

TARTU JAAN POSKA GÜMNAASIUM

MARI LIIS AADER

11.E1 KLASS

12.–13. SAJANDI LASTE TOITUMINE: STABIILSETE ISOTÜÜPIDE ANALÜÜSID KUKRUSE KALMISTULT

JUHENDAJAD LEMBI LOIGU JA PHD MARI TÖRV

SISSEJUHATUS

Toitumise uurimine on arheoloogias kiiresti arenev valdkond. Erinevate teaduslike meetodite rakendamisel saame tänapäeval palju täpsema sissevaate inimeste toitumisharjumustesse (Oras jt, 2018). Üksikute isikute toitumisharjumuste võrdlemisel on võimalik saada ülevaade kindlal ajastul ja kohas elanud inimrühmade toitumisest.

Töö autor valis mineviku toitumist käsitleva teema isiklikust huvist arheoloogia vastu. Autor kogub andmeid Kukruse väljakaevamistelt leitud laste (vanuses 0–19) toitumise kohta läbi süsiniku ja lämmastiku stabiilsete isotoopide analüüsi. Seni on laste uurimine ajaloos tagaplaanil olnud ja nende eluviisi kohta on uurijatel vähe teadmisi (Randoja, 2012). Siinne töö püüab seda tühimikku täita.

Uurimistöös analüüsitakse laste toitumist muinasaegse Kukruse kalmistu luude kollageenis sisalduvate stabiilsete süsiniku ja lämmastiku isotoopide väärtuste põhjal. Hüpotees on, et laste toitumine sarnaneb Kukruse täiskasvanute toitumisega. Analüüsi käigus saadud tulemustele kaasab autor Ester Oras jt (2018) artiklis „Social food here and hereafter: Multiproxy analysis of gender-specific food consumption in conversion period inhumation cemetery at Kukruse“ („Sotsiaalne toit siin ja edaspidi: soospetsiifilise toidutarbimise multiproksianalüüs kristianiseerimise perioodil Kukruse kalmistul“) käsitletud laste toitumist kajastavaid tulemusi ning võrdleb neid samas avaldatud Kukruse kalmistu täiskasvanute kohta käivate andmetega. Need andmed on omavahel hästi võrreldavad, sest artiklis (Oras jt, 2018) esitatud andmed pärinevad samast kohast ja nende kogumisel on kasutatud sama meetodikat.

Uurimistöös analüüsitavad andmed pärinevad Kukruse kalmistult leitud matustest. Ehkki hilisrauaajast on Kukrusele sarnaseid laibakalmistuid teada mitmeid (Kriiska ja Tvauri, 2002, lk 243) ja Kukrusele kõige lähem samaaegne matmispaik on vaid paarikümne kilomeetri

kaugusel Padas (Randoja, 2012), on töö autor valinud analüüsimiseks Kukruse, sest sealne materjal on hästi säilinud ja suurepäraselt dokumenteeritud. Aastal 2009 toimusid Tallinna-Narva maantee ehitamise käigus leitud matmispaigas (vt joonis 1) päästekaevamised. Kukruse mõisa lähedalt avastati uusaegne maantee, põletusmatuste väli ja laibakalmistu. Umbkaudselt dateeriti uusaegne maantee 19. sajandisse ja laibakalmistu, kust selle töö andmed pärinevad, 12.–13. sajandisse.

Töö põhiallika – Kukruse laste kollageenist määratud stabiilse süsiniku ja lämmastiku väärtuste – analüüsid teeb autor ise (vt ptk 5). Taustamaterjali Kukruse kalmistu kohta annavad 2010. aasta Lõhmuse jt artikkel „Kukruse päästekaevamiste esmased tulemused: uusaegne tee, põletusmatuste väli ja 12.–13. sajandi laibakalmistu“ ja Keiti Randoja 2012. aastal kirjutatud bakalaureusetöö „Laste võimalikud sotsiaalsed vanusegrupid Kukruse ja Pada hilisrauaaegsete kalmistute näitel“. Neid kasutatakse uurimistöös matuste kirjelduste algallikana. Lisaks kasutatakse saadud andmete võrdluseks ja analüüsiks allikana Orase jt 2018 artiklit „Social food here and hereafter: Multiproxy analysis of gender-specific food consumption in conversion period inhumation cemetery at Kukruse“, milles on uuritud Kukruse täiskasvanute toitumist stabiilsete isotoopide analüüsi abil.

Töö koosneb neljast sisupeatükist, analüüsist, kokkuvõttest, lisadest ja ingliskeelsest resümeeist. Sisupeatükkides on käsitletud järgnevaid teemasid: Kukruse päästekaevamistelt saadud leiud, üldine taust hilisrauaajast ja stabiilsete isotoopide analüüsi põhimõtted. Viimases sisupeatükis antakse ülevaade töö läbiviimise meetodist laboris, andmete organiseerimisest ja stabiilsete isotoopide analüüsist. Analüüsiosas esitatakse tulemuste analüüs võrdluses varasema uuringuga ja töö lõplikud järeldused.

Soovin tänada ülikoolipoolset juhendajat Mari Tõrva tohutu toetuse, suurepärase nõuannete, kannatliku meelega ja mõistva suhtumise eest.

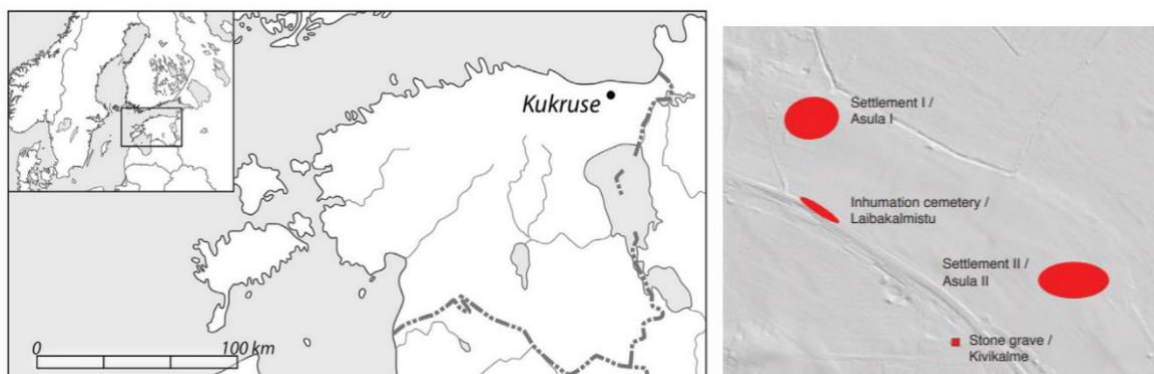
Tööd iseloomustavad märksõnad: arheoloogia, toitumine, hilisrauaaeg, süsiniku ja lämmastiku stabiilsed isotoobid, Kukruse kalmistu.

SISUKORD

SISSEJUHATUS.....	1
1. KUKRUSE KAEVAMISED	4
2. AJALOOLINE TAUST: 12.–13. SAJANDI EESTI ALA.....	6
2.1. Suhted naabritega ja poliitiline olukord.....	6
2.2. Usk.....	7
2.3. TOIDULAUD EESTIS 12.–13. SAJANDIL.....	8
3. STABIILSED ISOTOOBID	10
3.1. Süsinik.....	10
3.2. Lämmastik	12
3.3. Tulemuste esitamine, lugemine ja usaldusväärsuse hindamine	12
3.4. Stabiilsed isotoobid arheoloogias.....	14
4. VALIM.....	16
4.1. Proovistamine	16
4.2. Proovide puurimine.....	17
4.3. Kollageeni eraldamine	18
4.3.1. Demineraliseerimine	18
5. ANALÜÜS.....	19
5.1. Proovide tulemused	19
5.2. Laste ja täiskasvanute toitumine Kukrusel	19
KOKKUVÕTE	23
ABSTRACT	24
KASUTATUD MATERJALID	25
Lisa 1. Näiteid luuproovide võtmise etappidest	28
Lisa 2. Proovivõtuprotokoll	29
Lisa 3. Analüüsimiseks võetud proovid enne ja pärast proovistamist	34
Lisa 4. Kukruse laste stabiilsete isotoopide väärtused	35

1. KUKRUSE KAEVAMISED

2009/2010. aasta talvel toimusid Tallinna-Narva (E20) maantee ehitusel Kukruselt avastatud matmispaikade arheoloogilised päästekaevamised (vt joonis 1). Töid juhatasid arheoloogid Tõnno Jonuks ja Mari Tõrv. Välitöödega tehti kindlaks, et u 600 m² maa-alal on varem olnud põletusmatuste väli, laibakalmistu ja uusaegne maantee. (Lõhmus jt, 2010, lk 113–114)



Joonis 1. Kukruse kalmistu asukoht Eesti kaardil (Oras jt, 2018) ja kalmistu koos teiste lähedal asuvate muististega (Lõhmus jt, 2010; kaart: Martti Veldi)

Tallinna-Narva maantee all asuv munakivitee dateeriti leitud mündi abil 18. sajandi lõppu kuni sajandi algusesse. Stratigraafiliselt paikneb põletusmatuste kiht 20–45 cm paksuses kultuurikihis uusaegse maantee all, sisaldades põlenud inimluud ja esemete tükke, ning laibakalmistu, mille materjale siinses töös analüüsitakse, veel sügavamal. Paraku ei ole vastandliku info tõttu laibakalmistu ja põletusmatuste ajalist suhet seni kindlaks tehtud. Radioaktiivse süsiniku meetodil dateeritud inimluude ja leitud esemete tüüpide abil tehti kindlaks, et laibakalmistut kasutati valdavalt 12. sajandi lõpul ja 13. sajandil, kuid üksikutel juhtudel on seda ala matmiseks ka hiljem (17. sajandil) kasutatud. (Lõhmus jt, 2010, lk 113–114)

Autori töö käsitleb üksnes Kukruse 12.–13. sajandi laibakalmistut, kuhu oli maetud nii naisi kui mehi, aga ka lapsi ja noorukeid. Kõige rohkem oli sinna maetud imikuid ja lapsi. Osteoloog Martin Malve tehtud määrangute järgi oli Kukruse kalmistul naisi ja mehi võrdselt ning enamus täiskasvanutest olid maetud kõrges vanuses, mis 12.–13. sajandil oli 40–50 aastat (Randoja, 2012). Vanade inimeste ja laste suur osakaal viitab normaalsele demograafilisele olukorrale, mistõttu võib järeldada, et tegemist on rahuaja kalmistuga. (Lõhmus jt, 2010, lk 113–114)

Kalmistul oli 35 matust, kust leiti kokku 40 luustikku (viis matust olid kaksikmatused ja ülejäänud olid üksikmatused). Üleskaevatud matustest kuulus 22 lastele ja noorukitele. (Randoja, 2012) Surnule kaasa pandud hauapanuseid – tööriistu, isiklikke esemeid (nt ehted) või relvi – leiti rohkem täiskasvanutel ja vähem lastelt (Lõhmus jt, 2010, lk 113–114). Kindlad panused olid sooliselt eristatud, mille järgi on võimalik sugu määrata näiteks lastel, kellel ei ole

vaagnaluu, lõualuu või üldiselt soo dimorfismi veel vanuse tõttu välja arenenud (Randoja, 2012). Siinses töös analüüsitakse kaheksa eri vanuses lapse stabiilsete isotoopide väärtusi (vt tabel 1), et selgitada nende toitumist.

