

LATVIJAS UNIVERSITĀTE
ĶĪMIJAS FAKULTĀTE

**VIRŠU (*CALLUNA VULGARIS*) ĶĪMISKĀ SASTĀVA
IZVĒRTĒJUMS DAŽĀDĀS AUGŠANAS VIETĀS
BAKALaura DARBS**

Autore: **Baiba Pērkone**

Studenta apliecības Nr.: bp14002

Darba vadītāja: lekt. Mag. chem. Zenta Balcerbule

RĪGA

2017

ANOTĀCIJA

Viršu (*Calluna vulgaris*) ķīmiskā sastāva izvērtējums dažādās augšanas vietās.
Pērkone B., zinātniskā vadītāja Mag. chem. lektore Balcerbule Z. Bakalaura darbs, 30 lappuses, 9 attēli, 8 tabulas, 22 literatūras avoti, 5 pielikumi. Latviešu valodā.

Darbā noteikts viršu ķīmiskais sastāvs un to augsnes pH vērtības dažādās Latvijas vietās. Paraugi ievākti no meža un purva Smiltenes novada Variņu un Launkalnes pagastu robežteritorijā, un Garkalnes novadā esošā lielceļa A2 (Rīga-Sigulda) ceļmalā. Augu daļām – ziediem, lapām, stumbriem, saknēm – noteikts pelnu saturs. Vara, cinka un mangāna saturs viršu ziedos, stumbros saknēs un arī augsnē noteikts ar liesmas atomabsorbciometru. Dzelzs saturs noteikts fotometriski ar sulfosalicilskābi.

VIRŠI, VARŠ, CINKS, MANGĀNS, DZELZS, LIESMAS
ATOMABSORBCIOMETRIJA, SAUSĀ MINERALIZĀCIJA, AUGSNES pH

ABSTRACT

Evaluation of heather (*Calluna vulgaris*) chemical content from different harvesting places. Pērkone B., supervisor Chem. mag. Lecturer Balcerbule Z. Bachelor's thesis in analytical chemistry, 30 pages, 9 figures, 8 tables, 22 literature references, 5 appendices. In Latvian.

This work describes the chemical composition of heathers and soil pH values from several places in Latvia. The samples were collected from a forest and a wetland between Variņi and Launkalne municipalities in Smiltene region and A2 roadside in Garkalne region. Ash content was determined from parts of the plant - flowers, leaves, stems and roots. Copper, zinc and manganese was determined by flame atomic absorption spectroscopy from flowers, stems, roots and soil. Iron(III) content was determined by flame photometry.

HEATHER, COPPER, ZINC, MAGANESE, IRON, FLAME ATOMIC ABSORPTION, DRY MINERALIZATION, SOIL pH

SATURS

| | |
|---|----|
| IEVADS | 5 |
| 1. LITERATŪRAS APSKATS | 6 |
| 1.1. Viršu vispārīgs raksturojums un to izmantošana | 6 |
| 1.2. Mikroelementi un makroelementi augsnē..... | 8 |
| 1.3. Sausā mineralizācija | 10 |
| 1.4. Atomabsorbciometrija kā metālisko elementu noteikšanas metode | 11 |
| 1.5. Spektrofotometriskas dzelzs noteikšanas metodes | 15 |
| 2. EKSPERIMENTĀLĀ DAĻA | 17 |
| 2.1. Izmantotā aparatūra un reaģenti | 17 |
| 2.2. Analizējamo viršu paraugu ievākšana un žāvēšana | 18 |
| 2.3. pH noteikšana augsnes paraugiem | 19 |
| 2.4. Viršu paraugu mineralizācija | 19 |
| 2.5. Cu, Zn un Mn noteikšana ar liesmas atomabsorbciometru | 20 |
| 2.6. Fotometriska dzelzs noteikšana ar sulfosalicilskābi | 21 |
| 3. REZULTĀTI UN TO IZVĒRTĒJUMS..... | 23 |
| 3.1. Pelnu saturs viršos..... | 23 |
| 3.2. Vara, cinka, mangāna un dzelzs saturs viršu saknēs un augsnē..... | 23 |
| 3.3. Vara, cinka, mangāna un dzelzs saturs viršu stumbros..... | 24 |
| 3.4. Vara, cinka, mangāna un dzelzs saturs viršu lapās un ziedos | 26 |
| 3.5. Vara, cinka, mangāna un dzelzs sadalījums viršu augu daļās..... | 27 |
| SECINĀJUMI..... | 28 |
| IZMANTOTĀ LITERATŪRA..... | 29 |
| 1.pielikums Iesvari un noteikto elementu masas koncentrācijas | 31 |
| 2.pielikums Kalibrēšanas grafiki elementu noteikšanai ar atomabsorbciometru | 33 |
| 3.pielikums Vara un cinka saturs viršu augu daļās un augsnē | 34 |
| 4.pielikums Mangāna un dzelzs saturs viršu augu daļās un augsnē..... | 35 |
| 5.pielikums Bīstamības paziņojumi un paziņojumi par piesardzības pasākumiem | 36 |

IEVADS

Virši (*Calluna vulgaris*) ir plaši izplatīti ēriku dzimtas sīkkrūmi, kas sastopami visā Eiropā un daļā Āzijas. Virši spēj augt vietās ar ļoti pieticīgu un skābu augsni – klinšainās vietās, purvos, kāpās, mežu izcirtumos. Latvijā viršu ziedēšanas laikā violetā krāsā iekrāsojas daudzi priežu sili, mežu izcirtumi un purvi. Pēdējos gados virši tiek arvien vairāk izmantoti kā dekoratīvie košumkrūmi dārzu veidošanā.

Satiksmei kļūstot arvien intensīvākai, palielinās automašīnu izplūdes gāžu radītais piesārņojums. Rūpnieciskās un lauksaimnieciskās darbības rezultātā atsevišķos gadījumos var veidoties gan augsnes, gan gaisa, gan gruntsūdeņu piesārņojumi. Lai arī tehnoloģiju attīstība neapstājas, pilnībā samazināt piesārņojumu rašanos nav iespējams. Arī viršos var akumulēties nevēlami ķīmiskie savienojumi. Viršu ziedēšanas laikā bites iegūst nektāru no viršu ziediem, kurš var saturēt cilvēka organismam kaitīgas vielas.

Viršu ķīmiskais sastāvs var atšķirties no to augšanas vides un ilguma. Jo tuvāk virši aug ceļiem ar intensīvu satiksmi, jo lielāka iespēja, ka augu ķīmiskais sastāvs būs bagātāks ar smagajiem metāliem. Stumbri un saknes ir vecākās auga daļas, kuros ilgtermiņā var veidoties vislielākais piesārņojums.

Mērķis: izvērtēt un savstarpēji salīdzināt dažādās Latvijas vietās augušo viršu ķīmisko sastāvu.

Darba uzdevumi:

1. Ievākt viršu paraugus dažādās vietās: mežā, purvā, šosejas tuvumā.
2. Noteikt pelnu saturu ievāktajiem viršiem.
3. Noteikt viršu augsnes pH vērtību.
4. Noteikt cinka, vara, dzelzs un mangāna saturu viršos un augsnē.

1. LITERATŪRAS APSKATS

1.1. Viršu vispārīgs raksturojums un to izmantošana

Virši ir daudzgadīgi 20-60 cm augsti ēriku dzimtas sīkrūmi ar koksnainu, stāvu vai pacilu, ļoti zarainu stumbru tumši brūnā krāsā. Zari viršu krūmam ir blīvi aplapoti ar mūžzaļām lapām, kuras izkārtotas pamīšus vai pretēji. Auga ziedi garā un nedaudz vienpusējā ķekarā atrodas zara galā. Divdzimumu ziediem ir līdz pusei šķelts zvanveida vainags ar četrām violeti bālām, retāk baltām, vainaglapām un četrdaļīgs kauss ar violeti rožainām, retāk baltām, spīdīgām kauslapām. Auglis ir ieapaļa, apmatota četrvāršņu pogaļa. Virši zied no jūlija beigām līdz septembrim, sēklas nogatavojas septembrī, oktobrī [1-3].

Virši izplatīti visā Eiropā un daudzviet arī Āzijā, Latvijā – bieži visā valstī. Galvenokārt virši aug sausos priežu mežos un to degumos, sausos krūmājos, izcirtumos un kāpās, purvos skābās un barības vielām trūcīgās augsnēs [1-2].

Viršu izmantošana. Virši ir uzskatāmi par vieniem no ienesīgākajiem nektāraugiem. Ziedēšanas laikā medus ienesums no viršiem var pārsniegt citu nektāraugu medus ienesumu visas vasaras laikā. No viena hektāra bišu kolonija var ievākt 100-200 kg viršu medus. Taču viršu medus iegūšana nav no tām vieglākajām. Ne visu dravu tuvumos ir atrodami virsāji, bišu ieziemošana jāpaveic daudz īsākā laikā, medus izdabūšana no šūnām prasa papildus darbu. Laikapstākļu ietekmei arī ir nozīme, proti, vasaras sākumam jābūt mitram, lai veidotos nektāriji, pretējā gadījumā nebūs medus ienesuma. Viršu nektāru var iegūt katru gadu, atskaitot tos gadus, kad virši ziemas laikā cietuši kailsalā. Viršu medus ir viens no iecienītākajiem medus veidiem savas intensīvās garšas un spēcīgās smaržas dēļ. Tā ūdens saturs ir ļoti augsts, līdz pat 23%, kamēr citos medus veidos tas nepārsniedz 19-20%. Viršu medus ir ar minerālvielām bagātākais medus veids [4-8].

Rumānijā (Transilvānijā) veiktā pētījumā [8] tika noteikts minerālvielu saturs trīs dažādu saimniecību viršu medū, kas ir atkarīgs arī no augsnes ķīmiskā sastāva. Pētījumā iegūtie rezultāti apskatāmi 1.1.tabulā

Minerālvielu saturs Transilvānijas viršu medū [8]

| Minerālviela, ppm | Ģeogrāfiskā atrašanās vieta | | |
|----------------------|-----------------------------|---------------|----------------|
| | Fantanele | Calatele | Marisel |
| Na | 72,24 ± 1,33 | 56,27 ± 0,80 | 49,52 ± 1,79 |
| K | 451,00 ± 12,53 | 737,33 ± 6,81 | 779,67 ± 15,63 |
| Mg | 10,21 ± 0,82 | 10,02 ± 0,27 | 10,29 ± 0,33 |
| Ca | 10,28 ± 1,00 | 21,61 ± 0,38 | 11,24 ± 0,60 |
| Cu | 1,63 ± 0,39 | 1,97 ± 0,07 | 0,71 ± 0,14 |
| Zn | 1,32 ± 0,10 | 1,22 ± 0,12 | 2,53 ± 0,41 |
| Fe | 5,02 ± 0,03 | 3,69 ± 0,42 | 5,53 ± 0,29 |
| Mn | 5,03 ± 0,52 | 7,32 ± 0,11 | 8,06 ± 0,24 |
| Pb | 0,02 ± 0,02 | ND | ND |
| Cr | ND | ND | ND |
| Ni | ND | ND | ND |
| Cd | <0,15 | <0,15 | <0,15 |

Tautas medicīnā viršus lieto kā diurētisku līdzekli tūsku, nieru un urīnpūšļa slimību ārstēšanai, kā arī nomierinošu līdzekli pret neirastēniju un bezmiegu, arīgi lieto apdegumu dziedināšanai [2].

Virši kā bioindikatorī. Viršu tīreļi ir svarīga ekosistēmas sastāvdaļa, kura ir ļoti jutīga pret eitrofikāciju un paskābināšanos atmosfērā esošā reaktīvā slāpekļa ietekmē. Lielbritānijā veiktā pētījumā [9] ilgtermiņā tika imitēta slāpekļa mitrā uzkrāšanās viršu tīreļi, lai noteiktu potenciālos bioindikatorus uz slāpekļa uzkrāšanos.

Viršu ķīmiskais sastāvs. Slovākijā veiktā pētījumā [10] viršos tika noteiktas smago metālu (Cu, Cd, Zn, Pb, Cr, Mn, Mo, Fe, S un F) masas koncentrācijas (mg/100g). Tāpat kalnos 1987-1988 un 2011. gadā dažādos augstumos tika ievākti vairāku viršu stumbru paraugi. Vara, kadmija, cinka, svina, hroma, mangāna un molibdēna masu koncentrācijas tika noteiktas ar atomabsorbcimetrijas metodi, savukārt dzelzs masas koncentrācija noteikta fotometriski ar sulfosalicilskābi, bet sēra un fluora masas koncentrācijas noteikšanai izmantota gravimetrijas metode. Pētījumā iegūtie rezultāti apskatāmi 1.2. tabulā.

