

DISERTATIONES GEOLOGICAE UNIVERSITATIS LATVIENSIS

Nr. 27



Ilze Ozola

**HOLOCĒNA ORGANOGĒNIE NOGULUMI UN TO
UZKRĀŠANĀS APSTĀKĻU IZMAIŅAS PURVOS
ZIEMEĻVIDZEMĒ**

DISERTĀCIJA

Doktora grāda iegūšanai ģeoloģijas nozarē
Apakšnozare: kvartārģeoloģija un ģeomorfoloģija

Rīga, 2013

Promocijas darbs izstrādāts Latvijas Universitātes Ģeogrāfijas un Zemes zinātņu fakultātes Ģeomorfoloģijas un ģeomātikas katedrā no 2008. gada līdz 2013. gadam. Šis darbs izstrādāts arī ar Eiropas Sociālā fonda atbalstu projektā “Atbalsts doktora studijām Latvijas Universitātē” Nr. 2009/0138/1DP/1.1.2.1.2./ 09/IPIA/VIAA/004.



Darbs sastāv no ievada, 5 nodaļām, secinājumiem, literatūras saraksta.
Darba forma: disertācija ģeoloģijas nozarē, kvartārģeoloģijas apakšnozarē.

Promocijas darba vadītājs:

Asociētā profesore *Dr. geogr. Laimdota Kalniņa* (Latvijas Universitātē)

Recenzenti:

Valdis Segliņš, profesors, *Dr. geol.* (Latvijas Universitātē)

Juris Soms, docents, *Dr. geol.* (Daugavpils Universitātē)

Ervīns Lukševičs, profesors, *Dr. geol.* (Latvijas Universitātē)

LU Promocijas padomes ģeoloģijā sastāvs:

Vitālijs Zelčs, profesors, *Dr. geol.* - padomes priekšsēdētājs

Aija Dēliņa, docente, *Dr. geol.* - padomes priekšsēdētāja vietniece

Laimdota Kalniņa, asoc. profesore, *Dr. geogr.*

Valdis Segliņš, profesors, *Dr. geol.*

Ģirts Stinkulis, asoc. profesors, *Dr. geol.*

Padomes sekretārs

Ģirts Stinkulis, asoc. profesors, *Dr. geol.*

Promocijas darbs pieņemts aizstāvēšanai ar LU promocijas padomes ģeoloģijā 2013. gada 25. aprīļa sēdes lēmumu Nr. 03/2013.

Promocijas darba aizstāvēšana notiks 2013.gada 28. jūnijā plkst. 12.00 Rīgā, Alberta ielā, 10, Latvijas Universitātes Ģeoloģijas nozares promocijas padomes atklātajā sēdē.

Ar promocijas darbu un tā kopsavilkumu var iepazīties Latvijas Universitātes bibliotēkā Rīgā, Kalpaka bulvārī 4.

Atsauksmes sūtīt:

Dr. **Ģirts Stinkulis**, Latvijas Universitātes Ģeoloģijas nodaļa, Raiņa bulvāris 19,

LV-1586, Rīga. Fakss: +371 67332704, e-pasts: *Girts.Stinkulis@lu.lv*

© Latvijas Universitāte, 2013

© Ilze Ozola, 2013

ANOTĀCIJA

Ozola I., 2013. „Holocēna organogēnie nogulumu un to uzkrāšanās apstākļu izmaiņas purvos Ziemeļvidzemē”.

Disertācijā analizēti piecu Ziemeļvidzemes purvu nogulumu pētījumu rezultāti, kas iegūti, izmantojot lauka un laboratorijas pētījumu metodes - augu makroskopisko atlieku, sporu un putekšņu, citu mikroskopisko atlieku, kūdras sadalīšanās pakāpes un botāniskā sastāva, nogulumu karsēšanas zudumu analīzi, kā arī nosakot nogulumu absolūto vecumu ar ^{14}C un AMS ^{14}C metodēm.

Pētītajos ezeru un purvu nogulumos Ziemeļvidzemē atpazītas liecības par būtiskām nogulumu uzkrāšanās apstākļu izmaiņām visā holocēna laikā, kas ietekmējušas nogulumu sastāvu un raksturu, tai skaitā noskaidrota aukstā 8200 notikuma un Mazā Ledus laikmeta, kā arī holocēna termālā maksimuma apstākļu ietekme uz nogulumu uzkrāšanos.

Pētīto nogulumu sastāva izmaiņas, augu makroskopisko atlieku, sporu un putekšņu, citu mikroskopisko atlieku, kā arī karsēšanas zudumu analīzes rezultāti ļauj secināt, ka pētīto Puikules purva un Pantenes griezumu nogulumos – kūdrā un gītijā ir atpazīstams 8200 notikums. To apstiprina diagrammā putekšņu spektrus raksturojošais bērzu un lakstaugu putekšņu līknes straujš un īslaicīgs kāpums vienlaicīgi ar izmaiņām nogulumu sastāvā. Līdzīgi, bet mazāk izteikti, zemā purva diagrammas putekšņu spektros ir konstatējams Mazais ledus laikmets. Tas labāk atpazīstams augsto purvu nogulumu sporu un putekšņu procentuālajās diagrammās, kā arī uz to norāda kūdras uzkrāšanās intensitātes palielināšanās un sadalīšanās pakāpes samazināšanās, kamēr kūdras botāniskajā sastāvā izmaiņas šai laikā nav izteiktas.

Veikto pētījumu rezultātā noskaidrotas iespējas holocēna Ziemeļvidzemes organogēno nogulumu stratificēšanā un definētas robežas starp agro un vidējo, kā arī starp vidējo un vēlo holocēnu.

Raksturvārdi: kūdra, gītija, augu makroskopiskās atliekas, putekšņi, rizopodi, 8200 notikums

ANNOTATION

Ozola I., 2013. "The Holocene organogenic deposits and changes of their formation conditions in mires of Northern Vidzeme"

In this doctoral study, the Holocene vegetation changes have been determined by tracing their evidence in the organogenic deposits in the selected five mires in Northern Vidzeme. Field and laboratory research methods were used, such as plant macroscopic remain, spore and pollen, non-pollen, peat decomposition degree and botanical composition, and loss-on-ignition analyses, as well as determination of the absolute age of the deposits with the ^{14}C conventional and AMS ^{14}C methods.

In the organogenic sediments investigated, vegetation changes during the Holocene have been recognised, which indicate changes in nature conditions in Northern Vidzeme during the Holocene, including colder (the 8.2 event and the Little Ice Age) and warmer (the Holocene Thermal Maximum) conditions.

The changes in deposit composition, as well as the complementary results of pollen and plant macroremain and microremain composition analyses allow to recognise the 8.2 event in the deposits of the investigated sections of Puikule Mire and Pantene Mire. This is confirmed by a rapid short-term rise of the birch and herb pollen curve in the pollen diagram, accompanied by changes in deposit composition. The Little Ice Age is identified similarly-although to a less pronounced extent and not always with a reliable mark-in the pollen spectra from fens. This event is more recognisable in the pollen spectra of raised bog pollen diagrams as well as from the increase in peat accumulation intensity and decrease in decomposition degree, while changes in peat botanical composition are not pronounced.

Possibilities for the Holocene organic deposit stratification at Northern Vidzeme were clarified and boundaries between the Early and Middle, as well as, between the Middle and Late Holocene were defined.

Key words: peat, gyttja, plant macroscopic remains, pollen, rhizopoda, 8.2 event

SATURS

IEVADS	6
1. HOLOCĒNA ORGANOGĒNO NOGULUMU PĒTĪJUMI	14
1.1. Purvu nogulumu pētīšanas vēsture Latvijā	14
1.2. Augsto purvu nogulumu pētījumu nozīmība	16
1.2. Aizaugušo ezera nogulumu uzkrāšanas apstākļu rekonstrukcijas	17
1.3. Putekšņu analīzes pielietojums holocēna nogulumu stratificēšanā	17
1.4. Augu makroskopisko atlieku un to analīžu rezultātu izmantošana.....	20
1.5. Holocēna stratigrāfija.....	22
1.5.1. <i>Pleistocēna un holocēna robeža</i>	24
1.5.2. <i>Agrais holocēns</i>	25
1.5.3. <i>Agrā-vidējā holocēna robeža: 8200 notikums</i>	26
1.5.4. <i>Vidējais holocēns jeb holocēna termālais maksimums</i>	28
1.5.5. <i>Holocēna jaunākais posms-vēlais holocēns</i>	33
2. PĒTĪJUMU TERITORIJAS ĢEOMORFOLOĢISKAIS UN ĢEOLOĢISKAIS RAKSTUROJUMS	36
2.1. Kalna, Ķeru un Zilais purvs	36
2.2. Pantenes purvs	42
2.3. Puikules purvs.....	46
3. MATERIĀLI UN METODES	49
3.1. Kūdras sadalīšanās pakāpes un botāniskā sastāva analīze	52
3.2. Putekšņu un sporu analīze.....	54
3.3. Citu mikroskopisko atlieku identificēšana.....	55
3.4. Makroskopisko atlieku analīze	56
3.5. Karsēšanas zudumu analīze	56
3.6. Nogulumu vecuma noteikšana ar ¹⁴ C metodi	56
3.7. Radioaktīvā oglekļa datējumu kalibrācija.....	57
3.8. Datu apstrāde ar datorprogrammu Tilia 1.5.12.....	57
3.9. Putekšņu datu izmantošana paleoveģētācijas modelēšanā.....	58
4. REZULTĀTI UN TO INTERPRETĀCIJA	61
4.1. Pantenes purvs.....	61
4.2. Zilais purvs	72
4.3. Kalna purvs	79
4.4. Ķeru purvs.....	87
4.5. Puikules purvs.....	93
5. DISKUSIJA	104
5.1. Pētīto purvu attīstība un nogulumu uzkrāšanās apstākļu izmaiņas	104
5.2. Nogulumu uzkrāšanās ātruma izmaiņas holocēnā	106
5.3. Holocēna nogulumu stratifikācija	108
5.3.1. <i>Agrais holocēns</i>	109
5.3.2. <i>Liecības par aukstuma periodu pirms 8200 kal.g.p.m.</i>	111
5.3.3. <i>Vidējais holocēns</i>	117
5.3.4. <i>Vēlais holocēns</i>	118
5.4. REVEALS modeļa izmantošana paleoveģētācijas rekonstrukcijās	120
SECINĀJUMI	124
PATEICĪBAS	126
LITERATŪRA	127

IEVADS

Kvartāra perioda jaunākajā epohā - holocēnā, kas aptver aptuveni pēdējos 11700 gadus (Lowe et al., 2008; Walker et al. 2009; Cohen et al., 2012; Walker et al., 2012), daudzviet pasaulē ir veidojušies organogēnie nogulumu, tai skaitā koraļļu rīfi, diatomīti, saldūdens kaļķi, gitija, kūdra, daļēji arī okers un purva fosfāti. To veidošanās laikā uzkrājušās augu un dzīvnieku atliekas spēj saglabāties gadu tūkstošiem ilgi, tādejādi sniedzot informāciju par nogulumu uzkrāšanās apstākļiem un to izmaiņām. Šīs liecības vislabāk saglabājas gitijā un kūdrā, kas ir plaši izplatīti kontinentālos apstākļos veidojušies holocēna organogēnie nogulumu. Tādejādi, purvu un bieži vien zem tiem esošo ezeru nogulumu pētījumu rezultāti ļauj rekonstruēt nogulumu uzkrāšanās vides izmaiņas holocēnā (Aaby, 1986; Barber, Langdon, 2001; Chambers, Charman, 2004; Chambers et al., 2012).

Ņemot vērā to, ka purvu un ezeru nogulumu slāņi galvenokārt uzkrājas secīgi jaunākajam pārklājot vecāko, tie ir sava veida ģeoloģisko notikumu liecību arhīvs. To stratigrāfija un pagātnes notikumu rekonstrukcija ir nozīmīga, lai izprastu nogulumu uzkrāšanās ģeoloģiskos procesus holocēnā (Nomals, 1930a; Mauquoy et al., 2002; Chambers, Charman, 2004).

Pētījuma aktualitāte

Vieni no pirmajiem sistemātiskajiem purvu nogulumu pētījumiem tika veikti 20. gadsimta sākumā Zviedrijā, kad L. von Posta vadībā tika veikta purvu apsekošana, ģeoloģiskā urbšana, paraugu ņemšana Zviedrijas dienvidu, vidus un austrumdaļas purvos, noteikta kūdras izplatība un īpašības (von Post, Granlund, 1926; Schoning, 2012).

Arī Latvijā purvu nogulumu pētījumi aizsākās 20. gadsimta sākumā, kad 1912. gadā P. Nomals tika iecelts par Krievijas Zemkopības ministrijas pakļautībā esošās Baltijas hidrotehniskās nodaļas Purvu pētīšanas laboratorijas ierīkotāju un vadītāju. Jau pirms Pirmā pasaules kara Latvijas teritorijā kūdra tika iegūta 324 purvos, kas liecina par tās pētījumu nepieciešamību un nozīmību (Šnore, 2004). 1919. gadā Latvijas Universitātes Lauksaimniecības fakultātē tika nodibināta Purvu mācību un purvu izmantošanas katedra, bet sistemātiska purvu izpēte tika uzsākta 1926. gadā, kad Latvijas Universitātes purvu un kūdras pētīšanas laboratorija profesora P. Nomala vadībā ar Zemkopības ministrijas atbalstu, sāka sistemātiskas apsekošanas darbus lielākajās kūdras atradnēs (Lācis, 2010). Uzsākot sistemātiskos pētījumus, kūdras paraugiem laboratorijā noteica botānisko sastāvu, sadalīšanās pakāpi, pelnu procentuālo saturu un pH (Nomals, 1930b). Pētījumu rezultāti par 149 purviem tika apkopoti trīs publikācijās pārskatu un kūdras fonda veidā: Kurzemes, Zemgales, kā arī Vidzemes un Latgales purvu apskats (Nomals, 1930b; 1936; 1943). Šo pētījumu rezultāti ir nozīmīgi vēl mūsdienās.

Pilnveidojot purvu nogulumu pētījumu metodiku, gan Ziemeļeiropā, gan arī Baltijas valstīs kopā ar kūdras citām kūdras analīzēm sāka pielietot arī sporu-putekšņu analīzi. Latvijā pirmos nozīmīgos pētījumus 20. gadsimta pirmajā pusē veikuši P. Galenieks un M. Galeniece (Liniņa), kas savas zināšanas un prasmes ir papildinājuši, stažējoties pie ievērojamiem paleobotāniķiem Eiropā, arī pie zviedru purvu pētnieka un putekšņu metodes

pamatlicēja un attīstītāja L. von Posta. Viņu pētījumi par mežu un purvu attīstības vēsturi (Galenieks, 1931; 1935; Galenieks, 1936) joprojām kalpo par holocēna nogulumu stratificēšanas pamatu Latvijā. Kopš tā laika ir veikti daudzi holocēna nogulumu paleobotāniskie pētījumi, kuru rezultāti visbiežāk izmantoti nogulumu stratificēšanai, to veidošanās apstākļu un vecuma noskaidrošanai, kā arī holocēna veģetācijas attīstības rekonstruēšanai. Kā nozīmīgi pētījumi, kuri balstās uz paleobotānisko pētījumu rezultātiem, minami M.Galenieces (1931; 1935), P.Nomala (1936; 1937; 1939; 1943), kā arī I. Danilāna (1955; 1957; 1963; 1973), T.Bartošas (1959; 1976a; 1976b) un V. Segliņa (2000; 2001a, 2001b, 2001c) darbi. Tai skaitā kā būtiski nozīmīgs minams V. Segliņa darbs „Latvijas holocēna nogulumu sporu un putekšņu diagrammu katalogs” (Segliņš, 2001), kurā apkopotas līdz 2000. gadam sagatavotās sporu-putekšņu diagrammas, no kurām daļai kaut arī ir tikai vēsturiska nozīme, tomēr sniedz ieskatu par nogulumu uzkrāšanās laiku un apstākļiem konkrētā griezuma vietā.

Līdz šim Latvijā holocēna ģeoloģisko notikumu un paleoveģetācijas rekonstruēšanai izmantoja galvenokārt paleobotānisko pētījumu metožu, visbiežāk tieši sporu-putekšņu analīzes rezultāti, kas parāda koku un krūmu putekšņu procentuālās attiecības (Galenieks, 1935; Danilāns, Stelle, 1971; Danilāns, 1995; Segliņš, 2000; Lācis, Kalniņa, 1998; Segliņš, 2000; Segliņš et al., 1999; Pakalne, Kalnina, 2005). Mūsdienās pētījumos ļoti plaši tiek veikta nogulumu vecuma noteikšana, izmantojot radioaktīvā oglekļa ^{14}C datēšanu, kas kopā ar dažādu analīžu datiem (putekšņi, augu makroskopiskās atliekas, diatomejas, u.c.), dod iespēju precīzāk noteikt holocēna vides izmaiņu laiku. Ziemeļeiropā pēdējos gadu desmitos veikti daudzi holocēna purvu un ezeru nogulumu uzkrāšanās apstākļu, sastāva izmaiņu un paleoveģetācijas liecību starpdisciplinārie pētījumi (Veski, 1998; Seppä, Poska, 2004; Mayewski et al., 2004; Jackson, 2009; Gaillard et al., 2010; Wanner et al., 2011; Balakauskas, 2012), to rezultātu kopums un dažādās pieejas to interpretācijai sniedz jaunu informāciju stratigrāfiskajos, paleoveģetācijas un paleoklimata pētījumos, ļauj pārvērtēt līdzšinējos priekšstatus par nogulumu uzkrāšanās apstākļiem un veikt korekcijas nogulumu stratificēšanā.

Analizējot Latvijā agrāk veikto nogulumu sporu-putekšņu pētījumu rezultātus, konstatēts, ka daļai no tiem ir tikai vēsturiska vērtība, jo, kā jau to savā darbā minējis V. Segliņš (2001), ievērojamam skaitam putekšņu diagrammu nav iespējams droši noteikt pētītās vietas ģeogrāfisko piesaisti. Bieži vien šīm diagrammām nav pietiekoši detaļa nogulumu apraksta, ir identificēts neliels putekšņu daudzums vienā paraugā (100-200), nav veikta nogulumu absolūtā vecuma noteikšana, kā arī bieži vien nav izmantotas citas nogulumu bioloģiskā sastāva analīzes. Tādēļ, lai precīzāk rekonstruētu purvu nogulumu uzkrāšanos un to sastāva izmaiņas holocēnā, promocijas darbā tika veikti organogēno nogulumu pētījumi, izmantojot vairākas paleobioloģiskas metodes (kūdras botāniskā sastāva, sadalīšanās pakāpes, sporu-putekšņu, augu makroskopisko atlieku un citu mikroskopisko atlieku analīzes), kurās iegūto rezultātu kopums ļauj ticamāk interpretēt iegūtos rezultātus un atpazīt klimata izmaiņu notikumus holocēnā, kas ietekmējuši organogēno nogulumu daudzveidību un uzkrāšanās apstākļus.

Pētījumam izvēlēta Ziemeļvidzeme, kas šajā darbā ietver Metsepoles līdzenumu, Limbažu viļņoto līdzenumu, Augstrozes paugurvalni, Burtnieka līdzenumu un Ērgemes pauguraini. Minētā teritorija pētījumam izvēlēta tādēļ, ka Ziemeļvidzemes teritorijas reljefs

ir veidojies pēdējā apledojuuma un tā kušanas ūdeņu dažādas intensitātes darbības rezultātā, kas nosaka to, ka ezeru un purvu ieplakas atrodas dažādā hipsometriskā līmenī. Tas ietekmē organogēno nogulumu veidošanās sākumu un uzkrāšanās ātrumu, kas var būt atšķirīgi. Tādēļ Ziemeļvidzemē pētījuma teritorijas definētajās robežās tika meklētas dažādas pētījuma vietas, lai iegūtu plašāku informāciju par organogēno nogulumu uzkrāšanās apstākļu izmaiņām holocēnā. Pēdējos gadu desmitos holocēna nogulumu pētījumu rezultātā konstatēti pierādījumi straujai, salīdzinoši īslaicīgai (apmēram 200 gadu) epizodei ar temperatūras pazemināšanos saistītām klimata izmaiņām pirms holocēna klimatiskā optimuma sākuma, kas, iespējams, ietekmējusi arī purvu attīstības un kūdras uzrāšanās procesus. Pierādījumi par šo notikumu, kas tiek dēvēts par 8200 notikumu, konstatēti gan pētīt Grenlandes ledus urbumu serdes (Dansgaard et al., 1993; O'Brien et al., 1995), gan arī atpazīti ezeru un purvu nogulumos (Von Grafenstein et al., 1998; Veski et al., 2004; Seppä et al., 2007; Yeloff, et al., 2007).

Plānojot pētījumu, tika ņemts vērā, ka iegūtos datus varēs korelēt ar Igaunijas dienviddaļā un Latvijas austrumdaļā veiktajiem detalizētajiem purvu un ezeru nogulumu pētījumiem (Sarv, Ilves, 1972; Niinemets, Saarse, 2006; Heikkila, Seppä, 2010; Amon et al., 2012; Veski et al., 2012), kas ļaus precīzāk atpazīt un rekonstruēt organogēno nogulumu sastāva un uzkrāšanās apstākļu izmaiņas ne tikai Ziemeļvidzemes purvos, bet ļaus spriest par to, vai šādas izmaiņas notikušas arī plašākā reģionā.

