

Tartu Ülikool
Humanitaarteaduste ja kunstide valdkond
Ajaloo ja arheoloogia instituut
Arheoloogia osakond

Agnes Unt

Tera- ja kaunviljade võrdluskogu loomine ja kasutamine arheoloogilise hambakivi uuringutes

Bakalaureusetöö

Juhendaja: Kristiina Johanson, PhD

Tartu 2021

Sisukord

Sissejuhatus	4
1. Taimede mikrojäänused toidu-uuringutes	7
1.1. Hambakivi toitumise uurimise allikana	7
1.2. Taimede mikrojäänused hambakivis	9
1.2.1. Tärklis	10
1.2.2. Fütoliidid	12
1.2.3. Muud taimejäänused	13
Seeneeosed	13
Õietolm	14
Oksalaadid	14
2. Võrdluskogu	15
2.1. Tera- ja kaunviljade anatoomia	15
2.1.1. Teraviljade anatoomia	16
2.1.2. Kaunviljade anatoomia	21
2.2. Võrdluskogu taimede valik	23
2.2.1. Teraviljad	23
2.2.2. Kaunviljad	24
2.3. Võrdluskogu loomise metoodika	24
2.4. Tärgliseosakeste võrdlemine	26
2.5. Fütoliitide võrdlemine	26
3. Hambakivi proovid	30
3.1. Hambakiviproovide valik	30
3.1.1. Kalamaja (2020)	30
3.1.2. Rõuge (2020)	30
3.2. Hambakivi eraldamise metoodika	31
3.2. Hambakiviproovide tulemused ja diskussioon	32

3.3.1. Toiduga seotud mikrojäänused	34
3.3.2. Keskkonnaga seotud mikrojäänused	38
4. Arutelu	40
Kokkuvõte	43
Kasutatud kirjandus ja allikad	45
Käsikirjalised allikad	45
Publikatsioonid	45
Veebiviited	55
Suulised konsultatsioonid	55
Summary	56
Lisad	58

Sissejuhatus

Tühi kott ei seisa püsti, mistõttu mängib toit inimese elus olulist rolli. Toitumise uurimine on inimajaloo mõistmiseks tähtis, kuna toit ja selle tarbimine tähistavad olulisi kultuurilisi, regionaalseid ja majanduslikke aspekte inimese igapäevaelus. Indiviidi- ja populatsioonipõhise toitumise uurimine aitab mõista mitte ainult ajastule omaseid toidutraditsioone, vaid ka vanusest, soost ja sotsiaalsest rollist tingitud toitumise erinevusi. Oma bakalaureusetöös uurin ajaloolist toitumist läbi arheoloogilisse hambakivisse ladestunud fütoliitide ja tärkliseosakeste, mille tarbeks loon ka kohandatud võrdluskogu.

Mujal maailmas koguvad populaarsust arheoloogilise hambakivi analüüsid toitumise kindlaks tegemiseks, kuid Eestis ei ole seda meetodit taimejäänuste uurimise eesmärgil veel kasutatud. Hambakivi tekib paljudel inimestel, mistõttu on see arheoloogilistest kontekstidest tihtipeale kättesaadav. Sageli leidub hambakivi ühe inimese mitmel hambal, mis pakub võimalusi muudu destruktiivse meetodi kontrollimiseks.

Hambakivi põhjal toitumise uurimiseks tehakse sageli vastava ajastu taimede määramise hõlbustamiseks võrdluskogusid, mis kajastavad vaadeldavas piirkonnas kasvanud söödavaid taimi. Selleks uuritakse tänapäevaseid taimi ning töödeldakse neid vastavalt uuritavale ajastule – näiteks keedetakse kaeraputru ning vaadeldakse töötlemise tagajärjel muutunud mikrojäänuseid. Peamine meetod mikrojäänuste uurimiseks on mikroskoopia.

Eestis on toitumist suuresti uuritud makrobotaaniliste taimejäänuste, loomaluude ja kirjalike allikate kaudu. Keskaegsete inimeste toitumise kohta saab infot keskaegsetest jäätmekastidest, mida on kõige enam leitud Tartust – 2012. aasta seisuga 40 (Haak ja Russow, 2012: 148). Jäätmekastidest pärit taimejäänuseid on üldiselt võimalik liigiti määrata – anaeroobses keskkonnas säilivad taimed, mida kirjalikes allikates ei kajastata annavad infot muu hulgas ka metsikute taimede kasutamise kohta (Sillasoo, 2001: 8). Keskaja puhul saab jäätmekastidest pärit taimejäänuseid kõrvutada ka ajalooliste allikatega (nt Põltsam 2002; Sillasoo ja Hiie, 2007).

Arheoloogilise toitumise uurimise üheks alustalaks Eestis on olnud zoarheoloogilised ehk arheoloogiliste loomaluude uuringud, mille ajalugu ja hetkeolukorda on kajastanud Lembi Lõugas ja Eve Rannamäe (2020). Loomade kasutamist toiduks Eesti keskajal näitavad

loomaluude uuringud Tallinnas (Maldre, 2008) ja Viljandis (Rannamäe, 2015). On ilmunud eriuurimus lindude tarbimise kohta Viljandis hilisrauaajast varauusajani (Ehrlich *et al.*, 2020). Eestist pärit materjali on kaasatud ka näiteks rahvusvahelisse Ida-Baltikumi zooarheoloogilisse uuringusse (Pluskowski *et al.*, 2019).

Lisaks makroskoopilistele ja kirjalikele allikatele on inimeste toitumise uurimisel üha rohkem hakatud kasutama laboratoorseid meetodeid nagu isotoop- ja lipiiduuringud. Inimese luudest eraldatud kollageenist on EA-IRMS (*Elemental Analyser–Isotope Ratio Mass Spectrometry*, ehk elementanalüüsi-isotoopide massisuhete spektromeetria) abil võimalik saada infot toitumise kohta. Näiteks Eesti kiviaegsete küttide-korilaste luudest tehtud süsiniku ja lämmastiku stabiilsete isotoopide analüüsid annavad muu hulgas infot toidu maa või veelise päritolu kohta (Tõrv, 2016). Isotoopuuringuid inimluudest on tehtud ka keskaegsete tallinlaste toitumisharjumuste uurimiseks (Lightfoot *et al.*, 2016; Agurajua-Lätti ja Lõugas, 2019). Toitumist on uuritud ka Iru kindlustatud asulast pärit kaun- ja teraviljade stabiilsete isotoopide analüüsimise teel (Sammler, 2020) ning Pada hilisrauaaegselt maa-aluselt kalmistult pärit pottide kõrbekihi isotoopväärtuste põhjal (Ilves, 2020).

Keraamikast saab teha ka lipiidianalüüse, mille abil on võimalik määrata proovi molekulaarne koostis, kasutades GC-MS meetodit (gaasikromatograafia-massispektromeetria). Selle meetodi abil on võimalik tuvastada biomarkereid, mis annavad aimu selle kohta, mida savinõus võidi valmistada. Biomarkerid võivad anda infot taimede või loomade, kuid ka vaikude ja tõrva kohta. (Oras *et al.*, 2016: 192) Näiteks kasutati lipiidianalüüsi meetodit Narva keraamika kasutusviiside tuvastamiseks (Oras *et al.*, 2016, 2017) ning Kukruse kalmistu savinõude sisu analüüsimiseks (Oras *et al.*, 2018).

Arheoloogilises hambakivis olevate mikrojäänuste uurimine on eelnevatest meetoditest erinev ning pakub võimalust toetada teisi toitumisega seotud uurimusi. Isotoopuuringud annavad võimaluse eristada taimi vaid väga üldisel tasemel – eristatavad on vaid C3 või C4 taimed. Mikrofossiilide uuringud võimaldavad taimi liigi või vähemalt sugukonna/perekonna/triibuseni määrata. Tähele tuleb panna, et hambakivi uuringud on sobilikud populatsioonipõhise toitumise uurimiseks, kuid meetod ei ole ideaalne indiviidi tasandil – taimejäänuste hambakivisse ladestumine ja hambakivi moodustumine erineb indiviiditi (vt nt Leonard *et al.* 2015: 456).

Oma töös uurin kahe kesk- ja varauusaega dateeritud indiviidi hambakivi. Selleks, et ära tunda hambakivis leiduvaid mikrojäänuseid, koostan sel perioodil enamlevinud toidutaimedest võrdluskogu.

Minu töö on kaks suuremat metoodilist eesmärki:

1. Luua hambakivi uurimise tarbeks teraviljade (harilik nisu (*Triticum aestivum*), harilik oder (*Hordeum vulgare*), harilik kaer (*Avena sativa*) ja harilik rukis (*Secale cereale*)) ja kaunviljade (harilik hernes (*Pisum sativum*) ja põlduba (*Vicia faba*)) mikroosakeste (enamasti fütoliitide ja tärkliseterade) võrdluskogu.
2. Töötada välja meetod arheoloogilise hambakivi eraldamiseks TÜ arheoloogia kabineti labori tingimustes. Meetodi kohandamisel oli abiks Yorki ülikooli teadur Dr Anita Radini (Wellcome Trust Research Fellow in Medical Humanities at the University of York), kes andis nõu ja soovitusi.

Minu töö peamised uurimisküsimused lähtuvad eelnimetatud metoodilistest ülesannetest:

1. Kas ja kuidas mõjub töötlemine taimede fütoliitidele ja tärkliseosakestele võrdluskogusse valitud taimede näitel?
2. Kas minu loodud võrdluskogu võimaldab määrata hambakivist leitud taimejäänuseid?
3. Kas minu valitud ja kohandatud meetod võimaldab hambakivist taimejäänuseid eraldada?
4. Mida võimaldavad hambakivist eraldatud taimejäänused öelda inimese toitumise ja/või keskkonna kohta?

Käesolev töö on jagunenud neljaks peatükiks. Esimeses peatükis avan taimede mikrojäänuste kasutamist toitumise uurimisel ja kirjeldan hambakivi. Teises peatükis on juttu võrdluskogust, taimeanatoomiast ja vaadeldavate taimede ajaloost Eestis. Kolmandas peatükis on hambakiviproovide valik, selle eraldamise metoodika ja tulemused. Neljandas peatükis on arutelu ja uurimisküsimustele vastamine.

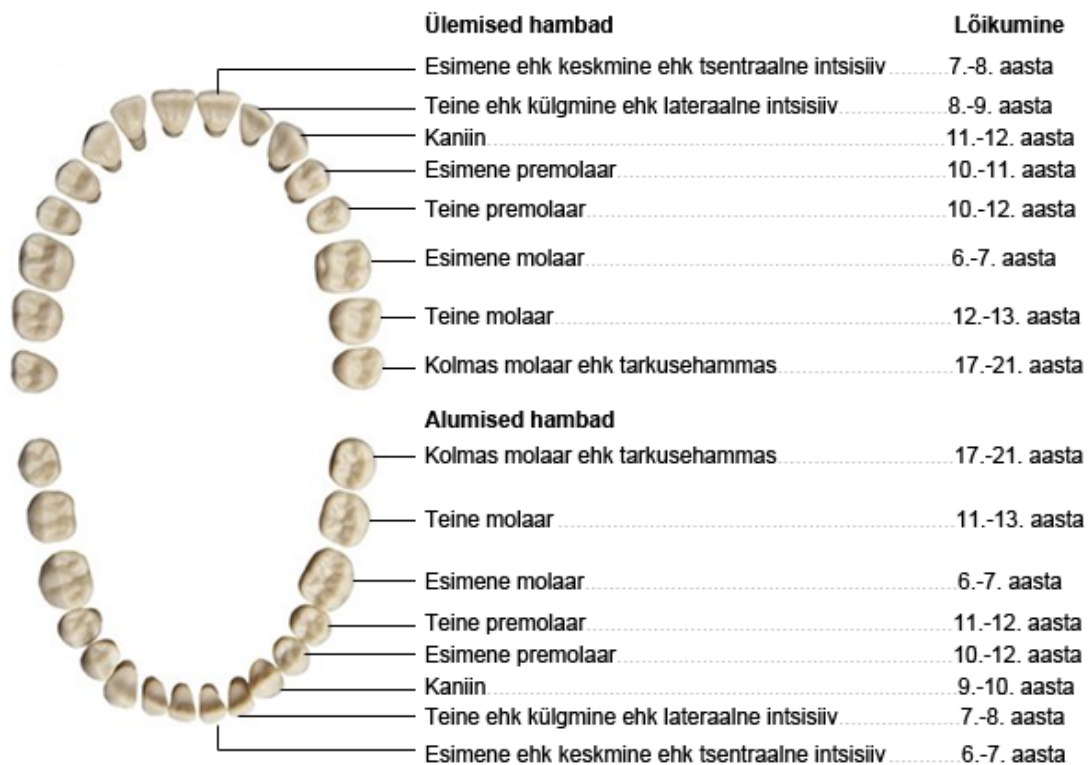
Soovin tänada juhendajat Dr Kristiina Johansonit pühendumuse ja toetuse eest, alati abivalmis Dr Anita Radinit õpetamise eest ja Maris Niinesalu heade nõuannete ja abivalmiste märkuste eest.

1. Taimede mikrojäänused toidu-uuringutes

1.1. Hambakivi toitumise uurimise allikana

Hambad koosnevad hambakroonist ja -juurest (Hillson, 2005: 9; Runnel ja Elhi, 2015). Inimesel on elu jooksul kaks hambakomplekti – 20 piimahammast ja 32 jäävhammast (Roosalu, 2001: 109). Umbes 15. nädalal algab loote lõualuus piimahammaste mineraliseerumine. Krooniosa areneb lõualuus esimesena, seejärel kasvavad juured. Vastsündinu lõualuus on kaheksa jäävhamba ja kümne piimahamba alged. (Lewis, 2007: 38; Runnel ja Elhi, 2015) Piimahammastest arenevad esimesena lõikehambad ning ülejäänud hambad lõikuvad kuni 3. eluaastani. Jäävhambad tekivad ja kasvavad sünnist kuni umbes 14. eluaastani, tarkusehambad on viimased ning lõikuvad alates 17. eluaastast (Lewis 2007: 38).

Kuna inimestel on palju eri tüüpi hambaid, oleme võimelised eri tüüpi toite sööma. Inimeste esmesed hambad on lõikehambad ehk intsisiivid (lad *dens incisivus*). Järgmised on silmahambad ehk kaniinid (lad *dens caninus*), neil on terav kolmnurkne tipp ja nende huulepoolne (e labiaalne) pind on kumer. Premolaaridel (lad *dentes premolares*) on kaks köbrut (üks keelepoolne e lingvaalne, teine põsepoolne e bukaalne). Kõige suurema krooniga hambad on molaarid (lad *dentes molaers*). (Joonis 1) (Runnel ja Elhi, 2015).



Joonis 1. Täiskasvanud inimese hammaste nimetused. https://sisu.ut.ee/hammaste_anatoomia_oklusioon/hammaste-nimetused Vaadatud 5. juunil 2021.

Hambakivi on mineraliseerunud hambakatt, mis koguneb hamba pinnale, lubjastudes igemepealseks ja -aluseks hambakiviks (Weyrich *et al.*, 2015: 119). Hambakivi tekib sülje ja bakterite koostööl hamba pinnal. Peale sülje on hambakivi tekkimisel oluline toidu närimisel käivituv valkude ja bakterite, enamasti fakultatiivsete anaeroobide *Streptococcus mutans*'ite, koostöö, mis tekitab suhkru töötlemisel biokile. See jääb hammaste külge kinni ning bakterid asenduvad kiiresti kaltsiumfosfaatsooladega, tekib hambakatt. Kui hambakattu ei eemaldata, lubjastub see umbes kahe nädalaga ning tekib hambakivi (Radini *et al.* 2017: 72) Hambakivi koosnebki peamiselt kaltsiumfosfaadist (Waldron, 2008: 240).

Hambakivi võib leiduda kõikidel hambakülgedel – nii lingvaalsel (keelepoolsel), labiaalsel (huulepoolsel), bukaalsel (põsepoolsel) kui ka mesiaalsel (keskjoonmisel) hambaküljel (Hardy *et al.*, 2012: 618; Leonard *et al.*, 2015: 452; Runnel ja Elhi, 2015; Radini *et al.*, 2017: 72). Kõige enam ladestub hambakivi intsisiivide ja kaniinide lingvaalsetel külgedel ja ülemiste molaaride bukaalsetel külgedel (Radini *et al.*, 2017: 72).

Hambakivi leidub kõige enam süljenäärmete juures. Sülg koosneb veest (99,5%), elektrolüütidest, limast, antibakteriaalsetest ühenditest, ensüümidest ja bakteritest (Radini *et al.*, 2017: 72). Selles leidub ensüüm α -amülaas, mille abil algab tärkliseosakeste lõhkumine suhkruks. Samuti sisaldab sülg antikehi, mis takistavad hambakatu teket. Süljeteke toimub peamiselt kolmes näärmes. Kõrvasüljenääre (lad *glandula parotidea*) asub põse sisemisel küljel ülemiste tagapurihammaste e molaaride juures. Keelealune süljenääre (lad *glandula sublingualis*) ja lõuaalune süljenääre (lad *glandula submandibularis*) asuvad keele all (Roosalu, 2006: 110; Radini *et al.*, 2017: 72).

Üks esimesi hambakivi mikroskoopilise koostise uuringuid kirjeldas veiste hambakivis olevaid taimedest ja mullast pärinevaid fütoliite (Armitage, 1975: 187). Dobney ja Brothwell uurisid 1980. aastate lõpus hambakivi koostist ja leidsid nii inimeste kui ka loomade hambakivist toiduosakesi (Dobney ja Brothwell, 1988). Hambakivi mikrojäänuste uuringud on hoo sisse saanud viimase kahekümne aasta jooksul, mil on hakanud ilmuma rohkesti publikatsioone.

1.2. Taimede mikrojäänused hambakivis

Hambakivist on võimalik saada infot nii sissesöödu (fütoolidid, tärkliseosakesed, oksalaadid, teised taimeosad ja ka (seene)eosed)) kui ka sissehingatu ja seeläbi ümbritseva keskkonna kohta (õietolmuosakesed, süsi, puit, (seene)eosed)) (Hardy *et al.*, 2009, 2012; Tromp ja Dudgeon, 2015; Hardy *et al.*, 2016; Zhang *et al.*, 2017; Cummings *et al.*, 2018). Hambakivisse võivad jääda nii orgaanilised kui ka anorgaanilised osakesed. Orgaanilistest osakestest on toitumise uurimise seisukohalt olulised mineraliseerunud taimeosakesed, millel on morfoloogiliselt diagnostilised omadused, näiteks fütoliidid, tärkliseterad, seeneeosed, ränivetikad ja õietolmuosakesed. (Leonard *et al.*, 2015: 450) Hambakivist leitavad anorgaanilised ained on näiteks bituumen ja tahmaosakesed (Hardy *et al.*, 2012: 623; Leonard *et al.*, 2015: 450; Hardy *et al.*, 2016b: 130), aga ka mineraalide jäänused. Näiteks leiti Saksamaalt Dalheimi kirikusse maetud 11.–12. sajandist pärit naise hambakivist lasuriiti, mille põhjal saab eeldada, et naine tegeles käsikirjade kaunistamisega. Ainult väga osavatele ja usaldusväärsetele kirjutajatele-kunstnikele anti selliseid ülesandeid. (Radini *et al.*, 2019: 1)

Hambakivi meetodi kontrollimiseks tehti 2015. aastal Tve rahva abil eksperimentaarheoloogiline uuring, milles sooviti leida, kui hästi kajastavad hambakivis leiduvad mikrobotaanilised taimeosakesed teadaolevat toitumist (Leonard *et al.*, 2015: 453). Kõnealune loodusrahvas, Tve, tegeleb nii taimekasvatuse kui ka korilusega. Tve rahvas kasvatab vihmaperioodil maisi – maisipuder on nende kõige tavapärasem toit (Leonard *et al.*, 2015: 450, 453). Tehti intervjuusid ja vaatlusi ning leiti, et Tve rahvas sööb kõige enam 31 eri tüüpi kasvatatud ja korjatud taimi (Leonard *et al.*, 2015: 453). Hambakiviuringute tulemused näitasid reaalsusest kirjumat pilti. Leiti, et hambakivi meetod sobib toitumise uurimiseks populatsiooni, kuid mitte indiviidi tasemel: kahe pea identse toitumisega suvaliselt valitud Tve hambakiviproovidest võib leida erinevaid taimejäänuseid. (Leonard *et al.* 2015: 456)

Seega sobib hambakivis olevate taimejäänuste analüüsimine kõige paremini vastama küsimusele „mida inimesed sõid“, mitte niivõrd „mis osakaalus söödi ühte või teist taime“. Hambakivis leiduvate taimejäänuste analüüsimine sobib kõige paremini täiendama teisi taimedele orienteeritud toitumise rekonstruktsioone, nagu näiteks stabiilsete isotoopide analüüsid ja hammaste makro- ja mikrokulumise uurimine. (Leonard *et al.* 2015: 457)

1.2.1. Tärklis

Tärklis on polüsahhariid, mida taimed toodavad fotosünteesi käigus. See koosneb amüloosist ja amülopektiinist. (BeMiller ja Whistler, 2009: 194; Hardy *et al.*, 2009: 248; Masakuni *et al.*, 2014: 280) Tärklis leidub kahes vormis: lühiaegne tärklis (ingl *temporary/transient starch*) ja varutärklis (ingl *storage starch*) (Kovárník ja Beneš, 2018: 85; Gismondi *et al.*, 2019: 273). Taimed toodavad lühiaegset tärklis päeval ning kasutavad seda öösel (Weise *et al.*, 2011: 3109), varutärklis kasutatakse aga toitainete pikaajalisemaks hoiustamiseks (Lloyd ja Kossmann, 2015; MacNeill *et al.*, 2017: 4434). Toitumise uurimise seisukohalt ei ole lühiaegne tärklis uurimiseks sobiv – varutärklis on liigiti eristatav, lühiaegne tärklis mitte (BeMiller ja Whistler, 2009: 26).

Tärklis moodustub kloroplastides ning seda hoiustatakse taimeorganellides nimega amüloplastid, suuremaid tärklisevarusid säilitavad taimed seemnetes, juurtes ja mugulates, mille söömisel tärklis ka hambakivisse sattuda võib (BeMiller ja Whistler 2009). Tärklisel on poolkristalne struktuur ning polariseeritud valguse all on tärkliseosakese keskel näha valguse kaksikmurdumise teel tekkivat Malta risti kujutist (Leonard *et al.*, 2015: 450; Kovárník ja Beneš 2018: 85).

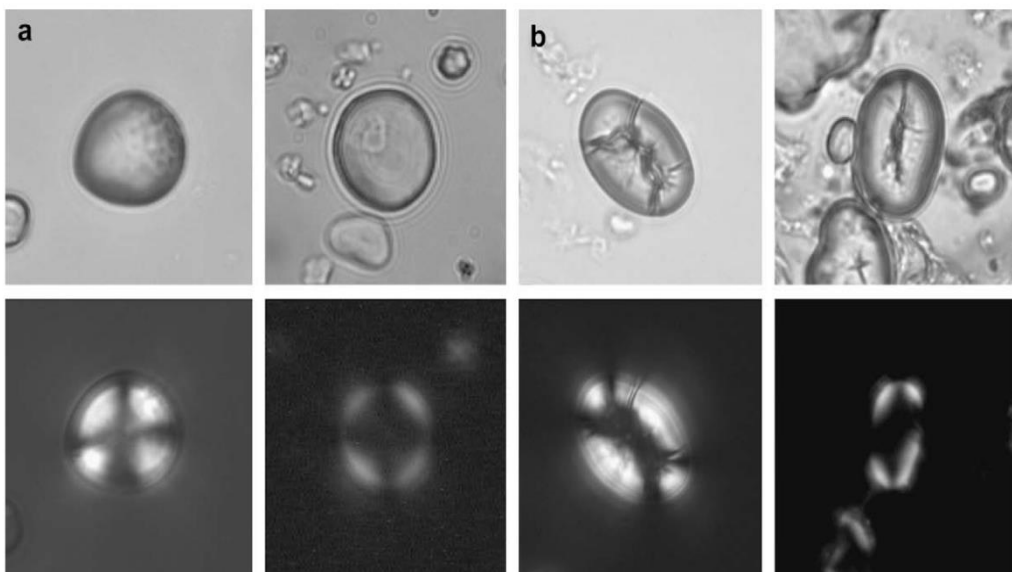
Tärklis leidub paljudes taimedes, näiteks nisus, odras, rukkis, kaeras, riisis, maisis, kartulis, maguskartulis, maniokis jpt (Masakuni *et al.* 2014: 280). Tärklis võib soodsates tingimustes säilida tuhandeid aastaid (Leonard *et al.* 2015: 450). Arheoloogilistes proovides esineva tärklise liigilisel määramisel on tarvis vaadata tärklisetera kuju, selle algme armi (ingl *hilum*), amüloosi ja amülopektiini kasvurõngaid (ingl *lamellae*), pragusid, lõhesid ja polariseeritud valguse all valguse kaksikmurdumise (ingl *birefringence*) teel tekkiva Malta risti sümmeetriat (Leonard *et al.* 2015: 450). Tärklise olemasolu on võimalik testida ensüümi alfa-amülaasiga. See lagundab ainuüksi tärklis – nii saab kindlaks teha, kas tegemist on tärklisega või mitte. (Hardy *et al.*, 2009: 249) Amülaasi leidub ka süljes, mille tulemusel algab tärklise lagundamine. Tärklis lõhub ka happerikas keskkond, kuid hambakivis olev tärklis on väliste mõjude eest kaitstud. (Leonard *et al.* 2015: 450)

Tärklis ei lahustu külmas vees, kuid tärklise niiskes keskkonnas kuumutamine (nt keetmine) üle 60 °C juures kutsub esile tärklise želatiniseerumise (ingl *gelatinisation*). See protsess lõhub tärklise molekulaarset struktuuri, mis põhjustab tärkliseosakeste paisumist ja poolkristalse

struktuuri katki minemist. See viib omakorda polariseeritud valguse all valguse kaksikmurdumise teel tekkiva Malta risti kujutise kadumise või tuhmumiseni. Želatiniseerumise ulatus sõltub muu hulgas ka sellest, kui palju keetmise ajal tärklist segati. (BeMiller ja Whistler, 2009: 342; Hardy *et al.*, 2009: 249; Leonard *et al.*, 2015: 450). Kui želatiniseerunud tärklist jahtub, võib esineda protsess nimega retrogradiatsioon. Retrogradiatsiooni käigus muutub tärklikeahelate struktuur taas korrapärasemaks – tärklike morfoloogia võib oluliselt muutuda ning tärklist võib olla ensüümide lagundava toime osas vastupidavam (Velde *et al.*, 2002; Hardy *et al.*, 2009: 249–250).

Lõhutud struktuuriga tärklist on keerulisem liigiliselt määrata. Kui tärklist ei ole eelnevalt täielikult želatiniseerunud, on võimalik retrogradiatsiooni läbi teinud tärklist ühel või teisel määral liigiliselt määratleda, sest selle poolkristalne struktuur on olenevalt želatiniseerumise intensiivsusest ja struktuuri lõhutuse astmest taastunud. (Radini, suuliselt augustis 2021).

Kuna suuremat osa tärklicerikkast toidust on enne söömist ühel või teisel viisil töödeldud, võib hambakivi uurides tärklikeosakeste liigiline määramine olla keerukas (Joonis 2). Kuumuse mõju tärklikele on uuritud (Hardy *et al.*, 2009; Henry *et al.*, 2009). Toidutegemise tagajärjel tekkinud kahjustused tegid tärklike liigiliseks määramiseks liialt katki, kuid keedetud tärklist oli äratuntav. Sellised eksperimendid aitavad töödeldud tärklist ära tunda arheoloogilises kontekstis. (Henry *et al.*, 2009: 916) Tunduvalt lihtsam on arheoloogilises hambakivis ära



Joonis 2. Kümne minuti keetmise mõju kahe eri liigi tärklikele: (a) harilik nisu (*Triticum aestivum*), (b) munguba (*Vigna radiata*). Vasakpoolsed on keetmata, parempoolsed 10 minutit keedetud. Polariseeritud valguse all on keetmise mõju paremini näha – rist on laienenud ja tuhmunud. Joonise allikas: Henry *et al.*, 2009: 918, Fig. 1

tunda ja määrata töötlemata tärkliseteri. Näiteks leiti 1,2 miljoni aasta vanusest hambakivist tärklis, mille lõhkumata kuju annab alust arvata, et inimeellased sõid tärklis sisaldavaid taimi toorelt (Hardy *et al.*, 2016a: 1).

Hambakivis olevatel tärkliseosakestel on otsene side tärklise leidumisega toidulaual (Hardy *et al.* 2009: 254). Näiteks analüüsiti Hiina Yunnani provintsist leitud pronksiaegsete inimeste hambakivi. Seda uurides leiti tärklis, mille põhjal saab väita, et 2500 cal BP sõid sealsed inimesed muu hulgas riisi, hirssi, tõrusid ja palme. (Zhang *et al.*, 2017: 42)

1.2.2. Fütoliidid

Fütoliidid on ränist koosnevad taimeosakesed, millel on taimede jaoks toestavad, kaitsvad ja füsioloogilised funktsioonid. Näiteks kasutavad taimed fütoliite enda kaitsmiseks taimtoiduliste loomade vastu, sest kõrge ränisisaldusega taimi on taimtoidulistel loomad raskem närida. Samuti kaitsevad fütoliidid taimi haiguslike tekitavate seente vastu. (Piperno *et al.*, 2002: 10 923; Piperno, 2006: 6, 13; Hunt *et al.*, 2008)

Fütoliidid moodustuvad taimede rakkudes või rakkude ümber taime elu jooksul. Nende suurus on vahemikus 5–100 µm. (Corbineau *et al.*, 2013: 179; Zhang *et al.*, 2017: 43) Taimed võtavad mullas leiduvat ortoränihapet (H_4SiO_4) ning transpordivad selle ksüleemi kaudu maapealsetesse taimeorganitesse. Taim ladestab osa ränist ränidioksiidina (SiO_2) rakkude kestadesse, rakkude sisse ja rakkude vahelistesse tühimikesse (Piperno, 2006: 5). Taimed muudavad räni silikaatseks geeliks. Geel kivistub ning omandab kindla kuju; geeli osakesed, fütoliidid, säilivad ka pärast taime surma. (Shakoor, 2015: 10) Taimed hoiustavad silikaate tavaliselt kattekoe rakkude seintes, tehes all olevatest rakkudest nii-öelda koopiad, kuid silikaate esineb ka teistes taimeosades. Fütoliitide kujud varieeruvad, sest ladestatav ränidioksiid võtab kuju vastavalt kohale kuhu see sattus – seega võib ühes taimes leiduda mitmeid erineva kujuga fütoliite (Shakoor, 2015: 11). Fütoliitide moodustumine oleneb paljudest faktoritest: pinnase temperatuurist ja veesisaldusest, mulla ortoränihappe sisaldusest ja üldisest happelisusest, taime vanusest, kliimast ja liigilisest kuuluvusest. (Piperno, 2006: 5; Leonard *et al.*, 2015: 450)

Fütoliitide liigiliseks määramiseks on vajalik tunda nende kuju, ehitust ja suurust. Fütoliite leidub taimede kestas, lehtedes, koores, õites, viljades ja seemnetes, mistõttu satuvad fütoliidid

taime söömise käigus tihtipeale hambakivisse. (Shakoor 2015: 10; Zhang *et al.* 2017: 44) Fütoliitide anorgaanilise ränikeha tõttu on nad keemiliselt stabiilsed, mis tagab nende säilimise kõrgetel temperatuuridel ning nad võivad püsida muutumatutena miljoneid aastaid. Nagu ka tähtsaks, on hambakivis olevad fütoliidid välismõjude eest kaitstud. (Zhang *et al.*, 2017: 43)

Fütoliidi kindla taimeliigiga seostamise jaoks on oluline nende morfoloogia tundmine. Fütoliitide tüüpe on rohkesti ning ühe taime eri osade fütoliidid võivad olla erinevad, mis raskendab liigilist määramist. Kuigi hetkel ei ole loodud arvutiprogrammi fütoliitide taksonoomia määramiseks, on selle vajadust teadvustatud (Evet ja Cuthrell, 2016).