Dažu elementu satura (mg/100g) salīdzinājums 1987.-1988. gadā un 2011.gadā ievāktajos viršu paraugos [10]

| Elements | 1987-1988 g. paraugos | 2011. g. paraugos | Starpība, (mg/100g) |
|----------|-----------------------|-------------------|---------------------|
| Cu | 0,91 | 1,49 | 0,58 |
| Zn | 4,84 | 5,10 | 0,26 |
| Pb | 0,82 | 2,00 | 1,18 |
| Cr | 0,21 | 1,40 | 1,19 |
| Mo | 0,34 | 0,62 | 0,28 |
| Fe | 66,92 | 36,93 | -29,99 |
| S | 82,26 | 122,2 | 39,94 |
| Mn | 57,40 | 57,80 | 0,40 |

Viršu ķīmiskajā sastāvā diezgan lielās koncentrācijās nosakāma arī ursolskābe un oleanolskābe, attiecīgi 40 mg/g un 10 mg/g sausnā. Šīm vielām piemīt antivīrusa aktivitāte pret C hepatīta vīrusu [11].

1.2. Mikroelementi un makroelementi augsnē

Augsnes ķīmiskais sastāvs spēj ietekmēt elementu koncentrācijas viršos. Mikroelementu - kobalta, vara, cinka, bora, u.c. - daudzums augsnē ir mazāks par 0,001% no kopējā elementu daudzuma augsnē, savukārt makroelementu - skābekļa, alumīnija, dzelzs, slāpekļa, kālija nātrija, fosfora, silīcija - daudzums ir lielāks par 0,001% [12].

Liela nozīme augsnes veidošanā un augu vielmaiņas nodrošināšanā ir dzelzij, kas atrodama vairāk nekā 300 minerālu sastāvā. Tās saturs augsnē mainās atkarībā no augsnes minerālā sastāva. Latvijā ar dzelzi bagātākās ir mālainās augsnes (~2,0%), bet nabadzīgākais dzelzs saturs ir kāpu smiltājiem (~0,2%). Atkarībā no vides oksidēšanās un reducēšanās apstākļiem mainās dzelzs kustīgums augsnē - Fe²⁺ katjona migrācija ir augsta gan bāziskā, gan skābā vidē, bet Fe³⁺ ir kustīgs tikai stipri skābās augsnēs, sevišķi aktīva jonu migrācija ir pie pH, kas mazāks par 3. Augos dzelzs iesaistās fotosintēzes procesā, kur piedalās hlorofila veidošanā un ietilpst hemoglobīna sastāvā. Kūdras augsnē dzelzs(II) jonu reducēšanās par dzelzs(III) joniem var būt kaitīga augiem. Šī mikroelementa daudzums augsnē var ietekmēt citu ķīmisko elementu jonu uzņemšanu, piemēram, ja skābā augsnē ir daudz dzelzs hidroksīda, tad ir traucēta molibdēna un fosfora uzņemšana. Savukārt, ja augsnē ir pārāk maz cinka, tad ir traucēta pietiekama dzelzs uzņemšana augu saknēs [12].

Viens no izplatītākajiem litosfēras mikroelementiem ir mangāns. Tā daudzums var krietni mainīties atkarībā no ģeogrāfiskās atrašanās vietas. Vidējais mangāna daudzums augsnēs Latvijā mainās no 58 līdz 402 mg/kg, un tas sastopams dažādu augsnes minerālu (silikātu un alumosilikātu) sastāvā. Mangāns veido augsnē dažāda izmēra konkrēcijas - apaļveidīgi, plakaniski saspīestas vai neregulāras formas minerālu sakopojumi - agregāti, kas visbiežāk veidojas nogulumiežos adatveida kristāliem augot no centra uz visām pusēm - melnā krāsā, kuras var saturēt dzelzi un citus mikroelementus. Tas piedalās dažādās reakcijās augsnē, tajā skaitā oksidēšanās un reducēšanās, jonu apmaiņas, adsorbcijas, un tā izdalīšanās no augsnes ir cieši saistīta ar pH. reducēšanās/oksidēšanās procesiem. Augsnes pH 4,5-6,0 un reducēšanās procesi palielina mangāna kustīgumu, kas veicina labāku tā uzņemšanu ar augu saknēm. Mn^{2+} ir dominējošā forma augsnē, kamēr Mn(III) un Mn(IV) dominē ar skābekli bagātākās augsnēs [12-13].

Vidējais vara daudzums Latvijas augsnēs ir 2,5-12,4 mg/kg, un tas ietilpst 198 minerālu sastāvā, no kuriem galvenie ir sulfīdi – halkozīns, halkopirīts, kovelīns. Augsnes šķīdumā pamatā ir vienvērtīgs un divvērtīgs vara katjons, kuri augsnē kļūst mazkustīgi mijiedarbojoties ar minerāliem, karbonātiem un humusvielām. Varš salīdzinoši maz migrē pa augsnes slāņiem, un tā koncentrācija būtiski neatšķiras. Nedaudz vairāk vara ir augsnes virsējos slāņos, ko ietekmē cilvēka saimnieciskā darbība un vara bioakumulācija, augu dzīvē tas ietekmē fotosintēzi, elpošanu, olbaltumvielu metabolismu, kā arī samazina iespēju saslimt ar sēnīšu slimībām. Skābās augsnēs varš ir kustīgāks un augiem pieejamāks, bet smilts un kūdras augsnēs tas ir maz [12].

Cinks atrodams 66 minerālu sastāvā, no kuriem svarīgākie ir biotīts, amfibols un piroksēni. Cinks(II) viegli adsorbējas uz organiskajām vielām un māla minerāliem, un augsnes virsējos slāņos var novērot cinka akumulāciju. Latvijas augsnes satur vidēji 8,5-45,8 mg/kg cinka, vislielākais daudzums ir māla augsnē, bet mazākais - smilts augsnē. Cinka kustīgums augsnē un tā uzņemšana auga saknēs ir atkarīga no augsnes pH vērtības - skābās un neitrālās augsnēs ir daudz vairāk šķīstošā un augiem izmantojamā cinka nekā vāji bāziskā vidē, kur cinks ir augiem grūtāk izmantojams mazkustīguma dēļ. Ļoti svarīga ir cinka un fosfora attiecība (1:300) augsnē, kas augiem nodrošina pietiekamu cinka uzņemšanu. Viens elements var traucēt cita elementu uzņemšanu auga saknēs, piemēram, starp cinku un varu pastāv spēcīga konkurence, kamēr mangāns un dzelzs rada mazāku ietekmi uz cinka uzņemšanu augu saknēs [12].

1.3. Sausā mineralizācija

Sausā mineralizācija ir vienkārša metode, kas tiek pielietota konkrētu minerālvielu noteikšanai produktos. Sausās mineralizācijas laikā rodas pelni, kas ir pārtikas produktu neorganisko vielu atlikums pēc organisko vielu sadegšanas. Paraugi tiek karsēti mufeļkrāsnī 500-600°C. Karsējot tiek zaudēts ūdens un gaistošās vielas, organiskās vielas gaisā esošā skābekļa klātbūtnē tiek sadedzinātas par CO₂ un slāpekļa oksīdiem. Daudzas minerālvielas tiek pārvērstas par oksīdiem, sulfātiem, fosfātiem, hlorīdiem un silikātiem. Tādi elementi kā Fe, Se, Pb un Hg procedūras laikā var daļēji izgaist, tāpēc jāizmanto citas metodes, ja pirmais solis elementu analizēšanā ir pārpelnošana [14].

Sausās mineralizācijas principi un aprīkojums. Pārpelnošana ir produkta sadegšana augstā temperatūrā – 525°C vai augstākā. Pilnīga sadegšana norisinās mufeļkrāsnī.

Ļoti liela nozīme ir trauku izvēlei. Kvarca tīģeļi ir izturīgi pret skābēm un halogēniem, taču augstās temperatūras tādi nav pret bāzēm. “Vycor[®]” zīmola tīģeļi ir stabili līdz 900°C, bet “Pyrex[®] Gooch” tīģeļus var lietot līdz 500°C. Ja pārpelnošana tiek veikta zemākās temperatūrās par 500-525°C, tad iegūtais pelnu daudzums var būt lielāks, jo nav noticis pilnīgs gaistošo sāļu zudums un karbonātu sadalīšanās. Porcelāna tīģeļu īpašības ir līdzīgas kvarca tīģeļu īpašībām, taču tie var saplīst pie straujām temperatūru izmaiņām. Porcelāna tīģeļi tiek izmantoti visbiežāk. Tērauda tīģeļi ir izturīgi gan pret skābēm, gan bāzēm un nav dārgi, toties to sastāvā ir hroms un niķelis, kas var radīt paraugos piesārņojumu. Platīna tīģeļi ir ļoti inerti un iespējams labākie tīģeļi, taču tie ir ļoti dārgi priekš ikdienišķas izmantošanas lielam paraugu apjomam. Kvarca šķiedras tīģeļi var izturēt temperatūru, kas augstāka par 1000°C. Tie ir poraini, kas ļauj gaisam cirkulēt apkārt paraugam un paātrināt degšanu, ievērojami samazinot pārpelnošanas laiku. Kvarca šķiedru tīģeļus lieliski var izmantot cietu vielu un viskozu šķīdumu pārpelnošanai. Šie tīģeļi ļoti ātri atdziest. Visus tīģeļus pirms pārpelnošanas ieteicams izmazgāt un izkarsēt [14].

Paraugu sagatavošana. Paraugu sagatavošanai parasti tiek izmantoti 2-10g no parauga. Paraugu sasmalcināšana neietekmē pelnu satura noteikšanu, izņemot, ja pelni tiek gatavoti specifiskām minerālvielu analizēm, kad to var ietekmēt pētāmo mikroelementu piesārņojums. Arī atkārtota stikla trauku lietošana var radīt piesārņojumu [14].

Augu paraugus pirms sasmalcināšanas nepieciešams izžāvēt. Žāvēšanas temperatūra neietekmē pārpelnošanas procesu. Lai paraugu varētu pilnvērtīgāk izmantot elementu pierādīšanai, tam nepieciešama žāvēšanas temperatūras atbilstoša izvēle. Lapas un kātus ieteicams žāvēt divās stadijās – vispirms temperatūrā, kas ir zemāka par 55°C, tad augstākā

temperatūrā. Augu paraugi, kuru mitruma saturs ir $\leq 15\%$, var tikt pārpelnoti bez iepriekšējas žāvēšanas [14].

Dzīvnieku valsts produktus, sīrupus un garšvielas pirms pārpelnošanas nepieciešams īpaši sagatavot, jo pārlietu lielais tauku, mitruma vai cukura saturs var radīt parauga izšļakstīšanos, uzpūšanos vai putošanu. Rezultātā paraugā var rasties zudumi. Gaļas produktus, cukuru saturošos produktus un sīrupus nepieciešams iztvaicēt sausus ūdens vannā vai izmantojot infrasarkanu lampu. Tiek pievienots viens vai divi pilieni pelnus nesaturošas olīveļļas, kas ļauj tvaikot, lai izvairītos no cietās virskārtas izveidošanās uz produkta [14].

Pārpelnojot dažus produktus – sieru, jūras veltes, garšvielas u.c. – tie var dūmot un degt. Jāļauj lēnām dūmošanas un degšanas procesam notikt līdz galam. Paraugus var pārpelnot pēc žāvēšanas un tauku ekstrakcijas, kas daudzos gadījumos rada pavisam nelielu minerālvielu zudumu. Pirms tauku ekstrakta tālākās apstrādes ir jāļauj pilnīgi iztvaikot ekstrakcijas laikā izmantotajam ēterim [14].

Slovākijā veiktajā pētījumā [10] par analizējamajiem paraugiem tika izraudzīti viršu stumbri. Analizējamais paraugs noskalo ar dejonizētu ūdeni un žāvē žāvēšanas skapī 70°C divas diennaktis. Viršu stumbrus raupji sasmalcina titāna-tērauda iekārtā un homogenizē mikserī. Homogenizētos viršu paraugus pārpelno mufelkrāsnī 450°C 300 min. Iegūtos pelnus šķīdina 20 mL 6 M HCl šķīdumā un iztvaicē sausus. Sauso atlikumu izšķīdina 40 mL 0,2 M HCl šķīdumā un filtrē karstu. Filtrātu 100 mL mērkolbā atšķaida līdz atzīmei ar 0,2 M HCl šķīdumu un izmanto tālākai elementu analizēšanai.

Sausās mineralizācijas priekšrocības un trūkumi. Šī metode ir droša, nav nepieciešams pievienot reaģentus vai izmantot sagataves. Process neprasa pastiprinātu uzmanību, izņemot karsēšanas sākumā. Uzreiz var izkarsēt vairākus tīģeļus un iegūtos pelnus papildus var izmantot atsevišķu elementu, skābēs nešķīstošo pelnu, ūdenī šķīstošo un nešķīstošo pelnu analizēšanai.