Promocijas darba mērķis:

Izmantojot paleobioloģisko pētījumu rezultātus, raksturot un stratificēt holocēna organogēnos nogulumus purvos un noskaidrot to uzkrāšanās apstākļu izmaiņas Ziemeļvidzemē.

Mērķa sasniegšanai izvirzītie galvenie darba uzdevumi:

1. apzināt, analizēt un izvērtēt publicētos un nepublicētos materiālus par holocēna organogēnajiem nogulumiem, to stratigrāfisko iedalījumu, nogulumu sastāva un klimata izmaiņu liecībām purvos, lai izvēlētos pētījuma vietas un darba mērķa sasniegšanai nepieciešamās pētījumu metodes;
2. veikt organogēno nogulumu pētījumus izvēlētajos purvos Ziemeļvidzemē, ģeoloģisko un paleobioloģisko pētījumu rezultātu apstrādi;
3. pēc iegūtajiem datiem raksturot un stratificēt nogulumus purvos, noskaidrot to sastāva izmaiņas un purvu attīstības gaitu;
4. noskaidrot, kādas nogulumu uzkrāšanās apstākļu izmaiņas ir ietekmējušas Ziemeļvidzemes purvu ģeoloģisko attīstību un nogulumu sastāva mainību;
5. izanalizēt, kā iegūtie paleobioloģiskie dati pētītajos nogulumos ļauj atpazīt vienlaicīgas nogulumu apstākļu izmaiņas to uzkrāšanās laikā Ziemeļvidzemē;
6. veikt holocēna Ziemeļvidzemes organogēno nogulumu stratificēšanu;
7. izanalizēt agrākos pētījumos sastādītās putekšņu diagrammas un novērtēt to iespējamo pielietojumu.

Aizstāvēšanai izvirzītās tēzes

- 1) Pētīto griezumu nogulumu sastāva izmaiņās un putekšņu spektros ir labi atpazīstams 8200 notikums.
- 2) Augsto purvu nogulumu sastāva un sporu-putekšņu spektru izmaiņas norāda uz vairākām klimata pavēsināšanās epizodēm vēlajā holocēnā.
- 3) Citas mikroskopiskās atliekas (rizopodi, oglītes, aļģes, faunas atliekas) var tikt izmantotas kā nogulumu uzkrāšanās apstākļu indikatori, īpaši gadījumos, ja nogulumos nav saglabājušās sporas, putekšņi un augu makroskopiskās atliekas.

Pētījuma novitāte

Disertācijā veikti purvos uzkrājušos holocēna organogēno nogulumu detāli pētījumi, kuru rezultātu kopums ļauj raksturot nogulumus un precīzāk noskaidrot, kā holocēna klimata izmaiņas ietekmējušas šo nogulumu raksturu un uzkrāšanās gaitu.

Latvijā pirmoreiz veikti citu mikroskopisko atlieku pētījumi, kuru rezultāti izmantoti holocēna nogulumu uzkrāšanās apstākļu noskaidrošanā, kā arī noteikti un raksturoti nogulumu sastāvu un uzkrāšanās intensitāti ietekmējošie aukstuma un siltuma notikumi holocēnā Ziemeļvidzemē.

Izmantojot REVEALS modeli, iegūts precīzāks priekšstats par mežu un purvu veģetācijas sastāva izmaiņām un izplatību holocēnā Ziemeļvidzemē.

Pētījuma rezultātu aprobācija

Pētījumu rezultāti apkopoti 7 zinātniskās publikācijās, sniegts 21 ziņojums starptautiskās un 14 ziņojumi vietējās konferencēs.

Zinātniskās publikācijas

1. **Ozola, I.**, Ceriņa, A., Kalniņa, L., 2010. Reconstruction of palaeovegetation and sedimentation conditions in the area of ancient Lake Burtnieks, northern Latvia. *Estonian Journal of Earth Sciences*, 59, pp. 164-179.
2. **Ozola, I.**, Ceriņa, A., Kalniņa, L., 2010. Paleoveģetācijas attīstība Burtnieka senezerā un tā apkārtnē pie Pantenes. *Grām. Latvijas Universitātes raksti, Zemes un vides zinātnes*. 752. sējums. LU, 75.-87.lpp.
3. **Ozola, I.**, Kalnina, L., Ratniece, V., 2012. The holocene vegetation reconstruction from mire and lake sediments in North Eastern Latvia using pollen records. *Peatlands in Balance. Proceedings of the 14th International Peat congress, Extended abstract No. 316*, Sweden, pp. 1-6.
4. Kalnina, L., Cerina, A., **Ozola, I.**, Grudzinska, I., Pujate, A., Kuske, E., 2012. Fen and raised bog development in the areas of former Littorina sea lagoons at the Coastal Lowland of Latvia. *Peatlands in Balance. Proceedings of the 14th International Peat congress, Extended abstract No. 320*, Sweden, pp. 1-6.
5. Kalnina, L., Cerina, A., **Gorovneva, I.**, Berzins, V., 2008. Stone Age settlements on peatlands in Latvia. In Farrell, C., Feehan, J. (eds.), *After Wise Use-The Future of Peatlands. Proceedings of the 13th International Peat Congress, June 8-13, 2008: Volume 1*. Tullamore, Ireland, pp. 539-572.

6. Kalniņa, L., Kuške, E., Cerina, A., **Ozola, I.**, Stivriņš, N., 2009. Stop 9. Seda Mire-postglacial paludification and development of mires in Latvia. In Kalm, V., Laumets, L., Hang, T. (eds.), *Extent and timing of the Weichselian Glaciation southeast of the Baltic Sea. The INQUA Peribaltic Working Group Field Symposium in southern Estonia and northern Latvia, September 13–17, 2009: Abstracts & Guidebook*. Tartu Ülikooli Kirjastus, Tartu, pp. 82-85.
7. **Ozola, I.**, Ratniece V., 2013. Palaeoenvironmental changes and geological development of the Puikule Mire. In: Mire and lake investigations. (Pieņemts publicēšanai).

Ziņojumi un tēzes starptautiskās konferencēs

1. **Ozola, I.**, Cerina, A., Kalnina, L., 2010. Diversity of landscape during the Stone Age in the vicinity of Lake Burtnieks, Northern Latvia. *8th European palaeobotany-Palynology Conference, July 6-10, 2010: Programm and Abstracts*. Budapest, Hungary, pp. 183-184.
2. **Ozola, I.**, Stivriņš, N., Kuške, E., Kalniņa, L., 2010. REVEALS modeļa izmantošana paleoveģētācijas rekonstrukcijai-metodes kritēriji un pirmie rezultāti. *Daugavpils Universitātes 52. starptautiskā zinātniskās konferences referātu tēzes*. Daugavpils, Daugavpils Universitāte, 39.-40.lpp.
3. **Ozola, I.**, Cerina, A., Kalnina, L., Apsite, L., Berzins, V., 2010. Archaeobotanical studies in the lake Burtnieks area, Northeastern Latvia. In Bittmann, F. (ed.), *15th International Conference of the International Work Group for Palaeoethnobotany, TERRA NOSTRA-Schriften der GeoUnion Alfred-Wegener-Stiftung, Volume 2, 2010*. Lower Saxony Institute for Historical Coastal Research, Berlin, pp.161.
4. **Ozola, I.**, Kalnina, L., Ratniece, V., 2012. The holocene vegetation reconstruction from mire and lake sediments in North Eastern Latvia using pollen records. Peatlands in Balance. *14th International Peat congress, June 3-8, 2012: Abstract No. 316*. Sweden, pp. 63.
5. Ratniece, V., **Ozola, I.**, 2012. Palaeoenvironment changes and geological development of the Puikule Mire 2012. In Pakalne, M. (ed.), *Raised Bog seminar Sharing expertise on Raised Bog management, July 23-25, 2012: Abstracts and Field guide*. University of Latvia, Riga, p. 91.
6. Kalnina, L., **Gorovņeva, I.**, Kuške, E., Silamiķele, I., 2008. Mire stratigraphy in Latvia. In Hints, O., Ainsaar, L., Mannik, P., Meidla T. (eds.), *The seventh Baltic stratigraphical conference. May 17-28, 2008: Abstracts & Field guide*. Tallinn, Estonia, p. 31.
7. Kuške, E., Kalniņa, L., **Gorovņeva, I.**, Silamiķele, I., 2008. Reconstruction of mire development according paleobotanical data. *12th International Palynological Congress, 8th International organisation of paleobotany conference, Bonn, Germany, August 30-September 05, 2008*, p. 153.
8. **Gorovņeva, I.**, Kalnina, L., Cerina, A., 2009. Reconstruction of paleovegetation and sedimentation conditions in the north-eastern area of ancient Burtnieks Lake In Kalm, V., Laumets, L., Hang, T. (eds.), *Extent and timing of the Weichselian Glaciation southeast of the Baltic Sea. The INQUA Peribaltic Working Group Field Symposium in southern Estonia and northern Latvia, September 13–17, 2009: Abstracts & Guidebook*. Tartu Ülikooli Kirjastus, Tartu, pp. 15-16.
9. Silamiķele, I., Kuske, E., Kalnina, L., **Gorovņeva, I.**, Namatēva, A., 2009. Changes in botanical and pollen composition in vertical and horizontal sections of raised bogs. In Panajiotidis, S., Syropoulou, E. (eds.), *Pollen Monitoring Programme, 7th*

- International meeting. Taxiachis-Chalkidiki, April 22-27, 2009: Volume of abstracts. Poster presentations. Greece, Thessaloniki, pp. 73-75.*
10. Kalnina, L., Lācis, A., **Gorovņeva, I.**, Kuške, E., Silamiķele, I., Namatēva, A., 2008. Geological history of mires in Latvia. *International seminar „Raised Bog Conservation and Management”* June 30-July 4, 2008, Lielupe, Latvia, p.11.
 11. Kalnina, L., **Gorovņeva, I.**, Ceriņa, A., Bērziņš, V., 2008. Mires and Stone Age Man. *International seminar „Raised Bog Conservation and Management”* June 30-July 4, 2008, Lielupe, Latvia, p.12.
 12. Silamiķele, I., Kalniņa, L., Kuške, E., **Gorovņeva, I.**, 2008. Some aspect of the changes in botanical composition in vertical and horizontal section of bogs. *Baltijas botāniķu 22.ekspedīcija, 14-17 jūlijs, 2008: Abstract. 23.* Daugavpils, Latvija, pp. 24-26.
 13. Kalniņa, L., **Gorovņeva, I.**, Ceriņa, A., Zvagina, I., Silamiķele, I., 2008. Water chestnut *Trapa natans* pollen from lake sediments in Latvia. *12th International Palynological Congress, 8th International organisation of palaeobotany conference, Bonn, Germany, August 30-September 05, 2008: Abstract volume*, Terra Nostra, p. 136.
 14. Kalnina, L., Kilups, J., Namateva, A., **Gorovņeva, I.**, Kuske, E., Silamikele, I., 2009. Geographical studies of mires in Nature Reserves and North Vidzeme Biosphere Reserve of Latvia. *EUGEO 2009 Congress "Challenges for the European Geography in the 21st Century" Second International Congress on the Geography of Europe. Programme. August 13-16, 2009: Abstracts.* Bratislava, Slovakia, p. 30.
 15. Cerina, A., Kalnina, L., **Gorovņeva, I.**, Apsite, L., Kuske, E., 2009. Plant macrofossil and pollen evidence of ecological changes in the Littorina lagoon sequence at the Priedaine, southern coast of the Gulf of Riga. *In Kalm, V., Laumets, L., Hang, T. (eds.), Extent and timing of the Weichselian Glaciation southeast of the Baltic Sea. The INQUA Peribaltic Working Group Field Symposium in southern Estonia and northern Latvia, September 13–17, 2009: Abstracts & Guidebook.* Tartu Ülikooli Kirjastus, Tartu, pp. 13-15.
 16. Kalnina, L., Cerina, A., Saulite, A., Apsite, L., **Gorovņeva, I.**, Grudzinska, I., 2009. Comparison of the vegetation records from the lagoonal lake sediments in Latvia. *In Kalm, V., Laumets, L., Hang, T. (eds.), Extent and timing of the Weichselian Glaciation southeast of the Baltic Sea. The INQUA Peribaltic Working Group Field Symposium in southern Estonia and northern Latvia, September 13-17, 2009: Abstracts & Guidebook.* Tartu Ülikooli Kirjastus, Tartu, pp. 24-26.
 17. Ceriņa, A., Apsīte, L., Bērziņš, V., Kalniņa, L., **Ozola, I.**, 2010. Vegetation change and human impact, as reflected in Littorina sea lagoonal deposits near the Priedaine archaeological site at the head of the Gulf of Riga (plant macroremains, pollen and wooden artefacts). *In Bittmann, F. (ed.), 15th International Conference of the International Work Group for Palaeoethnobotany, TERRA NOSTRA-Schriften der GeoUnion Alfred-Wegener-Stiftung, Volume 2, 2010.* Lower Saxony Institute for Historical Coastal Research, Berlin, pp.121.
 18. Kuske, E., Strautnieks, I., Kalnina, L., **Ozola, I.**, Silamikele, I., 2010. Changes of paleovegetation composition during the development of fens in Latvia. *8th European palaeobotany-Palynology Conference, July 6-10, 2010: Programm and Abstracts.* Budapest, Hungary, pp. 145-146.
 19. Kalniņa, L., Ceriņa, A., **Ozola, I.**, Apsīte, L., 2011. Paleobotanical records from the Raunis site. *In Lukševičs, E., Stinkulis, G., Vasiļkova, J. (eds.), The eight Baltic Stratigraphical Conference. Abstracts.* University of Latvia, Riga, pp. 32.

20. Kalniņa, L., Ceriņa, A., **Ozola, I.**, Grudzinska, I., Pujate, A., Kuske, E., 2012. Fen and raised bog development in the areas of former Littorina sea lagoons at the Coastal Lowland of Latvia. Peatlands in Balance. *14th International Peat congress, June 3-8, 2012: Abstract No. 320.* Sweden, p. 64.

Ziņojumi un tēzes vietējās konferencēs

1. Kuške, E., Kalniņa, L., **Ozola, I.**, Stivriņš, N., Grudzinska, I., Zeimule, S., Ratniece, V., 2013. Purvu veidošanās un attīstības raksturs Latvijā. *Latvijas Universitātes 71. zinātniskā konference. Ģeogrāfija. Ģeoloģija. Vides zinātne. Referātu tēzes.* Rīga, LU Akadēmiskais apgāds, 447.-449.lpp.
2. **Ozola, I.**, Ratniece, V., 2012. Veģetācijas rekonstrukcija balstoties uz REVEALS modeli un putekšņu datiem no purvu un ezeru nogulumiem. *Krāj. Ģeogrāfija. Ģeoloģija. Vides zinātne.* LU 70. zinātniskās konferences referātu tēzes. Rīga, LU Akadēmiskais apgāds, 344.-348.lpp.
3. Ratniece, V., **Ozola, I.**, 2012. Paleovides apstākļu izmaiņas Puikules purva attīstības gaitā. *Krāj. Ģeogrāfija. Ģeoloģija. Vides zinātne.* LU 70. zinātniskās konferences referātu tēzes. Rīga, LU Akadēmiskais apgāds, 365.-367.lpp.
4. **Ozola, I.**, 2012. Nogulumu pētījumi Burtnieka paleoezera ziemeļu daļā. *IV Latvijas Ģeogrāfijas kongress Ģeogrāfija mainīgajā pasaulē, 16.-17. marts, 2012: referātu tēzes.* Latvijas Ģeogrāfijas biedrība, Latvijas Universitāte, 13.-15.lpp.
5. **Ozola, I.**, Ratniece, V., 2011. Purva veidošanās apstākļu liecības Puikules purva nogulumos. *Krāj. Ģeogrāfija. Ģeoloģija. Vides zinātne.* LU 69. zinātniskās konferences referātu tēzes. Rīga, LU Akadēmiskais apgāds, 463.-464.lpp.
6. Kalniņa, L., Ceriņa, A., **Gorovņeva, I.**, 2007. Senā Burtnieka ziemeļdaļas paleoveģetācijas izmaiņas akmens laikmetā. *Krāj. Ģeogrāfija. Ģeoloģija. Vides zinātne.* LU 65. zinātniskās konferences referātu tēzes. Rīga, LU Akadēmiskais apgāds, 144.-146.lpp.
7. Kalniņa, L., **Gorovņeva, I.**, Kuške, E., 2008. Purvu veidošanās un attīstība Baltijas ledus ezera Vidzemes piekrastes austrumu malā. *Krāj. Ģeogrāfija. Ģeoloģija. Vides zinātne.* LU 66. zinātniskās konferences referātu tēzes. Rīga, LU Akadēmiskais apgāds, 198.-199.lpp.
8. Kalniņa, L., **Gorovņeva, I.**, Kuške, E., Diņķīte, A., 2008. Paleovides apstākļu un veģetācijas rakstura izmaiņas purvu attīstības gaitā. *Krāj. Ģeogrāfija. Ģeoloģija. Vides zinātne.* LU 66. zinātniskās konferences referātu tēzes. Rīga, LU Akadēmiskais apgāds, 258.-259.lpp.
9. **Ozola, I.**, Stivriņš, N., Kuške, E., Kalniņa, L., 2010. REVEALS modeļa izmantošana paleoainavu rekonstrukcijai-metodes kritēriji un pirmie rezultāti. *Krāj. Ģeogrāfija. Ģeoloģija. Vides zinātne.* LU 68. zinātniskās konferences referātu tēzes. Rīga, LU Akadēmiskais apgāds, 341.-343.lpp.
10. Zica, D., **Gorovņeva, I.**, Kalniņa, L., 2009. Purvu attīstības rekonstrukcija Baltijas ledus ezera krasta zonā, Vidzemes piekrastē. *Krāj. Ģeogrāfija. Ģeoloģija. Vides zinātne.* LU 67. zinātniskās konferences referātu tēzes. Rīga, LU Akadēmiskais apgāds, 265.-226.lpp.
11. Strautnieks, I., Kalniņa, L., Piese, I., **Gorovņeva, I.**, 2009. Ķužu ezera ieplakas un apkārtnes veidošanās un ģeoloģiskā attīstība. *Krāj. Ģeogrāfija. Ģeoloģija. Vides zinātne.* LU 67. zinātniskās konferences referātu tēzes. Rīga, LU Akadēmiskais apgāds, 251.-252.lpp.
12. Kalniņa, L., Ceriņa, A., **Gorovņeva, I.**, Apsīte, L., 2009. Paleoveģetācijas liecības par Rauņa paleobaseina attīstības apstākļiem leduslaikmeta beigu posmā un

- holocēnā. *Krāj. Ģeogrāfija. Ģeoloģija. Vides zinātne. LU 67. zinātniskās konferences referātu tēzes.* Rīga, LU Akadēmiskais apgāds, 194.-197.lpp.
13. Apsīte, L., Zaube, Ā., Kalniņa, L., **Ozola, I.**, 2011. Slēperu purva veidošanās un attīstība. *Krāj. Ģeogrāfija. Ģeoloģija. Vides zinātne. LU 69. zinātniskās konferences referātu tēzes.* Rīga, LU Akadēmiskais apgāds, 407.-408.lpp.
 14. Kalniņa, L., Bērziņš, V., **Ozola, I.**, Ceriņa, A., 2011. Akmens laikmeta ainavas Latvijā. *Apvienotā Pasaules Latviešu zinātnieku 3. kongresa un Letonikas 4. Kongresa referātu tēzes.* Rīga, LU Ģeogrāfijas un Zemes zinātņu fakultāte, 6.lpp.
 15. Kalniņa, L., Strautnieks, I., Ceriņa, A., Kuške, E., **Ozola, I.**, 2012. Ķūžu ezera un tā apkārtnes nogulumu paleobotāniskie pētījumi. *Krāj. Ģeogrāfija. Ģeoloģija. Vides zinātne. LU 70. zinātniskās konferences referātu tēzes.* Rīga, LU Akadēmiskais apgāds, 301-305.lpp.

Darbs sastāv no ievada, 5 nodaļām, secinājumiem, 43 attēliem, 14 tabulām, pētījumā izmantoti 289 literatūras avoti.

Promocijas darba pētījumi, veikti ar Eiropas Sociālā fonda projekta „Atbalsts doktora studijām Latvijas Universitātē” Nr. 2009/0138/1DP/1.1.2.1.2./ 09/IPIA/ VIAA/004; LU Pētniecības projekta Nr. 2007.ZP-87 „Skandināvijas ledus vairoga dienvidu malas iekšējās zonas vēlē Vislas posma deglaciācijas notikumu hronoloģijas pilnveidošana”; LZP projekta Nr. 09.1438. “Purvu stratigrāfija Latvijā: liecības par leduslaikmeta beigu posma un holocēna klimata izmaiņām un kūdras uzkrāšanos” un The NordForsk LANDCLIM 10 000 network “The past LAND cover - CLIMate Interactions in Europe over the last 10 000 years” finansiālo atbalstu.

