

LATVIJAS UNIVERSITĀTE  
ĢEOGRĀFIJAS UN ZEMES ZINĀTŅU FAKULTĀTE  
ĢEOLOĢIJAS NODAĻA

**PALEOEKOĻOGISKO APSTĀKĻU IZMAIŅAS BRICU EZERĀ PĒDĒJOS  
2500 GADOS  
BAKALĀURA DARBS**

Autors: Rita Kempela

Stud. apl. rk19088

Darba vadītājs: profesors Dr. ģeol. Normunds Stivriņš

RĪGA 2024

## ANOTĀCIJA

Kempela, R. 2024. „Paleoekoloģisko apstākļu izmaiņas Bricu ezerā pēdējos 2500 gados.”  
Bakalaura darbs. Rīga, Latvijas Universitāte, Ģeogrāfijas un Zemes zinātņu fakultāte, ģeoloģijas nodaļa, 44lpp. Tā kā Vidzemes augstienē līdz šim reti veikti paleoekoloģiskie pētījumi izmantojot augu makroskopisko atlieku analīzi datētiem ezeru nogulumiem vēlajam holocēnam, darba mērķis ir veikt šos pētījumus Bricu ezerā no lauka darbos iegūtiem litorālās daļas urbuma paraugiem, lai noskaidrotu augu makroskopisko atlieku sastāvu konkrētajos nogulumos. Izmantojot radioaktīvā oglekļa datēšanas rezultātus, izstrādāts dziļuma-vecuma modelis (hronoloģija) Bricu ezera urbumam. Gitijas nogulumu paraugi pētīti ik pēc 1 cm. Rezultāti apkopoti programmā TILIA izstrādātos grafikos. Secināts, ka Bricu ezerā laika gaitā ūdens pH līmenis ir pazeminājies, ūdens kopumā bijis tīrs. Ar cilvēka parādīšanos ekoloģiskā vide ezerā ir mainījusies. Atslēgas vārdi: paleoekoloģija, holocēns, Bricu ezers, augu makroskopiskās atliekas.

## ABSTRACT

Kempela, R. 2024. " Paleoecological changes in Lake Bricu over the last 2500 years " Thesis. Riga, University of Latvia, Faculty of Geography and Earth Sciences, Department of Geology, 44 pages. Since paleoecological studies using the macroscopic analysis of plant remains on lake sediments dated to the late Holocene have rarely been carried out in the Vidzeme Highlands, the aim of the work is to carry out these studies in Lake Bricu from the borehole samples of the littoral part obtained during field work, in order to find out the macroscopic composition of plant remains in the specific sediments. Using the results of radioactive carbon dating, a depth-age model (chronology) has been developed for the Bricu Lake borehole. Gythia sediment samples were studied every 1 cm. The results are summarized in graphs developed in the TILIA program. It was concluded that the pH level of the water in Lake Bricu has decreased over time, the water was generally clean. With the appearance of man, the ecological environment in the lake has changed. Key words: paleoecology, Holocene, Lake Bricu, plant macrofossils.

## SATURA RĀDĪTĀJS

ANOTĀCIJA .....	2
ABSTRACT .....	3
SATURA RĀDĪTĀJS .....	4
IEVADS .....	5
1. LITERATŪRAS APSKATS .....	6
1.1. Bricu ezers .....	6
1.2. Vidzemes augstiene .....	8
1.3. Ezeri, to attīstība Latvijā .....	8
1.4. Vides apstākļi holocēnā .....	10
1.5. Augu makroskopiskās atliekas paleoekoloģijā .....	12
2. MATERIĀLI UN METODES .....	13
2.1. Lauka darbi .....	13
2.2. Laboratorijas darbi .....	15
2.2.1. Hronoloģija .....	15
2.2.2. Augu makroskopisko atlieku analīze .....	16
2.2.3. Grafiku izveide .....	18
3. REZULTĀTI .....	18
3.1. Litoloģija .....	18
3.2. Hronoloģija .....	19
3.3. Augu makroskopiskās atliekas .....	20
3.4. Ūdenslīmeņa svārstības .....	27
3.4. Ph līmeņa izmaiņas .....	29
3.5. Cilvēka ietekme .....	31
SECINĀJUMI .....	32
PATEICĪBAS .....	33
LITERATŪRAS APSKATS .....	34
PIELIKUMS .....	37

## IEVADS

Latvijas teritorijā ezeru attīstība ir sākusies jau kopš pēdējā apledojuuma deglaciācijas beigām, aptuveni pirms 15 000 gadiem. Lai arī ir pieejami ezeri ar pilnu nogulumu ierakstu par šiem 15 000 gadiem, tikai atsevišķi pētījumi ir fokusējušies uz vēlā holocēna laika posma paleoekoloģiskajiem pētījumiem (Stivrins et al., 2015, 2023). Ņemot vērā cilvēku ietekmi Latvijas teritorijā, it īpaši pēdējo 2000 gadu laikā, kad bijušas izteiktas sociāli ekonomiskas un politiskas pārmaiņas, nepieciešams papildināt izpratni par ezeru lokālajiem attīstības posmiem (Stivrins et.al. 2023).

Vidzemes augstienē līdz šim ir veikti paleobotāniskie pētījumi, bet reti izmantojot augu makroskopisko atlieku analīzi datētiem ezeru nogulumiem (Stivrins et al. 2015, 2023). Makroskopisko atlieku pētījumu priekšrocība ir tā, ka tie nogulsņējas salīdzinoši tuvu savam izcelsmes avotam, tāpēc ar to var veikt lokālus pētījumus. Tā piemēram, augu makroskopisko atlieku pētījumi no ezera litorāles daļas var tikt izmantoti, lai rekonstruētu ūdens līmeņa un pH līmeņa izmaiņas ezerā (Mauquoy, Van Geel 2013).

Šī darba **pētījuma mērķis** ir rekonstruēt paleoekoloģisko apstākļu izmaiņas Bricu ezerā pēdējo 2500 gadu laikā. Mērķa sasniegšanai izvirzīti **uzdevumi**:

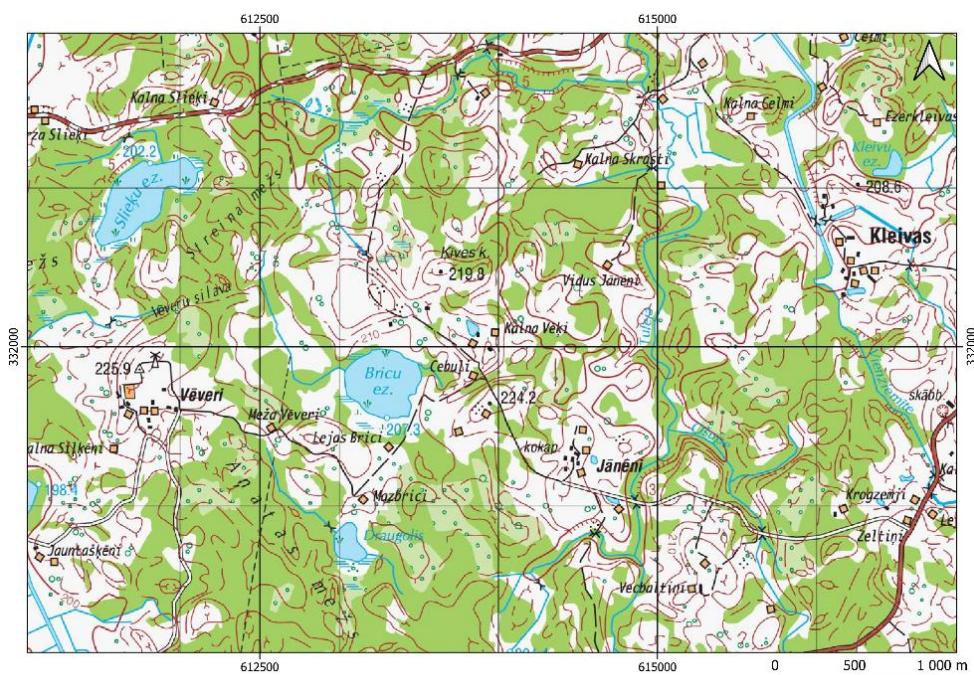
- ✓ iepazīties ar pieejamo literatūru par Bricu ezeru, vides apstākļiem holocēnā, ezeru attīstību un saistītām tēmām;
- ✓ apgūt un veikt laboratorijas darbus, kas ietvertu augu makroatlieku identificēšanu un uzskaiti;
- ✓ izveidot augu makroskopisko atlieku grafikus;
- ✓ veikt datu interpretāciju;
- ✓ izdarīt rezultātu apkopošanu un secinājumus.

Bakalaura darbs sastāv no 44 lappusēm un 7 galvenajām nodaļām – ievads, literatūras apskats (ar 5 apakšnodaļām), materiāliem un metodēm (ar 2 apakšnodaļām, kur otra sadalīta vēl 3), rezultātiem (ar 5 apakšnodaļām), secinājumiem un literatūras apskatu. Bakalaura darbā iekļauti 18 attēli un 4 tabulas, 7 attēli pielikumā. Pielikuma kopējais apjoms ir 7 lappuses.

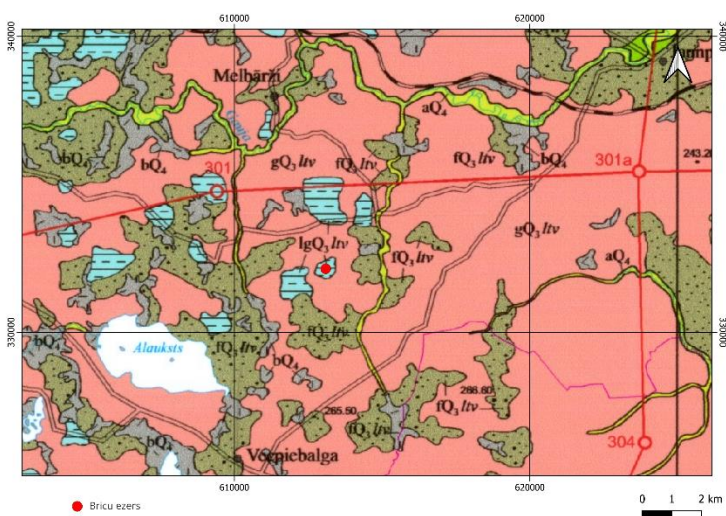
# 1. LITERATŪRAS APSKATS

## 1.1. Bricu ezers

Bricu ezers administratīvi atrodas Jaunpiebalgas novada Jaunpiebalgas pagastā, bet fiziogēogrāfiski - Vidzemes augstienes Piebalgas paugurainē (administratīvais iedalījums; fiziogēogrāfiskā karte). No ezera 7 km uz DR atrodas Vecpiebalga un 3,2 km uz DA - reģionālais autoceļš P33 (Ērgļi—Jaunpiebalga—Salinškrogs) (LVM GEO S.a.; Brīvā enciklopēdija.S.a.). Topogrāfiski ezers atrodas 207,3 m v.j.l. (skatīt 1.1.attēlu). Tas ietilpst morēnas paugurainēs zonā un apkārtnes virsējos grunts slāņos sastopami glaciģenie nogulumumi (skatīt 1.2.attēlu).

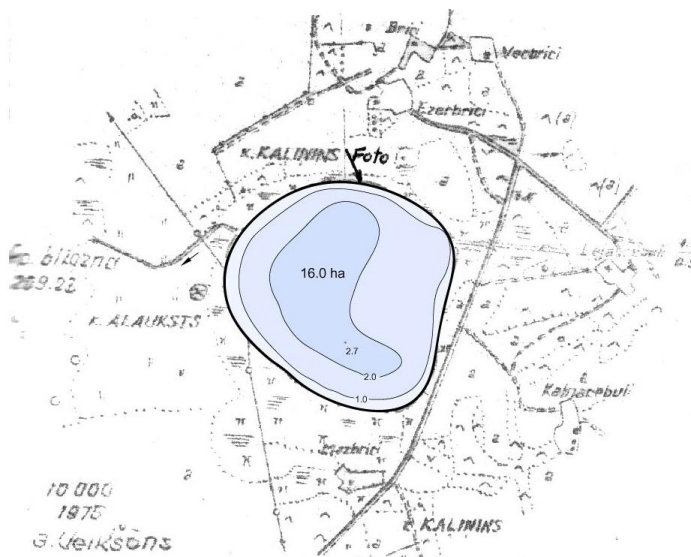


1.1.attēls. Ezera atrašanās topogrāfiskajā kartē (LĢIA topokarte).



1.2.attēls. Bricu ezers kvartāra nogulumu kartē (LVĢD kvartāra nogulumu karte).

Ezers ir ieapaļas formas, DA daļā nedaudz ierobots. Tā virsmas laukuma platība ir ap 16 ha. Tas pieder pie vidēji lieliem ezeriem, kas veido 21% no visiem Latvijas ezeriem (Strautnieks 2018). Bricu ezera vidējais dziļums ir 1,3 m un lielākais dziļums 2,7 m (Biedrība “Latvijas.. S.a.”), skatīt batimetrisko shēmu (1.3.attēls). Ezera krasta līnija ir lēzena, bet D un R puse ir purvainā. Ezera diametrs ir ap 460 m (LĢIA Ortofoto 6.). Bricu ezers hidroloģiski ietilpst Gaujas lielbaseinā. Ezera R daļā ietek neliels meliorācijas grāvis, bet no D daļas iztek neliels strauts (Biedrība “Latvijas.. S.a.”).



1.3.attēls. Batimetriskā shēma, sastādīja J. Veikšāns 1975.g. (Biedrība “Latvijas.. S.a.”).

Ezerā sastopamie augi (1975.g) bija elodejas, kosas, puplakši, peldošās un skaujošās glīvenes (Biedrība “Latvijas.. S.a.”). Ezerā sastopamās zivis - asaris, ausleja, karūsa, līdaka, rauda (2002.g). Ezerā 20.gs. 50. gados pēc iztekošās upes regulēšanas tika pazemināts ūdens līmenis. 1975.g ezerā tika novērota zivju slāpšana, tāpēc vietējie iedzīvotāji izveidoja sliexni uz iztekošā strauta un ūdens līmenis pacēlās par 0,2 m. Pēc 2019.gadā sniegtās informācijas, ezerā ūdens ziedēšana nav novērota, bet tika novērota bebru darbība. Ūdens krāsa dzeltenīga, tas ir oligohumozs, ūdens caurredzamība līdz gruntij ir >2,0 m, ūdens caurredzamība pārsniedz ezera maksimālo dziļumu (2,7 m) (Biedrība “Latvijas.. S.a.”).

Ezera DR atrodas neliela saliņa, kur dzelzs laikmetā bijusi 20 x 30 m liela ezermītne, kuru atklāja 1960.gadā un J.Apals 1969.gadā to nosaucis par Bricu ezerpili. Par to liecina gruntī atrastās keramikas lauskas un koku baļķi. Latvijā ir aptuveni 12 šādas ezerpilis – nocietinātas dzīvesvietas ezeru salās vai sēkļos uz koka konstrukciju pamatiem (Šteinberga 2020). Šīs apmetnes pastāvēšanas laiks esot vidējais dzelzs laikmets (5.-9.gs.) un vēlais dzelzs laikmets (9.-12./13.gs.) (Biedrība “Latvijas.. S.a.”).

Ezera apkārtni veido meža puduri un klajumi, tuvākā viensēta atrodas apmēram 200 m uz Z. Ezera rietumos un dienvidaustrumos meža puduri sastopami vairāk, bet ziemeļos ir plašāks klajums.

Apkārtņē sastopami nelieli dīķi, gar ezera krastu aug koku rindas, bet mazāk to ir Z (LĢIA Ortofoto 6). Attēlos 1.4. un 1.5. ezers redzams 2005. un 2017. gadā.