Fütoliitide määramiseks on abiks „International Code for Phytolith Nomenclature 1.0“, milles on välja toodud fütoliitide kujud ning võimalikud vastavad taimeliigid. Samuti annab artikkel ülevaate standardiseeritud nimevormidest erinevate fütoliitide kujudele. (Madella *et al.*, 2005: 255) Täiendatud variant avaldati 2019. aastal ning selle abil saab kirjeldada 19 erinevat fütoliidi morfotüüpi (International Committee for Phytolith Taxonomy (ICPT), 2019).

Fütoliitide määramisel võib abi osutada ka PhytCore DB (<https://www.phytcore.org/phytolith/index.php>), mis on internetipõhine fütoliitide andmebaas. Uurijad saavad PhytCore DB-sse laadida pilte fütoliitidest, lisades juurde nende taksonoomia, perekonna, morfoloogia, taimeosa jpm. Kuna praegu on PhytCore'i andmebaasis enamuses Põhja-Ameerika ja Aafrika taimed, ei ole see Eestis kasvavate taimede uurimiseks eriti rakendatav.

1.2.3. Muud taimejäänused

Seeneosed

Eosed on seente paljunemiseks vajalikud rakud. Eoste kaudu toimub kas suguline või mittesuguline paljunemine ning enamik eoseid hajuvad õhu kaudu ning võivad sisse hingates sattuda hambakivisse. (Reitz ja Shackley, 2012: 167; Radini *et al.*, 2017: 76) Eoseid esineb hambakivis pigem harva (Power *et al.*, 2015: 41).

Seeneoste leidmine hambakivist võib anda informatsiooni taimekahjurite levikust. Näiteks leiti 18. sajandil Kanaari saartele maetud inimese hambakivist maisitaimedele kahjuliku maisilendnõgi (*Ustilago maydis*) eoseid. (Afonso-Vargas *et al.*, 2015: 112) Qesemi koopast pärit

paleoliitiliste inimeste hambakivi uurides leiti muude hingamisteede ärritajate seast ka kolme erinevat liiki seeneeoseid. Eosed võisid sattuda hambakivisse hingamisel või söömisel (Hardy *et al.*, 2016b: 133). Ka 1,2 miljoni aasta vanusest Sima del Elefante koopast pärit inimeellase hambakivist leiti seeneeoseid, kuid nende liigilist kuuluvust ei olnud võimalik määrata. Seetõttu ei saanud tuvastada, kas eosed sattusid hambakivisse hingamise või sissesöömise teel (Hardy *et al.*, 2016a: 3)

Õietolm

Õietolmuosakeste abil toimub taimede tolmlamine. Õietolm kandub laiali tuule, putukate või vee kaudu. Õietolmuosakestel on vastupidav väliskiht, mis kaitseb neid keemiliste ja füüsiliste rünnakute vastu, ei lagune kergesti ning võib teatud tingimustel kivistuda, olles arheoloogidele väärtuslikuks infoallikaks. (Bakels, 2020: 203). Power *et al.* (2015) nendib, et õietolmuosakeste leidmine hambakivist on üpriski haruldane.

Hambakivis peituv õietolm võib anda infot nii keskkonna kui ka toitumise kohta. Hardy *et al.* (2016a) leidsid 1,2 miljonit aastat vanast hambakivist mitmete okaspuude õietolmu (*Pinaceae*), mis viitab liigi kasvamisele vaadeldavas piirkonnas. Pakuti, et õietolm võis hambakivisse sattuda ka söömise teel – võidi süüa okaspuude okkaid, käbisid kui ka sisemist koort. (Hardy *et al.*, 2016a: 2) Hambakivis leiduvat õietolmu on uuritud ka Itaalias, uurimuse tulemusel pakutakse, et kiviaja inimesed sõid mett või teisi mesilasprodukte (D'Agostino *et al.*, 2021: 7).

Oksalaadid

Kaltsiumist koosnevaid oksalaadikristalle leidub paljudes taimeosades. Nende uurimist hambakivis raskendavad mitmed asjaolud: kaltsiumioksalaadid lahustuvad hambakivi puhastamiseks kasutatavas vesinikkloriidis (HCl), isegi veidi happelises vees. Lisaks sellele on rohke hambakiviga inimeste sülg veidi happeline (~ 6.8 pH), mis omakorda ei soodusta oksalaatide säilimist. (Tromp, 2012: 24–25) Oksalaatide harukordsust hambakivis rõhutavad ka Power *et al.* (2015). Samuti on eri liikide oksalaadid sarnaste kujudega, mistõttu on oksalaatide päritolu keeruline tuvastada.

Teoreetiliselt võivad hambakivis säilida igasugused muud taimeosad ja ka muud orgaanilised ja anorgaanilised osakesed, mis on piisavalt tugevad, et suhu sattuda. Hambakivis on nad välismõjude eest kaitstud.

2. Võrdluskogu

Kindlast piirkonnast pärit hambakivi uurimiseks on tavapärase teha sellel alal kasvavatest taimedest võrdluskogu (Henry ja Piperno, 2008: 1945; Leonard *et al.*, 2015: 452; Tromp ja Dudgeon, 2015: 55; Hart, 2016: 115). Olenevalt vaadeldavast perioodist, saab võrdluskogu loomisel toetuda nii kirjalikele, makro- kui ka mikrobotaanilistele allikatele.

Hambakivi uurimisel on tavaliselt teada leiu ligilähedane dateering, mis aitab mõista toiduks tarbitud taimede uurimiseks vajaminevat infot. Dateeringu teadmine annab aimu sel perioodil kasvanud taimedest ning võimaldab alustada võrdluskogu loomist. Oma võrdluskogu loomiseks kasutasin Tartu Ülikooli arheoloogia osakonna laborit ning mikrojäanuste uurimiseks sealset polarisatsioonimikroskoopi Olympus BX51.

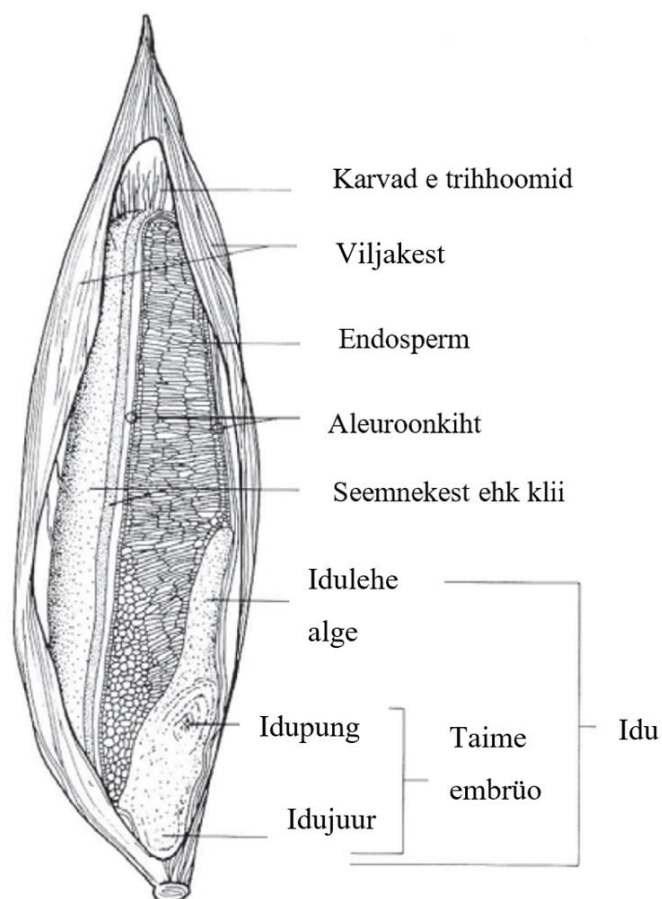
2.1. Tera- ja kaunviljade anatoomia

Tera- ja kaunviljad on katteseemnelised soontaimed. Soontaimi on kolme sorti: sõnajalg-, paljasseemne- ja katteseemnetaimed. Soontaimedele on iseloomulikud juhtsooned ksüleem ja floem, mööda mida toimub taimes ainete transport. Ksüleemi pidi liigub kandev vool – nii viiakse mineraalained ja vesi juurtest üles; floemi pidi toimib laskuv vool – selle kaudu transportitakse lehes sünteesitud suhkrud teistesse taimeosadesse. (Eichwald *et al.*, 1970: 12–16; Kukk, 1996: 52)

Katteseemnetaimed (nim ka õistaimed) jaotuvad kolmeks: üheidulehelisteks (*Monocotyledoneae*; nende hulgas ka kõrrelised e *Poaceae*), mitmeidulehelisteks (*Eudicotyledoneae*), mille hulka kuuluvad ka kaheidulehelised taimed (sh kaunviljade sugukond liblikõielised e *Fabaceae*) ja magnooliataolisteks taimedeks (*Magnolianaes*). (Eichwald *et al.*, 1970: 13, 16; Dilcher *et al.*, 2019)

2.1.1. Teraviljade anatoomia

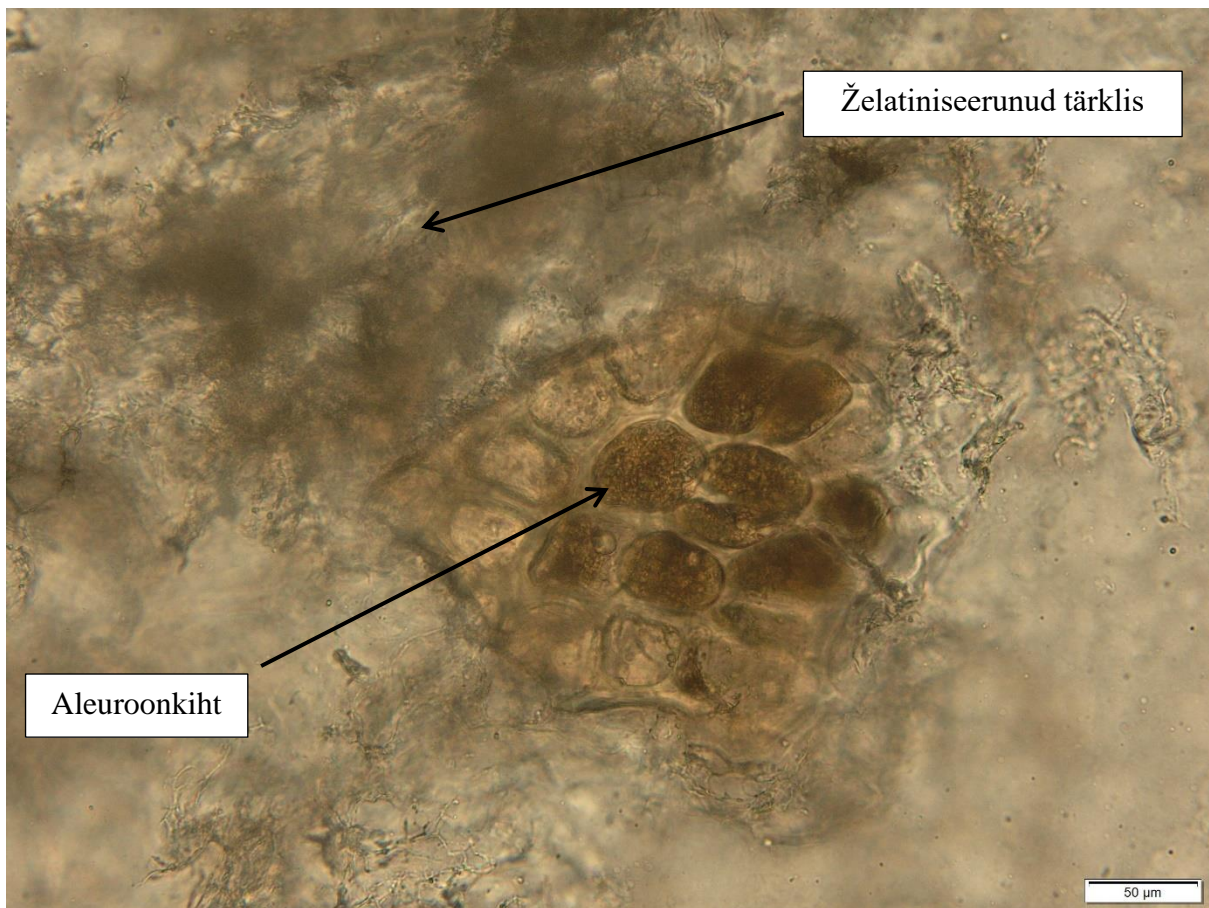
Teraviljade söödav osa on seeme ehk teris (Joonis 3). Selle bioloogiline roll on anda algus uuele taimel, kaitsta idu välistingimuste eest ja varustada idanevat taimet toitainetega. (Kukk, 1996: 160–161) Terades on lisaks peamisele varuainele varutähtsusele ka valke, lipiide ja kiudusid (Kukk 1996: 30; Wrigley ja Batey, 2010: 38–41). Viljatera tähtsaimad osad on: vilja- ja seemnekest, endosperm ehk seemne toitkude ja idu.



Joonis 3. Kaera terise ehitus. Seemneosa nimetused on tõlgitud inglise ja ladina keelest. Joonise allikas: Wrigley ja Batey 2010: 166, Fig. 7.2.

Viljakesta roll on kaitsta seemet, hoida niiskust ja reguleerida toitainete kasutust idanevas taimel. Viljakest ei sisalda tärklisi, see on kiudaine- ja tuharikas. (Serna-Saldivar, 2010: 8, 118).

Seemnekesta all olev aleuroonkiht on endospermi välimine kiht (Joonis 4). Selles esinevad varuvalgud amorfsete aleurooniterade kujul. (Kukk 1996: 30) Ka aleuroonkihis ei ole tärklisi, siin leidub valkusiid (20%), rasvu (20%) ja mineraale (20%) ning B-vitamiini ja tselluloosi näol rikkalikult kiudaineid (Winton ja Moeller, 1906: 69; Serna-Saldivar, 2010: 118, 121–122).



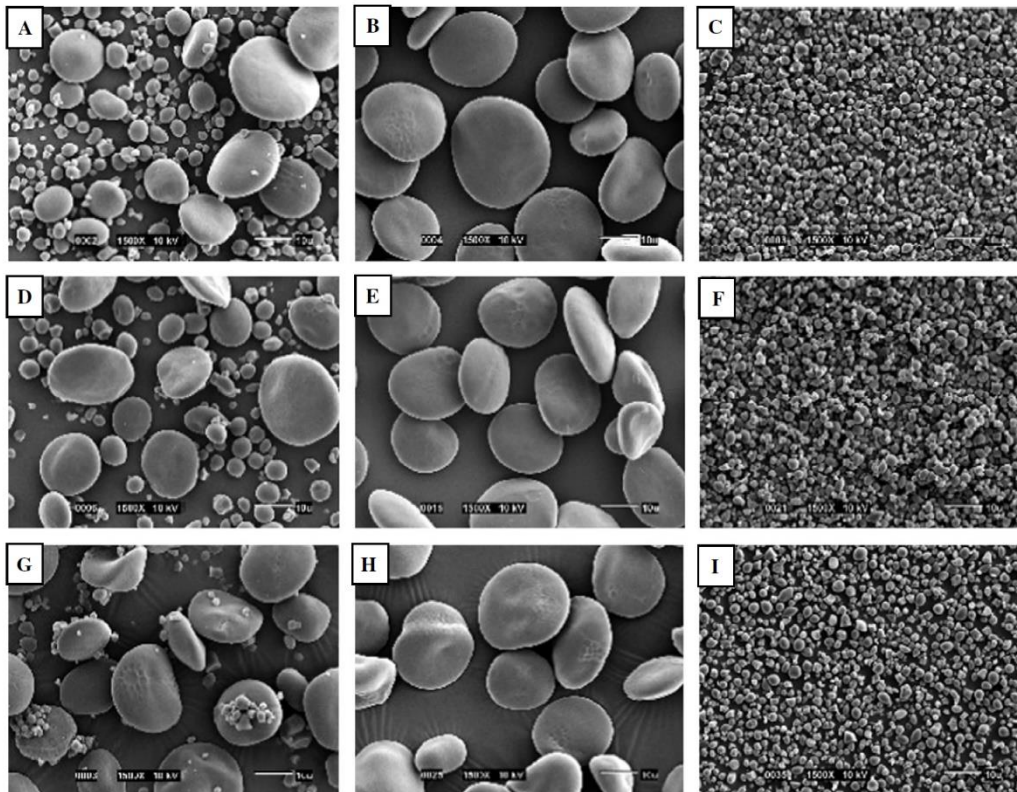
Joonis 4. Harilik nisu (*Triticum aestivum*) keedetud 15 minutit. Pildil on näha tera aleuroonkihti ja želatiniseerunud tärklist.

Endosperm on idu toitkude, mis täidab seemne peamist funktsiooni – pakkuda idanevale taimetele toitaineid. Teraviljade endosperm koosneb suuresti terakeste kujul esinevast tärklisest. (Wrigley ja Batey, 2010: 38) Odral on endospermi mitu kihti, teistel teraviljadel on üks kiht (Winton ja Moeller 1906: 62). Endospermi all on embrüo, milles on palju õli ja valke, kuid mitte tärklist (Winton ja Moeller, 1906: 63)

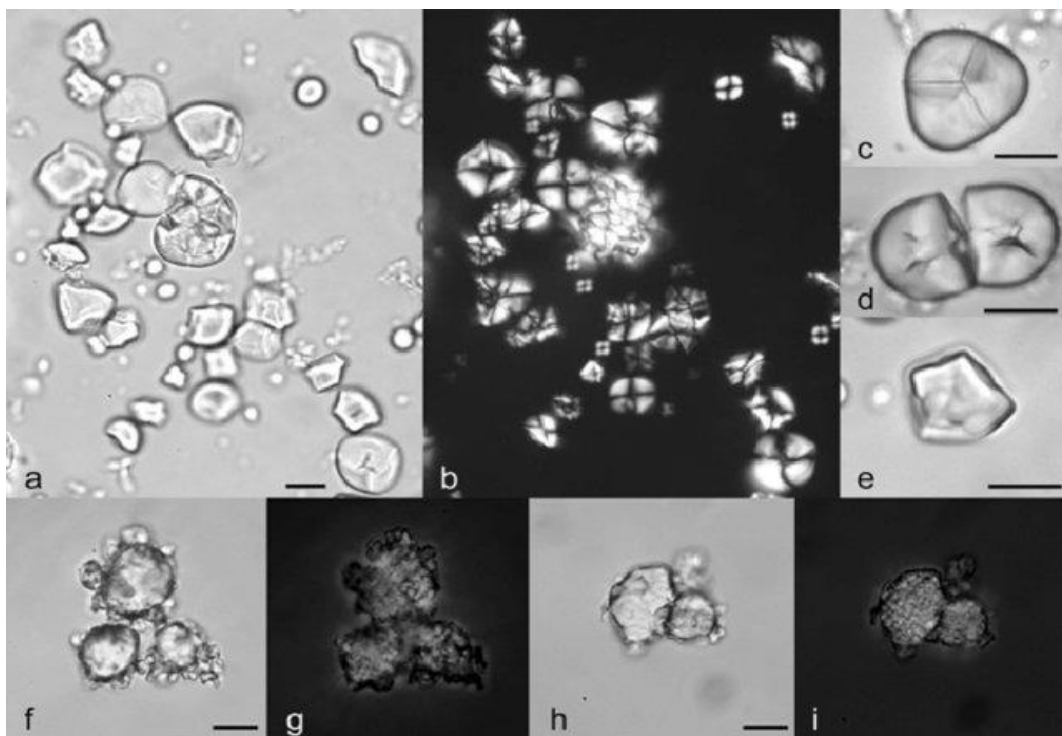
Nisu, odra ja rukki tärklis on bimodaalne – selles esineb kahes suuruses ja kujus tärklis (Tabel 1; Joonis 5). Kaeral on liitraline tärklis (Tabel 1; Joonis 6). (BeMiller ja Whistler, 2009: 195)

Liik	Tärklisetüüp	Suurus	Omadused, märkused
Harilik nisu (<i>Triticum aestivum</i>)	A	28–45 µm, harva 50 µm	Läätsjad, plaatjad. A-tüüpi tärklisetera kuju oleneb muu hulgas ka tera valmidusest (Evers, 1971: 157).
Harilik nisu (<i>Triticum aestivum</i>)	B	2–9 µm	Ümmargusemad kui A-tüüpi. Nisus esineb rohkem B-tüüpi osakesi kui teistes teraviljades.
Harilik oder (<i>Hordeum vulgare</i>)	A	10–30 µm	Läätsjad, ümmargused, plaatjad.
Harilik oder (<i>Hordeum vulgare</i>)	B	umbes 6 µm	Ümmargusemad kui A-tüüpi ja ebakorrapärased.
Harilik rukis (<i>Secale cereale</i>)	A	23–40 µm	Läätsjad, plaatjad. Pinnal on tihti näha lõhesid.
Harilik rukis (<i>Secale cereale</i>)	B	vähem kui 10 µm	Ümmargusemad kui A-tüüpi.
Harilik kaer (<i>Avena sativa</i>)	Liitrad	35–45 µm	Esineb kogumitena, terade kuju ei ole kuigi standardne, ei esine A- ja B-tüüpi tärkliseteri. Muidu siledal kaeratärklise väliskihil võib esineda lohkusid ja sälke.

Tabel 1. Tabeli viited: (Winton ja Moeller 1906: 64; Evers, 1971: 157; Kukk, 1996: 38; Ao ja Jane, 2007: 46–48; BeMiller ja Whistler, 2009: 452, 582, 591, 607; Wrigley ja Batey, 2010: 165–167)



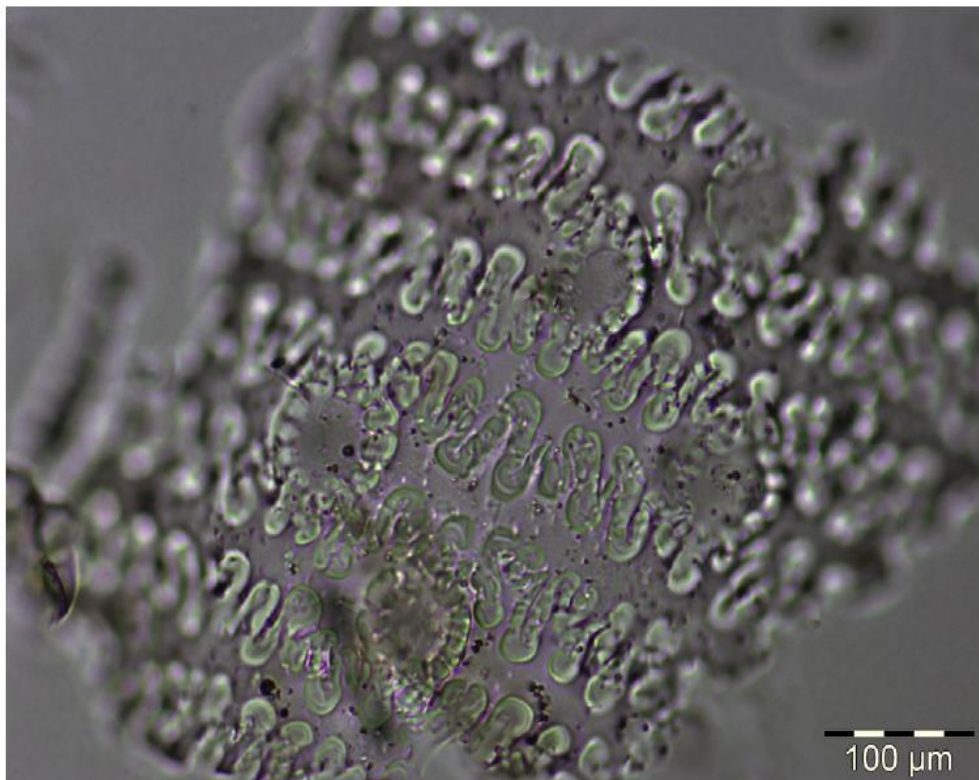
Joonis 5. Erinevad tärklisekujud: (A) nisu, (D) tritikale (nisu ja rukki ristamisel saadud hübriid), (G) oder ja nende tärklised: A-tüüpi (B, E ja H) ja väikesed B-tüüpi tärklised (C, F ja I). Ribad = 10 µm. Joonise allikas: Ao ja Jane 2007: 48, Fig. 1.



Joonis 6. Kaera (*Avena*) tärkliseosakesed. (A–E) *A. barbata*. (A) Liit- ja lihtterad jahus. (B) Samad osakesed polariseeritud valguse all. (C) Väike liiterra. (D) Kaks lahknevat tera. (E) Hulktahuline üksiktera. (F and G) *A. fatua*. (F) Tärklis läbivalgusmikroskoobi all. (G) Samad osakesed polariseeritud valguse all. (H and I) *A. sterilis*. (H) Tärklis läbivalgusmikroskoobi all. (I) Samad osakesed polariseeritud valguse all. Ribad = 10 µm. Joonise allikas: Mariotti Lippi *et al.*, 2015: 12) Fig. S4.

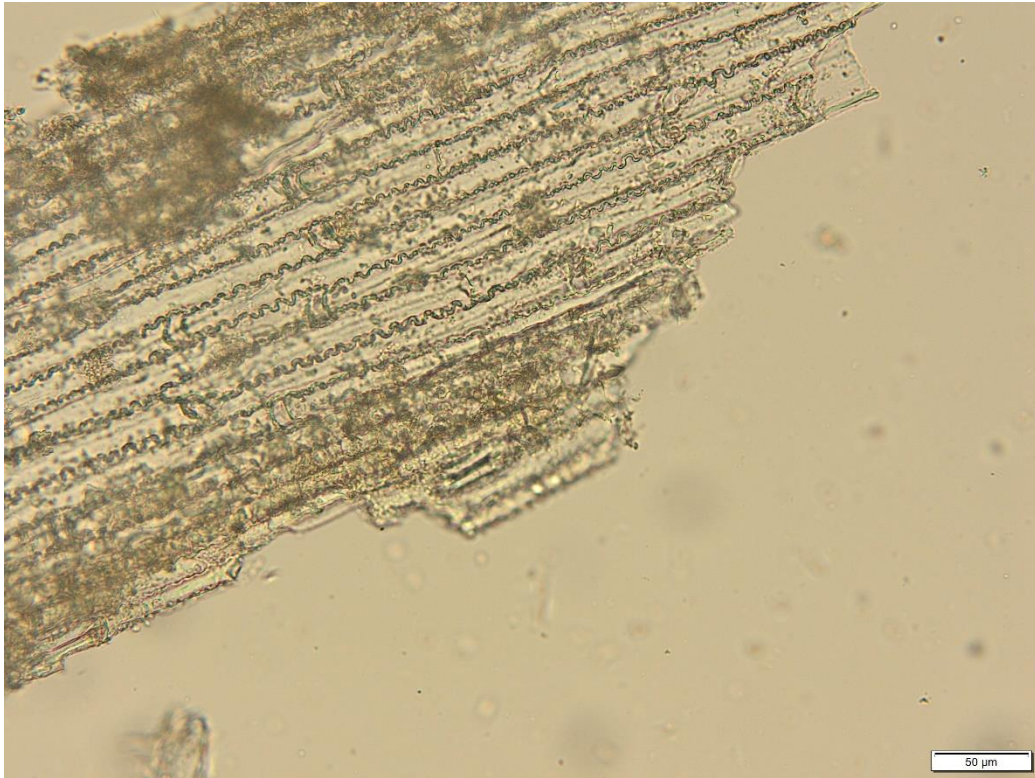
Töös vaatluse all olevad teraviljad – rukis, nisu, oder, kaer – kuuluvad kõrreliste sugukonda. Nii ühe- kui ka kaheidulehelised taimed moodustavad fütoliite, kuid fütoliidid on palju levinumad üheidulehelistes taimedes. (Rosen, 2008: 1819; Shakoor 2015: 11) Kõrrelised moodustavad palju diagnostilisi fütoliite. Kõige enam leidub kõrreliste puhul fütoliite seemne kandlehtedes ja kliis ehk seemnekestas, mõlemas esineb piklikke dendriitseid ja karvakujulisi fütoliite (vt Joonis 7, 8) (Shakoor, 2015: 11). Kandlehed on teravilja õisiku osad, nende roll on seemet kaitsta. Kandlehed koosnevad erinevatest osadest. (Piperno, 2006: 6)

Kultiveeritud kõrreliste fütoliitide vahel on märgata ümmargusi silikaatseid papille, mille diameetri järgi on võimalik arheoloogilises proovis esinevat kõrrelist taksonoomiliselt määrata



Joonis 7. Hariliku nisu (*Triticum aestivum*) fütoliidid ja papillid taime kandlehtedest. Joonise allikas: Ball *et al.* 2016: 38, Fig. 9.

(nt Joonis 7). See aitab ka vahet teha metsiku ja kultiveeritud taimede vahel – näiteks varieeruvad metsiku nisu papillide diameetrid, kultiveeritud nisu papillid on standardiseerunud suurusega. (Tubb *et al.*, 1993; Ball *et al.*, 2016: 38–39) Need fütoliitide kujud, mis tekivad teravilja seemne väliskihi rakkude ränistumisel, on teraviljade puhul kõige tavapärasemad ja diagnostilisemad, samuti ka kõige sagedasemad arheoloogilistes kontekstides. (Ball *et al.*, 2016: 37)

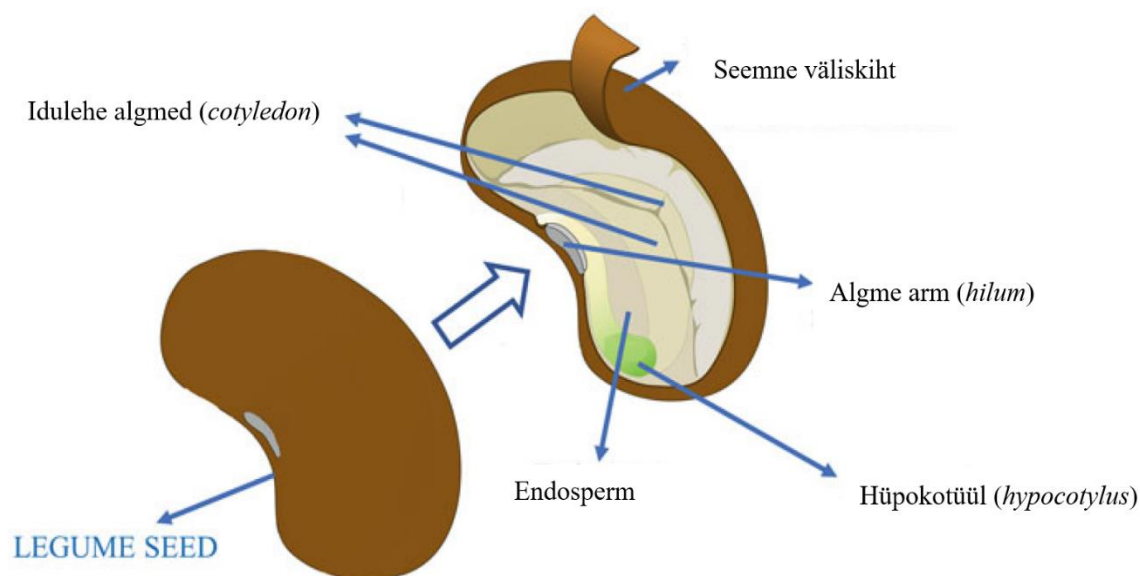


Joonis 8. Hariliku kaera (*Avena sativa*) dendriitsed fütoliidid, keedetud 15 minutit.