1. HOLOCĒNA ORGANOGĒNO NOGULUMU PĒTĪJUMI

Holocēna organogēnie nogulumi, kas uzkrājas seklos ezeros un purvos, veido ar organiskajām vielām bagātus gitijas un kūdras slāņus. Gitija uzkrājusies kopš holocēna sākuma, tikko klimatiskie apstākļi bija pietiekoši ezeros mītošās floras un faunas intensīvai attīstībai, bet kūdras slāņi veidojas apstākļos, kad augu biomasas apjoms ir lielāks par organisko vielu sadalīšanos (Nomals, 1930b; Clymo 1965; Malmer 1986).

Purvu veidošanās sākums un attīstības apstākļi ir dažādi, ko nosaka purva veidošanās apstākļi-aizaugot sekļai ūdenstilpei vai pārpurvojoties minerālgruntij, kā arī purva ieplaku novietojums atšķirīgās reljefa formās (Nomals, 1930b; Overbeck, 1975). Purvu attīstības sākumā reljefa pazeminājumos pārmitrās vietās vai aizaugot sekļiem baseiniem visbiežāk uzkrājas zemā jeb zāļu tipa kūdras. Palielinoties kūdras slāņa biezumam, augi vairs nevar sasniegt ar minerālvielām bagātus ūdeņus, un tādēļ eitrofo augu sugas pakāpeniski nomaina mezotrofie augi, un daļa zemo purvu pakāpeniski ir pārveidojušies par pārejas, bet pēc tam arī par augstajiem purviem. Gan augstie, gan zemie purvi neatkarīgi no to stāvokļa mūsdienās (dabiski vai nosusināti) glabā informāciju par paleovides apstākļiem un veģetācijas izmaiņām to uzkrāšanās gaitā (von Post, 1924; Nomals, 1930b; Overbeck, 1975).

Mūsdienās purvu skaits Latvijā pārsniedz 9600, un tie ir izplatīti visā valsts teritorijā, bet to aizņemtās platības dažādos Latvijas dabas apvidos ir atšķirīgas (Lācis, 2010). Lielākie pēc platības ir augstā tipa purvi, kas atrodas Austrumlatvijas zemienē, Piejūras zemienē, Viduslatvijas zemienē un Ziemeļvidzemes zemienē. Daudzi purvi ir veidojušies, aizaugot sekļiem ezeriem, vecupju meandrām, bijušajām Litorīnas jūras lagūnām, kurās pēc jūras līmeņa pazemināšanās izveidojās sekli ezeri, kuri pakāpeniski aizauga, un to teritorijās izveidojās purvi. Visplašākās pārpurvotās teritorijas ir zemienēs ar viegli viļņotu reljefu, kurās kvartāra nogulumu segu galvenokārt veido mālainie nogulumi-morēna vai glaciolimniski māli (Lācis, Kalniņa, 1998).

1.1. Purvu nogulumu pētīšanas vēsture Latvijā

Senākās ziņas par purvu nogulumu pētījumiem ir no 18. gadsimta sākuma, kad tika izdoti pirmie raksti par kūdras ieguvu un tās izmantošanu kurināšanai un lauksaimniecības vajadzībām (Šnore, 2004). Taču šie pētījumi bija fragmentāri. Plašāki purvu nogulumu pētījumi tika uzsākti jau 1912. gadā, kad Latvijā ievērojamākais purvu pētnieks un purvu zinātnes pamatlicējs Pēteris Nomals tika iecelts par Krievijas Zemkopības ministrijas pakļautībā esošās Baltijas hidrotehniskās nodaļas Purvu pētīšanas laboratorijas izveidotāju un vadītāju. Jau pirms Pirmā pasaules kara Latvijas teritorijā kūdra tika iegūta 324 purvos, kas liecina par tās pētījumu nepieciešamību un nozīmību (Šnore, 2004). Taču pats P. Nomals atzīst, ka: „Latvijas purvu pētīšanas darbi ir uzsākti ar 1919. gadu un purvi ir pētīti visos novados. Līdz 1930. gadam, galvenā kārtā rekognoscēšanas veidā, ir izpētīti 557 lielākie purvi, kas apmēram 40% no visas Latvijas purvu platības” (Nomals, 1930b). Uzsākot sistemātiskos pētījumus, kūdras paraugiem laboratorijā noteica botānisko sastāvu, sadalīšanās pakāpi, pelnu procentuālo saturu un pH (Nomals, 1930b). Vēlāk, strādājot Latvijas Universitātē, no 1919. gada līdz 1939. gadam vadot Lauksaimniecība fakultātes Purvu un kūdras izmantošanas katedru, P. Nomals ir pētījis purvu ķīmiju un stratigrāfiju,

ūdens režīmu, nosusināšanas iespējas, kūdras sastāvu, kūdras agrotehniskās un tehnoloģiskās īpašības, kā arī purvu un kūdras izmantošanas problēmas vispār, izstrādājis pirmo Latvijas purvu karti. P.Nomals 40 gadus veltīja Latvijas purvu izpētei, kuru laikā iegūta informācija par 1149 purviem. Savā darbā „Skats Latvijas kūdras rūpniecībā” P. Nomals uzsver: „Latvijā gandrīz nav neviena pagasta, par novadiem ir nerunājot, kurā nebūtu kāds mazāks vai lielāks purvs” (Nomals, 1944). Viņš savu pētījumu rezultātus ir apkopojis daudzās publikācijās, no kurām ievērojamākās publikācijas: Kurzemes purvu apskats (Nomals, 1937), Vidzemes un Latgales purvu apskats (Nomals, 1943), kā arī viņa doktora disertācija „Ūdens, minerālvielu un slāpekļa daudzums un grupējums Latvijas purvos” (Nomals, 1930a) ir būtisks pamats turpmākajiem Latvijas purvu nogulumu pētījumiem. Vēlāk P. Nomals ir bijis Purvu institūta direktors (1940.-1941. g., 1944.-1946. g.) un LPSR Zinātņu akadēmijas Purvu zinību institūta direktors (1946. -1949.g.). Arī šai laikā viņš iesaistījās atsevišķu purvu detālā izpētē, kas sevī iekļauj topogrāfisku uzmērīšanu, kūdras nogulumu zondēšanu un paraugošanu regulārā tīklā, laboratorijas darbus, purva nosusināšanas iespēju izpēti. Darbu rezultātā tika sagatavoti projekti kūdras ieguvei, piemēram, projekti elektrostaciju būvei uz Sedas un Sārnavas purvu bāzes (Nomals, 1944). Viņa veiktie un vadītie Latvijas purvu nogulumu pētījumi ir svarīgi vēl mūsdienās un bieži tiek izmantoti ne tikai kā vēsturiska vērtība, bet kā mūsdienām atbilstošs metodisks līdzeklis.

Pēc Otrā pasaules kara pieauga pieprasījums pēc kūdras, ko izmantoja enerģētikā un lauksaimniecībā, kas noteica jaunu purvu izpēti un iepriekšējo izpētes datu apkopošanu. 1946. gada februārī no Zemes bagātību pētīšanas institūta Kūdras nodaļas izveidoja Latvijas PSR ZA Purvu institūtu, kurā tika sagatavots Latvijas PSR Kūdras fonds, kas ietvēra kūdras atradņu aprakstu un karti. Purvu pētījumu rezultāti tika apkopoti un 1962. un 1980. gadā sagatavotie Kūdras fondi tika publicēti. 1962. gadā izdots Kūdras fonds ietver informāciju par 5789 atradnēm administratīvajos rajonos, tai skaitā tika izmantota informācija par 844 P. Nomala agrāk pētītajām atradnēm. Kūdras fondā tika ievietota informācija arī par 162 atradnēm no dažādu izpētes un projektēšanas organizāciju arhīviem, norādot to atrašanās vietu, laukumu „nulles” un rūpnieciskā dziļuma (0,9 m) robežās, kūdras dziļumu-lielāko un vidējo, kūdras apjomu (m^3), kūdras īpašībām-botānisko sastāvu, sadalīšanās pakāpi (%), pelnu saturu (%), dabisko mitrumu (%), sausnas siltumspēju (kkal/kg), sausnas iznākumu (kg/t), pH, atradnes izmantošanu, noteku, izpētes veidu un gadu (Lācis, 2010). 1980. gadā izdots Kūdras fonds tika papildināts ar Latvijas kūdras atradņu shematisko karti mērogā 1: 400 000, kā arī kūdras atradņu shematiskām kartēm katram administratīvajam rajonam mērogā 1:100 000 (Lācis, 2010). Vēlāk, ņemot vērā izmaiņas kūdras resursu apjomā, 1996. gadā Latvijas Ģeoloģijas dienests apkopoja informāciju un izdeva apskatu „Rietumlatvijas kūdras resursi” (Lācis, 1996), kuram pievienota karte „Rietumlatvijas kūdras atradnes” mērogā 1:400 000.

Kopš 1980tajiem gadiem papildus veiktajiem meklēšanas darbiem katra rajona kādā purvā, lai raksturotu kūdras iegulu rašanās apstākļus un attīstību, tika noņemti paraugi sporu-putekšņu analīzēm, kā arī kūdras absolūtā vecuma noteikšanai (Lācis, 2010).

1.2. Augsto purvu nogulumu pētījumu nozīmība

Kūdra, it īpaši augstā tipa kūdra, jau kopš 19. gadsimta beigām tiek izmantota kā klimata un vides izmaiņu arhīvs, kad kūdras stratigrāfiskajos pētījumos Skandināvijā pirmoreiz tika veikta holocēna klimatostratigrāfija, izmantojot Blitta–Sernandera shēmu (Blytt, 1876; Sernander, 1908), kuras terminoģija Ziemeļrietumeiropā tika izmantota veselu gadsimtu. Tomēr, laika gaitā uzkrājoties jauniem datiem, zinātnieku uzskati par Blitta–Sernandera shēmu ir ievērojami mainījušies. Pētījumos iegūtā informācija norāda uz ievērojami sarežģītāku holocēna klimatisko apstākļu izmaiņu modeli, nekā tikai temperatūras un mitruma maiņu raksturojumu. Pēdējos gados starptautiska zinātnieku grupa (Chambers et al., 2012), analizējot agrāko pētījumu rezultātus, ir secinājuši, ka augsto purvu nogulumu izmantošanai paleoklimata pētījumos un rekonstrukcijās ir vairākas priekšrocības, jo augstie purvi barojas ar atmosfēras nokrišņiem un, tāpat kā ledus urbumi, uzkrāj un glabā informāciju par apstākļiem konkrētā slānīša uzkrāšanās laikā. F.M. Chambers un viņa kolēģi (Chamber et al., 2012) uzskata, ka augstā purva nogulumiem ir trīs priekšrocības salīdzinājumā ar citiem vides arhīviem:

a) tie ir plaši izplatīti visā pasaulē, tie ir vieglāk pieejami un tajos ir vieglāk iegūt paraugus (salīdzinājumā, piemēram, ar ledus urbumiem);

b) kūdra pārsvarā sastāv no autohtona organiskā materiāla, tāpēc tai var veikt radioaktīvā oglekļa datēšanu, iegūstot kvalitatīvākas hronoloģijas līknes, salīdzinājumā, piemēram, ar ezera nogulumiem bez varvēm;

c) tie ir izolēti no gruntsūdeņiem (piemēram, salīdzinājumā ar ezera un piekrastes nogulumiem) un „uztver” atmosfēras signālu.

Tādejādi, augstie purvi ir vērtīgs paleovides liecību arhīvs, kas ļauj pētīt paleovides izmaiņas (Chamber et al., 2012). Tomēr šim uzskatam var piekrist tikai daļēji, jo, kad kupols tuvojas vertikālās augšanas kritiskajam līmenim, sākas augsto purvu izplešanās un kūdras lēna slīdēšana pa nogāzi (Nomals, 1936; von Post, 1946; Overbeck, 1975; Markots et al., 1993). Lielajos purvos ar vienu vairākiem kupoliem lejupslīdošo kustību rezultātā bieži vien var tikt deformēts slāņu sagulums, izjaukta to secība, tādēļ, izvēloties paraugu ņemšanas vietu sporu-putekšņu analīzei, ir jāpievērš liela uzmanība kūdras slāņu saguluma raksturam. Kaut arī viena no kūdras vissvarīgākajām īpašībām ir tās uzkrāšanās noteiktā secībā (Lowe, 2011), izņemot gadījumus, kad notikusi kūdras slīdēšana un slāņu plīšana, tomēr tieši šo minēto gadījumu dēļ, izvēloties nogulumus paleoekoloģiskiem pētījumiem, ir ļoti rūpīgi jānovērtē, vai slāņi, no kuriem tiek ņemti paraugi, ir „*in situ*”, vai tie nav pārvietoti vai deformēti (Aaby, 1986; Kalniņa, 2008).

Kūdras augšējie slāņi (bieži līdz 20 cm dziļumam sfagnu kūdrā) tiek periodiski aerēti un appludināti, atkarībā no ūdens fluktuācijas rakstura. Aerācijas laikā pastiprinās sadalīšanās procesi, kas veicina augāja materiāla noārdīšanos aerācijas zonā. Augu atliekas un vielas, kas viegli sadalās, tiek noārdītas vispirms un vēlāk tiek izmantotas kā enerģijas materiāls to sadalītājorganismiem, galvenokārt sēnēm un baktērijām. Turpinoties aerācijas zonas ietekmei, putekšņu sastāvdaļas sadalās, turpretim visizturīgākais to elements-ekzīna, kas satur sporopolinēnu, šādos apstākļos saglabājas (Twiddle, Bunting, 2010). Sadalīšanās pakāpe un tempi, pieaugot dziļumam, pakāpeniski samazinās un, iestājoties pastāvīgiem anaerobiem apstākļiem, sadalīšanās vairs nenotiek (Clymo, 1965; Moore, Webb, 1978).

Mikroskopiskās fosilijas akumulējas purva nogulumu slānī satrūdējušu augu detrītu matricē, uzkrājoties atbilstošajā nogulumu slānī. Kūdras turpmākā akumulācija veicina zemāko slāņu pastiprinātu sablīvēšanos un reizēm arī saguluma deformēšanos (Nomals, 1930b; Moore, Webb, 1978). Šī īpatnība sevišķi ir raksturīga augstajiem purviem, kuros parasti notiek augošā kūdra kupola kompensējošā iegrimšana, kura izraisa apakšējā pārejas un zemā purva kūdras pagulslāņa noblīvēšanos (von Post, 1924; Nomals, 1938). Šis faktors, kā arī purva nelīdzenā virsma, liecina par kūdras slāņu ievērojamām laterālām struktūras izmaiņām purvā (Stewart, Durno, 1969). Par šādiem procesiem un kūdras slāņu pārrāvumiem un nobīdēm var liecināt kūdras sadalīšanās pakāpes un botāniskā sastāva izmaiņas, gan arī putekšņu līkņu fluktuācijas diagrammās. Lai gan putekšņu vertikālās kustības anaerobā un blīvā vidē ir praktiski neiespējamas, tomēr pastāv varbūtība, ka vertikālās kustības notikušas kūdras veidošanās agrākajās stadijās (Nomals, 1930a,b; Overbeck, 1975; Tjuremnov, 1976), ko varēja ietekmēt purva gruntsūdens līmeņa fluktuācijas, kad kūdras sadalīšanās un sablīvējums bija neliels.

1.2. Aizaugušo ezera nogulumu uzkrāšanas apstākļu rekonstrukcijas

Arī ezeru nogulumu ir paleovides apstākļu izmaiņu liecību arhīvi, jo arī tie atspoguļo bioloģisko, ķīmisko un fizisko komponentu akumulāciju ezerā un tā apkārtnē un var liecināt par vides izmaiņām ilgākā vai īsākā laika periodā. Ezeros, kas atrodas reģionos, kurus nav skārusi ledāju darbība, nogulumu ir uzkrājušies jau miljoniem gadu. Teritorijās, kuras ir klājis pēdējais apledojums, piemēram, lielā daļā Ziemeļamerikas un Eiropas, ezeru nogulumu bieži vien uzkrājušies tikai holocēnā (Last, Smol, 2001). Organogēnie nogulumu ezerā veidojas galvenokārt no tur augošo augu un mītošās faunas atliekām, kā arī putekšņiem, kas nokļūst baseinā no atmosfēras un no apkārtējiem reģioniem ar virszemes ūdeņiem (Bennett, Willis, 2001).

Pēc M.Deivisas (Davis, 1968) pētījumiem ezeru nogulumos putekšņu uzkrāšanās nav vienmērīga visu gadu un parasti notiek, kad ezers nav aizsalis. Vasaras mēnešos, kad temperatūra ūdens virsējās slāņos ir augstāka, nogulumu virsmas sajaukšanās ir neliela, taču, pazeminoties temperatūrai un pieaugot vēja darbībai rudenos, nogulumu slāņojums var tikt izjaukts un nogulumu var pārgulsnēties. Virsējo slāņu erozija parasti ir stiprāka seklos ūdeņos tuvāk ezermalai, turpretim sekliem ezeriem pārgulsnēšanās raksturīga visā baseinā. Rezultātā iegūtā baseina nogulumu serdē katra konkrētā gada putekšņu kopa ir sajaukta ar iepriekšējo gadu putekšņiem (Davis, 1968).

Paleolimnoloģiskajos pētījumos, lai rekonstruētu veģetācijas un temperatūras izmaiņas, tiek pētīti vairāki bioloģiskie indikatori, ieskaitot aļģes, aļģu pigmentus, zooplanktona dzīvnieku kladoceru (*Cladocera*) un insektu atliekas, kā arī izmantoti dati, kas iegūti par putekšņiem un insektiem, kas ar vēju vai ūdeņiem ir ienesti ezerā no apkārtnes (Digerfeldt, 1986; Digerfeldt, Hakansson, 1993).

1.3. Putekšņu analīzes pielietojums holocēna nogulumu stratificēšanā

Purva un ezera nogulumu pētījumos plaši pielieto biostratigrafiskās metodes, un pēc iegūtajiem rezultātiem tiek rekonstruētas veģetācijas un klimata izmaiņas holocēnā un ledus laikmeta beigu posmā. Viena no plaši pielietotām pētījuma metodēm ir putekšņu

analīze, kuras rezultāti bieži izmantoti arī holocēnu nogulumu stratificēšanai (Danilāns, 1973; Segliņš, 2002).

Jau 19. gs. tā saucamās paleo–floristikas skolas pārstāvji veica kvartāra veģetācijas un klimata izmaiņu pētījumus, identificējot atsevišķas fosilijas (Erdtman, 1954). Tajā pašā laikā cita, paleo–fiziognomikas skola mēģināja pētīt klimata izmaiņas, rekonstruējot senās augu kopas un pēc to izmaiņām izdarot secinājumus par klimatiskajiem apstākļiem pagātnē. Šo skolu pārstāvji bija Gunars Andersons (Gunnar Andersson) un Rutgers Sernanders (Rutger Sernander) (von Post, 1946).

Līdz ar mikroskopa izgudrošanu 17. gadsimtā tika veikti pirmie pētījumi, kas bija saistīti ar putekšņu morfoloģijas izziņāšanu. Pētnieki 18. un 19. gs. atklāja, ka dažādām augu dzimtām un sugām atbilst dažādas putekšņu formas. Šveices ģeologs J. Frī bija pirmais, kurš pētīja kūdrā esošos putekšņus un 1885. gadā savus pētījumu rezultātus apkopoja grāmatā "Kritische Beitrage zur Kenntnis der Torfes". Tika atklāts, ka pat tik mazas fosilijas, kuru izmēri ir 20-40 μm, ir iespējams atpazīt ar pietiekami lielu precizitāti. Šis atklājums un secinājums, ka kvartāra nogulumos ir liels putekšņu daudzums, ļāva saprast, ka putekšņi nozīmīgi paleoveģetācijas attīstības izpētei un rekonstrukcijai (Erdtman, 1954).

