

OSNOVNA ŠOLA ŽIRI

KAKO SI PODKURIMO ŽIROVCI

Kemija
raziskovalna naloga

Avtorica: Nina CANKAR

Mentorici: Lilijana JUSTIN, PRU kemije
Petra NOVAK, prof. slovenščine

Žiri, 2018

I KAZALO VSEBINE

Povzetek	VI
Zahvala	VII
1 UVOD.....	1
2 TEORETIČNI DEL.....	2
2.1 LESNA GORIVA.....	2
2.2 VODA V LESU IN VLAŽNOST LESA	3
2.3 KEMIJSKA SESTAVA	3
2.3.1 Sestava lesa	3
2.3.2 Sestava pepela	3
2.4 ONESNAŽEVANJE	4
2.4.1 Onesnaževanje z drvni	4
2.4.2 Onesnaževanje s pepelom.....	5
3 RAZISKOVALNI DEL	6
3.1 METODOLOGIJA.....	6
3.1.1 Opis vzorca raziskave.....	6
3.1.2 Opis merskih instrumentov.....	6
3.1.3 Opis postopka zbiranja podatkov	11
3.1.3.1 Analize na Gozdarskem inštitutu	11
3.1.3.2 Analize na Fakulteti za kemijo in kemijsko tehnologijo	17
3.1.4 Obdelava podatkov	22
3.2 REZULTATI.....	23
3.2.1 Rezultati anket in meritev vlažnosti z merilnikom vlažnosti.....	23
3.2.2 Rezultati analiz na Gozdarskem inštitutu Slovenije	25
3.2.2.1 Drva	25
3.2.2.2 Peleti.....	26
3.2.2.3 Sekanci	28
3.2.3 Rezultati analiz na Fakulteti za kemijo in kemijsko tehnologijo	33
4 RAZPRAVA.....	36
5 ZAKLJUČEK	38
6 VIRI IN LITERATURA.....	39
7 PRILOGE	1

II KAZALO FOTOGRAFIJ

Fotografija 1: Merilec vlažnosti v lesu z nabijalnimi sondami	6
Fotografija 2: Sito za sekance (velikost odprtin 100 mm).....	7
Fotografija 3: Sita za sejhalno analizo	7
Fotografija 4: Naprava za sejhalno analizo – vibracijska sita	7
Fotografija 5: Naprava za preverjanje mehanske obstojnosti peletov v delovanju.....	8
Fotografija 6: Tehnica s pladnjem in napravo za merjenje mehanske obstojnosti v ozadju ...	8
Fotografija 7: Ometanje pladnja s čopičem.....	9
Fotografija 8: Vzorci v sušilni peči	9
Fotografija 9: Vzorci v žgalni peči	10
Fotografija 10: Nastavljanje volumna na avtomatski pipeti.....	10
Fotografija 11: Spektrometer	11
Fotografija 12: Analiziranje vzorcev na Gozdarskem inštitutu	12
Fotografija 13: Darja Kocjan pri merjenju dimenzij vzorca drv.....	12
Fotografija 14: Tehtanje vzorca drv	13
Fotografija 15: Tehtanje vzorca peletov	13
Fotografija 16: Sejanje vzorca peletov	14
Fotografija 17: Vzorec peletov po tresenju v napravi za mehansko obstojnost	14
Fotografija 18: Tehtanje drobnih delcev pred analizo mehanske obstojnosti vzorca	15
Fotografija 19: Merjenje prostornine in tehtanje vzorca sekancev pred sejhalno analizo.	15
Fotografija 20: Stresanje delcev s sit na pladnje po sejhalni analizi.....	16
Fotografija 21: Tehtanje vseh delcev določene velikosti skupaj	16
Fotografija 22: Tehtanje vzorca pred žganjem v peči.....	17
Fotografija 23: Žgalna peč na Gozdarskem inštitutu	17
Fotografija 24: V laboratoriju na Fakulteti za kemijo in kemijsko tehnologijo	18
Fotografija 25: Tehtanje vzorcev pred žganjem v peči.....	19
Fotografija 26: Eksikator s čistimi lončki poleg natančne tehtnice	19
Fotografija 27: Keramični lončki z vzorci pri žganju v žgalni peči	20
Fotografija 28: Priprava ljev s filtrirnim papirjem.....	20
Fotografija 29: Liji s filtrirnim papirjem in bučkami, pripravljeni za filtracijo vzorcev	21
Fotografija 30: Pipetiranje med pripravo standardov.....	21
Fotografija 31: Analiza raztopine s spektrometrom. Na fotografiji je viden plamen, ki spojine razbije na atome.....	22
Fotografija 32: Redčenje vzorcev pred merjenjem koncentracije kalcija.	22

III KAZALO GRAFOV

Graf 1: Prikaz izvora vzorcev drv	23
Graf 2: Prikaz povprečne vlažnosti vzorcev drv glede na skladovnico, v kateri so bili shranjeni	24
Graf 3: Prikaz povprečne vlažnosti drv glede na datum njihovega nakupa (ali dan, ko so jih zložili v skladovnico)	25
Graf 4: Prikaz deleža različnih drevesnih vrst	25
Graf 5: Vlažnost vzorcev drv	26
Graf 6: Prikaz vlažnosti vzorcev peletov	26
Graf 7: Prikaz mehanske obstojnosti vzorcev peletov	27
Graf 8: Prikaz vsebnosti pepela v vzorcih peletov	27
Graf 9: Prikaz deleža delcev različnih velikosti po masi v vzorcu S1	28
Graf 10: Prikaz deleža delcev različnih velikosti po masi v vzorcu S2	28
Graf 11: Prikaz deleža delcev različnih velikosti po masi v vzorcu S3	29
Graf 12: Prikaz deleža delcev različnih velikosti po masi v vzorcu S4	29
Graf 13: Prikaz deleža delcev med 3,15 in 16 mm v različnih vzorcih sekancev	30
Graf 14: Prikaz deleža delcev pod 1 mm v različnih vzorcih sekancev	30
Graf 15: Prikaz deleža delcev nad 100 mm v različnih vzorcih sekancev	31
Graf 16: Prikaz deleža pepela v različnih vzorcih sekancev	31
Graf 17: Prikaz vsebnosti vlage v različnih vzorcih sekancev	32
Graf 18: Prikaz vsebnosti vode sekancev glede na delež delcev, večjih od 3,15 mm	32
Graf 19: Prikaz deleža pepela v posameznem vzorcu	33
Graf 20: Prikaz koncentracije cinka v različnih vzorcih	33
Graf 21: Prikaz koncentracije železa v različnih vzorcih	34
Graf 22: Prikaz koncentracije svinca v različnih vzorcih	34
Graf 23: Prikaz koncentracije kalcija v različnih vzorcih	35
Graf 24: Prikaz koncentracije svinca, železa in cinka v različnih vzorcih	35
Graf 25: Spreminjanje vsebnosti vode v drveh med sušenjem	9
Graf 26: Prikaz deleža pepela v vzorcu peletov P1b	10
Graf 27: Prikaz deleža pepela v vzorcu peletov P4	10
Graf 28: Prikaz deleža pepela v vzorcu peletov P6	10
Graf 29: Prikaz deleža pepela v vzorcu sekancev S1	10
Graf 30: Prikaz deleža pepela v vzorcu sekancev S2	10
Graf 31: Prikaz deleža pepela v vzorcu sekancev S3	10
Graf 32: Prikaz vlažnosti vzorcev drv iz notranje skladovnice	11
Graf 33: Prikaz vlažnosti vzorcev drv iz zunanje skladovnice	11

IV KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Izvor vzorcev peletov	23
Preglednica 2: Izvor vzorcev sekancev	24

V KAZALO PRILOG

- Priloga 1: Primer laboratorijskega protokola za drva
- Priloga 2: Primer laboratorijskega protokola za pelete
- Priloga 3: Primer laboratorijskega protokola za sekance
- Priloga 4: Grafi

Povzetek

V svoji raziskovalni nalogi sem raziskovala kakovost lesnih goriv v Žireh in okolici. Zbirala sem vzorce drv, peletov in sekancev. Merila sem njihovo vlažnost, pri peletih tudi mehansko obstojnost in vsebnost pepela, pri sekancih pa njihovo sestavo in vsebnost pepela. V pepelu sekancev in peletov sem merila koncentracijo cinka, železa, svinca, kadmija, kroma in kalcija. Ker sem potrebovala posebne merske instrumente, sem meritve opravila na Gozdarskem inštitutu Slovenije in na Fakulteti za kemijo in kemijsko tehnologijo v Ljubljani.

V raziskavi sem ugotovila, da imajo drva precej raznoliko vlažnost, ki se razlikuje glede na mesto skladiščenja. Med drevesnimi vrstami pri drveh izrazito prevladuje bukev. Peleti imajo nizko vlažnost in vsebnost pepela (razen enega vzorca), vendar slabo mehansko obstojnost. Sekanci vsebujejo malo delcev, ki so lahko nevarni ali nezaželeni. Njihova vlažnost je nizka in vsebnost pepela prav tako.

Pri merjenju vsebnosti kovin v pepelu sem ugotovila, da so nevarne kovine v pepelu prisotne v zelo nizkih in nenevarnih količinah. Veliko je le kalcija, ki pa je dobrodošel in koristen za zemljo.

Iz pridobljenih podatkov sem sklepala, da so lesna goriva v Žireh kvalitetna in primerna za uporabo.

Ključne besede: lesna goriva, kakovost, pepel, vsebnost kovin

Zahvala

Zahvaljujem se svojimima mentoricama Lilijani Justin in Petri Novak za pomoč in usmerjanje pri izdelavi raziskovalne naloge.

Zahvaljujem se Nike Kranjc in Darji Kocjan z Gozdarskega inštituta Slovenije za pomoč pri opravljanju analiz in obdelavi podatkov ter za izposojlo merilne naprave.

Zahvaljujem se Gregorju Maroltu in Zdenki Držaj s Fakultete za kemijo in kemijsko tehnologijo za razumljivo razlago delovanja instrumentov ter pomoč pri opravljanju analiz.

Zahvaljujem se tudi vsem podjetjem in gospodinjstvom, ki so mi prijazno odstopili vzorce svojih goriv in odgovarjali na dodatna vprašanja.

Nazadnje se zahvaljujem še svoji družini, še posebej mami Petri, za pomoč in podporo pri pisanju naloge.

1 UVOD

V okviru raziskovalne naloge sem raziskovala vsebnost vode v različnih lesnih gorivih, njihovo kvaliteto ter snovi v pepelu, ki nastanejo pri gorenju le-teh. Omenjena tema me zanima, ker v našem kraju (tj. v Žireh) večina prebivalcev za ogrevanje uporablja lesna goriva, ki so v Žireh in okolici široko dostopna. Prav tako pa vedno več ljudi opozarja na močno onesnaževanje okolja, pri čemer svoj delež prispeva tudi centralna kurjava. Pomembno je, da je lesno gorivo kakovostno, česar se morda ljudje ne zavedajo dovolj. Pri svoji raziskavi sem želela izvedeti, kako kvalitetna in vlažna lesna goriva se uporabljajo v Žireh, saj je to navsezadnje pomembno tudi pri ogrevanju objektov.

Tudi pepel ima svojo vlogo; v njem namreč ostanejo nevarne snovi, ki so se med rastjo nakopičile v lesu. Ker mnogi pepel potresajo po rodovitni zemlji, tudi po vrtovih, sem želela ugotoviti, katere snovi so v pepelu prisotne ter v kakšnih količinah. Morda so veliko bolj nevarne, kot si mislimo.

Zaradi načina pridobivanja in obdelave podatkov sem pri svoji raziskavi sodelovala z Gozdarskim inštitutom Slovenije in s Fakulteto za kemijo in kemijsko tehnologijo v Ljubljani.

V skladu s tem, kar me zanima, sem postavila nekaj hipotez:

Hipoteza 1: Žirovci drva (in druga lesna goriva) večinoma pridobivajo sami ali jih kupijo od okoliških lastnikov gozda.

Hipoteza 2: Drva, skladiščena zunaj, imajo večjo vsebnost vlage.

Hipoteza 3: Starejša drva imajo manjšo vsebnost vlage.

Hipoteza 4: Sekanci, ki vsebujejo večje delce, imajo tudi večjo vsebnost vlage.

Hipoteza 5: Peleti imajo manjšo vsebnost vlage od drv in sekancev.

Hipoteza 6: Elementarna sestava pepela se razlikuje glede na lokacijo, kjer so drevesa rasla.

2 TEORETIČNI DEL

2.1 LESNA GORIVA

Skladno z evropsko tehnično specifikacijo so lesna goriva vse vrste biogoriv, ki posredno ali neposredno izvirajo iz lesne biomase – lesa. Lesna goriva se uvrščajo v širšo skupino trdnih biogoriv. To so trdna goriva, proizvedena posredno ali neposredno iz biomase. Biomasa v najširšem pomenu zajema vse snovi biološkega izvora z izjemo fosilnih snovi v geoloških tvorbah.

Lesna goriva so lahko različnega izvora in jih najdemo v različnih tržnih oblikah. Po obliki jih delimo na drva, polena, cepanice, okroglice, lesne sekance, grobe lesne sekance in grobi lesni drobir.

Drva so definirana kot les, ki je razžagan in po potrebi cepljen z namenom energetske izrabe v napravah, kot so peči, kamini ali kotli za centralno ogrevanje hiš in stanovanj. Praviloma imajo določeno dolžino od 150 do 1000 mm.

Polena so energetski les, nasekan z ostrimi sekalnimi ali cepilnimi napravami, pri čemer ima večina gradiva dolžino od 150 do 500 mm.

Cepanice so energetski les, razcepljen in razrezan na dolžino 500 mm in več.

Okroglice so nerazcepljen energetski les, razrezan na dolžino 500 mm in več.

Lesni sekanci so nasekana lesna biomasa v obliki koščkov z določeno velikostjo delcev. Izdelujejo se z mehansko obdelavo z ostrim orodjem, kot so na primer noži. Lesni sekanci so nepravilne pravokotne oblike in imajo značilno dolžino od 5 do 50 mm ter majhno debelino v primerjavi z drugimi dimenzijami.

Grobi lesni sekanci so definirani kot les, nasekan z ostrimi sekalnimi napravami, pri čemer so delci bistveno večji kot pri lesnih sekancih, oblika pa bolj robata. Značilna dolžina grobih lesnih sekancev znaša od 50 do 150 mm.

Grobi lesni drobir je energetski les v obliki koščkov različnih velikosti in oblik, ki se proizvajajo z lomljenjem in drobljenjem s topim orodjem, kot so valji ali kladiva.

Po izvoru delimo lesna goriva v les iz gozda in plantaž, stranske proizvode in ostanke iz lesnopredelovalne industrije ter odslužen les.

Les iz gozda in plantaž je les iz gozdov, parkov, nasadov hitro rastočih drevesnih in grmovnih vrst ter drugih nasadov.

Med stranske proizvode in ostanke iz industrijske proizvodnje sodijo lesni stranski proizvodi in ostanki iz industrijske proizvodnje. Ta lesna goriva so lahko kemično neobdelana (npr. ostanki pri odstranjevanju skorje, žaganju, oblikovanju ali stiskanju) ali pa gre za ostanke kemično obdelanega lesa, ki ne sme vsebovati težkih kovin ali halogeniranih organskih sestavin, ki izvirajo iz lesnih zaščitnih sredstev ali premazov.

Odslužen les je les, ki je pri potrošniku oziroma porabniku že zadostil svojemu osnovnemu namenu in ga ta obravnava kot odpadek. Tudi odslužen les, ki bo uporabljen v energetske namene, ne sme vsebovati težkih kovin in drugih okolju nevarnih snovi.

Lesna goriva se meri z različnimi merskimi enotami. Za merjenje prostornine lesnih goriv se uporabljajo tri merske enote.

Kubični ali volumni meter (m^3) se uporablja kot merska enota za prostornino, ki je v celoti napolnjena z lesom, brez vmesnih praznih prostorov. Ta merska enota se navadno uporablja za okrogli les brez skorje, saj je med lubjem in lesom pogosto ujet zrak.

Prostorninski meter oziroma prostornina zloženega gradiva je merska enota, ki se uporablja za zložena drva. V literaturi je večinoma označen kot prm.

Nasuti kubični meter (lahko nasuti meter) ali prostornina nasutja je merska enota, ki se uporablja za nasutje lesnih sekancev, včasih tudi za nasutje drv. Njegova oznaka je nm^3 .

Za merjenje mase lesnih goriv se v praksi uporabljata kilogram in tona.

Za izražanje razmerja med maso in prostornino lesa se uporabljajo različne gostote. Čista gostota lesa ali gostota lesne substance v absolutno suhem stanju znaša 1500 kg. Relativna gostota (d) je razmerje med gostoto lesa (masa pri vlažnosti $u=0$ in volumen pri u_i) in gostoto snovi v določenih razmerah. Je brez enot. Praviloma se relativna gostota določa glede na gostoto vode pri temperaturi 4°C. Gostota lesa (ρ) je razmerje med maso in volumnom lesa pri določeni vlažnosti. Izražena je v g/cm^3 ali kg/m^3 . Gostota zračno suhega lesa z vlažnostjo $u=15-12\%$ se označuje z $\rho_{12...15}$. Gostota absolutno oziroma sušilnično suhega lesa se označuje z ρ_0 . Osnovna gostota (R) označuje razmerje med maso pri suhi snovi in prostornino pri sveži (nesušeni) osnovi. Uporablja se tudi kot količnik med maso absolutno (sušilnično) suhega lesa in največjim možnim volumnom svežega lesa. Pozorni moramo biti pri gostoti peletov ali briketov. Gostota delcev se nanaša na gostoto enega peleta oziroma briketa in ni enaka gostoti celotnega nasutja. (Lesna goriva, 2009).

2.2 VODA V LESU IN VLAŽNOST LESA

Vlažnost (oznaka u) je izražena kot delež mase vode v lesu glede na maso lesa v absolutno suhem stanju. Merimo jo v odstotkih. Izračunamo jo po enačbi:

$$u = \frac{m(w) - m(0)}{m(0)}$$

$m(w)$ =masa svežega lesa

$m(0)$ =masa absolutno suhega lesa

Vsebnost vode (oznaka w) pa prikaže delež mase vode glede na maso vlažnega lesa. Ta mera je najbolj uporabljena pri trženju lesnega goriva. Tudi to se izraža v odstotkih.

Za izračun se uporablja sledeča enačba:

$$w = \frac{m(w) - m(0)}{m(w)} * 100$$

$m(w)$ =masa svežega lesa

$m(0)$ =masa absolutno suhega lesa

2.3 KEMIJSKA SESTAVA

2.3.1 Sestava lesa

Rastlinska biomasa je v glavnem sestavljena iz treh elementov – ogljika (C), kisika (O) in vodika (H). Ti trije elementi sestavljajo večino (do 99 %) suhe snovi lesa. V mnogo manjših količinah so prisotni tudi dušik, žveplo, klor in fluor. V skorji je prisotne manj vode kot v samem lesu, zato je manjša tudi količina kisika in vodika. Posledično je v skorji več ogljika, dušika in drugih navedenih elementov. Deleži elementov pri listavcih in iglavcih so precej podobni, s to razliko, da skorja iglavcev vsebuje nekoliko več dušika in fluora (Lesna goriva, 2009).

2.3.2 Sestava pepela

Trda biogoriva se razlikujejo po vsebnosti pepela. Od vseh trdnih biogoriv ima les najmanjšo vsebnost negorljivih snovi. Pri gorenju biogoriv prihaja na dnu žerjavice do nekaterih sprememb v pepelu. Z višanjem temperature se prične taljenje, ki poteka, dokler niso popolnoma staljeni vsi delci. Ob uporabi goriva z nizko taljivostjo pepela se poveča tveganje za nastanek žilindre na rešetki. Žilindra spreminja oziroma ovira primarne zračne tokove ter

pospešuje pregrevanje rešetke. Hkrati povzroča tudi povečano korozijo in z vsem tem moti proces izgorevanja. Les in skorja imata razmeroma visoko tališče pepela, zato pri njiju nastajanje žilindre ne povzroča posebnih težav (Lesna goriva, 2009).