2.1.2. Kaunviljade anatoomia

Kaunviljade seemnete ülesehitus erineb mõneta teraviljade omast. Kui kõrrelistel on toitained seemne endospermis, siis liblikõielistel paiknevad varuained taime idulehtedes. Peamiseks varuaineks on samuti varutärklis. Ka aleurooniterad leiduvad liblikõielistel idulehtedes. (Kukk 1996: 30, 160–161)

Kaunvilja seemne väliskiht koosneb parenhüümsetest rakkudest, mida katavad vaskulaarses süsteemis olevad sklerenhüümsed rakud (Kukk, 1996: 25, 51; Van Dongen *et al.*, 2003: 729). Kaunvilja seemne väliskiht on tavaliselt kõva ja sile, sellel on algme arm (ingl *hilum*). Seemnes on kaks idulehe alget (ingl *cotyledons*). Kaunvilja seemne endosperm on kas väike või seda ei olegi, mistõttu on varuained idulehtedes. (vt Joonis 9) (Jennings ja Foster 2020: 52)



Joonis 9. Kaunvilja seemne ehitus. Seemneosade nimetused on tõlgitud inglise keelest. Joonise allikas: Singh *et al.*, 2020: 5, Fig. 2

Enamike liblikõieliste taimede tärkliseosakesed on oa- või neerukujulised (Cortella ja Pochettino, 1994: 176). Kaunviljatärklises on rohkem amüloosi ning selle omadused erinevad teraviljatärklisest: kaunviljatärklisel on kõrgem želatiniseerumistemperatuur ja retrogradiatsioon toimub kiiremini (Ratanayake, Hoover ja Warkentin 2002) (Vt Tabel 2).

Liik	Tärklise suurus	Omadused, märkused
Harilik hernes (<i>Pisum sativum</i>)	Varieeruvad diameetrid. 15–45 µm. Ümmargused 5–7 µm; lühemad elliptilised 10 µm; pikemad elliptilised 25 µm.	Kuju ei ole korrapärase: on ümmargusi, elliptilisi, ovaalseid, piklikke, neerukujulisi ja ebaregulaarse kujuga. Kohati esineb lõhesid või klompe tärklise pinnal. Enamasti on pind sile. Tärklise diameetrid on väiksemad kui teistel kaunviljadel.
Pölduba (<i>Vicia faba</i>)	Varieeruvad diameetrid. 11–48 µm ja 9–24 µm. (Punia <i>et al.</i> 2019: 3)	Kuju ei ole korrapärase. On ovaalseid, ümmargusi, elliptilisi ja ebaregulaarse kujuga. Teradel esineb lõhesid ja õõnsuseid.

Tabel 2. Tabeli viited: (Ratnayake *et al.*, 2001: 194; Henry *et al.*, 2009: 917; Punia *et al.*, 2019: 3)

Sõltuvalt pinnase iseloomust on igal taimel teoreetiliselt võimalik silikaatseid osakesi moodustada (Radini, suuliselt juunis 2021), aga reaalsuses moodustavad kaheidulehelised taimed vähe või mitte üldse fütoliite, sest nad oskavad reguleerida silikaatsete osakeste sissevõttu (Shakoor, 2015: 15–16).

2.2. Võrdluskogu taimede valik

Kuna valisin arheoloogilisteks hambakiviproovideks kesk- ja uusaegsed kontekstita hambad (Kalamaja 2020, Rõuge 2020, vt lähemalt ptk 3.1.1. ja 3.1.2.), siis pidi võrdluskogu koosnema sellel perioodil söödavatest taimedest. Antud töö maht piiras kõikide kesk- ja uusaegsete võimalike toidutaimede võtmist võrdluskogusse, mistõttu võtsin valimisse Eesti puhul kõige tavapärasemad teraviljad ja kaks Eestis levinud kaunvilja: harilik nisu (*Triticum aestivum*), harilik oder (*Hordeum vulgare*), harilik kaer (*Avena sativa*), harilik rukis (*Secale cereale*), harilik hernes (*Pisum sativum*) ja põlduba (*Vicia faba*).

2.2.1. Teraviljad

Juba varasel pronksiajal kasvatati Eesti aladel otra ja nisu, nendega kaasnesid ilmselt umbrohuna rukis ja kaer (Kriiska *et al.*, 2020: 177). Nooremal pronksiajal ja eelrooma rauaajal kasvatati nisu, kaera ja otra, õietomudiagrammides leidub vahel ka rukki õietolmu (Kriiska *et al.*, 2020: 245). Eelviikingi- ja viikingiajast on andmeid juba kõikidest võrdluskogus olevatest taimedest, peale kaera ka makrojäänuste näol (Tvauri ja Vanhanen, 2016; Kriiska *et al.*, 2020: 306–307) ning uuritavate taimede kasvatamine jätkus hilisrauaajal (Kriiska *et al.*, 2020: 382), keskajal ja uusajal (Põltsam, 2002; Sillasoo ja Hiie, 2007).

Enne 11. sajandit oli Baltimaades kõige levinum teravili oder, mis kasvab põhjapoolsemates tingimustes hästi. Nii kahe- kui ka neljarealise odra teri on leitud Rõuge linnusest, Irust, Asva kindlustatud asulast ja Kuusalu Pajulinnast. (Põltsam 2002: 9; Kriiska *et al.*, 2020: 306–307). 11. sajandil hakati Eesti aladel kasvatama rukist taliviljana, kuna see omandas suurema majandusliku tähtsuse (Põltsam 2002: 9). Iru kindlustatud asulakohast on 9.–10. sajandi kihtidest leitud nisu, rukki ja odra makrojäänuseid (Sillasoo ja Hiie 2007: 73). Nisu

kasvatamine oli Eesti aladel keskajal harvem, selle kasvatamine hoogustus 17. sajandil (Põltsam 2002: 10).

Keskaja inimese toidulaual olid ülekaalus viljatooted – keskaegsete kirjalike allikate põhjal oli vili kõige olulisem maksuvahend (Sillasoo ja Hiie 2007: 76). Keskaja kõige olulisem teraviljast valmistatud toit oli leib, tehti ka putrusid, suppe ja õlut (Põltsam 2002: 9). Kaer oli talupoegade koormiste järgi teraviljade hulgas tähtsuselt kolmandal kohal, esimesed kaks olid rukis ja oder. Rukist ja otra nõuti maksudeks võrdsetes kogustes. (Põltsam 2002: 11; Sillasoo ja Hiie 2007: 76) Eesti aladel kasvatati keskajal ka tatart, kuid seda veel harvemini kui nisu. Esimesed teated tatra kasvatamisest Liivimaal pärinevad 15. sajandist (Põltsam 2002: 11). Tartust on leitud 14.–15. sajandi kihtidest ka hirssi, mis oli ilmselt importkaup (Põltsam 2002: 12; Sillasoo ja Hiie 2007: 80, 82) Kirjalike allikate põhjal saab väita, et vili oli keskajal kõige olulisem maks. (Sillasoo ja Hiie 2007: 76).

2.2.2. Kaunviljad

Kesk- ja varauusajal Eesti alal elanud inimeste jaoks olid kauniviljad toidulaual tähtsal kohal, kuid need on koormistes harva esindatud. Tänu kauniviljadele elati keskajal üle ikaldusaastad, lisaks on kaunvilju hõlbus kasvatada ka vähem viljakates muldades. (Põltsam 2002: 12).

Eelviikingi- ja viikingiaegsetest kontekstidest on lisaks teraviljadele teada kaunviljade makrojäänuseid. Näiteks on Kuusalu Pajulinnast leitud söestunud nisu-, odra- ja rukkiteri ja herneid. Iru linnuse põhjavalli juurest on leitud odra, nisu, herne ja rukki jäänuseid; Iru lõunapoolse valli varemete alt on leitud põlduba ja otra. (Põltsam 2002: 12; Sillasoo ja Hiie 2007: 73; Tvauri 2012: 102). Kaks põlduba ja neli hernest on leitud ka eelviikingiaegsest Tartust (Tvauri ja Vanhanen 2016: 33). Lõuna-Eestist on pärit kirjalikke allikaid, mis nimetavad herneid maksualuseks põllumajandussaaduseks (Sillasoo ja Hiie 2007: 76). Keskaegsetest Eesti linnadest on leitud erinevate kaunviljade söestunud makrojäänuseid – herneid, läätsesid ja ube (Sillasoo ja Hiie 2007: 80)

2.3. Võrdluskogu loomise meetoodika

Et jäljendada hambakivisse sattuva toidu omadusi, tegin võrdluskogu loomiseks katseid, vaadeldes taimi nii toorelt kui ka keedetult. Võrdluskogude tegemisel tuleb silmas pidada uuritava piirkonna ja ajastu toitumisharjumusi. Tuleb mõelda, mil viisil sattus taimejäänus

hambakivisse ning seda viisi tuleb jälgendada nii täpselt kui võimalik. Keetsin kõiki võrdluskogu taimi, võttes proove iga viie, kümne, 15 ja 30 minuti järel. Võrdluskogu on leitav lisadest (Lisa 5). Võrdluskogu taimedest tehtud preparaatide tõlgendamisel olid abiks Dr Anita Radini ja Dr Kristiina Johanson.

Võrdluskogu loomise metoodika:

1. Puhastasin ja desinfitseerisin tööala ja kõik vajaminevad tööriistad. Panin selga laborikitli. Latekskinnastel võib leiduda tärklis, mistõttu kasutasin puudrivabasiid nitrilkindaid. (Laurence *et al.*, 2011: 216; Soto *et al.*, 2019: 4869)
2. Et jälgendada toidutegemist, kasutasin altkuumusega pliidiplaati ning keetsin proove VWR 459–0204 DIN tiiglitel, v.a põldoa puhul, mille jaoks kasutasin suurt potti induktsioonpliidil. Kasutasin keetmiseks ainult destilleeritud vett. Tiiglitel (ja ka potil) olid kaaned peal.
3. Nisu, odra ja kaera viljaterade puhul eemaldasid viljaterad viljapea küljest, jättes mõned kandlehetükid ja kliid proovi. Rukki puhul kasutasin Loona talu veski rukkiteri, uhmerdades neid enne destilleeritud veega, kuid jättes mõned suuremad tükid ja viljakestad proovi.
4. Panin eraldatud seemned destilleeritud veega kinnistesse Eppendorfi katsutitesse ning sonifikeerisin Bandelin Sonorex sonifikaatoris 30 sekundit kuni üks minutit selleks, et teri puhastada.
5. Pärast sonifikeerimist uhmerdasin ahhaadist uhmris otra, nisu ja kaera. Herne ja põldoa puhul panin terved seemned keevasse destilleeritud vette.
6. Iga viie, kümne, 15 ja 30 minuti järel võtsin proovi. Hernest ja põlduba uhmerdasin ahhaadist uhmris enne slaidile panemist, olenevalt konsistentsist tegin seda ka teraviljade puhul, et proovi oleks slaidil võimalik vaadata ja et slaid ei oleks mikroskoobi all ebatasane. Kui olin saanud sobiva konsistentsiga proovi, pipeteerisin selle slaidile.
7. Kasutasin pisteliselt ka glütseriini-vee segu (50–50), et proovi saaks kauem vedelas olekus säilitada. Kui slaidid olid vaadatud, liimisin pealisklaasi ja slaidi kokku küünelakiga, et neid pikemalt säilitada. (Fairbairn, 2003: 174)
8. Proove vaatasin Olympus BX51 polarisatsioonimikroskoobiga, suurendustega 50×, 100×, 200×, ja 500×. Piltide tegemiseks kasutasin arvutirakendust CellSens Entry ja Olympus SC50 kaamerat. Tärkliseosakeste äratundmiseks on tarvis vaadata neid

polariseeritud valguse all, mille tulemusel on näha kaksikmurdumise teel tekkivat Malta risti. Ka fütoliitide vaatamiseks kasutatakse läbivalgusmikroskoopi.

2.4. Tärkliseosakeste võrdlemine

Tärkliseosakeste ära tundmiseks hambakivis võrdlesin valimis olevate taimede tärkliseosakesi. Erinevused ja täheldatud muutused kuumutamisel on kirjeldatud võrdluskogu tabelis, mis on leitav lisadest (Lisa 5). Kirjanduse põhjal tehtud võrdlused on tabelites (Tabelid 1 ja 2).

Kaunviljade tärkliseosad on võrreldes teraviljade omadega vähem standardsete kujudega. Üldiselt on kaunviljade tärkliseosad pigem neerukujulised, teraviljatärklis on pigem kettakujuline ja selle seas leidub vähem variatsioone (v.a erinevused A- ja B-tüüpi tärklise vahel). Kaunviljatärklise kaksikmurdumise teel tekkinud Malta rist on keskelt suurem ja laiem, sellest eenduvad peenemad jooned; teraviljatärklise kaksikmurdumise teel tekkinud rist on korrapärasem.

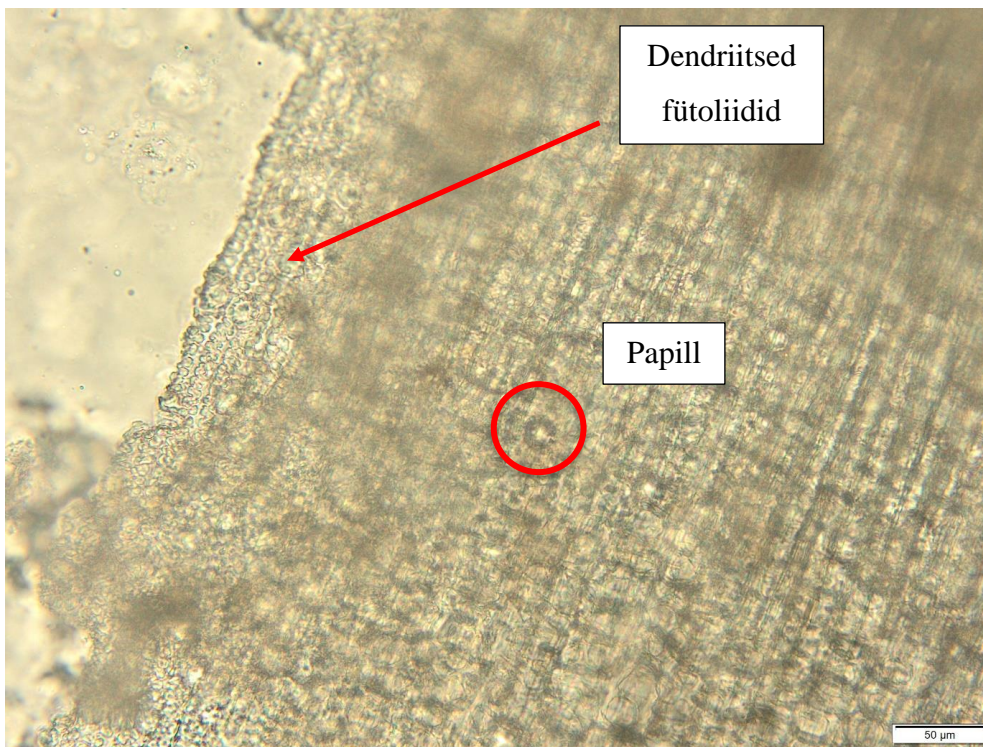
Üldiselt oli märgata tärkliseosakeste hävimist kuumuse ja niiskuse mõjul. Seda on täheldatud ka teistes uurimustes, vt ptk 1.2.1. Tärklise kaksikmurdumise teel tekkiv Malta rist hägustus või kadus (vt Lisa 5, pölduba keedetud 15 minutit), tärkliseosakesed suurenesid ja purunesid osaliselt. Nende kuju muutus.

2.5. Fütoliitide võrdlemine

Nagu eelnevalt mainitud (ptk 2.1.2.), ei moodusta kaheidulehelised kaunviljad fütoliite peaaegu kunagi, mistõttu võrdlen selles peatükis vaid teraviljade fütoliite, kuna herne ja põldoa proovidest ma fütoliite ei leidnud. Töötlesin teraviljade teri koos mõningate kandlehtede ja kliidega, sest viimases kahes taimeosas leidub fütoliite.

Teravilja fütoliitide puhul on keeruline öelda, mis liigi fütoliidiga täpselt tegu on. Lähedalt suguluses olevate taksonite fütoliidid on morfoloogialt, suuruselt ja kujult suuresti sarnased (Ball *et al.*, 2001: 1615). Võrdluskogu taimedes leidub dendriitseid fütoliite, mille vahel on papille (nt Joonis 10) ja silikaatseid karvu, viimased on terava otsaga karvakujulised fütoliidid. Silikaatseid taimerakke esineb proovides samuti. Need võivad endas hoida ka teiste kujudega fütoliite. (Radini, suuliselt augustis 2021)

Fütoliitide määramisel tuleks abiks eri liikide morfomeetriaate võrdlemine ning nende mõõtude statistikate abil analüüsimine. Statistiline analüüs on abiks erinevate taimeliikide eristamisel (Tubb *et al.*, 1993), ent statistilist analüüsi ei olnud võimalik bakalaureusetöö mahupiirangute tõttu koostada. Valimisse tuleks kaasata vähemalt 100 näidet, et statistilist analüüsi teha (Radini, suuliselt augustis 2021). Teraviljade kõigi nelja peamise fütoliidi kuju (silikaatsed rakud, trihhoomide alused, papillid ja dendriitsed fütoliidid) põhjal tehtud analüüsid näitavad, et diskrimineerivad analüüsid on kõige usaldusväärsemad (100% õige liigiline määrang; 82,5% õige perekonnaline määrang). (Ball *et al.*, 2001: 1620) Papillid võivad olla liigiliseks määramiseks samuti kasulikud. Nende esinemise sagedus ja kuju võivad olla määramisel märgilised. (Rosen, 1992: 135)



Joonis 10. Harilik oder (*Hordeum vulgare*) keedetud 5 minutit. Piklikud dendriitsed fütoliidid üksteise küljes. Ümmargused moodustised pildi keskel on papillid.

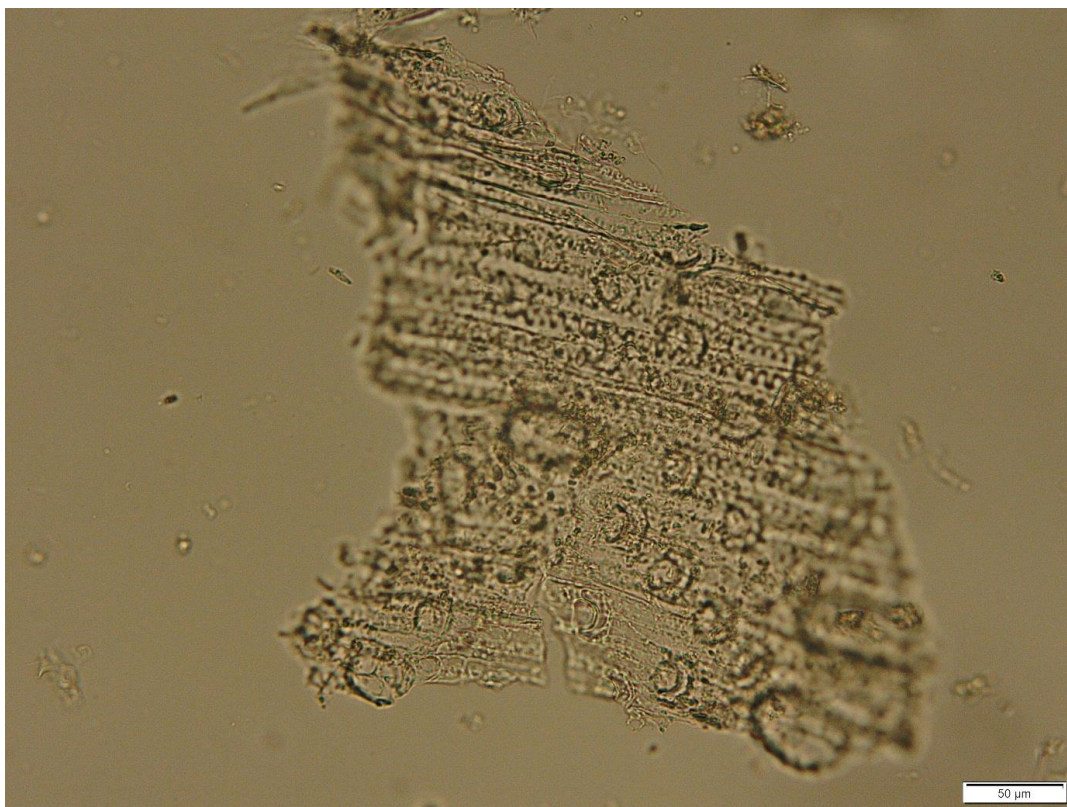
Odra fütoliitide puhul oli märgata mõnede puhul kerget värvimuutust, mida võib pidada märgiks toidutegemisest (Parr, 2006: 171). Odra proovides oli näha palju dendriitseid fütoliite (Joonis 10). Proovis oli näha ka teisi taimeosi: amüloplaste, katkiseid taimerakke, tärkliseklompe, kliitükikesi, tselluloosirikast kudet, aleuroonikihti, parenhüümi ja ka silikaatseid karvu.

Ka kaera puhul oli märgata dendriitseid fütoliite, polariseeritud valguse all täheldasin nende puhul valguse kaksikmurdumist. Kaera proovides oli dendriitsete fütoliitide vahel ka papille (Joonis 11). Proovides oli märgata erineva kujuga dendriitseid fütoliite. Osad olid defineeritumad, teised väikesemate sakiliste dendriitsete osadega. Tegemist ei ole kahjustustega, vaid lihtsalt veidi erinevate fütoliitidega.

Nisu proovidest leidsin dendriitseid fütoliite ja silikaatseid karvu. Tähts ei säilinud proovis kuigi hästi – see oli küllaltki želatiniseerunud. Proovides oli näha aleuroonkihti ning 30 minuti proovis oli aleuroon kuumuse mõjul oma värvust kaotama hakanud. Proovides oli näha rohkem fütoliite kui tähtseteri. (Lisa 5. Harilik nisu)

Rukkitähts säilis paremini kui teiste teraviljade puhul. Hästi oli näha ka tähtsise paisumist ja želatiniseerumist. Näha oli ka piklikke fütoliite, mis meenutasid pigem piklikke silikaatseid rakke. Nende sees võivad olla dendriitsed fütoliidid, mida piltidelt näha ei ole. (Lisa 5. Harilik rukis, keedetud 5 minutit)

Kõige enam leidsin teraviljade proovidest piklikke dendriitseid fütoliite ja karvakujulisi fütoliite. Samuti oli näha papille, mis on teraviljade puhul tavapärased (nt vt Joonis 11).



Joonis 11. Harilik kaer, keedetud 5 minutit. Pildil on näha dendriitseid fütoliite ja nende vahel ümaraid papille ja/või silikaatsete karvade aluseid.

Enamasti ei kahjustanud keetmine fütoliite, kuid fütoliidid võisid olla teineteisest eemaldunud ja eraldi. Kui näha võrdluskogus olevaid fütoliite hambakivis, siis oleks neid reeglina võimaik määrata perekonna, heal juhul triibuse tasemele, harva õnnestub määramine liigiliselt (v.a ühe kaera pildi puhul, vt Lisa 5. Harilik kaer, keedetud 5 min; sama pilt ka Joonis 11).

3. Hambakivi proovid

3.1. Hambakiviproovide valik

Hambakivi eraldamise meetodika kontrollimiseks valisin leiud, mis on arheoloogiliselt väheväärtuslikud. Sellised on peamiselt pärit kesk- ja varauusaegsete kalmistute päästekaevamistelt, kus leidub tänu pealematmistele ning ehitustöödele tihtipeale omavahel segamini olevaid ja fragmentaarseid inimluid. Meetodi kontrollimiseks valitud hambad on pärit kahest paigast – 2020. aastal Kalamajas toimunud päästekaevamistelt ning 2020. aastal Rõuge kirikuaias toimunud arheoloogiliselt järelvalvelt.

3.1.1. Kalamaja (2020)

Tallinnas Kalamajas asuvate Oda ja Küti tänavate nurgal toimusid 2020. aastal arheoloogilised väljakaevamised. 17. sajandil asus tänapäevase Oda tänava kohal paiknenud loodusliku neemiku merepoolses otsas Kalamaja kirik, milleni osa Kalamaja eeslinnalisest asustusest ulatus hiliskeskajal. Esemeleiud viitavad inimtegevusele 16. sajandil, pärast mida kasutati ala kalmistuna. Kirik hävis 1710. aastal ning matmine jätkus ka pärast Põhjasõda. Arheoloogilisi uuringuid teostas Arheox OÜ. (Malve, 2020a)

Hambakivi uurimiseks valisin segatud luude seast alalõualuu alumise parempoolse teise ehk külgmise ehk lateraalse intsisiivi (Lisa 1). Hambakivi esineb Brothwell (1981: 155) järgi M-koguses, kõige enam hamba labiaalsel ja distaalsel küljel. Valitud alalõualuu sugu ei olnud võimalik määrata. Indiviidi vanuseks on määratud 17–25 (Malve, suuliselt 29. juulil 2021). Tegin väljavalitud hambal esinenud hambakivist kolm proovi. (vt puhas hambakivi tükk, Lisa 3)

3.1.2. Rõuge (2020)

Rõuge kirikuaed pärineb 16.–18. sajandist. Kivist Rõuge kihelkonnakirik ehitati praegusele kohale 1550. aastal, eelnevalt oli leerimaja kõrval väiksem puidust kirik. Kivist kirik sai Põhjasõja ajal kannatada ning 1729. aastal hakati ehitama uut neljakandilise torniga kirikut. 1860. aastal tehti kirikus põhjalik remont. (Malve, 2020b).

Hambakivi uurimiseks valisin segatud luude seast alalõualuu alumise parempoolse esimese intsisiivi (Lisa 2). Hambakivi esines Brothwell (1981: 155) järgi M-koguses hamba labiaalsel ja lingvaalsel küljel, vähem mesiaalsel ja distaalsel. Alalõualuu kuulub vastavalt luu

robustsusele mehele, kelle vanus on vahemikus 35–45 (Malve, M. Suuliselt 29. juulil 2021). Tegin väljavalitud hambal esinenud hambakivist neli proovi, millest vaatasin läbi kaks. (vt puhas hambakivi tük, Lisa 4)

3.2. Hambakivi eraldamise meetodika

Hambakivi koostise uurimiseks on olemas mitmeid erinevaid meetodeid (Hardy *et al.*, 2009: 251). Meetodit kavandades tutvusin mitmete juhenditega (Hillson, 2005; Madella *et al.*, 2005; Hardy *et al.*, 2009, 2012, 2016; Radini *et al.*, 2017), oma meetodi väljatöötamisel toetusin suuresti Dr Anita Radini loodud meetodile, mille keskmes on hambakivi käsitsi puhastamine nõrga vesinikkloriid happega (0,06 M HCl) (Radini *et al.*, 2019: 6). Radini andis ka suuliselt nõu. Sarnast meetodit soovitab ka Piperno (2006: 100).

Hambakivi puhastamise meetod:

1. Hammas ligunes kinnises Eppendorfi katsutis destilleeritud vees vähemalt 3 päeva selleks, et mustus ja muld hambakivi küljest hõlpsamini lahti tuleksid.
2. Seejärel panin selga laborikitli, kätte puudrivabad nitriilkindad ning võtsin hamba puhastatud pinsettidega Eppendorfist välja ning panin puhtale Petri tassile.
3. Puhastamiseks vaatasin hambakivi läbi stereo-zoom mikroskoobi Nikon SMZ1000. Vaatamiseks kasutasin suurimat suurendust (80 ×).
4. Et eemaldada hambakivil olevat mustust, kastsin nõela vesinikkloriid happesse (0,06 M HCl) ning seejärel panin happe hambakivitükil olevale mustusele. Jälgisin söövituspotsessi. Kui söövitamine oli toimunud, peatasin söövituspotsessi. Selleks kastsin nõela destilleeritud vette ning kandsin vee hambakivile. Sel viisil mustus rabestus ning seda oli hõlbus nõelaga maha kraapida.
5. Kui hambakivi oli puhas, tegin sellest pildid Olympus BX51 polarisatsioonimikroskoobiga (vt Lisa 3, 4) ning panin hambakivi puhtasse Eppendorfi katsutisse paari tilga destilleeritud veega.
6. Panin kinnises Eppendorfi katsutis oleva hambakivi Bandelin Sonorex sonifikaatorisse, sonifikeerisin proovi 6–8 minutit. Kui välja võttes tundus, et proov ei olnud piisavalt segunenud, uhmerdasin proovi veidi väikse spaatli või nõelaotsaga ning sonifikeerisin veel paar minutit kuni hambakivi oli väikesteks tükkideks läinud.
7. Proovi slaididele panemiseks kasutasin tõmbekappi, mille pinnad puhastasin eelnevalt. Hambakivi slaidile saamiseks kasutasin kas pipetti või valasin proovi slaidile.

8. Selleks, et slaidid oleksid kauem vedelas olekus vaadeldavad, panin hambakiviproovi slaidile koos 50–50 glütseriini-destilleeritud vee seguga. Pärast slaidide vaatamist kinnitasin pealisklaasi slaidi külge küünelakiga.

Meetod on küll aeganõudev (protsess võttis 5–6 h aega), kuid aitab hoida laboris olla võiva saaste kontrolli all. Võimaliku saaste olemasolu ja ulatuse kontrollimiseks tegin saasteproove nii hambakiviproovide kui ka võrdluskogu loomise ajal. Selleks võtsin puhta slaidi ning panin sellele 3–4 tilka 50–50 glütseriini-destilleeritud vee segu, jättes slaidi ilma pealisklaasita proovide tegemise ajaks lahtiselt tööala juurde. Saasteproovid võivad olla abiks hambakivis või võrdluskogu proovides olevate ebatavaliste osakeste päritolu määramisel. Saasteproovidest leidsin reeglina karvu ja kiude. Ühes saasteproovis leidis ka tärklis – olin sel päeval katsetanud toore rukkijahu vaatamist ning saasteproovi tärklis oli väga sarnane rukkitärklisega.

3.2. Hambakiviproovide tulemused ja diskussioon

Tulemusi aitasid tõlgendada Dr Anita Radini ja Dr Kristiina Johanson. Eeldasin, et leian hambakivist peamiselt tärklis ja fütoliite, kuid leidis ka palju muud ning üllataval kombel ka mitte toitumisega seotud osakesi (Tabel 3; Lisa 6).

Tabel on leitav lisadest koos piltidega (Lisa 6).

