



Šolski center Celje
Srednja šola za kemijo,
elektrotehniko in računalništvo

VSEBNOST KALIJA V RAZLIČNIH VRSTAH RASTLINSKEGA PEPELA

RAZISKOVALNA NALOGA

Področje: kemija in kemijska tehnologija

Avtorja:
Primož Hren, K4A
Anita Žohar, K4A

Mentorica:
Mojca Drogenik Čerček, univ. dipl. inž. kem. teh.

Celje, marec 2014



Šolski center Celje
Srednja šola za kemijo,
elektrotehniko in računalništvo

VSEBNOST KALIJA V RAZLIČNIH VRSTAH RASTLINSKEGA PEPELA

RAZISKOVALNA NALOGA

Področje: kemija in kemijska tehnologija

Avtorja:
Primož Hren, K4a
Anita Žohar, K4a

Mentorica:
Mojca Drofenik Čerček, univ. dipl. inž. kem. teh.

Celje, marec 2014

KAZALO VSEBINE

1	POVZETEK	8
2	ABSTRACT	8
3	UVOD	9
4	TEORETIČNI DEL.....	10
4.1	ELEMENTARNA ZGRADBA LESA.....	10
4.2	KALIJ.....	10
4.2.1	ZGODOVINA.....	10
4.2.2	LASTNOSTI	11
4.2.3	PRIDOBIVANJE	11
4.2.4	VLOGA V RASTLINAH	12
4.3	METODE DELA	12
4.3.1	ŽARJENJE.....	12
4.3.2	FILTRACIJA POD ZNIŽANIM TLAKOM.....	12
4.3.3	VOLUMETRIČNA ANALIZA	13
4.3.4	PLAMENSKA FOTOMETRIJA.....	13
5	PRAKTIČNI DEL.....	14
5.1	PRIPRAVA VZORCEV LESA.....	14
5.2	ŽARJENJE LESA.....	15
5.2.1	PRVI NAČIN ŽARJENJA	15
5.2.2	DRUGI NAČIN ŽARJENJA	16
5.3	EKSTRACIJA KALIJEVEGA HIDROKSIDA IZ PEPELA.....	16
5.4	VOLUMETRIČNE METODE	17
5.4.1	PRIPRAVA 0,1M RAZTOPINE KLOOROVODIKOVE KISLINE.....	17
5.4.2	STANDARDIZACIJA KLOOROVODIKOVE KISLINE Z NATRIJEM KARBONATOM	17
5.4.3	TITRACIJA FILTRATA.....	19
5.5	PLAMENSKA FOTOMETRIJA.....	19
5.5.1	PRIPRAVA RAZTOPIN ZA UMERITVENO KRIVULJO PRI PLAMENSKI FOTOMETRIJI.....	19
5.5.2	PLAMENSKA FOTOMETRIJA.....	20
6	MERITVE IN IZRAČUNI	21
6.1	Meritve in izračuni za sežig lesa na 1. način.....	21
6.2	Meritve in izračuni za sežig lesa na 2 način.....	22

6.3	Meritve in izračuni pri standardizaciji klorovodikove kisline	22
6.4	Meritve in izračuni pri titraciji filtrata	24
6.5	Izračun pri pripravi raztopin za umeritveno krivuljo.	25
6.6	Meritve in izračuni za umeritveno krivuljo pri plamenski fotometriji.....	25
6.7	Meritve pri plamenski fotometriji	26
6.8	Izračun masnega deleža pri plamenski fotometriji	27
6.9	Grafični prikaz rezultatov	27
7	RAZPRAVA	29
7.1	SEŽIG LESA	29
7.2	VOLUMETRIČNA ANALIZA	29
7.3	PLAMENSKA FOTOMETRIJA.....	29
8	ZAKLJUČEK	29
9	VIRI	32
9.1	VSEBINA.....	32
9.2	SLIKE	32
10	ZAHVALA.....	33

KAZALO TABEL

Tabela 1: Navedeni reagenti, potrebni za standardizacijo klorovodikove kisline z natrijem karbonatom, z R, S in E stavki ter z zanki za nevarnost [14].	18
Tabela 2: Navedeni reagenti, potrebni za pripravo standardov pri plamenski fotometriji, z R, S in E stavki.....	19
Tabela 3: Meritve in izračuni za sežig lesa na 1. način (m – masa, w – masni delež).....	21
Tabela 4: Meritve in izračuni za sežig lesa na 2. način (m – masa, w – masni delež).....	22
Tabela 5: Meritve in izračuni pri standardizaciji klorovodikove kisline (m – masa, V – volumen, c – koncentracija).....	22
Tabela 6: Meritve in izračuni pri titraciji filtrata (V – volumen, c – koncentracija, m – masa, w – masni delež).	24
Tabela 7: Meritve in izračuni za umeritveno krivuljo pri plamenski fotometriji (m – masa, V – volumen).	25
Tabela 8: Meritve pri plamenski fotometriji (y – masna koncentracija, m – masa, V – volumen).....	26

KAZALO ENAČB, RAČUNOV IN KEMIJSKIH REAKCIJ

Enačba 1: Izračun masnega deleža za 1. način za prvo paralelko za hrast iz Laškega.....	21
Enačba 2: Izračun masnega deleža za 2. način za prvo paralelko za hrast iz Laškega.....	22
Enačba 3: Izračuni pri standardizaciji klorovodikove kisline.	23
Enačba 4: Izračuni pri titraciji filtrata.	24
Enačba 5: Izračun pri pripravi raztopin za umeritveno krivuljo.....	25
Enačba 6: Izračun masnega deleža pri plamenski fotometriji –1. način.	27
Enačba 7: Izračun masnega deleža pri plamenski fotometriji –2. način.	27
Kemijska reakcija 1: Reakcija pridobivanja kalija iz kalijevega klorida s pomočjo natrija.	11

KAZALO SLIK IN GRAFIKONOV

Slika 1: Slika gozda iz Strmce, Laško.	9
Slika 2: Slika gozda s Celjske koč, Celje.	10
Slika 3: Sir Humphry Davy.	11
Slika 4: Čisti kalij, srebrno sive barve.	11
Slika 5: Les bukve in hrasta, v celih kosih.	14
Slika 6: Naprava, s katero bomo les narezali na ostružke.	14
Slika 7: Žarilna lončka, polna z drevesnimi ostružki (levo – bukev, desno – hrast), pred žarjenjem. ...	15
Slika 8: Žarilna peč, ki smo jo uporabljali pri 1. načinu žarjenja.	15
Slika 9: Žarilna lončka, po žarjenju z anorganskimi ostanki (levo – bukev, desno – hrast), v eksikatorju.	15
Slika 10: Žarilna posoda, polna ostružkov iz bukovega lesa, pred žganjem.	16
Slika 11: Žganje ostružkov iz bukovega lesa v digestoriju.	16
Slika 12: Ekstrakcija kalijevega hidroksida iz bukovega pepela.	17
Slika 13: Naprava za vakuumsko filtracijo.	17
Slika 14: Vzorca (levo – pred titracijo, desno – po titraciji).	19
Slika 15: Plamenski fotometer, ki smo ga uporabljali pri analizi.	20
Graf 1: Umeritvena krivulja plamenskega fotometra (volumnov osnovne raztopine in njihovih jakosti emitiranih svetlob).	26
Graf 2: Grafični prikaz rezultatov za 1. način.	27
Graf 3: Grafični prikaz rezultatov za 2. način.	28

1 POVZETEK

V najini raziskovalni nalogi sva primerjala vsebnost kalija glede na drevesno vrsto in lokacijo prsti, na kateri zraste drevo. Najin namen je bil ugotoviti, kako vplivata drevesna vrsta in rastišče drevesa na vsebnost kalija v lesu. Pri postopku analize lesa sva naredila po tri paralelke sežiga in izračunala masni delež pepela ter primerjala rezultate analiz glede na vrsto in lokacijo. Zanimalo naju je, ali je možno izvajati analizo na dva načina, zato sva žarila vzorce lesa na dva različna načina: v žarilni peči (1. način) in v digestoriju nad ognjem (2. način). Pri vsaki vrsti sežiga sva izračunala masni delež pepela (anorganskih ostankov) ter določila vsebnost kalija s titracijo in plamensko fotometrijo.