1.4. un 1.5.att. Skats no augšas (LĢIA Ortofoto 2; LĢIA Ortofoto 6).

## 1.2. Vidzemes augstiene

Vidzemes augstiene atrodas Latvijas vidienē, Latvijas austrumu daļā. Tās platība ir ap 4 062 km<sup>2</sup> un tā arī ir lielākā augstiene Latvijā (fiziogēogrāfiskā karte). Pašreizējo Vidzemes augstienes reljefu lielākoties ietekmēja un veidoja tieši pēdējais Vislas apledojušs. Šeit uzkrājušies ledāja nogulumu un pati augstiene atrodas uz pamatiežu lielpacēluma (Zelčs 2023).

Lielas platības aizņem meži, pļavas un ganības. Izplatītākā koku suga ir egļe, bet sastopamas arī citas Latvijas teritorijai raksturīgās koku sugas kā priede un bērzs (Nikodemus 2018). Mežu platības kopš pagājušā gadsimta vidus ir paplašinājušās vismaz četras reizes, jo neapsaimniekotās lauksaimniecības zemes dabiski aizaug vai speciāli tiek apmežotas ar bērzu vai egli (Nikodemus 2018). Mežus, kas bieži atrodas nogāzēs vai ieplakās, nodala plaši meliorēti lauksaimniecības zemju masīvi, kas radīti 20.gs. 60. - 80. gados (Nikodemus 2018).

Vidzemes augstiene ir nokrišņiem bagāta, nokrišņu daudzums pārsniedz 750 mm gadā. Temperatūra vasarās vidēji nepārsniedz 18°C, un veģetācijas perioda ilgums ir 186-194 dienas. Bezsala periods ir 118- 133 dienas (Nikodemus 2018).

## 1.3. Ezeri, to attīstība Latvijā

Ezeri ir dabiskas ūdenstilpes reljefa pazeminājumos (Cimdiņš 2001). Tie ir lielāki un dziļāki par dīķiem. To izmērs, dziļums un forma var būt dažāda. Ezeriem nodrošina dzīvotnes dažādiem augiem un dzīvniekiem, kā arī kalpo kā ūdens avoti cilvēku vajadzībām (Cimdiņš 2001). Ezeru veidošanos ietekmē gruntsūdeņu ieguluma dziļums, ūdens mazcaurlaidīgu nogulumu sastāvs ezera gultnē un tā ūdensguves baseinā (Stivriņš 2018). Augstieņu ezeri veidojās zemledāja apstākļos,

pēdējā apledošanas deglaciācijas sākumposmā. Pirmie augstie ezeri bija ar ledus krastiem jeb iekšledāja ezeri, kas veidojās ledus caurkumos virs pauguriem. Bezakmens māla, aleirīta, smalkgraudains smilts un seno virsledāja upju deltu nogulumu pauguru virsotnēs liecina par šo ezeru eksistenci (Stivriņš 2018).

Lielākā daļa Latvijas ezeru ir glaciālas izcelsmes. Mazāk ir karsta-sufozijas, lagūnu, purvu un vecupju ezeri (Strautnieks 2018). Ezeri, kas izvietojusies subglaciālās iegultnēs un ielejveida pazeminājumos (Lodes-Taurenas, Subates un Limbažu ezers), parasti ir dziļi, gari stiepti un veido ezeru virknes (Strautnieks 2018). Latvijas lielākie ezeri, izņemot Rāznu, atrodas zemiņās (Strautnieks 2018).

Glaciokarsta ezeri veidojušies, kūstot aprimušiem ledus blāķiem. Tad veidojas ieplakas un pazeminājumi, kas aizpildās ar ūdeni (Cimdiņš 2001). Šie ezeri parasti ir nelieli, to formas ir ieapaļas. Daudzi no šiem ezeriem mēdz izveidoties ilgāku laiku pēc ledāja atkāpšanās. Glaciokarsta ezeri Latvijas teritorijā ir plaši izplatīti (Stivriņš 2018). Karsta un sufozijas ezeri veidojas pazemē šķīstot un izskalojoties ģipsim, dolomītam vai kaļķakmenim, pēc tam veidojas pazemes dobums, kas aizpildās ar ūdeni (Cimdiņš 2001). Daži šādi ezeri ir Allažu un Baldones apkārtnē, izveidojušies karsta kriteņās. Par sufozijas ezeru uzskata Lielo Čortoku. Purvu ezeri sastopami augstajos purvos, piemēram, Lielajā Ķemeru tīrelī (Strautnieks 2018). Tajos izplatīti palikšņu ezeri (tie palikuši, aizaugot ezerdobēm) un akaču ezeri (radušies augstajos purvos, atveroties plaisām kūdrā). Latvijā ezeru kopējā platība ir apmēram 1000 km<sup>2</sup>, tie aizņem 1,5% no Latvijas teritorijas. Visvairāk ezeru atrodas Latgales, Vidzemes, Alūksnes un Augšzemes augstienēs. Vidzemē atrodas 36% ezeru no to kopskaita (Strautnieks 2018).

Ezeru **morfometriskie parametri** ir ūdens virsmas platība (ar salām un bez tām), lielākais un vidējais dziļums, tilpums, garums, lielākais un vidējais platums, krasta līnijas garums, izrobojums u.c. Šie parametri atkarīgi no ezeru ģenēzes (Strautnieks 2018).

Ezeru **ontogēnēze** ir ezeru dzīves ciklu attīstība, ko var raksturot šādi:

- Oligotrofi ezeri (agrīnā satadīja) ir tīri un dzidri, ar zemu organisko vielu daudzumu;
- Mezotrofi ezeri izveidojas, attīstoties veģetācijai ezerā un ap to, ūdenī palielinās organisko vielu daudzums;
- Eitrofiem un hipertrofiem ezerim raksturīgs liels organiskā materiāla daudzums ūdenī, ezera krasti aizaug un ezeri piepildās ar nogulumiem, šie procesi novērojami ezera pastāvēšanas beigu posmā (Stivriņš 2018).

**Ezeru nogulumu uzkrāšanās.** Gitija ir ezera nogulumu, kurus veido atmirušo augu, aļģu un dzīvnieku atliekas (Kalniņa et. al. 2018). Gitijas krāsa parasti ir tumši pelēka vai tumši brūna, gandrīz

melna. Tām var būt smilts, māla, aleirīta un karbonātu piejaukums (Kalniņa et. al. 2018). Neskatoties uz to, ka gitija veidojas ierobežotos skābekļa apstākļos, ezera gultnes tuvumā ir pietiekami daudz skābekļa, lai tur varētu augt un dzīvot dažādi organismi, kā arī notikt organisko vielu sadalīšanās, kuras laikā izdalās metāns (Stivriņš 2018).

Ezeru darbību Latvijā ietekmē sezonālās izmaiņas. Ziemā, ezeriem aizsalstot, temperatūra visos ūdens dziļumos saglabājas samērā nemainīga, pārsvarā ap 4 °C, un iekšējie procesi notiek lēni (Strautnieks 2018). Vasarā ezera ūdens noslāņojas termiski, bieži radot skābekļa trūkuma apstākļus, kas veicina zilaļģu strauju savairošanos (Stivriņš 2018). Pavasarī un rudenī vērojama ūdens sajaušanās nokrišņu dēļ. Līdz ar to vismaz divas reizes gadā ezeros notiek pilnīga ūdens kolonnas sajaušanās, ļaujot skābeklim nokļūt ezera nogulumos (Stivriņš 2018).

#### 1.4. Vides apstākļi holocēnā

**Holocēns** ir kvartāra perioda otrā epoha, kas sākās pirms 11,7 tūkstošiem kalendāro gadu pirms mūsdienām un turpinās joprojām (Walker et. al. 2019). Holocēnam kā pēcdeduslaikmetam raksturīga temperatūras paaugstināšanās. Holocēnu iedala agrajā, vidējā un vēlajā (Walker et. al. 2019), jo šajos laika posmos valdīja atšķirīgi klimatiskie apstākļi.

**Agrais holocēns** (11,7-8,2 tūkst. kal.g.p.m.) ir holocēna pirmais posms, kas raksturojams kā vēss un sauss. Gada vidējā temperatūra bija aptuveni par 1,0-1,5 grādiem zemāka nekā mūsdienās un nokrišņu daudzums gadā bijis par 25-50 mm mazāks nekā mūsdienās (Kalniņa Stivriņš 2018). Paleobotānisko datu analīze liecina, ka agrā holocēna beigās klimats pakāpeniski iesila un kļuva mitrāks, vairāk līdzinoties mūsdienu klimatam (Kalniņa, Stivriņš 2018). Agrā holocēna beigās mežos sāka parādīties platlapju koki, piemēram, alkšņi, lazdas, liepas (Ceriņa Kalniņa 2018).

Īsi pirms vidusholocēna bijis “notikums 8200” laikā 8350 - 8150 kal.g.p.m. (Veski et. al. 2015), kā rezultātā vidējā vasaras temperatūra ziemeļu puslodē pazeminājās par 0,9-1,8 °C (Heikkilä et. al. 2010). Šī notikuma iemesls bija Labrenča ledusvairoga ledājkūšanas ūdeņu sprostezera noplūde uz Ziemeļatlantijas okeānu, kas izraisīja īsu Golfā straumes atdzišanu un sāļuma samazināšanos, izjaucot Atlantijas okeāna ūdens cirkulāciju un siltuma pānesi uz Ziemeļatlantiju un Arktiku (Kalniņa Stivriņš 2018).

**Vidus holocēns** (8,2 - 4,2 tūkstošus kal.g.p.m.) bija siltākais un sausākais holocēna posms. Pamatojoties uz paleobotāniskajiem datiem, aprēķinātas, ka jūlija vidējā gaisa temperatūra Latvijas teritorijā bija par ~2,5 – 3,5 °C augstāka nekā mūsdienās (Heikkilä et. al. 2010). Kūdras slāņi, kas šajā laikā uzkrājās, uzrāda visaugstāko sadalīšanās pakāpi, norādot uz sausu klimatu, kurā augu atliekas pēc atmiršanas ātri sadalās, atrodoties ar skābekli bagātā vidē, veicinot ātrākus sadalīšanās

procesus (Kalniņa et al. 2015). Putekšņu analīzes liecina, ka bijis platlapju koku (liepu, alkšņu, lazdu, vīksnu) pieaugums. Jūlija vidējā temperatūra bija par 1,0–1,5 °C augstāka nekā mūsdienās. Ezeru nogulumu pētījumi atklāj, ka šajā periodā ūdens temperatūra paaugstinājās par 2-2,5 °C, ko pavadīja ūdens līmeņa paaugstināšanās par 0,7-1,0 metriem (Kalniņa Stivriņš 2018). Vidusholocēna beigās bija ievērojams ozolu izplatības pieaugums mežos, mazākos daudzumos parādījās skābarži. Pirms vēlā holocēna bija izteikts sausuma periods (Kalniņa Stivriņš 2018).

**Vēlais holocēns** (4,2 tūkst. kal.g.p.m. – mūsdienām) kopumā raksturojams kā mitrāks un vēsāks. Mežu koki pakāpeniski nomainījās uz egļu-priežu-bērzu mežiem. No 3,7 līdz 2,6 tūkstošiem kal.g.p.m. ziemas temperatūra pazeminājās vidēji par 1,5 °C, bet vasarās saglabājās siltums. Temperatūrai pazeminoties un mitrumam paaugstinoties, iztvaikošanas ātrums samazinājās, izraisot pārmitrus apstākļus un intensīvu vāji sadalījušās kūdras uzkrāšanos. Ūdenstilpēs sāka celties ūdens līmenis, pastiprinājās purvu veidošanās (Kalniņa Stivriņš 2018). Izmaiņas putekšņu spektros un makroskopiskās augu atliekās liecina par pakāpenisku pavēsināšanos, bet bijušas arī svārstības starp aukstu un siltu klimatu (Heikkilä et. al. 2010).

Visā vēlā holocēna nogalē ezeri piedzīvoja ļoti lēnu, pakāpenisku ūdens apjoma pieaugumu. To pavadīja ūdens gada vidējās temperatūras pazemināšanās par 1,0-1,5 °C. Sākotnēji ūdens līmenis ezeros cēlās par 0,2-0,3 metriem, bet pēc tam sāka pazemināties. Šī laika posma beigās gada vidējā ūdens temperatūra paaugstinājās par 0,5–1,0 °C, liecinot par klimata sasilšanu. Ezeru izmaiņas ietekmēja arī ezeru baseinu piepildīšanās ar nogulumiem un seklu zonu aizaugšanu antropogēnā piesārņojuma dēļ (Kalniņa Stivriņš 2018).

Paleoklimata rekonstrukcijas liecina, ka laika posmu no aptuveni 1400. līdz 1700. gadam raksturoja “mazais ledus laikmets”, kas tiek uzskatīts par otro aukstāko periodu holocēnā pēc “notikuma 8200” (Veski et. al. 2015), tas gan saglabājās ievērojami ilgāk un uzrādīja lielāku klimata nestabilitāti (Kalniņa Stivriņš 2018). Liela aukstuma un slapjuma periodi mijās ar siltuma un sausuma fāzēm. Šīs nobīdes ir redzamas putekšņu diagrammās, kas atklāj strauju zālaugu pieaugumu un atbilstošu koku putekšņu samazināšanos. Izmaiņas varētu būt saistītas gan ar klimatiskajām pārmaiņām, gan cilvēka darbību vai to kopējo ietekmi. Samazinās arī mežu platības, un šī tendence ir saistīta ne tikai ar klimata pārmaiņām, bet arī ar mežu izciršanu kokmateriālu ieguvei un koku izmantošanu par kurināmo aukstā un mitrā klimata apstākļu dēļ (Kalniņa Stivriņš 2018).

Pētot klimata pārmaiņu ietekmi Latvijā, konstatēts, ka pēdējo 50 gadu laikā ir bijis gada vidējās temperatūras kāpums robežās no 0,8 līdz 1,4 °C, kā arī nokrišņu daudzuma palielināšanās par 7,5%, īpaši ziemas sezonā. Salīdzinot šīs šos datus ar paleoklimata pētījumiem, gan holocēna termālā maksimuma vidusdaļā, periodos, kad cilvēka ietekme uz vidi bija salīdzinoši maznozīmīga.

Paleobotāniskie un paleoklimatiskie atklājumi apstiprina šo novērojumu, arī iepriekšējiem starpledu periodiem (Kalniņa Stivriņš 2018).

### 1.5. Augu makroskopiskās atliekas paleoekoloģijā

Paleoekoloģiskajos pētījumos, galvenokārt, izmanto putekšņu un augu makroskopisko atlieku pētījuma metodes. Augu, dzīvnieku, kā arī, piemēram, oglīšu makroskopiskās atliekas var tikt izmantotas, lai noteiktu lokālas vides izmaiņas, jo tās ir smagākas un lielākas par putekšņiem, tādēļ tās uzkrājas salīdzinoši nelielos attālumos no to izcelsmes avotiem. Tiek uzskatīts, ka augu makroskopiskās atliekas ir vidēji 0,5-2,0 mm lielas. Parasti augu makroskopiskās atliekas papildina putekšņu pētījumus, lai no plašāka mēroga datiem izšķirtu vietējos (Birks 2007). Augu makroskopiskajām atliekām arī ir tāda priekšrocība, ka tās biežāk var noteikt līdz sugas līmenim, kā arī putekšņu datus var neuzrādīties tādi augi, kuri uzkrājušies noteiktā vietā (Birks Gaillard 2007).