Matus	Proov	Osake	Kogus	Määrang
Kalamaja	P2	Tärklis	24	Enamasti kaunviljad
Kalamaja	P2	Luuvilja kivi fr.	2	Võimalik õunaseeme
Kalamaja	P2	Tärklis	1	Võimalik mugulvili
Kalamaja	P2	Määramatud taimeosad		
Kalamaja	P2	Tärklis	1	<i>Triticeae</i> B-tüüpi tärklis. Kindlasti tuleb määramisel olla kindel, et esineb koos A-tüüpi tärklisega
Kalamaja	P2	Tärklis	1	Võimalik <i>Triticeae</i>
Kalamaja	P2	Puit	vähemalt 4	Okaspuu
Kalamaja	P2	Tärklis	vähemalt 2	Katkine, määramatu
Kalamaja	P2	Seeneeosed	4	<i>c.f</i> krohmseen (<i>Glomeromycota</i>)
Kalamaja	P2	Taimeson	1	Ei ole võimalik määrata

Kalamaja	P2	Taimekiud	vähemalt 10	Mittediagnostiline
Kalamaja	P3	Tärklis	73	Enamasti kaunviljad
Kalamaja	P3	Karv	1	Imetajalt pärit karv, halvasti säilinud
Kalamaja	P3	Tärklis	1	Määramata perekond. Võib olla <i>Triticeae</i> B-tüüpi või väike kaunviljatärklis
Kalamaja	P3	Tärklis	1	Toidutegemise jäljed
Kalamaja	P3	Tärklis	1	Määramata perekond, sissevajunud algme arm
Kalamaja	P3	Tärklis	1	<i>Triticeae</i>
Kalamaja	P3	Seeneeos	1	Määramata liik
Kalamaja	P3	(Öö)liblika tiivatükk	2	Määramata liik
Kalamaja	P3	Putuka karv	1	Määramata liik. Samal pildil (öö)liblika tiivatükiga (vt Lisa 6, Kalamaja P3)
Kalamaja	P3	Tärklis	vähemalt 1	Kõrreliste B-tüüpi tärklis
Kalamaja	P1	Toidujäänus	1	Võimalik küpsetatud loomaliha
Kalamaja	P1	Taimekiud	1	Ilmselt küpsetatud
Kalamaja	P1	Seeneeose hüüf	vähemalt 1	Määramata liik
Kalamaja	P1	Karv	vähemalt 1	Kaasagne?
Kalamaja	P1	Tärklis	1	<i>c.f Triticeae</i>
Kalamaja	P1	Fütoliit	1	<i>Triticeae</i> fütoliit, dendriitne
Kalamaja	P1	Taimne kiud	1	Lina või kanepikiud/niinekiud. Mitte kaasaegne.
Kalamaja	P1	Taimne kiud	1	Kaasaegne puuvill või lina
Kalamaja	P1	Luuvilja kivi	1	Võimalik luuvilja kivi, õunaseeme?
Kalamaja	P1	Taimne kiud	1	Võimalik puit
Kalamaja	P1	Puidutükk	1	Puit
Kalamaja	P1	Puidutükk	1	Mitte põlenud puit
Kalamaja	P1	Puidutükk	1	Võimalik okaspuu puit. Kaksikmurdumine polariseeritud valguse all
Rõuge	P4	Puiduosake	vähemalt 20	<i>c.f</i> puidupoorid
Rõuge	P4	Tärklis	1	A-tüüpi <i>Triticeae</i> tärklis
Rõuge	P4	Kiud	1	Ilmselt kaasaegne
Rõuge	P4	Taimne kiud	1	Võimalik, et küpsetatud
Rõuge	P4	Taimne kiud või kude	vähemalt 2	Katkine
Rõuge	P4	Mineraal	1	Ilmselt kvarts
Rõuge	P4	Mineraal	3	

Rõuge	P4	Seeneeos	vähemalt 2	Potentsiaalne hüüf
Rõuge	P4	Tärklis	1	Võimalik kaeratärklis. Liitrad. Võib ka olla mineraal.
Rõuge	P4	Taimne kiud		Võib olla puit
Rõuge	P4	Mineraal	1	Märke põletusest
Rõuge	P4	Kiud	1	Kaasaegne puuvill
Rõuge	P4	Taimne kiud	1	Määramata
Rõuge	P4	Fütoliit	1	Fütoliit või mineraal. Väga kahjustatud.
Rõuge	P4	Loomne karv	1	Võib olla vill
Rõuge	P4	Fütoliit	1	Ei ole võimalik määrata
Rõuge	P4	Taime epiderm		Ei ole võimalik määrata
Rõuge	P1	Puidu osa	vähemalt 4	<i>c.f</i> puidupoorid
Rõuge	P1	Puit	3	Okaspuu
Rõuge	P1	Taime- osakesed		Määramatud. Võivad pärineda kõvasti küpsetatud lehelistest taimedest. Tasub teha eksperimente kapsaga
Rõuge	P1	Liha	1	Küpsetatud loomaliha
Rõuge	P1	Tärklis	1	Rohkem <i>Triticeae</i> kui kaunvilja moodi
Rõuge	P1	Tärklis	1	Määramatu, väga katkine.
Rõuge	P1	Kiuline osake	vähemalt 2	Ilmselt taimne
Rõuge	P1	Taimerakk	1	Võib olla pärit puidust või epidermisest. Fütoliidid jäljendavad neid
Rõuge	P1	Seeneeos	1	Katkine
Rõuge	P1	Tärklis	1	Ei ole võimalik määrata

Tabel 3. Hambakivi proovide tulemused.

3.3.1. Toiduga seotud mikrojäanused

Kalamaja proovides leidis palju tärkliseosakesi (kolmes proovis kokku ca 109). Seal olid tärkliseterad hästi säilinud, neil ilmselt vähe märke niiskuse ja kuumuse teel tekkinud kahjustustest. Ilmselt söödi tärklisist sisaldavaid toite toorelt, mis on taganud nende säilimise. Enamus tärkliseosakesi (ca 100) on seostatavad kaunviljade ja teraviljadega, mõned

tärkliseosakesed ei kuulu kummassegi kategooriasse. Kahel tärkliseosakesel oli märke mehaanilisest kahjustusest, näiteks jahvatamisest (näiteks Lisa 6, Kalamaja P3, ilmselt on tegemist kaunviljaga). Kahjustada saanud tärkliseosakeste puhul ei olnud polariseeritud valguse all näha kaksikmurdumise teel tekkivat Malta risti.

Kaunviljale omase tärkliseosakese nägemine hambakiviproovis ei tähenda, et tegemist on sihilikult söödud või kasvatatud kaunvilja tärkliseosakesega. Tuleb silmas pidada, et vaadeldaval perioodil oli viljapõldudel palju umbrohtu, selles võisid kasvada kaunviljale omaste tärkliseosakestega hiirehernelised (*Vicia*), mis on oalaadsed rohttaimed. Nende segunemisel viljaga võis suhu ja hambakivisse sattuda tärklist, mis on sarnane hariliku herne või põldoa tärklisega. Hiirehernelised kasvavad ka metsikult, mistõttu võivad tärkliseosakesed viidata korilusele. Joonisel 10 on näha liblikõielise tärklist, kuid kindlalt ei ole võimalik öelda, kas see on hambakivisse sattunud kultiveeritud kaunviljalt või hiirehernelistelt taimelt. (Radini, suuliselt juulis 2021)



Joonis 10. Kaunviljatärklis Kalamaja (2020) proovist. Tegemist on kaunviljatärklisega, kuid ei saa kindlalt öelda, et tegu on kultiveeritud, mitte umbrohulise taime tärklisega.

Leidsin nii Kalamaja kui ka Rõuge proovidest teraviljadele omaseid B-tüüpi tärkliseosakesi. Neid saab määrata *Triticeae* botaanilisele hõimule omaseks, kuid vaid siis, kui neid leidub koos A-tüüpi tärkliseosakestega (Lisa 6, Kalamaja P2). *Triticeae* A-tüüpi tärklisi leidsin proovides samuti (Lisa 6, Kalamaja P2). Rõuge proovides esines tärklisi oluliselt vähem ning need olid rohkem lagunened. See võib viidata tärklise tõsisemale töötlemisele või hambakivi iseärasusele.

Luuviljaosakeste esinemist ei osanud ma oodata. Kalamaja hambakiviproovis oli näha luuvilja sisekesta. Neil on omadus vesinikkloriidis lahustuda, kuid kuna hambakivi puhastamisel kasutasin meetodit mis ei söövita hambakivi sisemust, võisid luuvilja sisekesta osakesed hambakivis säilida. Tegemist võib olla õunaseemnega, mis on, arvestades matuste dateeringuid, tõenäoline.

Fütoliitide vähene esinemine oli mulle üllatuseks. Kalamaja proovidest leidsin vaid ühe fütoliidi, mis on seostatav *Triticeae*'ga (vt Joonis 11) (Radini, suuliselt juulis 2021). Rõuge proovist leidsin samuti vaid ühe fütoliidi, mida ei olnud aga võimalik liigiliselt määrata.



Joonis 11. Kalamaja (2020) P1-st leitud *Triticeae* fütoliit.

Nii Kalamaja kui ka Rõuge proovidest leidsin küpsetatud loomaliha ja taimekiudude jäänuseid. Rõuge proovis leidsu vähemalt 5 kuumutamisejärgedega taimeosakest, mis võivad pärineda küpsetatud lehelistest taimedest, näiteks kapsast. Et seda kinnitada, tuleks teha võrdluskogu jaoks eksperimente kapsa küpsetamisega.

Rõuge proovis oli palju vähem taimseid mikrojäänuseid. Happes ja vees mittelahustunud hambakivitükkide järgi võib eeldada, et proovis leiduvate taimejäänuste vähesuse põhjuseks on indiviidi hambakivi tihedus, mis ei võimalda taimejäänustel sinna kinnituda (Joonis 12). Seda võib põhjustada indiviidile omane veidi erinev hambakivi koostis, milles on vähem kaltsiumit (Radini, suuliselt juulis 2021).



Joonis 12. Rõuge (2020) proov. Keskel on näha hambakivi "kasvurõngaid" - tegemist on tihedalt tekkinud hambakiviga.

Kalamaja proovis oli palju enam tärklisi, kui ma oleksin osanud oodata. Samuti oli mõlema matuse puhul üllatuseks fütoliitide vähesus. Kindlasti ei saa ühe indiviidi pealt määrata terve Kalamaja ja Rõuge matmispaikadele maetud inimeste toitumist. Kui soovida uurida matmispaikade populatsioonide toitumist, tuleks valimisse võtta rohkem indiviide ning

hambakivi uurimise tarbeks laiendada võrdluskogu tärkliste tõhusamaks määramiseks. Kindlasti tuleks võrdluskogusse võtta ka mõni taim hiireherneliste (*Vicia*) perekonnast.

3.3.2. Keskkonnaga seotud mikrojäänused

Puidujäänuste rohke esinemine hambakivis oli mulle üllatuseks. Kesk- ja uusajal olid inimesed pidevalt puidust ja selle tolmust ümbritsetud – saepuru kasutati loomadele allapanuks, söödi puidust toidunõudelt, puit oli peamine energiaallikas toidutegemisel ja kütmisel. Seega on loogiline, et puit võib sattuda toidu või õhu kaudu hambakivisse. Mõlemas proovis on tegemist okaspuult pärit puiduga (Lisa 6, Kalamaja P2).

Kalamaja 3. proovist leidsin ühe (öö)liblikatiiva ja ühe putukakarva. Tegemist on tavapäraste tolmukomponentidega, mida esineb kesk- ja uusaegsetes hambakiviproovides (Lisa 6, Kalamaja P3). (Radini, suuliselt juulis 2021).

Kalamaja 2. proovis esines mitmeid üksteisele sarnanevaid seeneeoseid, millest enamus olid samas kasvustaadiumis. Ilmselt on tegemist mõne krohmseenega (*Glomeromycota*), mis toitub fosfaatidest ning võis hakata hambakivi peal kasvama pärast indiviidi matmist. (Radini, suuliselt juulis 2021) Nende tavapärane kuju on nähtaval lisades (Lisa 6, Kalamaja P2). Proovis esines ka üks teise kujuga seeneeos, kuid seda pole võimalik liigiliselt määrata.

Rõuge proovis esines ka loomne karv, mis võib olla vill.

Rõuge proovides oli umbes 20 keskmiselt 10 µm pikkuseid ovaalseid osakesi (Lisa 6, Rõuge P4) Ilmselt on tegemist puidupooridega. Need on nähtaval Kalamaja proovist leitud okaspuu puiduosakese sees (Lisa 6, Kalamaja P2), Rõuge proovides ilma puidutükita (Lisa 6, Rõuge P4).

Puidujäänuste suur osakaal proovis võib viidata ka sellele, et prooviks valitud individid tegelesid puidutööga. Antud valimi puhul ei ole seda siiski võimalik kindlaks teha – selleks tuleks teha terve matmispaiaga kogukonna läbilõige ning vaadata, kas antud indiviidi hambakivis olevate puiduosakeste sisaldus on teistest suurem. Alles seejärel saaks teha järeldusi käsitööga tegelemise kohta (vt nt Radini *et al.*, 2017).

Proovides leidis palju määramata taimejäänuseid. Need võivad olla liigiliselt määramatud puidutükikesed, taimekiud või mõned teised taimeosakesed. Rõuge proovis oli ka üks taimerakk, mille kuju fütoliidid jäljendavad.

Rõuge proovis oli mitmeid mineraale, üks neist on ilmselt kvarts (Lisa 6, Rõuge P4). Ühel mineraalil oli märke põletamisest, mille põhjal võib pakkuda, et see pärineb tuleasemest, näiteks tuleaseme ümber olevast kivipurust (Lisa 6, Rõuge P4). Mineraalid võivad sattuda hambakivisse näiteks pinnasest või jahvatamise kaudu – kui jahvekividega jahvatati vilja kivist alusel, võis sealt kivitoolm ja -purd hambakivisse sattuda.

Proovides esines ka saastet, näha oli kaasaegset puuvilla või lina (Lisa 6, Rõuge P4).

4. Arutelu

Minu töö üks peamisi uurimisküsimusi puudutas võrdluskogu loomise metoodikat ja võrdluskogusse võetud taimede kuumutamisel tekkivaid muutusi. Võib kinnitada, et võrdluskogu koostamine õnnestus.

Töötlemine mõjus taimedele, eriti nende tärglisele, mis lagunes kuumuse mõjul. Kuumutamise eksperiment võrdluskogu taimedega näitas, et näiteks viie minuti keetmise järel ei juhtunud teraviljatärglisele kuigi palju, kuid võrreldes viie minuti proovi 30 minuti prooviga, olid muutused märkimisväärsed. Tärglis paisus ning niiskus ja kuumus lõhkusid selle poolkristalset struktuuri. Selle tulemusel kaotas tärglis kaksikmurdumise teel tekkiva Malta risti kujutist ning muutus aina enam. Näiteks on 30 minutit keenud herne proovis seest tühje ja ebakorrapärase väliskihiga tärgliseosakesi ja -kogumeid. Esineb ka osakesi, mis ei ole nii palju kannatada saanud. See näitab, et keetmine ei pruugi mõjutada kõiki tärgliseid võrdselt, mistõttu võib hambakivisse sattunud tärglis olla kuumutatud, ent terve tärglisetera põhjal on seda pea võimatu tõestada. Kuumutamise tagajärjel eraldusid fütoliidid teineteisest, mõnel juhul ka murdusid, kuid muid omaduste muutumisi ei täheldatud.

Võrdluskogu loomine polnud ainult vajalik tärglise omaduste testimiseks, vaid ka tärglise kuju vaatlemiseks ja tundmaõppimiseks. Kaunviljatärglistel olid võrreldes teraviljatärglistega palju ebastandardsemad kujud. Teraviljatärglist leidis nii A- kui ka B-tüüpides.

Ühes võrdluskogu taime proovis võis esineda mitut erinevaid sorti fütoliite, mida põhjustab silikaatide ladestumine erinevate kujudega taimeõõnsustesse. Näiteks leidis kaera proovides nii sakilisemate äärtega dendriitseid fütoliite kui ka siledamate äärtega fütoliite. Rukki proovis oli palju vähem dendriitseid fütoliite kui oleksin osanud oodata.

Minu valitud arheoloogiliste proovide põhjal oli näha, et Kalamaja hambakivis olevad tärgliseterad olid vähetöödeldud, mis võib viidata vähe keedetud kaunviljadele. Kaunviljatärglist sisaldavat toitu võidi ka toorelt süüa ning see võis hambakivisse sattuda muu toidu sees kasvanud umbrohuna (näiteks võisid teiste taimede hulgas kasvada kaunviljad hiireherneliste perekonnast). Tasub märkida aga selle teooria ebatõenäolisust – kultiveeritud kaunviljad olid kesk- ja varauusajal populaarsed ning kui eeldada, et kogemata söödud

hiirehernelised kasvasid viljapõllul näiteks umbrohuna, siis oleks tõenäolisem leida hambakivist palju enam kõrreliste iseloomulikke tärklisi ja fütoliite.

Võrdluskogust oli abi hambakivis olevate taimeosakeste äratundmisel. Tänu teravilja ja kaunvilja tärklise uurimisele oli hambakivis olevate tärklise ära tundmine kahtlemata kergem. Vaatamata sellele, et valisin võrdluskogusse vaadeldaval perioodil kõige enamlevinud taimed, oli mulle üllatuseks fütoliitide ja kõrreliste tärkliseterade vähene leidumine. Fütoliite võis proovides vähe leiduda, sest seemned olid enne toidu valmistamist „liiga puhastatud“, st kandlehed (kus fütoliidid enamasti paiknevad), olid enne söömist eemaldatud. Kõrreliste tärklise vähesust hambakivis võib põhjustada terade töötlemine ja liigne kuumutamine.

Proovides leidis palju taimeosakesi, mida ei olnud võimalik määrata. Et tulevikus paremini hambakivi uurida, tuleks võrdluskogusse palju enam taimi kaasata, mis aitaks ka neid taimeosakesi ehk määrata. Puiduosakeste esinemine hambakivis oli üllatus, mistõttu ei ole puiduosakesi kaasatud ka võrdluskogusse. Tulevikus tuleks kindlasti teha tööd erinevate puiduliikidega ning mõelda, mil määral nad hambakivis säilivad. Samuti aitaks ka teiste keskkonnas sagedasti leiduvate osakeste kaasamine võrdluskogudesse.

Fütoliitide uurimiseks tahaksin tulevikus kasutada olemasolevaid programme (vt nt Ball *et al.*, 2016: 109) ning kasutada statistilise analüüsi meetodit, mille abil mõõta fütoliite, et neid paremini määrata.

Oma töö üheks peamiseks tulemuseks pean hambakivist taimejäänuste eraldamise meetodi kohandamist ja omandamist. Valitud meetod võimaldab hambakivist taimejäänuseid eraldada – leidsin hambakivist tärkliseosakesi, fütoliite ja ka teisi taimeosakesi. Hambakivi eraldamise meetod oli küll aeganõudev, iga proovi tegemiseks kulus ca 5–6 tundi, kuid tegemist on meetodiga, mille abil saavad hambakivis olevad taimejäänused vähe kahjustada. Proovides oli näha lagunemata hambakivitükke, kuid neid on võimalik lahustada, lisades proovile väikse koguse vesinikkloriidhapet (HCl). Seda sooviksin samuti tulevikus proovida.

Hambakivist leitud mikrojäänused võimaldavad öelda, et Kalamaja matmispaigalt pärit indiviid söi tärkliserikast toitu. Mõlemad valimisse kaasatud inimesed puutusid oma elu jooksul kokku okaspuupuiduga, mis võis nende hambakivisse sattuda tolmu sissehingamise

teel, kuidust lauanõudelt söömise või hoopis mõnel teisel viisil. Kalamaja proovis oli palju enam tärglist kui oleksin osanud oodata, üllatuseks oli ka fütoliitide vähesus.

Kindlasti ei saa ühe indiviidi pealt määrata terve Kalamaja või Rõuge matmispaikade toitumist, kuid see polnud ka töö eesmärk. Eesmärk oli katsetada hambakivi puhastamist ja selle uurimist ning vaadata, kas valitud meetod võimaldab hambakivis olevaid taimejäänuseid uurida. Eesmärk on saavutatud.

Kui soovida uurida tervete matmispaikade populatsioonide toitumist, tuleks laiendada võrdluskogu osakeste tõhusamaks määramiseks. Valimisse tuleks kaasata palju enam indiviide, sest nagu näitasid Leonard *et al.* (2015), võivad kahe inimese hambakivid erineda, isegi kui nende toitumine oli sarnane ja suuresti kaardistatud. Iga inimese hambakivi on erinev – seda oli märgata Rõuge proovi puhul: Kalamaja matmispaigalt pärit indiviidi hambakivis leidis palju mikrojäänuseid, kuid Rõuge proovides oli neid hulganisti vähem, sest hambakivi oli „tihedam“ – sellesse sai vähem osakesi kinni jääda.

Minu kohandatud meetodi abil on võimalik hambakivist erinevaid taimejäänuseid leida. Kahe hamba analüüsimine ei võimalda pakkuda alust järeldustele inimeste toitumise kohta tervikuna, kuid katsetused võimaldavad näidata, et meetodil on potentsiaali olla toitumise uurimiseks sobilik viis. Kindlasti aitaksid tervikpilti luua ka teised toitumisele orienteeritud meetodid, mistõttu võiks neid minu arvates üheskoos hambakivi uurimisega kasutada.

Kokkuvõte

Töö keskendus ajaloolise toitumise uurimisele hambakivi meetodit kasutades. Uuriti kahest erinevast matmispaigast pärit indiviidi hambakivi, mille toetuseks loodi võrdluskogu Eestis kesk- ja varauusajal levinud taimedest: harilik nisu (*Triticum aestivum*), harilik oder (*Hordeum vulgare*), harilik kaer (*Avena sativa*), harilik rukis (*Secale cereale*), harilik hernes (*Pisum sativum*) ja põlduba (*Vicia faba*). Nende taimedega viidi läbi kuumutamiskesperimente. Taimi keedeti ning võeti proove iga viie, kümne, 15 ja 30 minuti järel. Proove vaadeldi Olympus BX51 polarisatsioonimikroskoobiga. Taimede uurimine võimaldas näha keetmise mõjusid tärglile ja fütoliitidele, et neid paremini arheoloogilises hambakivis ära tunda.

Hambakivi uurimiseks kasutati kahte arheoloogiliselt väheväärtuslikust kontekstist pärit alalõualuud. Üks hambakiviproov pärines Kalamaja 2020. aasta kaevamistelt ning teine Rõuge 2020. a kaevamistelt. Mõlemad pärinesid segatud kontekstidest ning lähevad tagasimatmisele, mistõttu olid alalõualuud meetodi katsetamiseks sobilikud. Matmispaigad on dateeritud kesk- ja varauusaega.

Hambakivi puhastamiseks kasutati nõrka vesinikkloriidhapet (0,06 M HCl), mille sisse kastetud nõelaga hambakivi pealmiselt puhastati. Puhastatud hambakivitükk sonifikeeriti kinnises Eppendorfi katsutis destilleeritud veega väikesteks tükkideks ning pandi seejärel slaidile.

Kalamaja matmispaigast pärit indiviidi hambakivist leiti suures koguses (enamasti kaunviljadele kuuluvat) tärglist, leidis ka teraviljadelt pärit tärglist. Tärglis oli üldiselt hästi säilinud, kohati oli märke mehaanilistest vigastustest, mis viitab toidu söömisele toorelt. Rõuge matmispaigast pärit indiviidi hambakivis leidis vähem mikroosakesi, mida ilmselt põhjustas hambakivi tihedus. Proovides leidis vähe fütoliite, ühe fütoliidi puhul oli võimalik määrata triibuseks *Triticeae*, mis viitab teraviljade söömisele. Leidis ka luuvilja kivifragment, mis võib tõenäoliselt kuuluda õunaseemnele. Hambakivis leidis ka mikrojäänuseid, mis pole seotud toitumisega, nagu näiteks puiduosakesi, mineraale ja ka (öö)liblika tiivatükk ja ühe putuka karv. Need võisid sattuda hambakivisse hingamise teel või koos toiduga pinnasest.

Tegemist on esimese sellelaadse tööga Eestis – senimaani pole avaldatud ühtegi tööd, milles oleks hambakivi toitumise uurimise eesmärgil analüüsitud. Et hambakivi tulevikus paremini

uurida, tuleks kasuks laiendada võrdluskogu ka teistele sel perioodil levinud taimedele ning uurida ka osakesi, mis võivad sissehingamise teel hambakivisse sattuda. Rõuge proovides leidis palju määramatuid taimejäänuseid, mis võivad olla tugeva keetmise järel alles jäänud söödava lehelise taime osakesed. Selle tõestamiseks oleks vaja laiendada võrdluskogu ning teha veel katsetusi, et hinnata kuumuse ja niiskuse mõju erinevatele taimeosadele.

Kasutatud kirjandus ja allikad

Käsikirjalised allikad

Ives, K., 2020. Pada maa-aluse kalmistu savinõude kõrbekihtide isotoopanalüüsid. Tartu Ülikool.

Malve, M., 2020a. Oda tänava keskaegne kaev.

Malve, M., 2020b. Tegevuskava Rõuge kirikaia arheoloogiliste uuringute jaoks. Arheograator OÜ. 5.08.2020

Rannamäe, E., 2015. A Zooarchaeological Study of Animal Consumption in Medieval Viljandi.

Sammler, S., 2020. Iru linnamäe kaun- ja teraviljade isotoopanalüüsid. Tartu Ülikool, Tartu.

Tõrv, M., 2016. Persistent Practices A Multi-Disciplinary Study of Hunter-Gatherer Mortuary Remains from c. 6500–2600 cal. BC, Estonia. Tartu Ülikool, Tartu.

Tromp, M., 2012. Large-Scale Analysis of Microfossils Extracted From Human Rapanui Dental Calculus: A Dual-Method Approach Using SEM- EDS And Light Microscopy to Address Ancient Dietary Hypotheses.

Publikatsioonid

Afonso-Vargas, J., La Serna-Ramos, I., Arnay-de-la-Rosa, M., 2015. Fungal spores located in 18th century human dental calculi in the church “La Concepción” (Tenerife, Canary Islands). *Journal of Archaeological Science: Reports* 2, 106–113. <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2015.01.003>

Aguraiuja-Lätti, Ü., Lõugas, L., 2019. Stable isotope evidence for medieval diet in urban and rural northern Estonia. *Journal of Archaeological Science: Reports* 26, 101901. <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2019.101901>

Ao, Z., Jane, J., 2007. Characterization and modeling of the A- and B-granule starches of wheat, triticale, and barley. *Carbohydrate Polymers* 67, 46–55. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2006.04.013>

Armitage, P.L., 1975. The extraction and identification of opal phytoliths from the teeth of ungulates. *Journal of Archaeological Science* 2, 187–197. [https://doi.org/10.1016/0305-4403\(75\)90056-4](https://doi.org/10.1016/0305-4403(75)90056-4)

Bakels, C., 2020. Pollen and Archaeology, in: Henry, A.G. (Ed.), *Handbook for the Analysis of Micro-Particles in Archaeological Samples, Interdisciplinary Contributions to Archaeology*. Springer International Publishing, Cham, pp. 203–224. https://doi.org/10.1007/978-3-030-42622-4_9

Ball, T., Chandler-Ezell, K., Dickau, R., Duncan, N., Hart, T.C., Iriarte, J., Lentfer, C., Logan, A., Lu, H., Madella, M., Pearsall, D.M., Piperno, D.R., Rosen, A.M., Vrydaghs, L., Weisskopf, A., Zhang, J., 2016. Phytoliths as a tool for investigations of agricultural origins and dispersals around the world. *Journal of Archaeological Science* 68, 32–45. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2015.08.010>

Ball, T., Gardner, J., Anderson, N., 2001. An Approach to Identifying Inflorescence Phytoliths from Selected Species of Wheat and Barley. pp. 289–301. <https://doi.org/10.1201/NOE9058093455.ch22>

Ball, T., Davis, A., Evett, R.R., Ladwig, J.L., Tromp, M., Out, W.A., Portillo, M., 2016. Morphometric analysis of phytoliths: recommendations towards standardization from the International Committee for Phytolith Morphometrics. *Journal of Archaeological Science* 68, 106–111. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2015.03.023>

BeMiller, J., Whistler, R., 2009. *Starch: Chemistry and Technology*. 3rd Edition. Academic Press.

Brothwell, D. R., 1981. *Digging up Bones*, 3rd ed. Cornell University Press, New York.

Corbineau, R., Reyerson, P. E., Alexandre, A., Santos, G. M., 2013. Towards producing pure phytolith concentrates from plants that are suitable for carbon isotopic analysis. *Review of Palaeobotany and Palynology* 197, 179–185. <https://doi.org/10.1016/j.revpalbo.2013.06.001>

Cortella, A. R., Pochettino, M. L., 1994. Starch grain analysis as a Microscopic Diagnostic Feature in the Identification of Plant Material. *Econ Bot* 48, 171. <https://doi.org/10.1007/BF02908212>

Cummings, L.S., Yost, C. & Soltysiak, A., 2018. Plant microfossils in human dental calculus from Nemrik 9, a Pre-Pottery Neolithic site in Northern Iraq. *Archaeol Anthropol Sci* 10, 883–891. <https://doi.org/10.1007/s12520-016-0411-3>

D’Agostino, A., Marco, G., Rubini, M., Marvelli, S., Rizzoli, E., Canini, A., Gismondi, A., 2021. Environmental implications and evidence of natural products from dental calculi of a Neolithic–Chalcolithic community (central Italy). *Scientific Reports* 11. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-89999-3>

Dilcher, D. L., Stevens, P., Berry, P. E., Stevenson, D. W., Cronquist, A., Zimmermann, M. H., 2019. Angiosperm. *Encyclopedia Britannica*.

Dobney, K., Brothwell, D., 1988. A scanning electron microscope study of archaeological dental calculus, *Scanning electron microscopy in archaeology*, Olsen, S. (Ed.), *Scanning Electron Microscopy in Archaeology*. BAR International Series. Oxford.

Dobney, K., Brothwell, D., 1987. A method for evaluating the amount of dental calculus on teeth from archaeological sites. *Journal of Archaeological Science* 14, 343–351. [https://doi.org/10.1016/0305-4403\(87\)90024-0](https://doi.org/10.1016/0305-4403(87)90024-0)

Ehrlich, F., Rannamäe, E., Valk, H., 2020. Bird exploitation in Viljandi (Estonia) from the Late Iron Age to the early modern period (c. 950–1700). *Quaternary International*. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2020.07.018>

Eichwald, K., Kalda, A., Kukk, E., Masing, V., Parmasto, E., Trass, H., 1970. *Botaanika: õpik kõrgematele koolidele. II osa. Süstemaatika. Kirjastus “Valgus,” Tallinn.*

Evers, A. D., 1971. Scanning Electron Microscopy of Wheat Starch. III. Granule Development in the Endosperm. *Starch - Stärke* 23, 157–162. <https://doi.org/10.1002/star.19710230502>

Evett, R. R., Cuthrell, R. Q., 2016. A conceptual framework for a computer-assisted, morphometric-based phytolith analysis and classification system. *Journal of Archaeological Science* 68, 70–78. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2015.09.003>

Fairbairn, A. S., 2003. Technical Notes on the Preparation of Leaf and Epidermis Specimens for Reference Collections and Archaeobotanical Investigations. *Environmental Archaeology* 8, 167–175. <https://doi.org/10.1179/env.2003.8.2.167>

Gismondi, A., D'Agostino, A., Canuti, L., Marco, G. D., Basoli, F., Canini, A., 2019. Starch granules: a data collection of 40 food species. *Plant Biosystems - An International Journal Dealing with all Aspects of Plant Biology* 153, 273–279. <https://doi.org/10.1080/11263504.2018.1473523>

Haak, A., Russow, E., 2012. Interpreting find complexes from the medieval cesspits of Tartu. pp. 147–172. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.2862.1521>

Hardy, K., Blakeney, T., Copeland, L., Kirkham, J., Wrangham, R., Collins, M., 2009. Starch granules, dental calculus and new perspectives on ancient diet. *Journal of Archaeological Science* 36, 248–255. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2008.09.015>

Hardy, K., Buckley, S., Collins, M.J., Estalrich, A., Brothwell, D., Copeland, L., García-Taberner, A., García-Vargas, S., de la Rasilla, M., Lalueza-Fox, C., Huguet, R., Bastir, M., Santamaría, D., Madella, M., Wilson, J., Cortés, Á.F., Rosas, A., 2012. Neanderthal medics? Evidence for food, cooking, and medicinal plants entrapped in dental calculus. *Naturwissenschaften* 99, 617–626. <https://doi.org/10.1007/s00114-012-0942-0>

Hardy, K., Radini, A., Buckley, S., Blasco, R., Copeland, L., Burjachs, F., Girbal, J., Yll, R., Carbonell, E., Bermúdez de Castro, J.M., 2016a. Diet and environment 1.2 million years ago revealed through analysis of dental calculus from Europe's oldest hominin at Sima del Elefante, Spain. *Sci Nat* 104, 2. <https://doi.org/10.1007/s00114-016-1420-x>

Hardy, K., Radini, A., Buckley, S., Sarig, R., Copeland, L., Gopher, A., Barkai, R., 2016b. Dental calculus reveals potential respiratory irritants and ingestion of essential plant-based nutrients at Lower Palaeolithic Qesem Cave Israel. *Quaternary International* 398, 129–135. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2015.04.033>

Hart, T. C., 2016. Issues and directions in phytolith analysis. *Journal of Archaeological Science*, 68, 24-31. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2016.03.001>.