2.4 ONESNAŽEVANJE

2.4.1 Onesnaževanje z drvimi

Posledica proizvodnje energije in kurjenja lesnih goriv je izpust določene količine toplogrednih plinov (predvsem CO₂) v ozračje.

Za lesna goriva predpostavljamo, da so »CO₂ nevtralna«. To velja tudi v mednarodnih metodologijah za izračunavanje emisij toplogrednih plinov. Pri gorenju se namreč sprošča ogljik, vezan v lesu, vendar se je le-ta med rastjo drevesa v procesu fotosinteze vezal iz ozračja. Zato se pri izračunavanju neposrednih emisij kurilnih naprav upoštevajo le emisije amonijaka (CH₄) in dušikovega dioksida (N₂O), emisije CO₂ pa se ne upoštevajo. Posledično je količina neposrednih emisij pri lesnih gorivih mnogo manjša kot pri ostalih gorivih iz neobnovljivih virov. Predpostavka o lesu kot CO₂ nevtralnem energentu pa velja le v primeru, da les izvira iz trajnostno gospodarjenih gozdov. »CO₂ nevtralnost« lesa kot energenta ne velja v primeru deforestacije oziroma krčenja gozdov.

Pri tem pa moramo upoštevati, da se pri uporabi goriv iz obnovljivih virov energije del emisij izloči tudi posredno, s porabo energije iz neobnovljivih virov, ki jo uporabimo v celotni produkcijski verigi. Na primer, pri proizvodnji sekancev drevo posekajo z motorno žago, ki deluje na bencin, iz gozda les privleče traktor, nato pa ga naložijo na dizelski tovornjak in odpeljejo do naprave za proizvodnjo sekancev, ki za delovanje prav tako potrebuje energijo, najpogosteje iz neobnovljivih virov. Preden sekanci pridejo do naše peči, torej že posredno 'izpustijo' določeno količino toplogrednih plinov.

Ocena emisij v celotnem življenjskem ciklu je zelo zahtevna in v veliki meri odvisna od opredelitve tehnološke verige in meje preučevanega življenjskega cikla. Po različni literaturi se deleži porabe energije in iz tega izhajajoči izpusti oziroma emisije CO₂ v proizvodni verigi razlikujejo. Po podatkih iz modela Gemis je delež porabljene neobnovljive energije za proizvodnjo enote toplotne energije pri sekancih od 7,8 do 8,6 %, pri polenih pa okrog 3,7 % končne energije.

Energetska raba lesa je pomembna z vidika nadomeščanja fosilnih goriv in zmanjševanja emisij toplogrednih plinov. Večina okroglega lesa iz gozdov se predela v različne lesne izdelke. Pri predelavi nastajajo lesni ostanki, ki se izkoriščajo pri proizvodnji plošč in za energetska rabo. Ob koncu življenjske dobe lahko lesni izdelki postanejo surovina za pridobivanje energije. Tako se porabi ves posekan les brez ostanka, manjši delež se uporabi celo večkrat (npr. ko stare lesene izdelke uporabimo kot kurivo).

Pomembno je, da ves les izhaja iz trajnostno gospodarjenih gozdov. Gozdovi so pomembni ker akumulirajo (zbirajo) ogljik v petih zbiralnikih:

- nadzemna biomasa (vsi nadzemni deli dreves, kot so veje, listje, plodovi ...);
- podzemna živa biomasa (vse žive korenine, večje od 2 mm);
- odmrli les (stoječe in ležeče odmrlo drevje, odpadle veje, štori ...);
- opad (vsa odmrta nadzemna biomasa, ki ne spada v mrtev les, na primer odpadlo listje, plodovi...);
- organska snov v tleh.

Podatki o trenutni rabi lesa kažejo, da je les kot energent v Sloveniji zelo dobra alternativa fosilnim gorivom. Poleg tega, da je aktivno vključen v ogljikov krogotok, ima namreč še druge prednosti:

- je domač in lokalno dosegljiv vir energije,
- je varen vir energije v smislu samooskrbe,

- je obnovljiv vir energije,
- sodobna raba lesa za ogrevanje je udobna,
- pridobivanje, predelava in raba lesa v energetske namene zaposlujejo nekajkrat več ljudi kot fosilna goriva in tako aktivno prispevajo k razvoju podeželja in bruto domačemu proizvodu (Lesna goriva, 2009).

2.4.2 Onesnaževanje s pepelom

Lesni pepel lahko predstavlja veliko okoljsko obremenitev, če z njim ne ravnamo pravilno. Pretežno je v obliki prahu, ki se po zraku lahko širi v okolico in povzroča bolezni dihal pri ljudeh v bližini. Morebitne prisotne težke kovine lahko, če so topne v vodi, predstavljajo nevarnost za onesnaženje podtalnice. V tem primeru se morebitne težke kovine nabirajo v pridelkih in vstopijo tudi v našo prehrano. Po drugi strani pa lesni pepel vsebuje množico snovi, ki ugodno vplivajo na rast rastlin, zato ga ljudje radi potresajo po vrtu. S pepelom se namreč zemlji vračajo odvzeta hranila, preprečuje pa tudi zakisanje prsti.

Pepel splošno delimo na usedline in leteči pepel. Kemijski elementi, ki najbolj vplivajo na okolje (baker, krom, arzen, barij, najbolj pa svinec, kadmij in cink), se večinoma nabirajo v drobnem pepelu.

Topne kovine, prisotne v pepelu so predvsem kalij, natrij in cink.

Na kemijsko sestavo pepela najbolj vpliva drevesna vrsta lesa, vplivata pa tudi temperatura gorenja in vrsta peči (Lesna goriva, 2009; Turk, 2014).

3 RAZISKOVALNI DEL

3.1 METODOLOGIJA

V sledečem poglavju bom predstavila metode, s katerimi sem pridobila informacije in podatke, predstavljene v raziskovalni nalogi.

3.1.1 Opis vzorca raziskave

Za svojo raziskavo sem zbrala vzorce lesnih goriv na lokalnem območju, v Žireh in okolici. Vzorce sem zbrala pri 14 gospodinjstvih in štirih podjetjih, pri čemer je eno od gospodinjstev prispevalo dva različna vzorca istega goriva, eno od podjetij pa kar tri vzorce različnih lesnih goriv. Skupno sem zbrala 10 vzorcev drv, 7 vzorcev peletov (dva od istega gospodinjstva) in štiri vzorce sekancev (dva od istega podjetja, a pridobljena iz lesa različne kakovosti). Pri drveh je vsak vzorec zaradi natančnejšega merjenja obsegal tri polena, pri peletih in sekancih pa približno dva litra goriva.

3.1.2 Opis merskih instrumentov

Pri zbranih vzorcih drv sem izmerila velikost oziroma dimenzije ter vlažnost polen. Najprej sem vlažnost lesa na licu mesta izmerila z merilno napravo z nabijalnimi sondami (fotografija 1). Naprava ima dve ostri konici (sondi), ki ju nabijemo oziroma zapičimo v les. Naprava izmeri električno prevodnost med elektrodama (sondama), ki je povezana z vlažnostjo lesa. Meritev se opravi samo v prostoru med elektrodama pri globini njune vstavitve. Sama sem z napravo lahko ugotovila vsebnost vode v lesu znotraj razpona 6 do 40 % z merilno natančnostjo do 1 %.



Fotografija 1: Merilec vlažnosti v lesu z nabijalnimi sondami

Pri lesnih sekancih smo ugotavljali njihovo vlažnost ter porazdelitev velikosti delcev v sekancih. Opravili smo sejnalno analizo s pomočjo vibracijskih sit. Naprava je sestavljena iz mnogih sit, naloženih eno na drugem, ter stresalne naprave, ki sita enakomerno trese. Delce iz vsakega sita na koncu stehamo in ugotovimo, kolikšen delež vzorca predstavljajo.



Fotografija 2: Sito za sekance (velikost odprtin 100 mm)



Fotografija 3: Sita za sejhalno analizo



Fotografija 4: Naprava za sejhalno analizo – vibracijska sito

Za testiranje peletov smo med drugim uporabili napravo za merjenje mehanske obstojnosti. Naprava pelete stresa, posoda s peleti opravi natanko 500 obratov, kar traja približno tri minute.



Fotografija 5: Naprava za preverjanje mehanske obstojnosti peletov v delovanju

Pri delu smo si pomagali tudi s pladnji, natančnimi tehtnicami, čopiči (za ometanje pladnjev) in sušilno pečjo.



Fotografija 6: Tehnica s pladnjem in napravo za merjenje mehanske obstojnosti v ozadju



Fotografija 7: Ometanje pladnja s čopičem



Fotografija 8: Vzorci v sušilni peči

Pri testiranju pepela smo morali vzorec najprej "predelati" v pepel s pomočjo majhne žgalne peči. Med celotnim postopkom zbiranja podatkov smo uporabljali na 4 decimalke natančno laboratorijsko tehtnico, različno laboratorijsko opremo ter seveda zaščitne halje, rokavice in očala.



Fotografija 9: Vzorci v žgalni peči

Posebej bi omenila še avtomatsko pipeto, s katero smo lahko namerili izjemno majhno količino raztopine v razponu 100–1000 μl . Na številčnici samo nastavimo količino, ki jo želimo odpipetirati, in pipeti pritrdimo čist nastavek. S polovičnim pritiskom na gumb tekočino posrkamo v pipeto, ko na gumb pritisnemo do konca, pa vsebino pipete spustimo v bučko ali epruveto.



Fotografija 10: Nastavljanje volumna na avtomatski pipeti

Nazadnje smo analize izvedli z elektronskim spektrometrom. Postopek za določanje vsebnosti različnih elementov se imenuje atomska absorpcijska spektrometrija. Naprava ima na eni strani tanko kapilarno, s katero posrka raztopino in jo nato vbrizga v plamen s temperaturo okrog 2300°C . Pri tako visoki temperaturi spojine razpadejo na atome. Nato spektrometer obseva

vzorec s svetlobo določene valovne dolžine, odvisno od elementa, ki ga določamo. Svetlobo oddajajo posebne žarnice – za vsak element ena, ki jo pred merjenjem vstavimo v instrument. Atomi zato oddajo določeno energijo, ki jo spektrometer zazna kot absorbanco. Absorbanca je sorazmerna s koncentracijo raztopine, zato lahko s primerjavo s standardi ugotovimo koncentracijo elementa v raztopini.

Pri določanju kalija, kalcija in podobnih elementov uporabljamo atomsko emisijsko spektrometrijo, ki se od absorpcijske loči po višji temperaturi plamena.



Fotografija 11: Spektrometer

3.1.3 Opis postopka zbiranja podatkov

Zbrane vzorce sem stestirala doma in v laboratorijih, saj sem za določene teste potrebovala zelo natančne naprave (glej Opis merskih instrumentov). Vlažnost drv sem merila v notranjosti polen na treh mestih. Slabost naprave je, da je lahko izmerjena vrednost v primeru neenakomerne razporeditve vlažnosti drv neustrezna. Napakam sem se poskusila izogniti z izvedbo treh meritev na različnih mestih v polenu in izračunom povprečne vrednosti.

3.1.3.1 Analize na Gozdarskem inštitutu

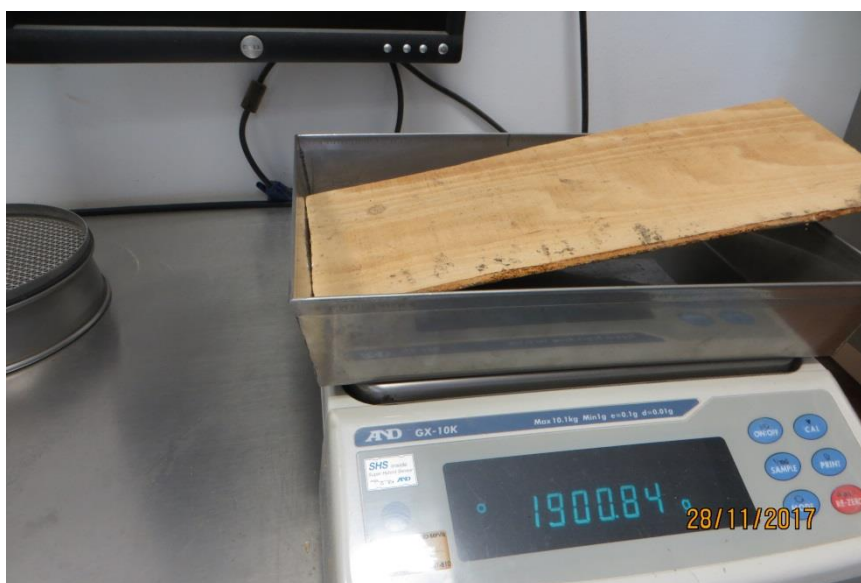
Zbrane vzorce sem odnesla na Gozdarski Inštitut Slovenije, kjer sem ob pomoči dr. Nike Kranjc in Darje Kocjan opravila preostale meritve. Pri drveh smo izmerili njihove dimenzije, ki so pomembne predvsem zaradi velikosti peči. Nato smo izmerili njihovo vlažnost, in sicer tako, da smo maso vlažnih drv primerjali z maso absolutno suhih drv, ki smo jih sušili 72 ur na 105°C. Tako smo dobili vlažnost lesa v odstotkih.



Fotografija 12: Analiziranje vzorcev na Gozdarskem inštitutu



Fotografija 13: Darja Kocjan pri merjenju dimenzij vzorca drv

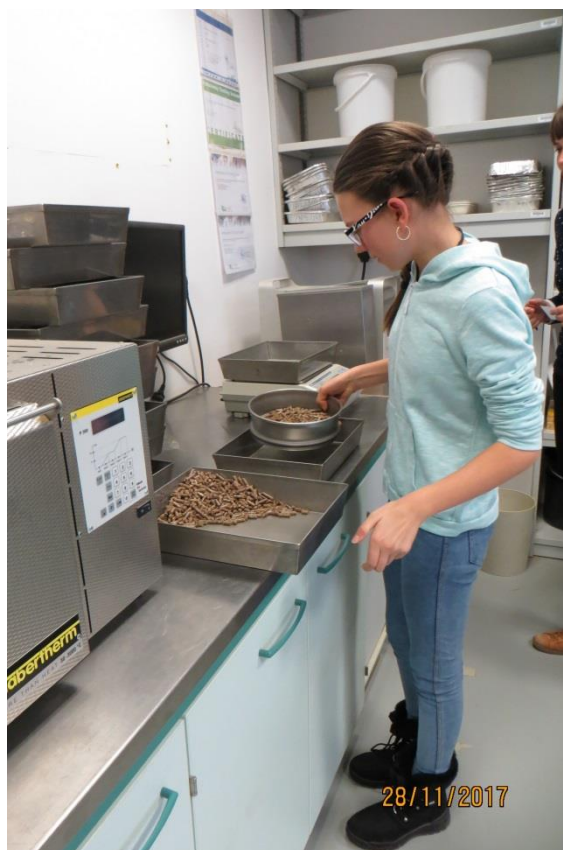


Fotografija 14: Tehtanje vzorca drv

Pri peletih smo merili njihovo vlažnost in mehansko obstojnost. Postopek merjenja vlažnosti je zelo podoben postopku pri drveh – natehtamo od tri do štiri grame peletov in jih v peči sušimo vsaj 24 ur. Pri merjenju mehanske obstojnosti uporabimo napravo za merjenje mehanske obstojnosti. Pol kilograma vzorca stresemo v napravo, ki nato naredi natanko petsto obratov. Ko je vzorec tako dodobra pretresen, ga stresemo iz posode, natančno ometemo tudi ves prah. Vzorec nato s krožnimi gibi presejemo skozi sito z luknjicami premera 3,5 mm ter posebej stehtamo prah in okruške ter posebej cele pelete. Dobljeno mehansko obstojnost izrazimo v odstotkih.



Fotografija 15: Tehtanje vzorca peletov



Fotografija 16: Sejanje vzorca peletov

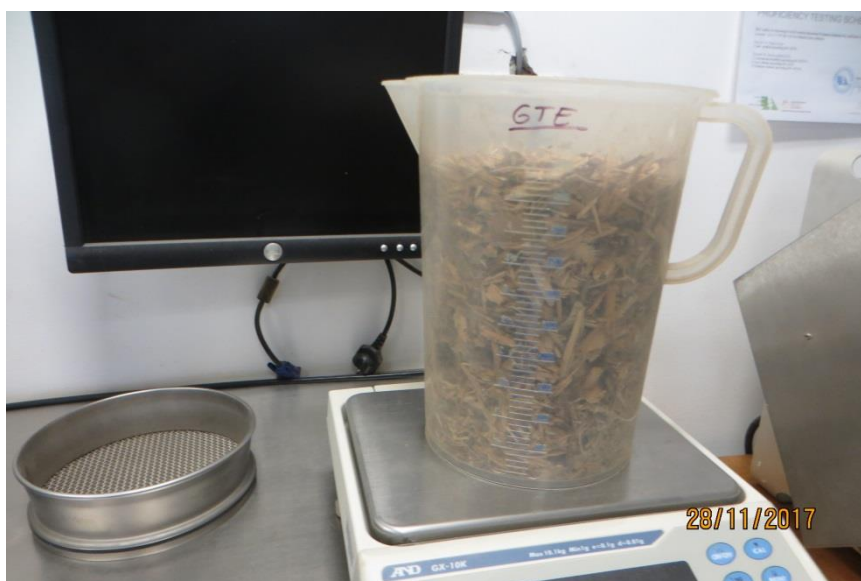


Fotografija 17: Vzorec peletov po tresenju v napravi za mehansko obstojnost



Fotografija 18: Tehtanje drobnih delcev pred analizo mehanske obstojnosti vzorca

Pri sekancih smo najprej izmerili njihovo prostornino in maso. Vzorec smo tehtali skupaj s pladnjem, saj računalnik maso povsem identičnih pladnjev samodejno odšteje. Nato smo opravili sejhalno analizo, pri čemer smo morali paziti, da vzorec ni preveč vlažen, saj bi se v nasprotnem primeru manjši delci lahko sprijeli in analiza ne bi pokazala realnega stanja.



Fotografija 19: Merjenje prostornine in tehtanje vzorca sekancev pred sejhalno analizo.

Najprej smo vzorec ročno presejali, da smo izločili delce, večje od 100 milimetrov. Nato smo ga presejali s sejhalno napravo, ki jo je sestavljalo devet sit z luknjicami v velikostih: 31.5 mm, 16 mm, 8 mm, 3.15 mm, 2.8 mm, 2 mm, 1 mm, 0.5 mm ter 0.25 mm. Naprava je vzorec stresala tri minute z amplitudo 2.3 mm. Po končanem sejanju smo stehali vsak velikostni razred posebej (brez pladnja).



