokupnih ekstraktivov se pojavi v območju beljave, in sicer 4,88 %, kar je skoraj dvakrat manj kot na območju jedrovine, kjer je bil delež 8,41 %. Iz tega opazimo, da je največji delež celokupnih ekstraktivov v območju jedrovine, nekoliko manj ga je v tkivu žive grče (7,59 %) in skorje (7,47 %). Nizek delež se pojavi tudi v tkivu mrtvih grč (6,00 %).



Slika 57: Navadna robinija (*Robinia pseudoacacia* L.), rastišče Obrež, posek 11. 5. 2015. Povprečna vsebnost lipofilnih in hidrofilnih snovi za vseh 6 preučevanih dreves po posameznih tkivih. S – skorja, B – beljava, J – jedrovina, MG – mrtva grča, ŽG – živa grča.

Največja povprečna vrednost lipofilnih ekstraktivov je bila v tkivu skorje (30,40 mg/g), najmanjša pa v območju mrtve grče (7,36 mg/g) (slika 57). Primerljive vrednosti iz tkiva mrtve grče se pojavijo tudi pri jedrovini (9,08 mg/g), beljavi (7,37 mg/g) in živi grči (11,61 mg/g). Tako vidimo, da vsebnost lipofilnih ekstraktivov bistveno izstopa v tkivu skorje (slika 57).

Medtem, ko je povprečna vsebnost hidrofilnih ekstraktivov (slika 57), največja v območju jedrovine 78,26 mg/g. Vsebnost se bistveno spremeni, ko preidemo na območje beljave, kjer je najnižji delež hidrofilnih ekstraktivov 25,20 mg/g. V območju žive grče (57,74 mg/g) se pojavi nekoliko večja vsebnost kot v mrtvi grči (41,74 mg/g). Podobno kot beljava ima tkivo skorje 30,40 mg/g hidrofilnih ekstraktivov (slika 57).



Slika 58: Navadna robinija (*Robinia pseudoacacia* L.), rastišče Obrež, posek 11. 5. 2015. Povprečna vsebnost celokupnih fenolov za vseh 6 preučevanih dreves po posameznih tkivih. S – skorja, B – beljava, J – jedrovina, MG – mrtva grča, ŽG – živa grča.

Povprečna vsebnost celokupnih fenolov (slika 58) je največja v območju jedrovine, kjer je povprečna vrednost fenolov vseh šestih dreves brez vzorcev trohnobe, ki se pojavila v nekaterih kolutih, znašala 34,89 mg/g. Visoka vrednost fenolov se je pojavila tudi v tkivih žive grče 30,92 mg/g. 4,70 mg/g celokupnih fenolov je bilo na območjih beljave, kar je najnižja vrednost za posamezno tkivo v drevesih. Izračunani povprečni vrednosti v mrtvi grči (20,38 mg/g) in skorji (7,42 mg/g) sta dosegli nekoliko višjo vrednost celokupnih fenolov od beljave.

V nalogi smo predpostavili tri delovne hipoteze.

Prva hipoteza je bila, da je v robiniji (*Robinia pseudoacacia* L.) vsebnost hidrofilnih ekstraktivov manjša od vsebnosti lipofilnih.. Naši rezultati kažejo ravno nasprotno, zato moramo hipotezo ovreči. Rezultati, ki smo jih dobili, kažejo, da je vsebnost hidrofilnih ekstraktivov po posameznih tkivih bistveno večja od lipofilnih ekstraktivov. Razen pri tkivu skorje je vsebnost hidrofilnih ekstraktivov manjša od vsebnosti lipofilnih.

Druga hipoteza predpostavlja, da je vsebnost ekstraktivov v grčah večja kot v jedrovini robinije. Tudi to hipotezo moramo ovreči. Ugotovitve kažejo, da je v jedrovini povprečni delež celokupnih ekstraktivov 8,42 %, kar je več od mrtve (za 2,41 %) in žive grče (za 0,82 %).

Pod tretjo hipotezo smo predpostavili, da je v beljavi robinije manjši delež ekstraktivov kot v jedrovini. Hipotezo smo potrdili. Naši rezultati kažejo, da je v beljavi delež celokupnih ekstraktivov 4,88 %, medtem ko jih je v jedrovini 8,42 %. Torej je v jedrovini za 3,53 % večji delež ekstraktivov, kar je skoraj dvakrat več kot v beljavi. Pri nekaterih posameznih tkivih, kjer je bila jedrovina okužena s trohnobo, je bil delež ekstraktivov nekoliko nižji kakor v beljavi, vendar smo okužena tkiva izločili iz povprečnih vrednosti.

V nadaljevanju smo želeli primerjati porazdelitev vsebnosti ekstraktivov v jedrovini robinije z že opravljeno študijo. Raziskavo, ki so jo opravili Sergent in sod. na robiniji (*Robinia pseudoacacia* L.), stari okoli 60 let, kažejo različne vsebnosti ekstrahiranih snovi med juvenilno in adultno jedrovino. Ugotovitve navajajo, da so vsebnosti ekstraktivov večje v območju adultne jedrovine (6,7 %) kot v juvenilni jedrovini (5,3 %) (Sergent T. in sod, 2014). V primerjavi z navedeno študijo lahko tudi mi rečemo, da vsebnost ekstraktivov iz območja adultne jedrovine začne postopoma upadati proti juvenilni jedrovini. Na slikah 32, 36, 40, 44, 48 in 52 so prikazani deleži celokupnih ekstraktivov za posamezna drevesa po tkivu in tu je razvidno, kako delež celokupnih ekstraktivov jedrovine pada proti strženu.