Par metodes galvenajiem mīnusiem var uzskatīt ilgo laiku (12-18h vai vairāk), kurš tiek patērēts paraugu pārpelnošanai, un dārgo aprīkojumu. Karsējot var rasties gaistošo elementu zudumi un notikt mijiedarbība starp minerālvielām un tīģeļiem. Karsējot var rasties šādu elementu zudumi: As, B, Cd, Cr, Cu, Fe, Pb, Hg, Ni, P, V un Zn [14].

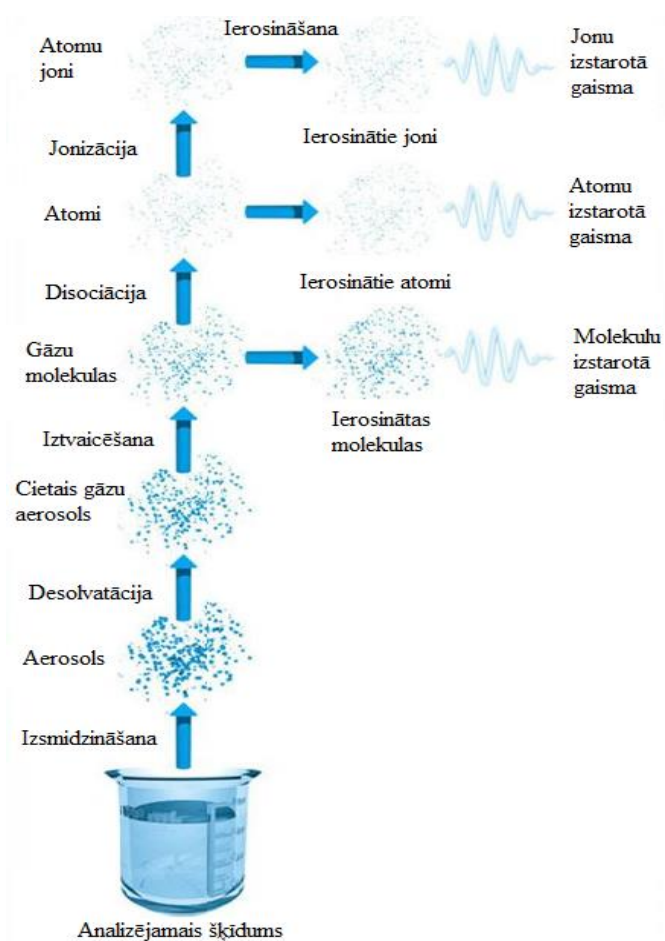
1.4. Atomabsorbciometrija kā metālisko elementu noteikšanas metode

Atomabsorbciometrija (AAS) ir metode, kuru jau vairākus gadus izmanto elementu pierādīšanai analizējamajos paraugos. Atoms ir elementa mazākā daļiņa ar noteiktu enerģijas

līmeni, kuru var izmainīt tuvumā esošo citu elementu atomi. Lai veiktu absorbcijas mērījumus no atomiem ir jāiegūst atomtvaiks, kurā atstatumi starp atomiem ir gana lieli. Rodas katra atsevišķi esošā atoma izstarotā gaismā un šī atoma elektronu enerģijas līmeņi nosaka viļņu garumu [15].

Lai iegūtu gaismas emisiju, reizē ar atomizāciju jeb atomtvaika iegūšanu ir jānotiek atomu ierosināšanai. Lai atoma elektroni pārvietotos uz augstākiem enerģijas līmeņiem, tiek izmantota siltumenerģija. Šāds stāvoklis pastāv neilgi (10^{-7} - 10^{-9} s) līdz elektrons atgriežas pamatstāvoklī. Enerģijas atšķirība izstarojas fotona veidā [16].

Liesmas atomizācija. Liesmas atomizatora liesmā ar oksidētājgāzes un degtspējīgas gāzes plūsmu tiek iesmidzināts paraugs. Liesmā notiek daudzi procesi. Vispirms desolvatācijas laikā šķīdinātājs tiek iztvaicēts, lai iegūtu molekulu aerosolu. Aerosolam iztvaikojot veidojas gāzu molekulas. Daļa no tām disociācijas procesā pārvēršas par atomtvaiku un notiek atomu jonizācija. Atsevišķas molekulas un atomi veidojas liesmā degtspējīgās gāzes un oksidētājgāzes mijiedarbības rezultātā ar paraugu. Molekulu, atomu un jonu frakcijas arī tiek ierosinātas ar liesmas siltumu, producējot atomu, jonu un molekulu emisijas spektrus. Atomizācijas procesa gaita parādīta 1.1. attēlā [17].



1.1.att. Atomizācijas process [16]

Liesmu iegūst tās deglī sajaucot degtspējīgo gāzi un oksidētājgāzi. Gāzu maisījums plūst cauri degļa atverei virs kuras veidojas liesma. Plūsmas ātrumam ir jābūt noteiktās robežās, kuras ir atkarīgas no izmantotajām gāzēm un maisījuma sastāva. Pie liela plūsmas ātruma liesma no degļa var atrauties, bet pie maza plūsmas ātruma degšana notiek degļa iekšpusē. Ja izmanto atšķirīgas degtspējīgās gāzes un oksidētājgāzes, tad iespējams sasniegt dažādas liesmu temperatūras (skat. 1.3. tabulu) [15].

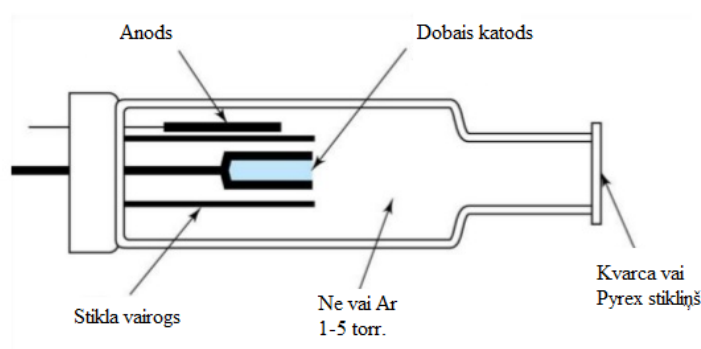
1.3.tabula

Degtspējīgās gāzes, oksidētājgāzes un liesmas temperatūra [15]

| Degtspējīgā gāze | Oksidētājgāze | Liesmas temperatūra, °C |
|------------------|--------------------|-------------------------|
| Propāns | Gaiss | 1925 |
| Ūdeņradis | Gaiss | 2000-2400 |
| Acetilēns | Gaiss | 2125-2400 |
| Ūdeņradis | Skābeklis | 2750 |
| Acetilēns | Skābeklis | 3100 |
| Acetilēns | Slāpekļa(I) oksīds | 3200 |
| Diciāns | Skābeklis | 5000 |

Kad oksidētājgāze ir gaiss, šajās temperatūrās ir iespējams atomizēt vienkārša sastāva paraugus. Skābekli vai slāpekļa(I) oksīdu izmanto kā oksidētājgāzi ugunsizturīgākiem savienojumiem [16].

Dobā katoda lampa. Visbiežāk izmantotais starojuma avots atomabsorbcimetrijā ir dobā katoda lampa (skat. 1.2.att.), ar kuras palīdzību tiek iegūta monohromatoriska gaismas plūsma. Katra elementa izstarotais gaismas viļņa garums aplūkojams 1.3. tabulā. Dobā katoda lampa sastāv no volframa anoda un cilindriska katoda, kurus aptver cilindrisks stikla korpuss, kas piepildīts ar neonu vai argonu 1-5 torr. spiedienā. Katods ir veidots no noteikšanai nepieciešamā metāla [14-15].



1.2.att. Dobās katoda lampas shematisks attēlojums [15]

Kad elektrodu potenciālu starpība ap elektrodiem ir 300-600 V, notiek inertās gāzes jonizācija. Tiek ģenerēti joni kā strāva ar stiprumu 5-15 mA un elektroni migrē uz elektrodiem. Ja spriegums ir pietiekoši liels, tad gāzes katjoni iegūst pietiekamu kinētisko enerģiju, lai savāktu metāla atomus no katoda virsmas un producētu kā atomu mākonī izsmidzināšanā. Izsmidzināto metālu atomu porcija tiek ierosināta un, atgriežoties pamata stāvoklī, tiek emitēta to raksturīgā gaisma, kuru spēj absorbēt atomu tvaiks liesmā. Metāla atomi difundē atpakaļ uz katoda virsmas vai stikla korpusa sienām, kur uzkrājas [15-16].

Katoda lampas cilindriskajai uzbūvei ir tendence koncentrēt starojumu ierobežotā apgabalā no metāla. Šis dizains palielina iespēju, ka uzkrāšanās notiks uz katoda nevis stikla sienām [16].

Dobās katoda lampas efektivitāte ir atkarīga no tās formas un darba sprieguma. Augsts spriegums un tādējādi augstais strāvas stiprums rada lielāku intensitāti. Šī priekšrocība tiek nedaudz kompensēta ar Doplera izplešanās pieaugumu no lampas emisijas līnijām. Lielāks strāvas stiprums palielina neierosināto atomu skaitu. Neierosinātie atomi spēj absorbēt emitēto starojumu no ierosinātajiem atomiem. Šī pašabsorbēšanās dod zemu intensitāti, īpaši emisijas joslas vidū [15-16].

Vienu dobā katoda lampu var izmantot tikai konkrētā elementa noteikšanai. Multifunkcionālās katoda lampas satur vairākus metāliskos elementus [16].

Elektrotermālais atomabsorbcionāts. Tas nodrošina paaugstinātu jutību, jo paraugs tiek atomizēts īsā periodā. Vidējais uzturēšanās laiks optiskajā ceļā ir sekunde vai vairāk. Elektrotermālais atomizators tiek izmantots atomabsorbcijas un atomu fluorescences mērījumos, taču nav pilnīgi piemērots emisijas spektra veidošanai [16].

Elektrotermālajos atomizatoros dažādi parauga mikrolitri tiek iztvaicēti zemā temperatūrā un tad pārpelnoti augstākā temperatūrā elektriski uzkarstētā grafīta krāsniņā. Pēc pārpelnošanas, strāva tiek palielināta līdz vairākiem simtiem ampēru, kas palielina krāsniņas temperatūru no 2000°C līdz 3000°C. Atomizācijas periods ilgst no dažām milisekundēm līdz sekundei [16].

Elementu pierādīšanas robežas. Daudzu elementu pierādīšanas limits atomabsorbcijas spektroskopijā ar liesmas atomizatoru ir robežās no 1 līdz 20 ng/mL jeb 0,001 līdz 0,020 ppm. Elektrotermālajā atomabsorbcionācijā pierādīšanas robežas ir no 0,002 līdz 0,01 ng/mL jeb $2 \cdot 10^{-6}$ līdz $1 \cdot 10^{-5}$ ppm [16]. Dažādu metālu noteikšanas robežas apkopotas 1.4. tabulā.

Metālisko elementu pierādīšanas robežas (ng/mL) [16] un izstarotās gaismas viļņa garums [17]

| Elements | λ , nm | Liesmas atomizators, ng/mL | Elektrotermālais atomizators, ng/mL |
|----------|----------------|----------------------------|-------------------------------------|
| Cu | 324,75 | 2 | 0,05 |
| Zn | 213,86 | 1 | 0,005 |
| Pb | 217,00 | 8 | 0,1 |
| Cr | 357,87 | 4 | 0,03 |
| Mo | 313,26 | 5 | 0,5 |
| Fe | 248,33 | 6 | 0,25 |
| Sn | 224,61 | 15 | 5 |

1.5. Spektrofotometriskas dzelzs noteikšanas metodes

Dzelzs satura noteikšanai var izmantot dažādas metodes – spektrofotometrija, atomabsorbciometrija, induktīvi saistītās plazmas-optiskās emisijas spektrometrija (ICP-OES), induktīvi saistītās plazmas-masas spektrometrija (ICP-MS), voltometrija, hromatogrāfija, sensoru spektroskopija. Neraugoties uz plašo metožu klāstu, viena no izmantotākajām metodēm, kuru raksturo augsta selektivitāte, spēja noteikt nelielus dzelzs jonu daudzumus, laba atkārtojamība, ātri iegūstami rezultāti, neliels reaģentu patēriņš, ir spektrofotometrija. Visbiežāk izmantotie reaģenti, kurus izmanto fotometriskai dzelzs noteikšanai, ir rodanīdijoni, o-fenantrolīnu, sulfosalicilskābe [18-19].