Ugotovila sva, da je najprimernejši način sežiga žganje lesa v žarilni peči in da na vsebnost kalija v lesu močno vplivata tako lokacija kot drevesna vrsta.

Ključne besede: kalij, analiza, titracija, plamenska fotometrija.

2 ABSTRACT

In our research paper we compared the quantity of potassium of trees in different locations and tree species. Our purpose was to find out, how the tree species and the growth location influence the quantity of potassium in the wood. In our analysis we did three parallels of burning wood and calculated the percentages of wood ash and compared the results. We were curious if we could burn wood in two different ways, so we did research in two different ways; one was burning wood in an electric furnace and the other was burning wood over an open flame. At every parallel we calculated percentage of wood ashes (inorganic leftovers) and determined the quantity of potassium with titration and flame photometry.

We discovered that the best method for determining the quantity of potassium is the analysis where you burn wood in an electric furnace and we also determined that both the tree growth location and the tree species greatly influence the quantity of potassium.

Key words: Potassium, analysis, titration, flame photometry.

3 UVOD

Za analizo kalija v lesnih vrstah sva se odločila, ker nama je bilo že znano, da lesni pepel vsebuje kalij, saj je angleško ime za kalij, potassium-sestavljeno iz besede »potash«, ki je skupno za katerokoli snov, ki vsebuje kalij [4]. Zanimalo naju je, koliko kalija dejansko vsebuje les in koliko vpliva na vsebnost lokacija in vrsta drevesa. Po natančnejšem pregledu literature sva ugotovila, da je lesni pepel bogat vir kalija in bi lahko bil uporabljen v večji meri kot gnojilo, saj se v današnjih časih les, kot obnovljiv vir energije, vse bolj promovira in tudi že precej uporablja.

Kot smernici najine raziskovane naloge sva si izbrala dve glavni hipotezi:

1. Vrsta drevesa ne vpliva na vsebnost kalija v veliki meri.
2. Na vsebnost kalija bistveno vpliva lokacija.

Za prvo hipotezo sva se odločila zato, ker vsa drevesa potrebujejo kalij za rast in druge pomembne procese ter zaradi tega ne bi imela drevesna vrsta bistvenega vpliva na vsebnost kalija. Za drugo hipotezo pa sva se odločila, ker je vsebnost kalija v lesu pretežno odvisna od kalija, ki je na razpolago v prsti v obliki mineralov. Vsaka prst ima na drugačni lokaciji drugačno sestavo in s tem tudi drugačno količino kalijevih spojin. Zato sva se odločila, da bova uporabila les iz Celja (Celjska koča) in Laškega (Strmca).



Slika 1: Slika gozda iz Strmce, Laško.



Slika 2: Slika gozda iz Celjske koč, Celje.

4 TEORETIČNI DEL

4.1 ELEMENTARNA ZGRADBA LESA

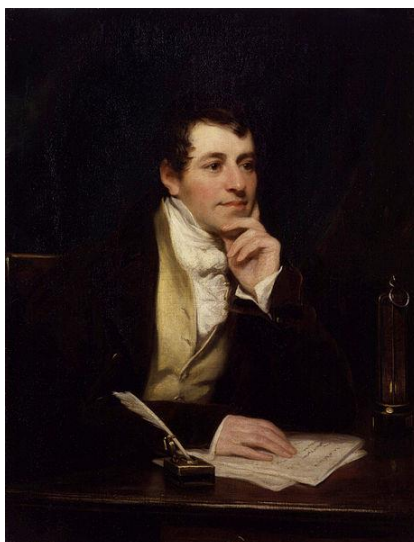
Les je pretežno sestavljen iz 50 % ogljika, 6 % vodika in 44 % kisika, poleg teh treh glavnih elementov vsebuje manjše količine anorganskih snovi (kalij, kalcij, fosfor, silicij, žveplo, dušik ...), ki se po sežigu nahajajo v pepelu [6].

4.2 KALIJ

Kalij (ang. Potassium) je alkalijska kovina s simbolom K in molsko maso 39,10 g/mol.

4.2.1 ZGODOVINA

Niti kalija niti njegovih spojin niso poznali do 18. stoletja, saj niso ločili kalijevih spojin od natrijevih. Kljub temu da kalija niso poznali do osemnajstega stoletja, so uporabljali veliko njegovih spojin v najrazličnejše namene. Prva kalijeva spojina, ki je bila množično uporabljana, je bil kalijev hidroksid, ki so ga pridobivali z ekstrakcijo iz lesnega pepela za pridobivanje mila. Pozneje so tudi Kitajci uporabljali kalijev nitrat, ki se je nahajal na stenah starejših hlevov, za izdelavo črnega smodnika. Kalij je prvič izoliral Anglež sir Humphry Davy (slika 3) z elektrolizo kalijevega hidroksida [4].



Slika 3: Sir Humphry Davy.

4.2.2 LASTNOSTI

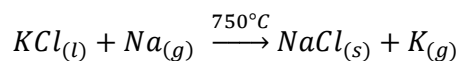
Kalij (slika 4) je mehka, srebrno siva kovina z majhno gostoto 0,86 g/mL, ki se nahaja v obliki različnih mineralov. Kalij ima vrelišče 774 °C in tališče pri 64 °C. V elementarni obliki burno reagira z vodo in se na zraku takoj oksidira, zato ga shranjujemo v petroleju.



Slika 4: Čisti kalij, srebrno sive barve.

4.2.3 PRIDOBIVANJE

Elementarni kalij pridobivamo tako, da v talino kalijevega klorida uvajamo natrijeve pare.



Kemijska reakcija 1: Reakcija pridobivanja kalija iz kalijevega klorida s pomočjo natrija.

4.2.4 VLOGA V RASTLINAH

Kalij je eden izmed ključnih elementov, ki so potrebni za rast rastlin. V rastlinah ima vlogo regulatorja, ker sodeluje v preko šestdesetih različnih procesih v rastlinah. Vloge kalija v rastlinah so:

- večja odpornost rastline na sušo in skrajne temperature,
- odpornost na razne bolezni,
- nadzira rast korenin in
- regulira odpiranje in zapiranje ter odpiranje celičnih por rastlinskih celic.

Kalij ima ključno vlogo v vseh rastlinah, najbolj je pomemben pri poljedelskih rastlinah, ki so bogate z ogljikovimi hidrati.

4.3 METODE DELA

Pri praktičnem delu smo uporabljali več različnih metod:

- žarjenje v žarilni peči in nad plamenom,
- filtracijo pod znižanim tlakom,
- volumetrično analizo in
- plamensko fotometrija.

4.3.1 ŽARJENJE

Žarjenje je postopek, pri katerem določamo vsebnost anorganskih snovi. Pri postopku organske snovi zgorijo in ostanejo samo anorganske snovi.