Henry, A.G., Hudson, H.F., Piperno, D.R., 2009. Changes in starch grain morphologies from cooking. *Journal of Archaeological Science* 36, 915–922. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2008.11.008>

Henry, A. G., Piperno, D. R., 2008. Using plant microfossils from dental calculus to recover human diet: a case study from Tell al-Raqā'i, Syria. *Journal of Archaeological Science*, 35(7), 1943-1950. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2007.12.005>.

Hillson, S., 2005. *Teeth*, 2nd ed, Cambridge Manuals in Archaeology. Cambridge University Press, Cambridge. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511614477>

Hunt, J. W., Dean, A. P., Webster, R. E., Johnson, G. N., Ennos, A. R., 2008. A Novel Mechanism by which Silica Defends Grasses Against Herbivory. *Annals of Botany* 102, 653–656. <https://doi.org/10.1093/aob/mcn130>

International Committee for Phytolith Taxonomy (ICPT), 2019. International Code for Phytolith Nomenclature (ICPN) 2.0. *Annals of Botany* 124, 189–199. <https://doi.org/10.1093/aob/mcz064>

Jennings, J., Foster, J., 2020. „Legume Structure and Morphology“. *Forages*, 51–64. John Wiley & Sons, Ltd. <https://doi.org/10.1002/9781119436669.ch3>.

Kovárník, J., Beneš, J., 2018. Microscopic Analysis of Starch Grains and its Applications in the Archaeology of the Stone Age. *Interdisciplinaria Archaeologica* 9. <https://doi.org/10.24916/iansa.2018.1.6>

Kriiska, A., Lang, V., Mäesalu, A., Tvauri, A., Valk, H., 2020. Eesti ajalugu I. TÜ ajaloo- ja arheoloogia instituut, Tartu.

Kukk, T., 1996. Soontaimede anatoomia väike praktikum. Tartu Ülikooli Kirjastus, Tartu.

Laurence, A., Thoms, A., Bryant, V., McDonough, C., 2011. Airborne Starch Granules as a Potential Contamination Source at Archaeological Sites. *Journal of Ethnobiology* 31, 213–232. <https://doi.org/10.2993/0278-0771-31.2.213>

Leonard, C., Vashro, L., O’Connell, J.F., Henry, A.G., 2015. Plant microremains in dental calculus as a record of plant consumption: A test with Tve forager-horticulturalists. *Journal of Archaeological Science: Reports* 2, 449–457. <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2015.03.009>

Lewis, M. E., 2007. The bioarchaeology of children: perspectives from biological and forensic anthropology. Cambridge University Press.

Lightfoot, E., Naum, M., Kadakas, V., Russow, E., 2016. THE INFLUENCE OF SOCIAL STATUS AND ETHNICITY ON DIET IN MEDIAEVAL TALLINN AS SEEN THROUGH STABLE ISOTOPE ANALYSIS. *Estonian J. Archaeol.* 20, 81. <https://doi.org/10.3176/arch.2016.1.04>

Lloyd, J.R., Kossmann, J., 2015. Transitory and storage starch metabolism: two sides of the same coin? *Current Opinion in Biotechnology, Food Biotechnology • Plant Biotechnology* 32, 143–148. <https://doi.org/10.1016/j.copbio.2014.11.026>

Lõugas, L., Rannamäe, E., 2020. Investigating Animal Remains in Estonia. *AL* 21, 132–141. <https://doi.org/10.15388/ArchLit.2019.21.8>

MacNeill, G.J., Mehrpouyan, S., Minow, M.A.A., Patterson, J.A., Tetlow, I.J., Emes, M.J., 2017. Starch as a source, starch as a sink: the bifunctional role of starch in carbon allocation. *Journal of Experimental Botany* 68, 4433–4453. <https://doi.org/10.1093/jxb/erx291>

Madella, M., Alexandre, A., Ball, T., 2005. International Code for Phytolith Nomenclature 1.0. *Annals of botany* 96, 253–60. <https://doi.org/10.1093/aob/mci172>

Maldre, L., 2008. Koduloomaluud keskaegsest Tallinnast. Muinasaja teadus, Inimene, loodus ja tehnoloogia 2 277–311.

Mariotti Lippi, M., Foggi, B., Aranguren, B., Ronchitelli, A., Revedin, A., 2015. Multistep food plant processing at Grotta Paglicci (Southern Italy) around 32,600 cal B.P. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 112. <https://doi.org/10.1073/pnas.1505213112>

Masakuni, T., Tamaki, Y., Teruya, T., Takeda, Y., 2014. The Principles of Starch Gelatinization and Retrogradation. *Food and Nutrition Sciences* 05, 280–291. <https://doi.org/10.4236/fns.2014.53035>

Oras, E., Craig, O., Lucquin, A., Kriiska, A., Lõugas, L., 2016. LIPID ANALYSIS OF THE EARLIEST POTTERY IN ESTONIA.

Oras, E., Lucquin, A., Lõugas, L., Tõrv, M., Kriiska, A., Craig, O.E., 2017. The adoption of pottery by north-east European hunter-gatherers: Evidence from lipid residue analysis. *Journal of Archaeological Science* 78, 112–119. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2016.11.010>

Oras, E., Tõrv, M., Jonuks, T., Malve, M., Radini, A., Isaksson, S., Gledhill, A., Kekišev, O., Vahur, S., Leito, I., 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, 90–101. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2018.07.001>

Parr, J., 2006. Effect of fire on phytolith coloration. *School of Environmental Science and Management Papers* 21. <https://doi.org/10.1002/gea.20102>

Piperno, D. R., Holst, I., Wessel-Beaver, L., Andres, T. C., 2002. Evidence for the control of phytolith formation in Cucurbita fruits by the hard rind (Hr) genetic locus: archaeological and ecological implications. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 99, 10923–10928.

Piperno, D. R., 2006. *Phytoliths: A Comprehensive Guide for Archaeologists and Paleoecologists*. Rowman Altamira, Oxford.

Pluskowski, A., Makowiecki, D., Maltby, M., Rannamäe, E., Lõugas, L., Maldre, L., Daugnora, L., Black, S., Müldner, G., Seetah, K., 2019. The Baltic Crusades and ecological transformation: The zooarchaeology of conquest and cultural change in the Eastern Baltic in the second millennium AD. *Quaternary International* 510, 28–43. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2018.11.039>

Power, R. C., Salazar-García, D. C., Straus, L. G., González Morales, M. R., Henry, A. G., 2015. Microremains from El Mirón Cave human dental calculus suggest a mixed plant–animal subsistence economy during the Magdalenian in Northern Iberia. *Journal of Archaeological Science*, “The Red Lady of El Mirón Cave”: Lower Magdalenian Human Burial in Cantabrian Spain 60, 39–46. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2015.04.003>

Punia, S., Dhull, S. B., Sandhu, K. S., Kaur, M., 2019. Faba bean (*Vicia faba*) starch: Structure, properties, and in vitro digestibility—A review. *Legume Science* 1, e18. <https://doi.org/10.1002/leg3.18>

Põltsam, I., 2002. Söömine-joomine keskaegses Tallinnas. Tallinn.

Radini, A., Nikita, E., Buckley, S., Copeland, L., Hardy, K., 2017. Beyond food: The multiple pathways for inclusion of materials into ancient dental calculus. *American Journal of Physical Anthropology* 162, 71–83. <https://doi.org/10.1002/ajpa.23147>

Radini, A., Tromp, M., Beach, A., Tong, E., Speller, C., McCormick, M., Dudgeon, J.V., Collins, M.J., Rühli, F., Kröger, R., Warinner, C., 2019. Medieval women’s early involvement in manuscript production suggested by lapis lazuli identification in dental calculus. *Sci Adv* 5, eaau7126. <https://doi.org/10.1126/sciadv.aau7126>

Ratnayake, W. S., Hoover, R., Shahidi, F., Perera, C., Jane, J., 2001. Composition, molecular structure, and physicochemical properties of starches from four field pea (*Pisum sativum* L.) cultivars. *Food Chemistry* 74, 189–202. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(01\)00124-8](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(01)00124-8)

Ratnayake, W., Hoover, R., Warkentin, T., 2002. Pea Starch: Composition, Structure and Properties — A Review. *Starch - Stärke* 54, 217–234. [https://doi.org/10.1002/1521-379X\(200206\)54:63.0.CO;2-R](https://doi.org/10.1002/1521-379X(200206)54:63.0.CO;2-R)

Reitz, E., Shackley, M., 2012. *Environmental Archaeology*. Springer Science & Business Media.

Roosalu, M., 2001. *Inimese anatoomia*. Koolibri, Tallinn.

Rosen, A., 2008. Phytolith analysis, in: *Encyclopedia of Archaeology*. pp. 1818–1822. <https://doi.org/10.1016/B978-012373962-9.00247-8>

Rosen, A. M., 1992. Preliminary Identification of Silica Skeletons from Near Eastern Archaeological Sites: An Anatomical Approach, in: Rapp, G., Mulholland, S.C. (Eds.), *Phytolith Systematics: Emerging Issues, Advances in Archaeological and Museum Science*. Springer US, Boston, MA, pp. 129–147. https://doi.org/10.1007/978-1-4899-1155-1_7

Serna-Saldivar, S.O., 2010. *Cereal Grains: Properties, Processing, and Nutritional Attributes, Food Preservation Technology*. CRC Press.

Shakoor, S., 2015. *Phytoliths in Plants: A Review*.

Sillasoo, Ü., 2001. Ecology and Food Consumption of Late Medieval Tartu, Estonia (14th–15th century). *Medium Aevum Quotidianum* 44, 6–40.

Sillasoo, Ü., Hiie, S., 2007. An archaeobotanical approach to investigating food of the Hanseatic period in Estonia. Cambridge University Press, *Medieval Food Traditions in Northern Europe* 82. <https://doi.org/10.1017/S0003598X00098021>

Singh, J. P., Singh, B., Kaur, A., 2020. Bioactive Compounds of Legume Seeds. https://doi.org/10.1007/978-3-030-44578-2_33-1

Soto, M., Inwood, J., Clarke, S., Crowther, A., Covelli, D., Favreau, J., Itambu, M., Larter, S., Lee, P., Lozano, M., Maley, J., Mwambwiga, A., Patalano, R., Sammynaiken, R., Vergès, J. M., Zhu, J., Mercader, J., 2019. Structural characterization and decontamination of dental calculus for ancient starch research. *Archaeol Anthropol Sci* 11, 4847–4872. <https://doi.org/10.1007/s12520-019-00830-7>

Tromp, M., Dudgeon, J.V., 2015. Differentiating dietary and non-dietary microfossils extracted from human dental calculus: the importance of sweet potato to ancient diet on Rapa Nui. *Journal of Archaeological Science*, 54, 54-63. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2014.11.024>.

Tubb, H. J., Hodson, M. J., Hodson, G. C., 1993. The Inflorescence Papillae of the Triticeae: a New Tool for Taxonomic and Archaeological Research. *Annals of Botany* 72, 537–545. <https://doi.org/10.1006/anbo.1993.1142>

Tvauri, A., 2012. The Migration Period, Pre-Viking Age, and Viking Age in Estonia. University of Tartu Press. https://doi.org/10.26530/OAPEN_423944.

Tvauri, A., Vanhanen, S., 2016. The find of Pre-Viking age charred grains from fort-settlement in Tartu. *Estonian Journal of Archaeology* 20, 33. <https://doi.org/10.3176/arch.2016.1.02>

Van Dongen, J. T., Ammerlaan, A. M. H., Wouterlood, M., Van Aelst, A. C., Borstlap, A. C., 2003. Structure of the developing pea seed coat and the post-phloem transport pathway of nutrients. *Ann Bot* 91, 729–737. <https://doi.org/10.1093/aob/mcg066>

Velde, F. van de, Riel, J. van, Tromp, R.H., 2002. Visualisation of starch granule morphologies using confocal scanning laser microscopy (CSLM). *Journal of the Science of Food and Agriculture* 82, 1528–1536. <https://doi.org/10.1002/jsfa.1165>

Waldron, T., 2008. *Palaeopathology*, Cambridge Manuals in Archaeology. Cambridge University Press, Cambridge. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511812569>

Weise, S. E., van Wijk, K. J., Sharkey, T. D., 2011. The role of transitory starch in C3, CAM, and C4 metabolism and opportunities for engineering leaf starch accumulation. *Journal of Experimental Botany* 62, 3109–3118. <https://doi.org/10.1093/jxb/err035>

Weyrich, L. S., Dobney, K., Cooper, A., 2015. Ancient DNA analysis of dental calculus. *Journal of Human Evolution*, Special Issue: Ancient DNA and Human Evolution 79, 119–124. <https://doi.org/10.1016/j.jhevol.2014.06.018>

Winton, A. L., Moeller, J., 1906. *The microscopy of vegetable foods, with special reference to the detection of adulteration and the diagnosis of mixtures* by Andrew L. Winton, with the collaboration of Josef Moeller. New York Wiley.

Wrigley, C., Batey, I. L., 2010. *Cereal grains: Assessing and managing quality*, Cereal Grains: Assessing and Managing Quality: Second Edition.

Zhang, N., Dong, G., Yang, X., Zuo, X., Kang, L., Ren, L., Liu, H., Li, H., Min, R., Liu, X., Zhang, D., Chen, F., 2017. Diet reconstructed from an analysis of plant microfossils in human dental calculus from the Bronze Age site of Shilinggang, southwestern China. *Journal of Archaeological Science* 83, 41–48. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2017.06.010>

Veebiitid

Runnel, R., Elhi, A.-L., 2015. Hammaste anatoomia ja oklusioon. 1. Hamba anatoomia. https://sisu.ut.ee/dev/hammaste_anatoomia_oklusioon/hammaste-anatoomia (vaadatud 30. märtsil 2021)

Suulised konsultatsioonid

Radini, A. Suulised vestlused MS Teams keskkonnas märts-august 2021.

Malve, M. Suulised vestlused juulis ja augustis 2021.

Summary

The making and using of a reference collection of grains and legumes for the study of ancient dental calculus

The dissertation focused on the study of dental calculus from two individuals from different burial sites in Estonia, dated to the Middle and Early Modern Ages. To understand the contents of dental calculus, a reference collection containing the most common crops found at this time in Estonia, was made. The reference collection included common wheat (*Triticum aestivum*), barley (*Hordeum vulgare*), oat (*Avena sativa*), rye (*Secale cereale*), pea (*Pisum sativum*) and broad bean (*Vicia faba*).

The aims of the dissertation were:

1. If and how does processing affect the reference collection's plants, especially their phytoliths and starch granules?
2. Does the reference collection help to allow identification of plant remains found in dental calculus?
3. Does the method I have chosen and adapted allow for the extraction of plant remains from dental calculus?
4. What can the plant remains extracted from dental calculus tell us about diet and/or the environment?

The dissertation is divided up into four chapters. In the first chapter I explore how food micro-remains and dental calculus have been used to study past diets. The second chapter focuses on the creation and the interpretation of the reference collection. The third chapter is on dental calculus, the method of extraction and the results. The fourth chapter consists of the discussion. Pictures from the reference collection and of the micro remains in dental calculus can be found in the appendix.

The plants were boiled, and samples were taken after every 5, 10, 15 and 30 minutes. The samples were analysed using an Olympus BX51 polarising microscope. Studying plants that one would expect to find in dental calculus before analysing said calculus is useful for identifying plant matter – experiments with boiling can give an idea of the damages heat and moisture can have on starch and how do phytoliths look like in edible plant parts.

Dental calculus was taken from two mandibles, both originating from mixed contexts – one from a dig in Kalamaja in 2020 and the other from a dig in Rõuge in 2020. Due to their lost context, their low value in archaeological terms was excellent for testing a previously unused method in Estonia.

The surface of the dental calculus was cleaned with a needle that was dipped in weak hydrochloric acid (0,06 M HCl). The cleaned dental calculus was sonicated with distilled water in a closed Eppendorf tube until mixed and put on a slide. The samples were analysed using an Olympus BX51 polarising microscope.

Dental calculus from the Kalamaja individual contained a lot of legume starch (ca 100 pieces altogether) as well as grain starch. Starch was mostly well preserved in the Kalamaja samples, the Rõuge sample saw more broken starches and less micro-remains altogether, most likely due to the calculus being denser than usual. A few starches had marks of mechanical damage meaning it had to have been processed raw. There were only two phytoliths, one of them can be associated with the tribe *Triticeae*, which means it originates from some sort of a grain. There was also a fragment of a fruit stone, most likely an apple seed.

The dental calculus also contained fragments of a non-dietary nature, such as wood particles, minerals, a moth or a butterfly's wing fragment and a hair from an insect. These might have been inhaled or ended up in dental calculus through food.

The dissertation is a first look at the extraction and analysis of dental calculus analysis in Estonia. To better research this topic in the future, a more extensive reference collection should be made that includes particles that could possibly be inhaled. Work should also be done on experimenting with heat and moisture on different plant parts.

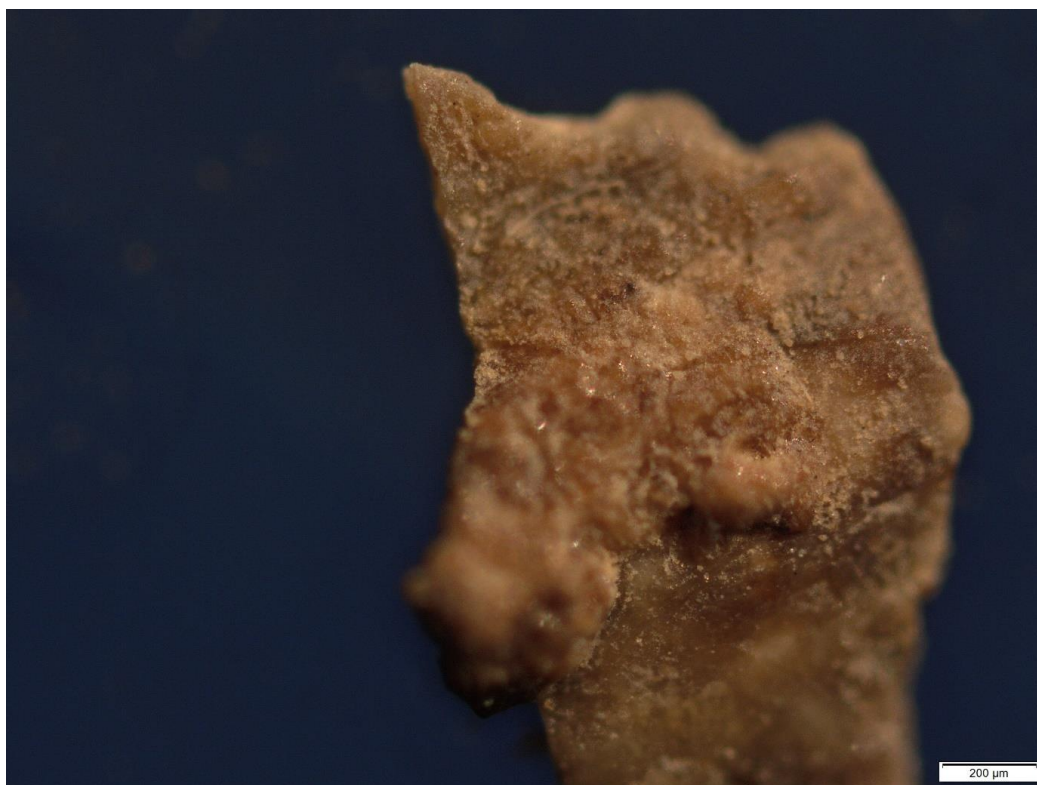
Lisad



Lisa 1. Kalamaja (2020) segatud luude seast välja valitud alalõualuu ja välja valitud hammas - alumine parempoolne e teine e külgmine e lateraalne intsisiiv. Labiaalne hambakülg.



Lisa 2. Rõuge (2020) segatud luude seast välja valitud alalõualuu ja välja valitud alumine parempoolne intsisiiv. Labiaalne külg





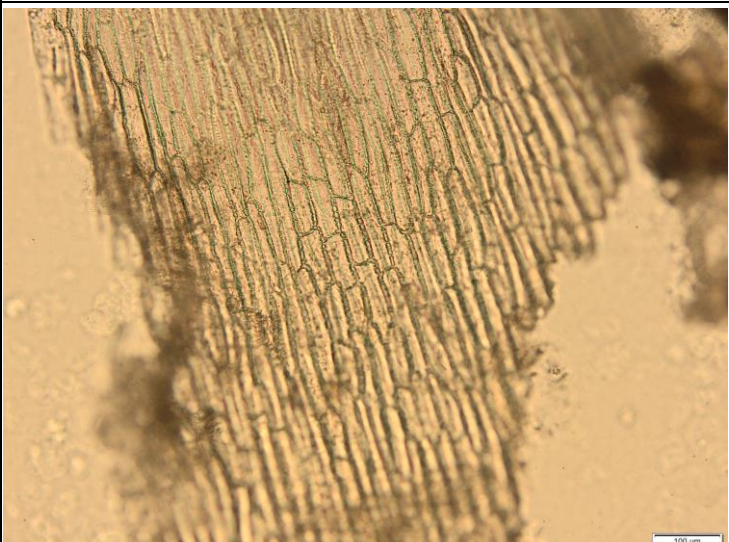
Lisa 3. Kalamaja (2020) puhastatud hambakivi tükk.



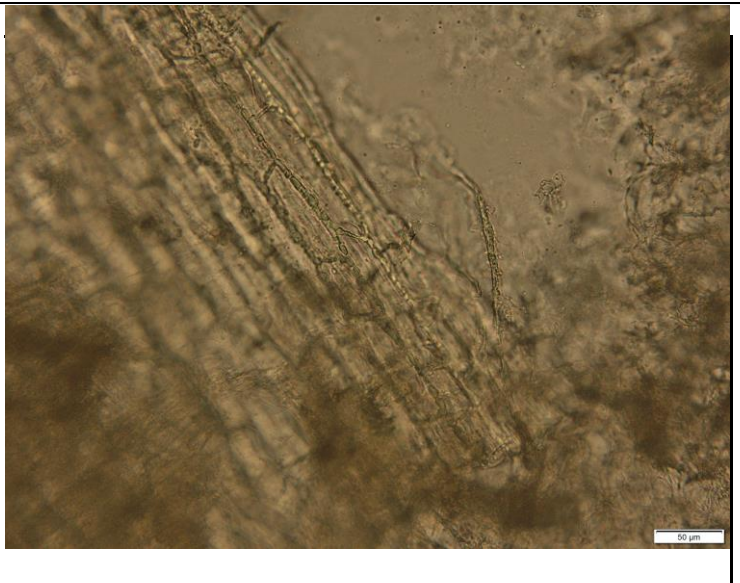
Lisa 4. Rõuge (2020) puhastatud hambakivi tükk.

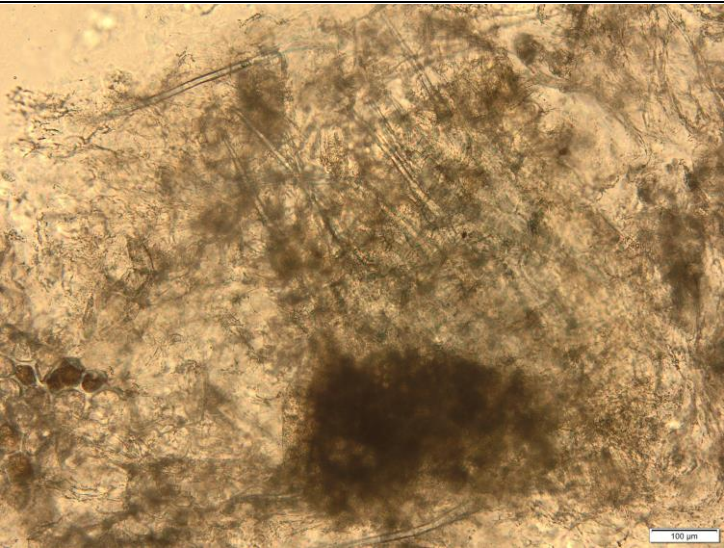

Lisa 5. Võrdluskogu.

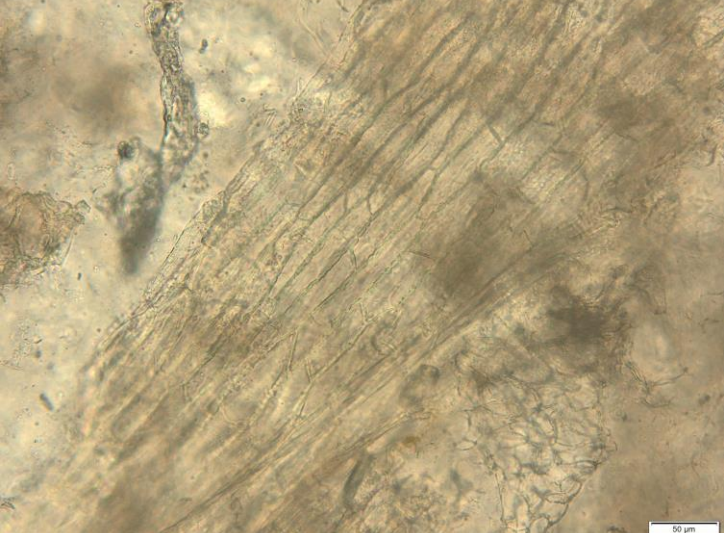

Proovi number	Nimetus	Perekond	Taimeosa, töötlusviis	Kirjeldus	Kas on diagnostiline	Pilt
1	Harilik nisu (<i>Triticum aestivum</i>)	Kõrrelised (<i>Poaceae</i> ehk <i>Gramineae</i>)	Seeme, toorelt	Pildil on A- ja B- tüüpi tärklised.	Määratav perekonna/triibusse tasemele.	


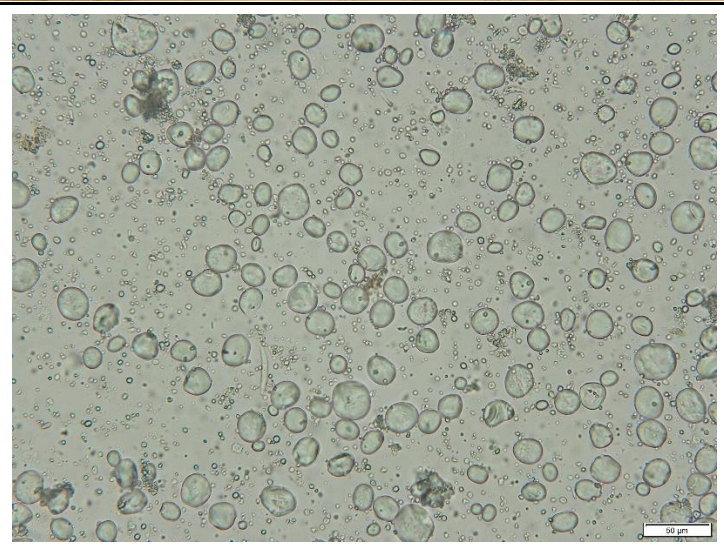
1	Harilik nisu (<i>Triticum aestivum</i>)	Kõrrelised (<i>Poaceae</i> ehk <i>Gramineae</i>)	Seeme, toorelt	Pildil on A- ja B- tüüpi tärklised polariseeritud valguse all.	Määratav perekonna/triibuse tasemele.	
1	Harilik nisu (<i>Triticum aestivum</i>)	Kõrrelised (<i>Poaceae</i> ehk <i>Gramineae</i>)	Seeme, keedetud 5 minutit	Pildil on näha piklikke dendriitseid fütooliite	Saab määrata perekonna (<i>Poaceae</i>)/triibuse (<i>Triticeae</i>) tasemele.	