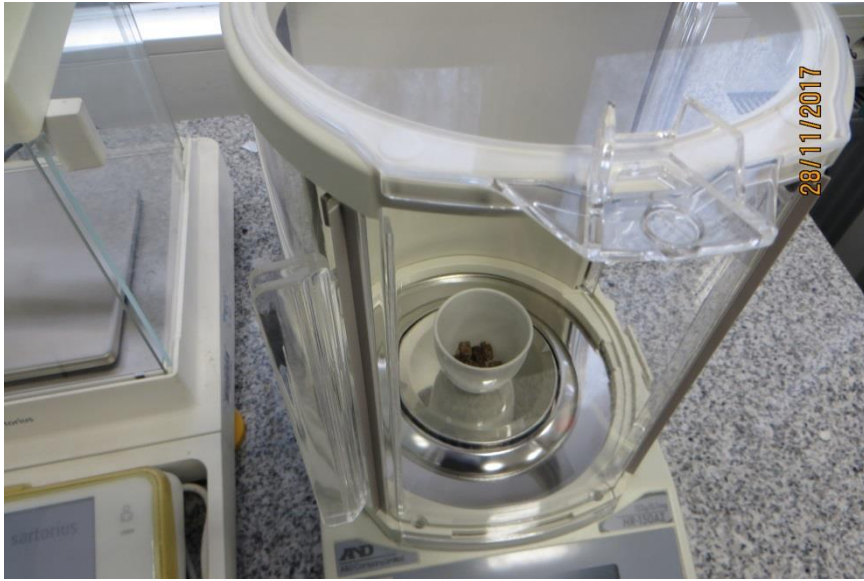
Fotografija 20: Stresanje delcev s sit na pladnje po sejalni analizi



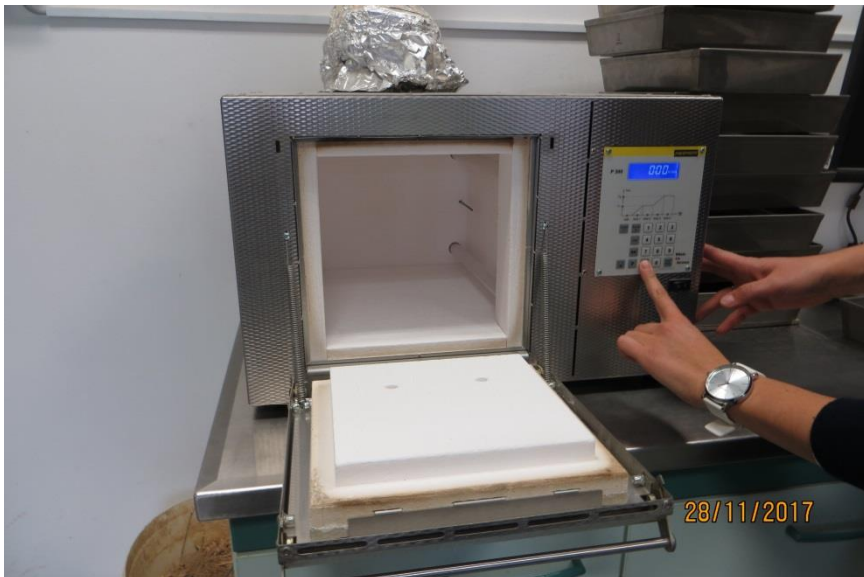
Fotografija 21: Tehtanje vseh delcev določene velikosti skupaj

Za merjenje vlažnosti smo natehtali približno pol kilograma vzorca in ga sušili v peči na temperaturi 105°C najmanj 24 ur. Iz razlike v masi suhega in vlažnega vzorca smo lahko izračunali njegovo vlažnost.

Vzorke peletov in sekancev smo žgali v manjši peči, da smo pridobili pepel in v primerjavi z maso vzorca izračunali odstotek pepela.



Fotografija 22: Tehtanje vzorca pred žganjem v peči



Fotografija 23: Žgalna peč na Gozdarskem inštitutu

Nekaj vzorcev sekancev in peletov smo zmleli in poslali na Fakulteto za kemijo in kemijsko tehnologijo v Ljubljani, kjer smo kasneje izvedli dodatne raziskave.

3.1.3.2 Analize na Fakulteti za kemijo in kemijsko tehnologijo

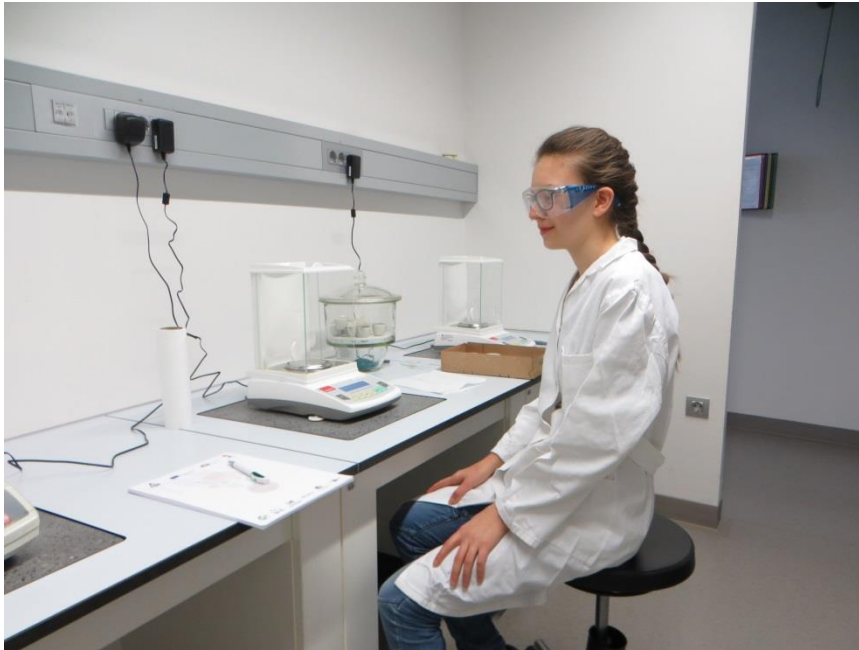
Na Fakulteti za kemijo in kemijsko tehnologijo sta nad našimi meritvami oz. celotnim postopkom priprave in izvedbe bdela dr. Gregor Marolt s katedre za analizo kemijo in njegova asistentka ga. Zdenka Držaj.



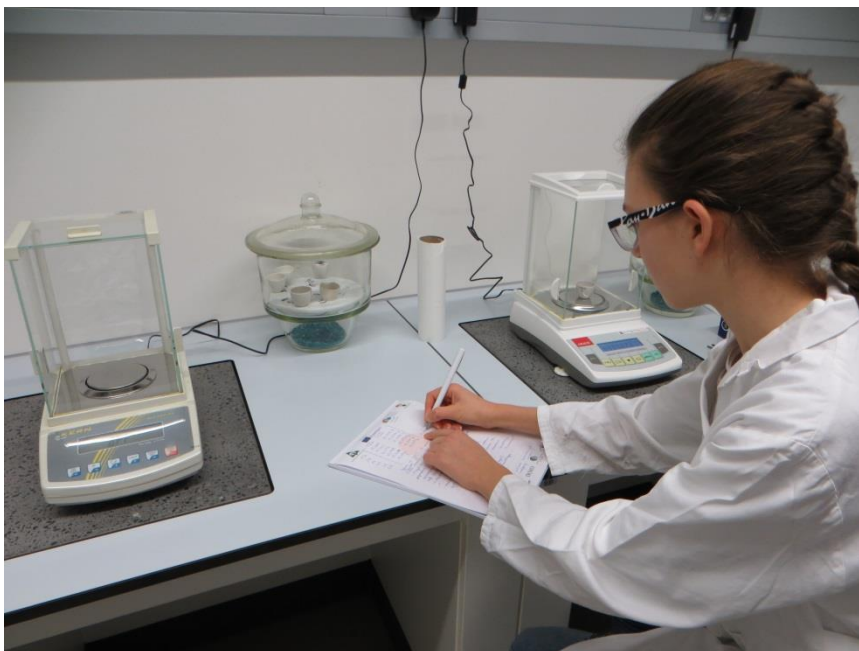
Fotografija 24: V laboratoriju na Fakulteti za kemijo in kemijsko tehnologijo

Da smo lahko analizirali pepel zbranih vzorcev lesnih goriv, smo ga morali najprej pripraviti, in sicer z zelo natančnim postopkom (kot so bili tudi vsi ostali na Fakulteti in Gozdarskem inštitutu). Zaradi dolgotrajnega in zapletenega postopka sem naključno izbrala tri vzorce peletov in tri vzorce sekancev, na katerih smo opravili natančne analize.

Najprej smo stehali lonček, v katerega smo potem dali vzorec. Lončki za analize so bili predhodno razkuženi v peči in shranjeni v eksikatorju. Eksikator je posebna posoda, na dnu katere je modro obarvan silikagel, ki zrak v njem neprestano ohranja povsem suh. Rob posode je premazan s posebno mastjo, zaradi katere je pokrov posode nepredušno zaprt. Ko se silikagel obarva sivorožnato, je že nasičen z vlago in ga je treba posušiti, da je primeren za ponovno uporabo. Lončki so shranjeni v eksikatorju, ker lahko že malo vlage na lončku poveča njegovo maso. Iz istega razloga je potrebno lončke pred tehtanjem prijemati s pinceto, po tehtanju pa se jih lahko dotikamo tudi z rokami. Ko smo stehali lonček, smo vanj vsuli približno en gram vzorca. Maso lončka ter maso lončka z vzorcem sem si morala natančno zabeležiti. Zaradi natančnosti smo za vsak vzorec uporabili novo žličko.



Fotografija 25: Tehtanje vzorcev pred žganjem v peči



Fotografija 26: Eksikator s čistimi lončki poleg natančne tehtnice

Stehtane vzorce smo zložili na pladenj in jih odnesli do peči. Da keramičnih lončkov ne bi zamešali, v laboratoriju na dno pladnja pritrdijo papir, ga razdelijo na kvadrate in v vsakega zapišejo ime vzorca, ki stoji na njem. Tudi v žgalno peč smo jih zložili po istem zaporedju. Žgalna peč se postopoma s sobne temperature segreva do 900°C in pri tej temperaturi vztraja približno 45 minut. Vratca peči smo pustili odprta, da so imeli vzorci dovolj kisika za gorenje.



Fotografija 27: Keramični lončki z vzorci pri žganju v žgalni peči

V tem času smo pripravili lije s filtrirnim papirjem za filtriranje vzorcev. Uporabili smo bel filtrirni papir z velikostjo por manj kot $6\ \mu\text{m}$. Dovolj gost filtrirni papir je pomemben, da večji delci ne bi zamašili kapilare pri spektrometru. Filtrirni papir smo zložili in pritrdili v notranjost lijev tako, da smo ga namočili z vodo. Pod lije smo podstavili še 100-mililitrske bučke, na katere smo napisali oznako vzorca.



Fotografija 28: Priprava lijev s filtrirnim papirjem

Pri vseh analizah smo uporabljali deionizirano vodo, v kateri ni prisotnih nobenih ionov kot na primer v navadni vodi (Ca, Mg itd.). V laboratoriju je deionizirana voda tako pogosto v uporabi, da imajo kar posebne pipe samo za deionizirano vodo. Tudi pomivalni stroj laboratorijsko opremo na koncu vedno splakne z deionizirano vodo.



Fotografija 29: Liji s filtrirnim papirjem in bučkami, pripravljene za filtracijo vzorcev.

Nato smo začeli pripravljati standarde za umeritev spektrometra. Na vsako 100-mililitrsko bučko smo napisali, kolikšne koncentracije elementov bomo pripravili v njej, da ne bi prišlo do zamenjave. V en standard smo dali vse elemente v točno določenih koncentracijah, pri vsakem standardu je bila koncentracija drugačna. Standardi so imeli podobne koncentracije elementov kot jih imajo navadno testirani vzorci, da bi zagotovili natančnejše merjenje. V vsako bučko smo dozirali določeno količino bolj koncentriranih raztopin z avtomatsko pipeto. Pripravili smo raztopine cinka, železa, svinca, kadmija in kalcija. Ker smo za svinec in kadmij potrebovali raztopine z zelo majhno koncentracijo, smo že pripravljene raztopine najprej 10-krat redčili, nato pa smo odpipetirali določeno količino že razredčene raztopine. Pripravili smo tudi bučko s čisto deionizirano vodo.



Fotografija 30: Pipetiranje med pripravo standardov

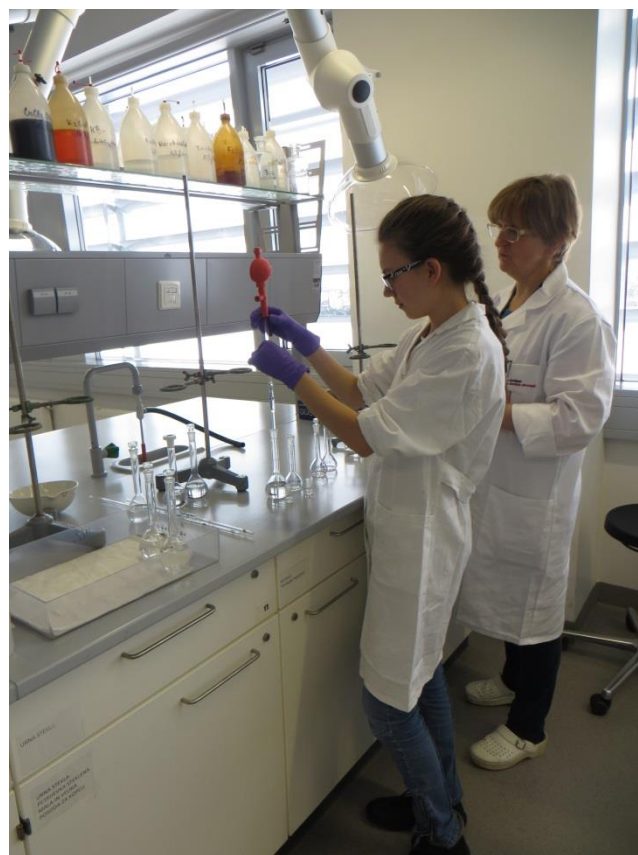
V vsako bučko smo odmerili tudi 1 ml koncentrirane klorovodikove kisline, ker smo jo kasneje dodali tudi vzorcem, da bi raztopila kovine in bi se lahko instrumenti ob njeni odsotnosti drugače odzivali. Nazadnje smo v vse bučke natočili deionizirano vodo do oznake 100 ml. Zdaj smo morali samo še pripraviti vzorce. Ko je bil pepel pripravljen, smo ga stehali po istem postopku kot prej vzorec. Vsak vzorec smo zalili z 10 ml koncentrirane klorovodikove kisline in ga prefiltrirali skozi predhodno pripravljen filtrirni papir. Nato smo še bučke z vzorci napolnili z deionizirano vodo do oznake in priprava vzorcev za testiranje je bila končana.

3.1.4 Obdelava podatkov

Pripravljene vzorce smo analizirali s spektrometrom, in sicer s postopkom atomske absorpcijske spektrometrije. Instrument smo morali za vsak element posebej umeriti, za kar smo uporabili standarde. Najprej je instrument izmeril t. i. "ničlo", raztopino brez merjenih elementov. Nato smo zaporedoma izmerili standarde in vnesli njihove koncentracije. Vsako raztopino instrument pomeri trikrat in izračuna povprečje meritev (ki so si navadno zelo blizu). Spektrometer je povezan z računalnikom, na katerega sproti pošilja vse podatke. Računalnik nato izriše premico, ki predstavlja odvisnost med koncentracijo in absorbanco za izbrani element. Na podlagi tega grafa oblikuje enačbo, po kateri kasneje izračuna koncentracijo vzorcev. Po standardih na enak način izmerimo še vzorce. Po vsakem merjenju določene raztopine moramo kapilaro za dovajanje raztopine pomočiti v "ničlo", da se spektrometer prečisti in ponovno umeri.



Fotografija 31: Analiza raztopine s spektrometrom. Na fotografiji je viden plamen, ki spojine razbije na atome.



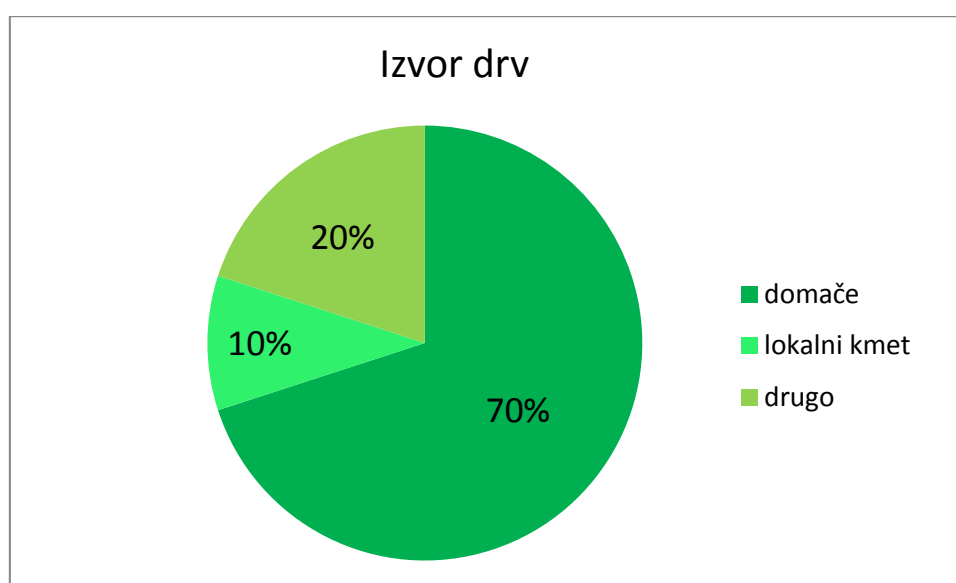
Fotografija 32: Redčenje vzorcev pred merjenjem koncentracije kalcija.

Na ta način smo izmerili koncentracije elementov cinka, železa, svinca in kadmija. Malo drugače pa je bilo pri kalciju. Ko smo po ustaljenem postopku izmerili koncentracijo elementa, je bila le-ta mnogo višja od koncentracij standardov. Ker take meritve niso prav natančne, smo vse vzorce razredčili tako, da je bila njihova koncentracija (glede na prve meritve) čim bolj podobna koncentraciji standardov. Nato smo vse meritve za kalcij opravili še enkrat in izračunali koncentracije prvotnih vzorcev glede na to, kolikokrat so bili redčeni.

3.2 REZULTATI

V sledečem poglavju bom čim bolj natančno predstavila izsledke svoje raziskave.

3.2.1 Rezultati anket in meritev vlažnosti z merilnikom vlažnosti



Graf 1: Prikaz izvora vzorcev drv

Graf prikazuje, od kod anketirana žirovska gospodinjstva pridobivajo drva. Skoraj tri četrtine anketiranih svoja drva pridobiva doma, nekateri pa tudi od okoliških kmetov. Pod drugo so anketiranci navedli kraje iz daljne okolice Žirov, vendar pa vsi dobavljajo drva iz tega dela Slovenije.

Preglednica 1: Izvor vzorcev peletov

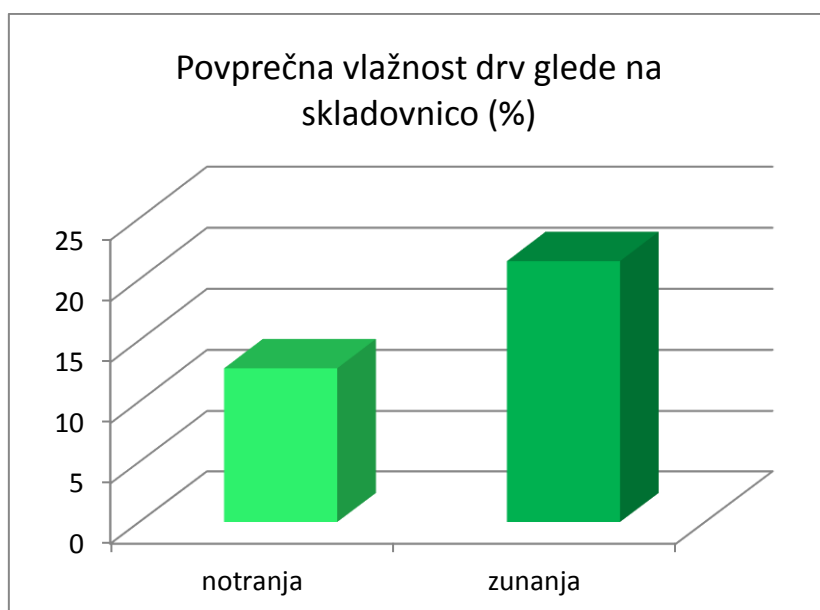
vzorec	izvor
P1a	Rovte
P1b	Rovte
P2	Podlipa
P3	Podlipa
P4	Šentjur pri Celju
P5	Gorenja vas
P6	Razdrto (Postojna)

Anketirani pelete večinoma dobavljajo iz okoliških naselij, lahko bi rekli iz širše okolice Žirov. Le en vzorec izvira od veliko dlje, in sicer iz Šentjurja pri Celju.