4.3.2 FILTRACIJA POD ZNIŽANIM TLAKOM

Filtracija je postopek, s katerim ločimo zmes trdne snovi in tekočine, filtracija pod znižanim tlakom pa nam omogoča hitrejše filtriranje. Za izvedbo potrebujemo nučo (Büchnerjev lij), filtrirni papir, presesalno bučo in vodno črpalko.

4.3.3 VOLUMETRIČNA ANALIZA

Volumetrična analiza je postopek, pri katerem koncentracijo snovi določamo tako, da raztopini vzorca neznane koncentracije dodajamo reagent natančno poznane koncentracije, dokler ne dosežemo kemične ekvivalentnosti med reaktanti.

Standardizacija klorovodikove kisline je postopek, pri katerem določimo natančno koncentracijo klorovodikove kisline z natrijevim karbonatom.

Količino kalijevega hidroksida v vzorcu določimo na podlagi množine klorovodikove kisline, ki se porabi za nevtralizacijo. Pri titraciji uporabljamo kot indikator metil oranž.

4.3.4 PLAMENSKA FOTOMETRIJA

Ena izmed metod za določanje vsebnosti kalijevih ionov v vzorcu je plamenska fotometrija.

Plamenska fotometrija je analizna metoda, ki temelji na vzburjanju atomov z energijo plamena. Vzburjeni atomi emitirajo – sevajo svetlobo značilne barve (valovne dolžine), zaradi česar lahko sklepamo na prisotnost nekega elementa v vzorcu. Intenziteta emitirane svetlobe je sorazmerna številu vzburjenih atomov, ti pa koncentraciji elementa.

Raztopino preiskovanega vzorca razpršujemo v plamen. Atomi elementa preidejo iz osnovnega v vzbujeno stanje in nato v zelo kratkem času, preko nižjih energetskega nivojev, nazaj v osnovno stanje, pri čemer sevajo svetlobo. Valovna dolžina sevanja svetlobe je odvisna od sproščene energije ob teh prehodih.

$$\Delta E = E_{vzb} - E_o = h \cdot \nu = h \cdot c / \lambda$$

ΔE – sproščena energija

h – Planckova konstanta

ν – frekvenca emitirane svetlobe

c – hitrost svetlobe

λ – valovna dolžina svetlobe

[3]

Pri tej metodi določamo vsebnost kalija tako, da najprej določimo jakost emitirane svetlobe v raztopinah, katerih koncentracija kalija je znana, iz meritev izdelamo umeritveno krivuljo. Ko izmerimo emitirano svetlobo neznanega vzorca, določimo s pomočjo umeritvene krivulje koncentracijo kalija v neznanem vzorcu.

5 PRAKTIČNI DEL

Najprej pripravimo vzorce lesa in jih nastrgamo na manjše ostružke. Ko so vsi vzorci pripravljeni, jih zatehtamo v žarilne lončke oziroma žarilne posode ter jih žarimo na dva načina:

- 1. način (žarjenje manjših količin ostružkov v žarilnih lončkih v žarilni peči – slika 8);
- 2. način (žarjenje večjih količin ostružkov v digestoriju nad plamenom – slika 11).

Učinkovitost žganja preverimo tako, da po ekstrakciji kanemo kapljico ekstrakta na indikatorski papir (ekstrakt je bazičen). Zaradi neučinkovitosti drugega načina smo žarjenje hrastovega lesa izpustili. Po ekstrakciji smo s plamensko fotometrijo in titracijo s klorovodikovo kislino določili koncentracijo kalija v različnih vzorcih.

5.1 PRIPRAVA VZORCEV LESA

Za analizo si izberemo hrastov in bukov les iz gozda blizu Celja – Celjske kočice ter iz gozda v okolici Laškega – Strmce. Vzorce lesa pripravimo na žarjenje tako, da odstranimo lubje in nastrgamo zdrav les drevesa.



Slika 5: Les bukve in hrasta, v celih kosih.



Slika 6: Naprava, s katero bomo les narezali na ostružke.

5.2 ŽARJENJE LESA

5.2.1 PRVI NAČIN ŽARJENJA

Za žarjenje na 1. način potrebujemo 12 žarilnih lončkov, analizno tehtnico, žarilno peč in eksikator.

V predhodno žarjene in stehtane žarilne lončke na analizni tehtnici natehtamo 2–3 g ostružkov vzorca (slika 7). Žarilne ločke nato postavimo v žarilno peč (slika 8) in žarimo eno uro pri 900 °C. Po žarjenju ohladimo žarilne lončke v eksikatorju (slika 9) in jih ponovno stehtamo. Za vsak vzorec lesa naredimo po tri paralelke.



Slika 7: Žarilna lončka, polna z drevesnimi ostružki (levo – bukev, desno – hrast), pred žarjenjem.



Slika 8: Žarilna peč, ki smo jo uporabljali pri 1. načinu žarjenja.



Slika 9: Žarilna lončka, po žarjenju z anorganskimi ostanki (levo – bukev, desno – hrast) v eksikatorju.

5.2.2 DRUGI NAČIN ŽARJENJA

Za žarjenje na drugi način potrebujemo dve žarilni posodi, digestorij, gorilnik, trinožno stojalo in precizno tehtnico.

Na precizni tehtnici natehtamo v predhodno stehtano žarilno posodo 3–5 g vzorca in ga žgemo v žarilni posodi v digestoriju (slika 11), dokler ne ostane samo pepel. Ko se žarilne posode ohladijo, jih stehtamo na precizni tehtnici. Za vsak vzorec naredimo po tri paralelke.



Slika 10: Žarilna posoda, polna ostružkov iz bukovega lesa, pred žganjem.



Slika 11: Žganje ostružkov iz bukovega lesa v digestoriju.

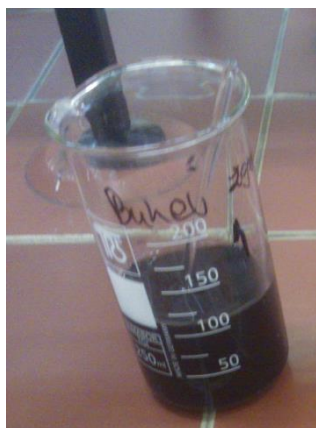
5.3 EKSTRACIJA KALIJEVEGA HIDROKSIDA IZ PEPELA

Za ekstrakcijo potrebujemo osemnajst čaš (400 mL), merilni valj (100 mL), nučo (Büchnerjev lij), merilno bučko (250 mL), presesalno bučo, vodno črpalko, filtrirni papir, puhalko in pinceto.

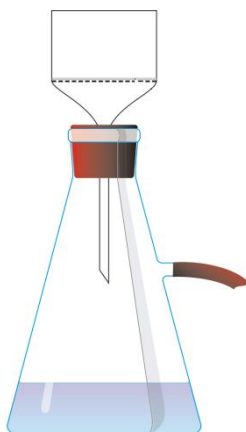
Pepel, ki je preostal v žarilnih lončkih in žarilnih posodah, pretresemo v čašo in dodamo 100 mL deionizirane vode ter dobro premešamo (slika 12). Za vakuumsko filtracijo si pripravimo

nučo (Büchnerjev lij) in presesalno bučo, ki ju sestavimo ter priklopimo na vodno črpalko, ki je pritrjena na vodovodno pipo (slika13). Predhodno si izrežemo primerno velik filter papir in ga malo omočimo. [3]

Z vakuumsko filtracijo prefiltriramo zmes ter tako ločimo raztopino kalijevega hidroksida in netopne anorganske spojine. Prefiltrirano raztopino prelijemo v merilno bučko in jo dopolnimo z deionizirano vodo do oznake, premešamo ter prelijemo raztopino v čašo in pokrijemo s parafilmom do nadaljnje uporabe.