Prav tako smo primerjali porazdelitev vsebnosti ekstraktivov v deblu robinije s porazdelitvijo vsebnosti ekstraktivov z drevesno vrsto, ki nima jedrovine. Primerjavo smo opravili z raziskavo, ki sta jo opravila Vek in Oven na drevesu bukovine, ko sta med sabo primerjala delež celokupnih fenolov med tkivi beljave, rdečega srca, poranitvenega lesa in reakcijske cone. Njune ugotovitve navajajo, da je delež celokupnih fenolov večji v beljavi kot pa v območju rdečega srca (Vek in Oven, 2011). Pri primerjavi porazdelitve vsebnosti ekstraktivov ugotovimo, da je pri bukvi (drevo brez jedrovine) večji delež celokupnih fenolov v beljavi kot pa v rdečem srcu. Torej je v tkivih kasneje nastalega lesa bukovine manj celokupnih fenolov. Pri tkivih robinije (drevo z jedrovino) pa je ravno nasprotno, saj beljava vsebuje dosti manj celokupnih fenolov kakor jedrovina.

5 SKLEPI

Raziskave, ki smo jih opravili, kažejo, da vsebnost ekstraktivov znotraj drevesa variira. Največja povprečna vsebnost celokupnih ekstraktov je bila v jedrovini, kjer je bil delež 8,41 %, najmanjša pa v beljavi – 4,88 %. V območju skorje je bila največja povprečna vsebnost lipofilnih ekstraktivov (30,40 mg/g), medtem ko so ostala preučevana tkiva imela precej nižje vrednosti. Pri mrtvi grči je najnižja povprečna vsebnost lipofilnih ekstraktivov 7,36 mg/g. Povprečna vsebnost hidrofilnih ekstraktivov je največja v jedrovini (78,26 mg/g), najmanjša pa v območju beljave (25,20 mg/g). Največja povprečna vsebnost celokupnih fenolov je v območju jedrovine (34,89 mg/g), najmanjša pa v beljavi, in sicer 4,70 mg/g.

Periferni deli jedrovine imajo največji delež celokupnih fenolov, proti centru stržena pa se njihova vrednost zmanjšuje. Vsebnost celokupnih fenolov je bila pri vseh preučevanih drevesih večja v jedrovini kot v beljavi. Izjema so vzorci jedrovine, kjer je bila prisotna trohnoba. Tam se pojavijo izredno nizke vrednosti celokupnih fenolov. Grče robinije, tako žive kot mrtve, vsebujejo manjši delež celokupnih ekstraktivov kot njena jedrovina.

6 POVZETEK

V diplomskem projektu smo raziskovali vsebnost lipofilnih in hidrofilnih ekstraktov v beljavi, jedrovini, skorji ter v lesu mrtve in žive grče robinije. Variabilna vsebnost ekstraktivov v lesu variira znotraj enega drevesa, in sicer odvisno od položaja vzorca v drevesu in od tipa tkiva.

Cilji naloge so bili:

ugotoviti vsebnost celokupnih fenolov v jedrovini, beljavi, skorji ter v lesu mrtve in žive grče pri tkivu robinje (*Robinia pseudoacacia* L.).

Terensko delo smo opravili na območju občine Središče ob Dravi v kraju Obrež, kjer smo 11. 5. 2015 posekali šest dreves. Iz vsakega drevesa smo izžagali po en kolut pri korenčniku in po en kolut žive in mrtve grče, ki se je pojavila v krošnji drevesa. Kolute smo prepeljali v mizarско delavnico, kjer smo prešteli starost dreves in iz kolotov izžagali posamezna tkiva skorje, beljave, jedrovine ter mrtve in žive grče. Razžagane vzorce smo posušili, ter jih zmleli z laboratorijskim mlinom SM 2000.

Delež suhe snovi smo določili tako, da smo natehtali 1 g vzorca na tehcnico Mettler Toledo XS na štiri decimalke grama natančno. Po 24-urnem sušenju vzorcev v sušilniku smo vzorce ponovno stehtali, da smo dobili maso absolutno suhega vzorca. S Soxhletovo ekstrakcijo smo z dvema različnima topiloma izločili ekstraktive. Najprej smo uporabili nepolarno topilo cikloheksan, da smo pri temperaturi 120 °C izločili hidrofobne komponente (lipofile). Nato smo ekstrakcijo ponovili s polarnim topilom aceton/voda v razmerju 95 : 5 (v/v) pri temperaturi 110 °C, da smo izločili hidrofilne komponente. Čas ekstrakcije je bil v obeh primerih 6 ur. Da smo ugotovili delež ekstrahiranih snovi v cikloheksanu in acetonu, smo vsako epruveto, posušeno do konstantne teže, predhodno stehtali in vanjo s pipeto prenesli 10 ml ekstrakta cikloheksana. Epruvete smo postavili v sušilnik na temperaturo 105 °C za 48 ur. Nato smo vse epruvete stehtali, razlika med masami je suha snov ekstraktivov v 10 mL ekstrakta. Pri acetonskih ekstraktih smo postopek ponovili. Delež celokupnih fenolov v posameznih tkivih ekstrakta smo določevali z UV-VIS spektrofotometrijo. To smo storili tako, da smo najprej v vakuumskem eksikatorju iz ekstrahiranih acetonskih vzorcev odstranili topilo, da nam je ostal suhi ekstrakt. Nato smo suhi ekstrakt raztopili v metanolu. Tako smo zamenjali acetonsko topilo z metanolom. Vzorcem smo nato dodali reagent Folin-Ciocaltau, ki smo ga redčili z destilirano vodo v razmerju 1 : 9 (v/v), in ustrezno količino raztopine natrijev karbonat (Na_2CO_3). Monohidrat galne kisline različnih koncentracij smo uporabili za umeritveno krivuljo. Stekleničke z vzorcem smo napolnili z reagentom in raztopino natrijevega karbonata ter postavili v temen prostor za 1,5 ure. Za izračun masne koncentracije celokupnih fenolov smo uporabili umeritveno krivuljo, ki smo jo določili z meritvami absorbanc znanih koncentracij galne kisline. Iz stekleničk smo s pipeto prenesli 0,5 ml vzorca v kivete ter na osnovi absorbance A_{765} odčitali vsebnost celokupnih fenolnih