Jau 20. gadsimta sākumā tika uzsākta kūdrā esošo putekšņu kvantitatīvās uzskaites veidošana. Rietumeiropā viens no pirmajiem putekšņu pētniekiem bija zviedru mikropaleobotāniķis G. Lagerheims (Lagerheim), kura rezultātus publicēja vairāki pētnieki H. Vite (Witte), F. Holsts (Holst), J. Samuelsons (Samuelson), J.R. Sernanders (Sernander) un von Posts (von Post). Tieši izmantojot G. Lagerheima rezultātus, zviedru botāniķis un kūdras pētnieks Lenarts von Posts saskatīja mikroskopisko fosiliju analīzes pielietojumu stratigrāfijā un 1916. gadā lika pamatus šai kvantitatīvajai putekšņu analīzei Skandināvijas zinātnieku sanāksmē Oslo, iepazīstinot ar pirmo moderno procentuālo (kvantitatīvo) putekšņu analīzi (von Post, 1916). Tās rezultāti ļāva nosacīti datēt un korelēt dažāda sastāva (minerālos, organogēnos) un ģenēzes (ezera, purva, jūras, upju) nogulumus. Viņam radās ideja putekšņu spektru parādīt kā saskaitīto putekšņu summu izteiktu procentos un atainotu stratigrāfiskajā diagrammā, kur putekšņu spektrs ir novietots pret tā stratigrāfisko pozīciju nogulumos. Von Posts parādīja līdzības putekšņu diagrammās no mazām teritorijām un atšķirības starp lielām teritorijām. Līdz ar to viņš bija spējīgs veģetācijas pētījumiem pievienot arī laika dimensiju (Erdtman, 1954; Birks, Birks, 1980). Tikko von Posta metode kļuva plaši pazīstama un pielietota Skandināvijā, tā sāka izplatīties arī pārējā Eiropā, tai skaitā Baltijas valstīs. To veicināja arī 1921. gadā angļu valodā publicētā G. Erdtmana disertācija, kas bija pirmais lielākais analītiskais darbs par putekšņu analīzi un iegūtajiem rezultātiem. Nākošo 5 gadu laikā raksti par putekšņu pētījumiem tika publicēti arī citās valstīs Eiropā, tai skaitā 1925. gadā Tomsons Igaunijā un P. Galenijs Latvijā (Faegri, 1973). Līdz 1930. gadam putekšņu analīzes izmantoja galvenokārt purvu un ezeru nogulumu pētīšanā. Purvu pētnieku un botāniķu panākumi pamudināja kvartārģeologus putekšņu analīzi izmantot arī citu nogulumu pētījumos. Līdz ar putekšņu analīzes plašāku pielietojumu strauji attīstījās arī analīžu metodika, paraugu apstrāde laboratorijā. Par nopietnu fosilo putekšņu pētījumu sākumu jāmin 19. gs. 40-tie gadi. Lieli nopelni šeit ir krievu zinātniekam V.P. Gričukam, kas devis jaunu minerālu nogulumu apstrādāšanas

metodi - centrifugēšanu (Pokrovskaja, 1950). Ziemeļ- un Rietumeiropā metodes izstrādāšanā un attīstībā daudz darījuši G. Erdtmans, T. Nilsons, K.Faegri, J.Iversens u.c.

Latvijā putekšņu analīzes pamatlicēji bija Marija Liniņa-Galenieks un Pauls Galenieks, kuri šo metodi apguva 1920-30. gados Zviedrijā, stažējoties pie L. von Posta. Šo abu zinātnieku ieguldījums ir ievērojams: daudzas publikācijas un personīgie pētījumi (Galenieks M., 1935; Galenieks P., 1936).

Līdz mūsdienām putekšņu analīze tikusi uzlabota un papildināta ar dažādiem pētījumu instrumentiem un metodēm. Turklāt mūsdienu tehnika ir pielāgota dažādiem nogulumiem visā pasaulē, kas ļauj zinātniekiem veikt pētījumu interpretāciju globālā mērogā.

Mūsdienās putekšņu analīze tiek izmantota praktiski visu kvartāra nogulumu pētīšanai, to nosacītā vecuma noteikšanai un stratificēšanai, kā arī paleoekoloģisko apstākļu, paleoveģētācijas dinamikas un paleoklimata rekonstrukcijai. Putekšņu analīze pilnveidojās it īpaši 20. gadsimta sešdesmitajos un septiņdesmitajos gados, kad liela vērība tika pievērsta kvartāra gan sauszemes, gan jūras nogulumu kartēšanai. Ziemeļrietumeiropā nozīmīgus pētījumus veikuši tādi ievērojami zinātnieki kā K. Faegri, J. Iversens, G. Erdtmans, T. Nilsons, B. Arhenius, H. Taubers, S.T. Andersens, A.J. Havinga, B.E. Berglunds, M. Kabailiene un daudzi citi. Latvijā putekšņu pētījumus turpināja M. Galeniece un viņas skolnieces A. Guzlēna, K. Logina, V. Ozoliņa u.c. Ievērojamu ieguldījumu putekšņu analīzē devusi arī A. Āboltiņa-Presņikova, L. Lūsiņa, A. Neimane, I. Jakobovska, L. Kalniņa u.c. (Segliņš, 2001a).

Jau kopš putekšņu analīzes attīstības sākuma tā bija metode kvantitatīvai pagātnes veģētācijas rekonstruēšanai, izmantojot fosilo putekšņu sastāvu (piemēram, von Post, 1916; Andersen, 1980; Davis, 2000). Tomēr putekšņu sastāva un veģētācijas attiecību nelineārā daba rada grūtības aprēķināt pagātnes zemeszemes izmaiņas, izmantojot fosilos putekšņus (piemēram, Anderson, 1970; Prentice, 1985; Sugita et al., 2010; Gaillard, 2007; Gaillard et al., 2008). Šai metodei pilnveidojoties, tika saprasts, ka, lai korekti veiktu veģētācijas rekonstrukcijas pēc putekšņu sastāva izmaiņām griezumā, ir nepieciešama izpratne par to, cik precīzi putekšņi nogulumos atspoguļo veģētāciju, un par telpisko mērogu, ko parāda putekšņu kopas. Pāriet ilgs laiks kopš putekšņu izveidošanās, emisijas gaisā līdz to nonākšanai nogulumos. Būtu ideāli, ja dažādu putekšņu veidu proporcijai nogulumos būtu tieša saistība ar augu proporcijām ainavā. Bet, daudzu iemeslu dēļ, tas tā nav. Pirmkārt, atšķirīgās produktivitātes dēļ, jo dažādi augi producē atšķirīgu daudzumu putekšņus. Otrkārt, atšķiras arī putekšņu izkliedes iespējas (Räsänen, et al. 2004) un pārnese noteiktā attālumā. Treškārt, putekšņiem ir atšķirīga izturība pret fizisku un ķīmisku degradāciju, kas ir atkarīga no sporopolenīna daudzuma to apvalkos jeb ekzīnās (Havinga, 1964, 1984; Bennett, Willis, 2001; Twiddle, Bunting, 2010; Weber, Ulrich, 2010). M.Gailarde ar kolēģiem (Gaillard et al., 2009) konstatējusi, ka izmaiņām putekšņu sastāvā ir vairāki iemesli-klimats, ekoloģija, cilvēks, patogēni, kā arī šo faktoru mijiedarbība. 1980to gadu laikā notika lielas debates starp paleoekologiem, kas putekšņu datus saistīja ar ekoloģisko faktoru ietekmi, un paleoklimatologiem, kas tieši tās pašas izmaiņas saistīja ar izmaiņām pagātnes klimatā (piemēram, Birks, 1980; Davis et al., 1986; Ritchie, 1986; Webb, 1986).

Lai uzlabotu putekšņu datu interpretāciju un varētu rekonstruēt pēc iespējas precīzāku paleoveģētācijas sastāvu, tiek izmantoti mūsdienu putekšņu „lietus” pētījumu dati un novērojumi. R. Bredšova un T. Veba darbā (Bradshaw, Webb, 1985) konstatēts, ka dažādu augu putekšņiem ir atšķirīgs izcelsmes vietas areāls. Tas nozīmē, ka viens putekšņu paraugs var atspoguļot gan to augu daudzumu, kuri izplata maz putekšņus, bet atrodas tuvu pētījuma vietai, gan arī atspoguļot to augu daudzumu, kas ražo un izplata daudz putekšņu, bet atrodas krietni tālākās teritorijās no pētījumu vietas. Tādejādi līdzīgiem sedimentācijas baseiniem, pēc to ģenēzes (purvs, ezers u.c.) un līdzīgas platības-0% un 100% konkrētās sugas veģētācijas segā nav noteikti jāatbilst 0% un 100% tās pašas sugas putekšņiem. Turklāt, piemēram, 20% putekšņu no konkrētas sugas var pārstāvēt atšķirīgu šīs sugas procentuālo daudzumu veģētācijā (piemēram, 40, 50, 60 vai 80%) atkarībā no reģionālās veģētācijas un sedimentācijas baseina īpatnībām.

Ilgu laiku putekšņu pētniekiem nebija skaidrības, kuru sugu izplatība tiek pārvērtēta vai par maz novērtēta, tāpēc, lai pagātnes veģētācijas un nogulumu uzkrāšanās apstākļu rekonstrukcijas būtu pēc iespējas precīzākas, tiek izstrādāti modeļi, kuros tiek ietverts pēc iespējas vairāk faktoru, kas varētu ietekmēt rekonstrukcijas rezultātu. Viens no tādiem ir S. Sugita izstrādātais REVEALS modelis (Sugita, 2007), ar kura palīdzību var rekonstruēt reģionālo veģētāciju, izmantojot fosilo putekšņu pētījumu datus. Pirmās uz REVEALS balstītās holocēna veģētācijas rekonstrukcijas Dienvidzvidrijā parāda cilvēka ietekmes uz veģētāciju/zemsedzi izmaiņas pēdējo 6000 gadu laikā, kā arī uz ainavas raksturu holocēna sākumā (11 500-10 000 kal.g.p.m.), kas bija daudz atklātākas, nekā par to liecina putekšņu procenti (Sugita et al., 2008). Piemēram, reģionālā mērogā REVEALS aprēķini parādīja, ka Skones provincē pēdējo 3000 gadu laikā atklātas ainavas sasniedza 60-80% un 25-40% Smolandes provincē, salīdzinot attiecīgi 30-40% un 3-10%, ko uzrādīja zālaugu putekšņi putekšņu procentuālajā diagrammā).

Protams, pastāv vēl arī virkne dažādu citu metožu, kā aprēķināt un salīdzināt rekonstruēto un reālo veģētāciju datus, piemēram, A.Nielsen un B.Odgaard (2004), kā arī A. Poska (Poska et al. 2008), tomēr arī REVEALS un LOVE pasaules zinātnieku vērtējumā ir ticamas un kvalitatīvas rekonstrukciju modelēšanas programmas (Nielsen et al., 2012).

1.4. Augu makroskopisko atlieku un to analīžu rezultātu izmantošana

Nogulumos sastopamās augu makroskopiskās atliekas-sēklas, augļi, čiekuri un citi augu atlieku fragmenti ir relatīvi lieli, salīdzinājumā ar mikroskopiskajām fosilijām, un tādēļ ievērojami mazāk pārvietojas un parasti atrodamas netālu no auga augšanas vietas un atspoguļo purvā, ezerā un ap tiem augošās veģētācijas sastāvu, kamēr putekšņi ir liecības par reģionālās veģētācijas sastāvu (Birks, Birks, 1980; 2000).

Pirms mikropaleontoloģijas, piemēram, putekšņu analīzes izveidošanās 20. gs. sākumā, augu makroskopisko atlieku analīze bija galvenā floras un veģētācijas pētījumu metode. Attīstoties putekšņu analīzei, augu makroskopisko atlieku analīzes pielietošana samazinājās, bet drīz tika konstatēts, ka ir nepieciešams izmantot abas metodes, jo tās papildina viena otru un, veicot veģētācijas attīstības pētījumus, vēlams izmantot to abu analīžu datus. Viena no būtiskākajām augu makroskopisko atlieku analīzes priekšrocībām,

salīdzinājumā ar putekšņu analīzi, ir tas, ka augu makroskopiskās atliekas parasti identificē līdz augstākam taksonomiskam līmenim, parasti līdz sugai (Birks, 2001).

Putekšņu analīzes datu precizitātē problēmas rada tas, ka daži augi producē ļoti maz putekšņus (piemēram, *Dryas octopetala*), vai to putekšņu apvalki nesaglabājas, jo ir trausli un plāni, piemēram, *Najas flexilis* vai *Populus*, bet to makroskopiskās atliekas nogulumos ir bieži atrodamas un viegli identificējamas (Campbell, 1999). Daļa augu makroskopisko atlieku, piemēram, megasporas nogulumos ļoti labi saglabājas, jo tās klāj izturīgs sporodermu saturošs apvalks. Sporoderma ir kā ārējais skelets, tāpēc saglabā noteiktu formu, kas raksturīga attiecīgai sugai. Līdzīgi arī daudzu sēklu sēklapvalki un augļu apvalki, piemēram, perikarpijs, ir ļoti izturīgi. Auglis vai sēkla, nokļūstot ūdens baseinā un izgulsnējoties kopā ar nogulumiem, fosilizācijas procesā izmainās, tomēr samērā labi saglabā savu morfoloģiju un šūnu struktūru (Katz et al., 1965). Visbiežāk kvartāra nogulumos sastopamas augu vairošanās orgānu-diasporu jeb karmoīdu (augļu, sēklu, megasporu) atliekas, bet ir arī atrodamas citas augu veģetatīvās daļas, kā zariņi, lapas, saknes, pumpuri, sakneņi, miza (Warner, 1990). Vairāku pētījumu rezultātā (Greatrex, 1983; Davidsons et al., 2005; Koff, Vandell, 2008) secināts, ka augu makroskopisko atlieku kopas tikai 40-50% apmērā atspoguļo ap ezeru un ezerā, bet pat līdz 100% purvā augošo veģētāciju. Lai gan augu makroskopisko fosiliju rezultāti bieži neparāda visu sugu daudzveidību, tomēr atspoguļo veģētācijas sastāva dominējošās sugas (Zhao et al., 2006).

Ņemot vērā, ka augu makroskopisko atlieku pētījumi var būtiski papildināt informāciju par veģētācijas sastāvu un ir nozīmīgi precīzākai veģētācijas un klimata izmaiņu rekonstrukcijai, disertācijā pētīto griezumu nogulumiem ir veiktas gan putekšņu, gan arī makroskopisko atlieku analīzes.

Augu makroskopiskajām atliekām ir ļoti svarīga nozīme arī precīzai nogulumu absolūtā vecuma noteikšanai. Organogēno nogulumu datēšanā plaši tiek izmantota radioaktīvā oglekļa ^{14}C metode, kas ir viena no senākajām radiometriskajām datēšanas metodēm, kuras principus 20. gs. 40-ajos gados formulēja Vilards Lībijs (Lowe, Walker, 1997). Sekmīgai radioaktīvā oglekļa datēšanai nepieciešams noteikts daudzums materiāla. Jāņem vērā, ka datēšanai nepieciešamais nogulumu parauga lielumam sausā veidā ir jābūt 150–200 g, Tādējādi, lai nodrošinātu pietiekamu organisko vielu daudzumu, jāpaņem pat līdz 500 g lieli paraugi. Šāda apjoma nogulumu paraugus ir grūti iegūt no dziļākiem urbumiem, jo ir jāveic atkārtoti urbumi un paraugs jāpaņem precīzi no tieši konkrētā slāņa un dziļuma. Tādēļ šādi paraugi parasti tiek paņemti no 5-10 cm liela intervāla, kas pārklāj 50-100 gadu ilgu uzkrāšanās laika intervālu. Šī iemesla dēļ precīzākai nogulumu datēšanai arvien biežāk tiek izmantota AMS (Accelerator mass spectrometry) metode, kurā masas spektrometrijas akselerators nosaka ^{14}C daudzumu paraugos (Nilsson et al., 2001). Šīs metodes rezultāti ļauj iegūt daudz precīzākus datus par nogulumu vecumu, jo tai var izmantot augu sēklas, kas ņemtas no neliela (1-2 cm) nogulumu intervāla. Taču, lai iegūtu pēc iespējas precīzākus datus, ir nepieciešams identificēt augu sēklas līdz sugai un sadalīt tās grupās atkarībā no augu ekoloģijas (Oswald et al., 2005).

Konvencionālie radioaktīvā oglekļa dati no ūdens sistēmu nogulumu paraugiem un viena vecuma sauszemes paraugiem viens no otra atšķiras rezervuāra efekta dēļ (Geyh, et al., 1998). Tiek uzskatīts, ka rezervuāra korekcija ir vienāda ar specifiskās ūdens sistēmas vecumu (Geyh, et al., 1998; Ascough et al., 2010).

E.Deivijs (Deevey et al., 1954) atklāja, ka ezera nogulumu radioaktīvā oglekļa vecums var būt ievērojami pārspīlēts, izšķīdušo neorganisko oglekļa savienojumu dēļ, kas ieplūduši ezerā ar gruntsūdeņiem. Viņš šo parādību nosauca par „cietā ūdens efektu”. Savukārt I.Olsons (Olsson, 1979) atklāja, ka zemākas ^{14}C vērtības no paraugiem no ūdens sistēmām var tikt saistītas arī ar gruntsūdeņiem ar zemu izšķīdušo neorganisko oglekļa savienojumu saturu, un ieteica šī termina vietā lietot „rezervuāra efekts”.

Parasti var tikt datēti trīs ezera nogulumu komponenti: makroskopiskās fosilijas, organiskās vielas masa un autigēnie neorganiskie karbonāti. Makroskopiskās fosilijas no sauszemes augiem sniedz visprecīzākās ^{14}C vērtības bez nepieciešamības pēc rezervuāra korekcijas, ja dotie paraugi nav pārgulsnēti. Organiskās vielas masa ūdenī galvenokārt veidojas ezera seklajā daļā, kas ir piesātināta ar gaismu un sastāv no fitoplanktona, ūdens makrofitiem un mieturaļģēm (Characeae). Organisko vielu masa parasti veidojas siltās sezonas laikā un tiek nogulsnēta aukstajā sezonā, kad apstākļi nav vairs piemēroti izdzīvošanai (Geyh et al., 1998).

Tādēļ, ka oglekļa avots šiem komponentiem ir dažāds, atbilstošās ^{14}C vērtības nogulumu paraugiem var ievērojami atšķirties, tādēļ to interpretācija veicama ļoti uzmanīgi, ņemot vērā arī citu pieejamo informāciju (Ascough et al., 2010).

1.5. Holocēna stratigrāfija

Holocēns ir jaunākā kvartāra perioda epoha, kas aptver pēdējos 11700 gadus (Lowe et al., 2008; Walker et al. 2009; Cohen et al., 2012). Termins holocēns ir veidots no grieķu vārdiem Holos (kas nozīmē "viss") un kainos (kas nozīmē "nesen"), atsaucoties uz to, ka šis laikmets ir jaunākā epoha Zemes vēsturē. To pirmoreiz lietoja Gervais (1867–1869), attiecinot to uz silto epizodi, kas sākās līdz ar pēdējā ledus laikmeta beigām. Termins „holocēns” pirmo reizi tika piedāvāts trešajā Starptautiskajā ģeoloģijas kongresā 1885.gadā (Roberts, 1989). Neskatoties uz to, ka holocēns pēc savas būtības ir jaunākais starpleduslaikmets, kurš vēl nav beidzies un nav pat zināms tā iespējamais ilgums, Ģeoloģisko zinātņu starptautiskās apvienības Starptautiskā Stratigrāfijas komisija ir apstiprinājusi holocēnam epohas (attiecinot uz laiku) un nodaļas (attiecinot uz nogulumiem) līmeni (Gibbard et al., 2005; Walker et al. 2009; Wanner et al., 2011; Cohen et al., 2012).

Laika gaitā dažādi pētnieki ir centušies iedalīt holocēnu noteiktos posmos, izmantojot dažādus hronostratigrāfiskos terminus. Tā jau 1974. gadā J. Mangeruds (Mangerud et al., 1974) ieteica Ziemeļvalstu un daļēji arī Ziemeļrietumeiropas kontinentālās teritorijas holocēna hronostratigrāfisko iedalījumu, saglabājot Blitta-Sernandera zonas, un noteica radioaktīvā oglekļa gadus katras hronozonas robežai. 1977. gadā INQUA kongresā Birmingemā, Apvienotajā Karalistē holocēna komisijas darba grupa, kuru vadīja J. Mangeruds, ziņoja par holocēna stratigrāfisko iedalījumu. Iesaistot diskusijās plašu holocēna pētnieku grupu, tika konstatēts, ka formāla stratotipu *sensu* definēšana Starptautiskajā stratigrāfijas kodeksā attiecībā uz holocēnu nav iespējama, un, ka holocēnā ir pilnīgi iespējams un vēlams veikt pētījumus bez jebkādas sīkākas hronostratigrāfiskās iedalīšanas, vecumu izsakot radiooglekļa gados (Mangerud et al., 1982).

Blitta-Sernandera shēma agrāk bija plaši izmantota, jo tā ļāva pēcdeduslaikmetu iedalīt īsākos hronostratigrāfiskos periodos, tādējādi kalpojot arī kā netiešā datēšanas metode (Birks, Seppä, 2010). Šobrīd pētījumos ļoti plaši tiek pielietotas radioaktīvā oglekļa datēšanas metodes, kas kopā ar dažādu analīžu datiem (putekšņi, augu makroskopiskās atliekas, diatomejas, u.c.) dod iespēju precīzi noteikt holocēna vides izmaiņu laiku.

Lai gan J. Birks un H. Seppä (Birks, Seppä, 2010) ir ieteikuši turpmāk Blitta-Sernandera shēmu neizmantot, tomēr šobrīd Latvijā nav pētīti pietiekoši daudzu griezumu nogulumi, kuri būtu datēti ar radioaktīvā oglekļa ^{14}C datēšanas metodi, un turklāt jāņem vērā tas, ka katrā griezumā jāveic nogulumu datēšana vismaz trīs paraugiem. Tādējādi šo shēmu var izmantot tikai gadījumos, kad nogulumiem nav noteikts absolūtais vecums. Liela daļa līdzšinējo pētījumu rezultātu interpretēšana ir balstīta uz Posta putekšņu zonu iedalījumu (Danilāns, Stelle, 1971; Danilāns, 1973) un Blitta-Sernandera shēmu (Segliņš, 2000; 2001a,b), tādēļ tā ir izmantojama, tikai analizējot agrāk veiktos pētījumus. Veicot turpmākos pētījumus Latvijā, ir nepieciešams noteikt nogulumu absolūto vecumu, izmantojot precīzas datēšanas metodes, tai skaitā radioaktīvā oglekļa ^{14}C metodi.