Dzelzs noteikšana ar o-fenantrolīnu. Metodes pamatā dzelzi saturošā šķīdumā tiek reducēti dzelzs(III) joni par dzelzs(II) joniem, kuri, reaģējot ar 1,10-fenantrolīnu pie pH 3,2-3,3, veido oranži sarkanu kompleksu, kura maksimālā absorbcija ir pie viļņu garuma $\lambda_{\max.}=510$ nm [20-21].

Dzelzs noteikšana ar sulfosalicilskābi. Metodes pamatā ir sulfosalicilskābes spēja veidot ar dzelzs joniem trīs dažādus kompleksus atkarībā no analizējamā šķīduma vides pH vērtības [19].

Sulfosalicilskābe ar dzelzs(III) joniem skābā vidē (pH 2-3) veido sarkanvioletu kompleksu. Kompleksā jona maksimālā absorbcija ir pie viļņu garuma $\lambda_{\max.}=490$ nm. Pie pH 4-7 sulfosalicilskābe ar dzelzs joniem veido brūngani oranžu komplekso jonu, kurš ir nestabils [19].

Bāziskā vidē (pH 8-10) veidojas stabils dzeltenas krāsas kompleksais jons, kuru izmanto dzelzs jonu noteikšanai ūdenī. Šī kompleksa jonu saturošā šķīduma maksimālā absorbcija ir pie viļņu garuma 425-420nm [19].

Dzelzs noteikšana ar nanopilienu spektrofotometru (NDS). Nanopilienu spektrofotometrs ir pilna spektra (220-750nm) spektrofotometrs, kuram nepieciešams 1µL parauga, lai ar augstu precizitāti un atkārtojamību noteiktu rezultātu. Šī metode ir viegla, selektīva un ar augstu jutību. Dzelzs(III) tiocianāta kompleksa iegūšanai izmanto organiskos reaģentus kā N-fenilacetamīdu, N-alkilacetamīdu (alkil = butil, heksil un oktil grupu) hloroformā. Dzelzs(III) ekstrakts tika pārbaudīts spēcīgu skābju (HCl+H₂SO₄) šķīdumā. Maksimālā molārās absorbcijas vērtības ir $1,8 \cdot 10^5 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$ pie viļņu garuma $\lambda_{\text{max.}}=477$ nm. Metode ietilpst Bēra likuma robežās, no 0,05 – 6,0 µg/mL. Šī metode tika izstrādāta, lai noteiktu dzelzs(III) saturu pārtikā, bioloģiskos un vides paraugos [18].

2. EKSPERIMENTĀLĀ DAĻA

2.1. Izmantotā aparatūra un reaģenti

Aparatūra:

- Analītiskie sviri “Mettler Toledo”; max. 220g; d=0,0001g;
- Žāvēšanas skapis “Memmert”; int. 0-220°C; d=0,1°C
- Laboratorijas sviri “Boeco”, max. 310g; d=0,01g;
- Kratītājs, ražotājs “Biosan”;
- pH metrs “Jenway 3510”; d=0,03 pH;
- Elektriskā plītiņa;
- Dzirnviņas smalcināšanai;
- Mufelkrāsns, max. 1300°C, d=25°C;
- Liesmas atomabsorbciometrs “Analyst 200”;
- Fotometrs “KΦK-3”; viļņu garumu diapazons 330-990 nm; d=0,001.

Reaģenti:

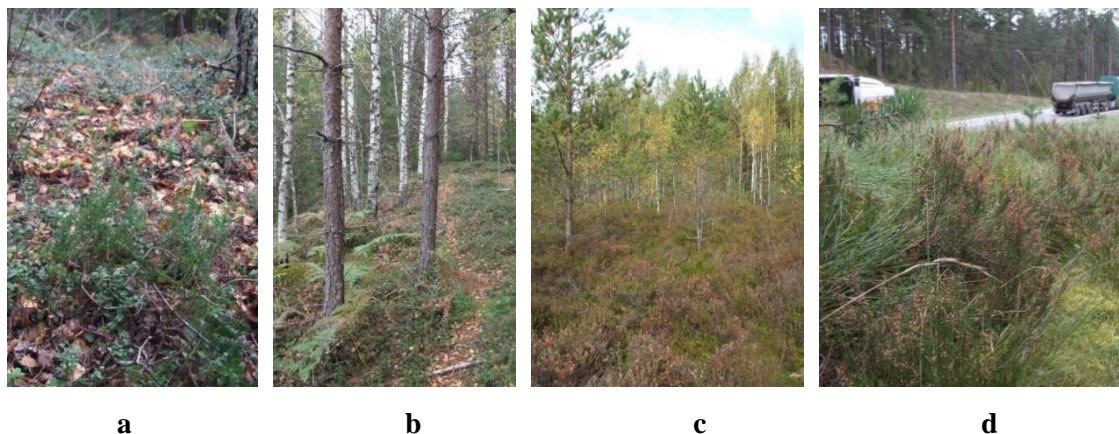
- Kālija hlorīds, ražotājs “P.P.H. Standart”, CAS 7447-40-7;
- Kalcija hlorīda dihidrāts, ražotājs “Merk”, H319, P305+P351+P338;
- Slāpekļskābe 65%, ražotājs “Firma Chempur”, CAS: 7697-37-2;
- Vara nitrāta standartšķ., $\gamma_{Cu}=1001\pm 2$ mg/L, ražotājs “Merk”, H315-H319, P305+P351+P338;
- Cinka nitrāta standartšķ., $\gamma_{Zn}=1001\pm 2$ mg/L, ražotājs “Merk”, H315-H319, P305+P351+P338;
- Mangāna nitrāta standartšķ., $\gamma_{Mn}=1002\pm 2$ mg/L, ražotājs “Merk”, H315-H319, P305+P351+P338;
- Fe³⁺ standartšķīdums., $\gamma_{Fe}=0,1$ mg/mL;
- 5-Sulfosalicilskābe, dihidrāts, EC 202-55-6, H302-H315-H319-H335, P261-P305+P351+P338;
- Amonjaka šķīdums, EC 215-647-6, H302, H314, H400, P273-P280-P303+P361+P353, P304+P340+P310, P305+P351+P338-P310;
- Sālsskābe 37%, EC 231-595-7, H314-H335, P261-P280-P305+P351+P338-P310.

2.2. Analizējamo viršu paraugu ievākšana un žāvēšana

Virši no meža. Viršu paraug tika ievākti 2016. gada 24. septembrī mežā, kurš atrodas Smiltenes novada Variņu un Launkalnes pagastu robežteritorijā (skatīt. 2.1.att., b). Kā liecina meteoroloģijas dati [21], tad dienu iepriekš ir novēroti nokrišņi 1 mm apmērā. Tika paņemti sešu augu un augsnes paraugi (apzīmēti MA ar numerāciju no 1 - 6) no viršu augšanas vietas. Tuvplānā virši skatāmi 2.1. attēlā a.

Virši no purva. Apmēram 20 m attālumā no meža, kur tika ņemti pirmie viršu paraugi, atrodas purvs (sk. 2.1.att.,c), no kura tika ievākti trīs augu un augsnes paraugi (apzīmēti PA ar numerāciju 7-9).

Virši ceļmalā. 2016.gada 28. septembrī tika ievākti seši augu un to augsnes paraugi (apzīmēti CA ar numerāciju 10-15) Garkalnes novadā, Vidzemes šosejas jeb autoceļa A2 (Rīga-Sigulda) ceļmalā (vieta parādīta 2.1.att., d). Paraugu ievākšanas dienā tika novēroti nokrišņi – smalks lietus. Kā vēsta meteoroloģijas dati [22], tad iepriekšējā dienā nokrišņu apjoms bijis 1 mm apmērā, bet attiecīgajā dienā – 3 mm.



2.1.att. Virši (a) no meža (b) un purva (c) Smiltenes novada Variņu un Launkalnes pagastu robežteritorijā, un autoceļa A2 (Rīga-Sigulda) ceļmalā (d)

Paraugu ņemšana. Tika izvēlēts ziedošs viršu krūms. Pirms auga ņemšanas, no augsnes virskārtas noņēma liekās sūnas. Tad augu ar visām saknēm uzmanīgi izcēla (izraka) no augsnes un apzīmēja paraugu. Augsnes paraugu ņēma ~10 cm dziļumā tajā vietā, kur tika paņemts augs. Augsni attīrīja no liekajiem piemaisījumiem (akmeņiem, saknēm) un iebēra polietilēna maisiņā.

Paraugu žāvēšana. Augsnes paraugus laboratorijā uz līdzenas virsmas izbēra 1-2 cm biežā kārtā un ļāva žūt istabas temperatūrā līdz tika iegūti gaissausi paraugi.

No katra ievāktā viršu krūma atdalīja ziedus, lapas, stumbrus un saknes. Tika apvienoti katras augšanas vietas augu daļu paraugus, iegūstot trīs dažādu vietu paraugus – no meža, purva un ceļmalas. Paraugus pirms tālākas izmantošanas izžāvēja žāvēšanas skapī 100°C.

2.3. pH noteikšana augsnes paraugiem

Augsnes paraugu pH tika noteikts izmantojot 1 M KCl un 0,1 M CaCl₂ šķīdumus.

Caur 1 mm sietu izsijāja 5,00 g gaissausas augsnes, ko pārnesa 50 mL koniskajā kolbā. Augsnei ar Mora pipeti pievienoja 25 mL 1 M KCl šķīduma. Līdzīgu procesu veica visiem 15 augsnes paraugiem. Iegūtās suspensijas 5 min kratīja kratītājā, tad 2 stundas šķīdumiem ļāva nostāvēties. Šķīdumus filtrēja caur kroku filtru. Filtrātam noteica pH vērtību, izmantojot iepriekš nokalibrētu pH metru.

Procesu atkārtoja 1 M KCl šķīduma vietā izmantojot 0,1M CaCl₂ šķīdumu.

Iegūtie pH vērtību rezultāti apkopoti 2.2.tabulā.

2.2.tabula

Viršu augsnes pH vērtības dažādās Latvijas vietās

| Vieta | Šķīdums | 1 M KCl | 0,1 M CaCl ₂ |
|--------------------|---------|---------|-------------------------|
| | Paraugs | pH | |
| Augsne no meža | MA1 | 2,93 | 2,81 |
| | MA2 | 3,20 | 3,38 |
| | MA3 | 3,07 | 3,04 |
| | MA4 | 2,57 | 2,62 |
| | MA5 | 3,45 | 3,46 |
| | MA6 | 2,88 | 2,78 |
| Augsne no purva | PA7 | 3,60 | 3,54 |
| | PA8 | 2,75 | 2,63 |
| | PA9 | 2,45 | 2,59 |
| Augsne no ceļmalas | CA10 | 3,83 | 3,87 |
| | CA11 | 3,97 | 3,97 |
| | CA12 | 3,98 | 3,99 |
| | CA13 | 4,02 | 4,02 |
| | CA14 | 4,03 | 4,08 |
| | CA15 | 4,06 | 4,09 |

2.4. Viršu paraugu mineralizācija

Lai varētu noteikt Cu, Zn, Mn un Fe(III) saturu viršu paraugos, tika veikta paraugu sausā mineralizācija.

Mufelkrāsni izkarsēja porcelāna tīģelišus, atdzesēja un nosvēra. Kopā tika sajauktas katras viršu augšanas vietas augu daļas, no kurām paņemti trīs atsevišķi iesvari. Vispirms augu paraugus izkarsēja žāvēšanas skapī 100°C. Izkarsētos paraugus pēc pilnīgas atdzesēšanas nosvēra un samala kafijas dzirnaviņās. Samaltos paraugus iesvēra (skatīt. 1. pielikumu) porcelāna tīģelišos. Analizējamos paraugus pārņēma uz plītiņas aptuveni 2 stundas. Kad paraugi bija kļuvuši melni, tos lika mufelkrāsni. Pakāpeniski paaugstinot temperatūru no 200°C līdz 500°C, karsēja aptuveni 24 stundas līdz tika iegūti balti pelni. Baltos pelnus nosvēra (skatīt 1.pielikumu), šķīdināja 3 mL koncentrētas HNO₃. Izšķīdušos pelnus kvantitatīvi pārnesa 50 mL mērkolbās un uzpildīja līdz atzīmei ar dejonizētu ūdeni iegūstot “pelnu šķīdumu”.

2.5. Cu, Zn un Mn noteikšana ar liesmas atomabsorbciometru

Vara, cinka un mangāna daudzumu viršu augu daļu pelnu šķīdumos un augsnes izvilkumos noteica ar liesmas atomabsorbciometru kā deggāzi izmantojot acetilēnu ar plūsmas ātrumu 2,50 L/min. Kā oksidētājgāzi izmantoja gaisu ar plūsmas ātrumu 10,00 L/min. Viļņu garumi, pie kādiem tika noteikti vara, cinka un mangāna daudzumi, attiecīgi ir 324,75 nm, 213,86 nm un 279,48 nm.