snovi v posameznem vzorcu. Ugotovili smo, da je delež lipofilnih in hidrofilnih ekstraktivov pri preiskovanih drevesih zelo variabilen.

Raziskave, ki smo jih opravili, kažejo, da vsebnost ekstraktivov znotraj drevesa variira. Največja povprečna vsebnost celokupnih ekstraktov je bila v jedrovini, kjer je bil delež 8,41 %, najmanjša pa v beljavi (4,88 %). V območju skorje je bila največja povprečna vsebnost lipofilnih ekstraktivov 30,40 mg/g, medtem ko so ostala preučevana tkiva imela precej nižje vrednosti. Pri mrtvi grči je najnižja povprečna vsebnost lipofilnih ekstraktivov 7,36 mg/g. Povprečna vsebnost hidrofilnih ekstraktivov je največja v jedrovini (78,26 mg/g), najmanjša pa v območju beljave (25,20 mg/g). Največja povprečna vsebnost celokupnih fenolov je v območju jedrovine (34,89 mg/g), najmanjša pa v beljavi (4,70 mg/g).

Periferni deli jedrovine imajo največji delež celokupnih fenolov, proti centru stržena pa se njihova vrednost zmanjšuje. Vsebnost celokupnih fenolov je bila pri vseh preučevanih drevesih večja v jedrovini kot v beljavi. Izjema so vzorci jedrovine, kjer je bila prisotna trohnoba. Tam se pojavijo izredno nizke vrednosti celokupnih fenolov. Grče, tako žive kot mrtve, vsebujejo manjši delež celokupnih ekstraktivov kot jedrovina robinije.

7 VIRI

Brus R. 2011 Dendrologija za gozdarje. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire: 247–249, (408) str.

Instrumentalne metode v analizi kemije 2015

http://www.ssfkz.si/datoteke/elektronska_gradiva/Inst_metode_v_analizni_kemiji/Inst_metode_v_analizni_kemiji.pdf (23. 8. 2015)

Kutnar L., Kobler A. 2013 Sedanje stanje razširjenosti robinije (*Robinia pseudoacacia* L.) v Sloveniji in napovedi za prihodnost. *Acta Silvae et Ligni*, 102: 21–30

Latorraca J., Dünisch O., Koch G. 2011. Chemical composition and natural durability of juvenile and mature heartwood of *Robinia pseudoacacia* L. *An Acad Bras Cienc*: 1059–1068

Lobnik A. Navodila za vaje pri predmetu analizna kemija in okoljska analiza. Maribor, Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo: 18 str.

Mlakar J. 1944 Dendrologija. Drevesa in grmi Slovenije. Ljubljana, Tehniška založba Slovenije: 75–76

Navadna robinija 2015

https://sl.wikipedia.org/wiki/Navadna_robinija (20. 8. 2015)

Oven P., Vek V., Poljanšek I. 2011. Flavonoidi lesa in drevesne skorje = Flavonoids of wood and bark in trees. *Les*, 63: 412–417

Robinija 2015

http://www2.arnes.si/~opoljanelj/projekti/gozdna_pot/izkaznicedreves_robinja.htm (20. 8. 2015)

Sergent T., Kohnen S., Jourez B., Beauve C., Schneider Y., Vincke C. 2014 Characterization of black locust (*Robinia pseudoacacia* L.) heartwood extractives: identification of resveratrol and piceatannol. *Wood Sci Technol*, 48: 1005–1017

Soxhlet extractor 2014

https://en.wikipedia.org/wiki/Soxhlet_extractor (25. 8. 2015)

Tišler V., Lipusček I. 2001. Toksične snovi v lesovih. *Les*, 53, 5: 148–158

Vivod B. Vsebnost ekstraktivov v lesu robinije (*Robinia pseudoacacia* L.).

Dipl. projekt. Ljubljana, Univ. v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Odd. za lesarstvo, 2015

Vek V., Oven P. 2011 Vpliv različnih polarnih topil na delež celokupnih fenolov v lesnih ekstraktih = Influence of different polar solvents on contents of total phenols in wood extracts. Les, 63, 5: 249

Zule J. 2008. Polifenoli v različnih vrstah macesna (*Larix spp.*). Zbornik gozdarstva in lesarstva, 86: 51–58

ZAHVALA

Diplomski projekt sem opravljal na Biotehniški fakulteti na Katedri za kemijo lesa na Oddelku za lesarstvo.