Galvenie faktori, kas ietekmē ūdens veģetāciju ezerā, ir ūdens dziļums un caurspīdīgums, ūdens ķīmiskais sastāvs, barības vielu daudzums (pH, slāpekļis, fosfors) un temperatūra (Birks, Gaillard 2007), līdz ar to augu makroskopiskajās atliekas var izmantot, lai pētītu ezera pagātnes pH līmeni, ūdens līmeņa svārstības un trofiskumu (Hannon, Gaillard 1997).

Tā kā ūdensaugu izplatība, galvenokārt, atkarīga no ūdens dziļuma, dažām sugām ūdens dziļuma diapazons ir pietiekami šaurs, lai noteiktu ūdens līmeņa izmaiņas, bet lielākajai daļai sugu augšanas diapazons ir salīdzinoši plašs (Hannon, Gaillard 1997). Pētot ūdens līmeņa izmaiņas, jāņem vērā arī ūdens ķīmiskais un barības vielu stāvoklis (Hannon, Gaillard 1997), kā arī aukstuma un siltuma periodi, kas ietekmē veģetāciju (Mauquoy, Van Geel 2013).

Ūdensaugi tiek grupēti pēc to augšanas atkarībā no litorāles zonas:

- *Supralitorāle* ir mitrā piekrastes zona, kuru ūdens tieši neietekmē. Tajā aug grīšļi, niedres, krūmi, koki;
- *Eilitorāle* ir tā litorāles daļa virs kuras parādās ūdens. Tajā aug niedres, meldri.
- *Sublitorāle* ir jau dziļāka josla, kurā aug iegremdētie un peldošie ūdensaugi – lēpes, ūdensrozes, glīvenes (Cimdiņš 2001; Hannon, Gaillard 1997).

Vairums eilitorālajā zonā augošo sugu ir pielāgojušās ūdens dziļuma izmaiņām 0–1 m dziļuma intervālā, bet neaug dziļāk par metru (Hannon, Gaillard 1997). Sublitorālē mītošās sugas, piemēram, baltā ūdensroze, peldošais ezerrieksts, jūras najāda, un dzeltenā lēpe visbiežāk sastopami ūdens dziļumā ~0,5 līdz 2,0 m, savukārt vārpainā daudzlape, vairākas glīveņu sugas, sevišķi *Potamogeton perfoliatus* un *P. natans*, kā arī iegrimusī raglape bieži aug 2 - 6 m dziļumā (Hannon, Gaillard 1997).

Mieturaļģes var augt no ļoti sekliem līdz pat vairāk nekā 10 m dziļiem ūdeņiem (Hannon, Gaillard 1997). Biotopu pārklāšanās lielākajai daļai uzskaitīto sugu nozīmē, ka no viena urbuma rezultātiem grūti interpretēt ūdens dziļuma svārstības (Birks, Gaillard 2007).

### **Ezeru pH un trofiskums.**

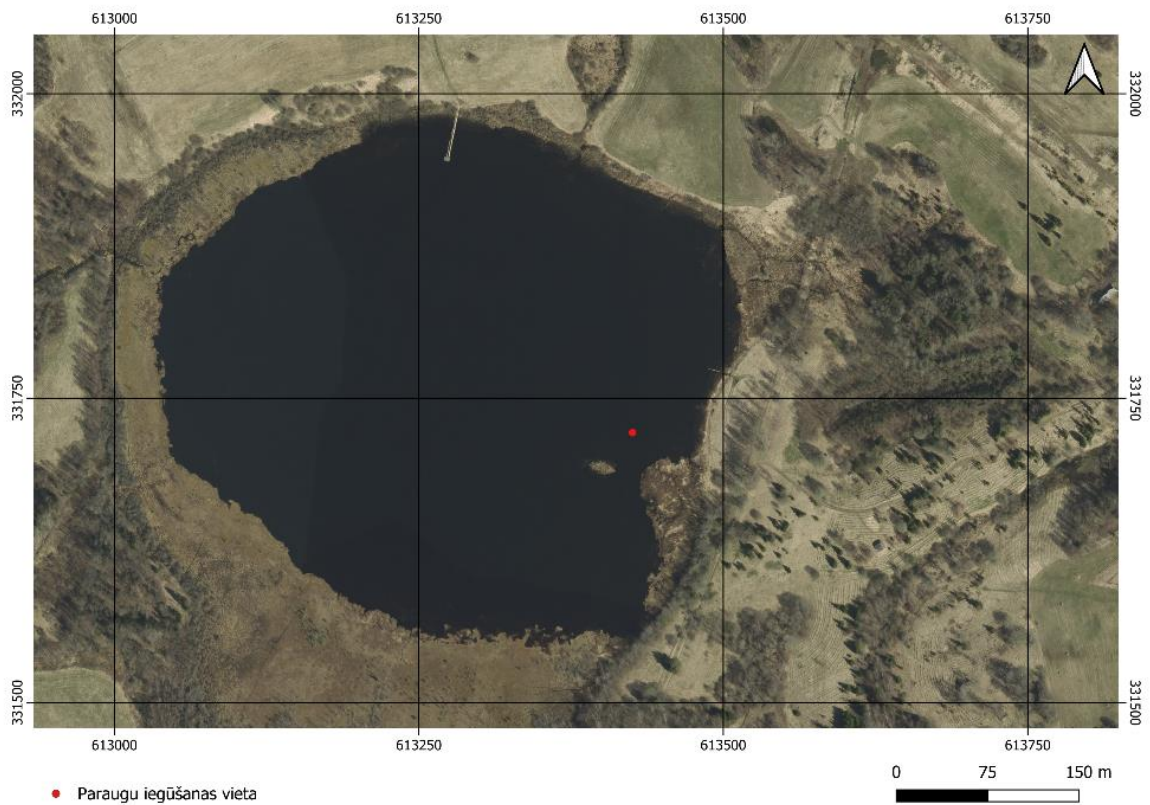
Eitrofiem ezeriem ir augsts fosfora un nitrātu saturs, pH 7 vai augstāks un attīstīta krasta veģetācija (Birks, Gaillard 2007). Oligotrofos ezeros (zems fosfora saturs, pH 6–7 vai augstāks) ir mazāk attīstīta krasta veģetācija un ir tikai dažas izteiktas veģetācijas zonas. Tomēr sugas, kas aug eilitorālajā zonā ir labi pielāgojušās lielām ūdens līmeņa svārstībām un īslaicīgiem applūšanas gadījumiem. Oligotrofie ezeri var būt kaļķaini (pH 7 vai vairāk) un kaļķiem nabadzīgi (pH 6–7). Nelielos, aizsargātos oligotrofos kaļķainos ezeros ūdensaugi, piemēram, najādes, baltās ūdensrozes var atrasties zonā, kurā dominē mieturaļģes. Oligotrofos, ar kaļķa saturu nabadzīgos ezeros, Pamīšziedu daudzlapes, Šaurlapu ežgalvīte, un dažreiz sīkā lēpe un peldošā glīvene var atrasties izoetīdu (iegremdēto augu) zonā. Mezotrofie ezeri ir starpposms starp eitrofiem un oligotrofiem ezeriem (ar mazāku fosfora saturu nekā eitrofiskajos ezeros). Distrofiskiem ezeriem (ļoti zems fosfora saturs, bezkaļķains, pH 6 vai zemāks) raksturīgs makrofītu trūkums, kā arī peldošu lapu sastopamība, bet sastopami sfagni un grīšļi (galvenokārt *Carex limosa*) Ļoti reti var būt arī ūdensrozes, lēpes (Hannon, Gaillard 1997).

## **2. MATERIĀLI UN METODES**

Pirms rakstu tālāk, piebilstu, ka lauka darbi (skatīt nodaļu 2.1.) un nogulumu datēšana (skatīt nodaļu 2.2.) sākotnēji tika veikta priekš pētījuma par ugunsgrēkiem holocēnā (Steinberga, Stivrins 2021), tāpēc šajos darbos var pārklāties informācija.

### **2.1.Lauka darbi**

Bricu ezerā 2018. gada 12. augustā piekrastes daļā, aptuveni 20 m uz Z no salas, kurā bija atrastas liecības par ezermītni, tika veikts 1,95 m dziļš urbums (2.1.attēlu). Ezera dziļums šajā vietā bija 1,5 m (Šteinberga 2020). Urbuma virsējie nogulumi līdz 35 cm dziļumam netika iegūti, stipra vēja dēļ. Šajos lauka darbos piedalījās: Normunds Stivriņš, Uģis Urtāns, Mārtiņš Grava un Elīna Guščika (Stivtiņš Ceriņa 2018).



2.1. attēls. Bricu ezers ar urbuma veikšanas vietu (LĢIA Ortofoto 6).

Urbšana notika no platformas, kuras pamatni veidoja divas piepūstas laivas, ap kuru apkārt izveidoti koka karkasi. Platformai pa vidu tika izveidots caurums, caur kuru notika paraugu ievākšana. Urbšana platformas centrā nodrošināja urbuma vertikālu novietojumu, kas nebūtu iespējams, ja urbtu pa malām. Paraugu urbšana tika veikta ar krievu tipa urbi. Platformas fiksāciju vietā nodrošināja četri enkuri, kuri bija izvietoti pa diagonālēm (Ceriņa Stivtiņš 2018).

Urbuma apakšējo daļu veido morēnas smilšmāls ar tai uzgulošiem smilts un smilts-grants nogulumiem, bet virs tiem gitija (skatīt 2.2.attēlu). Bricu ezerā varēja novērot aizaugumu – iegremdētie un piegultnes ūdensaugi (Ceriņa Stivtiņš 2018).



Bricu II - I 0-100 cm



Bricu II - II 100-200 cm



2.2.attēls. Urbuma foto. (Ceriņa Stivtiņš 2018).

## 2.2.Laboratorijas darbi

### 2.2.1. Hronoloģija

Nogulumu datēšanai tika ievāktas augu atliekas 4 dziļumos. Paraugu datēšanu veica Poznaņas datēšanas laboratorijā Polijā (Šteinberga 2020). Tika izmantota akseleratora masspektrometrijas radioaktīvā oglekļa (AMS  $^{14}\text{C}$ ) metode (Šteinberga 2020).

#### Metodes apraksts

Ar radioaktīvā oglekļa datēšanas metodi var noteikt vecumu dažādiem organiskajiem materiāliem, kuros ir ogleklis. To nosaka pēc radioaktīvā oglekļa izotopa  $^{14}\text{C}$  daudzuma sadalīšanās pussabrukšanas perioda 5730 gados. Pēc šī perioda, oglekļa radioaktīvo atomu sākotnējais skaits samazinās uz pusi. Šis ātrums noteikts kā gandrīz pilnībā konstants (Zunde 2011).

Ogleklīm sastopami 3 izotopi:  $^{12}\text{C}$ ,  $^{13}\text{C}$  un  $^{14}\text{C}$ . To daudzums ogleklī ir atšķirīgs: 99% no oglekļa izotopiem veido  $^{12}\text{C}$ , ~1% veido  $^{13}\text{C}$ , bet  $^{14}\text{C}$  – tikai  $1/10^{12}$  daļa no visu oglekļa izotopu kopskaita. Nestabilie izotopi, izstarojot enerģiju, savus pāri esošos neitronus zaudē, līdz ar to pārvēršoties par stabilajiem izotopiem. Ja attiecīgajā vidē netiek pievadīti klāt citi nestabilie izotopi, laika gaitā to skaits un līdz ar to arī šo izotopu skaita attiecība pret stabilo izotopu skaitu pakāpeniski samazinās (Zunde 2011).

$^{14}\text{C}$  izotopi rodas augšējos atmosfēras slāņos, pēc izveidošanās  $^{14}\text{C}$  atomi strauji savienojas ar skābekļa atomiem, veidojot oglekļa dioksīdu. Kad organisms nomirst, tas pārstāj uzņemt oglekļa radioaktīvos izotopus no apkārtējās vides. Tad sāk notikt iepriekš uzņemto  $^{14}\text{C}$  izotopu sabrukšana. Nosakot atlikušo oglekļa  $^{14}\text{C}$  daudzumu, var aprēķināt organisma vecumu. Oglekļa  $^{14}\text{C}$  vecums patiesībā nozīmē gadu skaitu pirms 1950. gada. Tātad radioaktīvā oglekļa datēšanas metodē ar vārdu “mūsdienas” ir apzīmēts 1950. gads (Zunde 2011).

### **Dziļuma – vecuma līkne**

Lai izveidotu hronoloģiju nogulumu slāņiem, no datējuma rezultātiem vajadzētu izveidot dziļuma-vecuma modeli. Lai šo modeli izveidotu, nepieciešami laboratorijas rezultāti par datējumu vecumiem, izteikti  $^{14}\text{C}$  gados. Modelis izveidots programmā *RStudio*, izmantojot pakotni *clam*.

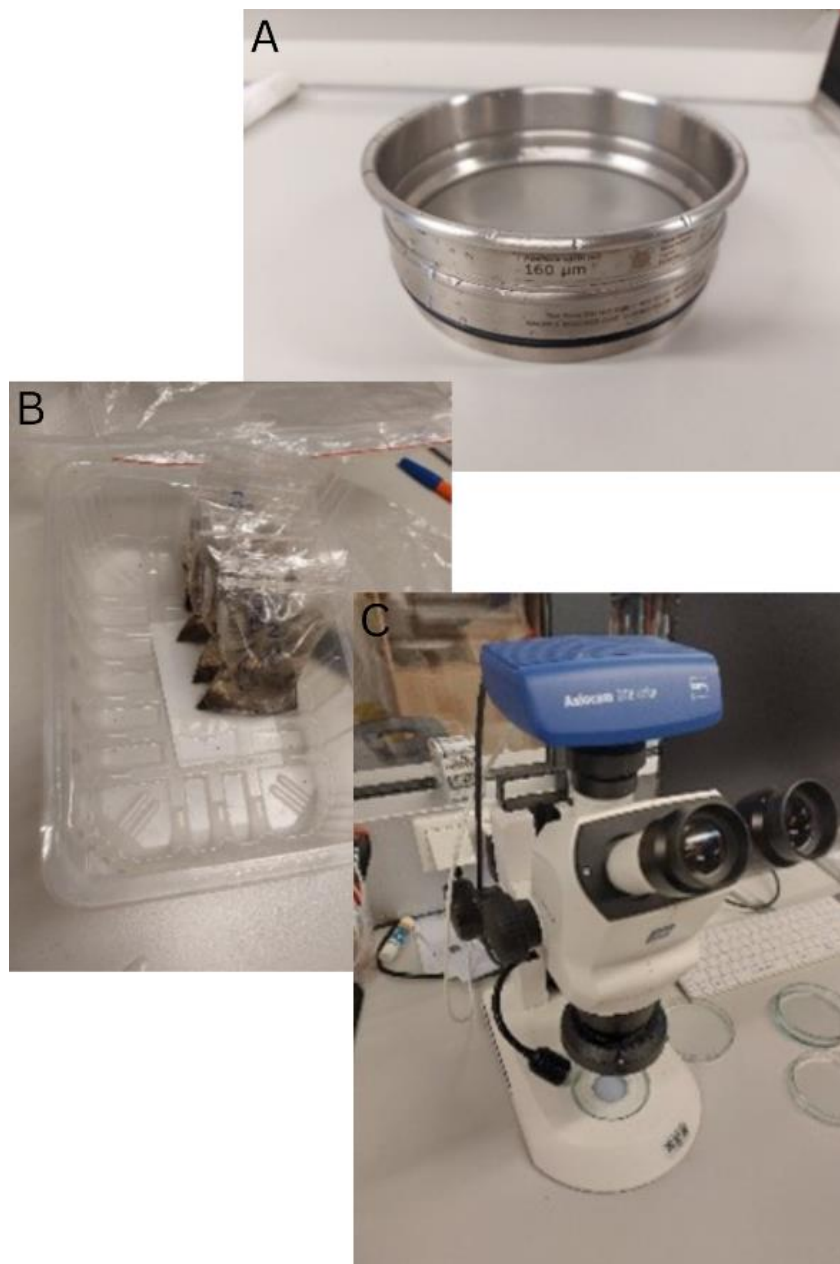
### **2.2.2. Augu makroskopisko atlieku analīze**

Laboratorijas darbi tika veikti LU Dabaszinātņu akadēmiskajā centra Kvartārvides laboratorijā, Jalgavas ielā 3, Rīgā. Augu makroskopisko atlieku analīze ietver augu un ūdensdzīvnieku identificēšanu un uzskaiti dotajā urbumā no katra centimetra. Paraugi sagatavoti ik pēc 1 cm, dziļuma intervālā 36 – 190 cm, kopā 153 paraugi, jo viens paraugs (93. cm dziļumam) pazuda. Katra parauga tilpums ~5 ml. Paraugi tika izskatīti hronoloģiskā secībā, sākot no dziļākajiem jeb vecākajiem nogulumiem, līdz jaunākajam.