Preglednica 2: Izvor vzorcev sekancev

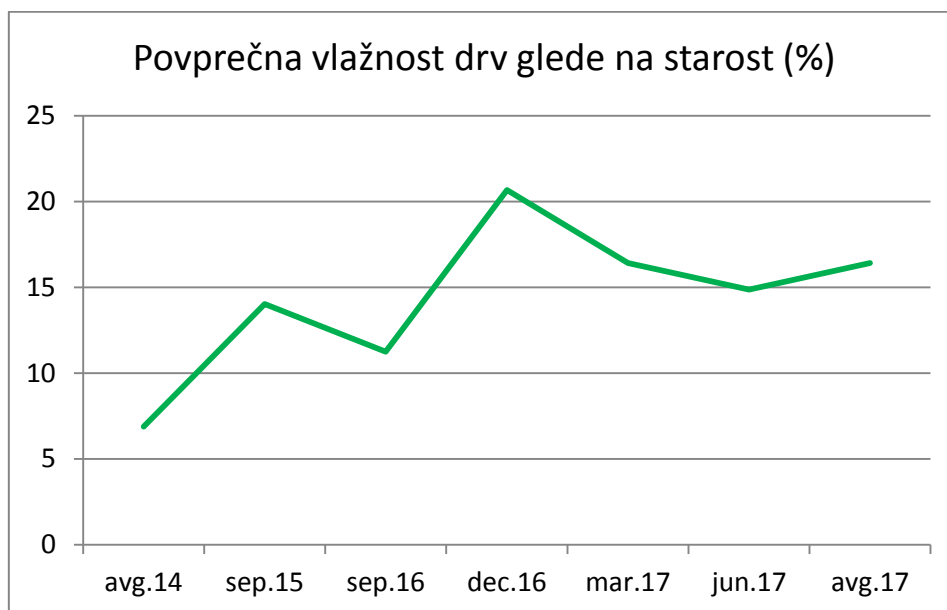
vzorec	izvor
S1	domače
S2	domače, delno lokalne kmetije
S3	domače, delno lokalne kmetije
S4	domače, delno lokalne kmetije

Vse štiri vzorce sekancev podjetja izdelajo sama, pri čemer surovine delno pridobijo od lokalnih kmetij.



Graf 2: Prikaz povprečne vlažnosti vzorcev drv glede na skladovnico, v kateri so bili shranjeni

Na prikazu je vidno, da skladiščenje drv močno vpliva na njihovo vlažnost. Povprečna vlažnost drv iz notranje skladovnice je za skoraj 9 % nižja od povprečne vlažnosti drv iz zunanje skladovnice. Podrobnejši podatki o vlažnosti posameznih vzorcev so v prilogi 4, grafa 32 in 33.

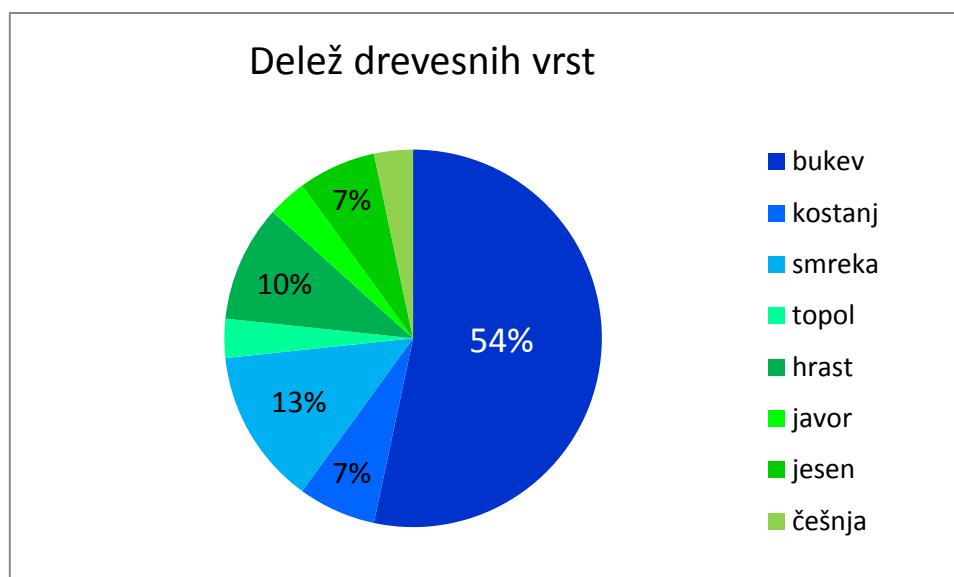


Graf 3: Prikaz povprečne vlažnosti drv glede na datum njihovega nakupa (ali dan, ko so jih zložili v skladovnico)

Na grafu je opazen rahel trend naraščanja vlažnosti, vendar ne moremo trditi, da starost drv bistveno vpliva na njihovo vlažnost.

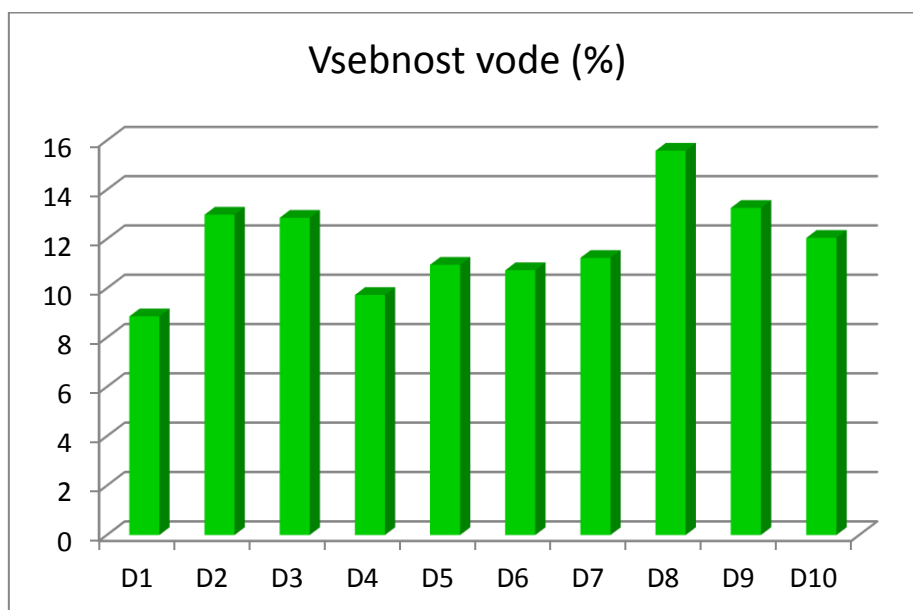
3.2.2 Rezultati analiz na Gozdarskem inštitutu Slovenije

3.2.2.1 Drva



Graf 4: Prikaz deleža različnih drevesnih vrst

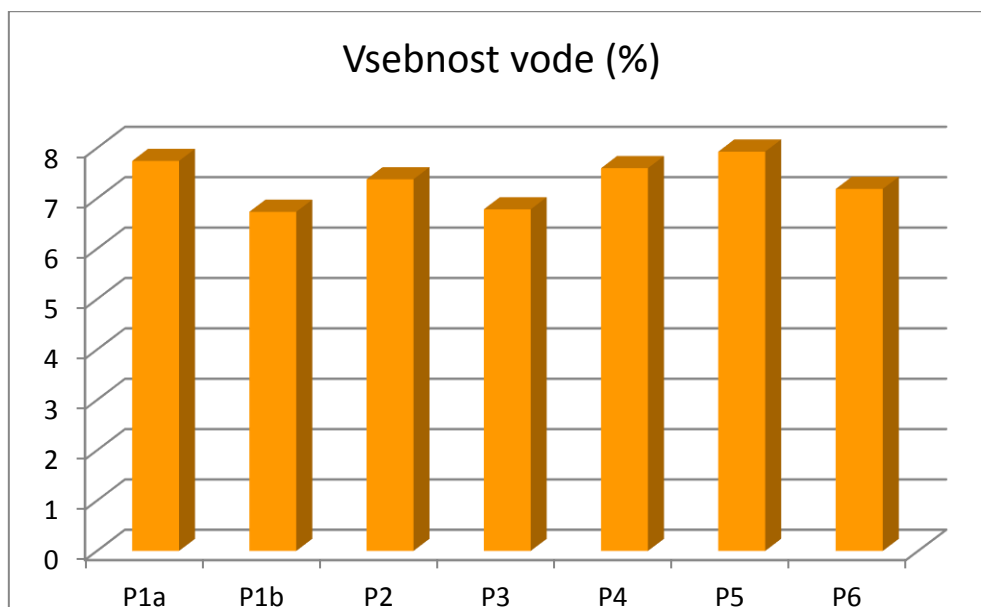
Iz grafa lahko vidimo, da je več kot polovica vzorcev bukovih drv. Manj je smreke, precej pa tudi hrasta, kostanja in jesena. Druge lesne vrste, kot so topol, javor in češnja, se pojavljajo bolj poredko.



Graf 5: Vlažnost vzorcev drv

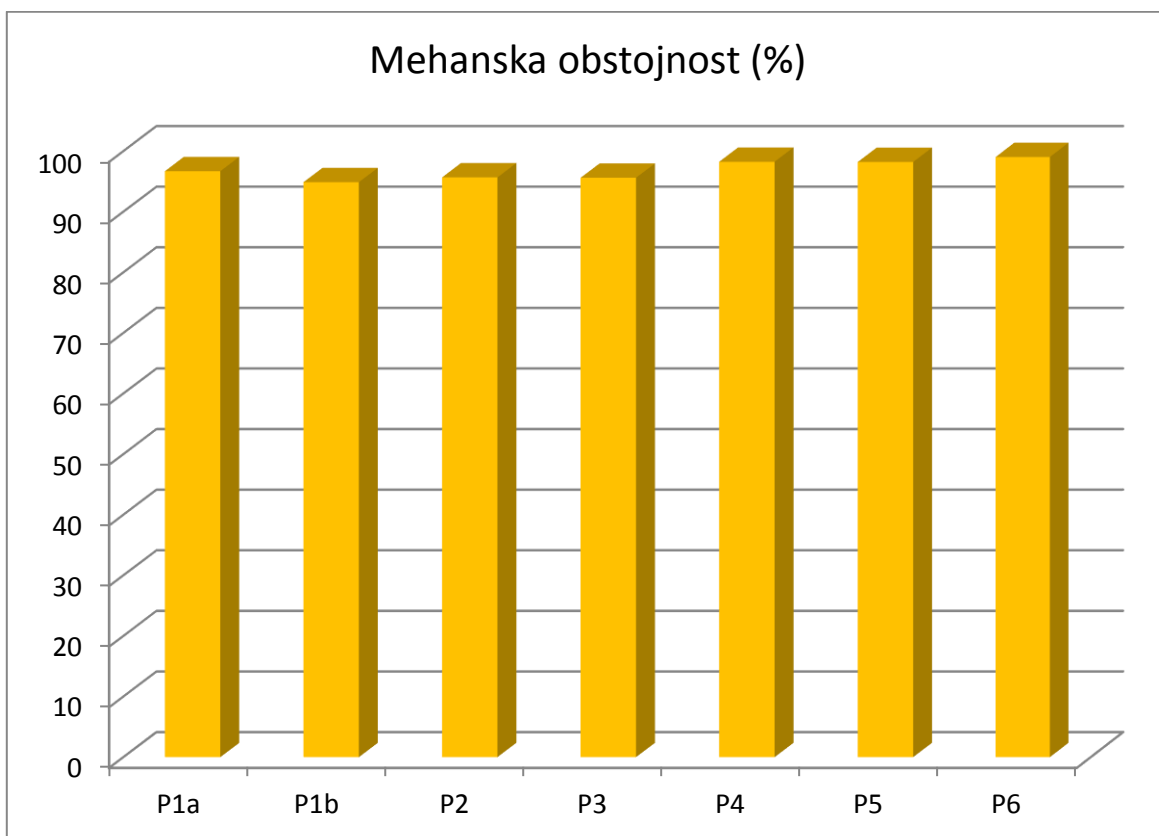
Med vlažnostjo drv, izmerjeno na Gozdarskem inštitutu, ni bilo tako očitnih razlik kot pri merjenju z nabijalnimi sondami (priloga 4, grafa 32 in 33). Razlog je verjetno v tem, da smo vlažnost merili en ali dva dni po odvzemu iz skladovnice, z nabijalnimi sondami pa sem vlažnost izmerila na licu mesta ob odvzemu.

3.2.2.2 Peleti



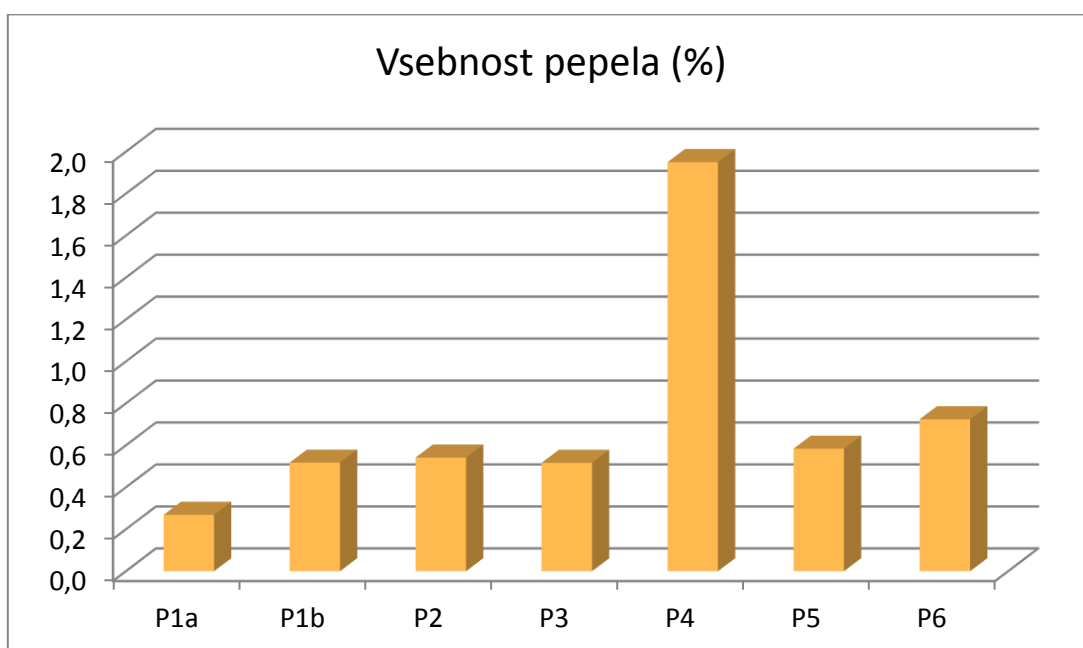
Graf 6: Prikaz vlažnosti vzorcev peletov

Vsebnost vode v peletih je pri vseh vzorcih zelo podobna, giblje se med 6 in 8 %.



Graf 7: Prikaz mehanske obstojnosti vzorcev peletov

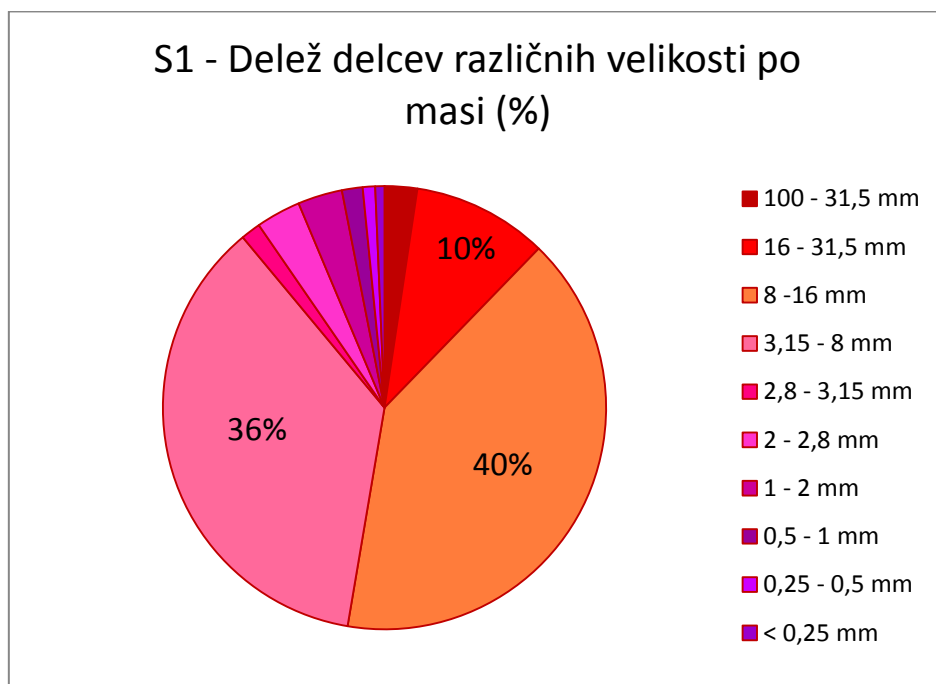
Mehanska obstojnost peletov je v vseh primerih nad 90 %. Kljub temu imajo trije vzorci mehansko obstojnost pod 96,5 % in veljajo za pelete slabše kakovosti (glede na mehansko obstojnost). En vzorec je srednje kakovosti, preostali (mehanska obstojnost nad 97,5 %) pa so visokokakovostni peleti glede na uradno priznane kakovostne razrede lesnih goriv.



Graf 8: Prikaz vsebnosti pepela v vzorcih peletov

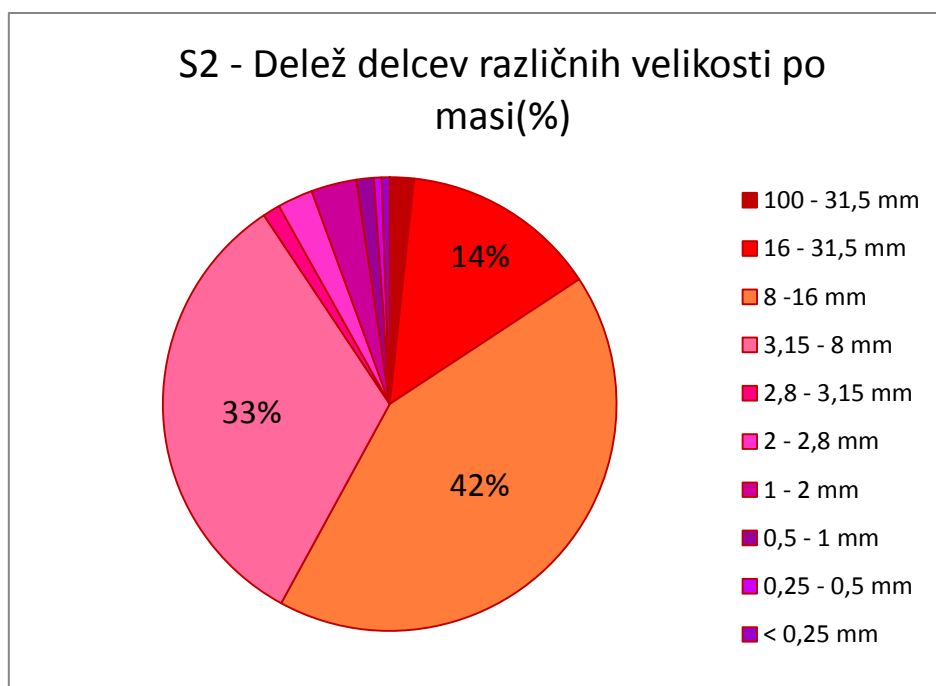
Vsi vzorci imajo relativno majhno vsebnost pepela (manj kot odstotek), razen vzorca P4, ki očitno izstopa s skoraj 2-odstotno vsebnostjo pepela.