Slika 12: Ekstrakcija kalijevega hidroksida iz bukovega pepela.



Slika 13: Naprava za vakuumsko filtracijo.

5.4 VOLUMETRIČNE METODE

5.4.1 PRIPRAVA 0,1 M RAZTOPINE Klorovodikove KISLINE

Za pripravo 0,1 M raztopine klorovodikove kisline potrebujemo litrsko merilno bučko, merilni valj, puhalko.




V litrsko merilno bučko nalijemo tretjino deionizirane vode ter vanjo dolijemo predhodno izračun volumen koncentrirane klorovodikove kisline ter dopolnimo bučko z deionizirano vodo do oznake, zapremo in dobro premešamo.

5.4.2 STANDARDIZACIJA KLOROVODIKOVE KISLINE Z NATRIJEM KARBONATOM

Za standardizacijo klorovodikove kisline potrebujemo dve čaši (600 mL, 100 mL), tri erlenmajerice (250 mL), bireto, laboratorijsko stojalo, mufe, prižeme, puhalko.

Reagenti, ki smo jih uporabili, so navedeni v tabeli 1.

Tabela 1: Navedeni reagenti, potrebni za standardizacijo klorovodikove kisline z natrijem karbonatom, z R, S in E stavki ter z zanki za nevarnost [14].

Kemikalije	R-stavki	S-stavki	E-stavki
Klorovodikova kislina	34–37  draži oči in dihala R:36/37  povzroča opekline 34/35	(1/2)-26-45	2
Metiloranž (0,1 %)	/	/	/
Natrijev karbonat	36  draži oči R:36	(2)-22-26	2
Deionizirana voda	/	/	/

Na analizni tehtnici zatehtamo v erlenmajerico od 150 – 180 mg natrijevega karbonata. V erlenmajerico dodamo 100 mL deionizirane vode in mešamo, dokler se natrijev karbonat ne raztopi. V raztopino kanemo tri kapljice indikatorja metiloranža, raztopina se obarva rumeno (slika14). Raztopino titriramo s pripravljeno raztopino klorovodikove kisline, dokler se raztopina natrijevega karbonata ne obarva čebulno rjavo (slika14). Titracijo ponovimo trikrat. Po titraciji izračunamo iz podatkov natančno koncentracijo raztopine klorovodikove kisline.

Po standardizaciji klorovodikove kisline jo razredčimo tako, da jo prenesemo 50 mL s polnilno pipeto v 250 mL merilno bučko, dopolnimo do oznake z deionizirano vodo ter dobro premešamo. Postopek razredčevanja ponovimo še dvakrat, tako da ima končna raztopina koncentracijo 0,0055 M.

5.4.3 TITRACIJA FILTRATA

Za titracijo filtrata potrebujemo dve čaši (600 mL, 100 mL), tri erlenmajerice (250 mL), bireto, laboratorijsko stojalo, mufe, prižeme, polnilno pipeto (100 mL), puhalko.

S polnilno pipeto prenesemo 10 mL filtrata v erlenmajerico, vanjo kanemo tri kapljice metiloranža, raztopina se obarva rahlo rumeno (slika 14). Filtrat titriramo z dvakrat razredčeno klorovodikovo kislino s koncentracijo 0,0005 M. Ko se filtrat obarva čebulno rjavo (slika14), odčitamo porabljen volumen klorovodikove kisline in izračunamo vsebnost kalija.



Slika 14: Vzorca (levo – pred titracijo, desno – po titraciji).

5.5 PLAMENSKA FOTOMETRIJA

5.5.1 PRIPRAVA RAZTOPIN ZA UMERITVENO KRIVULJO PRI PLAMENSKI FOTOMETRIJI

Za pripravo raztopin za umeritveno krivuljo potrebujemo pet čaš (50 mL), šest merilnih bučk (1x250 mL, 5x100 mL), analizno tehtnico, ladjico, bireto in puhalko.

Reagenti, ki smo jih uporabili, so v tabeli 2.

Tabela 2: Navedeni reagenti, potrebni za pripravo standardov pri plamenski fotometriji, z R, S in E stavki.

Kemikalije	R-stavki	S-stavki	E-stavki
Kalijev klorid	/	/	/
Deionizirana voda	/	/	/
Deionizirana voda	/	/	/

Na analizni tehtnici zatehtamo v ladjico predhodno izračunano maso kalijevega klorida, ki ga potrebujemo za osnovno raztopino, iz katere bomo pripravili raztopine za umeritveno

krivuljo. Kalijev klorid nato prenesemo v čašo, kjer ga raztopimo. Raztopino kalijevega klorida nato prenesemo v 250 mL merilno bučko ter jo dopolnimo do oznake in dobro premešamo.

V bireto nalijemo pripravljeno raztopino kalijevega klorida ter nato nalijemo predhodno izračunan volumen v 100 mL merilno bučko in jo dopolnimo do oznake z deionizirano vodo. Preostale raztopine kalijevega klorida za umeritveno krivuljo pri plamenski fotometriji pripravimo na enak način.

5.5.2 PLAMENSKA FOTOMETRIJA

Za plamensko fotometrijo potrebujemo plamenski fotometer (slika15), čaše (50 mL), puhalko.

Pri plamenski fotometriji predhodno prižgemo plamenski fotometer ter nato nastavimo ničlišče s slepim vzorcem, ki je deionizirana voda, nato izmerimo jakosti emitirane svetlobe raztopinam za umeritveno krivuljo od največje do najmanjše koncentracije. Potem ko smo izmerili standarde, izmerimo jakost emitirane svetlobe vzorcev in iz umeritvene krivulje odčitamo koncentracijo kalija v vzorcih.



Slika 15: Plamenski fotometer, ki smo ga uporabljali pri analizi.

6 MERITVE IN IZRAČUNI

V tabelah od 3 do 8 so zapisane meritve, pod tabelami pa so prikazani ustrezni izračuni.

6.1 Meritve in izračuni za sežig lesa na 1. način

Tabela 3: Meritve in izračuni za sežig lesa na 1. način (m – masa, w – masni delež).