Iskreno se zahvaljujem mentorici doc. dr. Idi Poljanšek in somentorju prof. dr. Primožu Ovnu za nasvete in strokovno pomoč pri praktičnem in teoretičnem delu ter prof. dr. Marku Petriču za končni pregled diplomskega projekta.

Zahvala za pomoč pri delu v laboratoriju gre tudi tehniškemu sodelavcu Marku Željku ter celotni Katedri za kemijo lesa.

Za pomoč pri pridobitvi materiala se zahvaljujem Zavodu za gozdove Slovenije iz krajevne enote Slovenska Bistrica.

Posebno zahvalo pa namenjam puncu in prijateljem, ki so me podpirali pri izdelavi diplomskega projekta.

PRILOGE

Priloga A: Stehtane mase za izračun deleža suhe snovi

Št. prahovke	Masa tehtiča [g]	Masa vlažnega lesa [g]	Masa teh.+ vz. po sušenju [g]	Masa vzorca [g]	Delež suhe snovi [%]
1 S	13,9249	1,0008	14,8681	0,9432	94,25
1B1	13,8049	1,0084	14,7686	0,9638	95,57
1J2	15,1141	1,0092	16,0810	0,9669	95,81
1J3	15,0982	0,9930	16,0499	0,9518	95,84
1J4	13,9393	1,0106	14,9074	0,9681	95,79
1J5	13,8890	0,9936	14,8399	0,9509	95,70
1J6	14,9546	1,0064	15,9191	0,9645	95,84
1J7	15,2402	1,0102	16,2082	0,9680	95,82
1J8	15,1937	0,9930	16,1493	0,9556	96,23
1B9	13,4002	1,0067	14,3633	0,9631	95,67
1MG	14,0021	1,0021	14,9632	0,9611	95,91
1ŽG	15,2059	0,9993	16,1630	0,9571	95,78
2S	13,8278	1,0066	14,7794	0,9516	94,54
2B1	13,9109	1,0030	14,8725	0,9616	95,87
2J2	13,9743	1,0069	14,9403	0,9660	95,94
2J3	14,5218	1,0033	15,4856	0,9638	96,06
2J4	14,0849	1,0008	15,0436	0,9587	95,79
2J5	13,8079	1,0059	14,7668	0,9589	95,33
2J6	18,8003	1,0009	19,7625	0,9622	96,13
2J7	14,1897	1,0026	15,1553	0,9656	96,31
2J8	18,6479	1,0054	19,6148	0,9669	96,17
2B9	13,5821	1,0008	14,5455	0,9633	96,26
2ŽG	13,8751	1,0026	14,8315	0,9564	95,39
3S	14,2487	1,0026	15,1971	0,9484	94,59
3B1	15,1940	1,0010	16,1500	0,9560	95,51
3J2	13,8894	1,0062	14,8565	0,9671	96,11
3J3	15,2059	1,0038	16,1712	0,9653	96,17
3J4	15,0981	1,0005	16,0622	0,9641	96,36
3J5	13,9250	1,0038	14,8915	0,9665	96,29
3J6	15,2401	1,0031	16,2062	0,9661	96,32
3J7	14,9543	1,0013	15,9119	0,9576	95,64
3J8	13,4003	1,0011	14,3644	0,9642	96,31
3B9	15,1134	1,0017	16,0735	0,9601	95,85
3MG	14,0022	1,0037	14,9677	0,9655	96,19
3ŽG	13,8057	1,0083	14,7761	0,9704	96,24
4S	13,8081	1,0021	14,7562	0,9480	94,60

4B1	13,9108	1,0017	14,8738	0,9630	96,15
4J2	13,8753	1,0022	14,8420	0,9667	96,46
4J3	13,5821	1,0089	14,5567	0,9746	96,60
4J4	13,9744	1,0031	14,9253	0,9509	94,80
4J5	14,0856	1,0024	15,0531	0,9675	96,52
4J6	13,8286	1,0046	14,8014	0,9728	96,83
4B7	18,8010	1,0026	19,7697	0,9687	96,62
4MG	14,1895	1,0056	15,1604	0,9709	96,55
4ŽG	14,5224	1,0031	15,4946	0,9722	96,92
5S	15,1939	1,0019	16,1383	0,9444	94,26
5B1	15,2399	1,0048	16,1974	0,9575	95,29
5J2	14,0021	1,0045	14,9626	0,9605	95,62
5J3	13,8898	1,0039	14,8502	0,9604	95,67
5J4	13,4003	1,0012	14,3581	0,9578	95,66
5J5	13,9250	1,0068	14,8843	0,9593	95,28
5J6	14,9545	1,0016	15,9146	0,9602	95,86
5J7	15,2059	1,0066	16,1717	0,9659	95,95
5J8	15,1134	1,0028	16,0760	0,9626	95,99
5B9	13,8056	1,0027	14,7652	0,9597	95,71
5MG	14,2487	1,0054	15,2075	0,9588	95,37
5ŽG	15,0981	1,0010	16,0565	0,9585	95,76
6S	13,5820	1,0040	14,5291	0,9470	94,32
6B1	13,9107	1,0007	14,8682	0,9575	95,68
6J2	18,6717	1,0007	19,6313	0,9596	95,89
6J3	13,9395	1,0001	14,8990	0,9596	95,95
6J4	13,8284	1,0089	14,7957	0,9672	95,87
6J5	13,8087	1,0049	14,7675	0,9588	95,41
6J6	13,8753	1,0022	14,8352	0,9599	95,77
6J7	14,5223	1,0041	15,4863	0,9639	96,00
6J8	13,9747	1,0062	14,9412	0,9666	96,06
6B9	18,8010	1,0024	19,7604	0,9595	95,72
6MG	14,0854	1,0039	15,0433	0,9579	95,41
6ŽG	14,1893	1,0005	15,1500	0,9607	96,02