Tabel 1. Siinses töös analüüsitavad Kukruse lapsed

Matuse number (TÜ 1777)	Vanus (M. Malve)	Hauapanus(ed)	Märkused
Xa	12a +/- 30k	Nuga, kotipaelte kinnis, palju spiraale, käevõru, kaelavõru	Maetud koos Xb
Xb	9a +/- 24k	Hoburaudsõlg, jalavõru	Maetud koos Xa
XXVb	4a +/- 12k	(haud varem segatud)-	
XXVI	0-2k	-	
XXXI	1a +/- 4k	-	
XL	4a +/- 12k	Hoburaudsõlg, kelt (pronksiaegne silmata metallkirves), käevõrud, pannal, jalavõru, rinnaleht, nuga, rihmarõngas	Ühes haualohus luustik XLI-ga
XLI	5a +/- 16k	Helmes (mitu), käevõrud, savinõu, nuga	Ühes haualohus XL-ga
XLII	4a +/- 12k	Käevõru, helmed, nõel	

2. AJALOOLINE TAUST: 12.–13. SAJANDI EESTI ALA

Proovidest saadud andmeid ei ole võimalik analüüsida ega neist järeldusi teha ilma, et võetaks arvesse Kukruse ja laiemalt 12.–13. sajandi (ajaloolist) tausta tänasel Eesti alal. Adekvaatse analüüsi ja argumenteeritud järelduste tegemise jaoks on vaja teada, millised sündmused, usk ja teised kultuurilised ja sotsiaalsed mõjutegurid võisid Kukruse kalmistule maetud inimesi ja nende toitumist 12.–13. sajandil mõjutada.

2.1. Suhted naabritega ja poliitiline olukord

12.–13. sajandil olid Läänemere maad omavahel tihedalt seotud ja aktiivselt kontaktis. Eesti alal ühtne (kesk)võim puudus. Eesti aladel hinnati muinasaja lõpul ühiskonna sotsiaalset struktuuri erinevalt, aga haldusstruktuur jaotus järgnevatiks tasanditeks: maakond, kihelkond ja küla (Lang, 2003). Maakonnad tegutsesid 13. sajandi lõpul tihti ühiselt, aga puudusid kõiki maakondi siduvad ettevõtmised (Lillak, 2015). „Eesti Ajaloo II“ järgi (Kala jt, 2012) kristlikus kirjasõnas ehk Läti Henriku kroonikas kujutati Eestis olevaid rahvaid ebausku kommete harrastajatena, kes olid sõjakad ja metsikud ning korraldasid sõjaretki Skandinaaviasse ja tegelesid piraatlusega. Sõjalisi kokkupõrkeid oli 12. sajandil ka venelastega, mis olid enamasti venelaste algatatud ning toimusid eelkõige Pihkvas, Otepääl ja Tartus, jäädes Kukruse alast kaugemale. Ei ole teada, kas nende sõjakäikude eesmärk oli saavutada püsivat ülemvõimu või teha rüüsteretki. Samuti ei ole kindel, kas Eestit koheldi kui võõrast maad või Novgordi ääreala. 13. sajandi alguse kohta ei ole võimalik kindlalt väita, et Eesti alad kuulusid püsivalt vene vürstidele. Puuduvad ka tõendid, et Skandinaavlaste sõjaretked Eesti eri piirkondadesse oleks põhjustanud alade püsivat maksukohustust Taani või Rootsi kuningatele. „Napid ülestähendused lubavad kinnitada, et ükski Eesti osa polnud 12. sajandi lõpul naabermaade suhtes püsivas alamlussuhtes“ (Kala jt, 2012).

Sakslastest kaupmehed olid Eesti aladest huvitatud, sest see oli vahelüli Venemaaga kauplemisel. Kauplemine peatus (risti)sõdade ajal 13. sajandi algul. Mittekristlastega äri tegemist peeti ohtlikuks, seepärast olid kaupmehed huvitatud Baltikumi ristiusustamisest. Samas kaubeldi omavahel ka varem ja sõda ei soovitud, kuna rahu soodustab kauplemist ning vallutushuvi sel ajal ei olnud. Kristluse piir oli nihkunud Läänemere idapoolsetele aladele. Rüüsteretked jätkusid 12. ja 13. sajandil, aga neid rünnakuid nimetati rüüsteretkedeks paganatemaale, mitte ristosõjaks. (Kala jt, 2012)

Kohalike Põhja-Saksa piiskoppide ja Taani võimude, nii vaimulike kui ka ilmalike, algatusel võeti paavstikuuria toel ette suurejoonelisem ristosõda (Histrodamus, 2010). Ristosõdade ajal oli vallutajatel oluline „õigustada oma tegevust vastase paganlikkuse kaudu“ (Kala jt, 2012). Ristosõjad Eesti- ja Liivimaale algasid 13. sajandi teisel veerandil. Enamik tegevusest oli

alguses Lõuna-Eesti aladel Liivimaal ja Lätis. Taani kuningas Valdemar maabus 1219. aastal Revalas, lammutas eestlaste vana elupaiga ja asus selle asemel püstitama Tallinna (Revala) linnust. Valdemar lahkus kodumaale, kui linnus oli valmis ja mehitatud, aga piiskopid jäid kohale ja alistasid ning ristisid Revala aastaga. (Kala jt, 2012)

Autori järeldused puudulike materjalide põhjal ristsõja konflikti alade ulatusest on, et sõjategevus ja suurem vägivald ei ulatunud Kukruseni. Peamiselt tegutseti Lõuna-Eestis ning hiljem Lääne-Eestis ja Tallinnas (Kala jt, 2012). Kukruse kaevamiste esmastes järeldustes leiti, et enamik täiskasvanutest oli surnud kõrges vanuses ning erinevate vanusrühmade osakaalud viitavad normaalsele demograafilisele olukorrale, mis viitab rahuaja olukorrale (Lõhmus jt, 2010, lk 113–114) ehk võib arvata, et ristsõjad ei mõjutanud Kukruse kalmistule maetuid.

2.2. Usk

Religiooni uurimine materiaalse kultuuri põhjal on keeruline ettevõtmine. Arheoloogilistes leidudes väljendub usk tihti peamiselt matsekombestik. Inimeste matmine maahaudadesse levis Eestis 9.–10. sajandil ning alates 11. sajandist esineb suuremaid laibamatustega kalmistuid. Rikkalikud hauapanused säilisid kuni 12.–13. sajandi vahetuseni, aga 13. sajandil hakkas hauapanuste hulk vähenema (Lang, 2003).

Usuväljendusi 11.–13. sajandi haudadest Eesti alal on esinenud ehetes ja ripatsites, kus leidis ristikujulist kristlikku sümbolikat ja motiivi. Ehted nagu sõled, hoburaudsõled, rinnalehed ja õõneskumerad käevõrud, mis on dateeritud 12.–13. sajandisse, kandsid mõnikord ka kristlikku sümbolikat. Kristlik sümbolika võib mõnel juhul ühtida mittekristliku sümbolikaga, mistõttu ei saa usku kindlalt määrata, ning on juhtumeid, kus leidudes esinevad mittekristlikud ja kristlikud ehted koos. „Ristiajaloo allikad ei kõnele niisiis esmajoones mitte kristlaste *resp.* ristitute puudumisest eestlaste seas, vaid kirikliku võimu puudumisest eestlaste, lätlaste ja liivlaste maal.“ (Kala jt, 2012)

Varasemates haudades olid surnud maetud peaga põhja-, ida- või kirde poole, aga ristiusu kohaselt hakati 13. sajandil matma inimesi peaga läänekaarde (Lang, 2003). Randoja (2012) Kukruse kalmistu matmissuundade analüüs näitas, et kõige tihedamini esines matuseid, mis olid orienteeritud lääne-, lõuna- või kagusuunda. Läänekaare sagedasem esinemine võib viidata kristlikele mõjudele. Samas peab arvestama, et Eesti aladel jätkus paralleelselt ristiusu ja kiriku võimu tulekuga 13. sajandil külakalmistute kasutamine, kus hauapanustes esineb nii muinasajast pärinevaid jooni kui ka kristlikku kombestikku (Valk, 1992).

Läänepoolsed maad Läänemere kaldal nagu Taani ja Rootsi olid 12. sajandiks juba kristlikud, aga idarannikul elavad rahvad: eestlased, lätlased ja liivlased, ei olnud. Eestlastest ida pool elasid samuti kristlikud rahvad – venelased, kes olid õigeusku. Eesti, koos Kukruse

piirkonnaga, asus Läänemere idaranniku paganlikus vööndis, mis oli lääne- ja idakiriku kristluse levimisala ääremaal. Paganlikus vööndis elasid hõimud ja rahvad, kelle seas võis olla üksikuid ristitud, kelle ristimine võis toimuda ida- või läänepoolsete naabrite juures. Enne ristsõdu oli siinsele alale vene õigeusul suurem mõju kui läänepoolisel kristlusel. Ei ole tõendatud, kas Eestis 12. sajandi või 13. sajandi kirikuid oli. (Kala jt, 2012)

2.3. TOIDULAUD EESTIS 12.–13. SAJANDIL

Raamatus „101 Eesti toitu ja toiduainet“ on Bardone jt kirjutanud nii: „toit seostub nii keha kui ka vaimuga, selles on ilu ja poeesiat, loovat jõudu ja väge.“ Toit on aegade algusest olnud suur osa inimese elust, selle hankimine, valmistamine ja söömine on suunanud kultuurielu. Söök nii on loomulik osa igapäevaelust, kui ka kultuur ise. (2016, lk 8)

Eesti elanike toitumist on mõjutanud ümbritsev loodus, kliima ja inimeste tegevusalad nagu põllundus ja karjakasvatus. Erinevad maismaalised keskkonnad, nagu metsad, rabad ja ka erinevad veekeskkonnad nagu Läänemeri, järved ja jõed, on kujundanud rahva toidulauda oma valikuvõimaluste ja kättesaadavusega. Erinevatest teguritest tulenevalt on Eesti toidukultuuris piirkondlikke erisusi, mille tõttu on näiteks setude ja saarlaste toidulauad erinevad ja omapärased. (Bardone jt, 2016)

Peale looduse on mõju avaldanud ka kokkupuuted teiste rahvastega. Näiteks keskajast alates tulid suurimad kultuurimõjud Lääne-Eestisse sakslastelt, saartele rootslastelt; Kagu- ja Ida-Eestisse venelastelt ning põhjarannikule soomlastelt. (Bardone jt, 2016) Kukruse ala, mis asub põhjarannikul, oli avatud kultuurimõjudele kiiresti levivalt ristiusult, põhjast soomlastelt ja ingerlastelt ning idast venelastelt.