Darba ietvaros tika izmantots stereomikroskops (skatīt 2.3.attēlu, C) ar 10 līdz 50 reižu palielinājumu. Uzska, ka augu makroskopisko atlieku vidējais izmērs ir 0,5 – 2,0 mm (Birks2007), taču šajā darbā tika aplūkotas arī mazākas atlieku daļiņas, jo paraugu tilpumi bija nelieli. Nogulumu paraugi jāuzglabā aukstumā, līdz tiek izmantoti (Birks 2007). Katrs paraudziņš tiek uzglabāts aiztaisāmos paraugu maisiņos uz kuriem norādīts ievāktā parauga dziļums un ezera urbuma apzīmējums (skatīt 2.3.attēlu, B).

Pirms paraugu skatīšanas, katru no tiem skalo caur 0,16 mm (160  $\mu\text{m}$ ) sietu (skatīt 2.3.attēlu, A) ar maigu ūdens plūsmu, lai atbrīvotos no liekajām dūņām. Uz sieta palikušās atliekas jāsavāc un jāuzglabā aukstumā līdz analīzei. Veicot analīzi, paraugu nelielos daudzumos liek *petri* trauciņā un

veic sistemātisku makro atlieku analīzi ar vismaz 10 reižu palielinājumu. Iebūvētais mēroga tīkliņš pareizi rāda milimetru desmitdaļas tikai pietuvinājumā 1 (Birks 2007).



2.3.attēls. A-siets ar atvērumu 160 µm; B-paraugi; C-darbā izmantotais stereomikroskops.

Atliekas tiek identificētas, izmantojot dažādus noteicējus un grāmatas, tās tiek uzskaitītas un atsevišķas augu atliekas tiek saglabātas, lai vēlāk noskaidrotu precīzāku informāciju. Augu atlieku identificēšanai ir nepieciešamas padziļinātas zināšanas jomā vai jābūt atbilstošam augu noteicēju krājumam. Darba laikā arī konsultējos ar Aiju Ceriņu, kurai ir pieredze šajā jomā. Atliekas var pagrozīt, izmantojot otiņu vai kociņu, mikroskopa gaismas spilgtuma palielināšana, kā arī pietuvināšana var nodrošināt labāku detaļu ieraudzīšanu, tādējādi palielinot iespējas noteikt, kas tā ir par atlieku. Izpēte tiek veikta, pierakstot katra parauga dziļumu, tajā konstatēto augu vai ūdensdzīvnieka nosaukumu un skaitu.

### 2.2.3. Grafiku izveide

Stratigrāfiskās diagrammas palīdz vizualizēt katra taksona daudzuma koncentrāciju pie attiecīgā dziļuma-vecuma nogulumiem. Šajā darbā tika izmantota programma TILIA.GRAPH. Tajā tiek ievadīti saskaitītie makroatlieku dati, nogulumu dziļums, vecums. Tas palīdz interpretēt paleoekoloģiskos apstākļus, kā arī izprast augu un ūdensdzīvnieku izplatību laikā (Birks, Gaillard 2007).

## 3. REZULTĀTI

### 3.1. Litoloģija

Lauka darbu gaitā tika veikts urbuma apraksts (skatīt 3.1.tabulu). Kā jau minēts iepriekš, dotais urbums atradās aptuveni 20 m uz Z no ezera salas un ūdens dziļums vietā, kurā tika veikts urbums bija 1,50 m dziļš (Šteinberga 2020). Urbuma virsējais slānis līdz 35 cm dziļumam netika iegūts. Slāņus līdz 1,85 m dziļumam veido atšķirīgas krāsas gitija. Slānī no 1,58 līdz 1,64 m sastopamas lielākas augu atliekas. Dziļumā no 1,85 līdz 1,95 m sastopama smilts, kurai organikas piejaukums izzūd 1,90 cm dziļumā. Vēl dziļāk urbumā parādās rupjāku frakciju smilts ar granti, urbumu noslēdz morēnas smilšmāls 1,95 m dziļumā (Šteinberga 2020).

3.1.tabula.

Dziļums, m	Sastāvs
0,00-0,35	Iztrūkums (ar ūdeni piesātinātais slānis iztecēja)
0,35-0,54	Gitija, brūngani zaļa
0,54-0,64	Gitija, tumši brūna
0,64-0,75	Gitija, gaiši zaļganbrūna
0,75-1,00	Gitija, tumši zaļganbrūna
1,00-1,46	Gitija, tumši brūna
1,46-1,58	Gitija, gaiši pelēcīgi zila
1,58-1,64	Gitija ar augu atliekām
1,64-1,80	Gitija, gaiši pelēka līdz tumši brūna (mainīga krāsa, nevar izdalīt konkrēti izteiktus slāņus)
1,80-1,85	Gitija, tumši brūna
1,85-1,90	Smilts ar organikas piejaukumu
1,90-1,95	Smilts, vidējgraudaina ar atsevišķiem rupjas smilts graudiem
1,95-2,00	Morēnas smilšmāls, brūnā krāsā, urbums noslēgts.

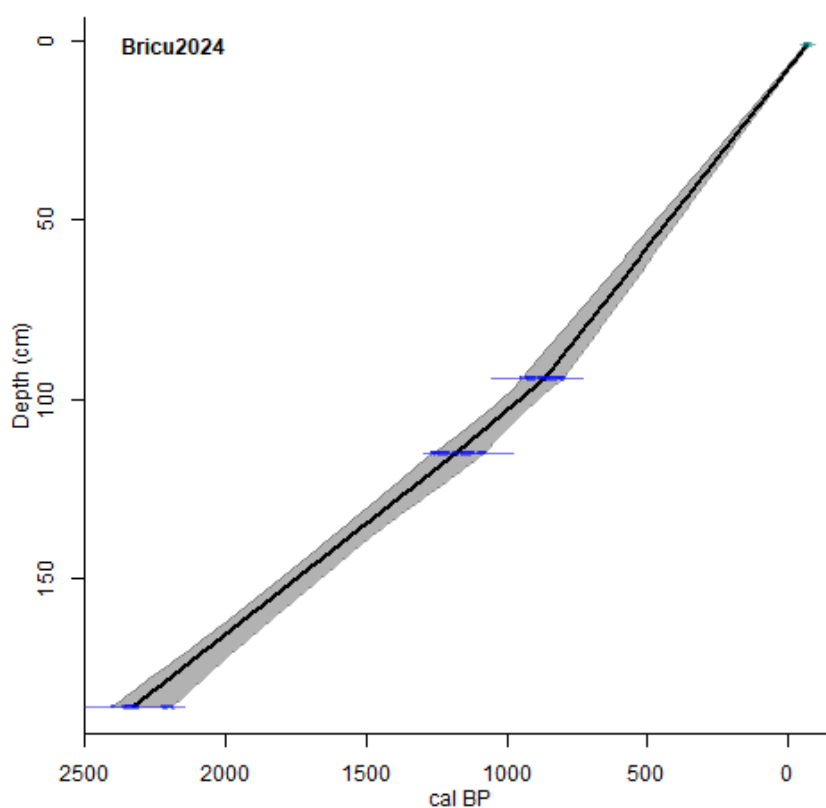
### 3.2. Hronoloģija

Dziļuma-vecuma līkne tika izveidota, lai noteiktu nogulumu uzkrāšanās vecumu. Ar nodatētajiem materiāliem, to dziļumiem un datējumu vecumu var iepazīties 3.2.tabulā (Steinberga, Stivrins 2021). Veidojot dziļuma-vecuma līkni, tika izņemts datējums, kas atrodas 105.cm dziļumā, jo nav hronoloģiskā secībā.

3.2. tabula.

Dziļums, cm	Laboratorijas kods	Datētais materiāls	<sup>14</sup> C datējums	Kļūdas amplitūda, gadi
94	Poz-116941	<i>Picea abies</i> skujas; <i>Betula sect. Albae</i> sēklu fragmenti	980	+30
105	Poz-116942	<i>Salix sp.</i> lapas	935	
115	Poz-117147	Koka zara fragments	1245	
186	Poz-116943	<i>Picea abies</i> sēklu fragmenti; <i>Betula sect. Albae</i> sēklu fragmenti; <i>Pinus mizas</i> fragments	2320	

Veidojot dziļuma-vecuma līkni (sk.3.1.attēlu), tika pieņemts, ka virsslānis atbilst 2018. gadam, bet pārējie trīs datējumi bija attiecīgi 94, 115 un 186 cm dziļumā. Jāsaprot, ka visi šie vecumi nav jāuztver burtiski, jo vecumu līkne balstās tikai uz 3 mērījumiem, tāpēc šie gadi ir aptuveni.

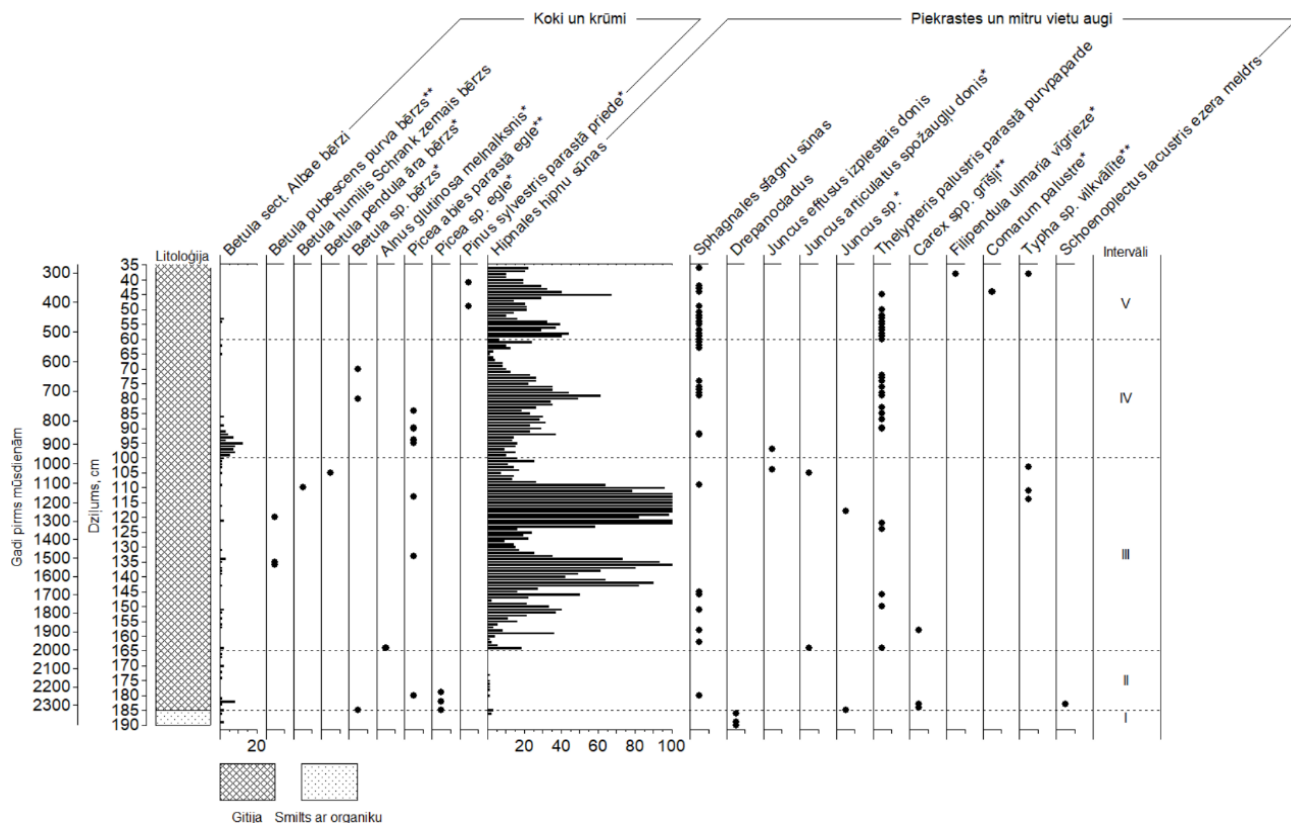


3.1.attēls. Nogulumu dziļuma-vecuma līkne. Uz x ass norādīts kalibrētais vecums pirms mūsdienām; uz y ass – dziļums, cm; melnā līnija – vidējais rezultāts; pelēkā zona – kļūdas intervāls, bet zilās līnijas – datējuma vietas). Izstrādāta programmā RStudio.

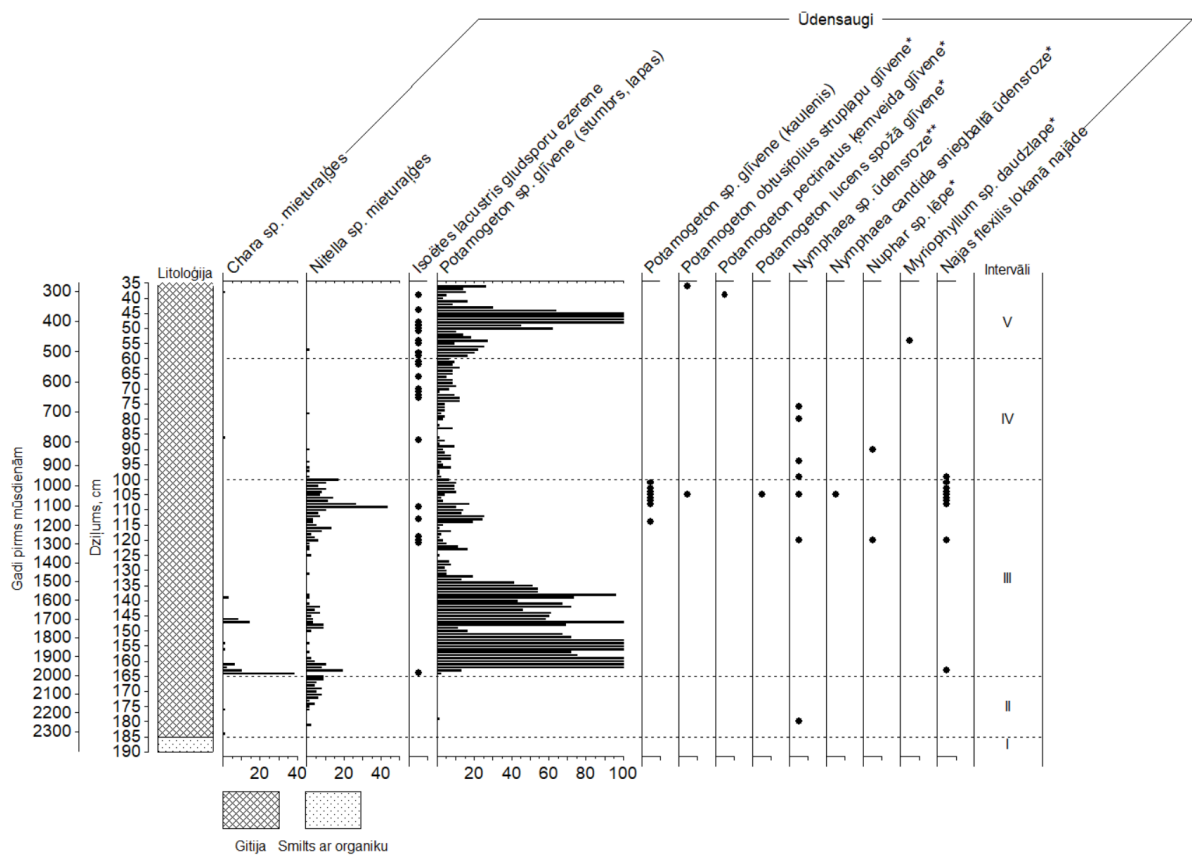
Pēc RStudio programmā veiktajiem aprēķiniem, nogulumi, kas atrodas 190 cm dziļumā, ir 2467 gadus veci (skaitot no 2024. gada) jeb pēc kalendārajiem sanāk 443.gadi pirms mūsu ēras un 36 cm dziļumā esošie nogulumi ir 357 gadus veci jeb pēc kalendārajiem gadiem tie atbilst 1667.gadam. Latvijā dzelzs laikmetu iedala senākajā (500. gads p. m. ē.–1. gads p. m. ē.), agrajā (1.–400. gads), vidējā (400.–800. gads) un vēlajā (800.–1200. gads) (Zemītis 2024). Tas nozīmē, ka šie nogulumi sāka uzkrāties senākajā dzelzs laikmetā pēc Latvijas vēstures hronoloģijas.