3.2.2.3 Sekanci



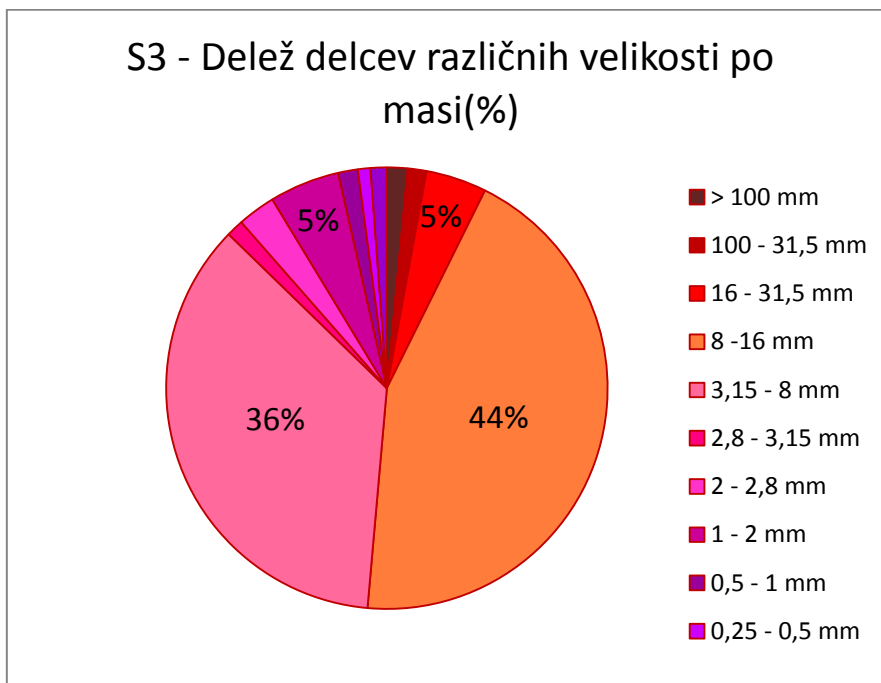
Graf 9: Prikaz deleža delcev različnih velikosti po masi v vzorcu S1

Iz grafa je razvidno, da je največ, kar tri četrtine, delcev med 3,15 in 16 mm. Precej manj je delcev od 16 do 31,5 mm, preostalih pa je le za vzorec.



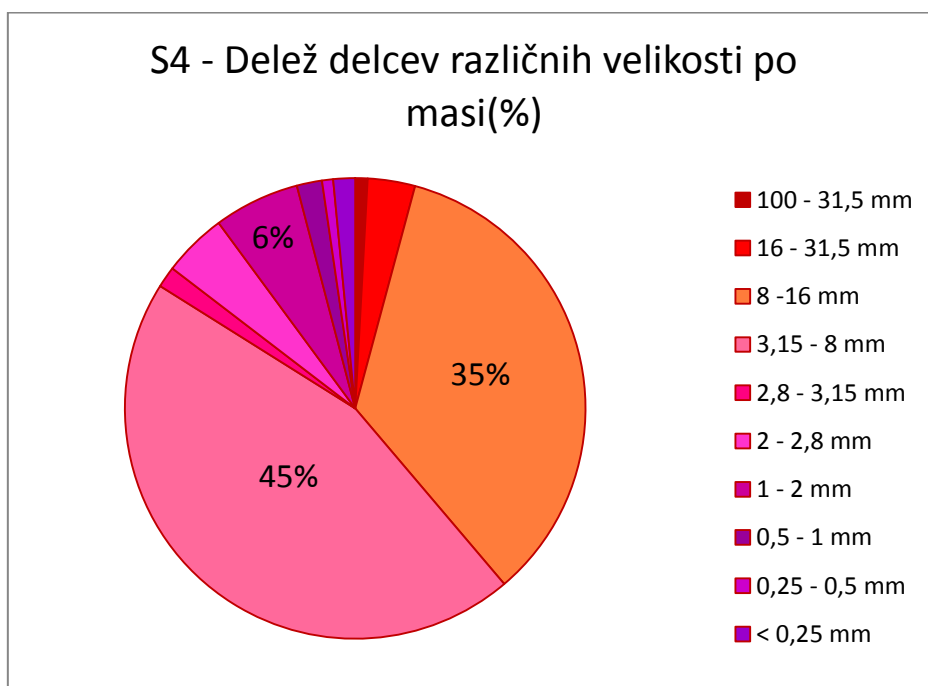
Graf 10: Prikaz deleža delcev različnih velikosti po masi v vzorcu S2

Tudi pri vzorcu S2 delci med 3,15 in 16 mm predstavljajo tri četrtine vzorca. Delci med 16 in 31,5 mm predstavljajo 14 % vzorca, preostalih delcev pa je za malo več kot 10 %.



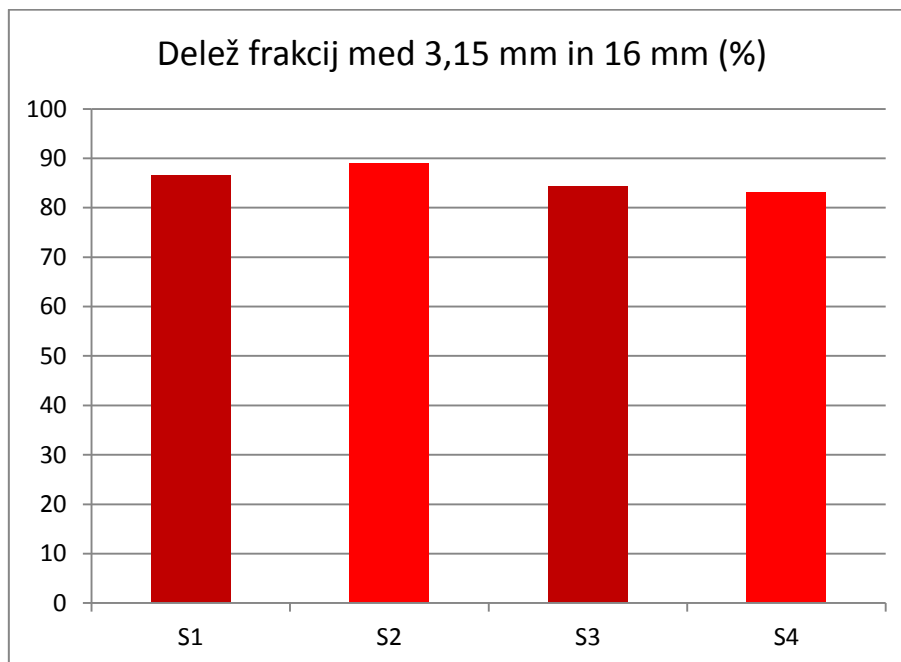
Graf 11: Prikaz deleža delcev različnih velikosti po masi v vzorcu S3

V vzorcu S3 delci med 3,15 in 16 mm predstavljajo večji delež, 80 %. Nekaj več je tudi delcev med 1 in 2 mm (5 %) in med 16 in 31,5 mm (5 %). Prisotni so tudi delci nad 100 mm, ki jih v ostalih vzorcih ni.



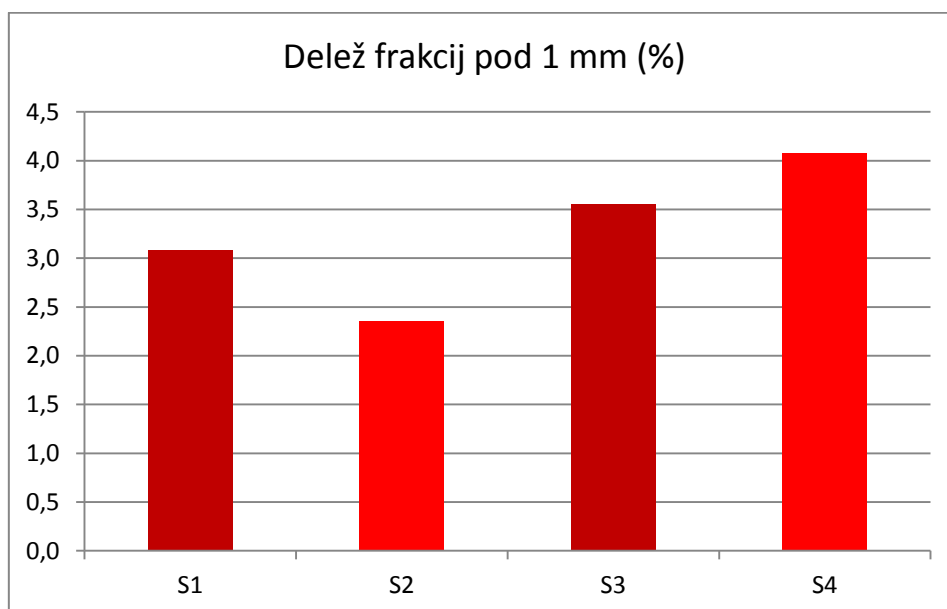
Graf 12: Prikaz deleža delcev različnih velikosti po masi v vzorcu S4

V vzorcu S4 delci med 3,15 in 16 mm predstavljajo 80 % mase vzorca. Več je prisotnih delcev med 1 in 2 mm, in sicer 6 %. Malo manj je delcev med 2 in 2,8 mm, preostali pa so prisotni v zelo majhnih količinah.



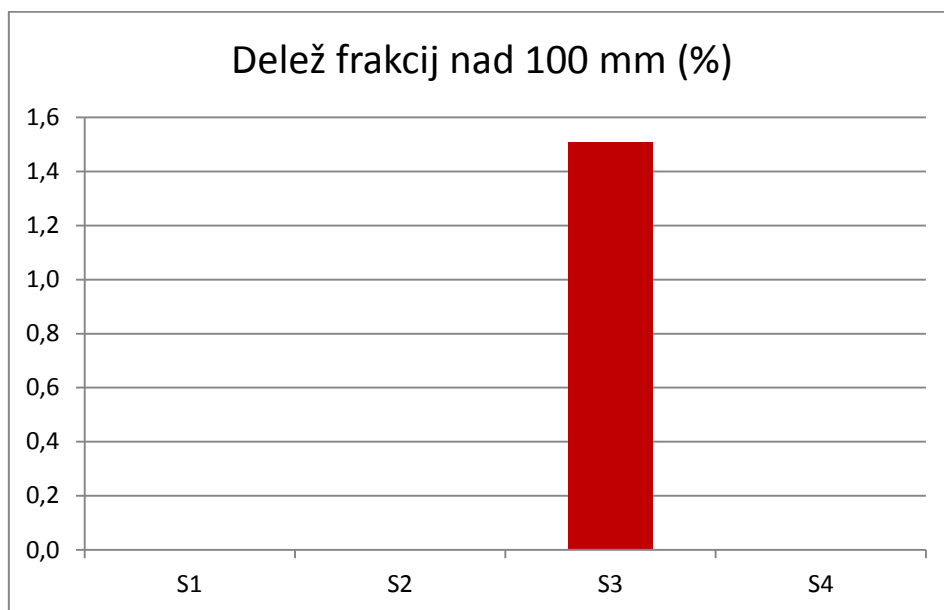
Graf 13: Prikaz deleža delcev med 3,15 in 16 mm v različnih vzorcih sekancev

Delci velikosti med 3,15 in 16 mm so najboljše za kurjenje v peči, zato je priporočljivo, da predstavljajo čim večji delež vzorca sekancev. Pri naših sekancih se vrednosti gibljejo med 83 in 90 odstotki.



Graf 14: Prikaz deleža delcev pod 1 mm v različnih vzorcih sekancev

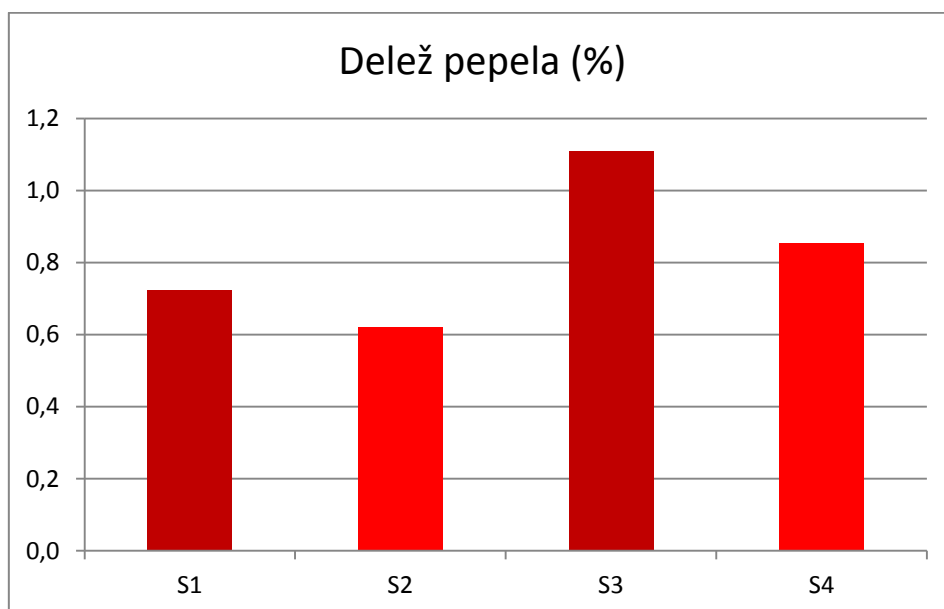
Delci velikosti pod 1 mm lahko ogrožajo zdravje zaposlenih, ki delajo v skladiščih in v drugih prostorih, kjer se nahajajo sekanci. Posledično je priporočljivo, da jih vzorec vsebuje čim manj. Vrednosti za naše vzorce se gibljejo med 2,3 in 4,1 odstotki.



Graf 15: Prikaz deleža delcev nad 100 mm v različnih vzorcih sekancev

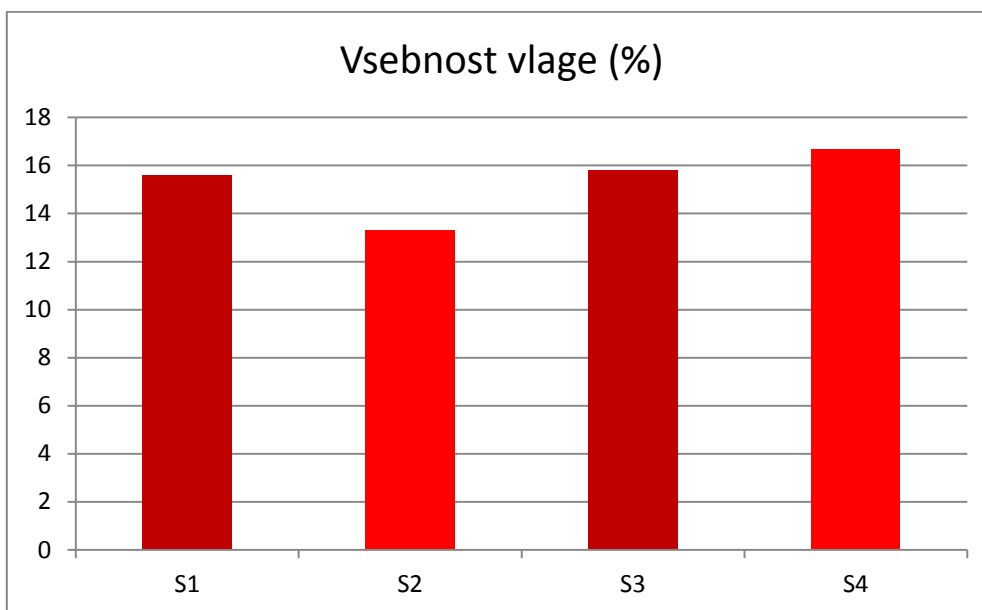
Delci, večji od 100 mm lahko predstavljajo problem, ker obstaja verjetnost, da se zataknejo v cevi, ki sekance dovaja v peč. Drugače so popolnoma neškodljivi in ne vplivajo direktno na kakovost goriva.

Z grafa je razvidno, da so delci prisotni le v enem vzorcu, kjer predstavljajo 1,5 odstotka mase celotnega vzorca.



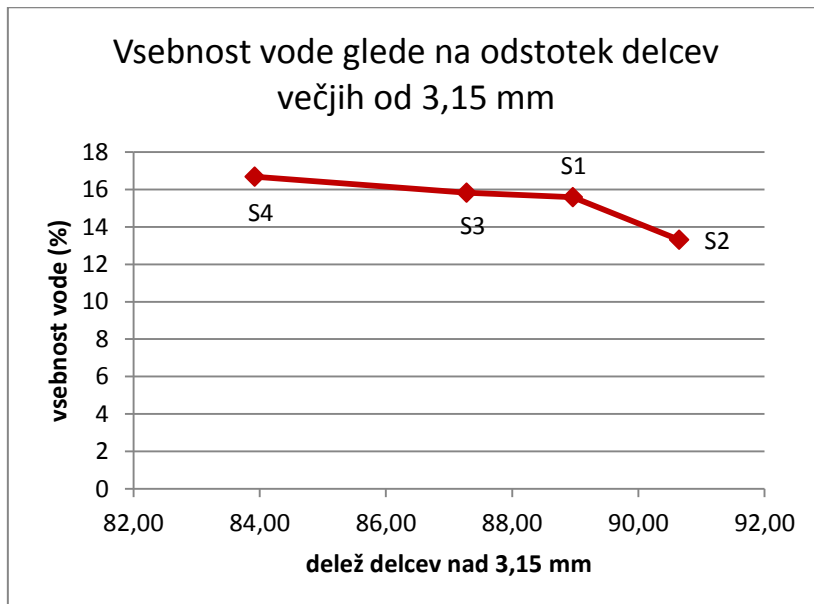
Graf 16: Prikaz deleža pepela v različnih vzorcih sekancev

Vsi vzorci sekancev imajo zelo majhen delež pepela, le ena izmed vrednosti presega 1 %. Ostale vrednosti se gibljejo med 0,6 in 0,85 %.



Graf 17: Prikaz vsebnosti vlage v različnih vzorcih sekancev

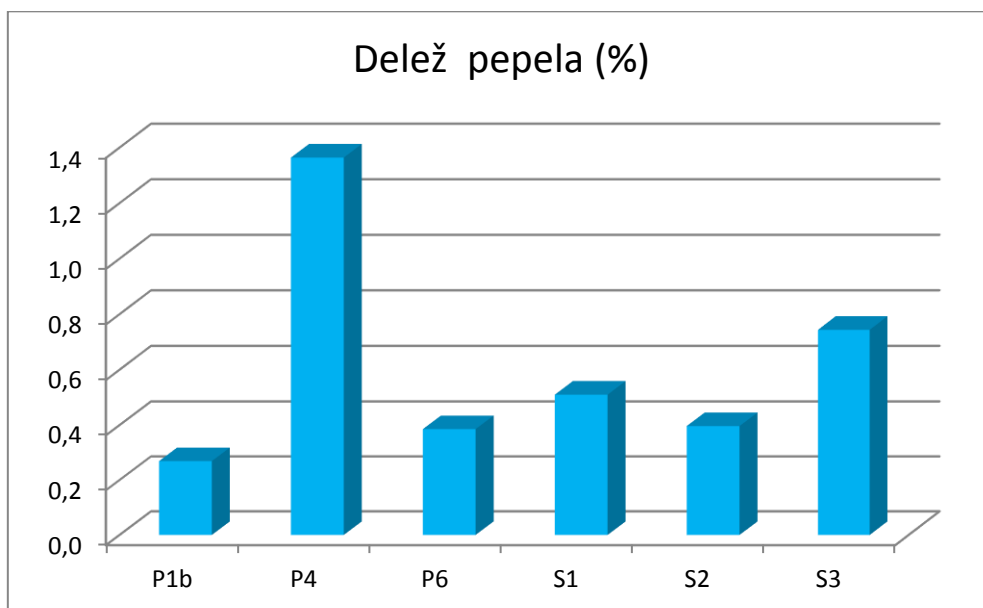
Najvišjo vlažnost ima vzorec S4 in sicer 16,7 %. Najnižjo vlažnost ima vzorec S2 in sicer 13,3 %. Vzorci sekancev so bili hranjeni zunaj in zato tako vlažni, da analiza najprej ni bila mogoča. Sekanci so se morali pred analizo delno posušiti, zato vrednosti niso najbolj realne.