Eestlased olid 12. sajandi alguseks peamiselt põllumehed ja „maaharimise ümber keerles kogu muu elu.“ Põhja- ja Kesk-Eestis oli püsipõlde rohkesti, kuid Lõuna-Eestis ja Läti aladel, kus oletatakse, et aletegu oli veel tähtis, vähem. (Kriiska, Tvauri, 2002) Põldudel kasvatati erinevaid kultuurtaimi nagu otra, nisu, kaera, hernest, uba, naerist, lina ja kanepit, aga peamiselt suvi- ja talirukist (Adamson, Karjahärm, 2004). Toidulaual oli muinasaja lõpul põhiline toit leib, mida valmistati peale rukki ka aganatest (Kriiska, Tvauri, 2002).

Rauaajal kasutusel olnud linnuste juurest leitud luude põhjal oli Lääne- ja Loode-Eestis loomakasvatuse tähtsus suurem kui mujal. Lisaks oli erinevusi Eesti eri piirkondades kasvatatavate koduloomade eelistustes. Lääne- ja Loode-Eesti linnuste (Valjala ja Soontagana) luumaterjalid on kõige arvukamalt kitse-, lamba-, ja veiseluid, harvem hobuseluid. Lõuna-Eesti linnuse (Lõhavere) luuleidude hulgas on kõige rohkem sealuid, aga hobuseluid veelgi vähem kui Lääne-Eestis. Eesti kirdeosas paikneva Kukruse elanike eelistused sarnanevad arvatavasti kõige rohkem läänepoolse loomapidamiskultuuriga, kuna tegemist on rannikulähedase alaga. Hiljem, hilisrauaajal, kasvas sigade pidamise tähtsus veiste pidamisest suuremaks. (Kriiska, Tvauri, 2002)

Loomade küttemisega tegeleti eelkõige hõredama asustusega aladel. Läänemere saartel ja rannikualadel püüti hülgeid ja mandri keskosas peamiselt põtra ja valgejänest, vähem metskitse ja metssiga. Linnustest ja hajali asetsevatest asulatest leitud kalajäänused näitavad, et kala oli toidulaual tähtsal kohal nii asustuskeskustes kui ka kõrvalistel aladel. Söögiks püüti ahvenat, haugi ja teisi tänapäevalgi toidulaual eelistatud kalaliike. (Kriiska, Tvauri, 2002)

Vett saadi enamasti lahtistest veekogudest ja allikatest, aga selle joomist välditi, kuna sellised veekogud olid sageli reostunud. Keetmata vee joomisega seotud ohte oli kerge vältida hapendatud jookide (kali, õlu või taar) joomisega. (Kriiska, Tvauri, 2002)

Eesti aladel elavate inimeste toitumine sõltus oluliselt nende ühiskondlikust positsioonist. Staatusepõhiseid erinevusi söödud toidus on täheldatud Lightfoot jt (2016) artiklis „The influence of social status and ethnicity on diet in mediaeval Tallinn as seen through stable isotope analysis“ („Sotsiaalse staatuse ja etnilise päritolu mõju keskaegse Tallinna elanike söögisedelile stabiilsete isotoopide analüüsi kohaselt“). 13.–18. sajandi vahemikku jäävad uuritud matuste andmed pärinevad Põhja-Eestis rannikualalt, Tallinnast ja selle lähedal olevatest erinevatest matmispaikadest. Selle piirkonna looduslikud tingimused sarnanevad Kukruse ala omadega ja seepärast võib arvata, et sarnane staatusepõhine toitumise erinevus oli levinud ka seal. Uuringus leiti, et päritolu ja sotsiaalne staatus mõjutas dieeti isotoopide tasandil.

3. STABIILSED ISOTOOBID

Keemilise elemendi isotoobid on erinevad versioonid ühest ja samast elemendist, mis erinevad üksteisest vaid neutronite arvu ehk massi poolest. Paljudel elementidel on üks kuni mitu looduslikult esinevat isotoopi. Looduses ei leidu neid aga võrdsetes kogustes, tavaliselt on kergemat isotoopi rohkem. Isotoobid jagunevad stabiilseteks ehk aja jooksul muutumatuteks ja radioaktiivseteks ehk teatud aja jooksul radioaktiivse lagunemise teel teisteks keemilisteks elementideks lagunevateks isotoopideks (Brown, 2011, lk 79–80). Siinne töö keskendub stabiilsetele isotoopidele, mille väärtusi määratakse stabiilsete isotoopide massispektromeetriga ehk EA-IRMS (*Elemental Analyzer - Isotope Ratio Mass Spectrometer*; Malainey, 2012, lk 177). Siinses töös kasutatakse Tartu Ülikooli geoloogia osakonna massispektromeetrit Thermo Delta V Plus spektromeeter, mille kasutamist selgitas ja analüüse viis läbi Holar Sepp.

Kuigi kõik ühe elemendi isotoobid jagavad selle keemilisi omadusi, mõjutab nende masside erinevus nende käitumist (bio)keemilistes ja (bio)füüsikalistes protsessides. Raskete ja kergete isotoopide vahekorra muutust nii füüsikalistes kui ka keemilistes protsessides nimetatakse fraksioneerumiseks (Sikemäe, 2015, lk 9). Eri organismid omastavad raskemaid ja kergemaid isotoope ainevahetuse käigus eri hulkades. Näiteks taimed eelistavad fotosünteesil kergemaid isotoope, nii et neid talletatakse taime kudedesse rohkem kui raskeid isotoope. Sellise fraksioneerumise tulemusena muutub ainevahetuse käigus organismi kudedes talletunud kergete ja raskete isotoopide vahekord. (Brown, 2011, lk 81)

Mõnede keemiliste elementide eri isotoopide suhet saab kasutada minevikus elanud inimeste toitumise uurimiseks. Süsiniku (C) ja lämmastiku (N) isotoopide suhte muutumine ehk fraksioneerumine toiduahela erinevate lülide vahel võimaldab uurida inimeste üldist toitumist. Stabiilsete isotoopide meetodiga mõõdetakse raskete isotoopide sisaldust (raskete ja kergete isotoopide suhet; Sikemäe, 2015, lk 8). Toitumise uurimiseks määratakse süsiniku puhul ^{12}C ja ^{13}C suhe ning lämmastikul ^{14}N ja ^{15}N suhe luu kollageenis (Brown, 2011, lk 79–84). Isotoopidevahelisi suhteid väljendatakse allpool esitatud valemi abil (vt ptk 3.1. ja 3.2.) ning saadud isotoopväärtuse tähistamiseks kasutatakse märki δ , mis väljendab erinevust ehk süsiniku puhul $\delta^{13}\text{C}$, ja lämmastiku puhul $\delta^{15}\text{N}$ (Sikemäe, 2015, lk 7).

3.1. Süsinik

Süsinik osaleb erinevates keskkonnaprotsessides ja on elusolendite oluline koostisosa, esinedes orgaanilistes molekulides nagu süsivesikud, rasvad ja valgud. Stabiilsete süsiniku isotoopide (^{12}C ja ^{13}C) vahekorra uurimise abil saab eelkõige määrata, kas inimesed toitusid

peamiselt C3 (enamuse parasvöötme taimi) või C4 (esineb enamasti kõrbe- ja troopika taimedes) taimedest, mille vahe tuleneb sellest, et erinevad taimed fotosünteesivad erinevalt. Samuti näitab süsiniku isotoopväärtus seda, kas uuritav toitus peamiselt maismaalistest või merelistest saadustest. (Malainey, 2012, lk 35)

Meid ümbritsevas õhus on 12C ja 13C osakaalude suhe järgnev: 100 aatomist on 99 12C ja üks on 13C. Esimene muutus 12C ja 13C suhtes tekib atmosfääri ja taime koe vahel fotosünteesi käigus. 12C ja 13C suhted taimedes varieeruvad erinevate tegurite tõttu, nagu temperatuur ja asukoht ekvaatori suhtes. Fraksioneerumine toimub kõikides taimedes, sest kergem isotoop 12C hajub taime sisenedes kiiremini läbi taime lehtedel olevate pooride (Brown, 2011, lk 82). Õhus ja taimes oleva 12C ja 13C väärtuste erinevus on väike mitmetel kuumas kliimas kasvavatel C4 kultuurtaimedel, nagu mais ja suhkruroog, kuna need fotosünteesivad isegi siis, kui CO₂ kontsentratsioon on madal, ning taime veekadu ja gaasivahetus atmosfääriga on väiksemad (Malainey, 2012, lk 39–41). C3 taimede puhul on atmosfääris ja taimes oleva 12C ja 13C väärtuste erinevus suurem (Malainey, 2012, lk 41). Eestis esines hilisrauaajal (12.–13. saj) ehk Kukruse kalmistu kasutusajal ainult C3 taimi (Tõrv, 2016, lk 82).

Süsiniku isotoopide fraksioneerumine toimub ka toiduahelat pidi edasi liikudes. Kui rohusööja sööb taimi, siis tema organismis talletuv 12C ja 13C suhe erineb omakorda söödud taime omast, seega toimub uus fraksioneerumine. Toiduahelas edasi liikudes sööb lihasööja rohusööja ära ja selle käigus rikastub kergem isotoop 12C, mistõttu erineb lihasööja kudede 12C ja 13C suhe taimetoitlase omast. (Malainey, 2012, lk 40) Nagu eespool mainiti, siis saab eristada ka merelise ja maismaalise päritoluga toitu (Malainey, 2012, lk 35). See tuleneb sellest, et meretaimed omastavad enamiku süsinikust lahustunud biokarbonaatidest, mille $\delta^{13}\text{C}$ väärtus on kõrgem kui atmosfääris oleval CO₂. Seetõttu on merelistes toiduahelates olevate isendite $\delta^{13}\text{C}$ väärtused võrreldes maismaaliste C3 põhinevate toiduahelates olevate isenditega kõrgemad (Smith, Epstein, 1971). Kuigi toiduahela lülide vahel on fraksioneerumise tõttu erinevus, kasutatakse 12C ja 13C suhet, et määrata, kas toituti C3 / C4 taimedest ja kui mereline / maismaaline toit oli. Toiduahelas paiknemist määratakse lämmastiku sisalduse alusel (vt ptk 3.2.).