Vzorec \ Meritve	m_1 (žarilni lonček)	m_2 (les pred sežigom)	m_3 (žarilni lonček+pepel)	m_4 (pepel)	w_1 (pepel)
Hrast Laško 1p.	29,3566 g	2,5657 g	29,3620 g	0,0054 g	0,21 %
Hrast Laško 2p.	19,9890 g	2,0251 g	19,9920 g	0,0030 g	0,15 %
Hrast Laško 3p.	29,6744 g	2,0201 g	29,6804 g	0,0060 g	0,30 %
Bukev Laško 1p.	21,0864 g	2,0056 g	21,0965 g	0,0101 g	0,50 %
Bukev Laško 2p.	25,6461 g	2,1575 g	25,6571 g	0,0110 g	0,51 %
Bukev Laško 3p.	21,2861 g	2,0204 g	21,2964 g	0,0103 g	0,51 %
Hrast Celje 1p.	20,8380 g	2,1592 g	20,8412 g	0,0032 g	0,15 %
Hrast Celje 2p.	21,3706 g	2,1387 g	21,3743 g	0,0037 g	0,17 %
Hrast Celje 3p.	19,9888 g	2,1829 g	19,9917 g	0,0029 g	0,13 %
Bukev Celje 1p.	29,3562 g	2,0377 g	29,3685 g	0,0123 g	0,60 %
Bukev Celje 2p.	29,3550 g	2,1380 g	29,3685 g	0,0135 g	0,63 %
Bukev Celje 3p.	21,7393 g	2,0848 g	21,7514 g	0,0121 g	0,58 %

Enačba 1: Izračun masnega deleža za 1. način za prvo paralelko za hrast iz Laškega.

$$m_4(\text{pepel}) = m_3(\text{žarilni lonček} + \text{pepel}) - m_1(\text{žarilni lonček})$$

$$m_4(\text{pepel}) = 29,3620 \text{ g} - 29,3566 \text{ g} = 0,0054 \text{ g}$$

$$w_1(\text{pepel}) = \frac{m_4(\text{pepel})}{m_2(\text{les pred sežigom})} \times 100 \% = \frac{0,0054 \text{ g}}{2,5657 \text{ g}} \times 100 \% = 0,21 \%$$

6.2 Meritve in izračuni za sežig lesa na 2. Način

Tabela 4: Meritve in izračuni za sežig lesa na 2. način (m – masa, w – masni delež).

Meritve Vzorec	m_5 (žarilna posoda)	m_6 (žarilna posoda + les pred sežigom)	m_7 (les pred sežigom)	m_8 (žarilna posoda+pepel)	m_9 (pepel)	w_2 (pepel)
Hrast Laško 1p.	24,34 g	30,97 g	8,01 g	24,34 g	1,38 g	17,23 %
Hrast Laško 2p.	22,96 g	27,98 g	5,02 g	24,62 g	1,66 g	33,07 %
Hrast Laško 3p.	22,95 g	27,79 g	4,84 g	23,77 g	0,82 g	16,94 %
Bukev Laško 1p.	22,64 g	26,11 g	3,47 g	22,65 g	0,01 g	0,29 %
Bukev Laško 2p.	22,63 g	26,35 g	3,72 g	22,65 g	0,02 g	0,54 %
Bukev Laško 3p.	22,63 g	26,68 g	4,05 g	22,64 g	0,01 g	0,25 %
Hrast Celje 1p.	/	/	/	/	/	/
Hrast Celje 2p.	/	/	/	/	/	/
Hrast Celje 3p.	/	/	/	/	/	/
Bukev Celje 1p.	22,97 g	26,98 g	4,01 g	22,98 g	0,01 g	0,25 %
Bukev Celje 2p.	22,62 g	26,29 g	3,67 g	22,63 g	0,01 g	0,27 %
Bukev Celje 3p.	22,97 g	26,93 g	3,96 g	22,98 g	0,01 g	0,25 %

Enačba 2: Izračun masnega deleža za 2. način za prvo paralelko za hrast iz Laškega.

$$m_7(\text{les pred sežigom}) = m_6(\text{žarilna posoda + les pred sežigom}) - m_5(\text{žarilna posoda})$$

$$m_7(\text{les pred sežigom}) = 30,97 \text{ g} - 22,96 \text{ g} = 8,01 \text{ g}$$

$$m_9(\text{pepel}) = m_8(\text{žarilna posoda + pepel}) - m_5(\text{žarilna posoda})$$

$$m_9(\text{pepel}) = 24,34 \text{ g} - 24,34 \text{ g} = 1,38 \text{ g}$$

$$w_2(\text{pepel}) = \frac{m_9(\text{pepel})}{m_7(\text{les pred sežigom})} \times 100 \% = \frac{1,38 \text{ g}}{8,01 \text{ g}} \times 100 \% = 17,23 \%$$

6.3 Meritve in izračuni pri standardizaciji klorovodikove kisline

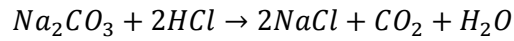
Tabela 5: Meritve in izračuni pri standardizaciji klorovodikove kisline (m – masa, V – volumen, c – koncentracija).

Meritve Vzorec	$m(\text{Na}_2\text{CO}_3)$	$V(\text{HCl})$	$c(\text{HCl})$	$\bar{c}(\text{HCl})$
1. paralelka	0,1518 g	21,4 mL	0,1339 M	0,1337 M
2. paralelka	0,1525 g	21,5 mL	0,1338 M	
3. paralelka	0,1542 g	21,8 mL	0,1334 M	

Enačba 3: Izračuni pri standardizaciji klorovodikove kisline.

$$M(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 2 \times Ar(\text{Na}) + Ar(\text{C}) + 2 \times Ar(\text{O})$$

$$M(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 2 \times 22,99 \frac{\text{g}}{\text{mol}} + 12,01 \frac{\text{g}}{\text{mol}} + 3 \times 16 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 105,99 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$$



$$\frac{n(\text{HCl})}{n(\text{Na}_2\text{CO}_3)} = \frac{2}{1}$$

$$n(\text{HCl}) = 2 \times n(\text{Na}_2\text{CO}_3)$$

$$c(\text{HCl}) \times V(\text{HCl}) = 2 \times m(\text{Na}_2\text{CO}_3) / M(\text{Na}_2\text{CO}_3)$$

$$c(\text{HCl}) = \frac{2 \times m(\text{Na}_2\text{CO}_3)}{M(\text{Na}_2\text{CO}_3) \times V(\text{HCl})} = \frac{2 \times 0,1518 \text{ g}}{105,99 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \times 0,0214 \text{ L}} = 0,1339 \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

$$c_1(\text{HCl}) \times V_1(\text{HCl}) = c_2(\text{HCl}) \times V_2(\text{HCl})$$

$$c_2(\text{HCl}) = \frac{c_1(\text{HCl}) \times V_1(\text{HCl})}{V_2(\text{HCl})} = \frac{0,13372 \text{ M} \times 50 \text{ mL}}{250 \text{ mL}} = 0,0267 \text{ M}$$

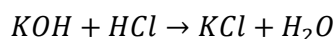
$$c_3(\text{HCl}) = \frac{c_2(\text{HCl}) \times V_2(\text{HCl})}{V_3(\text{HCl})} = \frac{0,0274 \text{ M} \times 50 \text{ mL}}{250 \text{ mL}} = 0,0055 \text{ M}$$

6.4 Meritve in izračuni pri titraciji filtrata

Tabela 6: Meritve in izračuni pri titraciji filtrata (V – volumen, c – koncentracija, m – masa, w – masni delež).