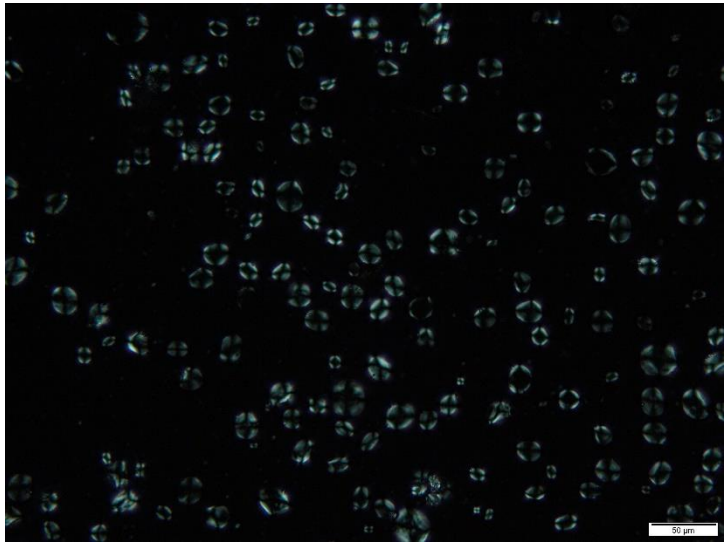
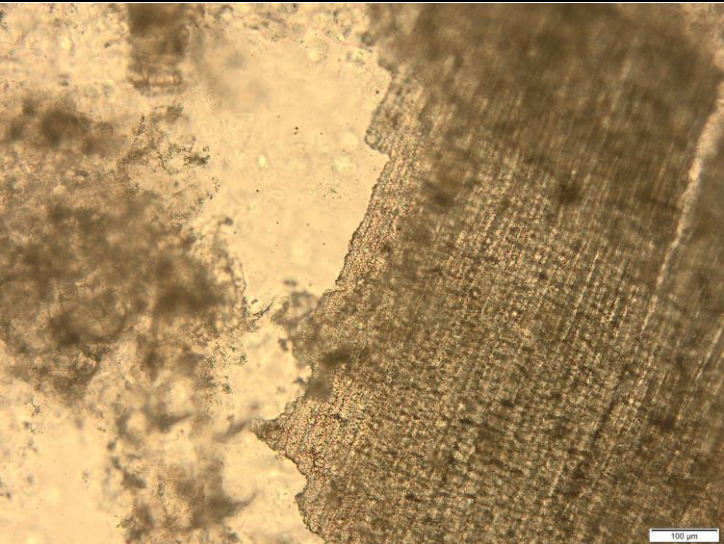
1	Harilik nisu (<i>Triticum aestivum</i>)	Kõrrelised (<i>Poaceae</i> ehk <i>Gramineae</i>)	Seeme, keedetud 5 minutit	Kõrreliste omased piklikud silikaatsed karvad	Mittediagnostilised, selliseid karvu esineb mitmetel teraviljadel.	
---	--	--	---------------------------------	---	---	---

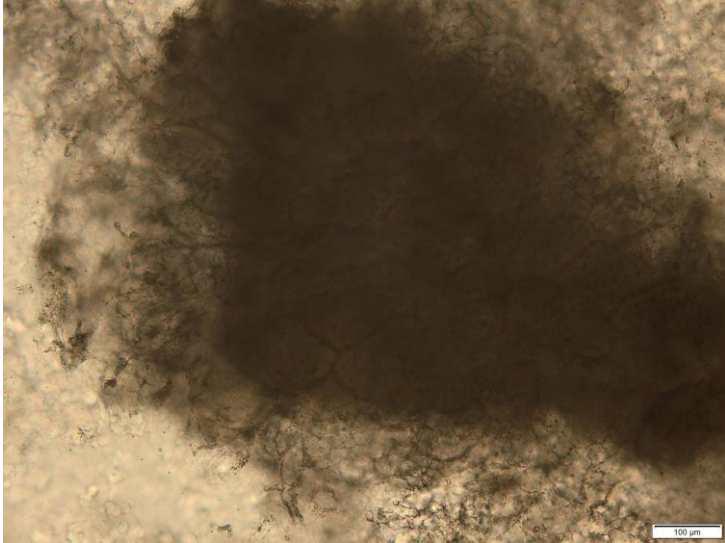
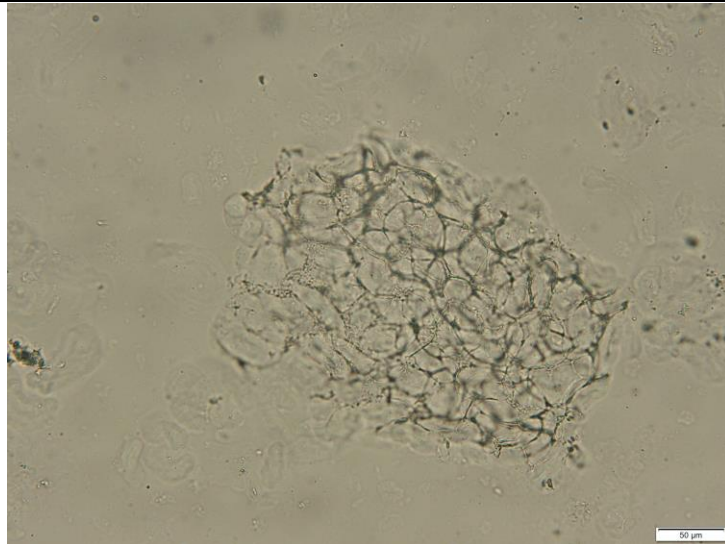
1	Harilik nisu (<i>Triticum aestivum</i>)	Kõrrelised (<i>Poaceae</i> ehk <i>Gramineae</i>)	Seeme, keedetud 10 minutit	Tegemist on taimerakkudega, mille sees võib fütolüüsi olla. Pildil fütolüüsi väga hästi näha ei ole.	Taimerakud ei ole diagnostilised.	
---	--	--	----------------------------------	---	--------------------------------------	--

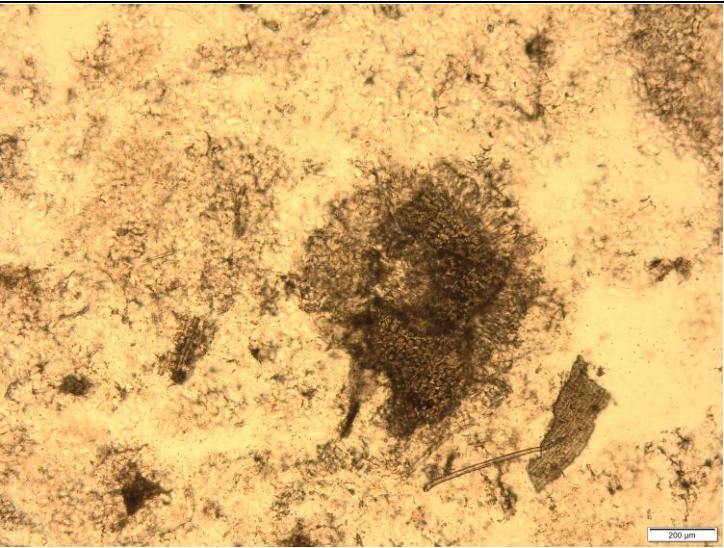
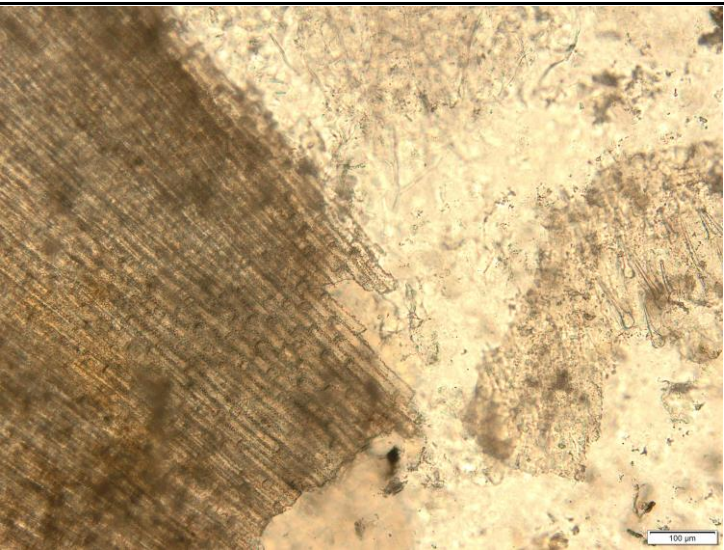
1	Harilik nisu (<i>Triticum aestivum</i>)	Kõrrelised (<i>Poaceae</i> ehk <i>Gramineae</i>)	Seeme, keedetud 10 minutit	On näha piklikke potentsiaalselt silikaatseid karvu ja rohkesti želatiniseerunud tärglist	Mittediagnostiline.	
1	Harilik nisu (<i>Triticum aestivum</i>)	Kõrrelised (<i>Poaceae</i> ehk <i>Gramineae</i>)	Seeme, keedetud 15 minutit	Erinevad kihid katavad dendriitseid fütooliite. Pruunid täpid võivad olla aleuroonkihi osakesed.	Mittediagnostiline.	

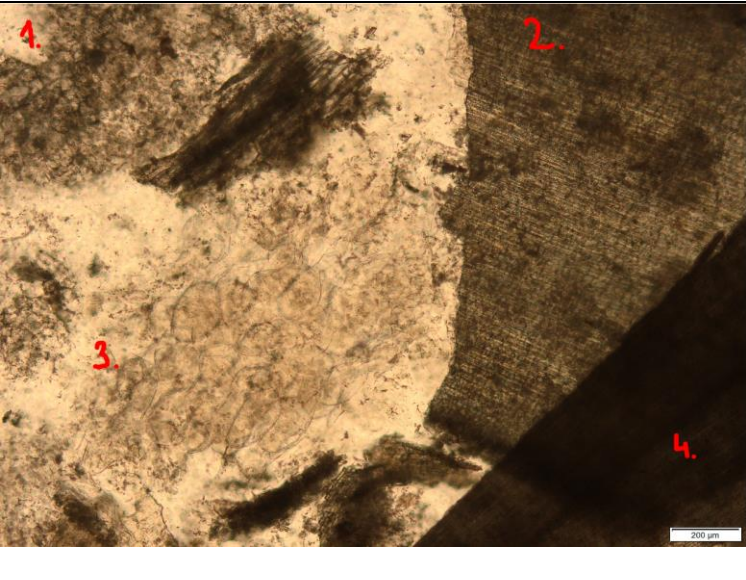
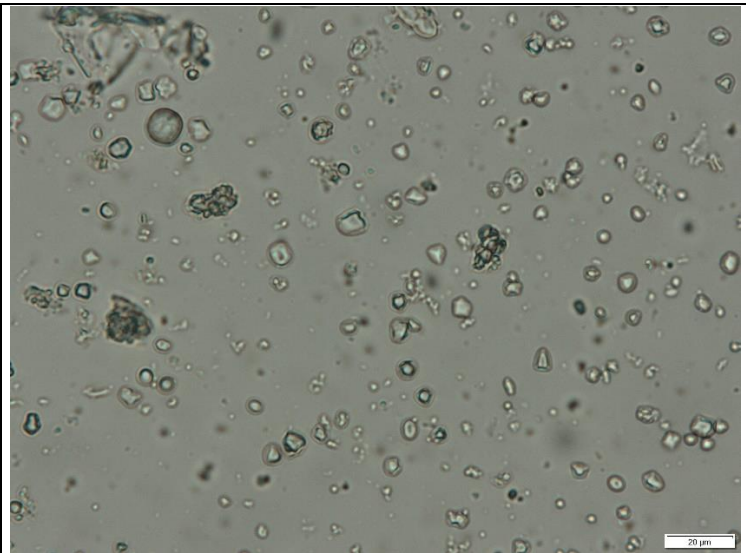
1	Harilik nisu (<i>Triticum aestivum</i>)	Kõrrelised (<i>Poaceae</i> ehk <i>Gramineae</i>)	Seeme, keedetud 15 minutit	Piklikud taimerakud. Endospermi pealne kiht (võimalik klii), sest kihi all on tärkliis.	Diagnostilised vaid siis, kui leidub suurtes kogustes. Siis määratav perekonna/triibuse tasemele.	
1	Harilik nisu (<i>Triticum aestivum</i>)	Kõrrelised (<i>Poaceae</i> ehk <i>Gramineae</i>)	Seeme, keedetud 30 minutit	Üleval piklikud fütoolidid ja all želatiniseerunud tärkliis	Diagnostilised vaid siis, kui leidub suurtes kogustes. Siis määratav perekonna/triibuse tasemele.	

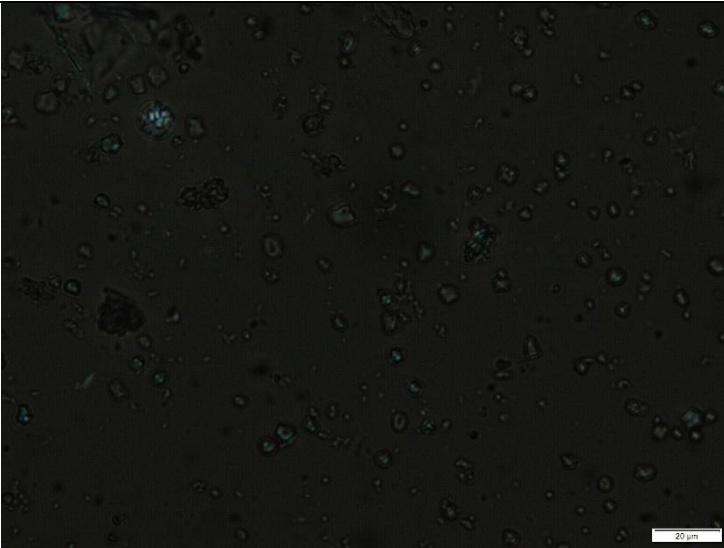

1	Harilik nisu (<i>Triticum aestivum</i>)	Kõrrelised (<i>Poaceae</i> ehk <i>Gramineae</i>)	Seeme, keedetud 30 minutit	Dendriitsed fütoliidid mõne teise taimekihi all.	Diagnostilised vaid siis, kui leidub suurtes kogustes. Siis määratav perekonna/triibuse tasemele.	
2	Harilik oder (<i>Hordeum vulgare</i>)	Kõrrelised (<i>Poaceae</i> ehk <i>Gramineae</i>)	Seeme, toorelt	A- ja B-tüüpi tärgliseterad.	Määratavad perekonna/triibuse tasemele.	



2	Harilik oder (<i>Hordeum vulgare</i>)	Kõrrelised (<i>Poaceae</i> ehk <i>Gramineae</i>)	Seeme, toorelt	A- ja B-tüüpi tärgliseterad polariseeritud valguse all.	Määratavad perekonna/triibuse tasemele.	
2	Harilik oder (<i>Hordeum vulgare</i>)	Kõrrelised (<i>Poaceae</i> ehk <i>Gramineae</i>)	Seeme, keedetud 5 minutit	Paremal dendriitsed fütoolidid ja nende vahel papillid, vasakul želatiniseerunud tärglis	Diagnostilised vaid siis, kui leidub suurtes kogustes. Siis määratav perekonna/triibuse tasemele.	

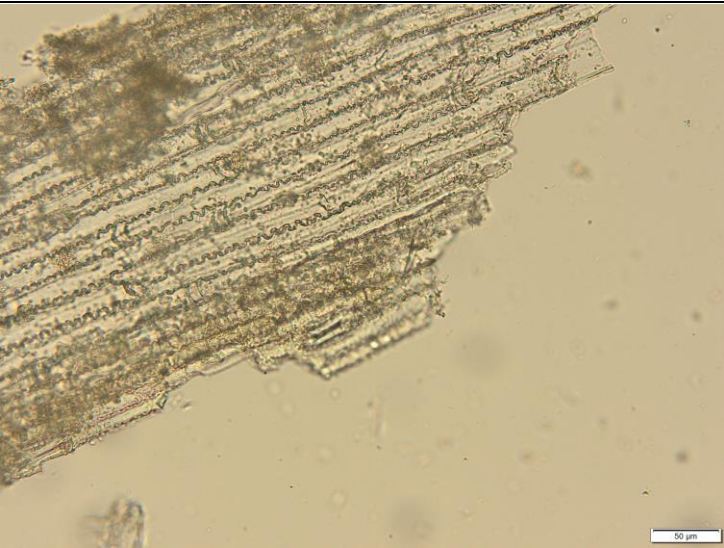
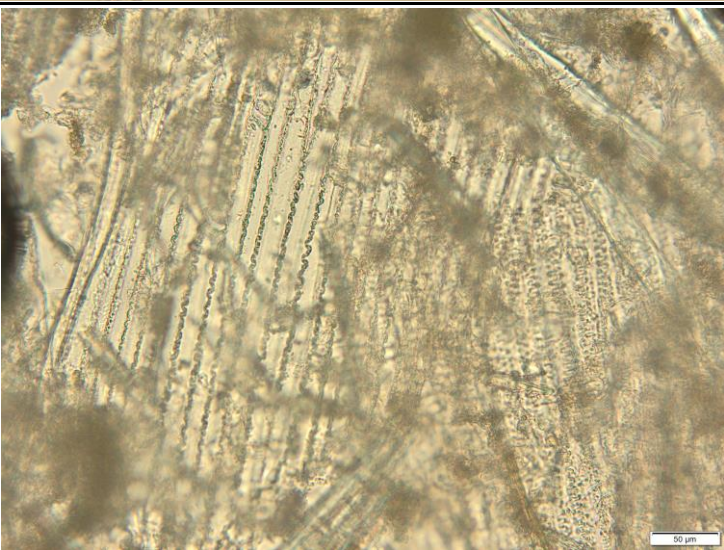
2	Harilik oder (<i>Hordeum vulgare</i>)	Kõrrelised (<i>Poaceae</i> ehk <i>Gramineae</i>)	Seeme, keedetud 10 minutit	Pildil on želatiniseerunud - paisunud ja niiskuse tõttu kannatada saanud tärklis. Näha on ka amüloplastid (mustad ümbrised), mille sees tärklis peaks olema, kuid pildil on tärklis amüloplastidest väljas ja on želatiniseerunud.	Mittediagnostiline tärklis.	
2	Harilik oder (<i>Hordeum vulgare</i>)	Kõrrelised (<i>Poaceae</i> ehk <i>Gramineae</i>)	Seeme, keedetud 15 minutit	Katkine endospermi kiht, tärklis on amüloplastidest lahkunud, želatiniseerunud.	Kui näha hambakivis, saab sellise pildi kohta öelda vaid "taimne parenhüümne osakene", kuid liigiliselt määrata oleks võimatu.	


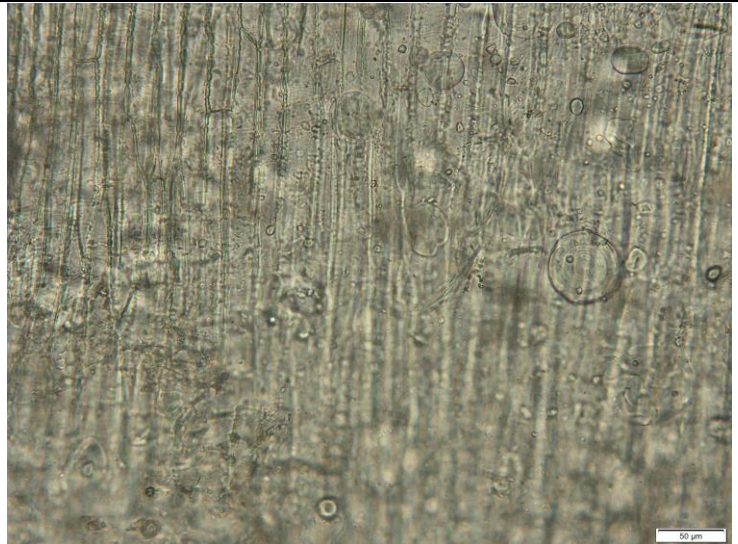
2	Harilik oder (<i>Hordeum vulgare</i>)	Kõrrelised (<i>Poaceae</i> ehk <i>Gramineae</i>)	Seeme, keedetud 15 minutit	Tegemist on seemne väliskihi osakeste ja silikaatse karvaga.	Mittediagnostiline.	
2	Harilik oder (<i>Hordeum vulgare</i>)	Kõrrelised (<i>Poaceae</i> ehk <i>Gramineae</i>)	Seeme, keedetud 30 minutit	Pildil on näha silikaatseid karvu (paremal) ja dendriitseid fütoliite (vasakul).	Diagnostilised vaid siis, kui leidub suurtes kogustes. Siis määratav perekonna/triibuse tasemele.	

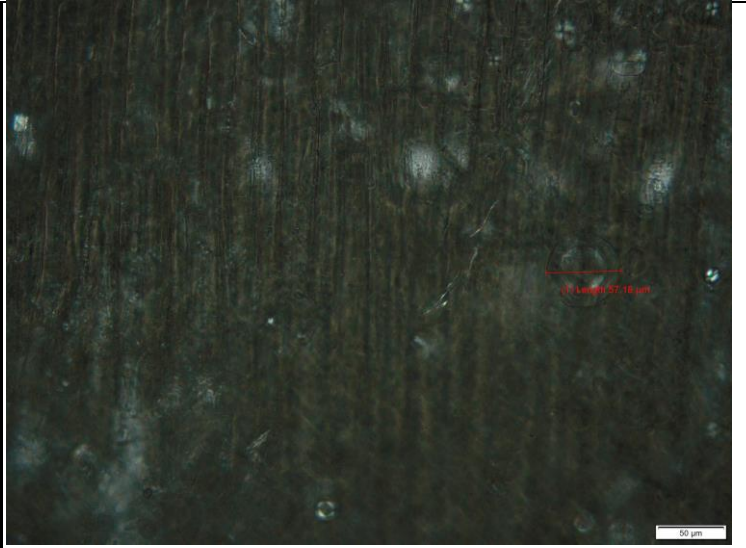
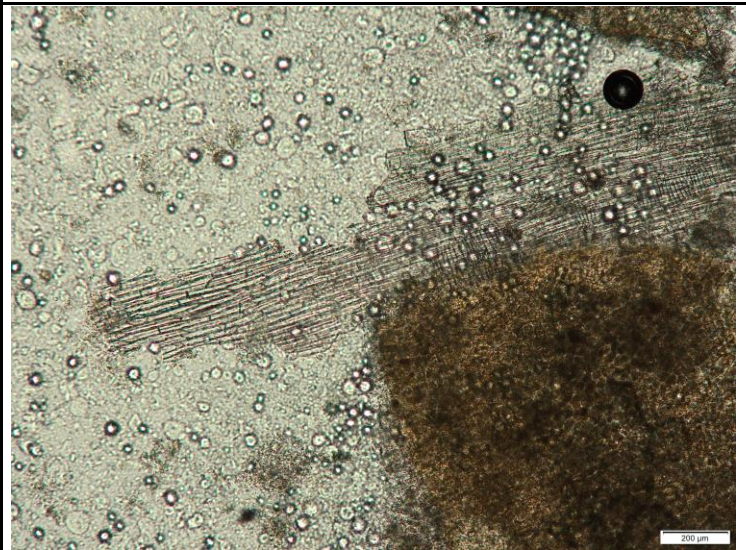
2	Harilik oder (<i>Hordeum vulgare</i>)	Kõrrelised (<i>Poaceae</i> ehk <i>Gramineae</i>)	Seeme, keedetud 30 minutit	1. Želatiniseerunud tärglis. 2. Dendriitsed odra fütiolidid. 3. Parenhüümsed rakud. 4. Teraviljakliid.	Diagnostilised vaid siis, kui leidub suurtes kogustes. Siis määratav perekonna/triibuse tasemele.	
3	Harilik kaer (<i>Avena sativa</i>)	Kõrrelised (<i>Poaceae</i> ehk <i>Gramineae</i>)	Seeme, toorelt	Liitraline tärglis.	Suures koguses diagnostiline.	

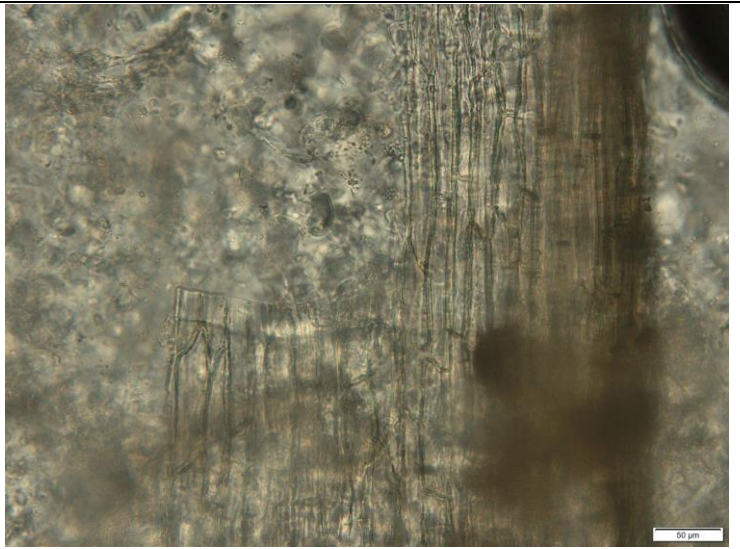
3	Harilik kaer (<i>Avena sativa</i>)	Kõrrelised (<i>Poaceae</i> ehk <i>Gramineae</i>)	Seeme, toorelt	Liitraline tärklis polariseeritud valguse all.	Suures koguses diagnostiline.	
3	Harilik kaer (<i>Avena sativa</i>)	Kõrrelised (<i>Poaceae</i> ehk <i>Gramineae</i>)	Seeme, keedetud 5 minutit	Pildil on näha dendriitseid fütoliite ja nende vahel ümaraid papille.	Ümmargused moodustised on silikaatsete karvade alused, võib nim ka papillideks. Dendriitsed fütoliidid nende ümber. Sellised fütoliidid ja papillid on perekonnale (<i>Avena</i>) omased.	

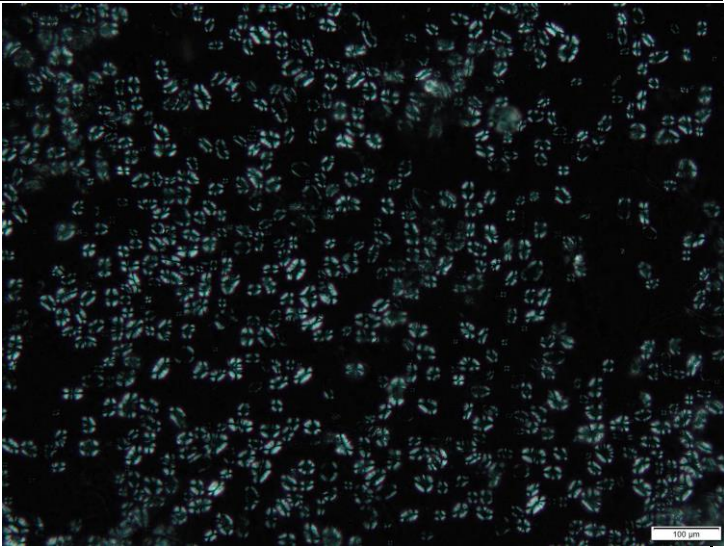
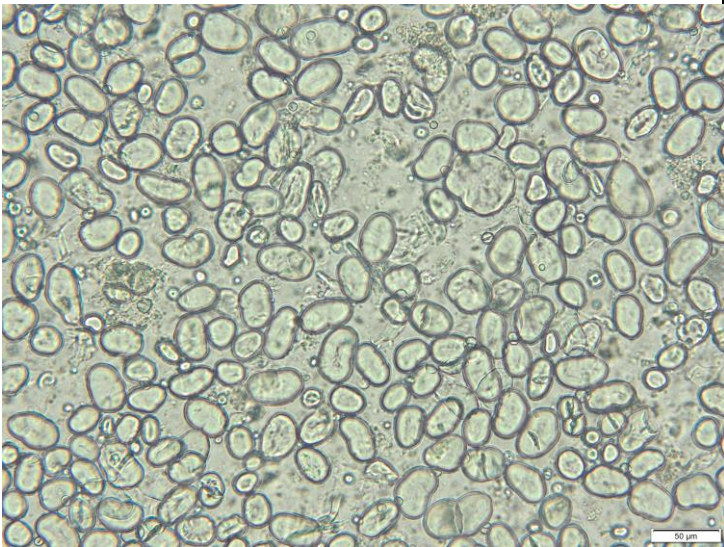
3	Harilik kaer (<i>Avena sativa</i>)	Kõrrelised (<i>Poaceae</i> ehk <i>Gramineae</i>)	Seeme, keedetud 10 minutit	Pildil on näha silikaatseid karvu ja dendriitseid fütoliite.	Diagnostilised vaid siis, kui leidub suurtes kogustes. Siis määratav perekonna/triibuse tasemele.	
3	Harilik kaer (<i>Avena sativa</i>)	Kõrrelised (<i>Poaceae</i> ehk <i>Gramineae</i>)	Seeme, keedetud 10 minutit	Pildil on näha pruunistunud karva - viitab keetmisele. Vasakul on näha dendriitseid fütoliite.	Diagnostilised vaid siis, kui leidub suurtes kogustes. Siis määratav perekonna/triibuse tasemele.	


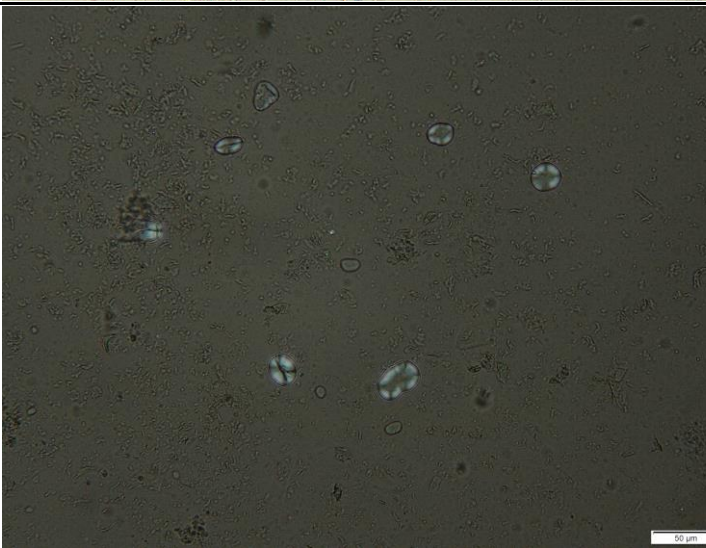
3	Harilik kaer (<i>Avena sativa</i>)	Kõrrelised (<i>Poaceae</i> ehk <i>Gramineae</i>)	Seeme, keedetud 15 minutit	Pildil on näha dendriitseid fütoliite.	Selliseid fütoliite on paljudes <i>Poaceae</i> perecondades ja liikides.	
3	Harilik kaer (<i>Avena sativa</i>)	Kõrrelised (<i>Poaceae</i> ehk <i>Gramineae</i>)	Seeme, keedetud 30 minutit	Kahte sorti dendriitseid fütoliite. Paremal olevad (vähem fookuses) on rohkem diagnostilised.	Selliseid fütoliite on paljudes <i>Poaceae</i> perecondades ja liikides.	

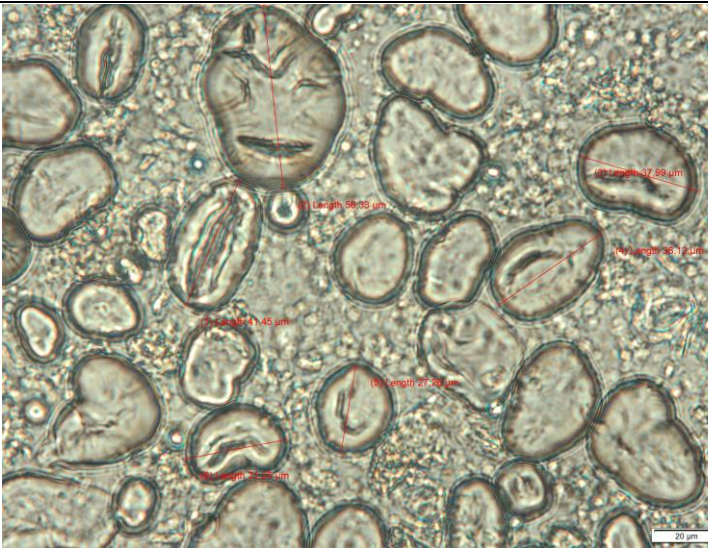
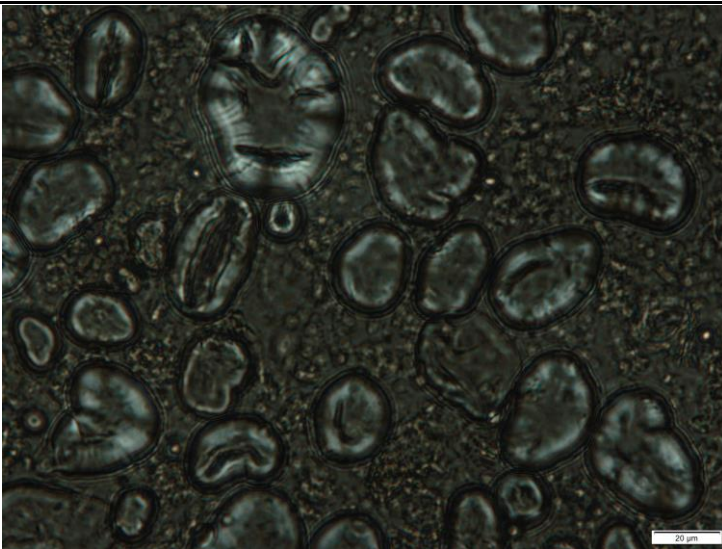
4	Harilik rukis (<i>Secale cereale</i>)	Kõrrelised (<i>Poaceae</i> ehk <i>Gramineae</i>)	Seeme, keedetud 5 minutit	Pildil on näha teraviljale omast A- ja B-tüüpi tärklis. Kuumus ja niiskus on tärklisele kohati mõjunud - näiteks pildi keskel olev suur tärklis on pea täielikult kaotanud oma kaksikmurdumise omadused. Samal tärkliseosakesel on selgelt näha kasvurõngaid.	Diagnostilised triibuse tasemele (<i>Triticeae</i>).	
4	Harilik rukis (<i>Secale cereale</i>)	Kõrrelised (<i>Poaceae</i> ehk <i>Gramineae</i>)	Seeme, keedetud 5 minutit	Pildil on näha dendriitseid fütoliite. Nende all ja peal on näha ümmarguseid tärkliseosakesi.	Pilt on liiga hägune, et saaks määrata liiki, triibust või perekonda.	