12C ja 13C suhet võrreldakse $\delta^{13}\text{C}$ saamiseks rahvusvahelise standardiga, Vienna PDB-ga. Toiduahela erinevate astmete vaheliste süsiniku rikastumise ehk süsiniku 12C ja 13C vaheliste suhete muutumise arvutamiseks kasutatakse valemit

$$\delta^{13}\text{C} = [(13\text{C} / 12\text{C} \text{ proov}) / (13\text{C} / 12\text{C} \text{ standard}) - 1] \times 1000.$$

Saadud väärtused on väga väikesed, mistõttu esitatakse neid ‰ ja võrreldava standardi olemuse tõttu on suhete erinevused tavaliselt negatiivsed. Kui $\delta^{13}\text{C}$ väärtus on positiivne, tähendab see, et 13C sisaldus on suurem võrreldes standardiga või et 12C väärtus on

kahanenud. Kui tulemus on negatiivne, siis on vastupidi. Standard, mida arvutustes kasutatakse, on mereline paekivi, mida nimetatakse *Peedee belemnite* (PDB), mis on oma algses vormis praeguseks ära kasutatud. PDB on asendatud teiste standarditega mille $\delta^{13}\text{C}$ väärtused võrreldes PDB-ga on teada. (Malainey, 2012, lk 39–41; Brown, 2011, lk 81)

3.2. Lämmastik

Kõige tavalisem lämmastiku isotoop on ^{14}N , raskemat isotoopi ^{15}N esineb looduses harva (vähem kui 0,4%). Organismides leidub lämmastikku amiinides, amiidides ja aminohapetes. Lämmastik moodustab 79% õhust, kuid vähesed organismid suudavad seda õhus oleval kujul kasutada. Enamik organisme kasutavad lämmastikku, kui see on varem keemilisse ühendisse (nt nitraati) seotud. Õhus olevat lämmastikku seovad mügarbakterid, sinikud ehk tsüanobakterid ja rohevetikad, kes muudavad selle teistele organismidele kasutatavaks. (Malainey, 2012, lk 41)

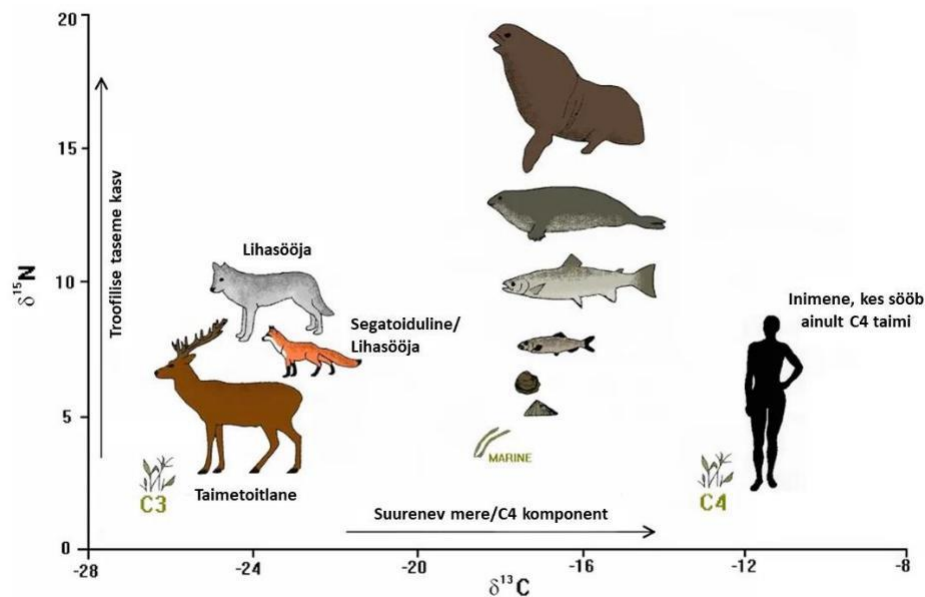
Arvutatud $\delta^{15}\text{N}$ väärtus on ^{15}N ja ^{14}N suhte võrdlus rahvusvahelise standardiga – *atmospheric nitrogen AIR (Ambient Inhalable Reservoir)*. Toiduahela eri astmete vaheliste lämmastiku rikastumise ehk lämmastiku ^{14}N ja ^{15}N vaheliste suhete muutumise arvutamiseks kasutatakse valemit

$$\delta^{15}\text{N} = [(^{15}\text{N} / ^{14}\text{N} \text{ proov}) / (^{15}\text{N} / ^{14}\text{N} \text{ standard}) - 1] \times 1000.$$

Erinevalt süsinikust lämmastiku raskema isotoobi väärtused toiduahelat pidi üles liikudes kasvavad. Samuti saab siin eristada maismaalisi ja merelisi komponente, sest merelises keskkonnas on $\delta^{15}\text{N}$ väärtused natuke positiivsemad kui maismaalises. Lisaks mõjutavad mereliste isendite lämmastikuväärtusi pikemad toiduahelad. (Schoeninger, DeNiro, 1984) Merelistes organismides on ^{15}N 5–6‰ ja maismaalistes 1–4‰, mägeveeliste organismide väärtused jäävad nende väärtuste vahele. Kõik maismaataimed omandavad lämmastiku isotoope mullast vastavalt piirkonnale ehk C3 ja C4 taimed on lämmastiku isotoobi analüüsis mitteeristatavad. (Malainey, 2012, lk 183) Tänu lämmastiku pidevale fraktsioneerumisele toiduahela eri astmete vahel on võimalik arheoloogilises aineses kindlaks teha näiteks seda, kas uuritav laps on veel rinnapiima toidul või mitte (Howcroft, 2013).

3.3. Tulemuste esitamine, lugemine ja usaldusväarsuse hindamine

Stabiilsete süsiniku ja lämmastiku isotoopide suhtväärtused kuvatakse graafiliselt (vt joonis 2). C13 ja N15 väärtuste suhteid väljendatakse punktidenähtena graafikul, kus x-teljel asuvad $\delta^{13}\text{C}$ väärtused ja y-teljel $\delta^{15}\text{N}$ väärtused. Punktide paiknemise järgi saab teha üldisi järeldusi üksikindiviidi toitumisharjumuste kohta.



Joonis 2. Näitlik lämmastiku ja süsiniku stabiilsete isotoopide suhte graafik (Adam Benton, 2015 järgi)

Joonisel 2 on näidatud, et x-telg ($\delta^{13}\text{C}$ väärtus) kajastab eelkõige maismaalise ja merelise toitumuse vahet ning C3 ja C4 taimede erinevust. Merelise, C4 ja C3 taimede toitumisega inimesi, on võimalik eristada tänu erinevustele fotosünteesi protsessis, mille järgi jaguneb graafik järgnevalt: C3 taimedest toituv inimese $\delta^{13}\text{C}$ väärtus on kõige negatiivsem (kõige rohkem rikastumist fotosünteesi jooksul) ja paikneb $\delta^{13}\text{C}$ x-teljel vasakul pool, C4 taimedest toituv inimene on kõige positiivsema $\delta^{13}\text{C}$ väärtusega (suhe muutub kõige vähem fotosünteesi jooksul) ja paikneb $\delta^{13}\text{C}$ x-teljel paremal pool. Merelise toitumisega inimene paikneb $\delta^{13}\text{C}$ horisontaalsel teljel C4 ja C3 vahel. (Brown, Brown, 2011)

Joonise 2 y-telg kajastab $\delta^{15}\text{N}$ väärtusi, mis omakorda näitab tarbitud toidu paiknemist toiduahelas. Nii on joonisel 2 selgelt näidatud, et taimetoiduline hirv on väiksema $\delta^{15}\text{N}$ väärtusega kui lihatoituline hunt. Segatoidulised asuvad taimetoitlaste ja lihasööjate/tippkiskjate vahel, kohas, kus joonisel 2 paiknevad rebane ja lõhe (Brown, Brown, 2011, lk 84–85). Samuti näitavad $\delta^{15}\text{N}$ väärtused, kas inimese toit pärineb maismaalisest keskkonnast või merelisest. Näiteks inimene, kes sööb C4 ja või C3 taimi, paikneb $\delta^{15}\text{N}$ y-teljel madalal ehk on väiksema $\delta^{15}\text{N}$ väärtusega nagu joonisel 2 märgitud kits ja ainult C4 taimedest toituv inimene. Merelise toidulauaga inimene paikneb $\delta^{15}\text{N}$ y-teljel kõrgemal nagu joonisel 2 on kujutatud kalu ja hüljest. (Brown, Brown, 2011, lk 84–85)

Luu kollageenist saadud proovide usaldusväarsuse hindamisel kasutatakse erinevaid kvaliteedikriteeriume. Esimene kriteerium on, et kollageeni sisaldus proovis peab olema üle 0,5%. Kui kollageeni on alla nimetatud määra, siis on suur tõenäosus, et proovis on saasteainet, mistõttu saadud tulemus ei ütle analüüsitud indiviidi toitumise kohta midagi. Teine kriteerium on C:N suhe, mis peab jääma vahemikku 2,9–3,6. Kui proovistamisel ei ole need

kriteeriumid täidetud, ei ole nende proovide tulemused usaldusväärsed ning neid ei saa analüüsis kasutada. (van Klinken, 1999)

3.4. Stabiilsed isotoobid arheoloogias

Stabiilsete isotoopide analüüs inimsäilmetest on väljakujunenud tehnika. Vogel ja van der Merwe (1977) näitasid, et süsiniku stabiilsete isotoopide väärtused võivad näidata maisi olulisust Ameerika loodealade inimpopulatsiooni söögisedelis. Hiljem selgus, et toitumise ja stabiilsete isotoopide väärtuste vahel ei ole otsest lineaarset seost, kuna isotoopide hulka võivad mõjutada erinevad keskkondlikud faktorid nagu fraktsioneerumine nii kudede kui ka liikide vahel. (Malainey, 2012, lk 177)

Inimeste toitumise uurimiseks eraldatakse luudest kollageen. Kuna luu keemiline koostis aja jooksul muutub ja see toimub erinevatel luudel erineva kiirusega, siis saab eri luid uurides välja selgitada inimese toitumise muutuse tema eluajal (Sealy jt, 1995). Näiteks purihammaste keemiline koostis aja jooksul ei muutu ja seetõttu saab neid analüüsides uurida inimese toitumist nende kujunemise ajal (st lapsepõlves; vt tabel 2), roiete keemiline koostis muutub kiiremini ja nii näitab nende uurimine inimese toitumist u 5–10 aastat enne surma. (Malainey, 2012, lk 181)

Nagu eespool öeldud, siis hammastes talletuv kollageen inimese eluajal enam ei muutu. Erinevad hambad lõikuvad erineval ajal ja see lubab uurida laste toitumist kindlas vanuses (vt tabel 2; Howcroft, 2013). Selliseid vanuserühmi kasutasid Oras jt (2018) analüüsides Kukruse täiskasvanute toitumist, et näidata indiviidide toitumist erinevatel vanuseetappidel. Siinses analüüsis saab autor võrrelda Oras jt (2018) hammaste andmeid oma tulemustega, kasutades uuritud matuste M1 ja M2 hammaste väärtusi, kuna need ühtivad autori uuritava vanuserühmaga.