Priloga B: Izračunana masa suhega ostanka za cikloheksanski in acetonski vzorec

Vzorec	Tip tkiva	CIKLOHEKSAN			ACETON		
		Masa epruvete [g]	Masa vzorca 10 mL in petrijevke po sušenju [g]	Masa suhega ostanka [mg/g]	Masa epruvete [g]	Masa vzorca 10 mL in petrijevke po sušenju [g]	Masa suhega ostanka [mg/g]
1 S	S	17,6422	17,6460	40,2389	17,8423	17,8449	27,6378
1B1	B	17,7707	17,7713	5,9146	18,1305	18,1359	55,7215
1J2	J	17,7757	17,7773	17,0121	17,9030	17,9187	161,6665
1J3	J	17,9322	17,9337	15,8433	17,7767	17,7873	111,0082
1J4	J	17,9920	17,9927	7,0165	17,8582	17,8638	57,8861
1J5	J	18,0026	18,0037	11,7746	17,7193	17,7235	43,8393
1J6	J	17,6899	17,6910	11,6897	17,9582	17,9624	43,4486
1J7	J	17,6108	17,6121	13,4074	17,9062	17,9178	119,4287
1J8	J	17,6987	17,6997	10,8815	17,8906	17,9053	153,8057
1B9	B	17,9342	17,9352	10,4906	18,0397	18,0424	28,7714
1MG	MG	17,6799	17,6809	10,4943	17,8732	17,8785	55,0692
1ŽG	ŽG	17,7556	17,7576	20,9951	17,9343	17,9411	70,4015
2S	S	17,8557	17,8600	45,5690	17,9728	17,9761	35,1742
2B1	B	17,8154	17,8159	5,8260	17,7809	17,7821	12,7964
2J2	J	17,9226	17,9232	5,8905	17,6240	17,6371	136,2049
2J3	J	17,9583	17,9587	4,6699	17,9991	18,0074	86,9641
2J4	J	17,9173	17,9177	4,4846	18,0530	18,0570	41,6126
2J5	J	17,3192	17,3194	1,9780	17,9085	17,9093	8,2244
2J6	J	17,9059	17,9063	4,2579	17,7756	17,7801	46,8367
2J7	J	17,5749	17,5754	5,3727	17,5941	17,5998	59,2035
2J8	J	18,1074	18,1079	4,6520	17,7120	17,7235	119,2968
2B9	B	18,0954	18,0960	6,2286	17,9980	18,0004	25,3298
2ŽG	ŽG	18,0264	18,0271	7,1997	17,7608	17,7673	68,4489
3S	S	17,9898	17,9938	42,5262	17,7652	17,7673	21,7894
3B1	B	18,1539	18,1546	7,4170	18,0498	18,0525	28,8322
3J2	J	17,7938	17,7944	5,7849	18,0418	18,0546	132,6394
3J3	J	17,8685	17,8692	7,4488	17,6107	17,6231	127,8703
3J4	J	17,6007	17,6011	4,0373	17,9307	17,9327	20,9114
3J5	J	17,6851	17,6856	4,5453	18,0027	18,0055	28,7179
3J6	J	17,9027	17,9033	6,1999	17,9406	17,9441	36,0629
3J7	J	18,0077	18,0083	5,6312	17,5599	17,5663	66,9488
3J8	J	17,7961	17,7968	6,9358	17,3449	17,3571	126,5009
3B9	B	17,9559	17,9567	8,2067	17,7722	17,7751	30,5414
3MG	MG	17,8618	17,8624	5,8998	17,7701	17,7767	67,7964
3ŽG	ŽG	17,7833	17,7841	8,0289	17,7558	17,7620	63,6138
4S	S	17,9023	17,9067	46,4115	17,8167	17,8194	28,5853