### 3.3. Augu makroskopiskās atliekas

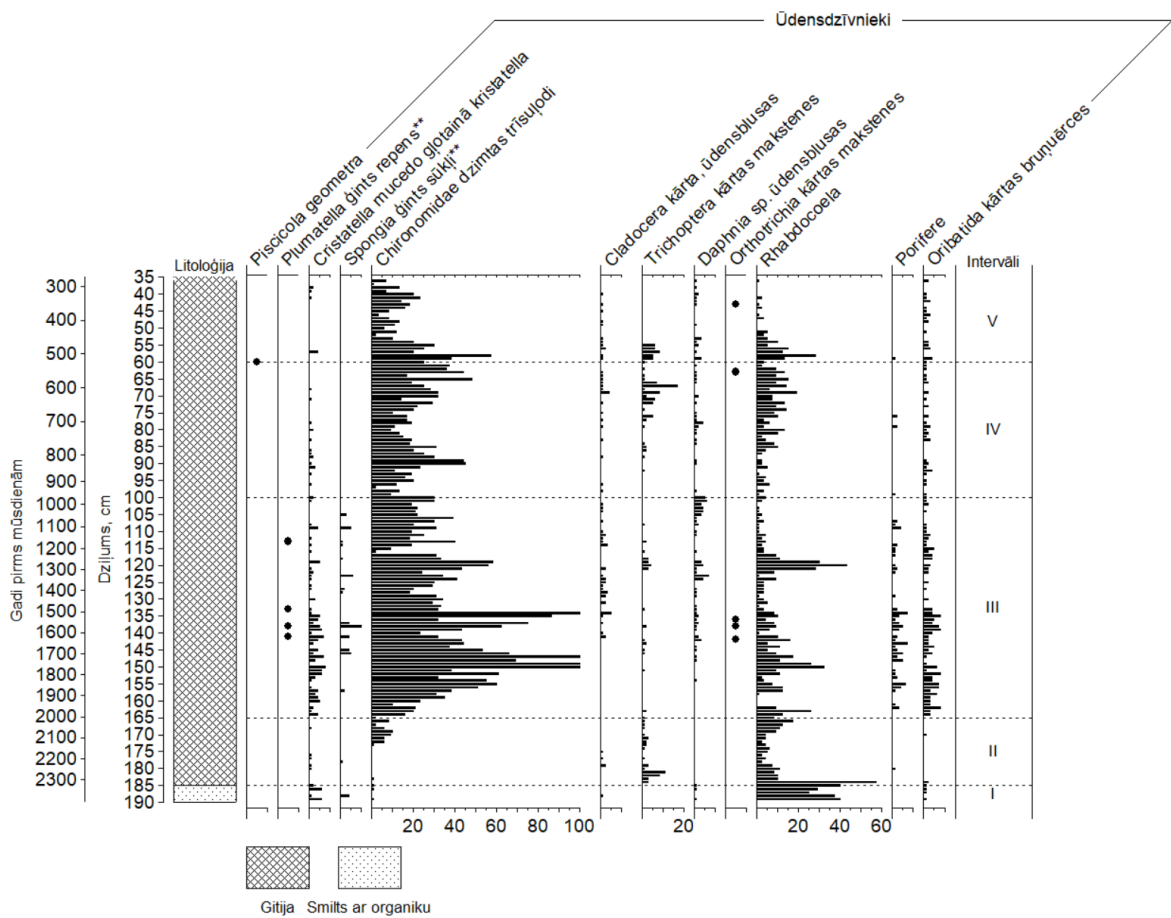
Kopā esmu izskatījusi 153 paraugus dziļuma intervālā no 36 līdz 190 cm dziļumam. Diemžēl darba gaitā pazaudēju paraudziņu no 93.cm, tāpēc tas izpalika. Manus datus papildīnu ar Aijas Ceriņas iepriekš veiktās makroatlieku uzskaites datiem. Grafikos (skatīt 3.2.-3.5. attēlu) Aijas Ceriņas atrastās makroskopiskās atliekas ir atzīmētas ar zvaigznīti, bet ar divām zvaigznītēm – mūsu kopēji atrastās makroskopiskās atliekas apvienotas (tie bija reti sastopami atlieku veidi, piemēram, lielās nātres sēkla tika atrasta tikai 2 reizes). Pielikumā (skatīt nodaļā PIELIKUMS) ir pievienota kopējā tabula, kur norādīts pilnībā viss makroatlieku uzskaitījums un norādīts, kas tā ir par atlieku. Pārsvārā tās bija augu sēklas, skujuas, čiekuriņi, lapu fragmenti, megasporas, oogoniji, statoblasti, ūdensdzīvnieku ilgolas.



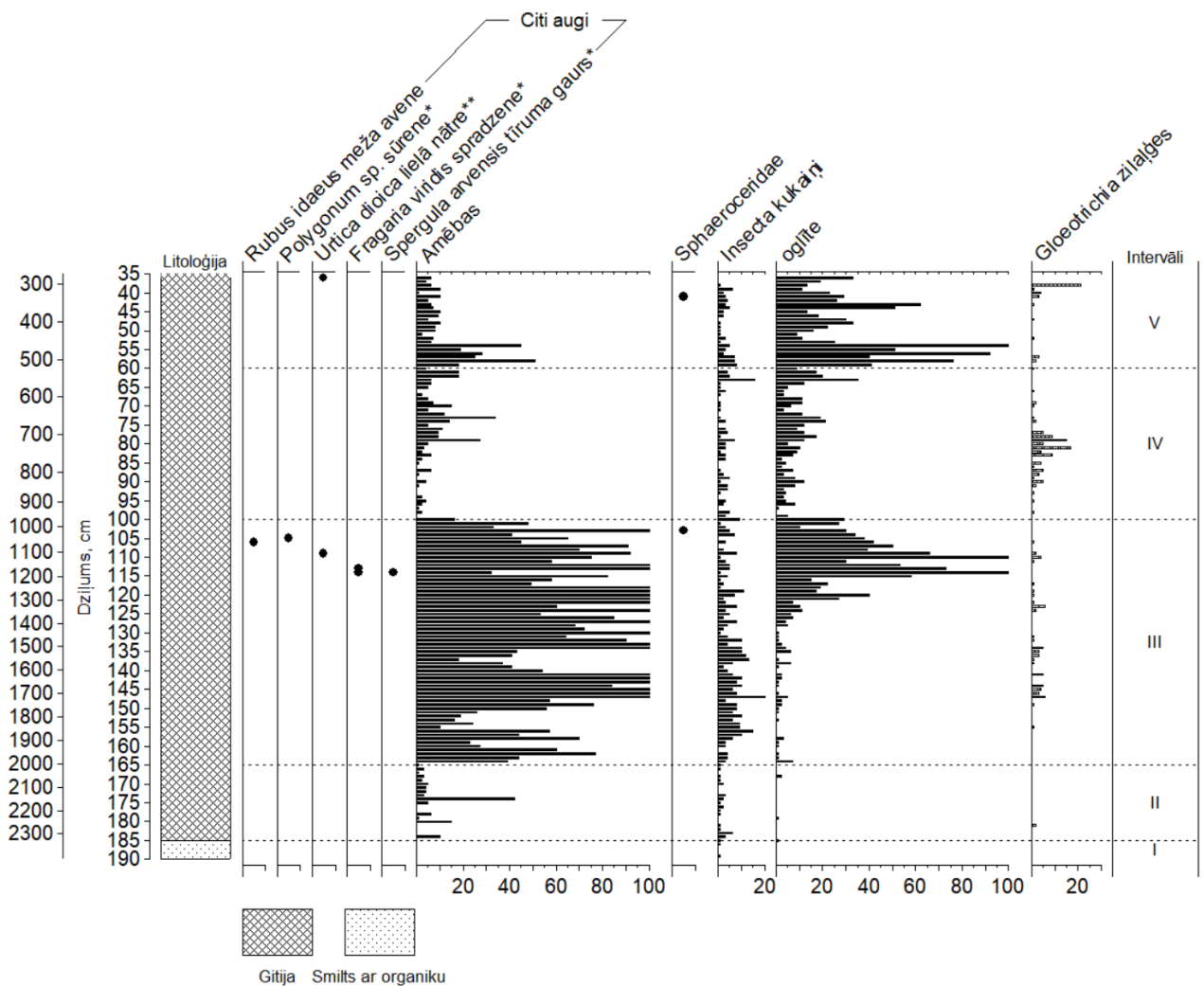
3.2.attēls. Koki un krūmi, kā arī piekraustes un mitru vietu augi (izstrādāts programmā TILIA).



3.3.attēls. Ūdensaugi (izstrādāts programmā TILIA).



3.4.attēls. Ūdensdzīvnieki (izstrādāts programmā TILIA).



3.5.attēls. Citi augi un negrupētas atliekas (izstrādāts programmā TILIA).

Nogulumu griezumu sadalīju 5 dziļuma intervālos, ņemot vērā to, ka tajos bija sastopamas lielākas augu un dzīvnieku makroatlieku atšķirības, kas arī liecina par vides izmaiņām. Turpmākajās rindkopās aprakstīšu par katru no šiem intervāliem, sākot no dziļākajiem (senākajiem) nogulumiem līdz jaunākajiem.

**I intervāls (dziļums 185-190 cm)** atbilst aptuveni 443. kalendārajiem gadiem pirms mūsu ēras (turpmāk tekstā g p.m.ē.) līdz 362. g p.m.ē. Vienīgās atrastās makroskopiskās atliekas bija atsevišķas *Betula sect. Albae* bērzu riekstiņu atliekas, kā arī hipnu sūnu lapiņas, kuru skaits bija neliels, tāpat arī tika atrasta atsevišķa *Drepanocladus* sūnu lapa. No ūdensdzīvniekiem tika atrastas gļotainās kristatellas *Cristatella mucedo* statoblasti, atsevišķi *Spongia* dzimts sūkļi, *Cladocera* kārtas un dafnijas ūdensblusu ilgolas. Tāpat, mazos daudzumos tika atrastas *Oribatida* kārtas bruņūerču ārējo skeletu atliekas. Lielā daudzumā tika uzskaitīti skropstiņtārpu *Rhabdocoela* kārtas kokoni, kas citos intervālos bija mazāk. Apskatot urbuma aprakstu (skatīt tabulu 3.1.), var redzēt, ka šajā dziļuma intervālā bija smiltis un nogulumi tikai sāka uzkrāties.

**II intervāls (dziļums 165-185 cm)** atbilst aptuveni 362. g p.m.ē līdz 39. g p.m.ē. Šajā intervālā tika atrastas maz makroskopiskās atliekas, tomēr smilts slānis beidzās, kā arī nelielos daudzumos parādās jaunas atliekas. No kokiem arī šajā dziļuma intervālā bija sastopami *Betula sect. Albae* bērzu čiekuriņi, to skaits nedaudz pieauga. Tika noteiktas atsevišķas egļu makroskopiskās atliekas. Nelielos daudzumos atrastas hipnu un sfagnu sūnu lapiņas. Piefiksēta doņa sēkla, grīšļa riekstiņš. Šajā intervālā bija arī ezera meldra riekstiņa fragments. Paraugos parādījās *Nitella sp.* mieturaļģu oogoniji. Tika noteikts ūdensrozes sēklas fragments. Joprojām izplatīti skropstiņtārpu *Rhabdocoela* kokoni, bet mazāk. Bija arī *Trichoptera* kārtas maksteņu kāpuru makstis un atsevišķas ūdensblusu ilgolas. Aptuveni no 152. g p.m.ē. līdz jaunākiem slāņiem sāk parādīties hironomīdu dzimtas trīsuļodu galvas kapsulas.

Pētot makroskopiskās atliekas, konstatēju, ka paraugos ir daudz amēbas. Neizdalīju visus to veidus, bet piefiksēju *Diffugia* ģinti un amēbas šajā dziļuma intervālā bija sastopamas relatīvi bieži. Gandrīz katrā paraudziņā bija kukaiņu ķermeņu atliekas (ekstremitātes, hitīna fragmenti), bet sīkāk netika noteikti.

**III intervāls (dziļums 100-165 cm)** atbilst aptuveni 39. g p.m.ē līdz 994. gadam.

Koku čiekuriņu, sēklu un skuju paraugos bija maz, tomēr galvenais koks joprojām ir bērzs. Šajā dziļuma intervālā tika atrastas purva, zemā un āra bērza čiekuriņu atliekas, kā arī egļu skuju atliekas. Šī intervāla sākumā piefiksēta melnalkšņa sēkla.

Strauji pieaudzis hipnu sūnu lapiņu daudzums, tās dominē visā šajā griezumā un grafikos var redzēt, ka šeit tās sasniedz savus maksimālos apmērus. Dažviet atrastas atsevišķas sfagnu sūnu lapas. Doņu sēklas tika atrastas no aptuveni 130. cm dziļumā (atbilstoši - 526. gada nogulumos) un jaunākos. Konstatēta spožaugļu doņa, izplestā doņa un nenoteiktas sugas doņa sēklas. No mitru vietu un piekrastes augiem tika atrasti pāris purvpaparžu sporangiji, grīšļu riekstiņš un jaunākos nogulumos dažas vilkvālīšu sēklas.

Paraugos bija milzīgs glīveņu stumbru lapu pieaugums, bet no 130.cm, atbilstoši - 526. gada nogulumiem un jaunākiem to daudzums piepeši samazinās. Hāru un *Nitella* mieturaļģu oogoniji arī ir izplatīti, bet hāru oogoniji netiek vairs atrasti, kad parādās oglītes. Virsējos šī intervāla nogulumos vairākos paraudziņos pēc kārtas tika atrasti atsevišķi glīveņu kaulēni, lai arī to lapas sastopamas mazāk. Dažiem glīveņu kaulēņiem noteikta suga: struplapu un spožajai glīvenei. Lokanās najādes sēklas vairāk sastopamas 112-100 cm dziļumā. Ūdensrožu un lēpju sēklas atrastas 100-120 cm.