Tabel 2. Vanuserühmad hammaste ja luude järgi (Tõrv 2016 järgi)

Hammas / luu	Kujunemise aeg ehk aeg mille toitumist selle hamba/luu kollageenis on peegeldatud	Vanusekategooria
M1	3 +/- 1 aastaselt	Väike laps
M2	7 +/- 1 aastaselt	Vanem laps
M3	13,5 +/- 2,5 aastaselt	Nooruk
Luu	Mõned aastad enne surma (sõltub luust)	Täiskasvanu

Isotoopide uurimise vallas on Eesti arheoloogias seni kirjutatud erinevas mahus artikleid. Kõige hiljutisema artikli avaldasid aastal 2019 Agurauja-Lätti jt: „Stable isotope evidence for medieval diet in urban and rural northern Estonia“ („Stabiilsete isotoopide põhised tõendid keskaegse toitumise kohta Põhja-Eesti linna- ja maapiirkondades“). See räägib toitumise erinevustest Põhja-Eesti linnades ja maapiirkondades. Aastal 2018 avaldasid Oras jt artikli („Social food here and hereafter: Multiproxy analysis of gender-specific food consumption in conversion period inhumation cemetery at Kukruse, NE-Estonia“), kus uuriti Kukruse täiskasvanute toitumist. Uuringus järelitati, et üldiselt toituti Kukrusel C3 taimedest ja neid söövatest loomadest ning mereloomadest (nii mage- kui ka soolase vee). Mari Tõrva doktoritöös „Multidistsiplinaarne uurimus küttide ja korilaste matustest Eestis, ajavahemikul 6500–2600 eKr“ (2016) tehtud isotoopuuringud näitasid, et veel kuni kolmandal aastatuhandel eKr elatusid siinsed elanikud nii sisemaal kui ka Saaremaal peamiselt püügimajanduslikest saadustest. Populaarteaduslikus arheoloogiateemalises ajakirjas Tutulus kirjutasiid aastal 2014 Malve ja Agurauja artikli pealkirjaga „Millest kõnelevad isotoobid? Tartu Maarja kalmistu varauusaegne kolmikmatuse uute analüüsitulemuste valguses“. See sisaldab Püha Maarja kiriku ja kalmistu jäänustest leitud kolmikmatuse analüüsi, mille isotoopuuringutest järelitati, et toituti nii maisest kui ka merelisest valgust.

4. VALIM

Luuproove võeti kaheksast lapse luustikust (täpsemalt nende alalõualuust), mida hoitakse Tartu Ülikooli ajaloo ja arheoloogia instituudi arheoloogia luukogus sildistatud karpides. Tartu Ülikooli Chemicumi õppehoones eraldati luupurust kollageen ja seejärel määrati EA-IRMS massispektromeetriga lämmastiku ja süsiniku isotoopväärtused. Saadud väärtused esitati tabelina Microsoft Excel programmis.

Selleks, et saada vanast luust kätte kollageen, millel stabiilse lämmastiku ja süsiniku sisaldust mõõta, on vaja läbi teha pikk protsess. Töö autor osales ise suures osas proovistamise protsessis, mis hõlmas järgmisi tegevusi:

- 1) laste luude valimine, pildistamine ja dokumenteerimine enne proovivõttu ning pildistamine peale proovide võtmist;
- 2) laste luudest 60–100 mg luupuru eraldamine;
- 3) luupurust kollageeni eraldamine;
- 4) kollageeni kaalumise ja pakkimise EA-IRMS asetamiseks (selle etapi viis läbi juhendaja Mari Tõrv, autori panus oli teoreetiline).

4.1. Proovistamine

Igast matusest võeti alalõualuu tervikuna või tükk sellest. Enne proovide võtmist täitis autor iga luu kohta eraldi proovivõtu protokoll (vt lisa 2), sest matused on kultuuriväärtused ja seega taastumatu vara, mistõttu iga luud kahjustav samm tuleb dokumenteerida.

Esimene samm proovide jaoks luud hoidlas valides on panna kirja kahele paberile koha (Kukruse) ning luustiku/matuse nimi, millist keha või luu osa kasutati, hoidlast võtmise kuupäev, eesmärk ehk mida analüüsitakse ja kes luu võttis. Kõik detailid on olulised, sest kui keegi teine teeb uuringut samu matuseid kasutades, on oluline teada, mis luu on välja võetud ja kelle käes see on. Kõige olulisem on, mida selle luuga uuritakse, sest korduvad analüüsid kahjustavad ja lõhuvad kultuuripärandit. Analüüsi põhjuse kirjapanemine ennetab samade analüüside kordamist (vt lisa 1 joonis 6).

Luid tuleb enne ja pärast nende puurimist pildistada. See on vajalik, et tagada kasutatud luu algse seisundi fikseerimine juhaks, kui puurimise või muu tegevuse käigus midagi juhtub.

4.2. Proovide puurimine

4.11.2019 võeti kaheksast proovist kuus, millest enamiku võttis töö autor ja ühe kaasjuhendaja (vt tabel 1, lisa 3), hilisemal kuupäeval võttis Mari Tõrv viimased kaks. Proovi saamiseks oli vaja hambapuuri, otsikuid, fooliumit, kindaid ja täppiskaalu. Kindaid, fooliumitükki ja hambapuuri otsikuid vahetatakse enne iga proovi võtmist, et vältida proovide segunemist.



3a

3b

Joonis 3. Luu puurimine (foto 3a) ja luupuru kaalumine (foto 3b)

Eesmärk on igast luust saada 60–100 mg luupuru. Enne proovistamise alustamist lõigatakse välja väiksed fooliumi ruudud, mis kaalutakse ja paigutatakse plastikkottidesse, millel on fooliumi kaal kirjas. Laud kaetakse ühe suure fooliumitükiga (u 40 cm x 35 cm), mille kohal tehakse kogu edasine töö, selle peale asetatakse keskmine tükk fooliumi. Kõige peale pannakse varem kaalutud pisike fooliumitükk, mille pinnale kogutakse luupuru.

Puurimiskohaks valitakse paksem osa luust, et tagada luu säilimine puurimise käigus ja piisav proovi kogus. Luu võimalikult säästlikuks käitlemiseks tehakse alalõualuu alla võimalikult väike auk (vt joonis 3 foto 3a). Puurimise alustamisel tehakse luupind puuriga puhtaks, seda puhastuspuru analüüsimisel ei kasutata. Puurides peab jälgima, et luupuruga satuks fooliumile võimalikult vähe pinnast (nt liiva).

Peale esimese paksema luukihi läbimist tekib auk luuõõnsusesse, mille ümber tehakse puuriga ringe, nii et puru tuleb auku ümbritsevast luust. Vahetevahel tuleb teha pause, et puuritud puru kaalutud fooliumile välja koputada. Kui fooliumitükile on saadud 60 kuni 100 mg luupuru, volditakse foolium kokku nii, et puru sealt välja ei pääseks ning puru kaalutakse koos fooliumiga (täppiskaalul) nagu on kujutatud joonise 3 fotol 3b).

[puru mass = kogumass(foolium ja puru) – fooliumi mass]

Selle tehtega arvutatakse puru mass, mis pannakse koos muu olulise infoga (haua nimi, kuupäev, luuosa ja väljakaevamise asupaik) kirja plastikotile, kuhu pannakse fooliumisse pakitud luupuru proov.

4.3. Kollageeni eraldamine

Stabiilse lämmastiku ja süsiniku väärtuste saamiseks EA-IRMS massispektromeetriga tuleb proove enne töödelda ja eraldada neist kollageen. Järgmised tegevused toimuvad TÜ Chemicumi laboris. Töödeldud proovid pannakse tinakapslis EA-IRMS massispektromeetrisse, mis mõõdab, kui suur on N ja C isotoopide mass igas proovis. Need andmed pannakse Exceli tabelisse kirja ning siis moodustatakse graafikud (vt pt 3).

4.3.1. Demineraliseerimine

Demineraliseerimine tehti 20.01.2020 Chemicumi laboris. Luust saadud pulbrit on vaja demineraliseerida, et lahti saada anorgaanilisest aineksest proovides ja eraldada luum kollageen, millest stabiilsete isotoopide sisaldust hiljem mõõdetakse.

Fooliumpakikestest liigutati pulber ümber katseklaasidesse ja siis pandi igasse katseklaasi pipetiga 10 ml 0,25 M HCl lahust ja jäeti proovid 48 tunniks seisma. Edasi muudeti eraldatud kollageen geeljaks. Selleks asendati katseklaasides 0,25 M HCl lahust 0,01 M HCl lahusega (loputamine destilleeritud veega ja tsentrifuugimine (vt lisa 1 joonis 7)) ning proovid asetati 16 tunniks 58 °C ahju. Pärast seda filtreeriti proovid tselluloosfiltriga ning saadud lahust asetati katseklaasides –80 °C külma. Pärast läbikülmutamist asetati proovid külmuivatisse (u 20 h). Saadud pulber kaaluti täppiskaalul ning asetati tinakapslisse, mis omakorda asetati EA-IRMSi, et mõõta iga proovi süsiniku ja lämmastiku väärtus. Autor osales proovide ettevalmistamisel kuni katseklaasid läksid külmutamisele, sealt edasi tegutses juhendaja Mari Tõrv proovide prepareerimisega ja masinasse panemisega.

5. ANALÜÜS

Töösse kaasati kaheksa lapse luuproov ning kõik tulemused on väljendatud lisa 4 ja analüüsis kasutatud usaldusväärsed tulemused graafikutel (vt joonis 4 ja 5). Analüüsisosias kirjeldatakse tulemusi ja esitatakse võimalikud põhjused, miks tulemused just sellised on.