Pēc daudzajiem holocēna nogulumu multidisciplināro pētījumu rezultātiem holocēnu var iedalīt trīs posmos: holocēna sākumposms, holocēna termālais maksimums un holocēna vēlākais posms (Seppä et al., 2004; 2005; Veski et al., 2004; 2012; Walker, et al., 2012). Kaut arī katrā no šiem posmiem klimatam kopumā ir līdzīgs raksturs, tomēr katrā holocēna posmā ir konstatētas straujas īslaicīgas klimata izmaiņas (Alley, et al., 1997; Mayevski et al., 2004).

Ņemot vērā daudzu pētījumu rezultātus, H. Vannera vadītā pētnieku grupa (Wanner et al., 2008) holocēnu iedalījusi trīs fāzēs:

- pirmā fāze jeb agrais holocēns atbilst preboreāla un boreāla klimatiskajiem periodiem un ilgst aptuveni no 11 700 līdz 9000 kal.g.p.m;
- otro fāzi jeb vidējo holocēnu mēdz saukt par hipsitermālu, altitermālu, klimatisko optimumu, tomēr biežāk šo fāzi definē kā holocēna termālo maksimumu (turpmāk tekstā HTM), kas atbilst 9000-6000 vai 5000 kal.g.p.m. jeb atlantiskajam laikam;
- trešā fāze jeb vēlālais holocēns ietver periodu no 5000 kal.g.p.m. līdz pirmsindustriālajam laikam jeb atbilst subboreāla un subatlantiskā laika hronozonām.

INQUA stratigrāfijas komisijas holocēna apakškomisijas darba grupa 2010. gadā diskutēja par formālu holocēna apakšiedalījumu iespējām un lietderīgumu. Starptautiskās Stratigrāfijas komisijas kvartāra stratigrāfijas apakškomisijas darba grupa INTIMATE (Integration of ice-core, marine and terrestrial records), ņemot vērā iepriekšējos mēģinājumus sīkāk iedalīt holocēnu (Mangerud, et al., 1974; Wanner, et al., 2011), un, novērtējot literatūrā dažādi izmantoto neformālo holocēna iedalījumu agrā, vidējā un vēlā holocēnā, piedāvā formālu holocēna iedalījumu atbilstoši stratigrāfiskajai terminoloģijai. INTIMATE grupa kvartāra pētniekiem piedāvā izmantot holocēna iedalījuma robežas, kas pamatotas ar tās raksturojošiem datiem globālā stratotipa Grenlandes NGRIP1 ledus urbumā:

- agrā-vidējā holocēna robežu noteikt 8200 kal. g.p.m. un
- vidējā-vēlā holocēna robežu 4200 kal.g.p.m. līmenī (Walker et al., 2012).

Piedāvātais holocēna iedalījums, kuru INTIMATE grupa (Walker et al. (2012)) paredzējusi iesniegt apstiprināšanai Starptautiskajai Ģeoloģisko zinātņu savienībai (IUGS), salīdzināts ar citu autoru un arī Latvijā izmantoto iedalījumu (1.1. tabula).

1.5.1. Pleistocēna un holocēna robeža

Kvartāra stratigrāfiskais iedalījums pamatojas uz kontrastējošu klimatisko apstākļu liecībām, kas raksturo katru konkrēto stratigrāfisko ģeoloģiski-klimatisko vienību (Walker et al., 2009). Pleistocēna-holocēna robeža formāli tika definēta tās Globālā stratotipa griezumā un punktā (GSSP), kas atrodas 1492,45 m dziļumā, Grenlandes ledus griezumā NGRIP2 un tās vecums noteikts 11 700 kal.g.p.m. (Walker et al., 2009). Holocēna epohas apakšējo robežu 11 700 kalendārie gadi (pirms 2000.gada) ar maksimālo noteikšanas kļūdu 99 gadi akceptējusi Starptautiskā ģeoloģijas zinātņu apvienība, pamatojoties uz detāliem multidisciplināriem pētījumiem Grenlandes NGRIP urbumā (Walker et al., 2009). Šī vecuma ledus ķīmiskie un fizikālie parametri norāda uz izteiktu klimata pasiltināšanos jaunākā driasa stadiāla beigās. Kaut arī klimats kļuva siltāks jau vēlā driasa beigu daļā, tomēr lielā segledāja kušana Ziemeļamerikā un Eirāzijā turpinājās vēl vairākus gadu tūkstošus pēc vēlā driasa/holocēna pārejas (Carlson et al., 2008). Fenoskandijas ledāja sega saglabājās vēl līdz 9000 kal.g.p.m. (Linden et al., 2006), un pēdējās Laurentīdas apledojuma paliekas pazuda aptuveni pirms 7000 kal.g.p.m. (Carlson et al., 2008).

Vēlajā driasā, kas ir leduslaikmeta beigu posma noslēdzošais etaps (pirms 12 700-11 700 kal.g.p.m.), klimats kļuva vēsāks, un apraktā ledus kušanas tempi samazinājās. Ezeri bija sekli, un tajos dominēja mehāniskā gravitācijas sedimentācija (Segliņš, 2001a). Baltijas valstu teritorijā valdīja klimatiskie apstākļi, kādos varēja attīstīties tikai tundrai raksturīgs augājs (Veski et al 2012). Pēc putekšņu un augu makroskopisko atlieku analīžu datiem rekonstruēts, ka klimats šajā laikā bija ne tikai auksts, bet arī sauss (Danilāns, Stelle, 1971; Danilāns, 1973; Segliņš, 2000, 2001a).

Vēlajā driasā Austrumbaltijas reģionā sāk ieviesties augi, kuri ir maz prasīgi pēc siltuma un barības vielām, bet kam ir ļoti svarīgs apgaismojums. Šī laika putekšņu sastāvs atšķiras no alerodu raksturojošiem, bet it īpaši no holocēna putekšņu spektriem ar mazāku koku putekšņu daudzumu. Apakšējā holocēna robeža ir svarīga un raksturīga stratigrāfiska un paleoģeogrāfiska robeža, kas atspoguļo būtiskas izmaiņas Latvijas teritorijas fiziogeogrāfiskajos apstākļos (Danilāns, 1973).

Līdz 1980tajiem gadiem Latvijas pētījumos tradicionāli šī robeža tika noteikta zem IX Posta putekšņu zonas (Bartoša, Danilāns, 1961), tomēr jau Segliņš (2000) uzsver, ka „vajadzētu atteikties no Latvijā tradicionāli lietotām L. von Posta zonām un zonēšanas sistēmas.” Tajā pašā laikā viņš piedāvā saglabāt Blitta-Sernandera shēmu un sastādītajā tabulā „Holocēna putekšņu zonu reģionālās iezīmes” nosacīto robežu starp pleistocēnu un holocēnu noteikt starp jaunāko driasu (DR3) un preboreālu (PB) (Segliņš, 2000; 2001a). Šajā līmenī lielākajā daļā putekšņu diagrammu strauji samazinās *Betula nana*, *Selaginella selaginoides*, *Dryas octopetala* un citu subarktisko augu putekšņu un sporu klātbūtne, palielinās koku putekšņu daudzums, bet ezeru un purvu nogulumu sastāvā vērojams būtisks organogēno vielu daudzuma pieaugums (Stančinkaite et al., 2008; 2009).

Dažādos literatūras avotos atrodami atšķirīgi dati par pleistocēna/holocēna robežu un pāreju no aukstā perioda-vēlā driasa uz siltāku periodu ar relatīvi nelielām temperatūras

amplitūdas svārstībām. Jaunāko pētījumu rezultātā (Lowe et al., 2008) holocēna sākums definēts kā 11 700 kalendārie gadi pirms mūsdienām (kal.g.p.m.).

1.5.2. Agrais holocēns

Par agro holocēnu šajā darbā tiek noteikts laika posms no 11 700 līdz 8000 kal.g.p.m. Temperatūrai šajā laikā ir tendence nedaudz palielināties, sasniedzot par $\sim 0,5^{\circ}\text{C}$ zemāku temperatūru nekā mūsdienās (Heikkilä, Seppä, 2010). Segliņš (2002), Danilāns (1973), Kalniņa (2006) holocēna sākuma posma klimatu raksturojuši kā salīdzinoši vēsu, bet sausu. Gada nokrišņu summa par 25-50 mm mazāka kā mūsdienās (Segliņš, 2002). Veski (1998) norāda, ka nokrišņu daudzums Igaunijas dienvidos sasniedza 700-750mm. Salīdzinājumam, vidējais nokrišņu daudzums Latvijā mūsdienās ir aptuveni 600-700 mm gadā (Dravniece, 2009). Holocēna sākuma posma otrajā pusē pieaug nokrišņu daudzums un mitrums, kā rezultātā strauji palielinās ūdens līmenis ezeros, vietām pat par 1 m (Kangur et al., 2009). Ūdens līmeņa celšanos šajā laikā apstiprina arī K.Sohar un V.Kalm (Sohar, Kalm, 2008) Sinijarves ezera ūdens līmeņa rekonstrukcijas.

Segliņš (2002) norāda, ka boreālā gada vidējā gaisa temperatūra bijusi par $1,5^{\circ}$ - $2,0^{\circ}\text{C}$, bet nokrišņu daudzums bija mazāks par 25-50 mm salīdzinot ar mūsdienām, savukārt boreāla otrās puses klimats bija mēreni silts, un jūlija, janvāra un gada vidējās temperatūras bija tuvākas mūsdienām, bet nokrišņu par 25 mm mazāk.

Gan jaunākie, gan iepriekšējie pētījumi liecina, ka holocēna sākumā ainavā dominē bērzs, priede un zālaugi. Segliņš (2002), aprakstot vidējo Latvijas putekšņu diagrammu, norāda, ka nedaudz (līdz dažiem procentiem) sastopami egles un kārkla putekšņi, kā arī gandrīz visi izplatītākie platlapji. No platlapjiem noturīgu nepārtrauktu līkni var veidot tikai vīksna (*Ulmus*), nesasniedzot 2% līmeni. Lazdas putekšņi veido stabilu un noturīgu līkni, savukārt alkšņa putekšņi sporādiski ir sastopami visā šajā intervālā, reti sasniedzot 5% vērtības. Zāļu kopainā vībotnes (*Artemisia*) daudzums ir neliels, tā vietā pieaug balandas (*Chenopodiaceae*) un graudzāļu izplatība (*Poaceae*). Preboreāla otrajai pusei raksturīga izteikta bērzu dominante 50-80% līmenī ar priedi kā subdominanti. Dažos griezumos konstatēta atsevišķu kadiķa (*Juniperus*) putekšņu klātbūtne.

Kopumā laika posmā no 9000 gadiem līdz 7500 gadiem (boreālā) raksturīga priežu dominante, atsevišķos griezumos var dominēt bērzs. Tāpat šim laikam raksturīgi alkšņa un lazdas līkņu secīgi kāpumi, un vairāku teritoriju nogulumu putekšņu diagrammās ir pat maksimumi (apakšējais lazdas maksimums). Strauji kāpj vīksnas un ozola līknes, sasniedzot maksimumus vai pat tiem tuvus līmeņus, Kurzemē kulminē vīksnas. Vairumā griezumu sporādiski konstatēti liepas putekšņi (Segliņš, 2002).

Lubāna ezera apkārtnē pirms 10000-9000 gadiem (preboreāla) klimats bija mitrāks un siltāks nekā jaunākajā driasā, bet, salīdzinot ar nākamajiem klimatiskajiem periodiem, vēss. Šajā laika posmā notika ezera pirmā holocēna transgresija, un tā līmenis sasniedza maksimālo atzīmi 95,0 m vjl. (Eberhards, 1985). Tā kā šajā laikā pieauga nokrišņu daudzums, tad Lubāna līdzenuma vide kļuva dinamiska.

Smalka smilts un māli turpināja uzkrāties ezerā, bet tā apkārtnē zemās pārmitrās teritorijās (Teiču purva teritorijā) jau sāka veidoties purva nogulumu, galvenokārt, hipnu kūdra, bet seklās ūdenstilpēs uzkrājās smilšaina gitija (Lācis, Kalniņa, 1998). Laika posmā no 9000-8300 kal.g.p.m. jeb boreālā laika sākumā bija vēss, tāpēc uz ezera salām un ezera

apkārtņē dominēja bērzu, bet vēlāk-priežu meži ar eglēm (Loze, 1988; Ļevkovskaja, 1987; Segliņš, et al., 1999). Diezgan strauji ieviesās lazdas, alkšņi un liepas, vēlāk parādījās arī pirmie ozoli. Šī laika beigu daļā ezerā turpināja uzkrāties māli un gitija, bet dažās vietās konstatēts arī ezerkaļķis (Ābolkalns, 1959). Teritorijās, kur ezera krasti bija zemi, ezers vai tā līči sekli, tie aizauga un sāka veidoties zāļu, grīšļu un niedru kūdra, kas bija iesākums turpmākai purvu attīstībai. Ezera ūdens līmenis, pēc G.Eberharda pētījumiem (1985), strauji samazinās, un perioda beigās tā atzīmes svārstās no 91,0 līdz 91,5 m v.j.l., bet maksimuma laikā sasniedza 94,0 m v.j.l. M.Leinerte (1977) norāda, ka Lubāna ezera dienviddaļā bija vairākas salas, norādot uz ūdens līmeņa pazemināšanos.

1.5.3. Agrā-vidējā holocēna robeža: 8200 notikums

Holocēna nogulumu pētījumu rezultātā ir atrastas liecības par strauju temperatūras pazemināšanos pirms klimatiskā optimuma sākuma, kas tiek dēvēts par 8200 notikumu (von Grafenstein, et. al., 1998; Yeloff, et al., 2007). Pierādījumi par aukstuma notikumu pirms 8200 kalendārajiem gadiem konstatēti Grenlandes ledus urbumu pētījumos (Dansgaard et al., 1993; O'Brien et al., 1995) un ezeru nogulumos (Von Grafenstein et al., 1998; Veski et al., 2004; Yeloff, et al., 2007; Seppä et al., 2007). Klimata izmaiņas ir bijušas izteiktākas ziemeļu puslodē, tomēr tās iezīmējas arī globālā mērogā (Tinner, Lotter, 2001; Mauquoy et al., 2004).

Pamatojoties uz pieņēmumu, ka izmaiņas drupiežu koncentrācijā Atlantijas okeāna ziemeļdaļas nogulumos atspoguļo dreifējošā ledus kustības (Bond et al., 1997, 2001), un veicot pētījumus, tika konstatēts, ka tūkstošgadu mērogā klimata izmaiņas ir novērojamas ne tikai pēdējā apledošanas laikā, bet arī holocēnā (Wanner et al., 2011). Turklāt šīs izmaiņas ir bijušas cikliskas, un katra cikla ilgums ir aptuveni 1470 +/-500 gadi. Zinātnieki H. Vannera vadībā (Wanner et al., 2011) ir izpētījuši, ka analizētajos 30 pētījumos autori visvairāk ir pieminējuši 2. ciklu (apmēram pirms 3000 kal.g.p.m.), 5a ciklu (apmēram pirms 7500 kal.g.p.m.) un 5b ciklu (apmēram pirms 8500 kal.g.p.m.). Šajā pētījumā ir izdalīti seši holocēna aukstuma periodi jeb notikumi pēdējo 11 700 kalendāro gadu laikā. Daži no šiem periodiem atbilst Bonda cikliem. Vislabāk ar Bonda cikliem 5b, 2 un 1 korelējas aukstuma periodiem no 8600 līdz 8000 kal.g.p.m. un 3300-2500 kal.g.p.m., kā arī ar Mazais Ledus laikmets no 1250. līdz 1850.gadam. Divu pēdējo auksto notikumu laikā bijuši vairāki sausuma periodi.

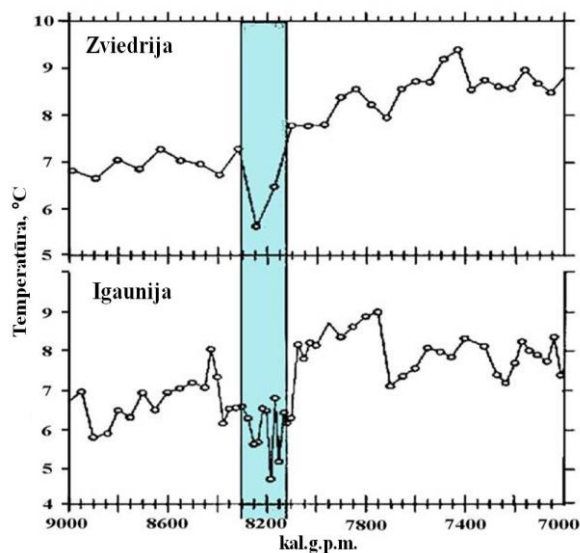
Lai arī temperatūras pazemināšanās pirms 8200 kal.g.p.m. pārsvarā tiek saistīta ar pazeminātu saules aktivitāti, H.Seppa (Seppä et al., 2007) un R. Allijs (Alley et al., 1997) skaidro, ka atdzišanas galvenais iemesls bijis auksta saldūdens plūsma, kas radās pēkšņi pirms 8500 kal.g.p.m. Ziemeļamerikā, noplūstot Laurentīdas pieledāja ezeriem Ziemeļatlantijas straumē, radot īslaicīgu Ziemeļatlantijas straumes virsmas ūdeņu sāļuma samazināšanos un atdzišanu. Tas, iespējams, radīja vājāku Atlantijas okeāna meridionālo apmaiņas cirkulāciju un sekojošu silto ūdeņu transporta samazināšanos ziemeļu virzienā un ar to saistīto siltuma izdalīšanos Ziemeļatlantijas reģionā.

Kompleksu pētījumu rezultātā konstatēts, ka klimata uzlabošanās holocēna sākumā pārtrauca aukstuma periods pirms 8350-8150 kal.g.p.m jeb tā sauktais 8200 aukstuma notikums (Veski et al., 2004), kad vidējā vasaras temperatūra samazinājās par 0,9° līdz 1,8°C. M.Heikila un H.Seppa (Heikkilä, Seppä, 2010) rekonstrējuši arī holocēna termālā

maksimuma (8000-4000 kal.g.p.m.) vidējo vasaras temperatūru, kas ir bijusi ~2,5-3,5°C augstāka nekā mūsdienās, ņemot vērā, ka kalendārās vasaras (jūnija, jūlija un augusta) vidējā gaisa temperatūra kopumā Latvijā ir +15,8 °C ar teritoriālajām svārstībām no +15,1 °C Vidzemes augstienē līdz +16,3 °C Latvijas dienvidaustrumos (Dravniece, 2006).

Pētījumu rezultāti norāda, ka Fenoskandijas dienvidos un Baltijas valstu teritorijā temperatūras pazemināšanās sākusies pirms aptuveni ap 8300 kal.g.p.m., ilgusi aptuveni 200-300 gadus un beigusies ar pēkšņu temperatūras paaugstināšanos pirms 8000 kal.g.p.m. (Seppä et al., 2007).

H. Seppä ar līdzautoriem (Seppä et al., 2007), analizējot 12 putekšņu diagrammas, secinājuši, ka 8200 aukstuma periods ir labi izteikts Baltijas valstu teritorijā un Fenoskandijas dienvidos, kamēr centrālajā Fenoskandijā tikai vietām atrodamas liecības par nelielu atdzišanu, bet nav pārliecinošu datu par šo straujo atdzišanu Fenoskandijas ziemeļu daļā un citur Eiropas ziemeļos, jo tur vēl nebija attīstījusies siltumprasīga veģetācija, kura uz šīm izmaiņām varēja reaģēt (Seppä et al., 2007). Tas skaidrojams ar to, ka Skandināvijas kalni ir kā barjera gaisa plūsmām, bet Baltijas jūra ir lokālais mitruma avots, un relatīvi līdzenais Austrumeiropas līdzenums ļauj brīvi plūst austrumu un ziemeļaustrumu gaisa masām (Heikkilä, Seppä, 2010). 8200 aukstuma periods, iespējams, skāra visu Ziemeļeiropu, bet tas bija vairāk izteikts tieši ziemas un pavasara mēnešos tieši pirms veģetācijas sezonas sākuma, līdz ar to tas nav konstatēts Ziemeļeiropas galējo ziemeļu kvalitātīvajās un kvantitatīvajās rekonstrukcijās (Seppä et al., 2007). Iepriekš minētajā pētījumā uz putekšņu datiem balstītās rekonstrukcijas (no Reuge (Rõuge) ezera Igaunijā, Flarkena ezera Zviedrijā un Arapisto ezera Somijā) ļauj secināt, ka temperatūras kritums bijis 0,5-1,5°C robežās (1.1. attēls).