1. način				
Meritve Vzorec	$V(\text{HCl})$	$c(\text{KOH})$	$m(\text{K})$	$w(\text{K v lesu})$
Hrast Laško 1p.	4,5 mL	0,0002	0,0024	0,0943 %
Hrast Laško 2p.	5,6 mL	0,0003	0,0030	0,1487 %
Hrast Laško 3p.	7,4 mL	0,0004	0,0040	0,1969 %
Bukev Laško 1p.	4,5 mL	0,0002	0,0024	0,1206 %
Bukev Laško 2p.	4,5 mL	0,0002	0,0024	0,1121 %
Bukev Laško 3p.	4,5 mL	0,0002	0,0024	0,1197 %
Hrast Celje 1p.	16,0 mL	0,0009	0,0086	0,3984 %
Hrast Celje 2p.	17,8 mL	0,0010	0,0096	0,4475 %
Hrast Celje 3p.	15,6 mL	0,0009	0,0084	0,3842 %
Bukev Celje 1p.	1,3 mL	0,0001	0,0007	0,0343 %
Bukev Celje 2p.	1,5 mL	0,0001	0,0008	0,0377 %
Bukev Celje 3p.	1,7 mL	0,0001	0,0009	0,0438 %
2. način				
Meritve Vzorec	$V(\text{HCl})$	$c(\text{KOH})$	$m(\text{K})$	$w(\text{K v lesu})$
Bukev Laško 1p.	12,5 mL	0,0007	0,0067	0,1937 %
Bukev Laško 2p.	12,1 mL	0,0007	0,0065	0,1749 %
Bukev Laško 3p.	12,6 mL	0,0007	0,0068	0,1673 %
Bukev Celje 1p.	9,8 mL	0,0005	0,0053	0,1314 %
Bukev Celje 2p.	9,2 mL	0,0005	0,0049	0,1348 %
Bukev Celje 3p.	7,6 mL	0,0004	0,0004	0,0094 %

Enačba 4: Izračuni pri titraciji filtrata.



$$n(\text{KOH}) = n(\text{HCl})$$

$$c(\text{KOH}) \times V(\text{KOH}) = c(\text{HCl}) \times V(\text{HCl})$$

$$c(\text{KOH}) = \frac{c(\text{HCl}) \times V(\text{HCl})}{V(\text{KOH})} = \frac{0,0055 \text{ M} \times 4,5 \text{ mL}}{100 \text{ mL}} = 0,0002 \text{ M}$$

$$n(\text{KOH}) = n(\text{K})$$

$$c(\text{KOH}) \times V(\text{KOH celota}) = \frac{m(\text{K})}{M(\text{K})}$$

$$m(\text{K}) = c(\text{KOH}) \times V(\text{KOH celota}) \times M(\text{K}) = 0,0002 \text{ M} \times 0,250 \text{ L} \times 39,10 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 0,0024 \text{ g}$$

$$w(\text{K v lesu}) = \frac{m(\text{K})}{m(\text{les})} \times 100 \% = \frac{0,0024 \text{ g}}{2,5657 \text{ g}} \times 100 \% = 0,094 \%$$

6.5 Izračun pri pripravi raztopin za umeritveno krivuljo

Enačba 5: Izračun pri pripravi raztopin za umeritveno krivuljo.

$$m(\text{KCl za osnovno raztopino}) = 0,0253 \text{ g}$$

$$\gamma(\text{KCl osnovne raztopine}) = \frac{m(\text{KCl})}{V(\text{H}_2\text{O})} = \frac{0,0253 \text{ g}}{0,250 \text{ L}} = 0,1012 \frac{\text{g}}{\text{L}}$$

$$-m_{(\text{KCl})} = m_{(\text{KCl})}$$

$$\gamma_{1(\text{KCl osnovne raztopine})} \times V_{1(\text{KCl osnovne raztopine})} = \gamma_{2(\text{KCl})} \times V_{2(\text{KCl})}$$

$$V_{1(\text{KCl osnovne raztopine})} = \frac{\gamma_{2(\text{KCl})} \times V_{2(\text{KCl})}}{\gamma_{(\text{KCl osnovne raztopine})}} = \frac{0,001 \frac{\text{g}}{\text{L}} \times 100 \text{ mL}}{0,1012 \frac{\text{g}}{\text{L}}} = 1,0 \text{ mL}$$

$$V_{2(\text{KCl osnovne raztopine})} = \frac{\gamma_{3(\text{KCl})} \times V_{3(\text{KCl})}}{\gamma_{(\text{KCl osnovne raztopine})}} = \frac{0,002 \frac{\text{g}}{\text{L}} \times 100 \text{ mL}}{0,1012 \frac{\text{g}}{\text{L}}} = 2,0 \text{ mL}$$

6.6 Meritve in izračuni za umeritveno krivuljo pri plamenski fotometriji

Tabela 7: Meritve in izračuni za umeritveno krivuljo pri plamenski fotometriji (m – masa, V – volumen).

$m(\text{KCl})/V(\text{vode})$	$V(\text{osnovne raztopine})$	Jakost emitirane svetlobe
$\frac{0,0253 \text{ g}}{250 \text{ mL}}$	1 mL	1,3
	2 mL	2,3
	3 mL	3,3
	4 mL	4,5
	5 mL	5,1
	6 mL	6,4
	7 mL	7,3
	8 mL	8,6
	9 mL	9,1
	10 mL	9,7
	11 mL	11,5
	12 mL	12,3
	13 mL	12,8
	15 mL	15,0



Graf 1: Umeritvena krivulja plamenskega fotometra (volumnov osnovne raztopine in njihovih jakosti emitiranih svetlob).

6.7 Meritve pri plamenski fotometriji

Tabela 8: Meritve pri plamenski fotometriji (γ – masna koncentracija, m – masa, V – volumen).

1. način					
Vzorec	Meritve	Jakost emitirane svetlobe	$\gamma(K)$	$m(K^+)$	$w(K \text{ v lesu})$
Hrast Laško 1p.		1,2	1,5 mg/L	0,375 mg	0,01 %
Hrast Laško 2p.		0,4	0,7 mg/L	0,175 mg	0,01 %
Hrast Laško 3p.		1,1	1,4 mg/L	0,350 mg	0,02 %
Bukev Laško 1p.		8,5	8,7 mg/L	2,175 mg	0,11 %
Bukev Laško 2p.		9,9	10,0 mg/L	2,500 mg	0,12 %
Bukev Laško 3p.		4,1	4,3 mg/L	1,075 mg	0,05 %
Hrast Celje 1p.		0,2	0,5 mg/L	0,125 mg	0,01 %
Hrast Celje 2p.		0,6	0,9 mg/L	0,225 mg	0,01 %
Hrast Celje 3p.		0,4	0,7 mg/L	0,175 mg	0,01 %
Bukev Celje 1p.		5,8	6,0 mg/L	1,500 mg	0,07 %
Bukev Celje 2p.		0,8	1,1 mg/L	0,275 mg	0,01 %
Bukev Celje 3p.		1,2	1,5 mg/L	0,375 mg	0,02 %
2 način					
Vzorec	Meritve	Jakost emitirane svetlobe	$\gamma(K)$	$m(K)$	$w(K \text{ v lesu})$
Bukev Laško 1p.		8,5	8,7 mg/L	3,045 mg	0,09 %
Bukev Laško 2p.		10,0	10,2 mg/L	3,570 mg	0,10 %
Bukev Laško 3p.		9,9	10,0 mg/L	3,500 mg	0,09 %
Bukev Celje 1p.		3,9	4,1 mg/L	1,435 mg	0,04 %
Bukev Celje 2p.		3,8	4,0 mg/L	1,400 mg	0,04 %
Bukev Celje 3p.		4,1	4,3 mg/L	1,505 mg	0,04 %

6.8 Izračun masnega deleža pri plamenski fotometriji

Enačba 6: Izračun masnega deleža pri plamenski fotometriji –1. način.