5.1. Proovide tulemused

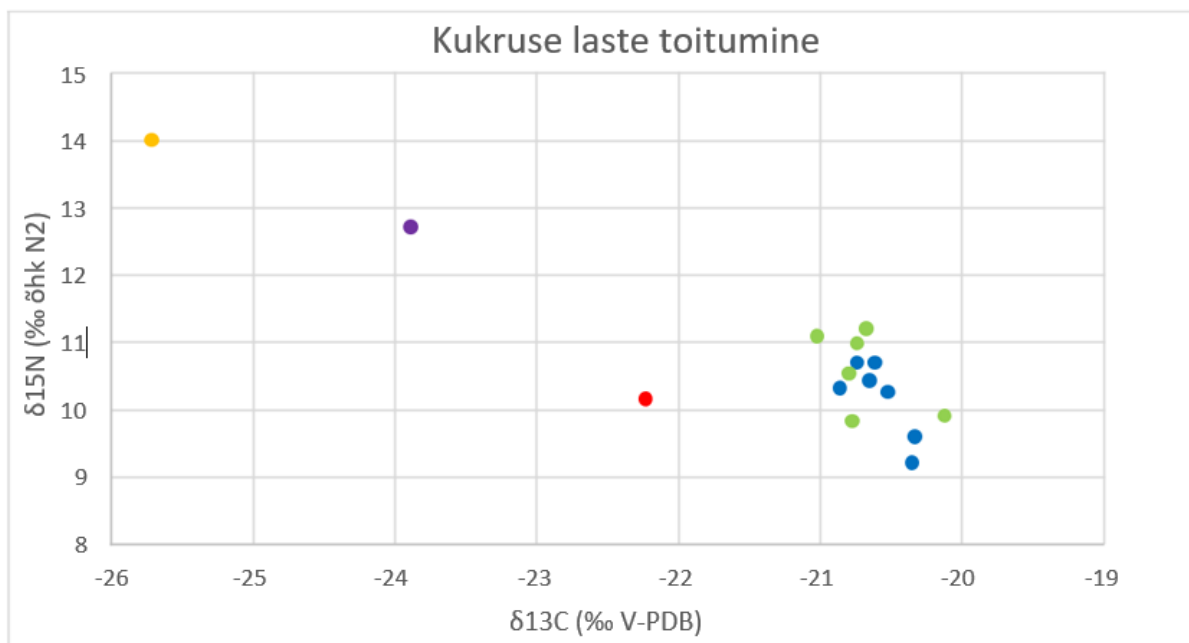
Ehkki kõigis proovides oli kollageen säilinud, saab edasiseks analüüsiks kasutada vaid kolme. Matuste Xa ja XLII puhul ei saa proovide tulemusi analüüsis kasutada, kuna need proovid mõõtis massispektromeeter korruga. Võimalik, et need proovid kukkusid kokku seetõttu, et üks neist oli halvasti tinakapslisse pakitud. Laste XXXI, Xb ja XXVI süsiniku ja lämmastiku väärtuste suhe jääb väljapoole lubatud vahemikku 2,9–3,6 (van Klinken 1999), mistõttu jäävad ka need edasisest analüüsist välja. Järgnevas analüüsis saab autor seega kasutada vaid kolme matuse – XXVb, XL ja XLI – tulemusi.

Kuigi esialgne valim sisaldas eri vanuses lapsi, ei saa siinses töös laste vanuserühmi omavahel kõrvutada, sest kõik usaldusväärsed proovid kuuluvad 3–5 aastastele lastele. Siinses töös analüüsitud laste süsiniku isotoopide väärtused jäävad vahemikku $-25,71\%$ kuni $-22,23\%$. Kui matused XL ja XLI (vahe $1,65\%$) ning XLI ja XXVb (vahe $1,83\%$) olid võrdlemisi ühetaolise C13 väärtusega, siis matuste XL ja XXVb C13 väärtuste vahe oli märkimisväärne ($3,38\%$).

Stabiilse lämmastiku isotoobi väärtused on üsna kõrged ja jäävad vahemikku $10,16\%$ kuni $14,00\%$ (vahemik $3,84\%$). Kõik analüüsitud matused erinevad omavahel peaaegu 2% võrra. Kõige madalama väärtusega on XL ($10,16\%$), sellest $2,01\%$ võrra suurema N väärtusega XLI ($12,17\%$) ning kõige kõrgema N väärtusega on XXVb ($14,00\%$), mis on XL-ist $3,84\%$ ja XLI-st $1,83\%$ võrra suurem. Saadud väärtused näitavad, et analüüsitud lapsed vanuses 3–5 aastat paiknevad toiduahelas kõrgel.

5.2. Laste ja täiskasvanute toitumine Kukurusel

Siinses alapeatükis vaadatakse proovidest saadud tulemusi võrdlevalt Orase jt (2018) avaldatud andmetega. Esmalt võrreldakse omavahel mõlema valimi laste tulemusi (vt joonis 4), seejärel kõrvutatakse autori tulemusi täiskasvanute isotoopväärtustega (vt joonis 5).



Joonis 4. Kukruse laste toitumine. Graafikul on esitatud töö autori andmed (kollane – XXVb, punane – XL ja lilla – XLI) koos Orase jt (2018) uuringu täiskasvanute M1 (sinine) ja M2 (roheline) väärtustega, mis kajastavad nende indiviidide lapsepõlve.

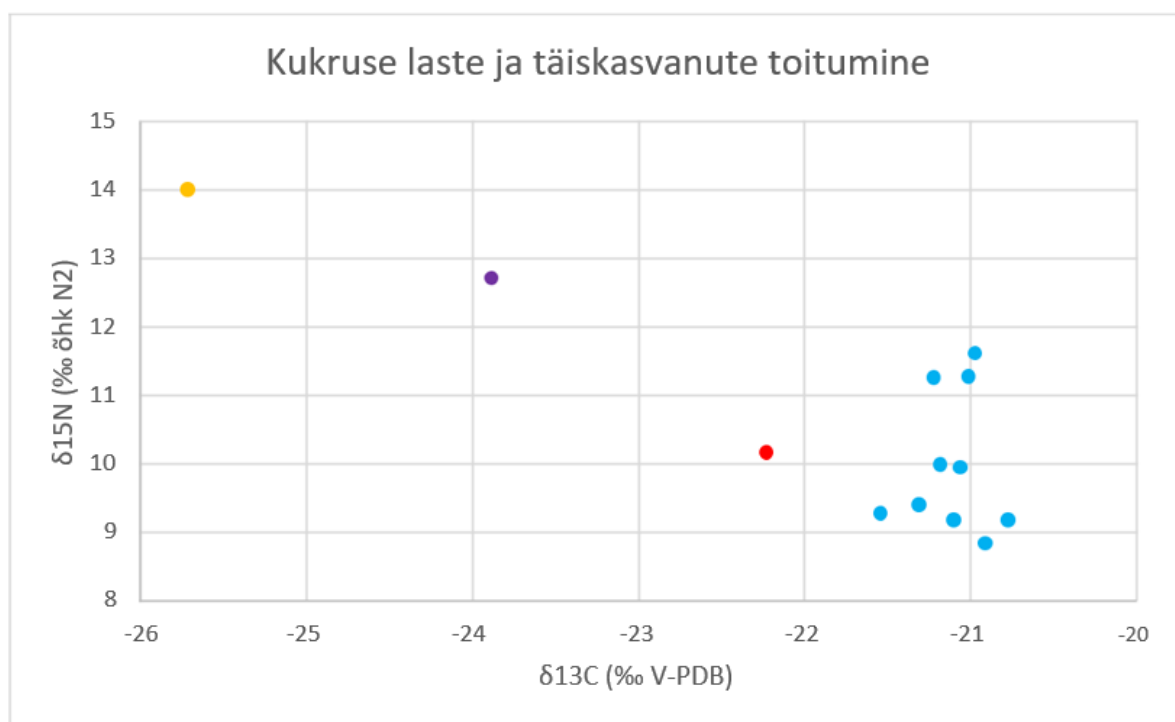
Orase jt (2018) juba avaldatud andmetest on võimalik leida andmeid täiskasvanute lapsepõlve toitumise kohta, sest seal on analüüsitud purihambaid (M1 ja M2). Autori kolm proovi on esitatud joonisel 4 võrdluses teiste Kukruse lastega (M1 ja M2 väärtused Orase jt 2018 järgi). Orase jt (2018) purihammastest eraldatud dentiinist saadud kollageeni N ja C väärtused on omavahel väga sarnased, jäädes lämmastiku juures vahemikku 9,21‰ kuni 11,09‰ ja süsiniku juures vahemikku –21,02‰ kuni –20,12‰. Need erinevad oluliselt autori saadud analüüsi tulemusest.

Miks luu ja hambadentiinist saadud kollageeni lämmastiku ja süsiniku väärtused omavahel nii suuresti erinevad, on keeruline üheselt selgitada. Põhjused võib jagada kaheks: 1) proovistamise käigus ette tulnud puudused või 2) materjalist tulenevad eripärad. Proovide ettevalmistamisega seotud põhjused võivad olla järgmised: proovide ettevalmistamisel tekkinud saastus, autori kogemuste puudumine selliste proovide käsitlemisel, muistsetest luudest stabiilsete isotoopide analüüsimine on Tartu Ülikoolis testfaasis, sobimatu külmuivati valimine proovide ettevalmistamiseks.

Autori kolme proovi erinevus teiste Kukruse laste tulemusest (vt joonis 4; M1 ja M2 väärtused Oras jt 2018) võib tulla ka sellest, et need proovid esindavad erinevaid põlvkondi, st nende vahel on oluline ajaline erinevus. Võib olla nende põlvkondade eluviisid erinesid oluliselt teineteisest. Autori analüüsitud lapsed sõid enamasti magevee kalu, asudes väiksema soolsusega Läänemere rannikul. XL sõi rohkem taimset valku kui loomset ning XLI ja XXVb

tunduvalt rohkem loomset valku, samas oli Orase jt (2018) analüüsitud laste toidulaual rohkem maismaalist toitu (nii taimi kui ka loomi), kuid loomse valgu osakaal oli väiksem.

Mujalgi tehtud stabiilsete isotoopide analüüsis kajastub drastilisi muutusi toitumises. Näiteks on Beaumont ja Montgomery 2016. aasta uuringust näha ühe indiviidi toitumuse muutumine C3 taimel (kartul) põhiselt valgult C4 taimel (mais) põhisele. Kukruse täiskasvanute eluajal sellist järsku muudatust ei toimunud, aga laste ja täiskasvanute toidulauad erinevad drastiliselt.