Pagatavoja kalibrēšanas šķīdumu sēriju vara noteikšanai. 5,0 mL vara standartšķīduma ar masas koncentrāciju $\gamma_{Cu}=1\text{g/L}$ pārnesa 50 mL mērkolbā un atšķaidīja līdz atzīmei ar dejonizētu ūdeni. Tika iegūts šķīdums ar vara masas koncentrāciju $\gamma_{Cu}=0,1\text{g/L}$ no kura 100 mL mērkolbās pagatavoja piecus šķīdumus kalibrēšanas datu ieguvei ar vara masas koncentrācijām 1,0; 2,0; 4,0; 6,0 un 8,0 mg/L.

Līdzīgi tika gatavota arī kalibrēšanas šķīdumu sērija cinka un mangāna noteikšanai.

Iegūtie dati (tilpumi, koncentrācijas un izmērītās absorbcijas vērtības) apkopoti 2.3. tabulā pēc kuriem konstruēti kalibrēšanas grafiki (sk. 2.pielikumu).

2.3.tabula

Dati vara, cinka un mangāna kalibrēšanas grafiku konstruēšanai

| Nr.p.k. | V, mL | $\gamma_{Cu}, \text{mg/L}$ | A_{Cu} | $\gamma_{Zn}, \text{mg/L}$ | A_{Zn} | $\gamma_{Mn}, \text{mg/L}$ | A_{Mn} |
|---------|-------|----------------------------|----------|----------------------------|----------|----------------------------|----------|
| 1. | 1,00 | 1,0 | 0,062 | 1,0 | 0,288 | 1,0 | 0,081 |
| 2. | 2,00 | 2,0 | 0,126 | 2,0 | 0,553 | 2,0 | 0,143 |
| 3. | 4,00 | 4,0 | 0,229 | 4,0 | 1,027 | 4,0 | 0,276 |
| 4. | 6,00 | 5,0 | 0,342 | 6,0 | 1,556 | 6,0 | 0,359 |
| 5. | 8,00 | 6,0 | 0,434 | 8,0 | 1,887 | 8,0 | 0,472 |

Absorbcijas mērījumi varam un cinkam analizējamos viršu pelnu šķīdumos (25 mL un 50 mL mērkolbās), kas iegūti pēc purvā, mežā un ceļmalā ievāktu viršu stumbru, ziedu, lapu

un sakņu pārpelnošanas, veikti bez papildus atšķaidījumiem. Mangāna noteikšanai tika veikts atšķaidījums mežā ievākto viršu stumbru pelnu šķīdumiem (10 mL pelnu šķīduma tika atšķaidīti 25 mL mērkolbās), mežā ievākto viršu lapu un ceļmalā ievākto viršu ziedu, lapu, sakņu pelnu šķīdumiem (5 mL pelnu šķīduma tika atšķaidīti 25 mL mērkolbās). Noteiktās koncentrācijas skatāmas 2. pielikumā.

Augsnes izvilkumu gatavošana. Pēc augsnes pH vērtību noteikšanas, kopā sajauca meža, purva un ceļmalas augšņu paraugus, iegūstot trīs jaunus augsnes paraugus. Uz laboratorijas svāriem koniskajā kolbā iesvēra 5,00 g augsnes parauga. Augsnes paraugiem koniskajā kolbā pievienoja 50,0 mL 1M HNO₃ šķīduma un uz 2 stundām lika kratīties kratītājā. Iegūtās augšņu suspensijas filtrēja un filtrātus izmantoja tālākai elementu noteikšanai.

2.6. Fotometriska dzelzs noteikšana ar sulfosalicilskābi

Dzelzs daudzumu mineralizētajos viršu paraugos noteica fotometriski, izmantojot sulfosalicilskābi.

Pagatavoja kalibrēšanas šķīdumu sēriju dzelzs noteikšanai viršu paraugos. 10,0 mL dzelzs standartšķīduma ar masas koncentrāciju $\gamma_{Fe}=0,1$ g/L pārnesa 100 mL mērkolbā un atšķaidīja līdz atzīmei ar dejonizētu ūdeni. Tika iegūts šķīdums ar dzelzs masas koncentrāciju $\gamma_{Fe}=0,01$ g/L.

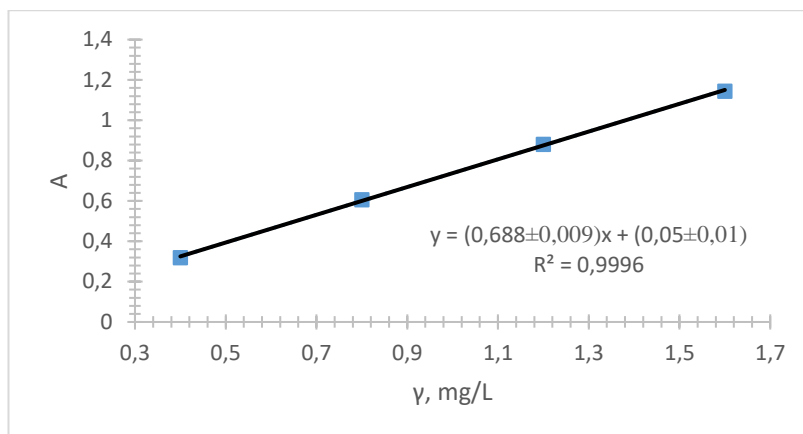
Kalibrēšanas grafika iegūšanai četras 50 mL mērkolbās iemērīja 2,0; 4,0; 6,0 un 8,0 mL iepriekš pagatavoto dzelzs šķīdumu. Pievienoja 3,0 mL 10% sulfosalicilskābes šķīduma un 5,0 mL 6 M amonjaka ūdens šķīduma. Atšķaidīja mērkolbās līdz atzīmei ar dejonizētu ūdeni. Tika iegūti dzeltenas krāsas šķīdumi. Līdzīgi gatavoja arī salīdzināšanas šķīdumu dzelzs standartšķīduma vietā izmantoja dejonizētu ūdeni. Veica absorbcijas mērījumus pie $\lambda=416$ nm pret salīdzināšanas šķīdumu.

Iegūtie dati apkopoti 2.4. tabulā pēc kuriem konstruēts kalibrēšanas grafiks (skat. 2.4.att.).

2.4.tabula

Dati dzelzs kalibrēšanas grafika konstruēšanai

| Nr.p.k. | $\gamma_{Fe} = 0,01g/L$ V, mL | $\gamma_{Fe}, mg/L$ | A |
|---------|----------------------------------|---------------------|-------|
| 1. | 2,00 | 0,4 | 0,319 |
| 2. | 4,00 | 0,8 | 0,606 |
| 3. | 6,00 | 1,2 | 0,882 |
| 4. | 8,00 | 1,6 | 1,144 |



2.4.att. Kalibrēšanas grafiks fotometriskai Fe(III) noteikšanai ar sulfosalicilskābi

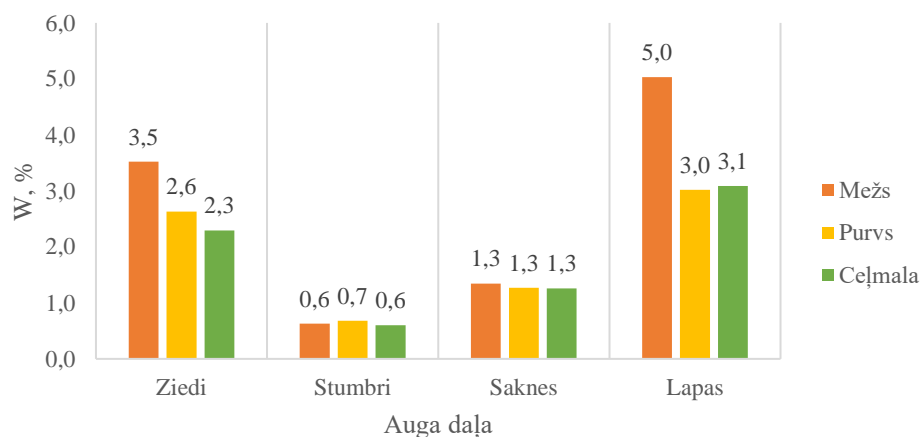
Lai noteiktu dzelzs(III) daudzumu viršu un augsnes paraugos, līdzīgi tika sagatavoti analizējamie šķīdumi. Dzelzs(III) šķīduma vietā tika izmantoti pelnu šķīdumi un nofiltrētie augsnes izvilkumi.

Ar Mora pipeti 5,00 mL pelnu šķīduma kvantitatīvi pārnesa 50 mL mērkolbās, pievienoja 3,0 mL 10% sulfosalicilskābes, 5,0 mL 6M amonjaka ūdens šķīduma un uzpildīja mērkolbas līdz atzīmei ar dejonizētu ūdeni. Purvā augušo viršu stumbru paraugu šķīdumu sagatavošanai tika izmantoti 10,00 mL pelnu šķīduma.

3. REZULTĀTI UN TO IZVĒRTĒJUMS

3.1. Pelnu saturs viršos

Noteiktais pelnu saturs viršu augu daļās – ziedos, stumbros, saknēs un lapās – no mežā, purvā un ceļmalā ievāktajiem paraugiem aplūkojams 3.1. attēlā



3.1.att. Pelnu saturs (%) viršu augu daļās dažādās augšanas vietās

Vislielākais pelnu saturs konstatēts mežā augušo viršu ziedos un lapās, purvā un ceļmalā augušo viršu ziediem un lapām ir līdzīgs pelnu saturs. Salīdzinoši mazāks pelnu saturs ir saknēs un stumbros, tas nepārsniedz 1,3 un 0,7 % no paraugu sākotnējās masas. Tā kā pelnu saturs korelē ar minerālvielu saturu, tad sagaidāms, ka tieši viršu ziedos būs vislielākās dažādu elementu koncentrācijas.

3.2. Vara, cinka, mangāna un dzelzs saturs viršu saknēs un augsnē

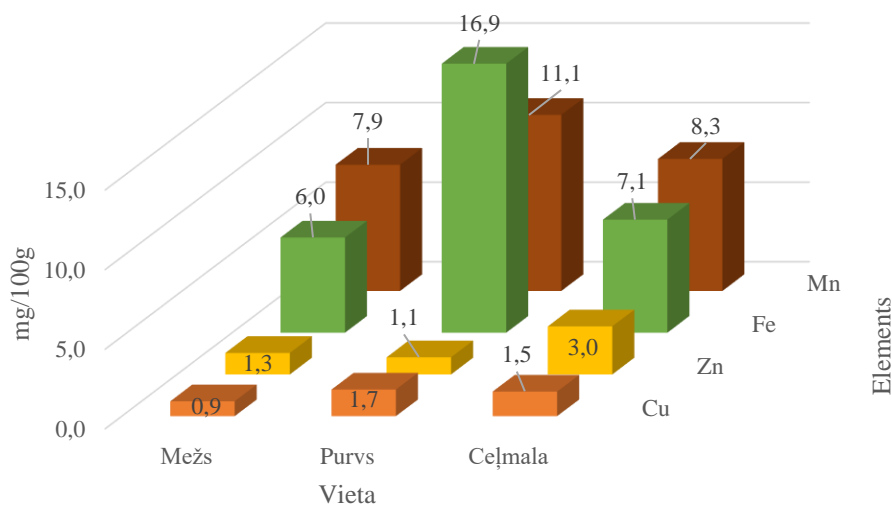
Iegūtie vara, cinka, mangāna un dzelzs saturs (mg/kg) rezultāti viršu augsnē apkopoti 3.1.tabulā.

3.1.tabula

Noteikto elementu saturs (mg/kg) augsnē un tās pH

| Nr.p.k. | Vieta | pH _{KCl} | W _{Cu} , mg/kg | W _{Zn} , mg/kg | W _{Mn} , mg/kg | W _{Fe} , mg/kg |
|---------|------------------|-------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| 1. | Mežs | 3,02 | 0,6 | 1,7 | 3,5 | 185 |
| 2. | Purvs | 2,93 | 1,1 | 1,5 | 2,2 | 1249 |
| 3. | Ceļmala | 3,98 | 3,8 | 17,0 | 87 | 140 |
| 4. | Literatūras dati | - | 2,5-12,4 | 8,5-45,8 | 58-402 | - |

Iegūtie vara, cinka, mangāna un dzelzs saturs (mg/100g) rezultāti viršu saknēs attēloti 3.2. attēlā un tabulas veidā skatāmi 3. un 4. pielikumā.



3.2.att. Vara, cinka, mangāna un dzelzs saturs viršu saknēs dažādās augšanas vietās

Iegūtie rezultāti liecina, ka dažādu elementu saturs viršu saknēs un augsnē atšķiras no to augšanas vietas.

Vara, cinka un mangāna saturs augsnē pieaug augsnes bāziskuma īpašību palielināšanās secībā - purvs < mežs < ceļmala, bet dzelzs saturs samazinās, ja palielinās augsnes bāziskuma īpašības.