4B1	B	18,0391	18,0402	11,2885	18,1074	18,1099	25,9947
4J2	J	17,7758	17,7770	12,6109	17,9583	17,9679	99,3368
4J3	J	17,6898	17,6906	8,8199	17,8617	17,8686	70,4567
4J4	J	17,9061	17,9076	15,9803	17,9174	17,9216	43,8408
4J5	J	17,9916	17,9926	11,1541	17,9059	17,9131	74,4638
4J6	J	17,8583	17,8594	11,7051	17,9226	17,9323	100,0063
4B7	B	17,7642	17,7651	8,8567	18,0954	18,0978	25,2313
4MG	MG	17,9342	17,9350	8,8579	17,7714	17,7748	34,9164
4ŽG	ŽG	17,7765	17,7776	11,1025	17,6423	17,6477	55,8209
5S	S	18,1072	18,1115	44,7545	18,1303	18,1341	40,2050
5B1	B	17,7672	17,7682	10,9567	17,6800	17,6821	21,4961
5J2	J	17,5952	17,5962	10,4927	17,9342	17,9438	99,7325
5J3	J	17,7197	17,7205	8,3164	17,6986	17,7062	79,8373
5J4	J	17,6969	17,6976	7,1866	17,8869	17,8914	47,2859
5J5	J	17,8015	17,8024	9,5854	17,8533	17,8553	20,8377
5J6	J	17,9407	17,9418	11,5367	18,0133	18,0177	45,8350
5J7	J	17,4423	17,4432	9,2936	17,7503	17,7569	67,6367
5J8	J	17,9588	17,9597	9,8451	18,0309	18,0367	61,0396
5B9	B	17,8357	17,8366	9,3509	17,9676	17,9694	18,8057
5MG	MG	17,7509	17,7519	10,9426	17,8573	17,8608	36,0586
5ŽG	ŽG	17,9756	17,9769	13,2058	17,8693	17,8729	36,6018
6S	S	17,9985	18,0029	46,6410	18,0029	18,0057	29,0187
6B1	B	17,7124	17,7124	0,4167	17,7559	17,7567	8,1264
6J2	J	17,7611	17,7631	20,3861	17,9309	17,9358	51,3812
6J3	J	17,6244	17,6260	16,9471	17,7722	17,7782	62,3821
6J4	J	17,9087	17,9108	21,4483	17,7941	17,7984	43,9278
6J5	J	17,9995	17,9996	0,9381	17,7704	17,7735	32,6244
6J6	J	17,3193	17,3194	0,9341	17,9030	17,9055	26,4671
6J7	J	17,6008	17,6008	0,1036	17,9560	17,9601	42,3568
6J8	J	17,7760	17,7760	0,5163	17,8687	17,8757	72,5848
6B9	B	18,0534	18,0536	1,9777	17,5601	17,5622	21,2346
6MG	MG	17,5945	17,5947	1,7726	18,0422	18,0452	31,2816
6ŽG	ŽG	17,7726	17,7735	9,1476	17,3452	17,3501	51,5929

Priloga C: Izračunan delež ekstraktivov za posamezen vzorec tkiva

Vzorec	Tip tkiva	Masa natehtanega vzorca [g]	Masa vzorca (dw)	Masa tulca [g]	Masa tulca in vzorca po ekstrakciji [g]	Masa vzorca po ekstrakciji [g]	Delež ekstraktivov [%]
1 S	S	2,5031	2,3609	5,6811	7,9122	2,2311	5,50
1B1	B	2,4999	2,4093	5,0065	7,2569	2,2504	6,60
1J2	J	2,5077	2,4247	5,5294	7,5771	2,0477	15,55
1J3	J	2,5035	2,3827	5,1572	7,3272	2,1700	8,93
1J4	J	2,5028	2,4229	5,2457	7,5103	2,2646	6,53
1J5	J	2,5009	2,3780	5,1535	7,4405	2,2870	3,83
1J6	J	2,5056	2,4167	5,4198	7,6958	2,2759	5,82
1J7	J	2,5042	2,4240	5,8198	7,9720	2,1522	11,21
1J8	J	2,5005	2,3894	5,6860	7,7700	2,0839	12,78
1B9	B	2,4991	2,4069	5,5372	7,8438	2,3066	4,17
1MG	MG	2,5035	2,4061	5,2377	7,4939	2,2562	6,23
1ŽG	ŽG	2,5008	2,3934	5,6654	7,8853	2,2199	7,25
2S	S	2,5020	2,3810	4,8573	7,0364	2,1791	8,48
2B1	B	2,4990	2,4030	4,9992	7,3016	2,3024	4,19
2J2	J	2,5044	2,4192	5,0526	7,2077	2,1551	10,91
2J3	J	2,4996	2,4090	4,7553	6,9505	2,1952	8,88
2J4	J	2,5003	2,3971	4,8809	7,1795	2,2986	4,11
2J5	J	2,5042	2,4014	4,9975	7,3487	2,3512	2,09
2J6	J	2,5020	2,4073	4,7975	7,1008	2,3033	4,32
2J7	J	2,5059	2,4196	5,6237	7,8803	2,2567	6,74
2J8	J	2,5011	2,4183	4,8922	7,0726	2,1804	9,84
2B9	B	2,4999	2,4082	4,7961	7,1455	2,3494	2,44
2ŽG	ŽG	2,5052	2,3959	5,2279	7,4661	2,2382	6,58
3S	S	2,5042	2,3750	5,0974	7,3067	2,2093	6,98
3B1	B	2,5032	2,3932	5,6478	7,9020	2,2542	5,81
3J2	J	2,5024	2,4201	5,3724	7,4658	2,0934	13,50
3J3	J	2,5033	2,4165	5,2394	7,3567	2,1173	12,38
3J4	J	2,5048	2,4150	5,2471	7,5384	2,2913	5,12
3J5	J	2,5040	2,4201	4,7692	7,0808	2,3116	4,48
3J6	J	2,5042	2,4194	5,3387	7,6302	2,2915	5,29
3J7	J	2,5034	2,3974	5,3859	7,6228	2,2369	6,69
3J8	J	2,5048	2,4150	5,0465	7,1279	2,0814	13,82
3B9	B	2,5065	2,4066	5,5814	7,8557	2,2742	5,50
3MG	MG	2,5016	2,4153	5,1621	7,3770	2,2149	8,30
3ŽG	ŽG	2,5028	2,4287	5,6587	7,8756	2,2169	8,72
4S	S	2,5000	2,3701	5,5311	7,7118	2,1807	7,99
4B1	B	2,5066	2,4140	5,2659	7,5587	2,2928	5,02

Vivod B. Vsebnost ekstraktivov v lesu robinije (*Robinia pseudoacacia* L.).