Joonis 5. Kukruse laste toitumine (kollane – XXVb, punane – XL, lilla – XLI) võrdluses täiskasvanutega (sinine – Oras jt, 2018)

Autori kolm proovi on esitatud joonisel 5 võrdluses Kukruse täiskasvanutega. Tulemustest sarnaneb XL-i lämmastiku väärtus Oras jt (2018) uuringu täiskasvanute lapsepõlve toidulaua omadega, aga XLI ning XXVb proovid on tunduvalt kõrgema N väärtusega. Lämmastiku väärtuste suured vahed viitavad sellele, et iga indiviidi puhul erines söödud isendite paiknemine toiduahelas või söödi erinevas koguses liha. XXVb on kõige kõrgema lämmastiku väärtusega. See võib viidata sellele, et ta toitunud rohkem (mere)kaladest, mille toiduahelad on pikemad ja annaksid kõrgema N väärtuse. Samuti võis see laps veel toituda suures osas rinnapiimast (Howcroft, 2013).

Süsiniku väärtuse poolest sarnanevad Kukruse täiskasvanud (Oras jt 2018) autori andmetega rohkem. Kuigi XXVb ja XLI on mõlemad väga negatiivsete C väärtustega, on nende üldine kaugus täiskasvanute väärtustest väiksem, kui see on nende lapsepõlve väärtustest.

Suured erinevused tulemuste paiknemises võivad olla seotud laste vanemate staatusega – rikkamad pered suutsid lastele rohkem liha lubada kui vaesemad. Samuti võivad erinevused tuleneda ka laste perede keskendumisest erinevatele toidu hankimise viisidele (kalurid, põlluharijad, käsitöölised). Näiteks kuna XXVb N väärtus on väga kõrge ja C väärtus väga negatiivne, siis tema pere ilmselt toitub pigem toiduahelas kõrgel asuvatest merekaladest ja XL, kelle N väärtus on madal ja C väärtus on suhteliselt negatiivne, pere toitub toiduahelas madalamal paiknevast merelisest ja maismaalisest toidust.

KOKKUVÕTE

Siinse töö eesmärk oli koguda andmeid Kukruse väljakaevamistel saadud laste matustest ja analüüsida nende toitumist stabiilsete süsiniku ja lämmastiku isotoopide valguses. Ülevaade anti 12.–13. sajandi Eesti alade poliitilisest olukorrast, konfliktidest ja üldisest olukorrast, usust ja toidulauast. Tulemuste mõistmiseks selgitati, kuidas süsiniku ja lämmastiku stabiilsed isotoobid toitumist peegeldavad ning kuidas tulemusi graafikult lugeda ja mõista.

Uurimistöö käigus koguti kaheksalt matuselt luuproove, millest eraldati kollageen, mille stabiilse lämmastiku ja süsiniku isotoopide väärtusi mõõdeti EA-IRMS massispektromeetriga. Saadud andmetest koostati tabel ning usaldusväärsetest andmetest moodustati Exceli programmis graafik, kuhu lisati Oras jt (2018) uuringust Kukruse täiskasvanute ja nende lapsepõlve andmed.

Proovidest kogutud andmete analüüsi tulemusena selgus, et autori uuritud Kukruse laste toitumine erines väga nii Kukruse täiskasvanute toitumisest kui ka nende täiskasvanute toitumisest lapsepõlves. Tulemused lükkavad ümber hüpoteesi, et Kukruse laste toitumine sarnaneb Kukruse täiskasvanute omale. Proovide süsiniku väärtused viitavad sellele, et peamine toiduallikas Kukruse lastele oli kas C3 taimed või C3 taimi söövad loomad ja nende saadused (ema, kes toitus C3 taimedest või C3 taimi söövatest loomadest). Lämmastiku väärtused näitavad, et lapsed paiknesid toiduahelas kõrgel ja erinesid üksteisest astmeliselt ehk üks paiknes toiduahelas väga kõrgel, teine kõrgel ja kolmas Kukruse täiskasvanutega umbes samal kõrgusel.

Ehkki mitut proovi ei saanud hilisemas analüüsis kasutada, ei tähenda see, et tehtud uuring täiel määral luhtus. Rohkemade proovide võtmine oleks analüüsi kindlasti täpsemaks teinud. Sellest hoolimata sai töö autor ettekujutuse, kuidas eraldada muistsetest luudest kollageeni ja määrata selles sisalduva stabiilse süsiniku ja lämmastiku väärtusi. Tulevikus tasub jätkata ülduuringut Kukruse kalmistu matuste toitumisest, et paremini mõista hilisrauaaegset (toidu)kultuuri Eestis.

ABSTRACT

The research paper “Children’s diet in the 12th and the 13th century AD: stable isotope analysis from the Kukruse cemetery” (“12.–13. sajandi laste toitumine: stabiilsete isotoopide analüüsid Kukruse kalmistult”) was written by Mari Liis Aader with its aim being to analyse the diet of the children from the 12–13 century AD Kukruse inhumation cemetery. The research on human dietary preferences and habits using different scientific methods is a quickly advancing field in archaeology. However, in history and archaeology, little has been done to explore the lives of children, which is why the author has chosen this group for her research.

The theoretical part of the research paper describes different aspects that are important to the analysis of the results. The first part of the study, i.e. theoretical part provides details of the excavation of Kukruse cemetery. The second theoretical chapter explains the history of the area (i.e. present-day Estonia) including the main conflicts, religion, and cultural and dietary influences. The third theoretical chapter explains how diet is reflected in the stable isotope composition of the collagen in the bones and how to read and understand the results. The explorative part of the study analyses the Kukruse sample to detect the patterns in children’s diet during the 12–13 century AD.

Three of the eight samples gave trustworthy results that could be used in the analysis. Two figures were made, the first comparing the author’s results to the Oras et al. adults’ childhood diets, the second comparing the author’s results to the Oras et al. adults’ diets. It was found that the author’s hypothesis that the diet of the children from Kukruse would be similar to the diet of the adults from Kukruse by Oras et al. was proven incorrect. The analysis concludes that it is possible that the generational differences were reflected in eating habits or that large differences stem from differences in the status and occupation of the children's families.

KASUTATUD MATERJALID

Adamson, Andres, Toomas Karjahärm 2004. Eesti ajalugu gümnaasiumile. Tallinn: Argo.

Agurauja-Lätti jt = Agurauja-Lätti, Ülle, Lembi Lõugas 2019. Stable isotope evidence for medieval diet in urban and rural northern Estonia. *Journal of Archaeological Science*, 26, lk 101901. Kättesaadav: <https://www.etis.ee/Portal/Publications/Display/241ec57c-03e0-4097-84c0-ce7e1b4cde28>. (08.03.2020).

Bardone jt = Bardone, Ester, Anu Kannike, Inna Põltsam-Jürjo, Ulrike Plath 2016. 101 Eesti toitu ja toiduainet. Tallinn: Varrak.

Beaumont, Julia, Janet Montgomery 2016. The Great Irish Famine: Identifying Starvation in the Tissues of Victims Using Stable Isotope Analysis of Bone and Incremental Dentine Collagen. n. *PLoS ONE*, 11(8): e0160065. Kättesaadav: doi:10.1371/journal.pone.0160065. (27.02.2020).

Brown, Terry, Keri Brown 2011. Biomolecular archaeology an introduction. Ühendkuningriigid, Chichester: Wiley-Blackwell.

Howcroft, Rachel 2013. Weaned Upon A Time: Studies of the infant diet in prehistory. Doktoritöö. Stockholm University, Faculty of Humanities, Department of Archaeology and Classical Studies.

Histrodamus 2010. Eestlaste muistne vabadusvõitlus Liivimaa ristsõjas. MTÜ Eesti Elava Ajaloo Keskus. Kättesaadav: http://www.histrodamus.ee/?event=Show_main_layers&layer_id=113&lang=est. (8.2.2020).

Kala jt = Kala, Tiina, Linda Kaljundi, Juhan Kreem, Ivar Leimus, Kersti Markus, Anu Mänd, Inna Põltsam-Jürjo, Erik Russow, Anti Selart, Marek Tamm, Heiki Valk 2012. Eesti Ajalugu II. Tartu: Ilmamaa.

Klinken van, Gert Jaap 1999. Bone collagen quality indicators for palaeodietary and radiocarbon measurements. *Journal of Archaeological Science*, 29, lk 687–695.

Kriiska, Aivar, Andres Tvauri 2002. Eesti muinasaeg. Tallinn: Avita.

Lang, Valter 2003. Baltimaade metalliaeg. Õppematerjale. Tartu. Kättesaadav: <http://www.arheo.ut.ee/Baltimaad.htm>. (03.02.2020).

Lightfoot jt = Lightfoot, Emma, Magdalena Naum, Villu Kadakas ja Erik Russow 2016. The influence of social status and ethnicity on diet in mediaeval Tallinn as seen through stable isotope analysis. *Estonian Journal of Archaeology* 20, lk 81–107. Kättesaadav: https://www.researchgate.net/publication/297712225_The_influence_of_social_status_and_e

thnicity_on_diet_in_mediaeval_Tallinn_as_seen_through_stable_isotope_analysis.
(10.05.2020).

Lillak, Anti 2015. Muinas-Eesti halduskaart — siiruveeruline ja lipilapiline. *Tutulus*, lk 20–22.
Kättesaadav: http://tutulus.ee/wp-content/uploads/2018/01/Tutulus_2015_210x280_v2ike.pdf.
(02.03.2020).

Lõhmus jt = Lõhmus, Mari, Tõnno Jonuks ja Martin Malve 2010. Kukruse päästekaevamiste esmased tulemused: uusaegne tee, põletusmatuste väli ja 12.-13. Sajandi laibakalmistu. *Archaeological fieldwork in Estonia*, lk 103–114. Kättesaadav: http://www.arheoloogia.ee/ave2010/AVE2010_Lohmusjt_Kukruse.pdf. (04.11.2019).

Malainey, Mary 2012. A consumer's guide to archaeological science. Manitoba: Springer Science.

Malve, Martin, Ülle Agurauja 2014. Millest kõnelevad isotoobid? Tartu Maarja laomistu varauusaegne kolmikmatus uute analüüsitulemuste valguses. *Tutulus*, 3, lk 9–12.

Oras jt = Oras, Ester, Mari Tõrv, Tõnno Jonuks, Martin Malve, Anita Radini, Sven Isaksson, Andy Geldhill, Ott Kekišev, Signe Vahur, Ivo Leito 2018. Social food here and hereafter: Multiproxy analysis of gender-specific food consumption in conversion period inhumation cemetery at Kukruse, NE-Estonia. *Journal of Archaeological Science*, 97. köide, lk 90–101.