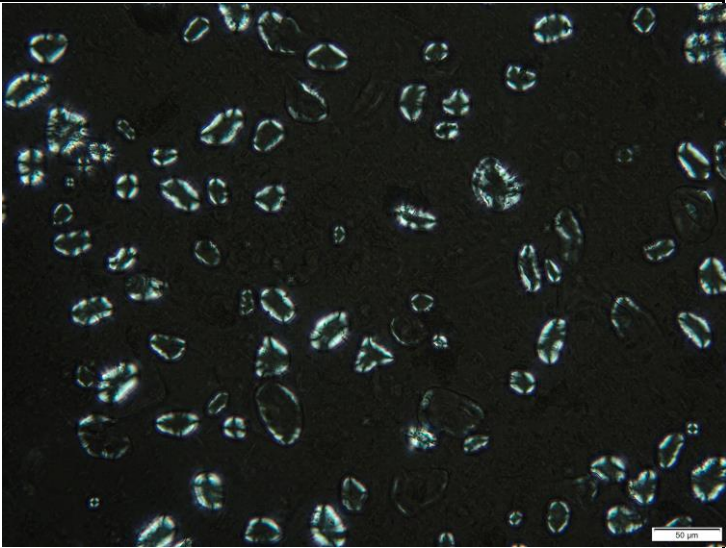
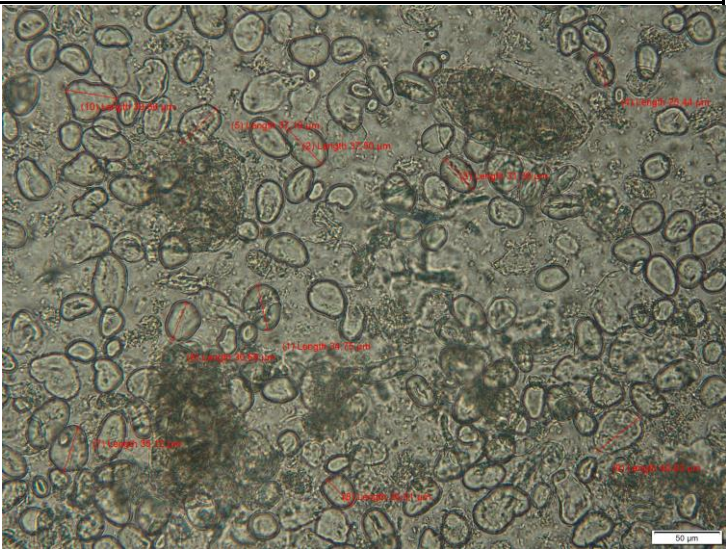
4	Harilik rukis (<i>Secale cereale</i>)	Kõrrelised (<i>Poaceae</i> ehk <i>Gramineae</i>)	Seeme, keedetud 5 minutit	Eelmise pildi polariseeritud versioon.		
4	Harilik rukis (<i>Secale cereale</i>)	Kõrrelised (<i>Poaceae</i> ehk <i>Gramineae</i>)	Seeme, keedetud 10 minutit	Pildil on piklikud fütoolidid ja tärgliseosakesed. All paremal on aleuroonkiht.	Diagnostilised vaid siis, kui leidub suurtes kogustes. Siis määratav perekonna/triibuse tasemele.	

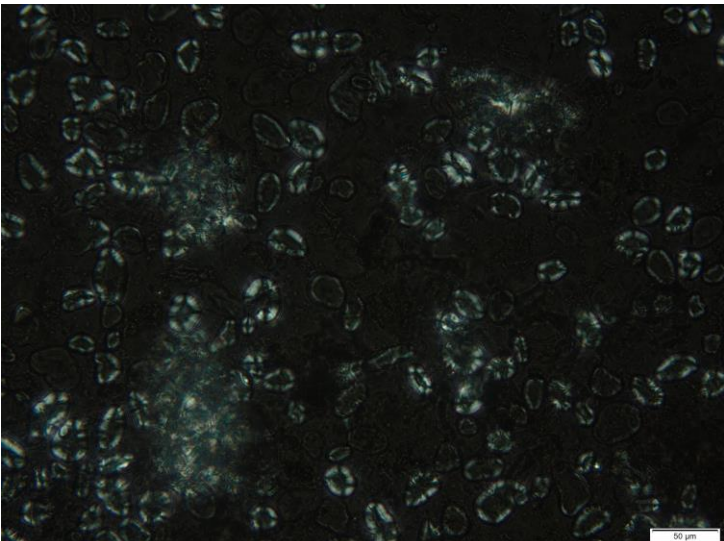
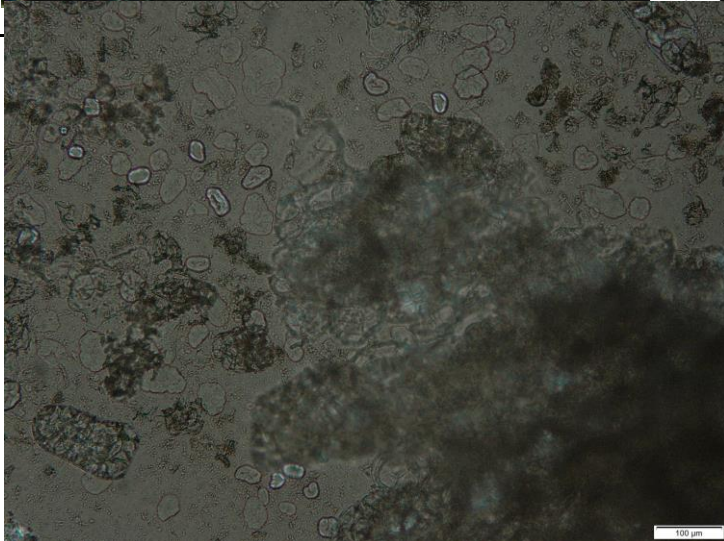
4	Harilik rukis (<i>Secale cereale</i>)	Kõrrelised (<i>Poaceae</i> ehk <i>Gramineae</i>)	Seeme, keedetud 15 minutit	Seemnekest ehk kllii	Määratav teraviljakliiks.	
---	--	--	----------------------------------	----------------------	------------------------------	---

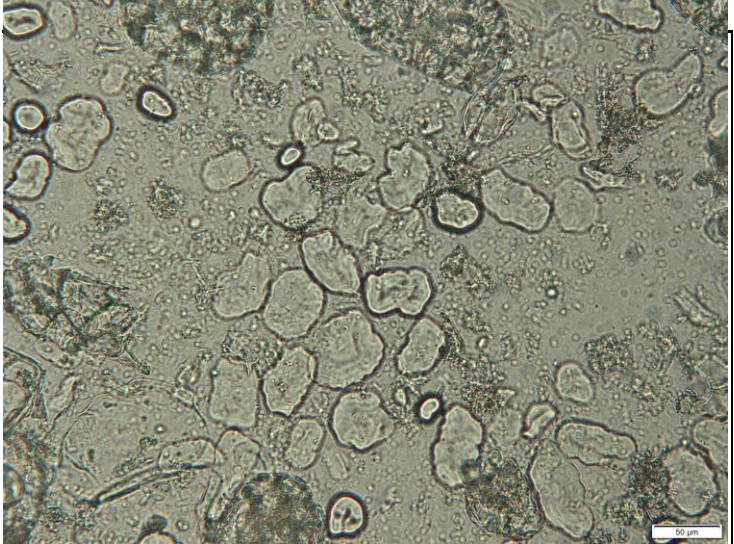
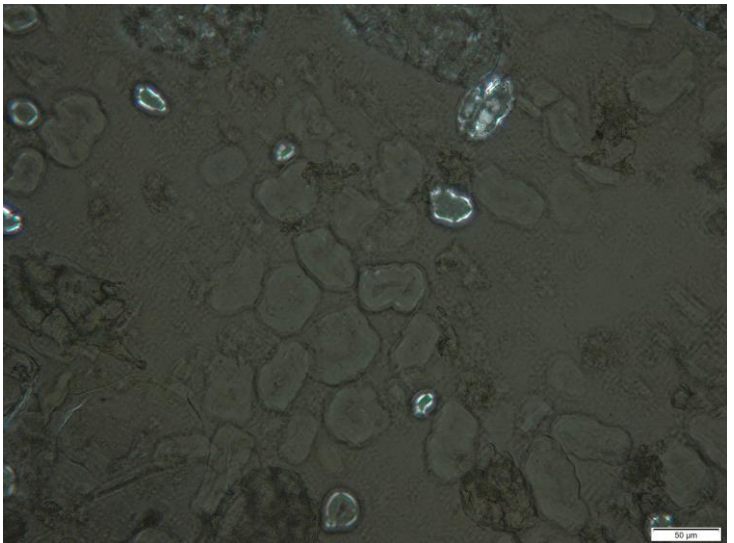
5	Harilik hernes (<i>Pisum sativum</i>)	Liblikõielised (<i>Fabaceae</i>)	Seeme, toorelt	Polariseeritud valguse all olevad tärgliseosakesed. Kaskikmurdamise teel tekkinud Malta risti kujutis on selgelt nähtav.	Määratav kaunviljaks.	 <p>A polarized light micrograph showing numerous small, dark, Maltese cross-shaped structures (starch grains) against a black background. The crosses are characteristic of crystalline starch granules. A scale bar in the bottom right corner indicates 100 μm.</p>
5	Harilik hernes (<i>Pisum sativum</i>)	Liblikõielised (<i>Fabaceae</i>)	Seeme, toorelt	Hernetärklis.	Määratav kaunviljaks.	 <p>A light micrograph showing a dense field of large, oval-shaped starch granules. The granules have a distinct outer layer and a lighter, granular interior. A scale bar in the bottom right corner indicates 50 μm.</p>

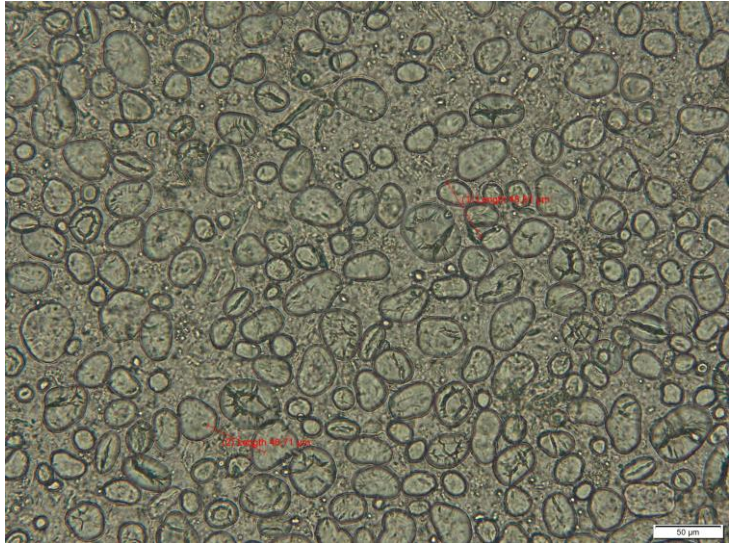
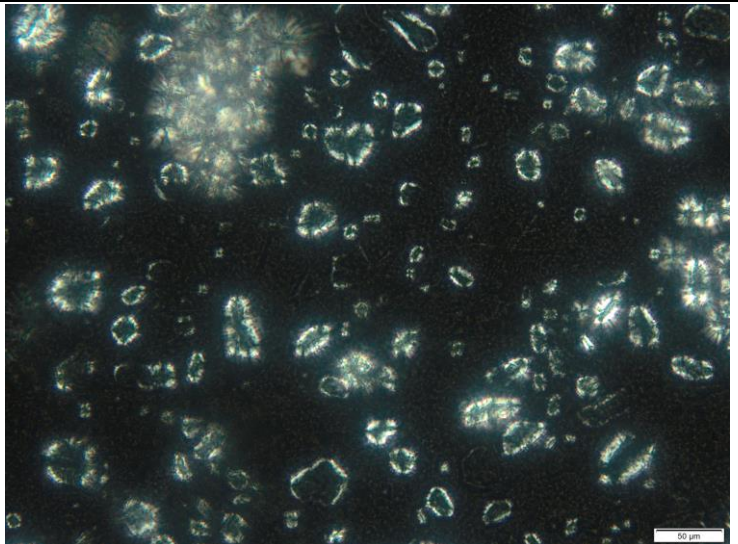
5	Harilik hernes (<i>Pisum sativum</i>)	Liblikõielised (<i>Fabaceae</i>)	Seeme, keedetud 5 minutit	Erineva kujuga hernetärklised.	Määratav kaunviljaks.	
5	Harilik hernes (<i>Pisum sativum</i>)	Liblikõielised (<i>Fabaceae</i>)	Seeme, keedetud 5 minutit	Samad osakesed polariseeritud valguse all. Kaksikmurdumise teel tekkiv Malta rist hakkab tuhmuma.	Määratav kaunviljaks.	

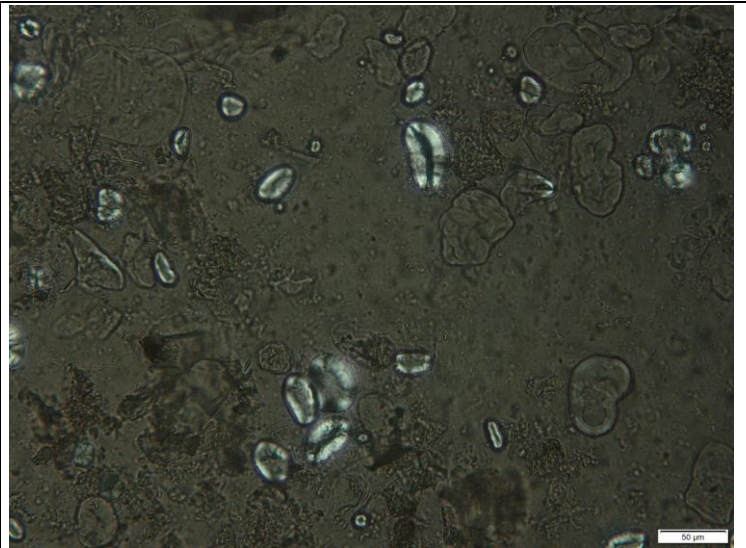

5	Harilik hernes (<i>Pisum sativum</i>)	Liblikõielised (<i>Fabaceae</i>)	Seeme, keedetud 10 minutit	Pildil on erienvad tärglisekujud. Kaksikmurdumise- omadused hakkavad kaduma, kuumus ja niiskus mõjuvad.	Määratav kaunviljaks.	
5	Harilik hernes (<i>Pisum sativum</i>)	Liblikõielised (<i>Fabaceae</i>)	Seeme, keedetud 10 minutit	Sama pilt polariseeritud valguse all. Kaksikmurdumise omadused hakkavad kaduma - tärglis on kahjustada saanud.	Määratav kaunviljaks.	

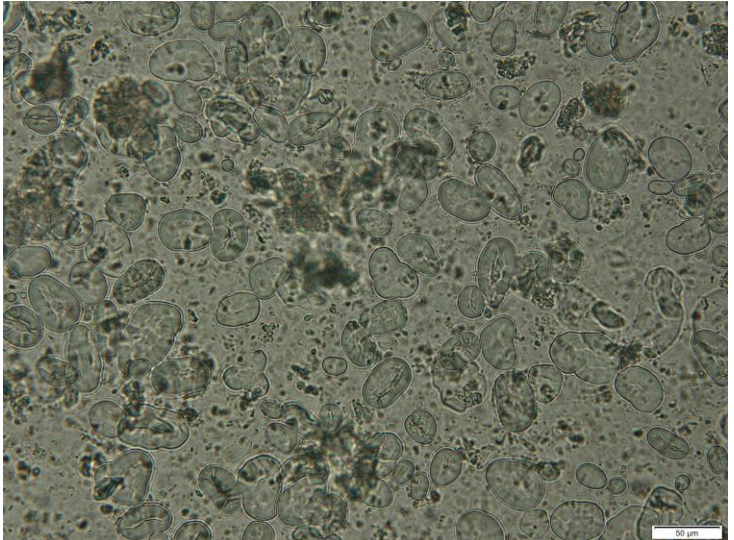
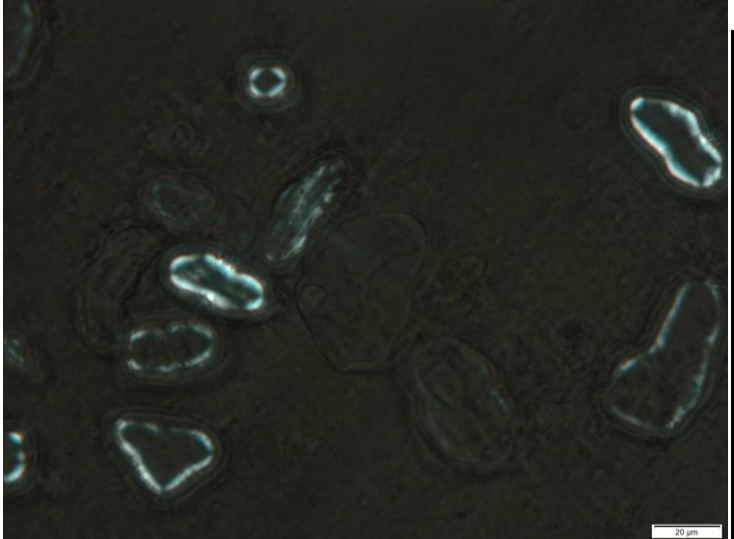
5	Harilik hernes (<i>Pisum sativum</i>)	Liblikõielised (<i>Fabaceae</i>)	Seeme, keedetud 10 minutit	Erinevad tärglisekujud ja nende erinevad kaksikmurdumise teel tekkivad Malta risti kujutised polariseeritud valguse all.	Määratav kaunviljaks.	
5	Harilik hernes (<i>Pisum sativum</i>)	Liblikõielised (<i>Fabaceae</i>)	Seeme, keedetud 15 minutit	Pildil on näha erinevaid tärgliseosakesi ja ja tärglisekogumikke, mis on <i>in situ</i> amüloplastis.	Määratav kaunviljaks.	


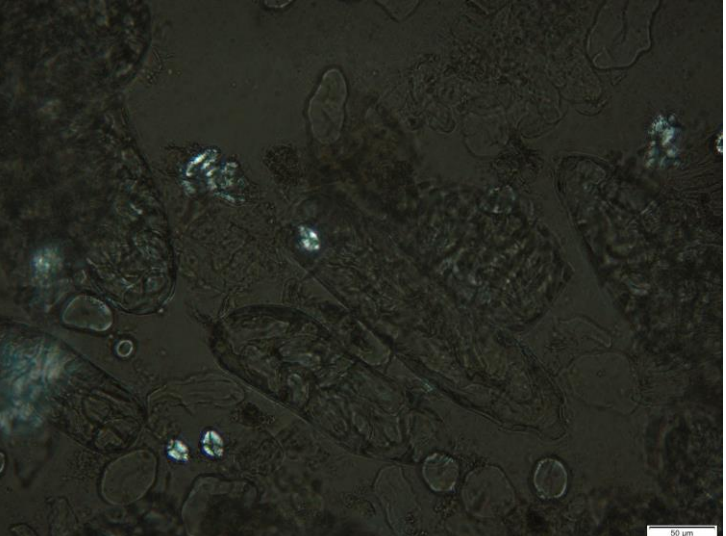
5	Harilik hernes (<i>Pisum sativum</i>)	Liblikõielised (<i>Fabaceae</i>)	Seeme, keedetud 15 minutit	Eelmise pildi polariseeritud versioon. Näha on aina tuhmuvaid Malta riste, tärklisekogumik ülemises paremas nurgas polariseerub veidi.	Määratav kaunviljaks.	
5	Harilik hernes (<i>Pisum sativum</i>)	Liblikõielised (<i>Fabaceae</i>)	Seeme, keedetud 30 minutit	Pildil on näha seest tühje ja ebakorrapärase väliskihiga tärkliseosakesi, tärklisekogumeid ja veel polariseeruvaid ja veel enam-vähem terveid tärkliseosakesi.	Määratav kaunviljaks.	

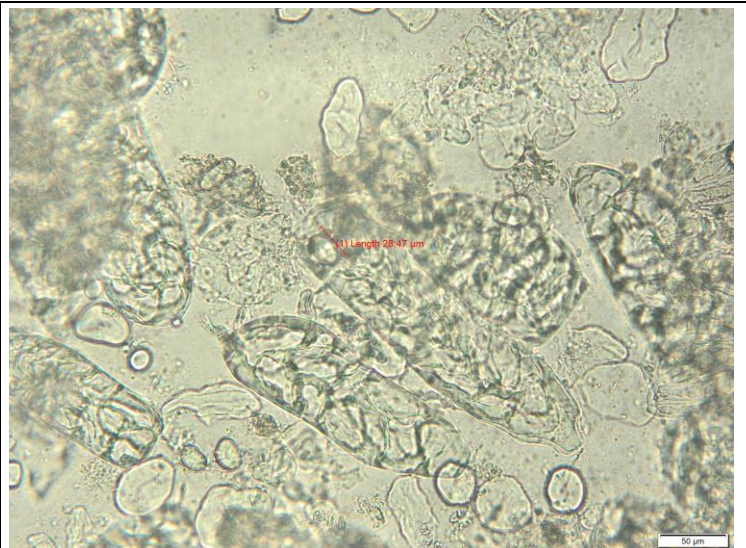
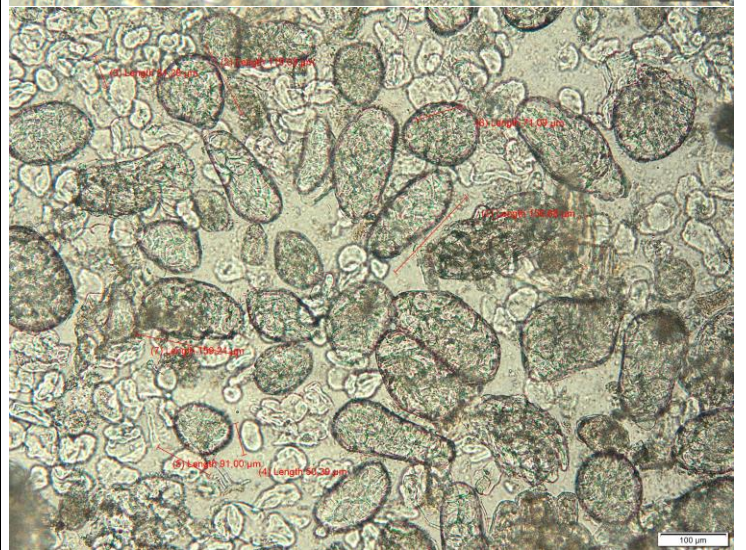
5	Harilik hernes (<i>Pisum sativum</i>)	Liblikõielised (<i>Fabaceae</i>)	Seeme, keedetud 30 minutit	Pildil on näha katkiste äärtega tärkliseid ja terveid tärkliseosakesi. Veidi "lainetavate" äärtega osakesed ei oma enam kaksikmurdumise omadusi. Vt järgmine pilt.	Ei ole enam määratav kaunviljaks. Hambakivist leides nimetaks sellise tärklise katkiseks tärkliseks.	
5	Harilik hernes (<i>Pisum sativum</i>)	Liblikõielised (<i>Fabaceae</i>)	Seeme, keedetud 30 minutit	Eelmise pildi polariseeritud versioon. Katkised tärklised ei oma kaksikmurdumisele omaseid omadusi, tugevama väliskihiga tärkliseosakeste puhul on täheldatav Malta risti esinemine (vt eelmist pilti) paremini.	Ei ole enam määratav kaunviljaks. Hambakivist leides nimetaks sellise tärklise katkiseks tärkliseks.	

6	Põlduba (<i>Vicia faba</i>)	Liblikõielised (<i>Fabaceae</i>)	Seeme, toorelt	Põldoa tärkli. Erinevad kujud ja suurused.	Määratav kaunviljaks.	
6	Põlduba (<i>Vicia faba</i>)	Liblikõielised (<i>Fabaceae</i>)	Seeme, toorelt	Põldoa tärkli. Erinevad kujud ja suurused polariseeritud valguse all.	Määratav kaunviljaks.	

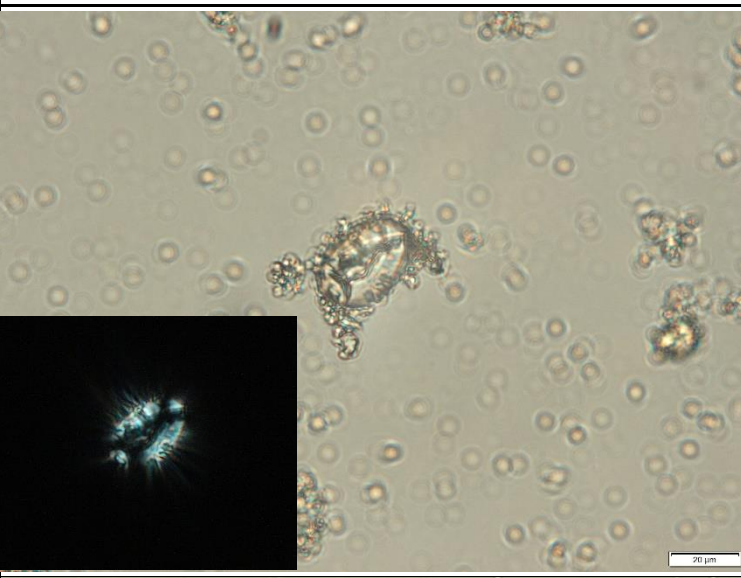

6	Põlduba (<i>Vicia faba</i>)	Liblikõielised (<i>Fabaceae</i>)	Seeme, keedetud 5 minutit	Mõned põldoa tärgliseosakesed on saanud kahjustada.	Määratav kaunviljaks.	
6	Põlduba (<i>Vicia faba</i>)	Liblikõielised (<i>Fabaceae</i>)	Seeme, keedetud 5 minutit	Eelmise pildi versioon ilma polariseeritud valguseta ning mõõtudega.	Määratav kaunviljaks, mõned tärglised on katki.	

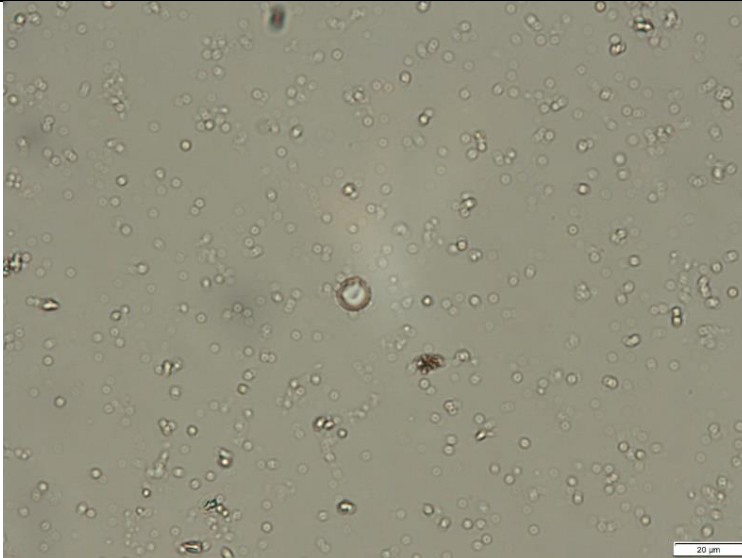
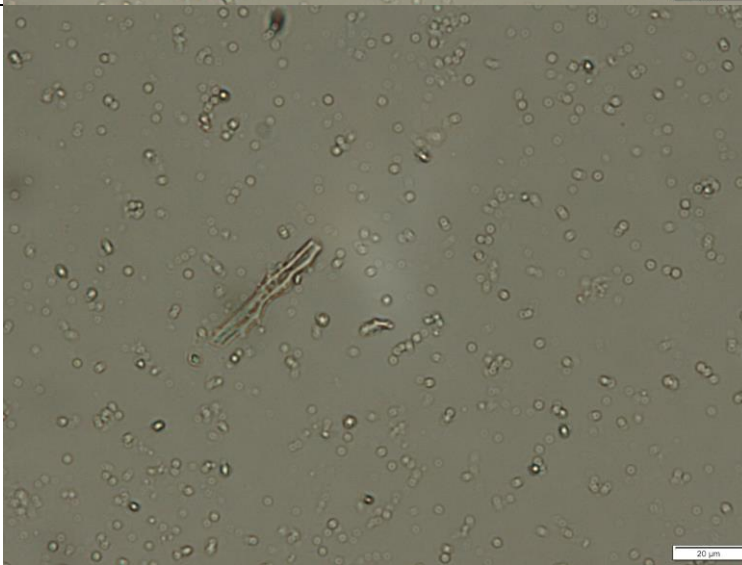

6	Pölduba (<i>Vicia faba</i>)	Liblikõielised (<i>Fabaceae</i>)	Seeme, keedetud 5 minutit	Erinevad tärklise kujud.	Määratav kaunviljaks.	
6	Pölduba (<i>Vicia faba</i>)	Liblikõielised (<i>Fabaceae</i>)	Seeme, keedetud 10 minutit	Kaksikmurdumise teel tekkinud Malta rist on kadumas. Näha ka ebastandardsetes suurustes tärkliseosakesi - tärklis on paisunud.	Määratav kaunviljaks.	

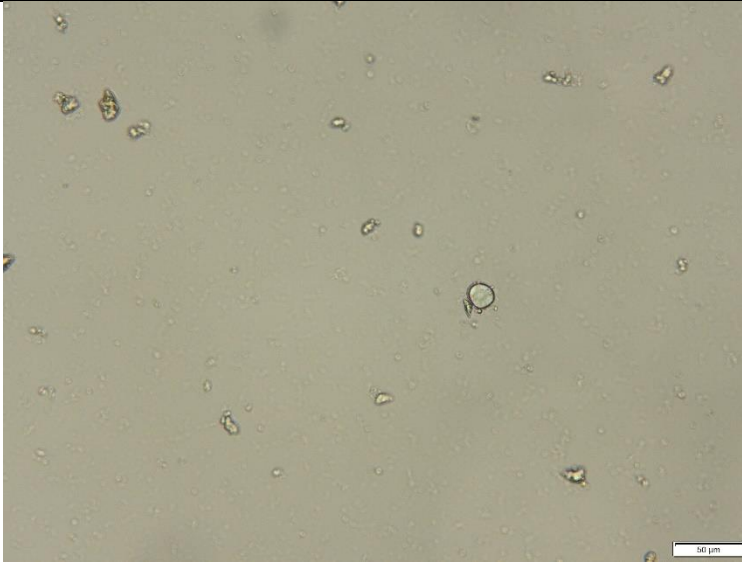


6	Põlduba (<i>Vicia faba</i>)	Liblikõielised (<i>Fabaceae</i>)	Seeme, keedetud 10 minutit	Eelmise pildi polariseerimata valgusega variant.	Määratav kaunviljaks.	
6	Põlduba (<i>Vicia faba</i>)	Liblikõielised (<i>Fabaceae</i>)	Seeme, keedetud 15 minutit	Tugevasti kahjustada saanud tärklis mille poolkristalne struktuur on saanud kannatada. Želatiniseerunud tärklis.	Määratav katkiseks tärkliseks.	




6	Põlduba (<i>Vicia faba</i>)	Liblikõielised (<i>Fabaceae</i>)	Seeme, keedetud 15 minutit	Eelmise pildi polariseerimata valgusega variant.	Määratav katkiseks tärgliseks.	
6	Põlduba (<i>Vicia faba</i>)	Liblikõielised (<i>Fabaceae</i>)	Seeme, keedetud 30 minutit	Amüloplastides olev tärglis. Kohati väga kahjustunud.	Määratav katkiseks tärgliseks.	