Ļoti daudz atrastas hironomīdu galvas kapsulas, apakšējā intervāla daļā, bet tad to skaits nedaudz samazinās. Kā redzams grafikā (3.4.attēls), tās izplatītas gandrīz visā nogulumu griezumā. Atsevišķās vietās uzskaitīti *Plumatella* ģints sūneņi. Visā intervālā sastopami gļotaino kristatellu

statoblasti, dafnijas un arī kladoceras kārtas ūdensblusu ilgolas, vietām *Trichoptera* kārtas maksteņu kāpuru makstis un nedaudz mazāk *Orthotrichia* kārtas maksteņu kāpuru makstis. Izplatītas ir arī *Oribatida* kārtas bruņūerces.

Amēbu skaits šajā dziļuma intervālā sasniedz savus maksimālos daudzumus. Palielinās kukaiņu daudzums, kā arī te vērojams oglīšu pirmais maksimālais pieaugums 100-130 cm dziļumā. Paraugā atradu *Rubus idaeus* meža aveņu sēklu 105.cm dziļumā un līdzīgā dziļuma intervālā atrasta lielās nātres, spradzenes un tūruma gaura sēklas, kā arī sūrenes riekstiņa fragments. Konstantā, nelielā daudzumā ir zilaļģes (ciānbaktērijas).

**IV intervāls (dziļums 100-60 cm)** atbilst aptuveni 994. līdz 1426. gadam.

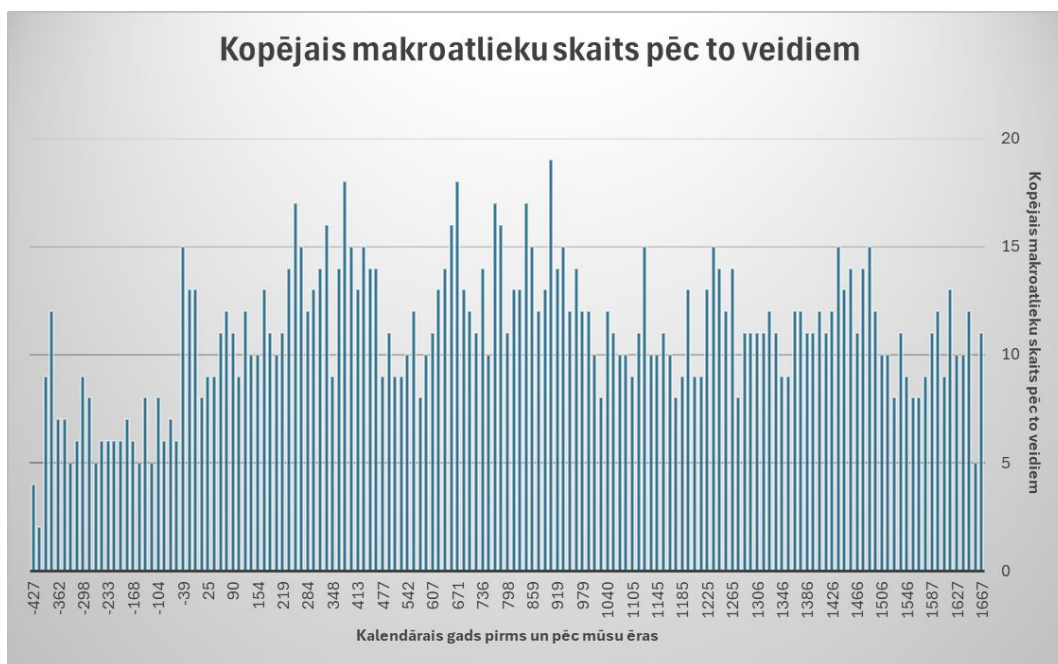
Šis dziļuma intervāls iesākas ar lielāku *Betula sect. Albae* bērzu čiekuriņu daudzumu paraugos. Tika atrastas arī dažas egļu makroskopiskās atliekas. Gandrīz uz pusi samazinājās *Hypnales* hipnu sūnu daudzums paraugos, lai gan tāpat tas bija galvenais atlieku veids. Atrasta izplestā doņa sēkla un intervālā no ~70-86 cm sastopami parastās purvpapardes sporangiji. Ūdensaugu daudzums šajā dziļuma intervālā ir samazinājies. Glīveņu lapas izteikti mazāk nekā iepriekšējā intervālā. Aija Ceriņa atrada dažas ūdnesrožu sēklas 74-100 cm dziļumā un lēpes sēklu 90.cm dziļumā. Biežāk tika atrastas gludsporu ezereņu megasporas. Mieturaļģu oogoniju daudzums samazinājies. Īpašu izmaiņu attiecībā uz ūdensdzīvniekiem nav, izņemot *Plumatella* ģints sūneņi un *Spongia* ģints sūkļi vairs neparādās, vērojams neliels *Trichoptera* kārtas maksteņu pieaugums. Gan amēbas, gan oglītes šajā intervālā paliek daudz mazāk, arī kukaiņu atlieku ir mazāk. Likumsakarīgi, nedaudz pieaug ciānbaktēriju daudzums.

**V intervāls (dziļums 60.-36. cm)** atbilst aptuveni 1426. līdz 1667. gadam.

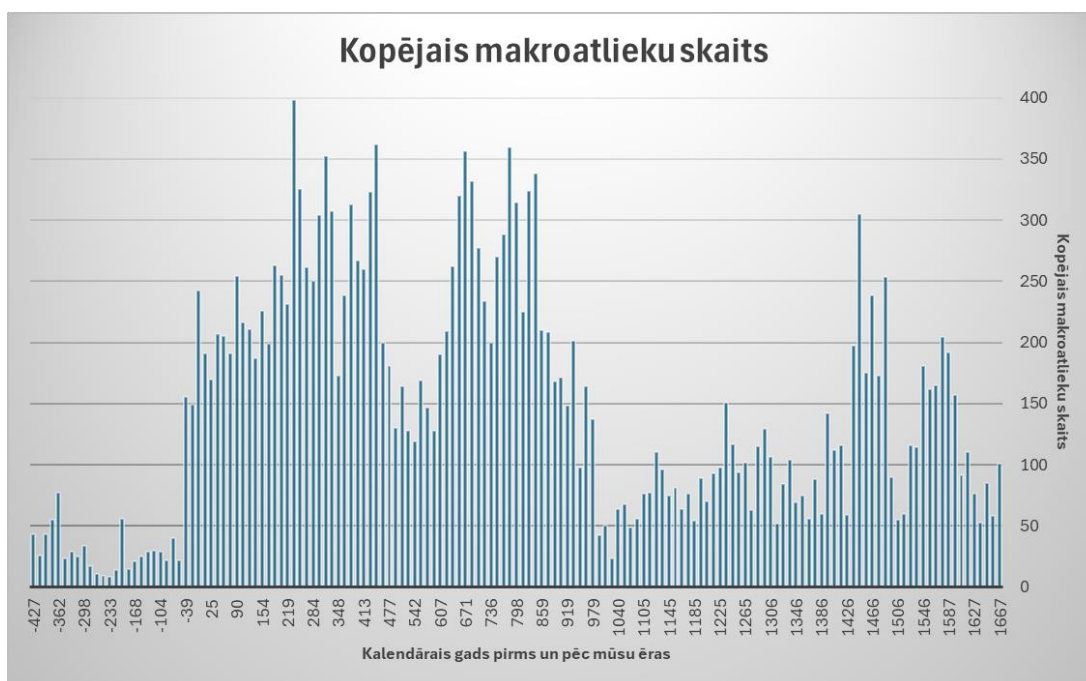
Jaunākajos nogulumos tika atrastas parastās priedes makroskopiskās atliekas. Piekrastes un mitru vietu augi nav mainījuši savas tendences, bet šajā dziļumā nedaudz pieauga sfagnu sūnu biežums, purvpaparžu sporangiju regularitāte izteiktāka, bet tāpat bija arī iepriekšējā intervālā. Papildus tika atrasta vīgriezes, purva vārnkājas, kā arī vilkvālītes sēkliņa. Atkal glīveņu lapas uzrādās maksimālos daudzumos, bet ne tik regulāri to ir tik daudz kā III intervālā. Virsējos slāņos tiek atrasti struplapu glīveņu un, iespējams, ķemveida glīveņu kaulēni, kā arī vārpaino daudzlapju lapu fragmenti. Šajā intervālā nelielos daudzumos, bet regulāri sastopamas gludsporu ezereņu megasporas. Trīsuļodu galvas kapsulu skaits pakāpeniski samazinās. Šajā laika posmā vērojams jauns oglīšu maksimālais skaita pieaugums. Pašā jaunākajā slānī atrasta vēl viena lielās nātres sēkla.

Programmā *MS Excel* izveidoju grafiku (skatīt 3.6.attēlu) ar kopējo makroskopisko atlieku veidu uzskaitījumu katram cm jeb kalendārajam gadam (piemēram, bija arī oglītes un glīvenēm izdalītas ne tikai stumbru lapas, bet arī kaulēni). Salīdzinājumam uzskaitīju arī vispārējo atrasto

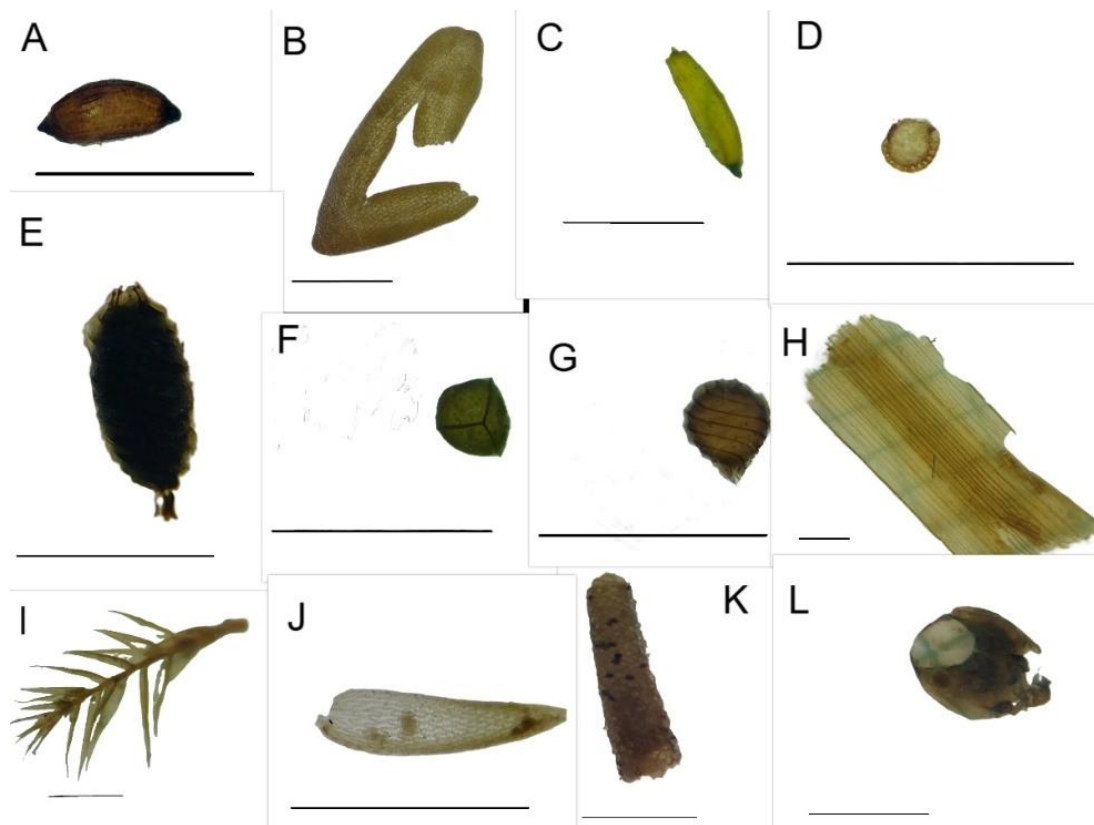
makroskopisko atlieku skaitu katrā cm (skatīt 3.7.attēlu). Var apskatīt arī dažas no atrastajām makroskopiskajām atliekām 3.8.attēlā.



3.6.attēls. Uz x ass norādīts kalendārais gads pirms un pēc mūsu ēras, uz y ass – makroatlieku veidu skaits.



3.7.attēls. Uz x ass norādīts kalendārais gads pirms un pēc mūsu ēras, uz y ass – makroatlieku kopskaits.



3.8.attēls. Dažas no paraugos atrastajām makroskopiskajām atliekām. Ar melnu līniju atzīmēts 1 mm. A-doņa *Juncus* sēkla; B-lokanās najādes sēklas fragments; C-vilkvāļītes *Typha* sēkla; D-purvpapardes sporangijs; E-mieturaļģes oognojijs; F-gludsporu ezerenes megaspora; G-mieturaļģes *Nitella* oogonijs; H-glīvenes stumbra lapas fragments; I-hipnu sūnas stumbriņš ar lapām; J-sfagnu sūnas lapiņa; K-maksteņu *Trichoptera* ārējais apvalks; L-hironomīdas galvas kapsula.

### Ūdensdzīvnieku nozīme

Hironomīdas *Chironomidae* ir visizplatītākā kukaiņu grupa saldūdeņos, kuri spēj dzīvot ļoti dažādos apstākļos (pH līmeņa, dziļuma, tīrības ziņā). Tām arī ir liela sugu daudzveidība, kas var sasniegt 15000. Tām ir īss mūžs un tās daudz vairojas (Armitage et. al. 2012). Tas arī izskaidro, kāpēc nogulumos to galvu kapsulas bija tik lielos daudzumos. Savukārt, mazie ūdensdzīvnieki, kā piemēram, ūdensblusas *Daphnia* vai gļotainās kristatellas *Cristatella mucedo* ezeros ir kā barības ķēdes elementi, kas attīra ūdeni no aļģēm, filtrējot ūdeni. Ciānbaktērijas, savukārt, norāda uz ūdens piesārņotību (Cimdiņš 2001).

### 3.4. Ūdenslīmeņa svārstības

Augu makroatlīku analīze ir labs veids, lai mēģinātu noteikt, kā ir mainījies ūdens līmenis ūdenstilpēs laika gaitā. Ūdens līmeņa noteikšanu ir ieteicams veikt sekliem, nelieliem ezeriem, kuriem ir labi attīstīta veģetācija (Hannon, Gaillard 1997) un tajos var izdalīt amfībiskos, virsūdens, peldlapu un iegremdētos augus (Melecis 2011). Paraugus vajadzētu noņemt no vairākiem urbumiem perpendikulāri krastam, lai varētu izšķirt to, vai tur uzkrājušies arī cita veida augi (Hannon, Gaillard 1997).

Tā kā šī darba ietvaros tika skatīts tikai viens urbums, tieši noteikt ūdens līmeņa izmaiņas nevaru. Skatītajos paraugos nebija tik liela augu daudzveidība, vai arī tie bija pārāk mazos skaitos, lai spriestu par kopējām ezera dziļuma izmaiņām, tomēr ņemot vērā to, ka katrā no iepriekš pieminētajām grupām tika atrastas augu makroskopiskās atliekas (skatīt 3.3.tabulu) (Melecis 2011), potenciāli varētu mēģināt veikt papildus pētījumus, ja ezerā uztaisītu vēl urbumus un no tiem izskatītu paraugus. Varbūt citos urbumos lielākās koncentrācijās parādītos to augu makroskopiskās atliekas, kuras šī darba ietvaros veiktajā urbumā bija retas.