Randoja, Keiti 2012. Laste võimalikud sotsiaalsed vanusegrupid Kukruse ja Pada hilisrauaaegsete kalmistute näitel. Bakalaureusetöö. Tartu Ülikool, Filosoofiateaduskond, ajaloo ja arheoloogia instituut. Kättesaadav: http://www.arheo.ut.ee/docs/BA12_Randoja.pdf. (06.06.2020).

Schoeninger, Margaret, Michael DeNiro 1984. Nitrogen and carbon isotopic composition of bone collagen from marine and terrestrial animals. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 48(4), lk 625–639.

Sealy jt = Sealy, Judith, Richard Armstrong, Carmel Schrire 1995. Beyond Lifetime Averages: Tracing Life Histories Through Isotopic Analysis of Different Calcified Tissues from Archaeological Human Skeletons. *Antiquity*, 69(263), lk 290–300.

Sikemäe, Eva 2015. Peipsi järve toiduahela struktuur. Bakalaurusetöö. Eesti Maaülikool, Põllumajandus- ja keskkonnainstituut. Kättesaadav: https://dspace.emu.ee/xmlui/bitstream/handle/10492/1919/Eva_Sikemae_BA2015.pdf?sequence=1&isAllowed=y. (08.02.2020).

Smith, Bruce, Samuel Epstein 1971. Two Categories of $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ Ratios for Higher Plants. *Plant Physiology*, 47(3), lk 380–384.

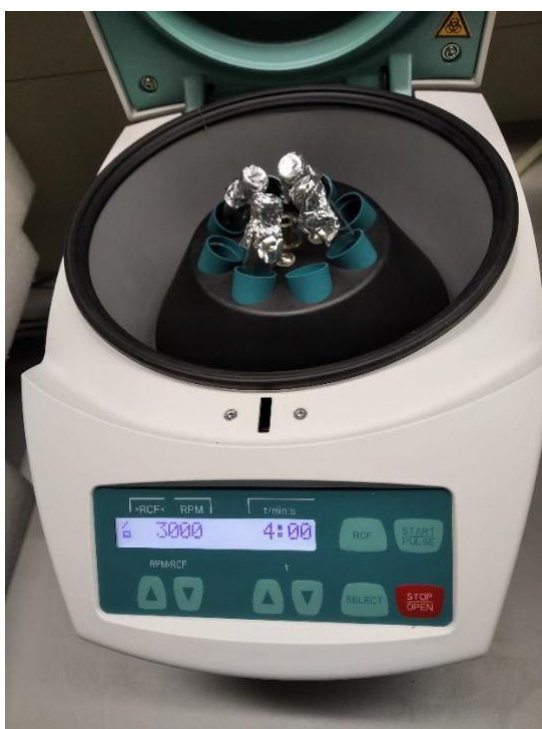
Tõrv, Mari 2016. Praktikate püsivus. Multidistsiplinaarne uurimus küttide ja korilaste matustest Eestis, ajavahemikul 6500–2600 eKr. Tartu Ülikool, Filosoofiateaduskond, ajaloo ja arheoloogia instituut. Tartu: University of Tartu Press.

Valk, Heiki 1992. Lõuna-Eesti talurahva matmiskombestik ja selle uskumuslikud tagamaad 13.–17/18. sajandil. Magistritöö. Tartu. (Käsikiri Tartu Ülikooli raamatukogus).

Lisa 1. Näiteid luuproovide võtmise etappidest



Joonis 6. Luud koos proovivõtuprotokollilehekesega



Joonis 7. Proovid tsentrifuugis

Lisa 2. Proovivõtuprotokoll

TARTU ÜLIKOOLI ARHEOLOOGIAKOGU

Tartu University archaeology collection

Jakobi St. 2

Tartu 51014

www.arheo.ut.ee

SAMPLING PROTOCOL no. _____ Date

*obligatory fields

I . THE OBJECT OF SAMPLING

1. *Collection:

- | | |
|---|---|
| Artefacts | • |
| Human osteology | X |
| Zooarchaeology | • |
| Samples of natural objects or environmental samples | • |
| Other | |

NB! If the collection has been deposited to TU from some other institution, the owner's written permission for taking sample is obligatory.

2. *Name and inventory number of the object:

- 1) *Kukruse XXVb (TÜ 1777)*
- 2) *Kukruse XLII (TÜ 1777)*
- 3) *Kukruse XXVI (TÜ 1777)*
- 4) *Kukruse Xb (TÜ 1777)*
- 5) *Kukruse Xa (TÜ 1777)*
- 6) *Kukruse XXXI (TÜ 1777)*
- 7) *Kukruse XLI (TÜ 1777)*
- 8) *Kukruse XL (TÜ 1777)*

3. *Description of the object and its preservation state before sampling (measures, weight)

Suhteliselt hästi säilinud. Alumised lõualuud terved, osad on murdunud kaheks või rohkemaks jupiks.

- | | |
|--|---|
| Object: 1) the whole object is taken for analysis | • |
| | X |
| 2) a sample is taken from the object | • |
| 3) the whole object is delivered for sampling in other lab | |

4. Photos of the object before and after sampling:

(large-scale photos and drawing may be presented as appendices to the sampling protocol)

Vt Lisa 1.

II AIM AND PROCESS OF SAMPLING

1. *Type of analysis

(Name, method. Necessary amount of material)

Süsiniku ja lämmastiku stabiilse isotoobi analüüsid

2. *Aim of analysis:

Analüüsida Kukuruse laste toitumist stabiilsete C ja N isotoopide abil

3. *Description of sampling process:

Laste alalõualuusse u 3 mm augu puurimine ja siis luu siseosast 60–100 mg luupuru välja puurimine. Luu pind jääb võimalikult vähe rikutuks.

4. Description of the restoration process of the appearance of the object (if needed):

III PERSON TAKING THE SAMPLE

1. * Person taking (or mediating) the sample:

(Name, profession, employment, phone/e-mail)

Mari Tõrv, teadur, Tartu Ülikool, torvmari@gmail.com

Mari Liis Aader, õpilane, Jaan Poska Gümnaasium, mariliisaader@gmail.com

2. *The project related to sampling and the source of budgeting:

Seotud projekti PSG492 tegevusega ja Jaan Poska Gümnaasiumis tehtava uurimistööga

3. *Institution/lab performing the analysis:

Isotoopsuhete massi-spektroskoopia tuumiklabor, geoloogia osakond, Tartu Ülikool

4. Person responsible for making the analysis:

(Name, profession, employment, phone/e-mail)

Mari Tõrv, teadur, Tartu Ülikool, torvmari@gmail.com

Mari Liis Aader, õpilane, Jaan Poska Gümnaasium, mariliisaader@gmail.com

5. * Time expected for performing the analysis:

Märts 2020

6. *Deadline for performing the report/results of analysis

Märts 2020

7. The owner of the right for first publishing the results of analysis (if existing) :

(To be filled by the person responsible for the collection,

Mari Tõrv, Ester Oras, Mari Liis Aader

IV RETURNING THE OBJECT / SAMPLE

1. After making the analysis the sample or it rests/remains

(to be filled by the person responsible or the collection at the University of Tartu)

*will be returned to the archaeological collections of UT X

* will not be returned to the archaeological collections of UT •

2. *Deadline for returning the sample (if the analysis will not be performed)

Märts 2020

3. *Deadline for returning the object (if sampling is not performed at the university of

Tartu)

-

V DUTIES AND SIGNATURES

1. *Person responsible for the collection:

I agree to provide the object/sample for analysis and in case of need support the object of analysis with supporting metadata. If the report of the analysis has been delivered to the University of Tartu, I grant the right for first publication of the data for the person/institution who ordered the samples.

(Name, date, signature)

2. *Person taking/getting the sample:

* I shall follow the most saving methods of sampling and organize the restauration of the object, if it was damaged in the course of sampling and if restauration is demanded by the person responsible for the object/collection.

- I shall use the sample only in the aim declared in this protocol and shall not forward the sample or its remains to third persons/institutions.
- I shall return the sample or remains of sampling (if demanded) or the object to the archaeological collections of the archaeological collections of the University of Tartu by the time noted in points IV: 2 or IV: 3.
- I shall consider with the right of the supervisor of excavations for first publication (10 years since the excavation) and in case of sampling material ask for his/her permission
- I shall deliver the results of the analysis to the Department of Archaeology of the University of Tartu by the time noted in point III: 6.

(Name, signature, date)

3. Person responsible for making the analysis:

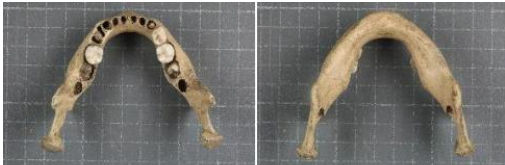















lled if demanded by the person responsible for the collection)

~~I take the duty to have the analysis made in optimal time or, if it is not possible, to have the sample/object returned by the date mentioned above,~~

I take the duty to send a copy of official report of the analysis to the Department of Archaeology at the University of Tartu (Jakobi St. 2, Tartu, 51014, Estonia).

(Name, signature, date)

Lisa 3. Analüüsimiseks võetud proovid enne ja pärast proovistamist

Matuse number	Enne proovi	Pärast proovistamist
Kukruse XXVb		
Kukruse XLII		
Kukruse XXVI		
Kukruse Xb		
Kukruse Xa		
Kukruse XXXI		
Kukruse XLI		
Kukruse XL		

Lisa 4. Kukruse laste stabiilsete isotoopide väärtused

Matuse nr (TÜ 1777)	Vanus	$\delta^{13}\text{C}$ (‰ V-PDB)	$\delta^{15}\text{N}$ (‰ õhk N ₂)	Atm % N	Atm % C	C:N	Kommentaariid
Xa	12a +/- 30k	-20,10	11,08	-	-	-	Proov läks XLII matuse prooviga kokku – ei saa kasutada analüüsis
Xb	9a +/- 24k	-	11,29	8,81	24,83	2,82	Ootamatult palju süsinikku ja tuli signaal üle isotoopide detekteerimise limiidi
XXVb	4a +/- 12k	-25,71	14,00	4,77	14,50	3,04	Usaldusväärne
XXVI	0-2k	-20,10	11,00	9,30	25,61	2,75	C:N ei ole vahemikus 2,9–3,6. Ei ole usaldusväärne
XXXI	1a +/- 4k	-21,12	15,30	4,54	12,70	2,80	C:N ei ole vahemikus 2,9–3,6. Ei ole usaldusväärne
XL	4a +/- 12k	-22,23	10,16	4,77	12,50	3,04	Usaldusväärne

XLI	5a +/- 16k	-23,88	12,17	1,37	4,76	3,46	Usaldusväärne
XLII	4a +/- 12k	-20,10	11,08	-	-	-	Proov läks Xa matuse prooviga kokku – ei saa kasutada analüüsis