Ar dzelzi izteikti bagāta ir purva augsne. Tieši purvā augušo viršu saknēs novērojams lielākais dzelzs saturs, ko arī veicina jonu kustīgums skābās augsnes dēļ.

Lai arī ceļmalas augsne ir bagātāka ar varu, cinku un mangānu nekā citas augsnes, tikai cinka saturs ceļmalā augušo viršu saknēs ir aptuveni 3 reizes lielāks par tā saturu mežā vai purvā augušo viršu saknēs. Novērojams, ka cinka saturs palielinās, ja palielinās augsnes bāziskuma īpašības.

3.3. Vara, cinka, mangāna un dzelzs saturs viršu stumbros

Vara, cinka un mangāna masas daļu analizējamā paraugā aprēķina pēc 3.1. formulas.

$$W_{elements} = \frac{y_{elements} * 100g * V_{kolb}}{m_{iesv.}} \quad (3.1.)$$

Aprēķinu piemērs::

$$W_{Cu} = \frac{0,721 \frac{mg}{L} * 100 * 0,05L}{5,2693g} = 0,68 \frac{mg}{100g}$$

Dzelzs masas koncentrāciju (mg/L) pelnu šķīdumos aprēķināja pēc kalibrēšanas grafika taisnes vienādojuma $y=(0,688\pm 0,009)x + (0,05\pm 0,01)$ izteikšanas 3.2. formulā.

$$\gamma_{Fe} = \frac{y-0,05}{0,68775} \quad (3.2)$$

Piemērs:

$$\gamma_{Fe} = \frac{0,211-0,05}{0,68775} = 0,234 \frac{mg}{L}$$

Dzelzs(III) masu 100 gramos parauga aprēķina pēc 3.3. formulas.

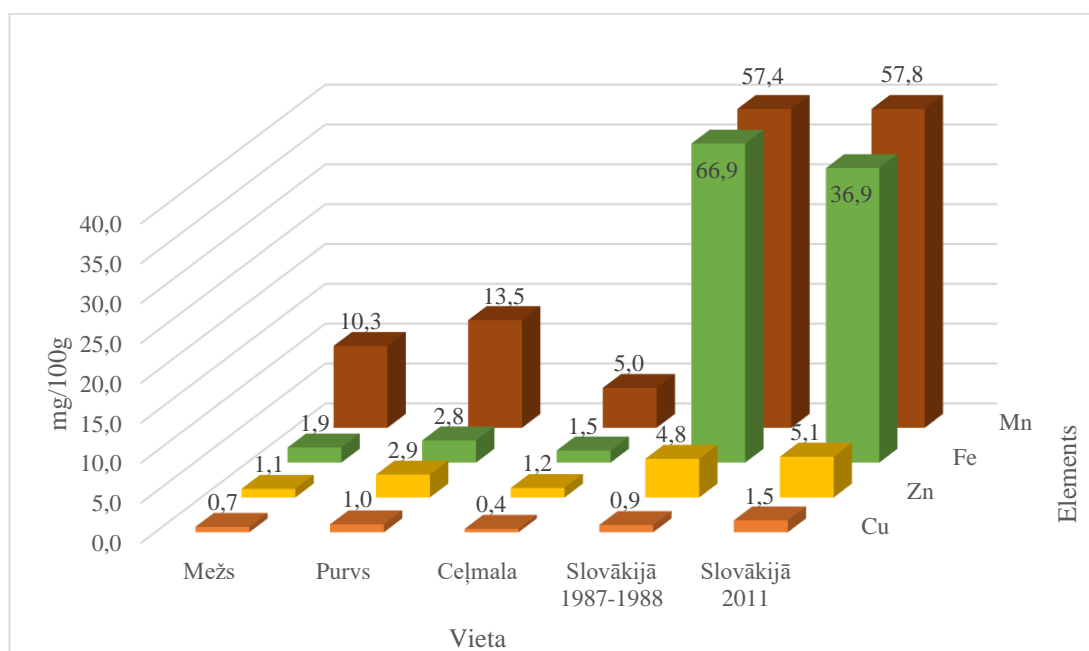
$$W_{Fe} = \frac{\gamma_{Fe} \cdot V_{kolb.} \cdot V_{paraugam} \cdot 100g}{V_{pip.} \cdot m_{iesv.}} \quad (3.3)$$

Piemērs:

$$W_{Fe} = \frac{0,234 \frac{mg}{L} \cdot 50 mL \cdot 0,05L \cdot 100g}{5 mL \cdot 5,2693g} = 2,22 \frac{mg}{100g}$$

Atšķaidījuma gadījumā aprēķinos jāņem vērā arī alikvotā daļa.

Iegūtie vara, cinka, mangāna un dzelzs(III) saturs (mg/100g) rezultāti apkopoti 3.3. attēlā un tabulas veidā skatāmi 3. un 4. pielikumā.



3.3.att. Vara, cinka, mangāna un dzelzs saturs viršu stumbros dažādās augšanas vietās

Iegūtie rezultāti liecina, ka dažādās augšanas vietās ir atšķirīgs elementu saturs viršu stumbros. Purvā augušo viršu stumbros var novērot vislielāko visu elementu saturu salīdzinot ar mežā vai ceļmalā augušo viršu stumbriem. Purvā augušo viršu stumbri satur aptuveni 1,0 mg/100g vara, 2,9 mg/100g cinka, 2,8 mg/100g dzelzs un aptuveni 13,5 mg/100g mangāna. Salīdzinoši mazāks elementu saturs ir ceļmalā augušo viršu stumbros – aptuveni 0,4 mg/100g vara, 1,2 mg/100g cinka, 1,5 mg/100g dzelzs un 5,0 mg/100g mangāna. Mežā augušo viršu

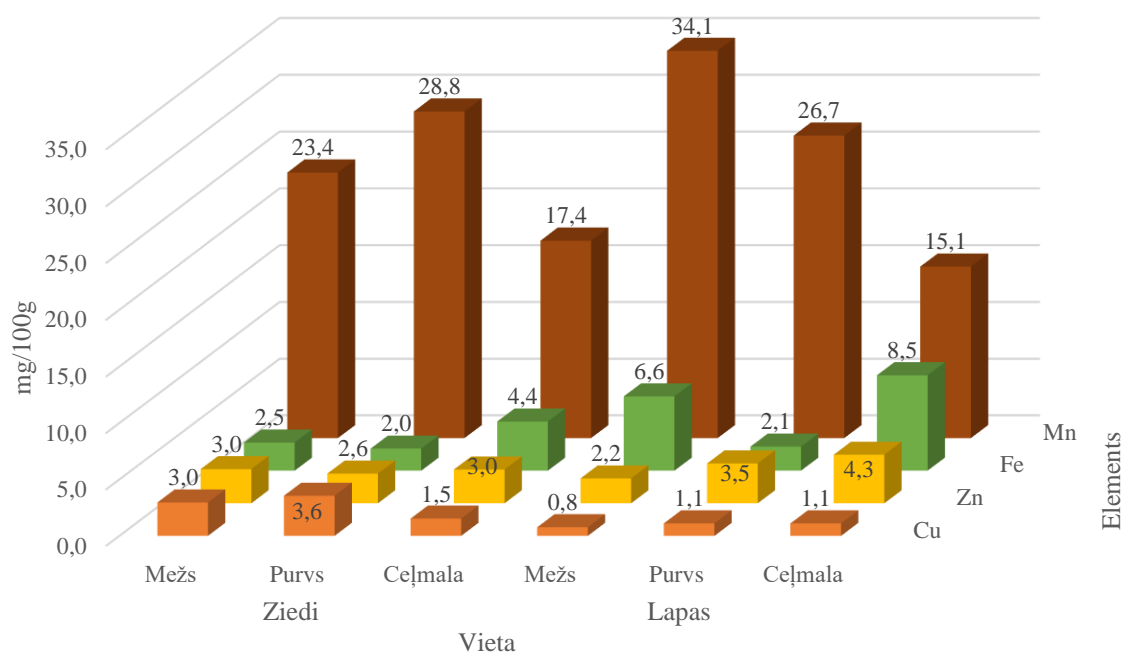
stumbros noteiktais cinka un dzelzs saturs ir līdzīgs ar šo pašu elementu saturu ceļmalā augušajos viršos (attiecīgi salīdzinot, 1,1 un 1,2 mg/100g cinka, 1,9 un 1,5 mg/100g dzelzs).

Salīdzinot ar literatūras datiem [10] par Slovākijā veiktajiem pētījumiem vara masas koncentrācija viršu stumbros, kas auguši mežā un ceļmalā (attiecīgi 0,7 un 0,4 mg/100g), nepārsniedz 1987-1988 gados ievākto viršu paraugu masas koncentrāciju (0,91 mg/100g). Noteiktais dzelzs un mangāna saturs viršu stumbros ir attiecīgi aptuveni 20 un 5-10 reizes mazāks nekā Slovākijā veiktajos pētījumos.

Visu elementu saturam stumbros ir novērojama tendence palielināties, ja palielinās augsnes skābuma īpašības – ceļmala < mežs < purvs.

3.4. Vara, cinka, mangāna un dzelzs saturs viršu lapās un ziedos

Iegūtie vara, cinka, mangāna un dzelzs satura (mg/100g) rezultāti viršu lapās un ziedos apkopoti 3.4. attēlā un tabulas veidā skatāmi 3. un 4. pielikumā.



3.4.att. Vara, cinka, mangāna un dzelzs saturs viršu lapās un ziedos dažādās augšanas vietās

Iegūtie rezultāti liecina, ka mežā un purvā augušo viršu lapās un ziedos ir vislielākais mangāna saturs. Vislielākais dzelzs saturs novērojams ceļmalā augušo viršu lapās un ziedos.

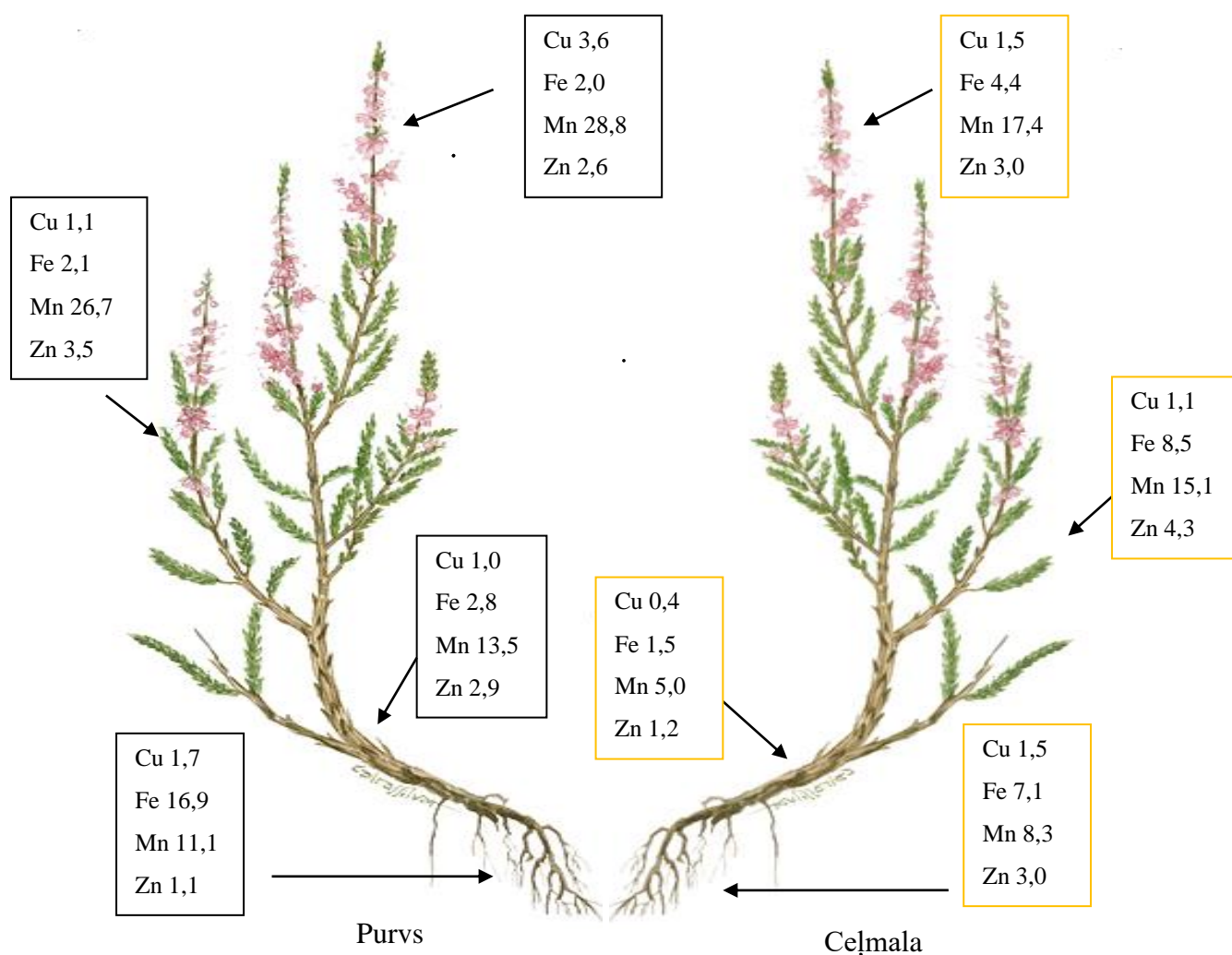
Mangāna un vara saturs viršu ziedos samazinās augsnes bāziskuma īpašību palielināšanās secībā - purvs < mežs < ceļmala. Salīdzinot ar šo elementu vidējo koncentrāciju

viršu medū no Rumānijā veiktā pētījuma [8], ziedos vara saturs ir teju 2 reizes lielāks, bet mangāna – 4 reizes.