1.1. attēls. Pēc putekšņu datiem rekonstruēto temperatūru salīdzinājums izmantojot datus no nogulumu pētījumiem Reuge ezerā Igaunijā (Veski et al., 2004) un Flarkenas ezerā Zviedrijā (Seppä et al., 2005), (zilā krāsā - 8200 kal.g.p.m. aukstuma notikums)

Figure 1.1. Comparison of pollen-based reconstructed temperatures from sediment investigations from lake Rouge, Estonia (Veski et al., 2004), and from Lake Flarken, Sweden (Seppä et al., 2005), reconstructions for the cold event 8,200 cal yr BP shown in blue colour)

Ziemeļeiropas griezumu sporu-putekšņu diagrammās šī laika intervālā samazinās siltummīlošo platlapju koku sugu-galvenokārt lazdas, gobas, alkšņa putekšņu daudzums, ko ietekmējusi samazināta populācija vai putekšņu produktivitāte, ko savukārt izraisījusi temperatūras pazemināšanās. Parasti palielinās bērzu un/vai priedes putekšņu daudzums (Seppä et al., 2007). Piemēram, Reuges ezera nogulumos lazdas putekšņu daudzums samazinās no 10-15% uz 5% laika posmā no 8250-8050 kal.g.p.m., un izteikts kritums ir novērojams arī alkšņu putekšņu daudzuma procentuālajās vērtībās.

Pēkšņā atdzišana pirms 8200 kal.g.p.m. galvenokārt attiecināma uz ziemām. Ziemeļeiropā šai laikā ir bijuši garāki ledus segas periodi un īsākas veģetācijas sezonas (Veski et al., 2004).

Baltijas reģionā pirms 8200 gadiem bija izplatīti alkšņi, lazdas un gobas, priedes, bērzi un egles. Šāda veģetācija jūtīgi reaģē uz aukstākām ziemām un vēlākiem pavasariem un iezīmējas arī Baltijas reģiona putekšņu diagrammās (Heikkilä, Seppä, 2010). Arī Ziemeļvidzemē šī atdzišana ir skaidri izteikta ar bērzu un egļu procentuālā daudzuma palielināšanos un alkšņu, lazdu, gobu un liepu skaita samazināšanos. Šī laika vidējā temperatūru vasarās rekonstruēta par 1°C zemāka par mūsdienu vasaras vidējo temperatūru (Heikkilä, Seppä, 2010).

Kvartāra stratigrāfijas komisijas INTIMATE grupa M. Valkera (Walker) vadībā, apkopojot un analizējot holocēna pētījumus, konstatējuši, ka notikums pirms 8200 kal.g.p.m. iezīmē būtiskas klimata izmaiņas un piedāvā 8200 notikumu pieņemt par robežu starp agro un vidējo holocēna sub-nodaļu/sub-epohu ar īslaicīgu aukstuma epizodi, kas izteikti konstatējama izotopu signālos Grenlandes urbemos (Alley et al., 1997).

1.5.4. Vidējais holocēns jeb holocēna termālais maksimums

Holocēns ir starpleduslaikmets, tādēļ daudzos pētījumos ir veltīta uzmanība tā siltajam laikam kopumā, kā arī atsevišķiem siltuma posmiem starp aukstajiem periodiem. H. Renssens (Renssens et al., 2012), aprēķinot globālās holocēna termālā maksimuma (tekstā turpmāk HTM) temperatūras, secinājuši, ka gandrīz visos reģionos tās sākušas palielināties aptuveni pirms 9000 līdz 5000 kal.g.p.m. Maksimālā temperatūru palielināšanās un siltākie apstākļi (+5°C), iespējams, bijuši augsto platumu grādos, bet mazākais temperatūras pieaugums rekonstruēts virs okeāniem tropiskajos reģionos. Vidējos platumu grādos virs kontinentiem temperatūra bijusi augstāka nekā mūsdienās par 1°C līdz 3°C, bet siltākais gada mēnesis bijis jūnijs.

HTM ir saistīts ar Saules radiācijas (starojuma) palielināšanos Ziemeļu puslodē vasaras mēnešos, kas pirms 9000 gadiem izraisīja pilnīgu Fenoskandijas ledāja izkūšanu. Atlantijas okeāna rietumu pusē, neskatoties uz pakāpenisko klimata sasilšanu, Laurentīdas ledājs sedza lielu daļu ziemeļaustrumu Kanādas vēl pat līdz 7000 kal.g.p.m. (Renssens et al., 2009).

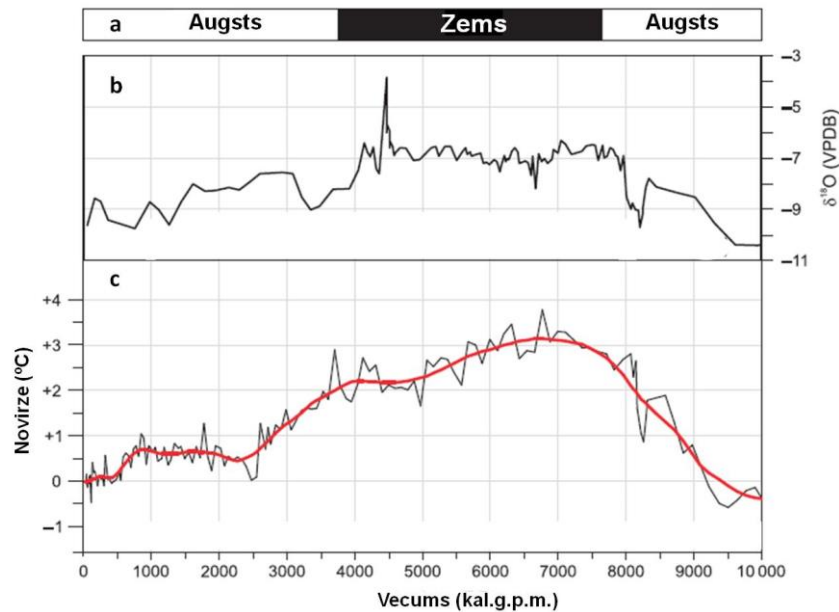
Ziemeļu puslodes temperatūru rekonstrukcijas parāda, ka temperatūras paaugstināšanās holocēna sākumā nebija vienmērīga. Maksimālās temperatūras bija novērojamas vairāk kā pirms 9000 gadiem Aļaskā un ziemeļrietumu Kanādā. Ziemeļaustrumu Kanādā, Grenlandē un Eiropā temperatūras pieauga pirms 8000 un 5000 gadu, un tiek uzskatīts, ka sasilšanas aizkavēšanos izraisīja Laurentīdas ledus segas

paliekas (Kutzbach, Webb, 1993). H. Rensens (Renssen et al., 2009) pārbaudīja šo hipotēzi, izmantojot dažādus modeļus, kā rezultātā secināja, ka, lai arī orbitālajiem spēkiem bija galvenā loma Ziemeļu puslodes vidējo temperatūru izmaiņās, tomēr tās ļoti lielā mērā ietekmēja arī ledus sega, kuras kušanas ūdeņi ieplūda Labradoras jūrā. Saldūdens ieplūde veicināja jūras ledus veidošanos un aizkavēja konvekcijas cirkulāciju un tās pavadošo siltuma transportu ziemeļu virzienā. Visi šie procesi aizkavēja temperatūras paaugstināšanos un klimata uzlabošanos holocēnā visā Ziemeļamerikas austrumu daļā un Rietumeiropā. Renssen et al. (2009) rezultāti parāda, ka siltais klimats var ļoti strauji reaģēt pat uz nosacīti nelielām ledus segas izmaiņām.

Vasaras temperatūras Fenoskandijā Holocēna termālā maksimuma laikā pirms 7500 un 5000 kal.g.p.m. bija par 2°C augstākas nekā mūsdienās. Kā liecina dažādi paleoklimata pētījumu dati (Digerfeldt, 1986; Eronen et al., 1999; Seppä et al., 2005), Fenoskandijā šajā laikā bijis galvenokārt sauss klimats.

Austrumbaltijas reģionā M.Heikkilä un H.Seppä (2010) rekonstrukcijas no Kurjanovas ezera datiem liecina, ka izteikta sasilšana sākas pēc 9000 kal.g.p.m., kā rezultātā iestājas HTM pirms 8000-4000 kal.g.p.m. ar temperatūrām ~2,5-3,7°C virs mūsdienu vērtībām un augstākās novirzes +3,0-3,7°C parādās pirms 7500-5000 kal.g.p.m. Igaunijā šī temperatūra ir zemāka 2-3°C, iespējams arī Ziemeļvidzemē šīs temperatūras ir bijušas līdzīgākas Igaunijas rekonstruētajām temperatūrām. Iepriekšējos pētījumos (Segliņš, 2002) tika pieņemts, ka atlantiskā laika pirmajā daļā pirms 7500-6500 gadiem vidējās jūlija, janvāra un gada temperatūras pārsniedza mūsdienu temperatūras par 1,5 °C-2,0 °C, bet nokrišņu bija par 50 mm vairāk, savukārt atlantiskā laika vidus posmā pirms 6500-5500 gadiem jūlija vidējās temperatūras pārsniedza mūsdienu par 1,0 °-1,5 °C, janvāra par 0,5°, gada par 0,5°-1,0°C, bet nokrišņu daudzums bija līdzīgs mūsdienu vai pat nedaudz mazāks.

Līdz šim tika uzskatīts (Galenieks, 1936; Danilāns, Stelle, 1971; Danilāns, 1973; Segliņš 2002), ka atlantiskais laiks bija silts, mitrs un daudzas dziļākās reljefa ieplakas, kurās līdz šim bija visai maz ūdens, šajā laikā izveidojās par dziļiem ezeriem (palielinātā nokrišņu daudzuma iespaidā). Tomēr jaunākie pētījumi apliecina, ka tas bijis silts, sauss, un ūdens līmenis ūdenstilpēs ir bijis zems. Piemēram, K.Sohar un V.Kalm (2008) Sinijarves ezera ūdens līmeņa rekonstrukcijas (2.3.att. augšdaļa), kas balstītas uz ostrakodu pētījumiem, liecina, ka HTM laikā un tieši 7600-3700 kal.g.p.m. ūdens līmenis ezerā bijis zems. Hammarlund et al. (2003) Igelsjona ezera (Zviedrija) nogulumu pētījumu rezultāti liecina, ka karbonātu oglekļa izotopu sastāvs norāda uz augstu iztvaikošanas/ieplūdes proporciju (1.2.attēls), kas liecina par siltu un sausu klimatu.



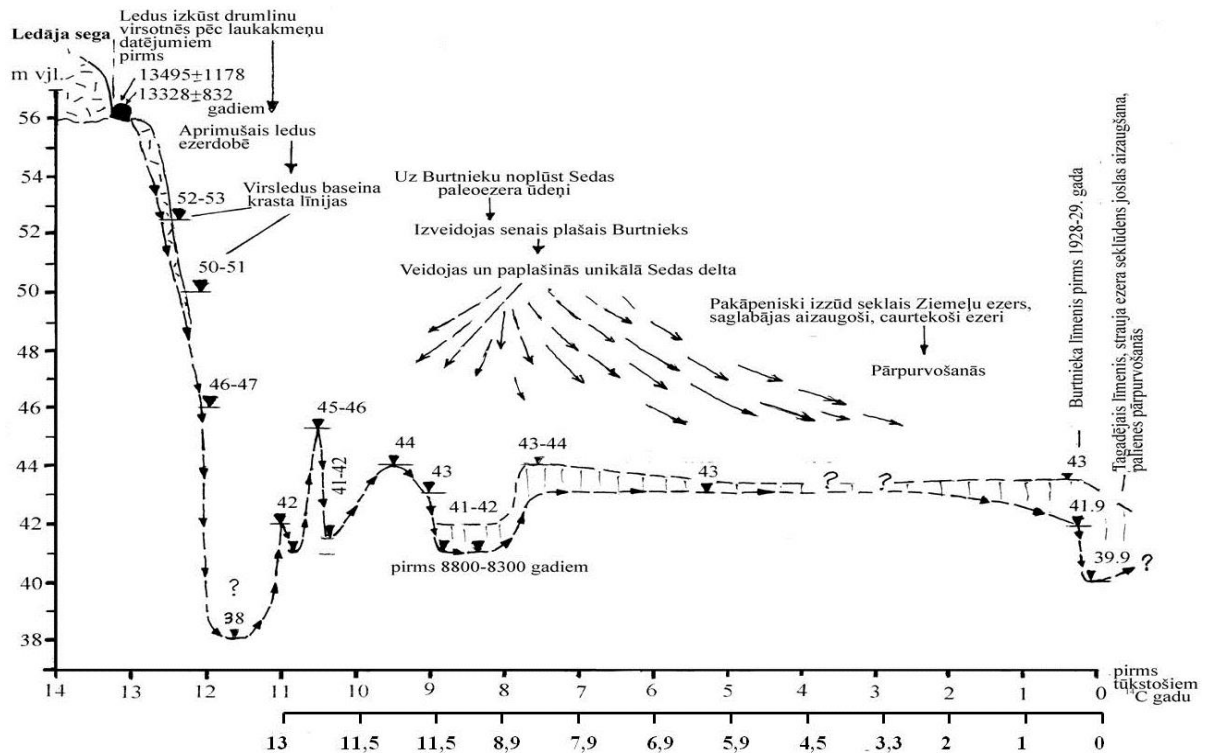
1.2.attēls. Liecības par siltu un sausu holocēna vidusdaļu Fenoskandijas un Baltijas reģionā pirms 8000-4000 kal. g.p.m (Heikkilä, Seppä, 2010)

a-relatīvais ūdens līmenis Sinijarves ezerā, Igaunijā (Sohar, Kalm, 2008); b-Igelsjona ezera (dienvidu-centrālā Zviedrija nogulumos esošo stabilo izotopu līkne (Hammarlund *et al.*, 2003)); c-rekonstruētās vasaras temperatūras pēc Kurjanovas ezera nogulumu pētījumu datiem (Heikkilä, Seppä, 2010)

Figure 1.2. Evidence on warm and dry middle part of the Holocene in Fennoscandia and Baltic region from studies before 8000-4000 cal. yr BP (Heikkilä, Seppä, 2010)

a-relative water level at Sinijarve Lake, Estonia (Sohar, Kalm, 2008); b- stable isotope records from Lake Igelsjön Lake, southern-central Sweden (Hammarlund *et al.*, 2003)); c-reconstructed summer temperatures from Kurjanova Lake, eastern Latvia sediment investigation data (Heikkilä, Seppä, 2010)

Pēc G. Eberharda veiktajām Burtnieka ezera ūdens līmeņa rekonstrukcijām (Eberhards, 2006) holocēna sākuma posma beigās, kad vērojama pakāpeniska klimata uzlabošanās un temperatūru paaugstināšanās, pirms aptuveni 8800 līdz 8300¹⁴C gadiem ezera līmenis bija zems un sasniedza 41-42 m vjl., bet HTM sākumā pirms aptuveni pirms 7500¹⁴C gadiem sasniedza 43-44 m vjl. Atzīmi. Kopš tā laika līdz pat mūsdienām ūdens līmenis pakāpeniski pazeminājies līdz 42 m vjl. atzīmei. Pēc G. Eberharda pētījumiem var secināt, ka Burtnieka līmenis HTM laikā ir bijis zems (1.3. attēls).



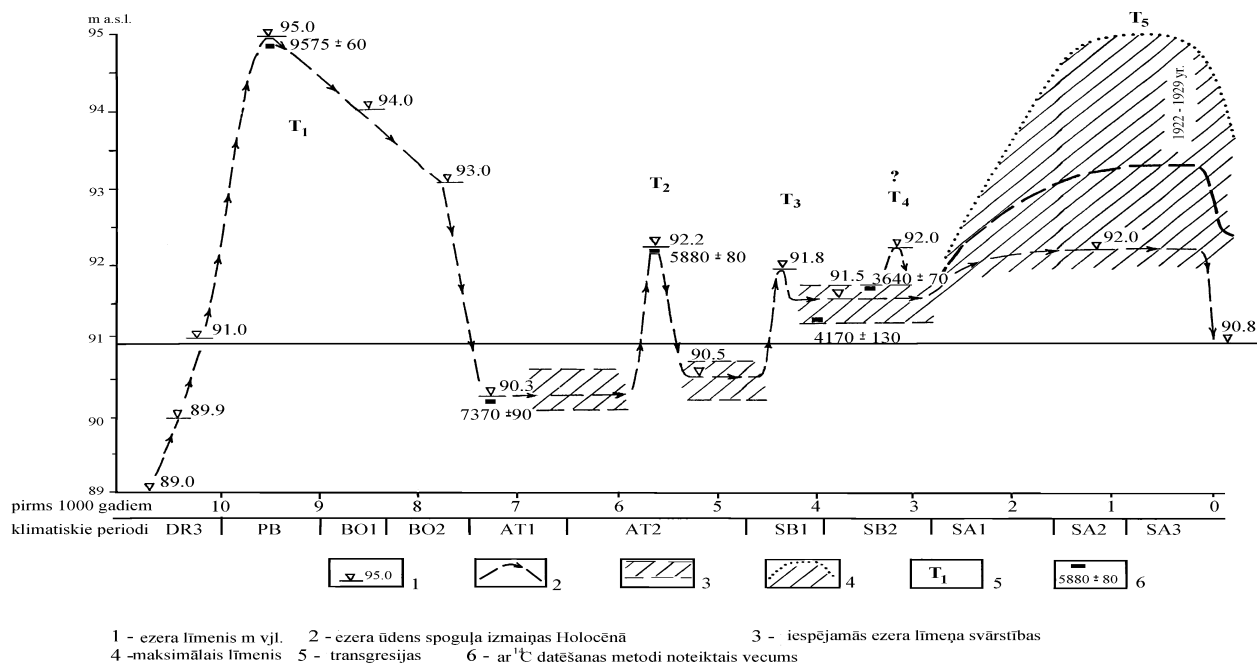
1.3.attēls. Burtnieka ezera attīstības shēma un ūdens līmeņa izmaiņu līkne pēdējo 12 000-13 000 gadu laikā (Eberhards, 2006)

Figure 1.3. Development scheme of Burtnieks Lake and water level fluctuations during last 12 000-13 000 years (Eberhards, 2006)

G. Eberhards (1985), veicot Lubāna ezera paleoģeogrāfiskos pētījumus, ir secinājis, ka Lubāna ezera apkārtnē pirms 8300-6500 ^{14}C gadiem (boreāla beigās un atlantiskā laika sākumā) pakāpeniski paaugstinājies temperatūra un palielinājies nokrišņu daudzums, kā rezultātā klimats kļuvis siltāks un mitrāks (pēcdeduslaikmeta klimatiskais optimums). Tomēr Lubāna ezera ūdens līmeņu svārstību rekonstrukcijas (1.4.attēls) norāda, ka atlantiskais laiks iezīmējas ar Lubāna ezera regresiju un ūdens līmenis ir bijis viszemākais holocēna laikā 90,3 m vjl., kas, iespējams, norāda uz to, ka atlantiskajā laikā ūdens līmenis bijis zems samazinātā nokrišņu daudzuma ietekmē.

Kā atzīmē G. Eberhards (1985), pēc senā ezera līmeņa pazemināšanās tā bijušajā teritorijā palika daudzi mazāki ezeriņi. Šajā pētījumā minēts, ka Lubāna līdzenumā, pateicoties siltam un mitram klimatam, intensīvi sāka veidoties purvi, saplūstot ar tiem, kas jau bija sākuši veidoties agrāk. Viņš arī min, ka atlantiskā laika vidū pirms 6500-5500 ^{14}C gadiem notika neliela ūdens līmeņa celšanās no 90,3 līdz 92,2 m vjl., bet Burtnieka ezerā šī laika intervālā līmeņa svārstības nav konstatētas.

G. Eberhards arī piemin faktu, ka līdz ar to, ka Lubāna ezerā mainījās mitruma režīms, tā tuvākajā apkārtnē-līdzenuma nomalēs cēlās gruntsūdens līmenis, kas veicināja arī šo teritoriju aktīvu pārpurvošanos atlantiskā laika beigu posmā pirms aptuveni 4500 gadi ^{14}C gadiem (apmēram 5200 kal.g.p.m.)



1.4.attēls. Lubāna ezera ūdens līmeņa svārstības holocēnā (Eberhards, 1985)

Figure 1.4. Fluctuations of Lubāns Lake water level during the Holocene (Eberhards, 1985)

M. Heikkilä un H. Seppä (2010) pēc Kurjanovas ezera nogulumu pētījumu datiem secinājuši, ka Latvijas austrumdaļā HTM ildzis no 8000–4000 kal.g.p.m., līdzīgi, kā tas ir konstatēts Ziemeļaustrumeiropā (Birks, Seppä, 2010). Pēc šiem datiem rekonstruētās temperatūras un nokrišņu daudzums liecina par to, ka siltākais un sausākais HTM posms ir bijis laika posmā no 7500–6000 kal.g.p.m., kad tas konstatēts arī Zviedrijas dienviddaļā (Digerfeldt 1986; Almquist-Jacobsen 1995; Hammarlund et al. 2003; Seppä, et al. 2005; Antonsson, Seppä, 2007). M. Heikkilä un H. Seppä (2010) uzskata, ka HTM sauso un silto klimatu, iespējams, izraisīja atmosfēras cirkulācija, kurā dominēja bloķējošie anticikloniskie vasaras apstākļi, līdzīgi kā tas novērots Zviedrijas dienvidu daļā.