Graf 18: Prikaz vsebnosti vode sekancev glede na delež delcev, večjih od 3,15 mm

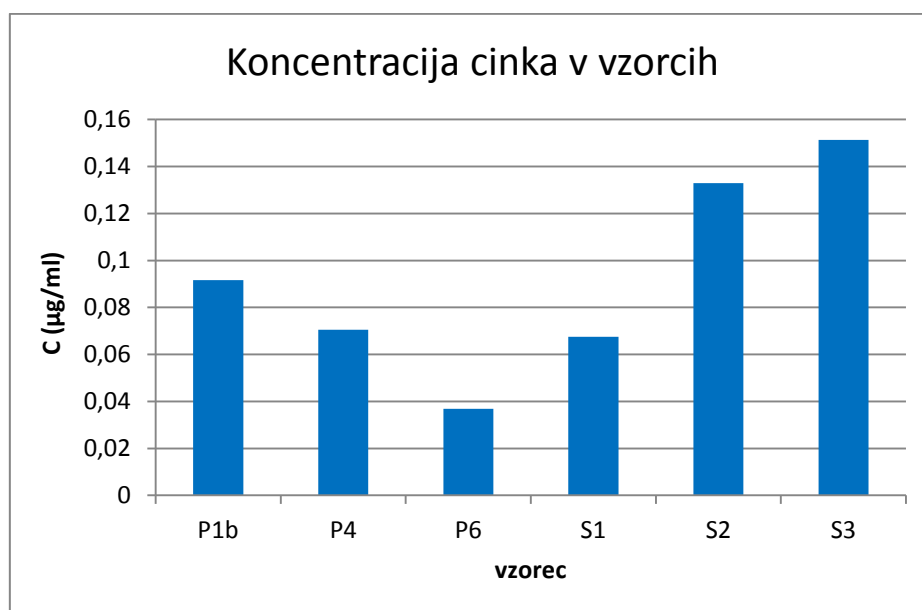
Opazen je rahel trend upadanja vsebnosti vode, vendar ne moremo trditi, da velikost delcev bistveno vpliva na vlažnost sekancev.

3.2.3 Rezultati analiz na Fakulteti za kemijo in kemijsko tehnologijo



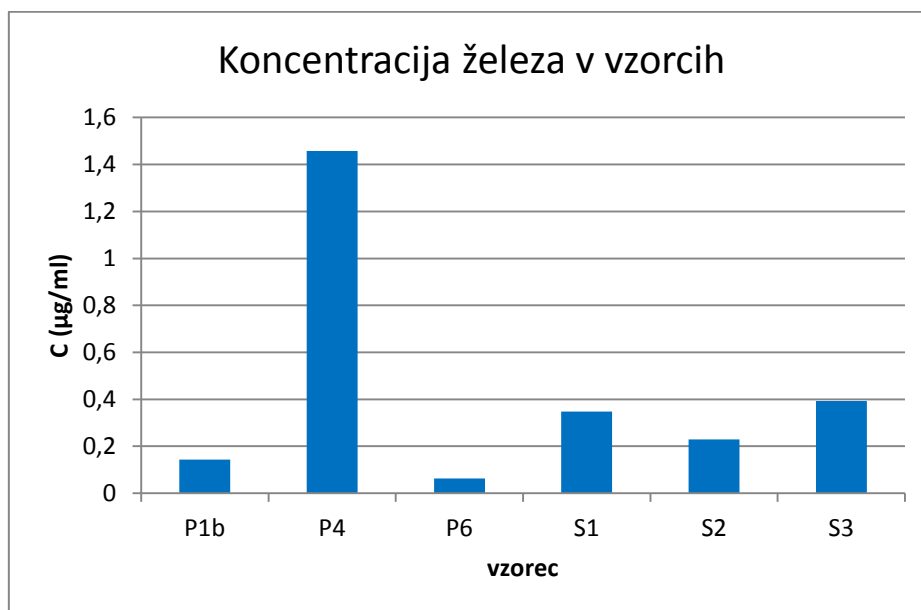
Graf 19: Prikaz deleža pepela v posameznem vzorcu

Po odstotku pepela izrazito izstopa vzorec P4 z 1,36 % pepela. Ostale vrednosti nihajo med 0,25 in 0,75 %. Vrednosti so podobne kot pri analizi na Gozdarskem inštitutu. Podrobnejše informacije so v prilogi 4, grafi 26 do 31.



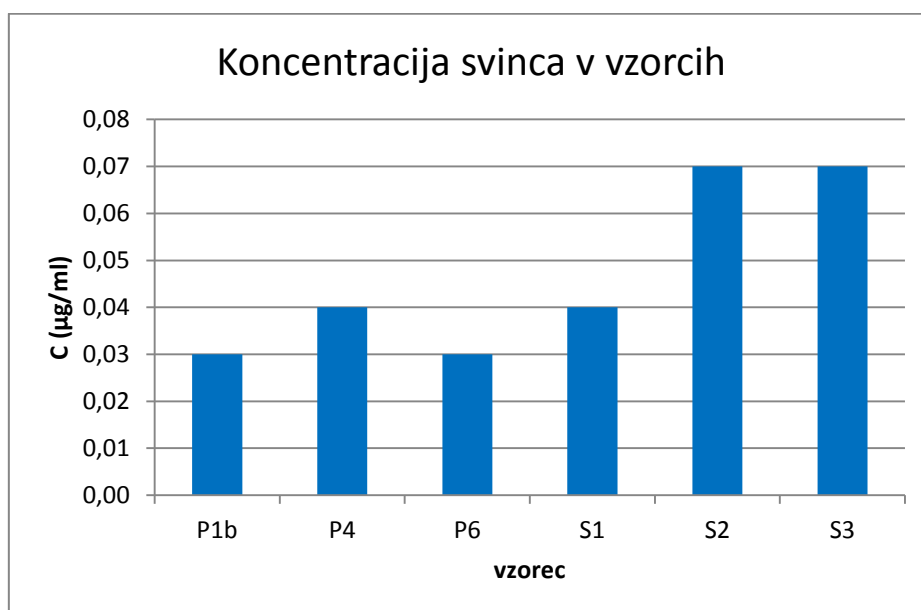
Graf 20: Prikaz koncentracije cinka v različnih vzorcih

Vrednosti nihajo med 0,036 in 0,152 µg/ml.



Graf 21: Prikaz koncentracije železa v različnih vzorcih

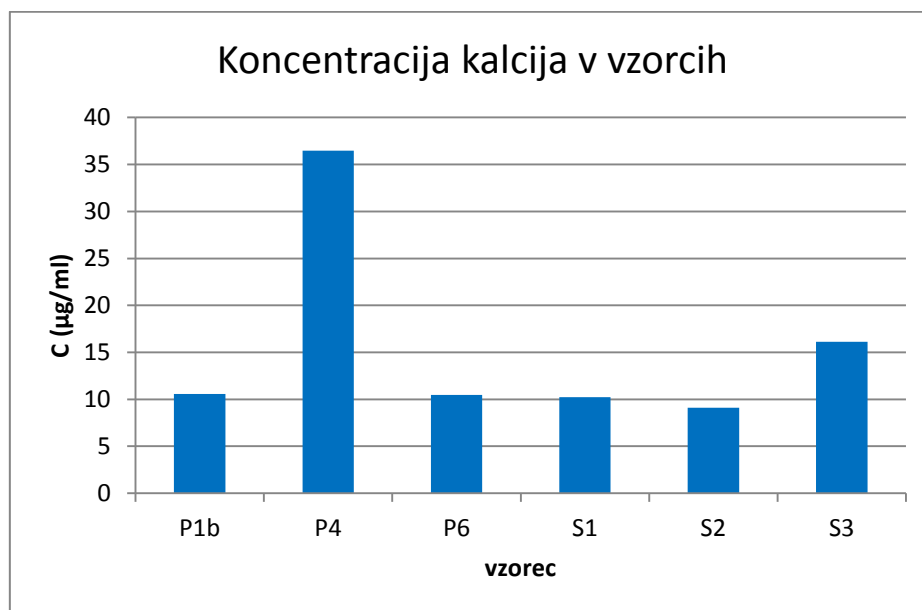
Na grafu izrazito izstopa vzorec P4. Koncentracija železa v vzorcu je kar 1,46 µg/ml, medtem ko je koncentracija v ostalih vzorcih manjša od 0,4 µg/ml.



Graf 22: Prikaz koncentracije svinca v različnih vzorcih

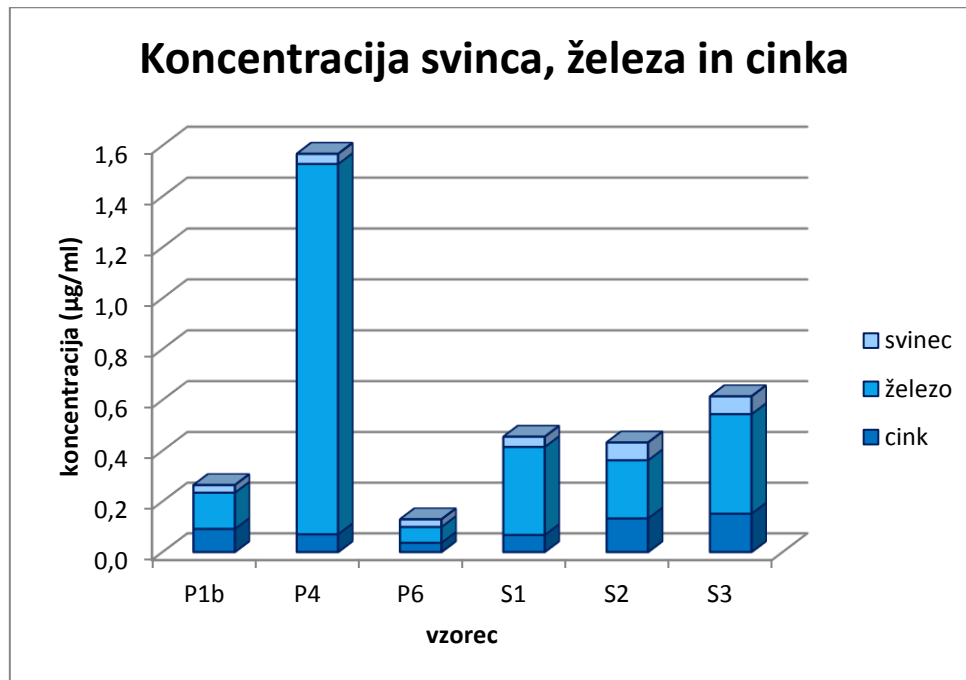
Koncentracije svinca v vzorcih so zelo podobne. Dva vzorca imata koncentracijo 0,03 µg/ml, dva 0,04 µg/ml in preostala dva 0,07 µg/ml.

Koncentraciji elementov kadmija in kroma v vzorcih sta tako majhni, da sta pod mejo detekcije spektrometra.



Graf 23: Prikaz koncentracije kalcija v različnih vzorcih

Vrednosti koncentracije kalcija se med vzorci precej razlikujejo. Najbolj izstopa vzorec P4 s koncentracijo 36,5 µg/ml. Precej manjšo koncentracijo ima vzorec S3 in sicer 16,1µg/ml. Preostali vzorci imajo koncentracijo približno 10 µg/ml.



Graf 24: Prikaz koncentracije svineca, železa in cinka v različnih vzorcih

Koncentracije kadmija in kroma ni na prikazu, ker so vrednosti pod mejo detekcije. Kalcija prav tako ni na prikazu, ker njegove vrednosti daleč presegajo vse ostale in graf ne bi bil berljiv.

4 RAZPRAVA

V svoji raziskovalni nalogi sem ugotovila, da Žirovci drva večinoma pripravijo sami ali pa jih kupijo od okoliških kmetov. Menim, da večina drva pripravi sama, ker je to v Žireh in okolici lahko dostopno gorivo. Mnogi imajo tudi sami v lasti del gozda, ki ga je na okoliških hribih veliko. Les je zato tudi najcenejša izbira.

Tudi sekance anketirana podjetja proizvajajo sama. Domnevam, da je to zanje primerna izbira, ker si lahko privoščijo naprave, s katerimi odpadni les in ostanke predelujejo v gorivo. Dve od teh podjetij se namreč ukvarjata s predelavo lesa in lahko uporabljata kar ostanke lastne proizvodnje. To se mi zdi zelo ekološka in trajnostna rešitev težav z ogrevanjem in lesnimi odpadki.

Nasprotno pa pelete vsi anketirani dobavljajo iz ostalih krajev, ne preveč oddaljenih Žirov, z izjemo enega vzorca, ki je s povsem drugega konca Slovenije. Ta rezultat je najverjetneje posledica dejstva, da za izdelavo peletov potrebujemo precej drage in zapletene stroje ter naprave.

Moja prva hipoteza, da Žirovci lesna goriva večinoma pripravijo sami ali jih dobijo od okoliških kmetov torej drži za drva in sekance (graf 1, preglednica 2), ne pa tudi za pelete (preglednica 1).

Moja druga hipoteza pravi, da imajo drva, ki so skladiščena zunaj, večjo vsebnost vlage. Moji rezultati to potrjujejo, saj je povprečna vlažnost drv iz zunanjih skladovnic za skoraj 9 % višja od vlažnosti drv iz notranjih skladovnic (graf 2). Iz tega sledi, da ima položaj skladovnice (notri ali zunaj) velik vpliv na vlažnost polen. Drva z nižjo vlažnostjo pri gorenju proizvedejo več toplote, saj se manj energije porabi za izhlapevanje vode. Poleg tega se pri izgorevanju proizvede manj okolju in človeku škodljivih delcev.

Nadalje sem želela preveriti, ali starost drv vpliva na njihovo vlažnost. Ugotovila sem, da se vrednosti zelo malo razlikujejo, vrednosti pri mlajših drevesih so le rahlo višje (graf 3). Iz tega sledi, da starost drv bistveno ne vpliva na njihovo vlažnost. Svoje tretje hipoteze (starejša drva imajo manjšo vsebnost vlage) ne morem niti potrditi niti popolnoma ovreči. Če bi želela vpliv starosti na vlago drv bolj natančno raziskati, bi morala verjetno opraviti več meritev pri istih drevesih v določenih časovnih intervalih.

Ugotovila sem tudi, da med drevesnimi vrstami izrazito prevladuje bukev (graf 4). Bukve je primerna za kurivo, ker je lahko dostopna v naši okolici in ker pri izgorevanju proizvaja najmanj pepela. Velik delež drv predstavljajo tudi smrekova drva. Smreka ima sicer manjšo kvaliteto od bukve, je pa prav tako dostopna. Precej je tudi hrastovih drv, ki slovijo po svoji kvaliteti, čeprav jih v okolici praktično ni. Ostalih drevesnih vrst je veliko manj, saj v Žireh in okolici niso prav pogoste.

V svoji raziskavi sem tudi primerjala vlažnost različnih vrst lesnih goriv. Vlažnost drv je zelo raznolika, niha od manj kot šest do več kot 44 odstotkov (priloga 4, grafa 32 in 33). Vlažnost peletov se giblje med 6 in 8 odstotki (graf 6), vlažnost sekancev pa med 13 in 17 odstotki – delno že posušenih (graf 17). Ti rezultati potrjujejo mojo peto hipotezo, ki domneva, da imajo peleti manjšo vsebnost vlage od drv in sekancev. Manj vlage verjetno vsebujejo zato, ker je les v njih že posušen in stisnjen.

Na podlagi analize peletov smo po mednarodnih standardih ocenili njihovo kakovost (priloga 2). Glede na vsebnost vlage vsi peleti dosegajo najboljši kakovostni razred A1. Tudi glede vsebnosti pepela so zelo kvalitetni: pet vzorcev dosega kakovost A1, en vzorec kakovost A2, le en vzorec ima slabšo kakovost še vedno sprejemljivega razreda B. Glede na mehansko obstojnost pa žirovski peleti dosegajo veliko slabše rezultate. Trije vzorci imajo kakovost A1, en vzorec kakovost B, kar trije vzorci pa ne ustrezajo standardom. To sicer ni najboljša novica, vendar pa mehanska obstojnost po besedah dr. Nike Kranjc z Gozdarskega inštituta Slovenije vpliva predvsem na delovanje transportnega sistema, ki dovaja pelete v kotel in ne na samo gorenje peletov.

Tudi sekanci imajo visoko kakovost (priloga 3). Delež delcev med 3,15 in 16 mm, ki so po mnenju dr. N. Kranjc najbolj kakovostni, pri vseh presega 80 %. Glede vsebnosti vlage dosegajo standard A1, vendar rezultati zaradi prevelike začetne vlažnosti vzorcev (posledica hranjenja zunaj hiše) niso povsem realni. Glede na vsebnost pepela imajo trije vzorci kakovost razreda A1 in en vzorec kakovost razreda A2. Vsi vzorci imajo tudi zelo malo nezaželenih in problematičnih delcev velikosti pod 1 mm in nad 100 mm.

Moja četrta hipoteza domneva, da je vsebnost vlage sekancev odvisna od velikosti delcev. Domnevala sem, da lahko večji delci v sebi zadržijo več vlage. To glede na moje rezultate ne drži (graf 18), saj na vlažnost sekancev bolj vpliva surovina, iz katere so sekanci narejeni in predvsem način skladiščenja, kot sem izvedela ob pregledu rezultatov z dr. N. Kranjc.

Vsebnost elementov cinka, železa, kalcija in svinca se v vzorcih precej razlikuje (grafi 20 do 24). Izjema sta kadmij in krom, katerih vrednosti so pod mejo detekcije, torej izredno majhne. Glede na rezultate lahko potrdim svojo sedmo hipotezo (da se elementarna sestava pepela razlikuje glede na lokacijo, kjer so drevesa rasla), vendar je mogoče, da različna vsebnost kovin ni odvisna le od lokacije rasti, temveč tudi od drugih podatkov, npr. od drevesne vrste ali načina proizvodnje. V mojih rezultatih nimam dovolj podatkov, da bi popolnoma potrdila to hipotezo.

Pri primerjavi vzorcev bi omenila vzorec peletov P4, ki izstopa na kar nekaj grafih (19, 21, 23, 24). To se mi je zdelo zanimivo, zato sem raziskala nekaj več o tem vzorcu in ugotovila, da prihaja iz Šentjurja pri Celju, torej iz povsem drugega dela Slovenije kot preostali vzorci. Domnevam, da je razlog za odstopanje prav druga lokacija rasti, kar še dodatno potrjuje mojo sedmo hipotezo, dokazano v prejšnjem odstavku.

5 ZAKLJUČEK

Zaključim lahko, da gospodinjstva v Žireh uporabljajo kakovostna lesna goriva. Razen mehanske obstojnosti peletov vsa goriva dosegajo visoko kvaliteto. Najbolj spodbudno se mi zdi dejstvo, da je bila vsebnost vode v analiziranih gorivih nizka, kar po besedah dr. N. Kranjc vpliva na boljše izgorevanje v kotlih in posledično na manjše emisije prašnih delcev v zraku. Iz tega sledi, da smo Žirovci, vsaj glede uporabe različnih biogoriv, zelo ekološki.

Zelo razveseljiv se mi zdi tudi podatek, da pepel niti enega od analiziranih vzorcev ne vsebuje katere od kovin v nevarnih količinah. Tako da, po mojem mnenju, lahko Žirovci s pepelom kar mirno bogatimo zemljo na svojih vrtovih. Čeprav je pepel le stranski produkt ogrevanja z lesnimi gorivi, vsebuje v zmernih količinah veliko za zemljo koristnih hranil.

Zdi se mi, da sem v svoji raziskovalni nalogi dobila rezultate, uporabne za Žirovce, ki se v večini ogrevajo z lesnimi gorivi, kot tudi za kmete, ki jih z drvmi oskrbujejo. Dobljeni podatki lahko koristijo tudi zaposlenim na občini, ki se ukvarjajo z okoljevarstvom. Glede na rezultate je namreč smiselno spodbujati uporabo lesnih kuriv, saj s tem ščitimo in spodbujamo lokalno gospodarstvo (kmetijstvo), kar pri drugih načinih ogrevanja (npr. olje, plin) ni mogoče. V prihodnje bi lahko raziskali tudi kemijsko sestavo katerega od ostalih (lokalnih) virov oz. proizvodov. S tem bi prispevali k boljši analizi kakovosti življenja Žirovcev in posledično, če bi bilo potrebno, tudi ukrepali.