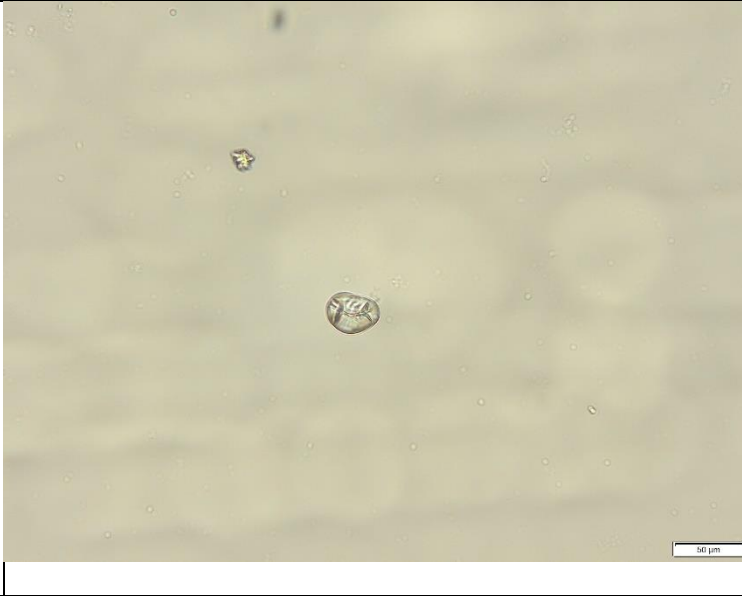
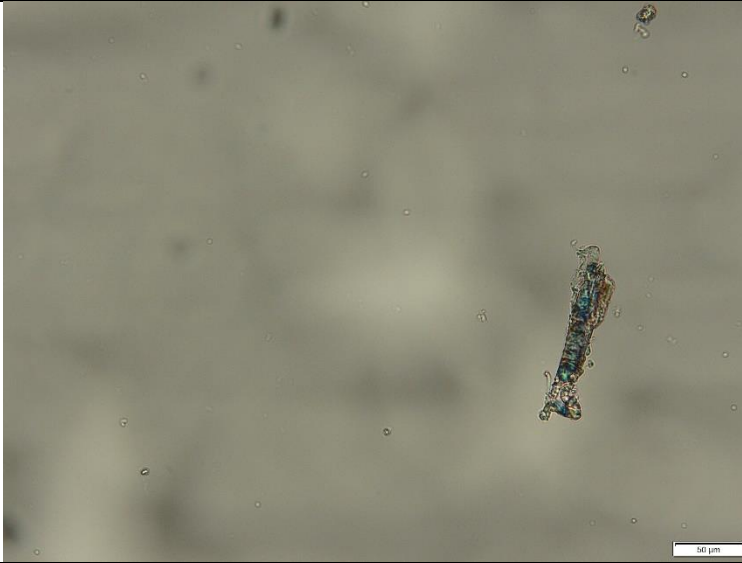

Lisa 6. Hambakiviproovide pildid.


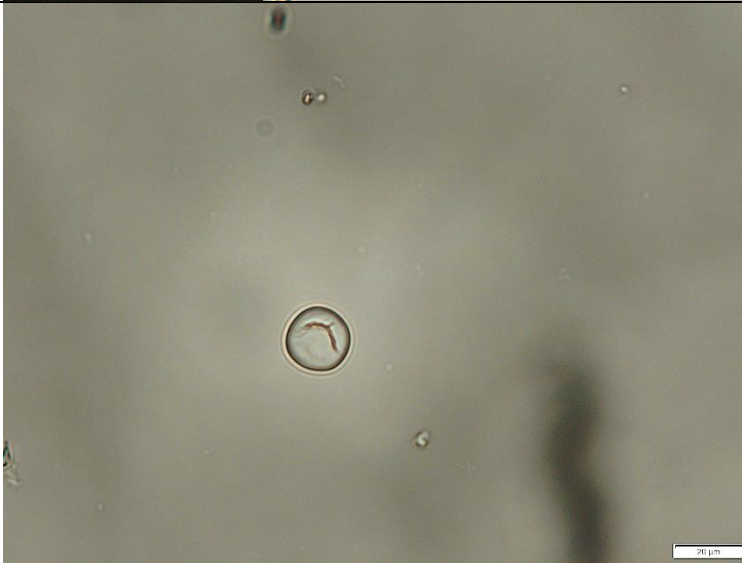
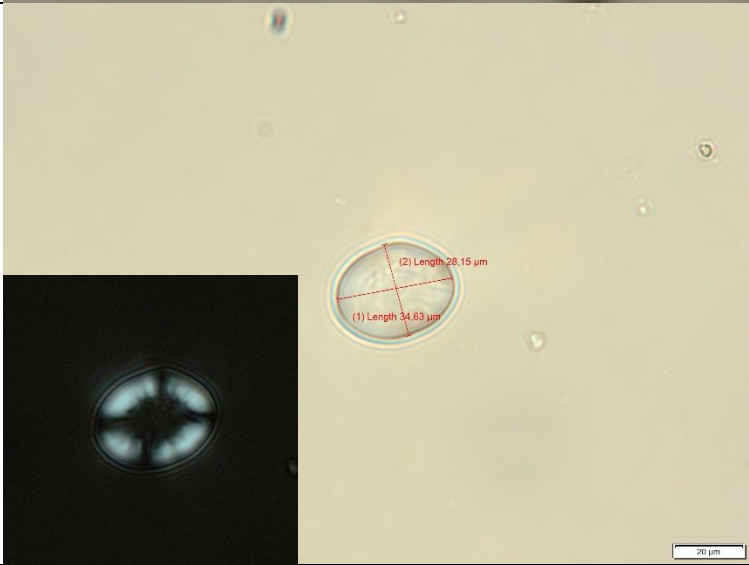
Matus, proov	Osake	Tk	Määrang	Pilt
Kalamaja P2	Tärklis	24	Enamasti kaunviljad	 <p>This micrograph shows numerous starch granules of varying sizes. A prominent, large, irregularly shaped granule is visible in the center-right. An inset in the lower-left corner shows a fluorescence image of a granule, appearing as a bright blue-green cluster against a black background. A scale bar in the bottom right corner indicates 20 µm.</p>
Kalamaja P2	Luu- vilja kivi fr.	2	Võimalik õunaseeme	 <p>This micrograph shows bone fragments. A red arrow points to a dark, elongated fragment. Two other fragments are circled in red, with their lengths measured: (1) Length 13.20 µm and (2) Length 11.41 µm. A scale bar in the bottom right corner indicates 20 µm.</p>

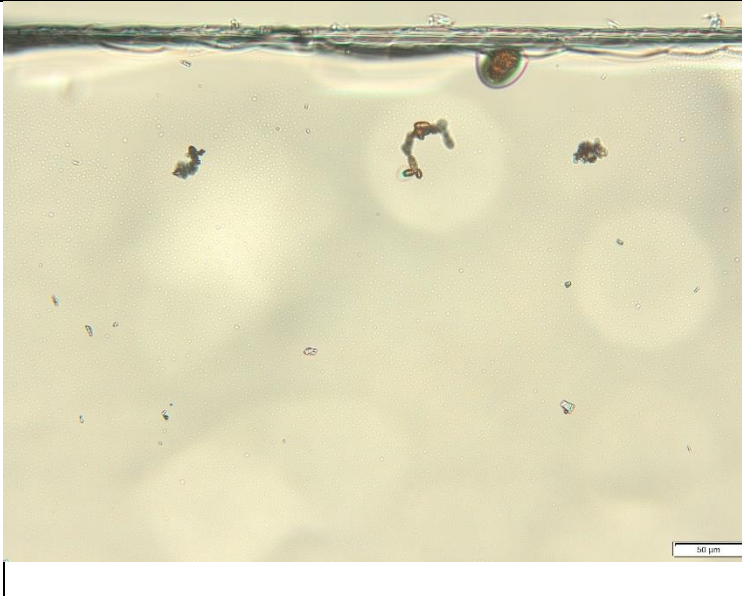

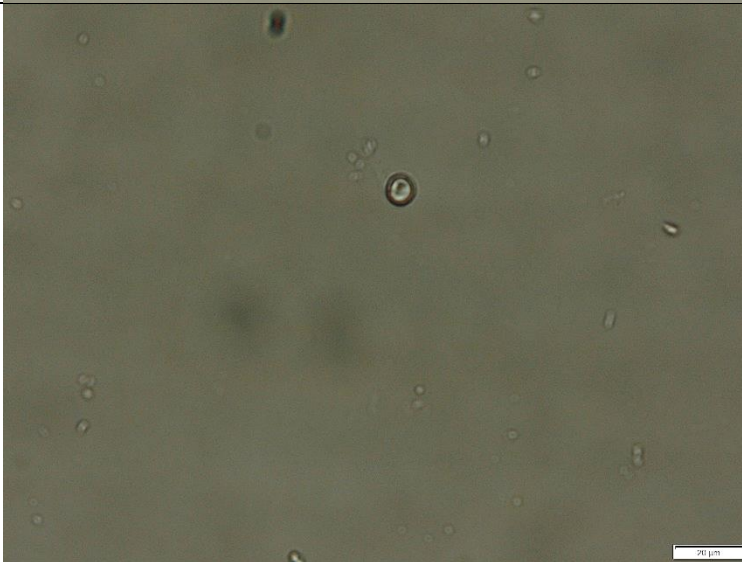
Kalamaja P2	Tärklis	1	Võimalik mugulvili	
Kalamaja P2	Määratud taime- osad			
Kalamaja P2	Tärklis	1	<i>Triticeae</i> B-tüüpi tärklis. NB! Määramisel tuleb olla kindel, et esineb koos A- tüüpi tärklisega	

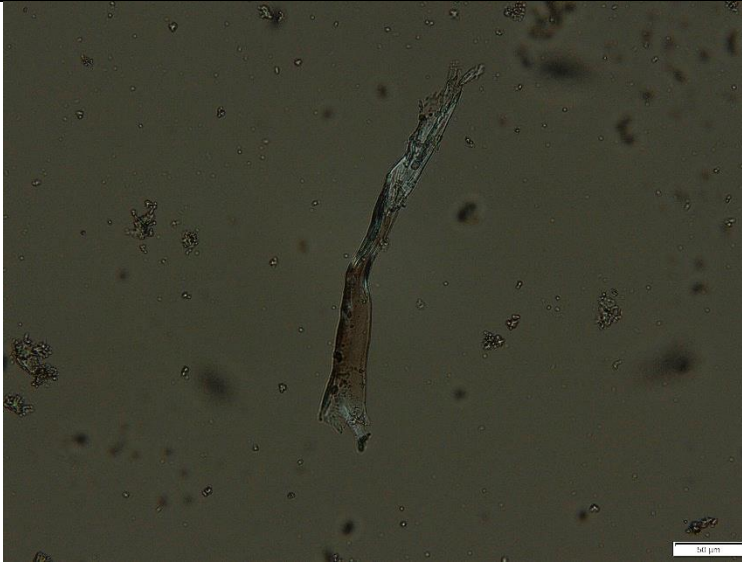

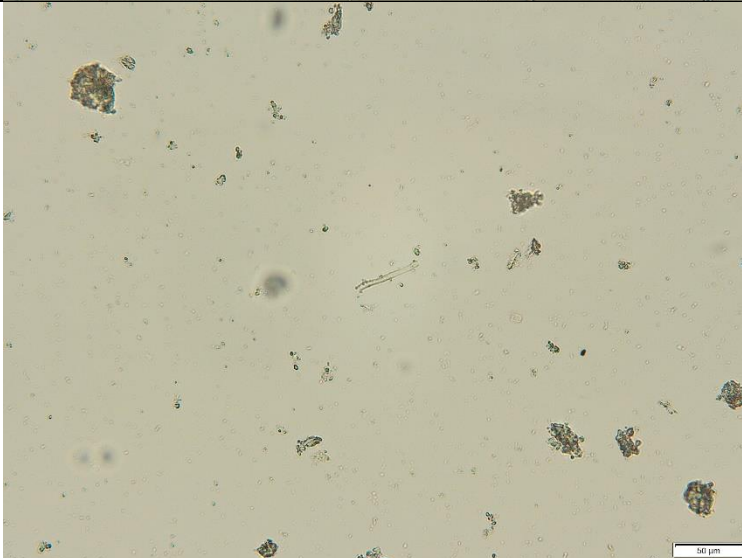
Kalamaja P2	Tärklis	1	Võimalik <i>Triticeae</i>	
Kalamaja P2	Puit	≤ 4	Okaspuu	
Kalamaja P2	Katkine tärklis	≤ 2	Ei ole võimalik liiki määrata	




Kalamaja P2	Seene- eosed	4	<i>c.f</i> krohmseen (<i>Glomero mycota</i>)	
Kalamaja P2	Taime- soon	1	Ei ole võimalik määrata	
Kalamaja P2	Taime- kiud	≤ 10	Ei ole võimalik määrata	




Kalamaja P3	Tärklis	73	Enamasti kaunviljad	
Kalamaja P3	Karv	1	Imetajalt pärit karv, halvasti säilinud	
Kalamaja P3	Tärklis	1	Määramata perekond. Võib olla <i>Triticeae</i> B-tüüpi või väike kaunviljatarklis	




<p>Kalamaja P3</p>	<p>Tärklis</p>	<p>1</p>	<p>Toidu- tegemise jäljed</p>	
<p>Kalamaja P3</p>	<p>Tärklis</p>	<p>1</p>	<p>Määramata perekond, sisse- vajunud algme arm</p>	
<p>Kalamaja P3</p>	<p>Tärklis</p>	<p>1</p>	<p><i>Triticeae</i></p>	


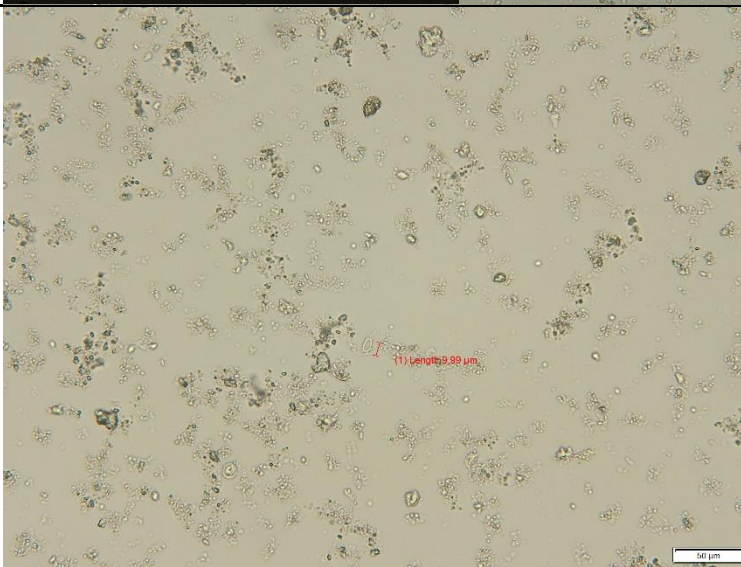

Kalamaja P3	Seeneeos	1	Määramata liik	
Kalamaja P3	(Öö)liblika tiivatükk (vasakul), putuka karv (paremal)	2	Määramata liik	
Kalamaja P3	Tärklis	≤ 1	Kõrreliste B-tüüpi tärklis	




Kalamaja P1	Toidujäänus	1	Võimalik küpsetatud loomaliha	
Kalamaja P1	Taimekiud	1	Ilmselt küpsetatud	
Kalamaja P1	Seene- eose hüüf	≤ 1	Määramata liik	

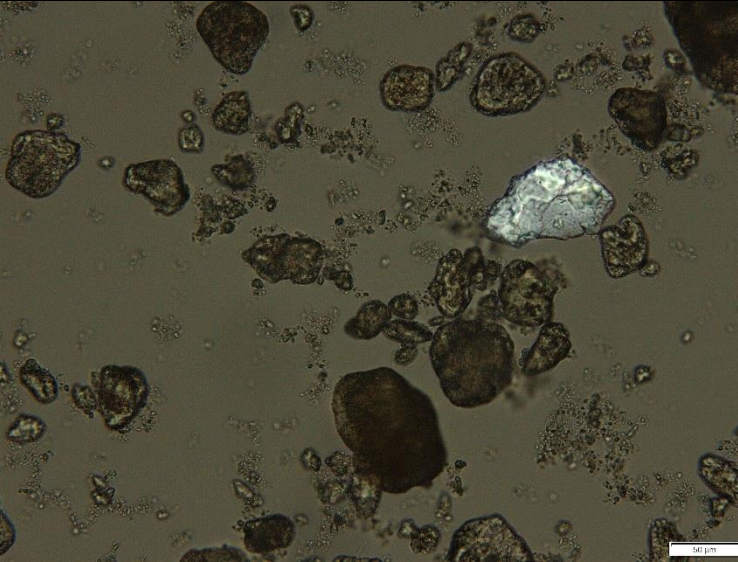


Kalamaja P1	Karv	≤ 1	Kaasaegne ?	
Kalamaja P1	Tärklis	1	<i>c.f.</i> <i>Triticeae</i>	
Kalamaja P1	Fütoliit	1	<i>Triticeae</i> fütoliit, dendriitne. 200x suurendus	


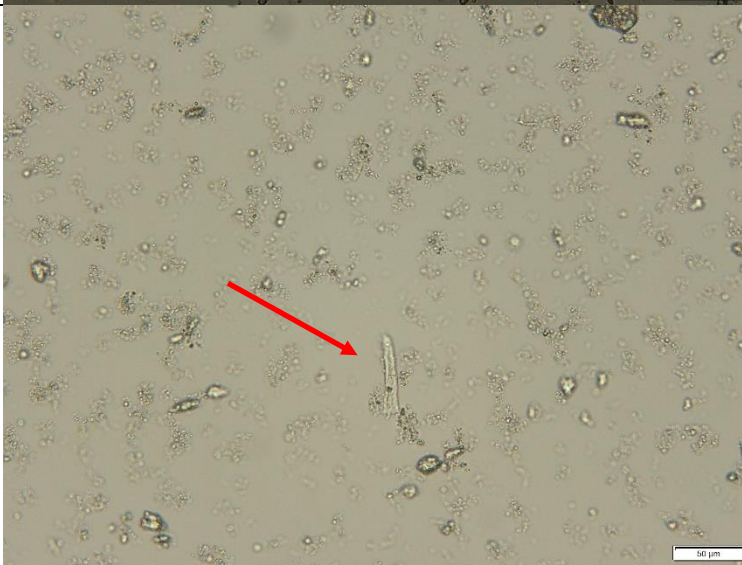
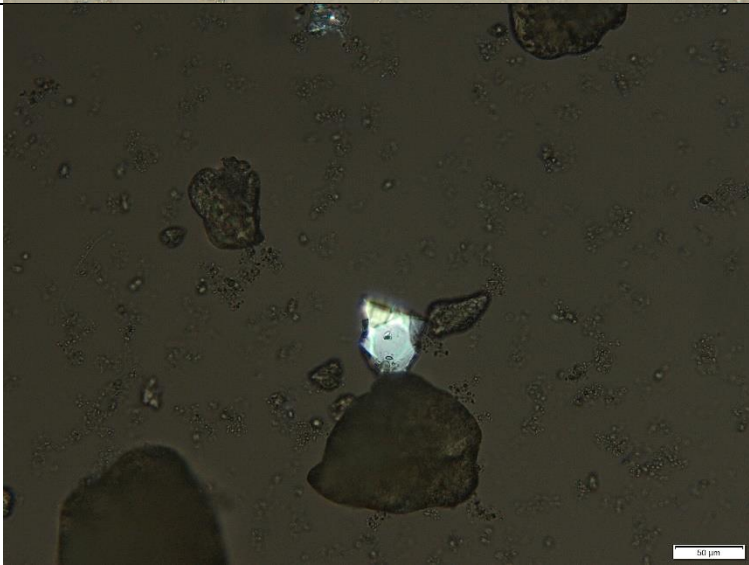
Kalamaja P1	Taimne kiud	1	Ülemine on lina või kanepi-kiud/niine kiud. Mitte kaasaegne. 200 × suurendus. Alumine tervikus järgmisel pildil.	
Kalamaja P1	Taimne kiud	1	Kaasaegne puuvill või lina. Võib pärineda laborikitilt 50 × suurendus	
Kalamaja P1	Luu- vilja kivi fr.	1	Võimalik luuvilja kivi, õunaseeme? 200 × suurendus	



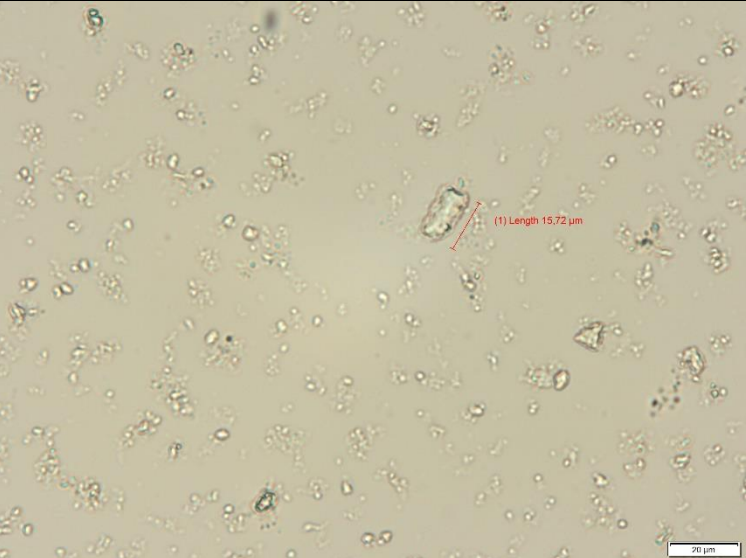
Kalamaja P1	Taimne kiud	1	Võimalik puit. 200 × suurendus	
Kalamaja P1	Puidu- tükk	1	Puit. 500 × suurendus	
Kalamaja P1	Puidu- tükk	1	Mitte põlenud puit. 200 × suurendus	


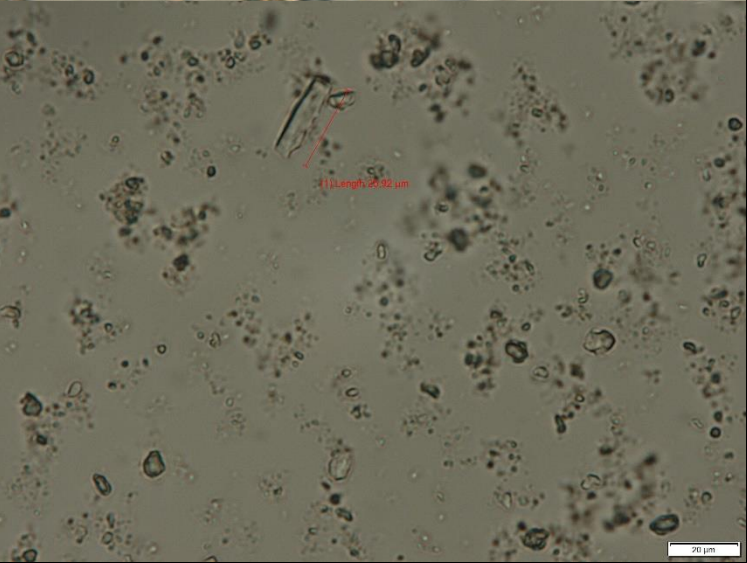
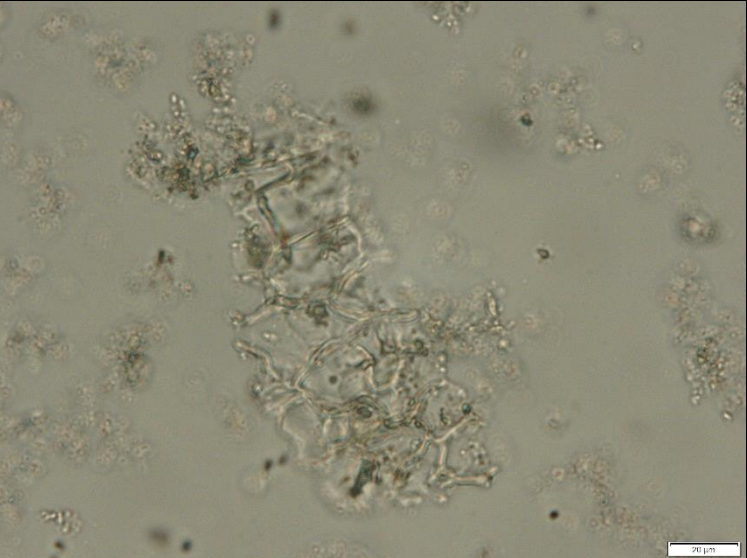
Kalamaja P1	Puidutükk		Võimalik okaspuu puit. Valguse kaksikmurdmine polariseeritud valguse all. 200 × suurendus	
Rõuge P4	Puiduosake	≤ 20	c.f puidupoorid	
Rõuge P4	Tärklis	1	A-tüüpi <i>Triticeae</i> tärklis	




Rõuge P4	Kiud	1	Imselt kaasaegne	
Rõuge P4	Taimne kiud	1	Võimalik, et küpsetatud	
Rõuge P4	Taimne kiud või kude	≤ 2	Katkine	

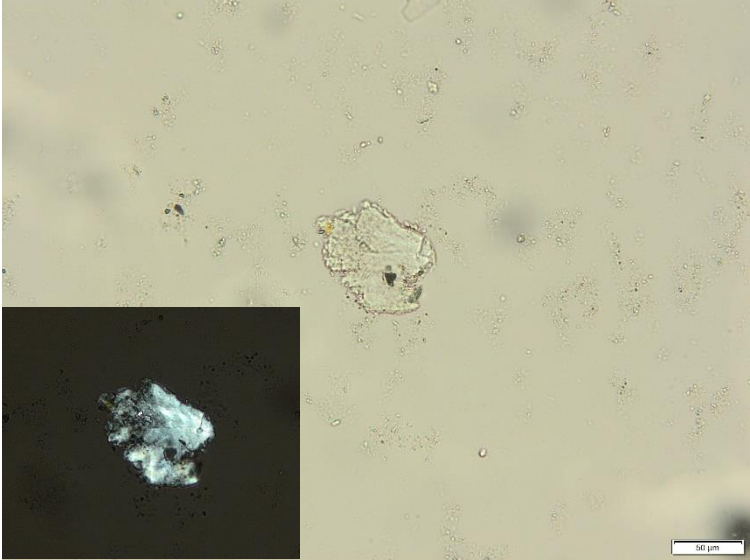


Rõuge P4	Mine- raal	1	Imselt kvarts	
Rõuge P4	Mine- raal	3		
Rõuge P4	Seene- eos	≤ 2	Potent- siaalne hüüf	

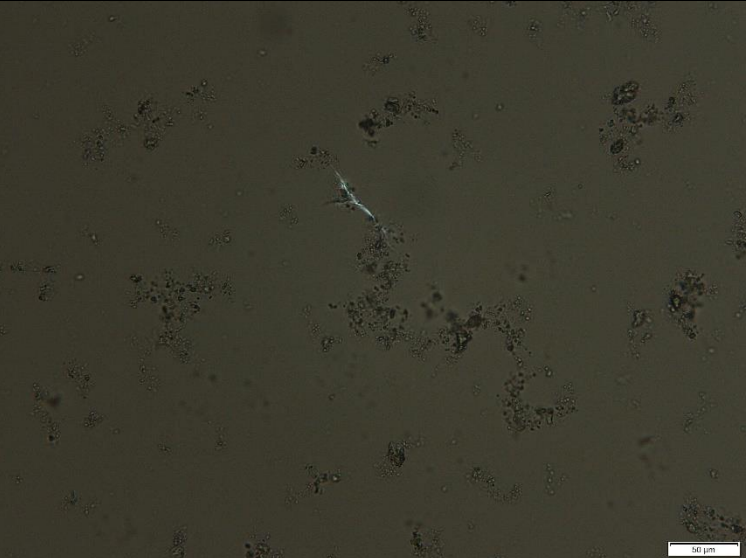


Rõuge P4	Tärklis	1	Võimalik kaera- tärklis. Litterad. Võib ka olla mineraal.	 <p>A dark-field micrograph showing numerous small, dark, irregular granules. A prominent, bright, circular granule is highlighted with a red arrow. A scale bar in the bottom right corner indicates 50 µm.</p>
Rõuge P4	Taimne kiud		Võib olla puit	 <p>A bright-field micrograph showing a dense field of small, light-colored, fibrous structures. A red arrow points to a single, elongated fiber. A scale bar in the bottom right corner indicates 50 µm.</p>
Rõuge P4	Mine- raal	1	Märke põletusest.	 <p>A dark-field micrograph showing several large, dark, irregular particles. One particle is highlighted with a red arrow. A scale bar in the bottom right corner indicates 50 µm.</p>

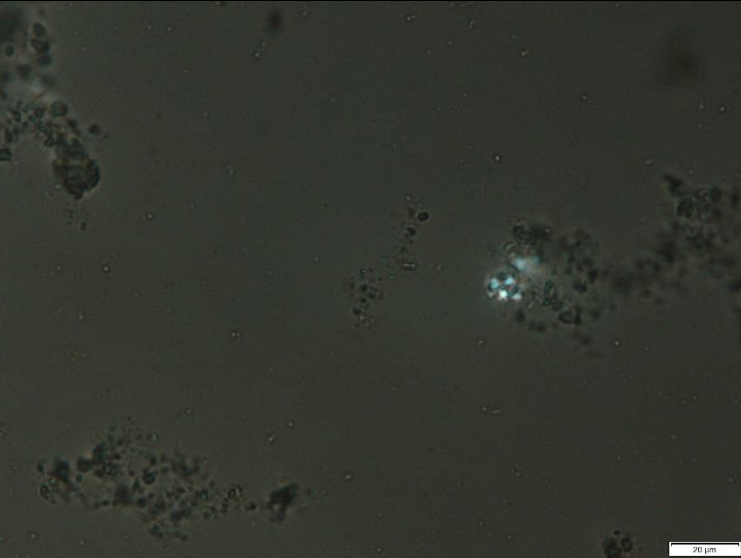
Rõuge P4	Kiud	1	Kaasaegne puuvill	
Rõuge P4	Taimne kiud	1	Määramata	
Rõuge P4	Fütoliit	1	Fütoliit või mineraal, igal juhul väga kahjus- tatud.	

Rõuge P4	Loo- mne karv	1	Võib olla vill	
Rõuge P4	Fütoliit	1	Ei ole võimalik määrata.	
Rõuge P4	Taime epi- derm		Ei ole võimalik määrata	

Rõuge P1	Puidu osa	≤ 4	<i>c.f</i> puidu- poorid	
Rõuge P1	Puit	3	Okaspuu	
Rõuge P1	Taime- osake- sed		Määra- matud. Võivad pärideda kõvasti küpsetatud lehelistest taimedest. Tasub teha eksperi- mente kapsaga	

Rõuge P1	Liha	1	Küpse- tatud loomaliha	
Rõuge P1	Tärklis	1	Rohkem <i>Triticeae</i> kui kaunvilja moodi	
Rõuge P1	Tärklis	1	Määra- matu, väga katkine.	

Rõuge P1	Kiuline osake	≤ 2	Imselt taimne	
Rõuge P1	Taime- rakk	1	Võib olla pärit puidust või epider- misest. Fütoliidid jäljen- davad neid	
Rõuge P1	Seene- eos	1	Katkine	

Rõuge P1	Tärklis	1	Ei ole võimalik määrata	
-------------	---------	---	-------------------------------	--

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

Mina, Agnes Unt

1. Annan Tartu Ülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) minu loodud teose „Tera- ja kaunviljade võrdluskogu loomine ja kasutamine arheoloogilise hambakivi uuringutes“, mille juhendajaks on Kristiina Johanson, reprodutseerimiseks eesmärgiga seda säilitada, sealhulgas lisada digitaalarhiivi DSpace kuni autoriõiguse kehtivuse lõppemiseni.

2. Annan Tartu Ülikoolile loa teha punktis 1 nimetatud teos üldsusele kättesaadavaks Tartu Ülikooli veebikeskkonna, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace kaudu Creative Commons'i litsentsiga CC BY NC ND 3.0, mis lubab autorile viidates teost reprodutseerida, levitada ja üldsusele suunata ning keelab luua tuletatud teost ja kasutada teost ärieesmärgil, kuni autoriõiguse kehtivuse lõppemiseni.

3. Olen teadlik, et punktides 1 ja 2 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.

4. Kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei riku ma teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse õigusaktidest tulenevaid õigusi.

Agnes Unt

10.08.2021