Cinka saturs viršu medū ir teju divas reizes mazāks nekā tas ir ziedos.

3.5.Vara, cinka, mangāna un dzelzs sadalījums viršu augu daļās

Elementu sadalījumu pa viršu augu daļām mežā un ceļmalā augušajos viršos var aplūkot 3.5.attēlā.



3.5.att. Noteikto elementu saturs (mg/100g) purvā un ceļmalā augušo viršu augu daļās

Mangāna saturs purvā augušajos viršos palielinās no saknēm uz ziediem. Savukārt dzelzs saturs samazinās virzienā no saknēm uz ziediem, ko varētu skaidrot ar lielo dzelzs saturu augsnē (1249 mg/kg saskaņā ar 3.1. tabulas datiem).

Purvā augušie virši ir bagātāki ar noteiktajiem elementiem nekā ceļmalā augušie virši.

SECINĀJUMI

1. Vislielākais pelnu saturs ir viršu ziediem un lapām, aptuveni 2,8% un 3,7% salīdzinājumā ar stumbriem 0,6%.
2. Augsnes pH viršu augšanas vietās ir no 2,4 – 4,1 un pieaug šādā secībā: purvs → mežs → ceļmala.
3. Ceļmalas augsnē Cu, Zn, un Mn koncentrācija ir 6-20 reizes lielāka salīdzinājumā ar šo elementu saturu meža un purva augsnē.
4. Vara, cinka un mangāna saturs augsnē palielinās augsnes bāziskuma palielināšanās secībā, bet dzelzs saturs samazinās.
5. Augsne no viršu augšanas vietām purvā ir visbagātākā ar dzelzi (1249 mg/kg), kas ir teju 10 reizes vairāk nekā meža un ceļmalas augsnēs.
6. Cinka saturs meža viršos palielinās no 1,3 mg/100g saknēs līdz 3,0 mg/100g ziedos.
7. Dzelzs koncentrācija viršu stumbros atkarībā no augšanas vietas (ceļmala, mežs, purvs) palielinās no 5,0 mg/100g < 10,3 mg/100g < 13,5 mg/100g.

IZMANTOTĀ LITERATŪRA

1. Priedītis N.; *Latvijas augi: Enciklopēdija*; Gandrs Poligrāfija: Rīga, 2014; 888. lpp.
2. Keirāns L.; *Iepazīsim Latvijas augus: līdz rudenim: augu noteicējs attēlos*; Zvaigzne: Rīga, 1994; 373. lpp.
3. Lange V., Mauriņš A., Zvirgzds A.; *Dendroloģija*; Zvaigzne: Rīga, 1978; 304. lpp.
4. Ārgalis J.; *Saulkrastu rajona L/A "Rainis" bišu drava*; Latvijas valsts izdevniecība: Rīga, 1954; 84. lpp.
5. Lehebel-Peron A., Sidawy P., Dounias E., Schatz B. Attuning local and scientific knowledge in the context of global change: The case of heather honey production in southern France, *Journal of Rural Studies* **2016**, Vol. 44, 132-142.
6. Dravnieka piezīmes: Viršu medus. <https://dravnieks.lv/2015/10/17/virsu-medus/> (skatīts 1.01.2017.)
7. Balode K., Galenīks Fr.; *Biškopība*; Latvijas valsts izdevniecība: Rīga, 1953; 400.lpp.
8. Moise A., Marghitas L., Dezmirean D., Bobis O. Nutraceutical properties of Rumanian heather honey, *Nutrion & Food Science*, **2013**, Vol 43, 218-227
9. Edmondson J.L., Carroll J.A., Price E.A.C., Capron S.J.M. Bio-indicators of nitrogen pollution in heather moorland, *Science of The Total Environment*, **2010**, Vol. 408, Issue 24, pp 6202-6209.
10. Šoltes R.; Gregušková E.; Šoltesova A. Bioindication of chemical elements deposition in the high tatra mts (Slovakia) based on calluna vulgaris (L.) hull; comparative levels after the improvement of emission. *Carpathian journal of earth and environmental sciences* **2014**, Vol. 9, 5-14.
11. Rodriguez M., Vazquez E., Sheldon J., Steinmann E., Riebesehl N., Fornari T., Reglero G. Supercritical fluid extraction of heather (*Calluna vulgaris*) and evaluation of anti-hepatitis C virus activity of the extracts. *Virus Research* **2015**, Vol. 198, 9-14.
12. Nikodemus O., Kārklīņš A., Kļaviņš M., Melecis V. *Augsnes ilgtspējīga izmantošana un aizsardzība*; LU Akadēmiskais apgāds: Rīga, 2008; 256.lpp.
13. Norvell W.A. Inorganic Reactions of Manganese in Soils. *Manganese in Soils and Plants*; **1988**, Vol. 33, 37-58
14. Nielsen S.S. *Food analysis*; fourth edition; Springer: New York, 2010; pp 602.
15. Jansons E. *Analītiskās ķīmijas teorētiskie pamati*; LU akadēmiskais apgāds: 2006; 307.lpp.

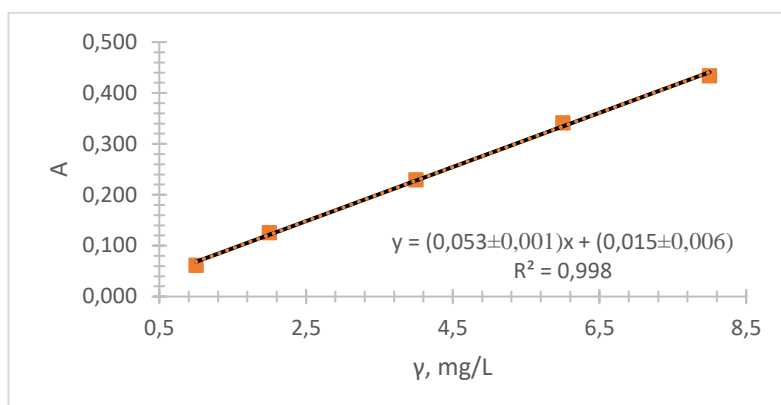
16. Skoog D.A., Holler F.J., Crouch S.R. *Principles of instrumental analysis*; 6th ed.; Thomson Brooks/Cole: Belmont, CA, 2007; pp. 1039.
17. Hollow Cathode Lamps. [Chttps://www.hamamatsu.com/resources/pdf/etd/Hollow_TLS1014E.pdf](https://www.hamamatsu.com/resources/pdf/etd/Hollow_TLS1014E.pdf) (skatīts 21.01.2017.)
18. Verma C., Tapadia K., Soni A.B. Determination of iron (III) in food, biological and environmental samples. *Food Chemistry*, **2017**, Vol. 221, pp. 1415-1420.
19. Pastare S.R., Gigele R., Vīksna A. *Dzēramais ūdenis*. LU Akadēmiskais apgāds: Rīga, 2007, 200lpp.
20. Matiseks R., Šnēpels F., Šteinere G. *Pārtikas analītiskā ķīmija*; Latvijas Universitāte, 1998, 456.lpp.
21. AccuWeather: Launkalne, Latvija Laikapstākļi. <http://www.accuweather.com/lv/lv/launkalne/226471/september-weather/226471?monyr=9/1/2016&view=table> (skatīts. 17.01.2017.)
22. AccuWeather: Vangaži, Latvija Laikapstākļi. <http://www.accuweather.com/lv/lv/vangaži/229970/september-weather/229970?monyr=9/1/2016&view=table> (skatīts 17.01.2017.)

Iesvari un noteikto elementu masas koncentrācijas

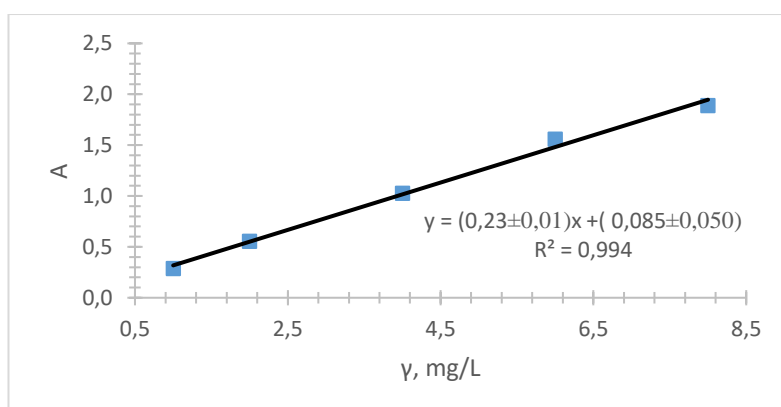
| Mežs | | | | | | |
|---------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| Paraugs | m _{iesv.} , g | m _{pelnu} , g | γ _{Cu} , mg/L | γ _{Zn} , mg/L | γ _{Mn} , mg/L | γ _{Fe} , mg/L |
| Ziedi | 0,3791 | 0,0125 | 0,433 | 0,458 | 3,589 | 0,058 |
| | 0,3752 | 0,0121 | 0,445 | 0,465 | 3,467 | 0,032 |
| | 0,3840 | 0,0155 | 0,467 | 0,454 | 3,603 | 0,023 |
| Lapas | 3,1860 | 0,1608 | 0,444 | 1,357 | 4,422 | 0,425 |
| | 3,1077 | 0,1561 | 0,483 | 1,377 | 4,279 | 0,411 |
| | 3,1207 | 0,1570 | 0,508 | 1,405 | 4,151 | 0,404 |
| Saknes | 3,1035 | 0,0433 | 0,582 | 0,819 | 4,511 | 0,381 |
| | 3,0552 | 0,0399 | 0,574 | 0,823 | 5,364 | 0,358 |
| | 3,2874 | 0,0440 | 0,608 | 0,909 | 5,097 | 0,391 |
| Stumbri | 5,2693 | 0,0436 | 0,721 | 1,179 | 5,300 | 0,234 |
| | 5,6871 | 0,0388 | 0,751 | 1,071 | 5,080 | 0,193 |
| | 4,8026 | 0,0178 | 0,661 | 1,135 | 2,708 | 0,169 |
| Augsne | 5,00 | - | 0,082 | 0,351 | 0,701 | 1,977 |
| | 5,02 | - | 0,201 | 0,344 | 0,678 | 1,777 |
| | 5,01 | - | 0,093 | 0,319 | 0,751 | 1,807 |
| Purvs | | | | | | |
| Ziedi | 0,3129 | 0,0088 | 0,426 | 0,330 | 3,598 | 0,015 |
| | 0,4092 | 0,0103 | 0,624 | 0,433 | 5,002 | 0,052 |
| | 0,4101 | 0,0105 | 0,565 | 0,427 | 4,439 | 0,025 |
| Lapas | 1,0313 | 0,0305 | 0,490 | 0,688 | 5,345 | 0,028 |
| | 1,1920 | 0,0372 | 0,545 | 0,925 | 6,640 | 0,048 |
| | 1,3632 | 0,0406 | 0,534 | 0,921 | 7,154 | 0,083 |
| Saknes | 1,4178 | 0,0162 | 0,498 | 0,362 | 2,517 | 0,384 |
| | 1,3366 | 0,0140 | 0,424 | 0,281 | 3,037 | 0,218 |
| | 1,6442 | 0,0265 | 0,548 | 0,591 | 4,257 | 0,954 |
| Stumbri | 0,6934 | 0,0020 | 0,235 | 1,149 | 4,095 | 0,170 |
| | 0,6580 | 0,0053 | 0,115 | 0,352 | 3,560 | 0,073 |
| | 0,6540 | 0,0062 | 0,447 | 0,813 | 3,196 | 0,204 |
| Augsne | 5,00 | - | 0,143 | 0,259 | 0,413 | 1,386 |
| | 5,06 | - | 0,242 | 0,313 | 0,459 | 1,166 |
| | 5,00 | - | 0,253 | 0,328 | 0,460 | 1,210 |
| Ceļmala | | | | | | |
| Ziedi | 3,0142 | 0,0716 | 0,837 | 1,843 | 2,075 | 0,250 |
| | 3,4349 | 0,0828 | 1,023 | 2,018 | 2,407 | 0,320 |
| | 3,0039 | 0,0630 | 1,027 | 1,791 | 2,107 | 0,256 |
| Lapas | 4,0243 | 0,1235 | 0,906 | 3,356 | 2,397 | 0,691 |
| | 4,3175 | 0,1331 | 0,945 | 3,623 | 2,441 | 0,765 |
| | 4,1246 | 0,1280 | 0,899 | 3,743 | 2,701 | 0,654 |