Pridobljene podatke bom posredovala gospodinjstvom in podjetjem, ki so mi odstopila vzorce. Tako bodo tudi ostali prebivalci Žirov seznanjeni s kakovostjo lesnih goriv v našem kraju. Raziskavo bom posredovala tudi zaposlenim na občini, Gozdarskem inštitutu Slovenije in Fakulteti za kemijo in kemijsko tehnologijo.

6 VIRI IN LITERATURA

Kranjc, N. in dr. *Lesna goriva: drva in lesni sekanci: proizvodnja, standardi kakovosti in trgovanje*. Ljubljana: Gozdarski inštitut Slovenije, Založba Silva Slovenica, 2009.

Kranjc, N.: *Ustno sporočilo*. Ljubljana, 2017/2018.

Turk, A. *Lesni pepel kot sekundarno vezivo v betonu*. Diplomaska naloga (online). Ljubljana. Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. 2014. (citirano 3. 3. 2018). Dostopno na spletnem naslovu: <https://repozitorij.uni-lj.si/Dokument.php?id=86149&lang=slv>.

<http://www.s4q.si/info>, pridobljeno marec 2018.

7 PRILOGE

Priloga 1: Primer laboratorijskega protokola za drva

LABORATORIJSKI PROTOKOL (Laboratorij za lesno biomaso)

Drevesna vrsta

bukev

Dimenzije

Št. vzorca: D1
Datum analize: 4.dec.17
Analize opravil: Darja Kocjan

Podvzorec	Dolžina (L1)		Premer 1 (D)		Premer 2 (D)		Premer 3 (D)		L1	D
	L1a	L1b	Da	Db	Da	Db	Da	Db		
A	30,80	31,40	9,80	/	/	/	9,60		31,10	9,70
B	31,00	30,00	10,40	8,20	/	/	8,90	9,10	30,50	9,15
C										
D										

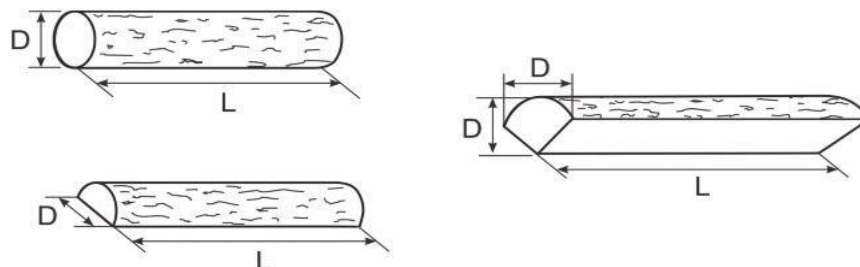
AVR= 30,80 9,43
STDEV= 0,4243 0,3889

Vsebnost vode

Št. vzorca: D1
Datum analize: 8.dec.17
Čas sušenja: 72 h
Analize opravil: Darja Kocjan

Podvzorec	Pladenj (g)	Svež vzorec (g)	Suh vzorec (g)	masa (g) dobljeno	masa (g) abs. suho	delta	W %
A	1133,06	2048,66	1968,25	915,60	835,19	80,41	8,78
B	1125,72	2027,68	1947,00	901,96	821,28	80,68	8,94
C							
D							

AVR= 8,86 STDEV= 0,12



Key

D maximum diameter
L maximum length

Priloga 2: Primer laboratorijskega protokola za pelete

LABORATORIJSKI PROTOKOL (Laboratorij za lesno biomaso)

Vsebnost vode

Št. vzorca: P1b
 Datum analize: 4.dec.17
 Čas sušenja: 24 h
 Analize opravil: Darja Kocjan

Podvzorec	Pladenj (g)	Svež vzorec (g)	Suh vzorec (g)	masa (g) dobljeno	masa (g) abs. suho	delta	W %
A	1126,46	1654,28	1618,73	527,82	492,27	35,55	6,74
B	1134,07	1679,73	1642,98	545,66	508,91	36,75	6,73
C							
D							

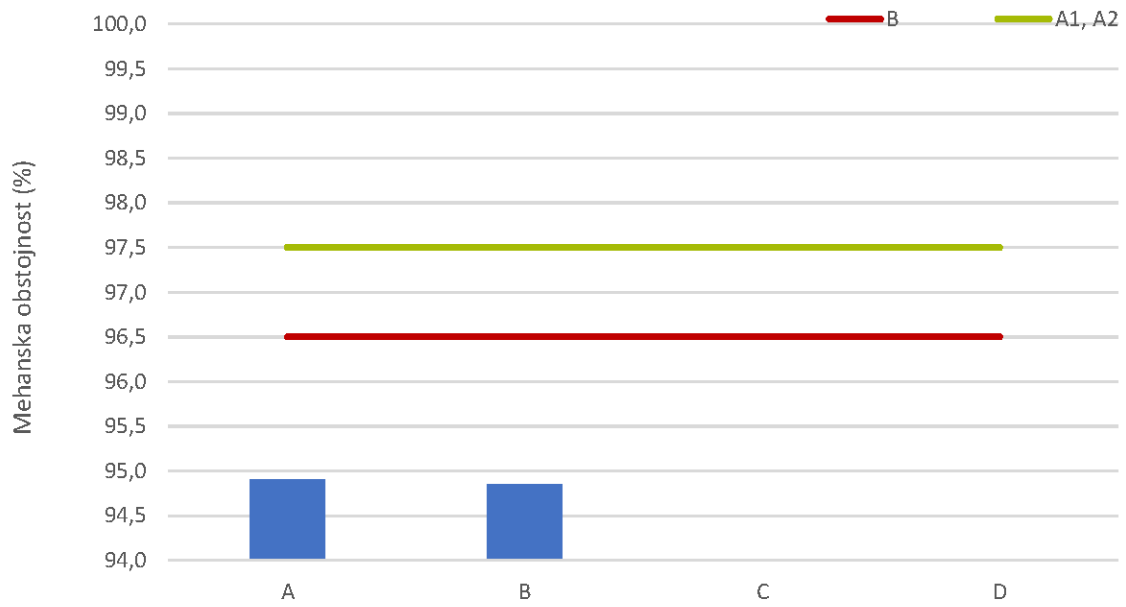
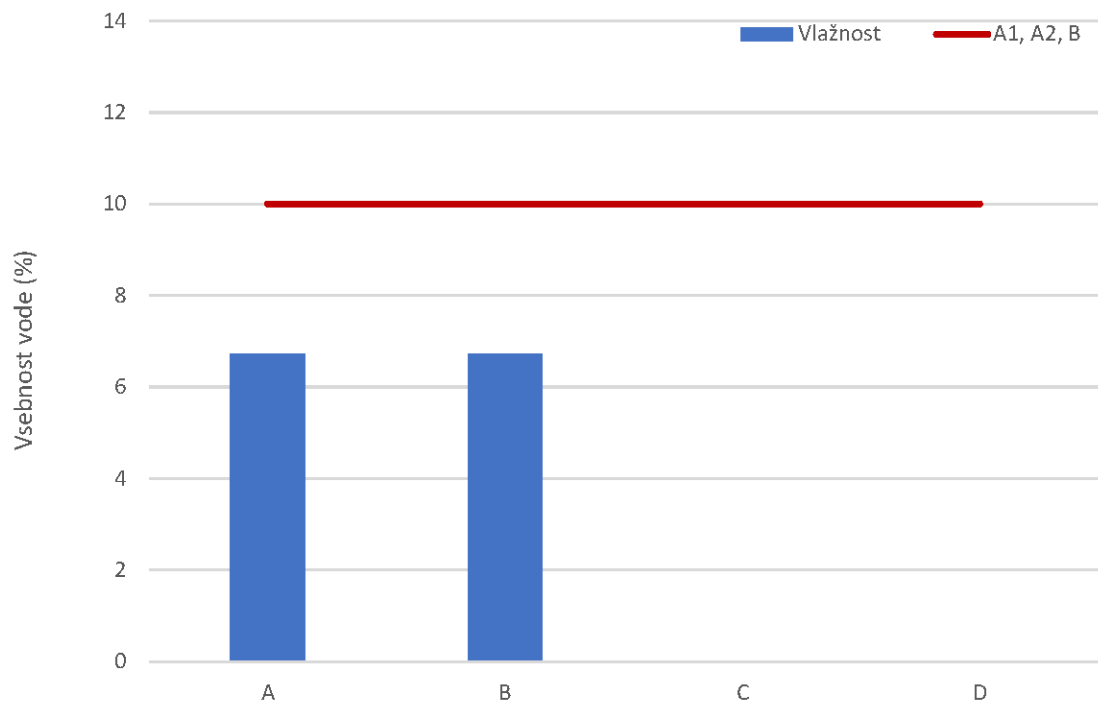
AVR= 6,74 STDEV= 0,00

Mehanska obstojnost

Št. vzorca: P1b
 Datum analize: 1.dec.17
 Analize opravil: Darja Kocjan

Podvzorec	Pred testiranjem			Po testiranju		Mehanska obstojnost (%)
	Masa vzorca (g)	Grobi delci (g)	Fini delci (g)	Grobi delci (g)	fini delci (g)	
A	507,14	506,80	0,22	480,96	24,96	94,9
B	507,34	506,78	0,50	480,69	24,90	94,9
C						
D						

AVR= 94,88 STDEV= 0,04



Vsebnost pepela

Št. vzorca: P1b
Datum analize: 4.dec.17
Analize opravil: Darja Kocjan
Vlažnost pelet (%): 6,185

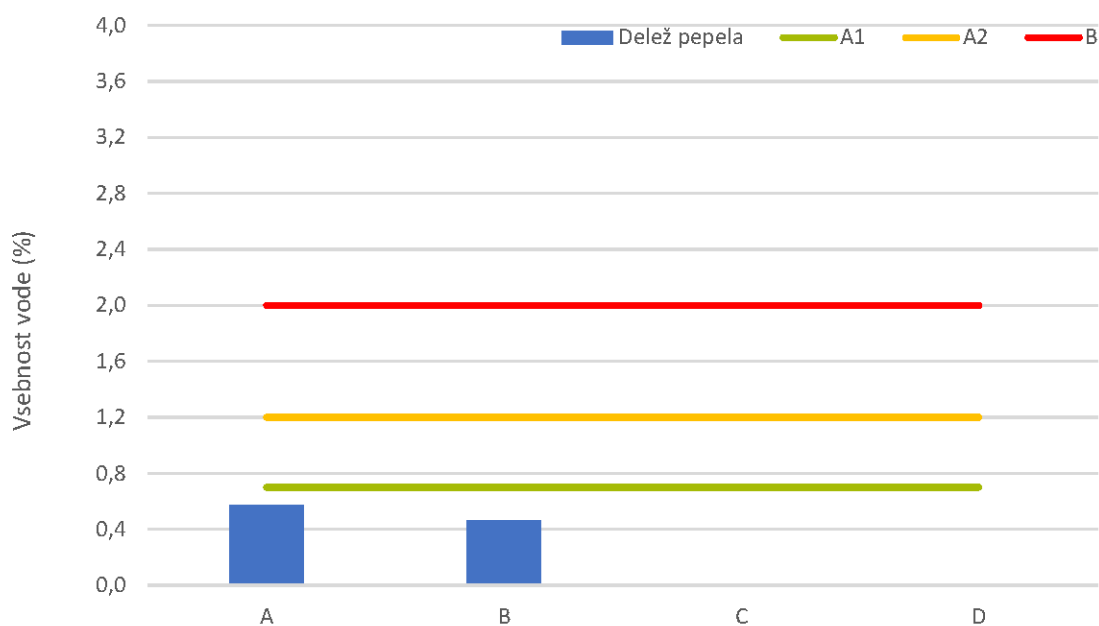
Analitska vlaga

Podvzorec	Posoda (g)	Svež vzorec (g)	Suh vzorec (g)	Vsebnost vode (g)
A	24,5539	27,7814	27,5812	6,2029
B	28,0846	31,2153	31,0222	6,1679
C				
D				

Delež pepela

Podvzorec	Masa prazne posode (g)	Masa posode in vzorca (g)	Masa posode in pepela (g)	Delež pepela (%)
A	31,9911	34,6204	32,0052	0,5716
B	30,6496	33,1569	30,6605	0,4634
C				
D				

AVR= 0,518 STDEV= 0,077



Priloga 3: Primer laboratorijskega protokola za sekance

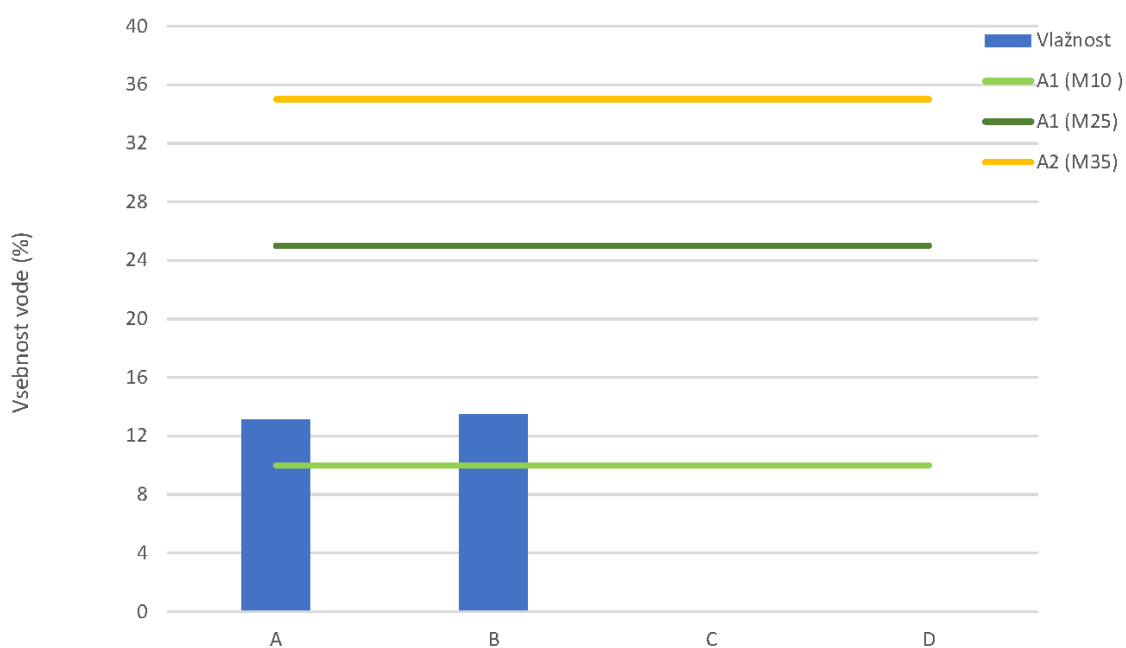
LABORATORIJSKI PROTOKOL (Laboratorij za lesno biomaso)

Vsebnost vode

Št. vzorca: S2
 Datum analize: 30.nov.17
 Čas sušenja: 24 h
 Analize opravil: Darja Kocjan

Podvzorec	Pladenj (g)	Svež vzorec (g)	Suh vzorec (g)	masa (g) dobljeno	masa (g) abs. suho	delta	W %
A	1139,51	1540,00	1487,51	400,49	348,00	52,49	13,11
B	1127,07	1539,07	1483,44	412,00	356,37	55,63	13,50
C				0,00	0,00	0,00	
D				0,00	0,00	0,00	

AVR= 13,30 STDEV= 0,28



Sejalna analiza

Št. vzorca: S2
Datum analize: 30.nov.17
Analize opravil: Darja Kocjan
Opombe:

Izračuni

Masa vzorca (g): 618,73
Volumen vzorca (l): 3,5

Sito	(1) Frakcija	(2) Masa pladnja (g)	(3) Masa frakcije (g) BRUTO	(4) Masa frkacije (g) NETO	(5) Delež frakcije po masi v %
100	> 100 mm			0,00	0,00
31,5	100 - 31,5 mm			10,59	1,72
16	16 - 31,5 mm	1134,30	1220,68	86,38	14,01
8	8 -16 mm	1127,07	1387,22	260,15	42,21
3,15	3,15 - 8 mm	1131,89	1333,45	201,56	32,70
2,8	2,8 - 3,15 mm	1124,80	1132,44	7,64	1,24
2	2 - 2,8 mm	1137,31	1152,86	15,55	2,52
1	1 - 2 mm	1125,15	1145,12	19,97	3,24
0,5	0,5 - 1 mm	1139,17	1146,82	7,65	1,24
0,25	0,25 - 0,5 mm	1139,70	1143,02	3,32	0,54
Presevek	< 0,25 mm	330,26	333,80	3,54	0,57
Skupna masa frakcij	Vsi			616,35	100,00

Razlika meritve (v %): 0,38

Vsebnost vode w (%):

Masa frakcij pod 1mm (g): 14,51 2,35%

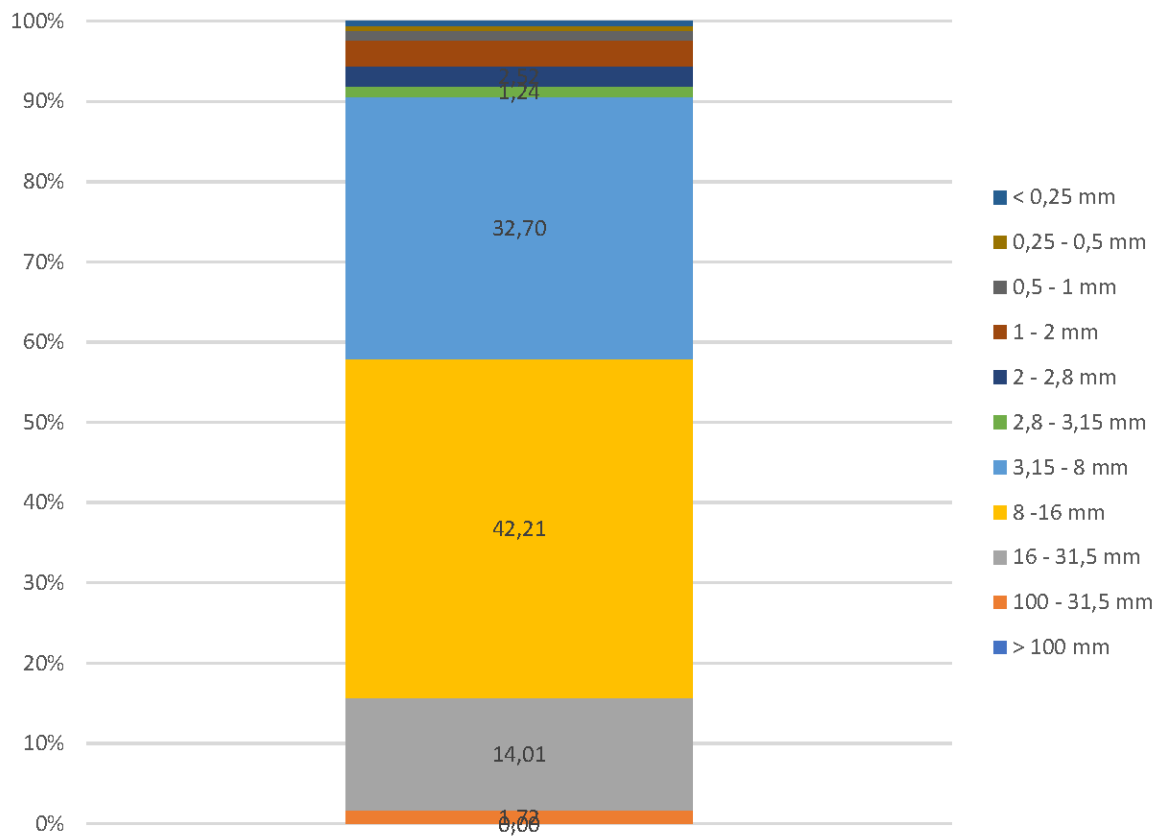
Masa frkacij pod 3,15 mm (g): 57,67 9,36%

Masa frkacij med 3,15 mm in 16 mm (g): 548,09 88,93%

Masa frakcij nad 100 mm (g): 0,00 0,00%

Opomba: Razlika med celotno maso testnega vzorca in skupno maso vseh frakcij naj bi bila manjša od 2% (w). Do večjih razlik lahko pride zaradi izgubljenih delcev ali zaradi sprememb vsebnosti vlage. V takšnem primeru je potrebno raziskate vzroke za odstopanje ter meritve ponoviti. V primeru, da ponovitve ni mogoče izvesti ali rezultati zopet odstopajo za več kot 2 odstotka je potrebno razliko poročati.