Dipl. projekt. Ljubljana, Univ. v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Odd. za lesarstvo, 2015

4J2	J	2,5018	2,4185	5,4594	7,6299	2,1706	10,25
4J3	J	2,5013	2,4377	5,7515	7,9857	2,2342	8,35
4J4	J	2,5006	2,3779	5,0509	7,2697	2,2188	6,69
4J5	J	2,5019	2,4206	5,6858	7,9250	2,2392	7,49
4J6	J	2,5029	2,4348	5,7395	7,9101	2,1706	10,85
4B7	B	2,5059	2,4275	5,8145	8,1506	2,3361	3,77
4MG	MG	2,5000	2,4272	4,7880	7,0688	2,2808	6,03
4ŽG	ŽG	2,5015	2,4319	5,0340	7,2960	2,2620	6,99
5S	S	2,5020	2,3629	5,7241	7,8927	2,1686	8,22
5B1	B	2,5021	2,3958	5,9280	8,2100	2,2820	4,75
5J2	J	2,5054	2,4064	5,9230	8,0695	2,1465	10,80
5J3	J	2,5040	2,4049	5,2161	7,4067	2,1906	8,91
5J4	J	2,5061	2,4003	5,2324	7,4865	2,2541	6,09
5J5	J	2,5014	2,3995	6,2011	8,5024	2,3013	4,09
5J6	J	2,5052	2,4054	5,1224	7,3754	2,2530	6,33
5J7	J	2,5066	2,4210	5,3171	7,5510	2,2339	7,73
5J8	J	2,5062	2,4124	5,1141	7,2527	2,1386	11,35
5B9	B	2,5073	2,4062	5,7779	8,0373	2,2594	6,10
5MG	MG	2,5019	2,3989	5,7118	7,9165	2,2047	8,10
5ŽG	ŽG	2,5084	2,4043	5,4753	7,6694	2,1941	8,74
6S	S	2,5017	2,3692	5,8299	8,0166	2,1868	7,70
6B1	B	2,5061	2,3996	5,7182	8,0534	2,3352	2,68
6J2	J	2,5049	2,4036	6,0061	8,2233	2,2173	7,75
6J3	J	2,5059	2,4045	5,4617	7,6951	2,2334	7,12
6J4	J	2,5066	2,4244	5,8370	8,1026	2,2656	6,55
6J5	J	2,5016	2,3985	5,4880	7,7526	2,2646	5,58
6J6	J	2,5093	2,4087	4,9743	7,2711	2,2968	4,64
6J7	J	2,5044	2,4140	5,3652	7,6377	2,2725	5,86
6J8	J	2,5051	2,4213	5,2241	7,4396	2,2155	8,50
6B9	B	2,5032	2,4017	5,0950	7,3740	2,2789	5,11
6MG	MG	2,5030	2,3976	5,3349	7,6140	2,2791	4,94
6ŽG	ŽG	2,5069	2,4083	5,3797	7,6119	2,2322	7,31

Priloga D: Podani rezultati o deležu celokupnih ekstraktivov, vsebnosti lipofilnih ekstraktivov, vsebnosti hidrofilnih ekstraktivov in vsebnosti celokupnih fenolov po posameznih drevesih

Drevo št. 1

Vzorec	Tip tkiva	Delež celokupnih ekstraktivov[%]	Vsebnost lipofilnih ekstraktivov [mg/g]	Vsebnost hidrofilnih ekstraktivov [mg/g]	Vsebnost celokupnih fenolov [mg/g]
1 S	S	5,497	40,239	27,638	3,591
1B1	B	6,595	5,915	55,721	16,308
1J2	J	15,549	17,012	161,666	51,239
1J3	J	8,927	15,843	111,008	42,934
1J4	J	6,531	7,016	57,886	24,386
1J5	J	3,827	11,775	43,839	19,984
1J6	J	5,823	11,690	43,449	18,241
1J7	J	11,214	13,407	119,429	40,875
1J8	J	12,783	10,881	153,806	43,212
1B9	B	4,168	10,491	28,771	4,870
1MG	MG	6,230	10,494	55,069	24,306
1ŽG	ŽG	7,251	20,995	70,401	28,649

Drevo št. 2

Vzorec	Tip tkiva	Delež celokupnih ekstraktivov[%]	Vsebnost lipofilnih ekstraktivov [mg/g]	Vsebnost hidrofilnih ekstraktivov [mg/g]	Vsebnost celokupnih fenolov [mg/g]
2S	S	8,480	45,569	35,174	9,734
2B1	B	4,188	5,826	12,796	2,464
2J2	J	10,914	5,890	136,205	42,156
2J3	J	8,879	4,670	86,964	37,915
2J4	J	4,108	4,485	41,613	23,462
2J5	J	2,089	1,978	8,224	2,818
2J6	J	4,319	4,258	46,837	24,724
2J7	J	6,735	5,373	59,203	41,822
2J8	J	9,841	4,652	119,297	41,414
2B9	B	2,442	6,229	25,330	5,502
2ŽG	ŽG	6,584	7,200	68,449	32,028