| Paraugs | m _{iesv.} , g | m _{pelnu} , g | γ _{Cu} , mg/L | γ _{Zn} , mg/L | γ _{Mn} , mg/L | γ _{Fe} , mg/L |
|---------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| Saknes | 1,4073 | 0,0182 | 1,111 | 1,632 | 0,913 | 0,425 |
| | 1,3033 | 0,0103 | 0,624 | 1,435 | 0,773 | 0,169 |
| | 1,5028 | 0,0254 | 0,876 | 2,048 | 1,126 | 0,632 |
| Stumbri | 4,9082 | 0,0350 | 0,503 | 1,200 | 5,670 | 0,151 |
| | 5,8457 | 0,0294 | 0,382 | 1,194 | 6,348 | 0,177 |
| | 5,0455 | 0,0297 | 0,464 | 1,329 | 3,831 | 0,151 |
| Augsne | 5,02 | - | 0,374 | 1,675 | 1,680 | 1,394 |
| | 5,04 | - | 0,375 | 1,725 | 1,780 | 1,422 |
| | 5,03 | - | 0,402 | 1,723 | 1,800 | 1,416 |

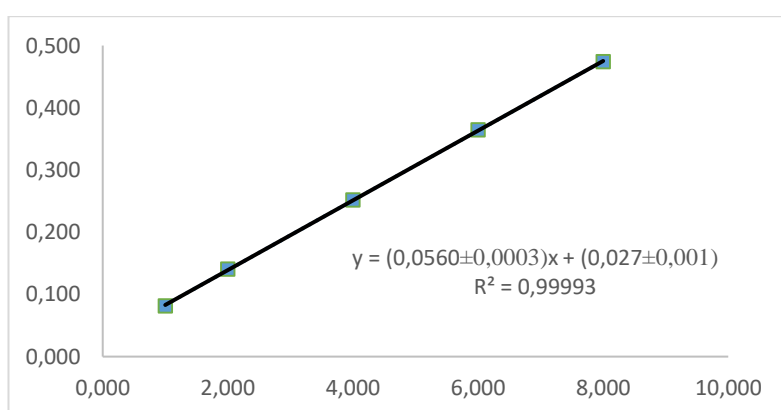
Kalibrēšanas grafiki elementu noteikšanai ar atomabsorbciometru



1.att. Kalibrēšanas grafiks vara noteikšanai ar liesmas atomabsorbciometru



2.att. Kalibrēšanas grafiks cinka noteikšanai ar liesmas atomabsorbciometru



3.att. Kalibrēšanas grafiks mangāna noteikšanai ar liesmas atomabsorbciometru

1.tabula

Vara un cinka saturs viršu augu daļās un augsnē

| Augšnas vieta | | Mežs | | | Purvs | | | Ceļmala | | |
|---------------|---------|---------|------------------|----------------|---------|------------------|----------------|---------|------------------|----------------|
| Elements | Paraugs | mg/100g | Vid., mg/100g | DI, mg/100g | mg/100g | Vid., mg/100g | DI, mg/100g | mg/100g | Vid., mg/100g | DI, mg/100g |
| Cu | ziedi | 2,86 | 3,0 | 0,2 | 3,40 | 3,6 | 0,6 | 1,39 | 1,5 | 0,4 |
| | | 2,96 | | | 3,81 | | | 1,49 | | |
| | | 3,04 | | | 3,44 | | | 1,71 | | |
| | lapas | 0,70 | 0,8 | 0,2 | 1,19 | 1,1 | 0,3 | 1,13 | 1,10 | 0,05 |
| | | 0,78 | | | 1,14 | | | 1,09 | | |
| | | 0,81 | | | 0,98 | | | 1,09 | | |
| | saknes | 0,94 | 0,93 | 0,02 | 1,76 | 1,7 | 0,2 | 1,97 | 1,5 | 1,0 |
| | | 0,94 | | | 1,59 | | | 1,20 | | |
| | | 0,92 | | | 1,67 | | | 1,46 | | |
| | stumbri | 0,68 | 0,68 | 0,04 | 0,85 | - | - | 0,51 | 0,43 | - |
| | | 0,66 | | | 0,44 | | | 0,33 | | |
| | | 0,69 | | | 1,71 | | | 0,46 | | |
| | augšne* | 0,41 | 0,6 | - | 0,72 | 1,1 | 0,7 | 3,72 | 3,8 | 0,4 |
| | | 1,00 | | | 1,20 | | | 3,72 | | |
| | | 0,46 | | | 1,26 | | | 4,00 | | |
| Zn | ziedi | 3,02 | 3,0 | 0,2 | 2,63 | 2,6 | 0,1 | 3,06 | 3,0 | 0,2 |
| | | 3,10 | | | 2,65 | | | 2,94 | | |
| | | 2,96 | | | 2,61 | | | 2,98 | | |
| | lapas | 2,13 | 2,2 | 0,2 | 3,33 | 3,5 | 0,8 | 4,17 | 4,3 | 0,5 |
| | | 2,21 | | | 3,88 | | | 4,20 | | |
| | | 2,25 | | | 3,38 | | | 4,54 | | |
| | saknes | 1,32 | 1,35 | 0,08 | 1,28 | 1,1 | 0,5 | 2,90 | 3,0 | 0,9 |
| | | 1,35 | | | 1,05 | | | 2,75 | | |
| | | 1,38 | | | 0,90 | | | 3,41 | | |
| | stumbri | 1,12 | 1,1 | 0,3 | 4,14 | - | - | 1,22 | 1,2 | 0,4 |
| | | 0,94 | | | 1,34 | | | 1,02 | | |
| | | 1,18 | | | 3,11 | | | 1,32 | | |
| | augšne* | 1,75 | 1,7 | 0,2 | 1,30 | 1,5 | 0,4 | 16,68 | 17,0 | 0,6 |
| | | 1,71 | | | 1,55 | | | 17,11 | | |
| | | 1,59 | | | 1,64 | | | 17,13 | | |

*Augsnes elementu saturs norādīts mg/kg

1.tabula

Mangāna un dzelzs saturs viršu augu daļās un augsnē

| Augšanas vieta | | Mežs | | | Purvs | | | Ceļmala | | |
|----------------|---------|---------|------------------|----------------|---------|------------------|----------------|---------|------------------|----------------|
| Elements | Paraugs | mg/100g | Vid., mg/100g | DI, mg/100g | mg/100g | Vid., mg/100g | DI, mg/100g | mg/100g | Vid., mg/100g | DI, mg/100g |
| Mn | ziedi | 23,67 | 23,4 | 0,7 | 28,75 | 29 | 4 | 17,21 | 17,4 | 0,5 |
| | | 23,10 | | | 30,56 | | | 17,52 | | |
| | | 23,46 | | | 27,06 | | | 17,54 | | |
| | lapas | 34,70 | 34 | 2 | 25,91 | 27 | 3 | 14,89 | 15 | 3 |
| | | 34,43 | | | 27,85 | | | 14,13 | | |
| | | 33,25 | | | 26,24 | | | 16,37 | | |
| | saknes | 7,27 | 8 | 2 | 8,88 | 11 | 5 | 8,11 | 8 | 3 |
| | | 8,78 | | | 11,36 | | | 7,41 | | |
| | | 7,75 | | | 12,94 | | | 9,37 | | |
| | stumbri | 12,57 | - | - | 14,76 | 14 | 3 | 5,78 | - | - |
| | | 11,17 | | | 13,53 | | | 5,43 | | |
| | | 7,05 | | | 12,22 | | | 3,80 | | |
| | augzne* | 3,51 | 3,5 | 0,5 | 2,07 | 2,2 | 0,3 | 83,68 | 87 | 8 |
| | | 3,38 | | | 2,27 | | | 88,29 | | |
| | | 3,75 | | | 2,30 | | | 89,48 | | |
| Fe | ziedi | 3,84 | - | - | 1,16 | - | - | 4,15 | 4,4 | 0,7 |
| | | 2,13 | | | 3,20 | | | 4,66 | | |
| | | 1,51 | | | 1,51 | | | 4,26 | | |
| | lapas | 6,66 | 6,6 | 0,2 | 1,34 | - | - | 8,58 | 8 | 1 |
| | | 6,62 | | | 2,01 | | | 8,86 | | |
| | | 6,48 | | | 3,04 | | | 7,93 | | |
| | saknes | 6,14 | 6,0 | 0,4 | 13,54 | - | - | 7,54 | - | - |
| | | 5,85 | | | 8,16 | | | 3,24 | | |
| | | 5,95 | | | 29,01 | | | 10,52 | | |
| | stumbri | 2,22 | 1,9 | 0,7 | 3,07 | - | - | 1,54 | 1,52 | 0,05 |
| | | 1,70 | | | 1,38 | | | 1,52 | | |
| | | 1,76 | | | 3,89 | | | 1,50 | | |
| | augzne* | 197,75 | 185 | 28 | 1385,68 | 1249 | 302 | 138,88 | 140 | 3 |
| | | 17,70 | | | 1152,29 | | | 141,07 | | |
| | | 180,37 | | | 1209,74 | | | 140,78 | | |

*Augsnes elementu saturs norādīts mg/kg

Bīstamības paziņojumi un paziņojumi par piesardzības pasākumiem

Bīstamības paziņojumi:

H302 Kaitīgs, ja norij.

H314 Izraisa smagus ādas apdegumus un acu bojājumus

H315 Kairina ādu.

H319 Izraisa nopietnu acu kairinājumu.

H335 Var izraisīt elpceļu kairinājumu.

H400 Ļoti toksisks ūdens organismiem.

Paziņojumi par piesardzības pasākumiem:

P261 Izvairīties ieelpot putekļus/tvaikus/gāzi/dūmus/izgarojumus/smidzinājumu.

P273 Izvairīties no izplatīšanas apkārtējā vidē.

P280 Izmantot aizsargcimdus/aizsargdrēbes/acu aizsargus/sejas aizsargus.

P310 Nekavējoties sazinieties ar SAINDĒŠANĀS CENTRU vai ārstu.

P304+P340+P310 IEELPOŠANAS GADĪJUMĀ: izvest cietušo svaigā gaisā un turēt miera stāvoklī, lai būtu ērti elpot, nekavējoties sazinieties ar SAINDĒŠANĀS CENTRU vai ārstu.

P305+P351+P338 SASKARĒ AR ACĪM: uzmanīgi izskalot ar ūdeni vairākas minūtes. Izņemt kontaktlēcas, ja tās ir ievietotas un ja to ir viegli izdarīt. Turpināt skalot.

P303+P361+P353 SASKARĒ AR ĀDU (vai matiem): noģērbt visu piesārņoto apģērbu. Noskalot ādu ar ūdeni/dušā.

Bakalaura darbs „Viršu (*Calluna vulgaris*) ķīmiskā sastāva izvērtējums dažādās augšanas vietās” izstrādāts LU Ķīmijas fakultātē.

Ar savu parakstu apliecinu, ka pētījums veikts patstāvīgi, izmantoti tikai tajā norādītie informācijas avoti un iesniegtā darba elektroniskā kopija atbilst izdrukai.

Autors: _____ /Baiba Pērkone/
(personiskais paraksts) (paraksta atšifrējums)

Rekomendēju/nerekomendēju darbu aizstāvēšanai

Vadītāja, lekt., Mag. chem Zenta Balcerbule: _____
(personiskais paraksts) (datums)

Recenzente, pētniece, Mag. chem Lauma Buša _____
(personiskais paraksts) (datums)

Darbs iesniegts Ķīmijas fakultātē: _____ (datums)

Dekāna pilnvarotā persona, metodiķe: _____ Vija Gutāne
(personiskais paraksts)

Darbs aizstāvēts bakalaura gala pārbaudījuma komisijas sēdē:

_____ protokols Nr. _____ (ieraksta sekretārs)
(datums) (protokola Nr.)

Komisijas sekretāre, lektore: _____
(personiskais paraksts) (paraksta atšifrējums)