$$m(K^+) = y(K) \times 0,250L = 1,5 \frac{mg}{L} \times 0,250L = 0,375 mg$$

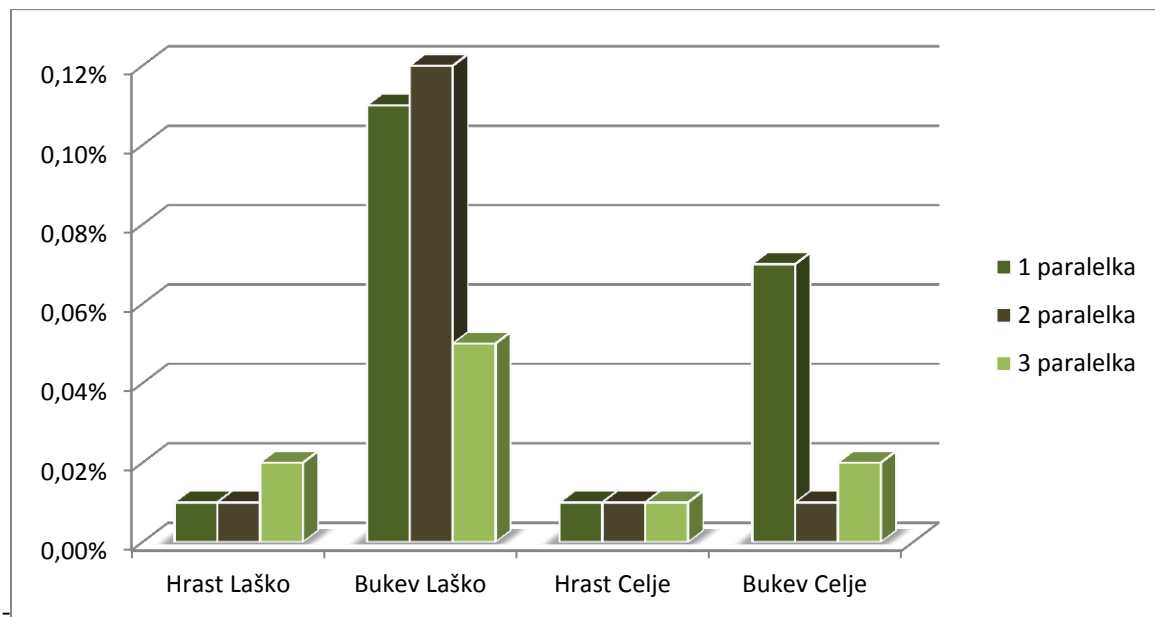
$$w(K \text{ v lesu}) = \frac{m(K^+) \div 1000}{m_2(\text{les pred sežigom})} \times 100 \% = \frac{0,375 mg \div 1000}{2,5657 g} \times 100 \% = 0,01 \%$$

Enačba 7: Izračun masnega deleža pri plamenski fotometriji –2. način.

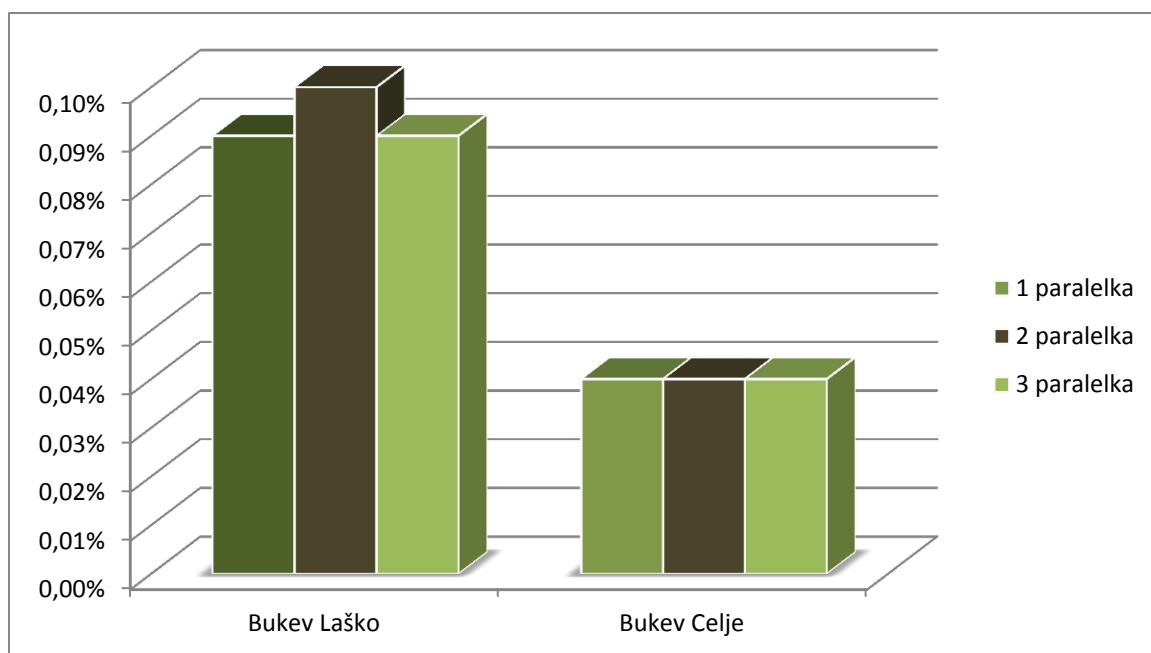
$$m(K^+) = y(K) \times 0,350L = 1,5 \frac{mg}{L} \times 0,350 L = 3,045 mg$$

$$w(K \text{ v lesu}) = \frac{m(K^+) \div 1000}{m_7(\text{les pred sežigom})} \times 100 \% = \frac{3,045 mg \div 1000}{3,47 g} \times 100 \% = 0,09 \%$$

6.9 Grafični prikaz rezultatov



Graf 2: Grafični prikaz rezultatov za 1 način.



Graf 3: Grafični prikaz rezultatov za 2. način.

7 RAZPRAVA

7.1 SEŽIG LESA

Če primerjamo sežig lesa na prvi in drugi način, je razvidno, da je prvi način veliko bolj učinkovit in bolj natančen, saj pri tej metodi izgorijo vse organske snovi in ostanejo samo anorganske. Pri sežigu na drugi način je izkoristek slabši, saj so temperature, pri kateri žgemo les, manjše in tudi posledično zaradi tega izgori manj organskih snovi ter se kalijeve spojine ne oksidirajo popolnoma. Poleg manjšega izkoristka bazičnega pepela je pri tem načinu prišlo do izgub, saj so manjši delci pepela zaradi ventilacije v degistoriju padli iz posode.

Pri drugem načinu pride do večjih težav pri žganju ostružkov iz hrastovega lesa, ker pri žarjenju ostružki samo pooglenijo in lahko sklepamo, da za učinkovito žarjenje hrastovega lesa potrebujemo višje temperature, da organske snovi popolnoma zgorijo. Posledično raztopina pepela hrastovih ostružkov po sežigu na drugi način ni bazična, kar preverimo s pH papirjem, ki ob stiku z raztopino ni spremenil barve in iz barvne lestvice odčitamo pH 7.

7.2 VOLUMETRIČNA ANALIZA

Rezultate volumetrične metode ne moremo upoštevati, saj prikazujejo samo okvirne vrednosti kalija v raztopinah. Poleg kalija so v lesu tudi druge anorganske spojine, ki se pri žganju oksidirajo in z vodo dajejo bazično raztopino, ki pri titraciji vplivajo na količino porabljene klorovodikove kisline za nevtralizacijo. Zato so tudi rezultati posledično manj natančni. Vrednosti, ki smo jih dobili pri volumetrični analizi, smo uporabili kot okvirne vrednosti, iz katerih smo nato preračunali, v kakšnem območju koncentracij je vzorec in s pomočjo tega določili, kakšno koncentracijo kalijevega klorida morajo imeti raztopine za umeritveno krivuljo pri plamenski fotometriji.