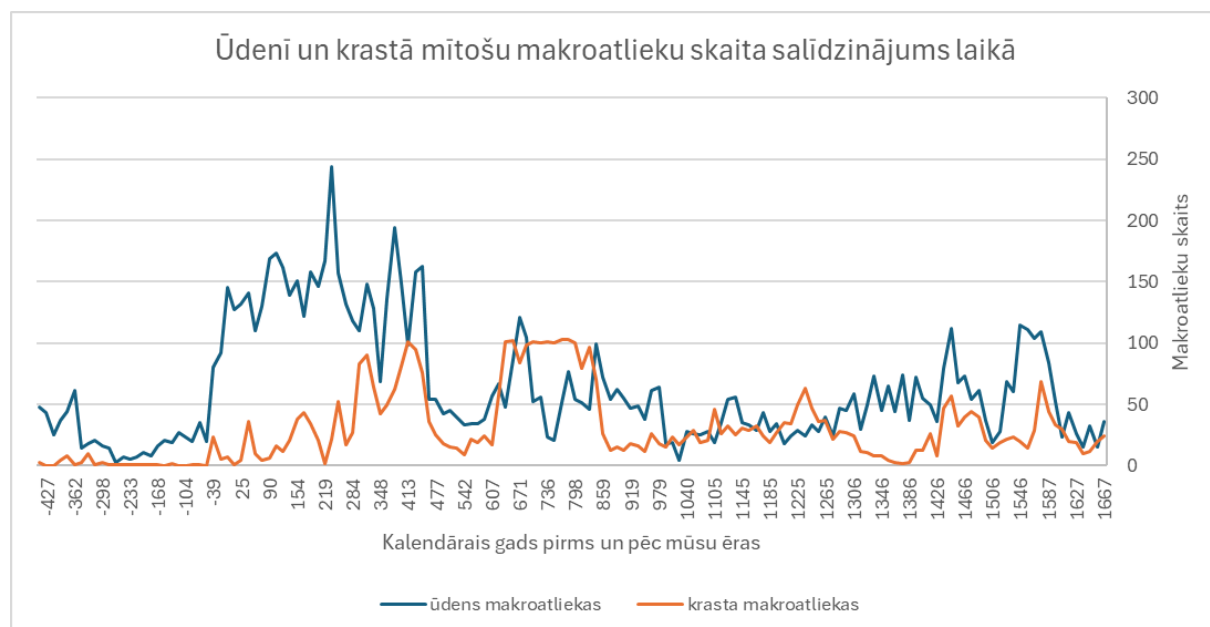
3.3.tabula.

Iedalījums	Taksons	Iedalījums	Taksons
<b>Sūnaugi Bryophyta</b>	Drepanocladus	<b>Iegremdētie augi</b>	Potamogeton sp. (lapu, stumbru fragmenti)
	Hypnales		Potamogeton sp. (kauleņa fragments)
	Sphagnales		Potamogeton obtusifolius
<b>Amfībiskie augi</b>	Comarum palustre		Potamogeton lucens
	Thelypteris palustris Schott		Myriophyllum sp.
<b>Helofiti jeb virsūdens augi</b>	Juncus sp.		<b>Izoetīdi</b>
	Schoenoplectus lacustris	Chara sp.	
	Carex spp.	Nitella sp.	
	Typha sp.	Isoetes lacustris	
<b>Nimfeīdi jeb peldošo lapu augi</b>	Nymphaea sp.		
	Nymphaea candida		
	Nuphar sp.		

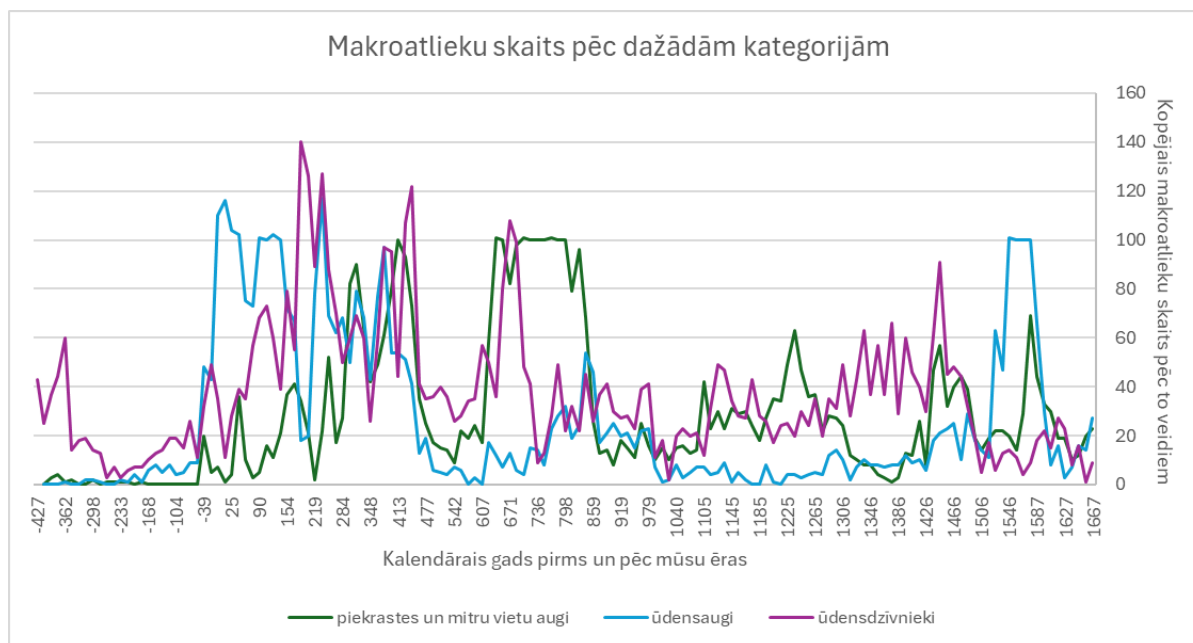
Vēl viens faktors, kāpēc grūti spriest par ūdens līmeņa svārstībām bija tāds, ka ūdensaugu augšanas dziļuma intervāli ir ļoti lieli (skatīt 3.4.tabulu) (Birks, Gaillard 2007), kā arī tas, ka konkrētu augu augšanu ietekmē vēl daudzi citi faktori, kā, piemēram, temperatūra un ūdens ķīmiskais sastāvs. Jāņem vērā arī tas, ka šobrīdējais Bricu ezera maksimālais dziļums ir 2,7 m (Steinberga, Stivrins 2022).

Augu veids	Augšanas dziļuma intervāls, m
<b>Helofīti jeb virsūdens augi</b>	
Juncus sp.	0-1
Schoenoplectus lacustris	0,2 - 6
Carex spp.	0-1
Typha latifolia	0-1m, reti līdz 2m, optimāli 0,5 m
<b>Nimfeīdi jeb peldošo lapu augi</b>	
Nymphaea alba	0,2-3 un 1-1,5 optimāli
<b>Iegremdētie augi</b>	
Potamogeton sp. (lapu, stuburu fragmenti)	0,2-5,5 m
Myriophyllum sp.	0,1-2 vai 3 vai 4,5
<b>Izoetīdi</b>	
Chara spp.	0,2 - 10+
Nitella spp.	0,2 - 10+
Isoetes spp.	0 - 2 , retāk līdz 4

Vēlējos salīdzināt ūdens un piekrastes vidē mītošo makroatlieku skaitu, tāpēc programmā MS Excel izveidoju grafiku (skatīt 3.8.attēlu), kurā pie ūdens makroatliekām summēju ūdensaugus un ūdensdzīvniekus, bet pie krasta makroatliekām summēju kokus un krūmus, citus augus, kā arī piekrastes un mitru vietu augus (par konkrētajiem augiem šajās grupās skatīt attēlus 3.2-3.5.). Tāpat arī izveidoju grafiku, kur uzskaitīju makroskopiskās atliekas pēc to veidiem (skatīt 3.9.attēlu).



3.9.attēls. Salīdzinājums pēc uzskaitītajām ūdensvidei un piekrastei vai sausākām vietām vairāk raksturīgām makroatliekām, par konkrētajām kategorijām skatīt 3.2.-3.5.attēlu.



3.10.attēls. Makroskopisko atlieku skaits pēc dažādām kategorijām, par konkrētajām kategorijām skatīt 3.2.-3.5.attēlu.

Grafiki (skatīt attēlu 3.8., 3.9.) idejiski varētu norādīt uz ūdenslīmeņa paaugstināšanos līdz ~477. gadam, bet pēc tam pazemināšanos periodā līdz ~1426. gadam, ņemot vērā, ka pieauga piekrastes un mitru vietu augu daudzums, bet samazinājās ūdensaugi. Kopumā ir vērojamas lielākas vai mazākas svārstības. Tomēr, der atcerēties, ka 607.-859. gads sakrīt ar pirmo ogļišu maksimālo parādīšanos un, ūdensaugu līknes pazemināšanās, to trūkums varētu liecināt par izmainītu vidi, piemēram, klimata pavēsināšanos, kas sakristu arī ar to, kāpēc notikusi lielāka dedzināšana šajā periodā, kad parādījies cilvēks. Šajā laikā vērojams hipnu sūnu pieaugums, bet nenoteicu konkrētu sugu, tādēļ, ka hipnu sūnu sugas ir ļoti daudz (Galenieks 1960) un arī izskatās līdzīgi. Lai tās noteiktu, vajadzētu padziļinātas zināšanas bioloģijā un mikroskopu ar lielāku pietuvinājumu lai varētu izšķirt lapu struktūras. Problēma tāda, ka nezinot konkrēto hipnu sūnu sugu nevar īsti pateikt, vai tās aug ezerā vai piekrastē.

### 3.4. Ph līmeņa izmaiņas

Indikatoraugi pH līmeņa izmaiņām no šajā pētījumā atrastajiem augiem var būt mieturalģes *Chara* un *Nitella*, kuras aug tīros, dažkārt iesāļos ūdeņos ar mazliet paaugstinātu pH līmeni, var liecināt par oligotrofu un mezotrofu vidi (Foissner Wasteneys 2014) kā arī gludsporu ezerene *Isoetes lacustris*, kura aug tīros, oligotrofos ūdeņos un var norādīt uz mazliet skābāku vidi (Vöge 2014). Glīvenēm, atšķirībā no sugas var būt dažāds pH līmenis pie kura tās aug, bet, kopumā ņemot, tas ir vairāk neitrāls, lai gan daudzas sugas vairāk parādūšas augt viegli bāziskākos apstākļos (Birks

Gaillard 2007). Par skābāku vidi kopumā liecina tie augi, kas aug piekrastē vai purvainās vietās, piemēram, sūnaugi, īpaši sfagni, kā arī *Drepanocladus* (Birks, Gaillard 2007).

Mēģināšu raksturot pH izmaiņas, analizējot grafikus (skatīt attēlus 3.2., 3.3., 3.5.), ņemot vērā iepriekšējā rindkopā pausto informāciju:

- 190-185 cm dziļumā ir maz datu par atrastiem ūdensaugiem, lai spriestu par pH līmeni. Ņemot vērā *Drepanocladus sp.* sūnu lapiņu, kā arī *Juncus sp.* doņa esamību, tas itkā liecina par skābāku vidi, taču uz to nevar paļauties, jo šīs atliekas varbūt nonāca tur netīšām.
- 185-165 cm dziļumā lielākos skaitos tika atrasti *Nitella sp.* mieturaļģu oogoniji, tāpēc pieņemu, ka ūdens pH bija nedaudz bāzisks un bijusi tīra ūdens vide. Kaut arī no piekrastes un mitru vietu augiem tika atrastas dažas sēklas, kas var liecināt par skābāku vidi, t.i., *Sphagnales* sfagnu lapiņa, doņa *Juncus sp.* un *Carex spp.* grīšļu un ezera meldra makroskopiskās atliekas, kā arī no ūdensaugiem ūdensrozes var liecināt par mazliet skābāku vidi, jāņem vērā, ka tie bija tikai atsevišķi gadījumi.
- 165-130 cm dziļumā no ūdensaugiem šeit bieži sastopamas *Chara* un *Nitella sp.* mieturaļģes, kuras norāda uz viegli bāzisku vidi, tāpat arī *Potamogeton sp.* glīvenes, kuras var augt šādos apstākļos.
- 130-100 cm dziļumā līdz ar oglišu lielā skaita parādīšanos, varēja notikt vides izmaiņas. Parādās gludsporu ezerenes *Isoëtes lacustris* megasporas, bet tikai 4 paraugos. Oglītes un cilvēka darbība ir saistīta ar gludsporu ezerenes klātbūtni. Šie indikatori liecina par vides paskābināšanos. Šajā laikā sarukusi glīveņu izplatība, parādījušās ūdensrožu un lokanās najādes sēklas, kas arī liecina par vides paskābināšanos. Hipnu sūnas šeit joprojām dominē. Turpretī *Nitella sp.* mieturaļģes norāda un neitrālu līdz viegli bāziku vidi, kas ir pretrunīgs fakts ar iepriekš minēto, bet varbūt tās vēl saglabājušās no iepriekšējiem laikiem un nav notikusi veģetācijas nomaiņa. Kopumā spriežot, teiktu, ka šajā laika posmā ūdensvides pH ir pazeminājies.
- 100-75 cm dziļumā *Nitella* un *Chara sp.* mieturaļģes, kā arī glīvenes samazināja savus apjomus, bet vienā vietā tika atrasta gludsporu ezerenes megaspora, ūdensrožu un lēpes markoskopiskās atliekas, kā arī atsevišķas markoskopiskās atliekas no mitru vietu augiem, kas varētu liecināt, ka šajā laikā ezera ūdens pH līmenis bijis nedaudz pazemināts.

- 75-36 cm dziļumā bieži parādās gludsporu ezerenes un tas atkal sakrīt ar oglīšu skaita palielināšanos. Pieaug glīveņu koncentrācija. Kopumā šajā periodā ūdens pH arī varētu būt nedaudz pazemināts.

Tātad, kopumā varu spriest, ka ezerā no 190 cm dziļuma līdz 130 cm dziļumam bijis viegli sārmais, bet tad ūdens pH paskābinājās līdz pat mūsdienām.

### **3.5. Cilvēka ietekme**

Oglīšu uzskaitījums sakrīt ar iepriekšējiem pētījumiem (Steinberga, Stivrins 2021). Oglīšu skaita pieaugums liecina par cilvēka ietekmi, kas izteikti vērojama kopš aptuveni 526. gada, kas atbilst vidējam dzelzs laikmetam līdz ~994.gadam (vēlajam dzelzs laikmetam) (Zemītis 2024). No 1376. gada līdz mūsdienām vērojams otrs oglīšu skaita lielais pieaugums. Tas sakrīt ar iepriekš literāūras sadaļā pieminēto mazo ledus laikmetu, kas bija 1400-1700.gadā (Veski et. al. 2015) Interesanti, ka ap 860. gadu (vēlajā dzelzs laikmetā) atrasta meža avenes un spradzenes sēklas, kā arī bijušas nezāles (lielā nātre un tīruma gauris), kas var būt sastopama uz kultivētām lauksaimniecības zemēm, norādot uz cilvēku darbību (Kļaviņš et. Al. 2011). Pēc grafikiem var novērot, ka nedaudz samazinās kukaiņu, arī trīsuļodu skaits un pirmajā (senākajā) oglīšu maksimālā skaita periodā, šķiet, tas ietekmējis arī glīveņu daudzumu, jo tas piepeši strauji samazinājies. Vēl viens novērojums bija gludsporu ezerēņu pieaugums līdz ar oglīšu pieaugumu. Ar šo notikumu iezīmējas lielākas izmaiņas atrastajos makro atlieku paraugos.