Delež posameznih frakcij sekancev



Vsebnost pepela

Št. vzorca: S2
Datum analize: 13.dec.17
Analize opravil: Darja Kocjan
Vlažnost sekanci (%): 3,867

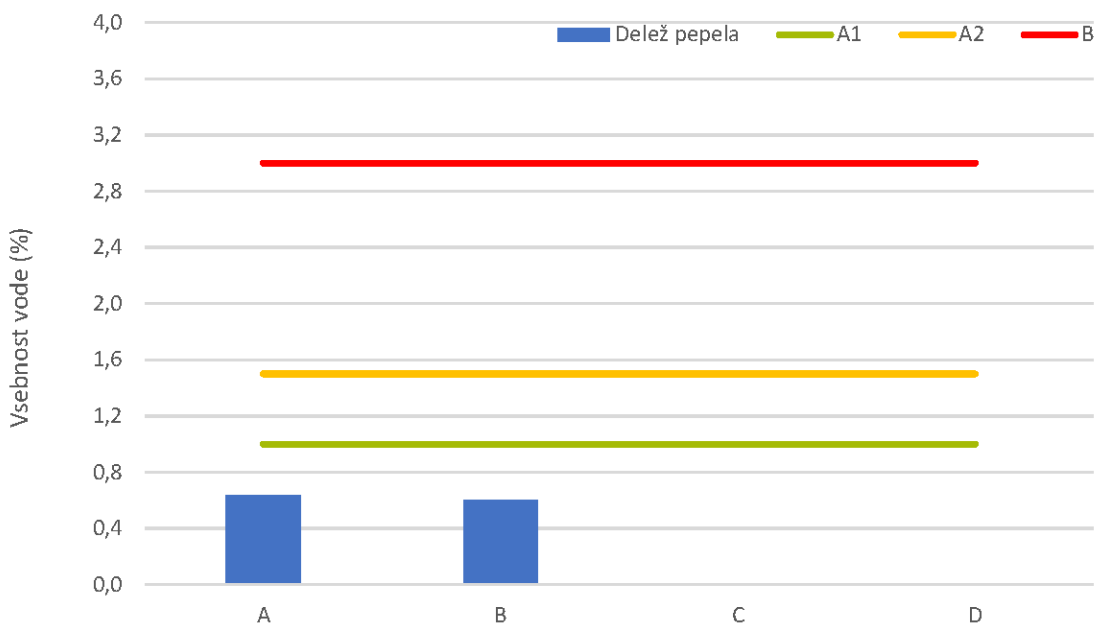
Analitska vlaga

Podvzorec	Posoda (g)	Svež vzorec (g)	Suh vzorec (g)	Vsebnost vode (g)
A	32,2863	35,8793	35,7389	3,9076
B	30,7823	33,9517	33,8304	3,8272
C				
D				

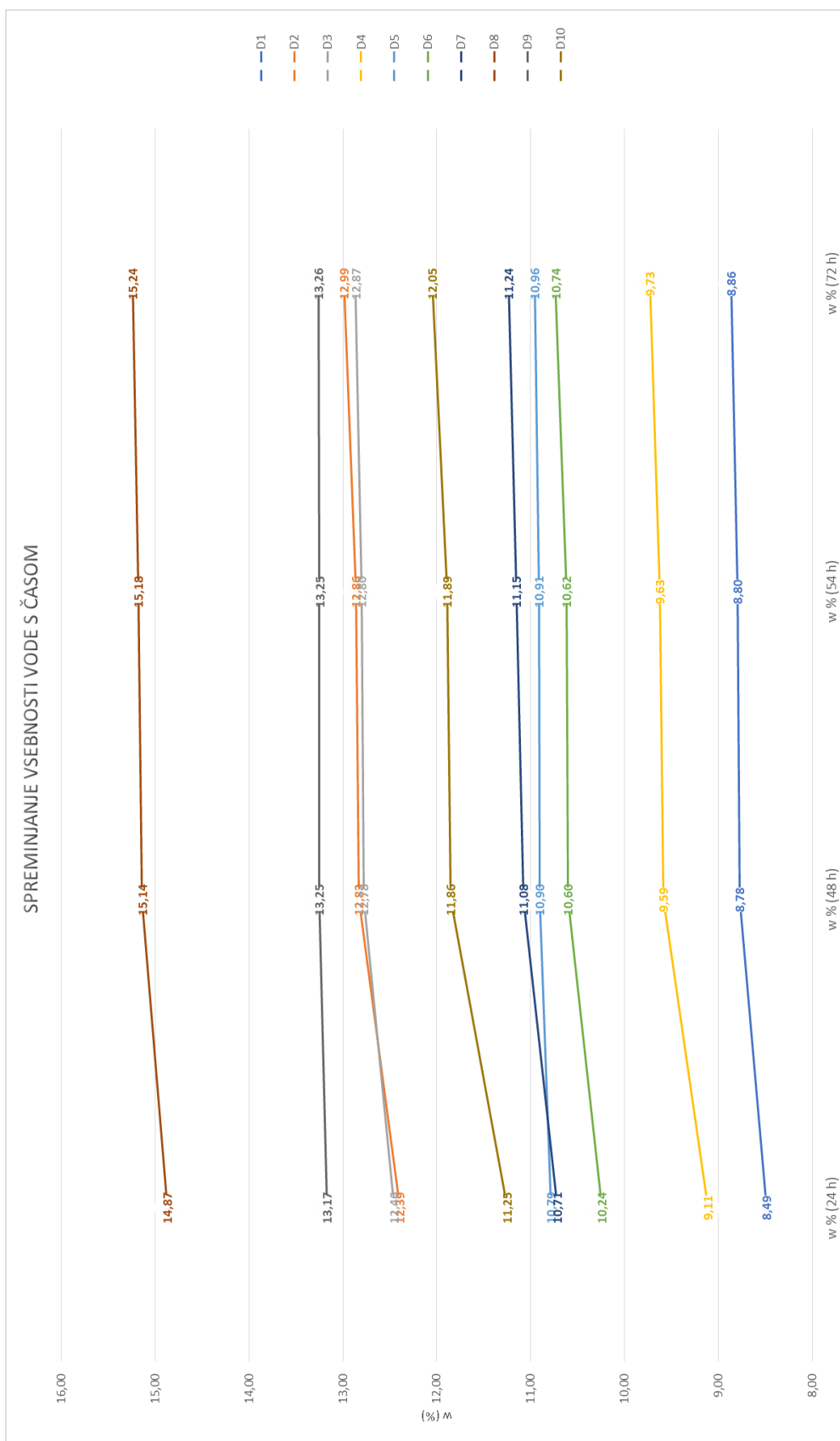
Delež pepela

Podvzorec	Masa prazne posode (g)	Masa posode in vzorca (g)	Masa posode in pepela (g)	Delež pepela (%)
A	27,8688	30,1830	27,8830	0,6383
B	30,6503	33,2118	30,6652	0,6051
C				
D				

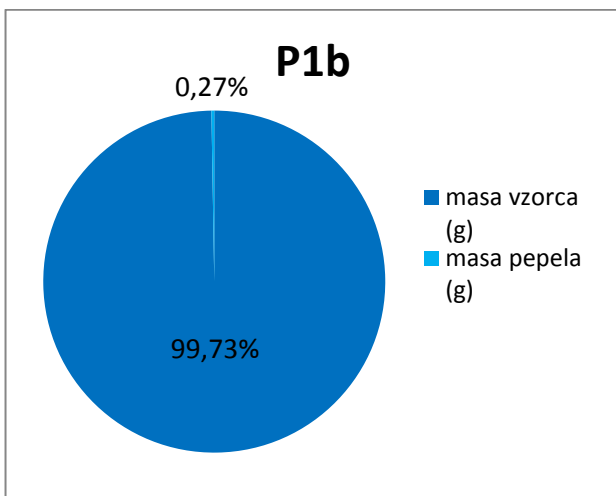
AVR= 0,622 STDEV= 0,023



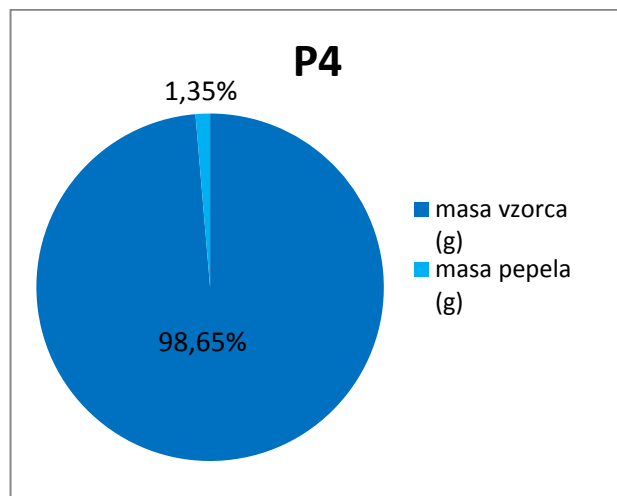
Priloga 4: Grafi



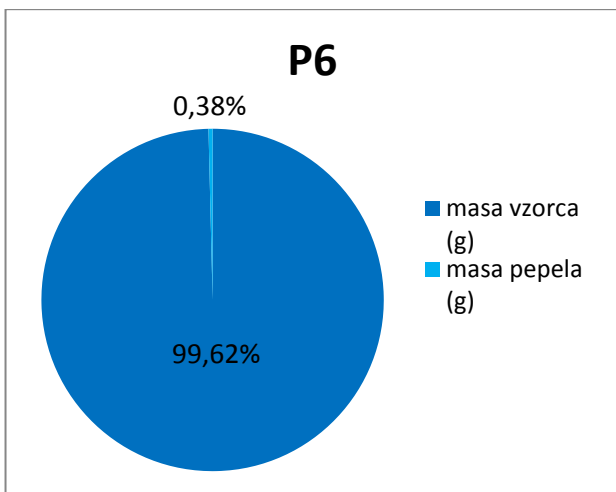
Graf 25: Spreminjanje vsebnosti vode v drveh med sušenjem



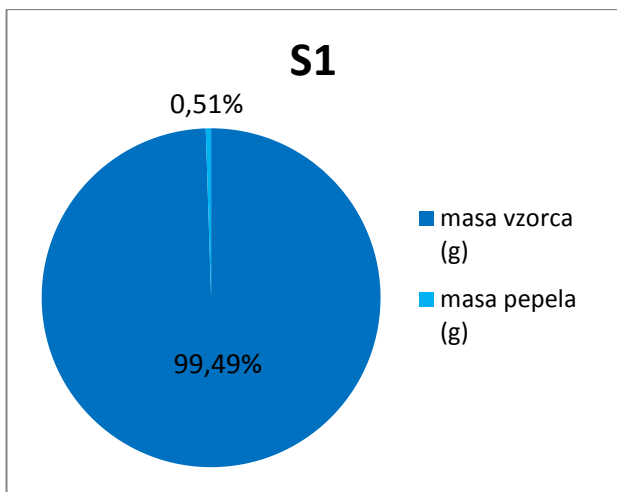
Graf 26: Prikaz deleža pepela v vzorcu peletov P1b



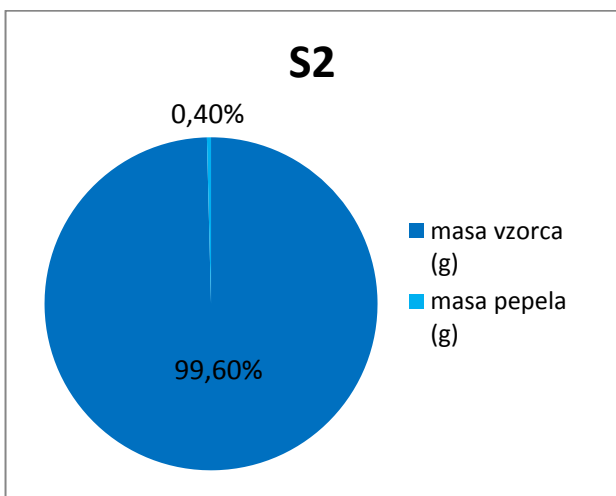
Graf 27: Prikaz deleža pepela v vzorcu peletov P4



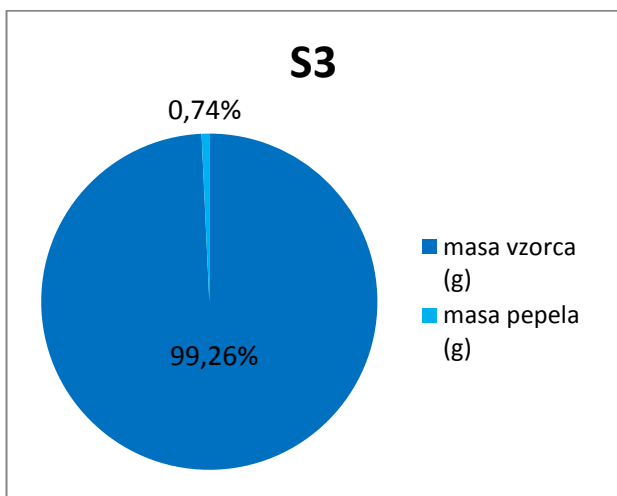
Graf 28: Prikaz deleža pepela v vzorcu peletov P6



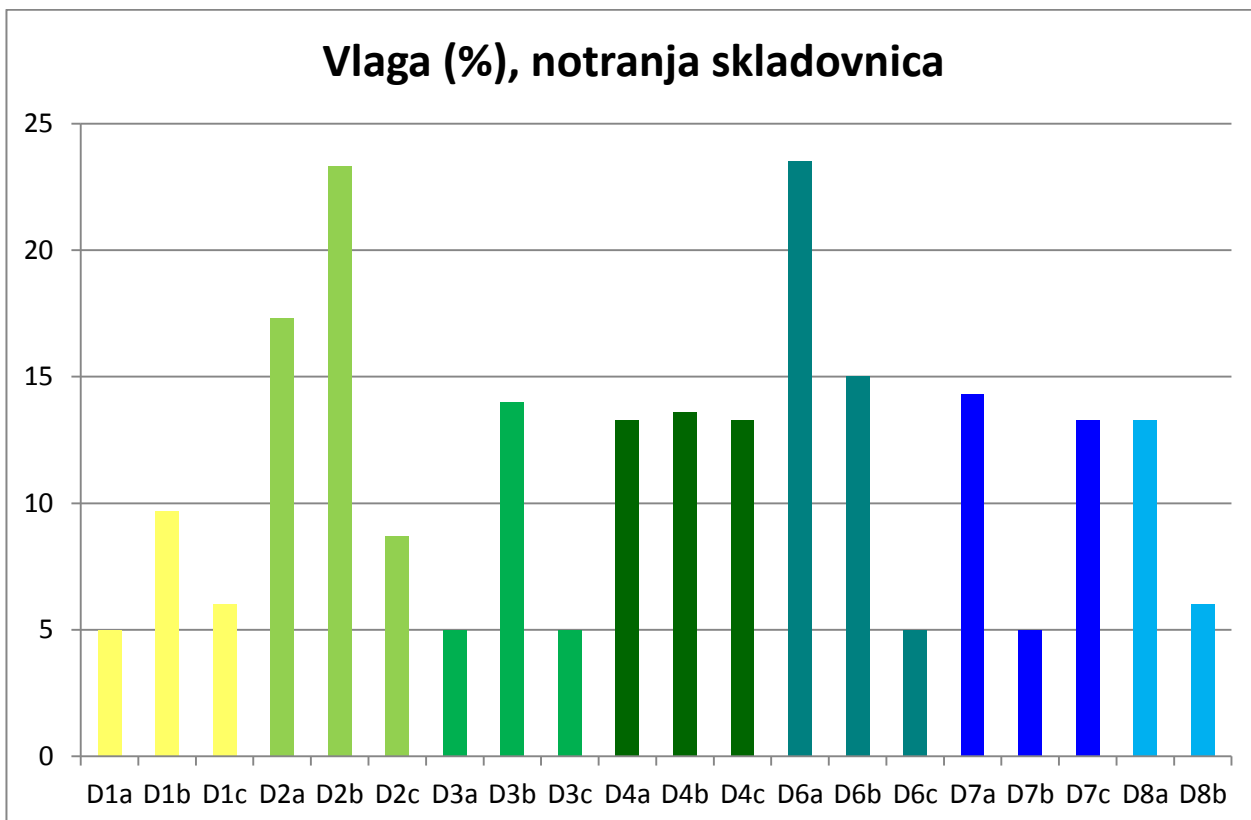
Graf 29: Prikaz deleža pepela v vzorcu sekancev S1



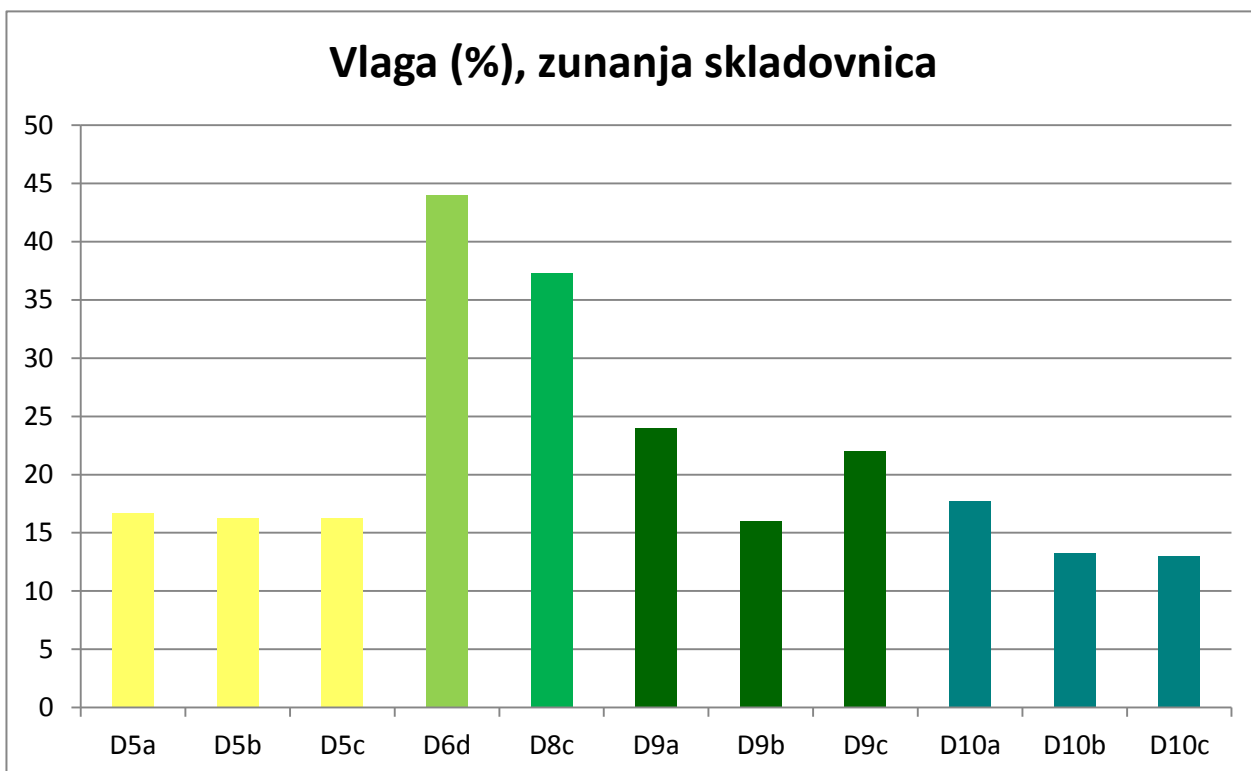
Graf 30: Prikaz deleža pepela v vzorcu sekancev S2



Graf 31: Prikaz deleža pepela v vzorcu sekancev S3



Graf 32: Prikaz vlažnosti vzorcev drv iz notranje skladovnice



Graf 33: Prikaz vlažnosti vzorcev drv iz zunanje skladovnice