7.3 PLAMENSKA FOTOMETRIJA

Pri tej metodi ni prišlo do večjih težav. Plamenska fotometrija je bolj natančna metoda od volumetrične, ker ima plamenski fotometer optični filter za svetlobo tiste valovne dolžine, ki jo oddajajo kalijevi atomi pri prehodu iz vzbujenega v osnovno stanje in tako določamo samo kalijeve ione v vzorcu.

8 ZAKLJUČEK

V najini raziskovalni nalogi sva si zadala cilj, da primerjava vsebnost kalija glede na različne vrste dreves in na različni lokaciji.

Pri tem sva si podala dve hipotezi:

1. Vrsta drevesa ne vpliva na vsebnost kalija v veliki meri.
2. Na vsebnost kalija bistveno vpliva lokacija.

Ugotovila sva, da je najprimernejša metoda za analizo kalija v lesu prvi način ter analiza filtrata s plamensko fotometrijo. Ti metodi sta najboljši, ker sta izkoristek in natančnost pri prvem načinu žarjenju največji in ker je analiza s plamenskim fotometrom bolj natančna pri merjenju manjših koncentracij raztopin, ki imajo še prisotne tudi druge snovi.

Pri analizi sva ugotovila, da na vsebnost kalija vpliva rastišče in vrsta drevesa, zaradi česar je tudi naša prva hipoteza, da drevesna vrsta ne vpliva na vsebnost kalija, v veliki meri ovržena in to tudi razloži, zakaj so za pripravo domačega mila in kot gnojilo uporabljali močno bazično raztopino pepela pripravljali iz bukovega pepela [4].

Iz rezultatov vidimo, da pri žarjenju ostružkov bukovega lesa nastane bistveno več pepela, saj pri bukovih ostružkih ostane od petdeset do šestdeset odstotkov pepela v primerjavi z hrastovimi ostružki, pri katerih ostane komaj od deset do trideset odstotkov pepela in je tudi zaradi tega posledično več kalija v bukovem lesu. Na osnovi teh izsledkov lahko sklepava, da hrastov les vsebuje veliko več gorljivih snovi.

Najina druga hipoteza, da lokacija drevesa vpliva na vsebnost kalija, je potrjena, saj imajo različne lokacije različno sestavo tal in to vpliva na vrsto ter vsebnost raztopljenih ionov v vodi, več kot tla vsebujejo kalijevih spojin, večja bo vsebnost kalija.

Iz rezultatov vidimo, da vsebujejo bukovi ostružki iz Laškega več kalija, kot pa bukev iz Celja, razlika je od štiri do osem odstotkov in lahko predvidevamo, da če bi vzeli isto vrsto lesa iz dveh različnih lokacij, ki sta širše narazen kot pa Laško in Celje, bi prišlo do večjih razlik.

Iz te analize vidimo, da lahko pepel uporabimo kot cenejši in bolj ekološki vir gnojila z veliko vsebnostjo kalija in drugih snovi, pomembnih za rast rastlin, ter za nevtralizacijo tal, ki so kislila. Tako lahko na manjših kmetijah širša uporaba drevesnega pepela pripomore k manjši uporabi umetnih gnojil in posledično tudi manjši onesnaženosti tal in vode.

Če bi začeli v večji meri uporabljati les in neuporaben papir kot gorivo, bi popolnoma izkoristili potencial lesa, saj so drevesa obnovljiv vir in bi z vzporednim nasajanjem in zmernim sekanjem dreves imeli obnovljiv vir energije, katerega potencial bi popolnoma izkoristili in s tem tudi pripomogli k manjši uporabi umetnih gnojil ter manjši onesnaženosti tal in voda.

Najino raziskovalno delo bi še nadaljevala, če bi imela čas. Raziskala bi, kako starost in razpad lesa vplivata na vsebnost kalija in katere drevesne vrste poleg bukve vsebujejo veliko kalija, kako primeren je lesni pepel za gnojilo in kakšna je vsebnost kalija v primerjavi z umetnimi gnojili.

9 VIRI

9.1 VSEBINA

- I. Atkins, Peter; Jones, Loreta (2010): Chemical principles: the quest for insight. New York: W.H. Freeman. 619–621.
- II. Drofenik, Miha (2010): Splošna in anorganska kemija. Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo, Univerza v Mariboru. 298–300.
- III. Sodja Božič, Jelka (1998): Vaje iz instrumentalne analize. Trzin: Izolit. 57–63.
- IV. <http://www.webelements.com/potassium/history.html> 28. 1. 2014
- V. <http://www.bio.miami.edu/dana/dox/Potassium.pdf> 28.1.2014
- VI. http://bisoplan.bioenarea.eu/ash_appendix.html 28. 1. 2014
- VII. [http://en.wikipedia.org/wiki/Potassium_deficiency_\(plants\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Potassium_deficiency_(plants)) 28. 1. 2014
- VIII. [http://www.ipni.net/ppiweb/bcrops.nsf/\\$webindex/84CBB51751971AB3852568F000673A10/\\$file/98-3p04.pdf](http://www.ipni.net/ppiweb/bcrops.nsf/$webindex/84CBB51751971AB3852568F000673A10/$file/98-3p04.pdf) 28. 1. 2014
- IX. <http://www.smart-fertilizer.com/articles/potassium-in-plants> 28. 1. 2014
- X. http://www.ehow.com/about_4902638_what-does-potassium-do-plants.html 28. 1. 2014
- XI. http://p29596.typo3server.info/fileadmin/Files/Documents/05_Workshops_Training_Events/Taining_materials/english/D19_5_EN_Chemical_Properties.pdf 28.1.2014
- XII. <http://sl.wikipedia.org/wiki/Kalij> 1. 3. 2014
- XIII. <http://www.webmd.com/vitamins-supplements/ingredientmono-851-POTASSIUM.aspx?activeIngredientId=851&activeIngredientName=POTASSIUM> 1. 3. 2014
- XIV. <http://www.saubermacher-komunala.si/si/pomoc-uporabnikom/nevarni-in-posebni-odpadki/kaj-so-nevarni-in-posebni-odpadki> 12. 3. 2014

9.2 SLIKE

- I. Slika 3: Sir Humphry Davy. Dostopno na: <http://en.wikipedia.org/wiki/Potassium> 7. 3. 2014
- II. Slika 4: Čisti kalij, srebrno-sive barve. Dostopno na: <http://en.wikipedia.org/wiki/Potassium> 7. 3. 2014
- III. Slika 13: Naprava za vakuumsko filtracijo. Dostopno na: <http://glossary.periodni.com/glosar.php?hr=vakuuum+filtracija> 7. 3. 2014

10 ZAHVALA

Pri najini raziskovalni nalogi, nama je, vse od začetka do končnega izdelka, pomagalo zelo veliko ljudi. Za vso pomoč se še posebej zahvaljujema najini mentorici profesorici Mojci Drofenik Čerček, ki nama je pomagala pri sami raziskovalni nalogi in je končni izdelek tudi strokovno pregledala. Globoko se zahvaljujema tudi profesorici Aniti Laznik, ki je najino raziskovalno nalogo lektorirala. Zahvaljujema se tudi profesorici Klavdiji Špur Jereb, ki je lektorirala najin povzetek v angleškem jeziku. Posebne zahvale grede tudi celotnemu kolektivu Srednje šole za kemijo, elektrotehniko in računalništvo ter laborantki Sabini Literi, za ves njen trud.