## SECINĀJUMI

1. Balstoties uz Bricu ezerā sastopamajām mieturaļģēm (norāda uz viegli sārmainu vidi), kas sākotnēji bija bieži sastopamas, bet ar laiku to izplatība saruka, kā arī uz to, ka vēlāk nogulumos parādījās gludsporu ezerenes un ūdensrozes, kas norāda uz skābāku ūdens vidi, var spriest, ka ūdens pH līmenis pēdējos 2500 gados ir pazeminājies.
2. Gludsporu ezerenes un mieturaļģes norāda uz to, ka ezers pēdējos 2500 gados bijis salīdzinoši tīrs.
3. Antropogēnā darbība ir izmainījušas ekoloģisko stāvokli Bricu ezerā.

## PATEICĪBAS

Darba izstrādē vēlos izteikt pateicību Aijai Cerīnai par palīdzību identificēt augu makroskopiskās atliekas, kā arī kvartārvides laboratorijas vadītājai Laimdotai Kalniņai par atļauju izmantot iekārtas un Normundam Stivriņam par iespēju rakstīt bakalura darbu par tik interesantu tēmu.

## LITERATŪRAS APSKATS

### Publicētie avoti

Armitage, P. D., Pinder, L. C., & Cranston, P. S. (Eds.) 2012. *The Chironomidae: biology and ecology of non-biting midges*. Springer Science & Business Media.

Birks, H. H., Gaillard M.-J. 2007. *Plant Macrofossil Methods and Studies: Paleolimnological applications*. Elias, S. A. (ed.) Encyclopedia of Quaternary Science, Elsevier, 2337-2356.

Birks, H. H. 2007. *Plant macrofossil introduction*. Encyclopedia of quaternary science, 3, 2266-2288.

Ceriņa, A., Kalniņa, L. 2018. *Biotas mainība holocēnā*. Latvija. Zeme, daba, tauta, valsts. Latvijas Universitāte, Rīga, 442-446.

Cimdiņš, P. 2001. *Limnoekoloģija*. Rīga: LU Mācību apgāds, 159 lpp.

Foissner, I., & Wasteneys, G. O. 2014. *Characean internodal cells as a model system for the study of cell organization*. International review of cell and molecular biology, 311, 307-364.

Galenieks, P. 1960. *Augu sistemātika*. Rīga, Latvijas Valsts izdevniecība, 466 lpp.

Hannon, G. E., & Gaillard, M. J. 1997. *The plant-macrofossil record of past lake-level changes*. Journal of Paleolimnology, 18, 15-28.

Heikkilä, M., Seppä, H. 2010. *Holocene climate dynamics in Latvia, eastern Baltic region: a pollenbased summer temperature reconstruction and regional comparison*. Boreas, 39(4), 705 – 719.

Kalniņa, L., Krievāns, M., Stivriņš, N. 2018. *Holocēna hronostratigrāfija un nogulumi*. Latvija. Zeme, daba, tauta, valsts. Latvijas Universitāte, Rīga, 77-80.

Kalniņa, L. Stivriņš, N. 2018. *Dabas apstākļi holocēnā*. Latvija. Zeme, daba, tauta, valsts. Latvijas Universitāte, Rīga, 172-174.

Kalnina, L. Stivrins, N. Kuske, E. Ozola, I. Pujate, A. Zeimule, S. Grudzinska, I. Ratniece, V. 2015. *Peat stratigraphy and changes in peat formation during the Holocene in Latvia*. Quaternary International, 383, 186-195.

Kļaviņš, M., Pujāte, A., Kokorīte, I., Kalniņa, L., Rodinovs, V., Ansone, L., ... & Švāgere, A. (2011). *Reconstruction of past anthropogenic impact intensity in Lake Engure using sedimentary record analysis*. In Proceedings of the Latvian Academy of Sciences. Section B. Natural, Exact, and Applied Sciences. (Vol. 65, No. 5-6, pp. 146-153).

Melecis, V. 2011. *Ekoloģija*. Rīga: LU Akadēmiskais apgāds, 352 lpp.

Nikodemus, O. 2018. *Latvijas ainavzemes un ainavapvidi: Vidzemes augstiene. Latvija. Zeme, daba, tauta, valsts.* Latvijas Universitāte, Rīga, 577-578.

Steinberga, D., Stivrins, N. 2021. *Fire frequency during the Holocene in central Latvia, northeastern Europe. Estonian Journal of Earth Sciences.* 70, 127–139.

Stivrins, N., Brown, A., Reitalu, T., Veski, S., Heinsalu, A., Banerjea, R. Y., & Elmi, K. 2015. *Landscape change in central Latvia since the Iron Age: multi-proxy analysis of the vegetation impact of conflict, colonization and economic expansion during the last 2,000 years. Vegetation History and Archaeobotany,* 24, 377-391

Stivrins, N., Doniņa, I., Auns, M., Blaus, A., Liiv, M., Steinberga, D., ... & Grudzinska, I. 2023. *Anthropogenic impact on a seacoast landscape during the last 1300 years in central Latvia, Northeastern Europe. Geoarchaeology,* 38(4), 466-481

Stivriņš, N. 2018. *Ezerdobes un to attīstība. Latvija. Zeme, daba, tauta, valsts.* Latvijas Universitāte, Rīga, 182-184.

Strautnieks, I. 2018. *Ezeri. Latvija. Zeme, daba, tauta, valsts.* Latvijas Universitāte, Rīga, 298-311.

Veski, S., Seppä, H., Stancikaitė, M., Zernitskaya, V., Reitalu, T., Gryguc, G., Heinsalu, A., Stivrins, N., Amon, L., Vassiljev, J., Heiri, O. 2015. Quantitative summer and winter temperature reconstructions from pollen and chironomid data between 15–8 ka BP in the Baltic–Belarus area. *Quaternary International,* 388(19), 4 – 11.

Vöge, M. 2014. *Monitoring the vitality of Isoëtes lacustris by using a non-destructive method. Limnological review,* 14(3), 153-158.

Zunde, M. 2011. Par radioaktīvā oglekļa (14C) datēšanas metodi un tās pielietojumu arheoloģijā. *Latvijas vēstures institūta žurnāls,* Nr.4., 95.-119. lpp.

Walker, M., Head, M.J., Lowe, J., Berkelhammer, M., Björck, S., Cheng, H., Cwynar, L., Fisher, D., Gkinis, V., Long, A., Newnham, R., Rasmussen, S., Weiss, H. 2019. *Subdividing the Holocene Series/Epoch: formalization of stages/ages and subseries/subepochs, and designation of GSSPs and auxiliary stratotypes.* *Journal of Quaternary Science,* 34(3), 1 – 14.

### **Elektroniskie resursi**

Biedrība “Latvijas ezeri”. S.a. Latvijas ezeru datubāze ezeri.lv. *Bricu ezers.* Sk. 22.05.2024. Pieejams <https://www.ezeri.lv/database/1838/>.

Brīvā enciklopēdija “Vikipēdija”, 2021. *Autoceļš P33.* Sk. 22.05.2024. Pieejams [https://lv.wikipedia.org/wiki/Autoce%C4%BC%C5%A1\\_P33](https://lv.wikipedia.org/wiki/Autoce%C4%BC%C5%A1_P33).

Lamsters, K. 2023. *Kvartārs*. Nacionālā enciklopēdija. Sk. 22.05.2024. Pieejams

<https://enciklopedija.lv/skirklis/187310-kvart%C4%81rs>.

Zelčs, V. 2023. *Latvijas reljefs*. Nacionālā enciklopēdija. Sk. 22.05.2024. Pieejams

<https://enciklopedija.lv/skirklis/26548-Latvijas-reljefs>.

Zemītis, G. 2024. *Dzelzs laikmets Latvijas teritorijā*. Nacionālā enciklopēdija. Sk. 22.05.2024.

Pieejams <https://enciklopedija.lv/skirklis/4946-dzelzs-laikmets-Latvijas-teritorij%C4%8>.

LVM GEO, S.a. *Kartes*. Sk. 22.05.2024. Pieejams: [Kartes - LVM GEO](#).

### **Nepublicētie avoti**

Šteinberga, D. 2020. *Holocēna ugunsgrēku režīma rekonstrukcija Bricu ezera apkārtnē, Vidzemes augstienē: bakalaura darbs*. Rīga: LU ĢZZF Ģeogrāfijas nodaļa, 2020. 62 lpp.

Stivriņš, N., Ceriņa A. 2018. *Paleobotāniskie pētījumi Lielā Vipēdes un Bricu ezerā: atskaite*. Rīga: LU ĢZZF, 2018. 30lpp.

### **Kartogrāfiskie materiāli**

Administratīvais iedalījums: Latvijas Republika. karte mērogā 1:400 000. Karšu izdevniecība Jāņa Sēta. LU ĢZZF WMS Sk. 22.05.2024. Pieejams <http://kartes.geo.lu.lv/karte/> (administratīvais iedalījums).

Fizioģeogrāfiskā karte. Latvija. karte mērogā 1:400 000. Karšu izdevniecība Jāņa Sēta. LU ĢZZF WMS Sk. 22.05.2024. Pieejams <http://kartes.geo.lu.lv/karte/>

LGIA, 2005. Ortofoto 2. Latvijas 2. etapa ortofoto karšu mozaīka. LU ĢZZF WMS. Skatīts 22.05.2024. Pieejams <http://kartes.geo.lu.lv/>

LGIA, 2017., Ortofoto 6. Latvijas 6. etapa ortofoto karšu mozaīka. LU ĢZZF WMS. Skatīts 22.05.2024. Pieejams <http://kartes.geo.lu.lv/>

LGIA, S.a. Topokarte mērogā 1:50 000, 2. izdevums. LU ĢZZF WMS. Sk. 22.05.2024. Pieejams: <https://www.geo.lu.lv/kartes/>.

LVGD, S.a. Kvartāra nogulumu karte, M1:200 000. LU ĢZZF WMS. Sk. 22.05.2024. Pieejams: <https://www.geo.lu.lv/kartes/>.

## **PIELIKUMS**













Gloeotrichia zilaļģes	kolonijas								
ogļīte	fragm.	1							
<i>Insecta kukairi</i>	nitīna fr.	1	1						
Sphaeroceriidae	kūniņa								1
Amēbas	ķermeņis								
Oribatida kārtas bruņūnērces	ārējais skelets	1	1						1
Porifēre	kolonija								
Rhabdocoela	kokons	40	29	25	37	40			
Orthotricha kārtas makstenes	kāpura maksts								
Trichoptera kārtas makstenes	kāpura maksts								
<i>Daphnia</i> sp. ūdensblusas	ilgolas	1	1						
Cladocera kārtā, ūdensblusas	ilgolas				1				
Chironomidae dzimtas trīsuļodi	kapsulas	1	1						1
<i>Spongia</i> ģints sūklī**	kolonija				4				
<i>Cristatella mucedo</i> , glotainā kristatella	statoblasti	2	6		1	6			
<i>Plumatella ģints repens**</i>	statoblasts								
<i>Pisiccola geometra</i>	egģ cocoons								
<i>Majas flexilis</i> , lokanā naiāde	sēklas								
<i>Myriophyllum</i> sp. daudzlape *	lapas fr.								
<i>Nuphar</i> sp. lēpe *	sēklas fr.								
<i>Nymphaea candida</i> sniegpaltā ūdensroze *	sēklas								
<i>Nymphaea sp. ūdensroze**</i>	sēklas fragments								
<i>Potamogeton lucens</i> spožā glīvene *	kaulis								
<i>Potamogeton pectinatus</i> ķemveida glīvene *	stumbrs ar lapu								
<i>Potamogeton obtusifolius</i> struplapu glīvene *	kaulis								
<i>Potamogeton</i> sp., glīvene	kauleņa fr. kaule								
<i>Potamogeton</i> sp., glīvene	lapu, stumbru fr.								
<i>Isotetes lacustris</i> , gludsporu ezerene	megasporas								
<i>Nitella</i> sp. mieturāļģes	oogoniņi								
<i>Chara</i> sp. mieturāļģes	oogoniņi								
<i>Spergula arvensis</i> tīruma gauris *	sēkla								
<i>Fragaria viridis</i> spradzene *	sēkla								
<i>Urtica dioica</i> , lielā nātre**	sēkla								
<i>Polygonum</i> sp. sūrene *	riekstiņa fr.								
<i>Rubus idaeus</i> , meža avenes	sēkla								
<i>Schoenoplectus lacustris</i> , ezera melnis	riekstiņa fr.								
<i>Typha</i> sp., vilkātīte**	sēkla								
<i>Comarum palustre</i> *	sēkla								
<i>Filipendula ulmaria</i> vīgrīze *	sēkla								
<i>Carex</i> spp., grāši**	riekstiņi								
<i>Thelypteris palustris</i> , parastā purvpararde	sporangijs								
<i>Juncus</i> sp. *	sēkla	1							
<i>Juncus articulatus</i> spožaugļu donis *	sēkla								
<i>Juncus effusus</i> , izplestais donis	sēkla								
<i>Drepanocladus</i>	lapīņa		1						1
Sphagnales sfagnu sūnas	lapas								
Hipnales hipnu sūnas	lapas, stumbrīņi	3	2						
<i>Pinus sylvestris</i> parastā priede *	skuju fr.								
<i>Picea</i> sp. egļe *	sēklas fr.								
<i>Picea</i> sp. egļe *	skujas fr.	1							
<i>Picea abies</i> parastā egļe *	sēklas								
<i>Picea abies</i> , parastā egļe**	skuju fr.								
<i>Alnus glutinosa</i> melnalksnis *	riekstiņa fr.								
<i>Betula</i> sp. bērzs *	riekstiņa fr.	1							
<i>Betula pendula</i> āra bērzs *	riekstiņi								
<i>Betula humilis</i> Schrank, zemaīs bērzs	sēklas								
<i>Betula pubescens</i> , purva bērzs**	riekstiņi								
<i>Betula</i> sect. <i>Albae</i> , bērzi	čiekurzīņas								
<i>Betula</i> sect. <i>Albae</i> , bērzi	riekstiņi	2	1						
<i>Betula</i> sect. <i>Albae</i> , bērzi	riekstiņi								
Visas attiekas ^	Dzīlums, cm>	186	187	188	189	190			

Atrastās makroattiekas. \*Aijas Ceriņas noteiktās makroattiekas. \*\*Manas un Aijas Ceriņas noteiktās makroattiekas apvienotas. Aijas Ceriņas noteiktās makroattiekas iekrāsotas sarkanās.

**Bakalaura darbs** „Paleoekoloģisko apstākļu izmaiņas Bricu ezerā pēdējos 2500 gados” izstrādāts LU Ģeogrāfijas un Zemes zinātņu fakultātē.

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

Autors: Rita Kempela

\_\_\_\_\_ 30./05./2024.  
paraksts datums

Rekomendēju darbu aizstāvēšanai

Zinātniskais vadītājs: amats, zinātn. grāds Vārds Uzvārds

\_\_\_\_\_ ./. /2024.  
paraksts datums

Recenzents: amats, zinātn. grāds Vārds Uzvārds

Darbs iesniegts Ģeoloģijas nodaļas lietvedībā

Nodaļas lietvede *Indra Baltmane*

\_\_\_\_\_ ./. /2024.  
paraksts datums

Noslēguma darba aizstāvēšanas rezultāti:

Bakalaura darbs aizstāvēts Ģeoloģijas bakalaura akadēmisko studiju gala pārbaudījumu komisijas sēdē

2024./ \_\_./ \_\_. protokola nr. .... vērtējums .....  
gads, datums, mēnesis

Sekretārs

\_\_\_\_\_ ./. /2024.  
paraksts datums