Gan pētījumos Latvijā (Heikkilä, Seppä, 2010), gan Igaunijā (Niinemets, Saarse 2007, 2009) ir konstatēts, ka HTM laikā mainās platlapju sastāvs-ja tā sākumā platlapju putekšņu spektrā dominē vīksna un lazda, kas ir tolerantas pret vēsākām veģetācijas sezonām, tad vidusdaļā sāk dominēt liepas un ozoli. Ņemot vērā šo augu prasības pēc augšanas apstākļiem, var secināt, ka tie liecina par ievērojami kontinentālākiem un sausākiem apstākļiem (Ellenberg, 2009). Liepas putekšņu daudzums šajā laikā sasniedz savas augstākās procentuālās vērtības, kas liecina par kontinentālāku klimatu (Giesecke et al., 2008).

Nogulumos atrodamās augu makroskopiskās atliekas, kā arī putekšņi un atvārsnītes liecina, ka egļu Austrumbaltijas reģionā ir bijusi sastopama jau kopš jaunākā driasa sākuma (Heikkilä, Seppä, 2010), bet egļu putekšņu procentuālās vērtības sāk palielināties pirms 7800 kal.g.p.m.

Segliņš (2001a), Kalniņa (Kalniņa, Pakalne, 2005) atzīmējuši, ka atsevišķās detālās putekšņu diagrammās atlantiskā laika (aptuveni 6500-5500 gadi) vidusdaļā iezīmējas

raksturīgs bērza līknes īslaicīgs kāpums. To pasvīturo vienlaicīgs praktiski visu platlapju līkņu kritums un maz ietekmētās lazdas un alkšņu putekšņu līknes (Segliņš et al., 1999; Kalniņa et al., 2003). Izteikts bērzu līknes kāpums, kas, iespējams, liecina par kādu īslaicīgu aukstuma periodu, iezīmējas Malmutas upes grīvas griezuma diagrammā (Kalnina et al., 2004). Šī griezuma nogulumi analizēti ar 2-3 cm intervālu. Iespējams, ka citos griezumos Latvijā nogulumi nav analizēti ar pietiekamu detalitāti, lai konstatētu šo īslaicīgo notikumu.

Atlantiskā laika beigu posma putekšņu spektram raksturīga termofīlo augu putekšņu maksimālā koncentrācija, tomēr ar priedes dominanci (līdz 40%) ar subdominanti bērzu (līdz 25%) un vienlaikus atlantiskā laika beigu posma putekšņu spektros ļoti bieži vērojamas holocēna laika minimālās bērza un maksimālās alkšņa koncentrācijas (Segliņš, 2002).

1.5.5. Holocēna jaunākais posms-vēlais holocēns

Robeža starp holocēna vidējo posmu jeb holocēna termālo maksimumu un holocēna jaunāko posmu-vēlo holocēnu ir saistīta ar izteikti sausiem apstākļiem, tomēr ne visos purvu nogulumu pētījumos tas ir atpazīts kā vienlaicīgs notikums, tādēļ dažādu autoru darbos šī robeža noteikta nedaudz atšķirīgos laika intervālos. Pēc H. Vannera (Wanner et al., 2008) holocēna jaunākais posms daļēji ietver subboreāla (pirms 5000-3500 gadiem) un subatlantiskā laika (3500 gadi-mūsdienas) hronozonas un ietver periodu no 4000 kal.g.p.m. līdz mūsdienām. Taču INTIMATE grupas piedāvātajā holocēna stratigrāfiskajā iedalījumā vidējā un vēlā holocēna robeža tiek noteikta 4.2 (pirms 4200 kal.g.p.m.) notikuma līmenī, kas globālā mērogā iezīmējas ar izteiktu sausumu (Walker et al., 2012).

Kā liecina pētījumi daudzos purvos Eiropas ziemeļrietumos (Anderson, 1998; Anderson et al., 1998; Hughes et al., 2000; Barber et al., 2004), pirms apmēram 4000 kal.g.p.m. bija ievērojami mitrāki apstākļi. Citu pētījumu rezultāti savukārt liecina par mainīgiem apstākļiem (Bond et al., 1997; Barnekow, 2000; Mayewski et al., 2004; Jessen et al., 2005). Somijā visaktīvākais kūdras veidošanās sākums un izplatība konstatēta pirms 4300-3000 kal.g.p.m. (Korhola, 1992, 1995). Šo vēsāko un, iespējams, arī mitrāko periodu pirms apmēram 3500 un 2500 kal.g.p.m. nomainīja periods ar mainīgiem klimatiskajiem apstākļiem, kad, kā liecina izmaiņas kūdras sastāvā un sadalīšanās pakāpē, laika posms ar sausāku klimatu ir mainījies ar ievērojami mitrāku (Hughes et al., 2000; Langdon et al., 2003; Barber et al., 2004). Kopumā aukstāks klimats ir rekonstruēts arī pēc dendrochronoloģiskajām liecībām Somijā (Eronen et al., 1999) un pēc hironomīdu sastāva izmaiņām nogulumos Zviedrijas ziemeļos (Larocque, Hall, 2004).

Pēc Heikkilä un Seppä (2010) temperatūru rekonstrukcijām, aptuveni pirms 5500 kal.g.p.m. temperatūra pazeminās par 1°C. Putekšņu diagrammā šim laikam atbilstošā griezuma daļā samazinās liepas, lazdas, gobas un alkšņa procentuālais daudzums, tomēr tajā pašā laikā ozols, osis un kļava sasniedz maksimālo izplatību. Ozola maksimālā izplatība visā Austrumbaltijas reģionā datējama ar 5600-3000 kal.g.p.m. un nevis ar HTM siltāko daļu. Tas skaidrojams ar to, ka HTM laikā platlapju meži bija ļoti noslēgti un tajos nebija optimālu apstākļu ozolu augšanai, jo tam svarīgākā nozīme ir ne tik daudz barības vielām un mitrumam, bet gan gaismai (Lindbladh, Foster, 2010). Vēlāk, kad mežu sastāvā vairāk ieviesās skujkoki un veidojās jauktu koku meži, izveidojās arī labvēlīgi apstākļi

ozola izplatībai. Piemēram, Puikules purva griezumā putekšņu sastāvā ozola putekšņu maksimālā izplatība seko tieši pēc liepas maksimuma pirms 5100 kal.g.p.m. Līdz ar ozola maksimumu sāk palielināties egles izplatība (Ratniece, Ozola, 2012). Šāda secīga liepas un ozola putekšņu līkņu maksimumu nomaiņa ir konstatēta vairākās diagrammās Austrumbaltijas reģionā (Heikkila, Seppä, 2010; Seppä, Poska 2004; Antonsson, Seppä, 2007; Saarse, Niinemets, 2007). Šī parādība tiek skaidrota ar to, ka egles aug skābās augsnēs, kas nav labvēlīgas liepu augšanai. Putekšņu spektri liecina, ka mežu sukcesijas gaitā izzūdot liepām, to vietu ieņem ozols.

M. Galenijs (Galenieks, 1935) norāda, ka subboreālam (4700-2800 gadi) raksturīgs mazāks nokrišņu daudzums, par ko liecina kūdras pieaugšanas ātrums, kā arī tas, ka gandrīz visos Latvijas purvos šī laika kūdra ir ievērojami labāk sadalījusies nekā tie slāņi, kas uzkrājušies pirms un pēc šī laika intervāla. Tomēr Sohar un Kalm (2008) Sinijarves ezera nogulumu pētījumos iegūtie rezultāti pierāda tieši pretējo, ka ūdens līmenis ezerā, kas ir bijis zems HTM laikā, pirms 3700 kal.g.p.m. ir sācis paaugstināties. Savukārt Segliņš (2002) raksta, ka, spriežot pēc putekšņu spektriem-krass egles līknes kāpums un platlapju, alkšņa un lazdas līkņu pakāpenisks kritums norāda, ka klimats kļuvis arvien sausāks un vēsāks.

G. Eberharda (1985), Lubāna līmeņa izmaiņu rekonstrukcijās minēts, ka ezera aizaugšana īpaši pastiprinājās laikā, kad silto un mitro atlantisko periodu (7500-4700 ¹⁴C g) nomainīja subboreālais laiks (5000-2500 ¹⁴C gadi)-mazliet vēsāks, bet, salīdzinot ar mūsdienām, tomēr silts un sauss klimats ar vēsākām un mitrākām fāzēm. Mainījās arī valdošās koku sugas-samazinājās platlapju dominante, un atkal dominēja skujkoki. Savukārt ar subatlantiskā laika (pirms 2500 gadiem līdz mūsdienām) sākumu iezīmējās jauna Lubāna ezera transgresija, kuras laikā līmenis sasniedza 92,0 m vjl. Iespējams, tas ir saistīts purvu intensīvo attīstību un to, ka Aiviekstes gultne daļēji aizpildījās ar Pededzes upes un Bolupes nestajiem nogulumiem, kas aizsprostoja tās ūdeņu noplūdi uz Daugavas upi. Hidroloģiskie apstākļi, kādi tie bija izveidojušies pirms 2500 gadiem, saglabājās līdz pat 20. gadsimta sākumam-vidum (Segliņš et al., 1999).

Jaunākie pētījumi Latvijā liecina, ka pakāpenisko atdzišanu holocēna jaunākajā posmā pirms 4000-2000 kal.g.p.m. raksturo relatīvi stabilas temperatūras, kas ir par ~0,6°C augstākas par mūsdienu temperatūrām, kas rekonstruētas pēc Kurjanovas ezera nogulumu griezuma augšējās daļas pētījumu rezultātiem (Heikkilä, Seppä, 2010). Savukārt rekonstruētās temperatūras laika posmam pirms 500 kal.g.p.m. ir aptuveni tādas pašas kā mūsdienu temperatūras. Kurjanovas ezera nogulumu pētījumu dati liecina, ka pirms 4000 kal.g.p.m. platlapju koku sugu procentuālās vērtības pakāpeniski samazinās un lielas vērtības sasniedz boreālo (skujkoku) mežu koku putekšņi, īpaši egles putekšņi, kas sasniedza maksimālas vērtības. Vairākos griezumos nogulumos, kas uzkrājušies pirms 2500 kal.g.p.m., samazinās koku putekšņu daudzums, bet palielinās lakstaugu un labības putekšņu skaits, liecinot par intensīvu zemes izmantošanu lauksaimniecībā ezera apkārtnē.

M. Galenijs (1935) subatlantisko laiku ir raksturojusi ar pēkšņu klimata pasliktināšanos, kad temperatūra kritās, bet nokrišņu daudzums palielinājās, līdz ar to ūdens līmenis ūdenstilpēs sāka celties, un intensificējās pārpurvošanās procesi. Putekšņu diagrammās subatlantiskā laika sākumam raksturīgs egles līknes straujš kritums. Taču drīz vien egles līknei novērojams tās otrais maksimums. Putekšņu diagrammās redzams, ka

griezumu augšējos intervālos vērojama vēl viena egles putekšņu daudzuma samazināšanās un straujš priedes putekšņu daudzuma pieaugums.

V.Segliņš (2002) apakšējo subatlantisko zonu nodala pēc ļoti izteiktas bērza putekšņu dominances, joprojām daudz ir alkšņa putekšņu, bet platlapju un lazdas līknes ir ļoti zemas un nenoturīgas. Subatlantiskā laika vidusdaļa ir atpazīstama gandrīz visos griezumos pēc augšējā egles maksimuma. Nedaudz samazinās priedes putekšņu skaits, tomēr tas vidēji sasniedz 30-40%. Kā subdominante ir bērzs, izteikti samazinās alkšņu un lazdas putekšņu daudzumi. Saglabājas nedaudz platlapju putekšņi, no kuriem dominē ozols un liepa. Arī M.Heikkilä un H.Seppä (2010) šo laiku raksturo ar egles dominanci, un arī konstatē, ka, ļoti iespējams, šajā laikā joprojām bijuši izplatīti platlapju meži.

Kā liecina izmaiņas putekšņu spektros un augu makroskopisko atlieku sastāvā, vēlā holocēna laikā, neskatoties uz to, ka klimats pakāpeniski kļuva vēsāks, ir bijušas vairākas izteiktas fluktuācijas no auksta uz siltu un atkal aukstu klimatu. Viens no izteiktākajiem aukstuma periodiem, kas atpazīstams arī paleobotānisko datu diagrammās, ir Mazais ledus laikmets. Ja Mazo ledus laikmetu apskata klimata aspektā, tad ar to saprot aptuveni 330 gadu intervālu (1570.-1900.gads), kad Ziemeļu puslodē vasaras temperatūras (sauszemes teritorijās uz ziemeļiem no 20°) bija ievērojami zemākas par 1961.-1990. gadu perioda vidējām vasaras temperatūrām (Matthews, Briffa, 2005). Tiek uzsvērts, ka MLL apledošanas veidošanās ļoti ietekmēja ne tikai vasaras temperatūras, bet arī ievērojamais nokrišņu daudzums ziemā (Matthews, Briffa, 2005). H.Vanner (Wanner et al., 2011) norāda, ka Mazais ledus laikmets ildzis no 700-150 kal.g.p.m. jeb pirms 1200.-1800. gadam un tas atbilst „0” Bonda notikumam. Vienā no saviem iepriekšējiem pētījumiem Wanner et al. (2008) secinājis, ka MLL bijis nākošais aukstākais periods holocēnā pēc 8200 notikuma.

E.Niinemets, L.Saarse (2009) uzskata, ka galvenās klimata pasliktināšanās iezīmes, kas raksturīgas Mazajam leduslaikmetam Igaunijas putekšņu diagrammās, ir fluktuējošas un kāpjošas lakstaugu putekšņu līknes. Piemēram, Verijarva ezera nogulumu putekšņu diagrammā par būtiskām klimata izmaiņām liecina strauja koku putekšņu daudzuma samazināšanās un lakstaugu putekšņu līknes kāpums (Saarse, Niinemets, 2007). Putekšņu diagrammās graudaugu putekšņu, tai skaitā rudzu (*Secale*) un kaņepes (*Cannabis*) putekšņu līkņu kritums vai izsīkšana diagrammās un antropogēno indikatoru (nātres, balandas, sūrenes, u.c.) putekšņu koncentrācijas samazināšanās norāda uz cilvēka lauksaimnieciskās darbības samazināšanos (Niinemets, Saarse, 2007).

2. PĒTĪJUMU TERITORIJAS ĢEOMORFOLOĢISKAIS UN GEOLOĢISKAIS RAKSTUROJUMS

Daudzas mūsdienu purvu ieplakas atrodas Baltijas ledus ezera krasta zonā, taču purvu veidošanās tajās bieži vien notikusi ievērojami vēlāk. Pēc Baltijas ledus ezera stadijas sekojošās Joldijas jūras laikā ūdens līmenis Baltijas jūras ieplakā pazeminājās un bija apmēram 5-6 m zemāks par mūsdienu līmeni (Grīnbergs, 1957; Gudelis, 1976; Veinbergs, 1996). Ieplakas, kuras bija izveidojušās Baltijas ledus ezera akumulācijas līdzenumā, bija sausas un nogulumi tajās praktiski neuzkrājās. Vēlāk, Ancilus ezera un Litorīnas jūras laikā, jūras līmenim atkal ceļoties, teritorijās, kuras atradās tuvāk jūrai, paaugstinājās gruntsūdens līmenis un izveidojās pārmitri apstākļi, kas veicināja purva veģetācijas ieviešanos, kūdras uzkrāšanos un purvu veidošanos (Galeniece, 1935; Kalniņa et al., 2008).

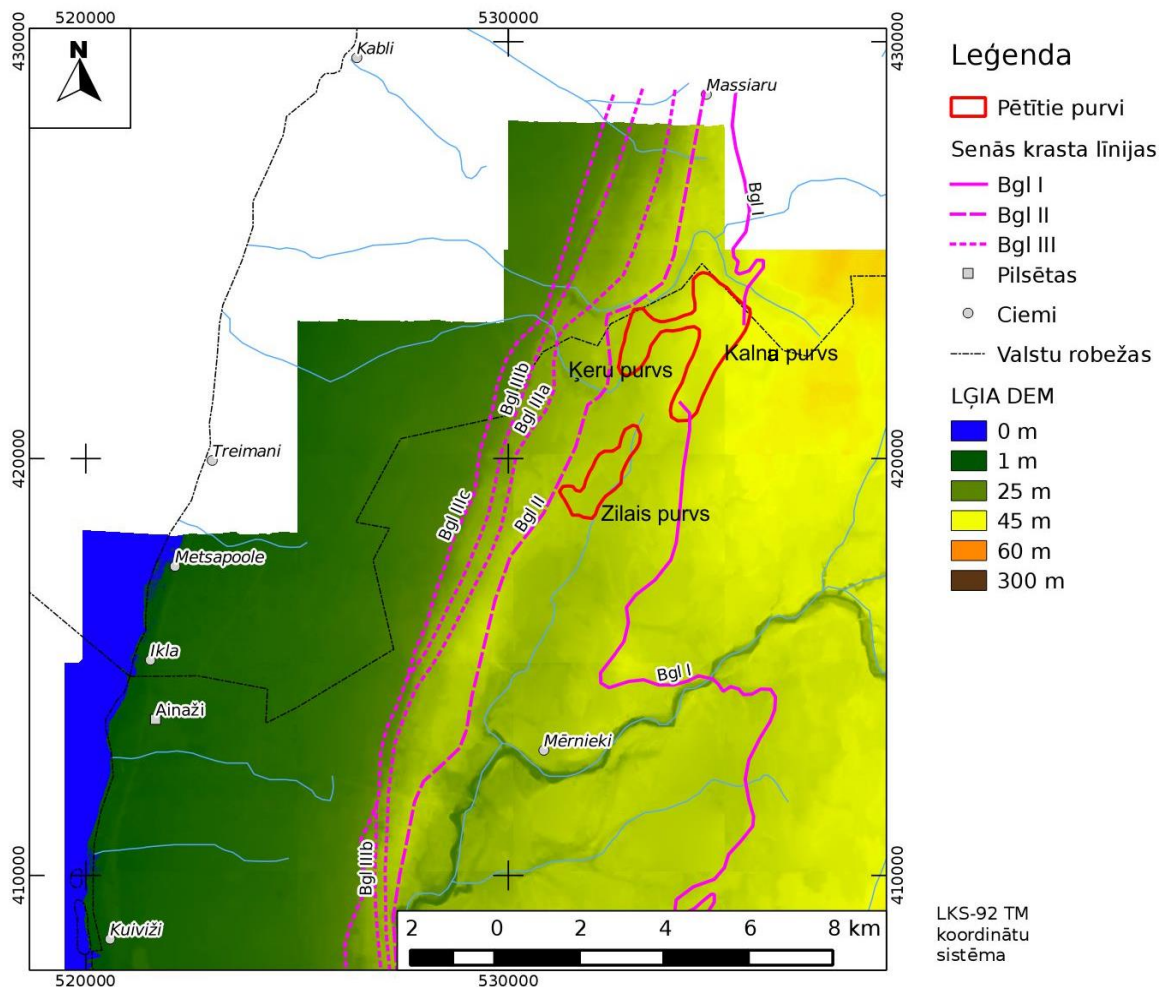
2.1. Kalna, Ķeru un Zilais purvs

LU pētniecības projekta Nr. 2007.ZP-87 „Skandināvijas vairoga dienvidu malas iekšējās zonas vēlā Vislas posma deglaciācijas notikumu hronoloģijas pilnveidošana” veiktajos pētījumos noskaidrots, ka ziemeļos no Salacas ielejas BII stadijas nozīmīgākais krasta veidojums ir bārs, kura virsmu saposmo lēzeni vaļņi un eolie veidojumi. Rietumu nogāzē izdalās vairākas lēzenas un zemas, iespējams, ar abrāzijas un ledus torosēšanās procesiem saistītas kāples (Juškevičs et al., 2008). Pazeminājumos starp krasta līnijām ir izveidojušies purvi, no kuriem trijos ir veikti pētījumi. Darbā pētītie Kalna, Ķeru un Zilais purvs (2.1.att.) atrodas Vidzemes piekrastes teritorijā Baltijas ledus ezera akumulācijas un abrāzijas līdzenumā starp Baltijas ledus ezera Bgl I un Bgl II krasta līnijām (2.1.att.). Baltijas ledus ezera Bgl I krasta līnijas augstums mainās no 40 m vjl. pie Kalna purva līdz 32 m vjl. pie Ķirbižiem (Juškevičs et al., 2000). Purvi pētījumam izvēlēti tādēļ, ka organogēno nogulumu uzkrāšanās tajos ir sākusies tikai vēlajā holocēnā, apmēram pirms 4000 gadiem. Iemesli, kāpēc purvi sāka attīstīties tik vēlu, visticamāk ir saistīti ar tādiem vides faktoriem, kā glacioizostāzijas izsuktās dabiskās drenāžas apstākļu vai pazemes ūdeņu režīma un augsnes mitruma izmaiņas, kas noteica pārpurvošanās procesu sākumu. Nogulumu uzkrāšanās ir bijusi salīdzinoši intensīva, tādēļ bija sagaidāms, ka būs labi atpazīstami veģetācijas izmaiņas un īslaicīgie notikumi, piemēram, Mazais ledus laikmets.