Drevo št. 3

Vzorec	Tip tkiva	Delež celokupnih ekstraktivov[%]	Vsebnost lipofilnih ekstraktivov [mg/g]	Vsebnost hidrofilnih ekstraktivov [mg/g]	Vsebnost celokupnih fenolov [mg/g]
3S	S	6,979	42,526	21,789	5,735
3B1	B	5,806	7,417	28,832	4,482
3J2	J	13,501	5,785	132,639	52,156
3J3	J	12,381	7,449	127,870	52,640
3J4	J	5,119	4,037	20,911	18,769
3J5	J	4,483	4,545	28,718	15,176
3J6	J	5,287	6,200	36,063	19,638
3J7	J	6,694	5,631	66,949	36,948
3J8	J	13,815	6,936	126,501	49,381
3B9	B	5,499	8,207	30,541	4,157
3MG	MG	8,297	5,900	67,796	35,338
3ŽG	ŽG	8,723	8,029	63,614	32,484

Drevo št. 4

Vzorec	Tip tkiva	Delež celokupnih ekstraktivov[%]	Vsebnost lipofilnih ekstraktivov [mg/g]	Vsebnost hidrofilnih ekstraktivov [mg/g]	Vsebnost celokupnih fenolov [mg/g]
4S	S	7,992	46,412	28,585	7,418
4B1	B	5,018	11,289	25,995	3,018
4J2	J	10,253	12,611	99,337	48,108
4J3	J	8,348	8,820	70,457	36,537
4J4	J	6,694	15,980	43,841	4,902
4J5	J	7,494	11,154	74,464	32,669
4J6	J	10,852	11,705	100,006	45,799
4B7	B	3,766	8,857	25,231	3,598
4MG	MG	6,032	8,858	34,916	15,542
4ŽG	ŽG	6,986	11,103	55,821	29,081

Drevo št. 5

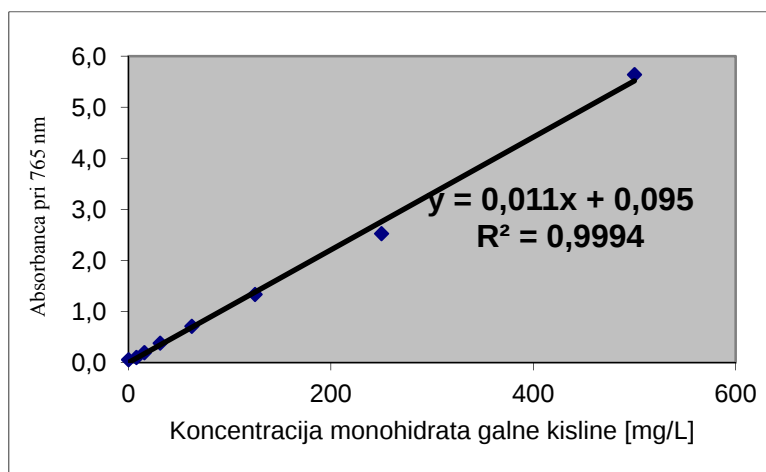
Vzorec	Tip tkiva	Delež celokupnih ekstraktivov[%]	Vsebnost lipofilnih ekstraktivov [mg/g]	Vsebnost hidrofilnih ekstraktivov [mg/g]	Vsebnost celokupnih fenolov [mg/g]
5S	S	8,223	44,755	40,205	10,909
5B1	B	4,749	10,957	21,496	2,322
5J2	J	10,802	10,493	99,733	46,920
5J3	J	8,913	8,316	79,837	40,002
5J4	J	6,090	7,187	47,286	25,608
5J5	J	4,094	9,585	20,838	3,524
5J6	J	6,334	11,537	45,835	23,649
5J7	J	7,729	9,294	67,637	35,255
5J8	J	11,349	9,845	61,040	47,269
5B9	B	6,100	9,351	18,806	2,107
5MG	MG	8,095	10,943	36,059	27,961
5ŽG	ŽG	8,742	13,206	36,602	33,048

Drevo št. 6

Vzorec	Tip tkiva	Delež celokupnih ekstraktivov[%]	Vsebnost lipofilnih ekstraktivov [mg/g]	Vsebnost hidrofilnih ekstraktivov [mg/g]	Vsebnost celokupnih fenolov [mg/g]
6S	S	7,699	46,641	29,019	7,157
6B1	B	2,683	0,417	8,126	1,954
6J2	J	7,752	20,386	51,381	35,483
6J3	J	7,118	16,947	62,382	29,638
6J4	J	6,552	21,448	43,928	21,363
6J5	J	5,583	0,938	32,624	13,538
6J6	J	4,645	0,934	26,467	14,171
6J7	J	5,864	0,104	42,357	21,405
6J8	J	8,499	0,516	72,585	34,430
6B9	B	5,114	1,978	21,235	6,845
6MG	MG	4,942	1,773	31,282	13,660
6ŽG	ŽG	7,311	9,148	51,593	30,269

Priloga E: Absorbanca pri A765 nm slepega vzorca in različnih raztopin monohidrata galne kisline

Vzorec	Absorbanca A765
SV-0,00	0,0577
GK-7,8	0,1023
GK-15,6	0,1964
GK-31,25	0,3817
GK-62,5	0,7122
GK-125	1,3358
GK-250	2,5258
GK-500	5,6382



Umeritvena krivulja za monohidrat galne kisline z enačbo premice in vrednostjo koeficienta determinante R².