Kalna un Zilais purvs atrodas starp BI un BII stadiju krasta līnijām, bet Ķeru purvs izveidojies pazeminājumā starp BII un BIIIa krasta veidojumiem austrumos no Ainažiem. Purvi veidojušies salīdzinoši vēlu-pirms aptuveni 3000 gadu. Iemesli, kāpēc purvi sāka attīstīties tik vēlu un to noteicošie vides faktori var būt vairāki-glacioizostāzijas izsuktās dabiskās drenāžas apstākļu vai pazemes ūdeņu režīma un augsnes mitruma izmaiņas.

Seno krasta formu relikti liecina, ka Baltijas ledus ezera pirmās stadijas baseina krasta kontūrai raksturīgs ievērojams posmojums. Ledāja reljefa pacēlumi veidoja nelielus ragus, bet pazeminājumi - sekļus līčus. Līču priekšā bija redzamas salas, kuras galvenokārt iezīmēja pamatiežu pacēlumi ar nelielu ledāja nogulumu segu. Stadijas Bgl I laikā krasta

akumulācija notika Rīgas jūras līča austrumu piekrastē iepretim Ainažiem. Pie Ainažiem patlaban izsekojams bārs ar absolūtajiem augstumiem līdz 37,5 m vjl. (Veinbergs, 1996).



2.1. attēls. Kalna, Ķeru, Zilā purvu novietojums starp Baltijas ledus ezera dažādu stadiju krasta līnijām Vidzemes piekrastē (digitizējis M. Nartišs, izmantojot informāciju no 1967. gada Ģeomorfoloģiskās kartes 1:200 000)

Figure 2.1. Location of Kalna, Ķeru, Zilais Mires among different shorelines of different Baltic Ice Lake stages at Vidzeme Coastal Zone (digitized by M. Nartišs, using information from Geomorphological map of 1967, 1:200 000)

Posmā starp Ķirbižiem un Svētupi Bgl I krasta nogulumu veido, šauru akumulācijas terasi (2.1.att). Uz ziemeļiem no Svētupes krasta līnija novērojama tikai dažās vietās. Teritorijas ziemeļu daļā pie atzīmēm 42-43 m vjl. šīs Baltijas ledus ezera stadijas laikā veidojušās akumulācijas terases un abrāzijas iegrauzumi (Tracevskij et al., 1967).

Pētīto purvu teritoriju ir ietekmējuši abrāzijas procesi. Pārējā piekrastes daļā krasta zonā notika intensīva zemūdens nogāzes līdzsvara profila izstrādāšana un ievērojama sanesu koncentrācija bāros, strēlēs retāk (Veinbergs, 1996).

Ziemeļos no Salacas ielejas Bgl II stadijas nozīmīgākais krasta veidojums ir bārs, kura virsmu saposmo lēzeni vaļņi un eolie veidojumi. Bāra nogulumos un to virspusē ir sastopami atsevišķi līdz 2,0 m gari laukakmeņi. Vietām, no kontakta ar morēnas nogulumu

pagulslāni, laukakmeņi veido koncentrācijas joslas, kas fiksē abrāzijas virsmu vai arī norāda uz ledus torosēšanās vietām. Ziemeļos no Kuiķules līdz Skultei Bgl II stadijas krasta līniju fiksē abrāzijas kāples (Juškevičs et al., 2008).

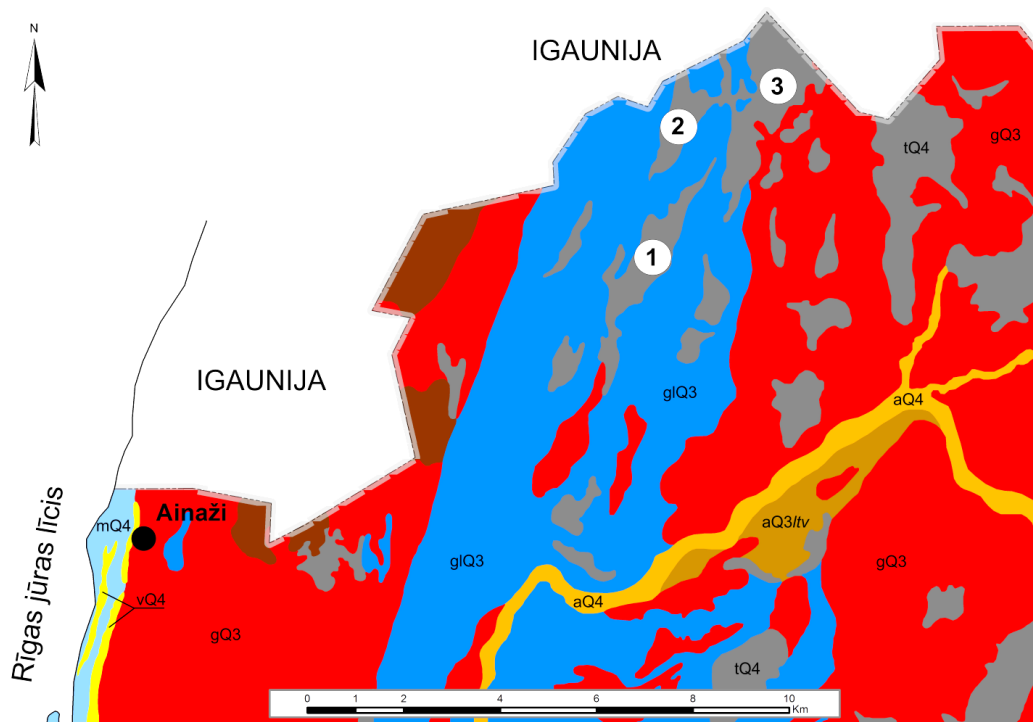
Bgl II stadijas beigās sākas Baltijas ledus ezera regresija, kas turpinās visu Bgl III stadijas laiku. Šajā laikā notiek nelielas ūdens līmeņu pacelšanās, kuras tiek raksturotas kā fāzes Bgl IIIa, Bgl IIIb un Bgl IIIc (Veinbergs, 1996).

Piejūras zemienes ziemeļdaļā netālu no Igaunijas robežas, rietumu daļā teritoriju apskalo Rīgas jūras līcis. Ieplakas, kuras bija izveidojušās Baltijas ledus ezera akumulācijas līdzenumā, bija sausas, un nogulumu tajās praktiski neuzkrājās. Zemkvartāra virsmā pamatiežu vecums samazinās dienvidu virzienā. Vidzemes piekrastē ziemeļu daļā apmēram līdz Vitrupes ietekai pamatiežu virsu veido vidusdevona Arukilas svītas smilšakmeņi, Vidzemes piekrastes vidusdaļā-Burtnieku svītas smilšakmeņi, māli un aleirolīti (Strautnieks, 1995).

Kalna purvs ir augstais purvs ar apkārtējiem purvainiem, galvenokārt, priežu mežiem, Kvartāra nogulumu biezums nepārsniedz 10 m, nogulumu biezums palielinās rietumu un austrumu virzienā līdz 15-20 m. Latvijas apledojuuma glaciģēnie nogulumu (gQ₃ltv) ir plaši izplatīti, un vietām tos pārklāj Baltijas ledus ezera un Litorīnas jūras nogulumu (2.2.att.).

Nogulumus veido trīs dažādi morēnas slāņi. Pirmos divus slāņus veido mālsmilts ar laukakmeņiem un smilšmāls tumši brūnā, brūnā krāsā, šajos morēnas slāņos ir daudz lēcu, kuras veido dažādgraudaina smilts un aleirīts (Tracevskij et al., 1967). Darbā pētītie purvi attīstījušies pēdējā apledojuuma ledāja veidotajā viegli viļņotā reljefā, kur zemes virsu klāj vāji caurlaidīgi mālaines morēnas un Baltijas ledus ezera smilšainie nogulumu (2.2. att.).

Ūdeni vāji caurlaidīgam morēnas slānim ir ļoti svarīga loma purva pirmajā veidošanās posmā. Tālāko purva attīstības gaitu noteic un uztur klimats, kā arī to veicina pati kūdra, ar savām fizikālām īpašībām regulējot vides režīmu. Reljefs, minerālais pamatslānis un klimats rada ne tikai labvēlīgus priekšnoteikumus purvu tapšanai vispār, bet arī noteic purva tipu, dziļumu un platību. (Nomals, 1930b, 1943). Purvs aizņem dienvidrietumu-ziemeļaustrumu virzienā garenstieptu nelīdzenu pazeminājumu ar paplašinājumu tā ziemeļdaļā, kur virs apkārtējās teritorijas paceļas apmēram 2 m augsts purva kupols, sasniedzot 41 m vjl. (2.3.att.).



Apzīmējumi:

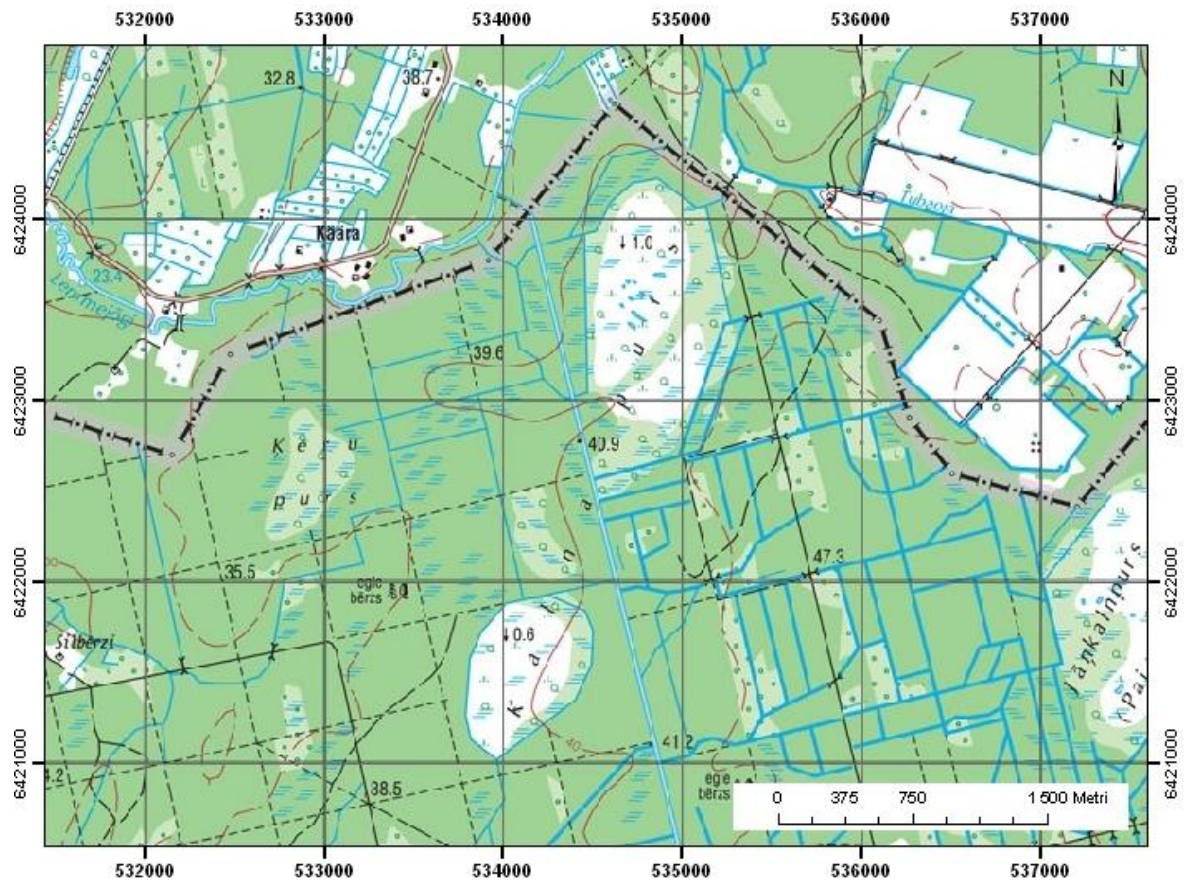
tQ4 - Purvu nogulumu. Kūdra.	aQ3/tv - Aluviālie nogulumu. Smilts, grants, oļajs.
gQ3 - Morēnas nogulumu.	aQ4 - Aluviālie nogulumu. Smilts, grants, oļajs.
glQ3 - Glaciolimniskie nogulumu. Smilts, aleirīts.	vQ4 - Eolie nogulumu. Smilts.
mQ4 - Pēclitorīnas jūras nogulumu.	- Pirmskvartāra ieži.

- 1 - Zilais purvs
- 2 - Ķeru purvs
- 3 - Kalna purvs

2.2.attēls. Kalna, Zilā un Ķeru purva apkārtnes kvartāra nogulumu ģeoloģiskā karte (digitizējis M.Dauškans pēc Juškevičs, 2000; Juškevics et al., 1981)

Figure 2.2. Geological map of Quaternary deposits in vicinity of Kalna, Zilais and Ķeru mires (digitized by M.Dauškans after Juškevičs, 2000; Juškevics et al., 1981)

Pēc Latvijas PSR Kūdras fonda 1980. gada datiem Kalna purva platība ir 384 ha. Apmēram 40 ha liela platība purva austrumu daļā ir nosusināta ar vaļējiem grāvjiem. Purva griezuma augšējo slāni līdz 1,50 m dziļumam veido maz sadalījusies augstā tipa sfagnu kūdra, bet dziļāk vidēji un labi sadalījusies kūdra. Kūdras slāņa vidējais biezums ir apmēram 2,20 m, bet lielākais sasniedz 4,50 m. Kūdras sadalīšanās pakāpe mainās no 10-45%, bet pelnainības daudzums 0,9-5,0%, kūdras dabiskais mitrums 86-97%.



2.3. attēls. Kalna un Ķeru purva atrašanās vietas
 Figure 2.3. Location of Kalna and Ķeru Mires

Purva malas, kur izrakti grāvji, klāj skrajš priežu mežs, bet purva centrālā daļa ir klaja ar augstajam purvam raksturīgo ciņu-slīkšņu un grēdu-slīkšņu mikroreljefu (LPSR Kūdras fonds, 1980). Sevišķi labi tas izteikts purva ziemeļdaļā, kur tika veikti purva nogulumu pētījumi (2.4. att.).

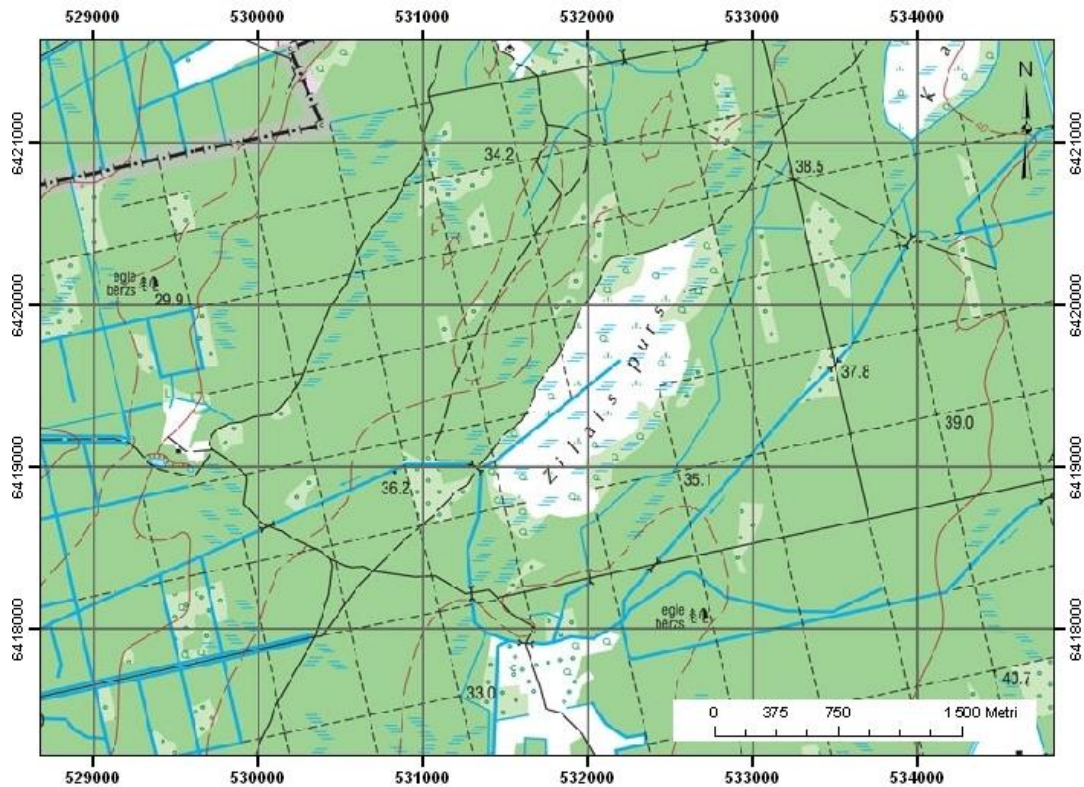
Ķeru purvs atrodas 1 km uz rietumiem no Kalna purva (2.3.att.), starp Baltijas ledus ezera Bgl I un Bgl II krasta līnijām 38,1 m vjl. Latvijas PSR 1980. gada Kūdras fondā purvs tiek raksturots kopā ar Kalna purvu, jo tos atdala tikai neliels, apmēram 1 m augsts morēnas pacēlums. Purviem attīstoties tālāk, tie visticamāk saplūdis kopā. Ķeru purvu ietver skrajš mežs ar nelielām priedītēm, vaivariņiem un viršiem. Purva centrālā daļa ir klaja, ar retām priedēm un, līdzīgi kā Kalna purvā, ar augstajam purvam raksturīgu ciņu-grēdu reljefu (Kūdras fonds, 1980).



2.4.attēls. Augstajiem purviem raksturīgais ciņu-liekņu mikroreljefs Kalna purva ziemeļdaļā (autores foto)

Figure 2.4. Hummock-hollow microrelief characteristic for raised bogs in northern part of Kalna Mire (author's photo)

Zilais purvs pēc Latvijas PSR 1980. gada Kūdras fonda datiem (1980) aizņem 154 ha. Tas izveidojies dienvidrietumu-ziemeļaustrumu virzienā garenstieptā pazeminājumā starp Baltijas ledus ezera BI un BII stadiju krasta līnijām (2.2., 2.5. att.). Zilais purvs ir augstā tipa sūnu purvs, kura centrālo daļu 128 ha platībā veido klajums ar retiem kokiem, galvenokārt priedēm. Tā periferiālā daļa ir nosusināta, kā arī tā ir ievērojami izdegusi un purvam kopumā ir degradēta purva ainava. Pēc Kūdras fonda datiem (Kūdras fonds, 1980), kūdras dabiskais mitrums ir 90,5-96,0%, bet pH 4,00-5,40. Maksimālais kūdras slāņa dziļums 3,00 m, bet vidējais ir 1,80 m. Līdz 2 m dziļumam purva nogulumus veido maz un vidēji sadalījusies sūnu kūdra, bet dziļāk kūdra ir vidēji līdz labi sadalījusies. Kūdras sadalīšanās pakāpe mainās robežās 10-50%, bet kūdras pelnu daudzums ir neliels un mainās no 1,3-4,4%.



2.5.attēls. Zilā purva atrašanās vieta
Figure 2.5. Location of Zilais Mire

Purva malās ir lieli grāvji, kas nosusina purvu, kā rezultātā tas mūsdienās ir daļēji aizaudzis ar priedēm un bērziem.

2.2. Pantenes purvs

Tagadējam Burtnieka ezeram ziemeļu daļā piegulošajā teritorijā atrodas tā aizaugušais Ziemeļu ezers, dziļākajās vietās vēl saglabājās caurtekoši ezeri, kā arī tagadējais Rūjas purvs un Pantenes purvs, kuros atlantiskajā laikā uzkrājās sapropelis un kūdra (Eberhards, 2006). Pantenes purvs (2.6.attēls) atrodas ziemeļaustrumos no tagadējā Burtnieka ezera, Ziemeļvidzemes zemienē, Burtnieka līdzenumā, Burtnieka drumlinu lauka vidusdaļā. Burtnieka līdzenums ir dabas apvidus Ziemeļvidzemes zemienē. Tā platība ir 2128 km², garums ziemeļu dienvidu virzienā ir apmēram 80 km, bet platums no 15-20 km pie Igaunijas robežas un līdz 45 km Valmieras apkaimē. Uz ziemeļiem un ziemeļaustrumiem no Ērgemes pauguraines to nodala Rudavas-Rūjas ielejveida pazeminājums (Zelčs, 1994).

Līdzenuma virsa ir viļņots līdzenums ar tipisku drumlinu reljefu (Burtnieku drumlinu lauks) (2.7.attēls). Tā centrālo daļu aizņem Burtnieka ieplaka ar Rūjas, Sedas un Briedes pazeminājumu. Ieplaka ģenētiski ir glaciolimniskis pēcleduslaikmeta ezera līdzenums ar reljefā maz izteiktām baseina krasta līnijām un upju deltu veidojumiem (Zelčs, Dreimanis, 1997).

Burtnieka līdzenums ir Salacas un Gaujas baseina ūdensšķirtne. Lielāko teritoriju aizņem Salacas baseins, kura lokālā erozijas bāze ir Burtnieks. Burtnieka līdzenuma dienvidrietumu daļā izplatītas subglaciālās iegultnes, ielejveida pazeminājumi un drumlinu

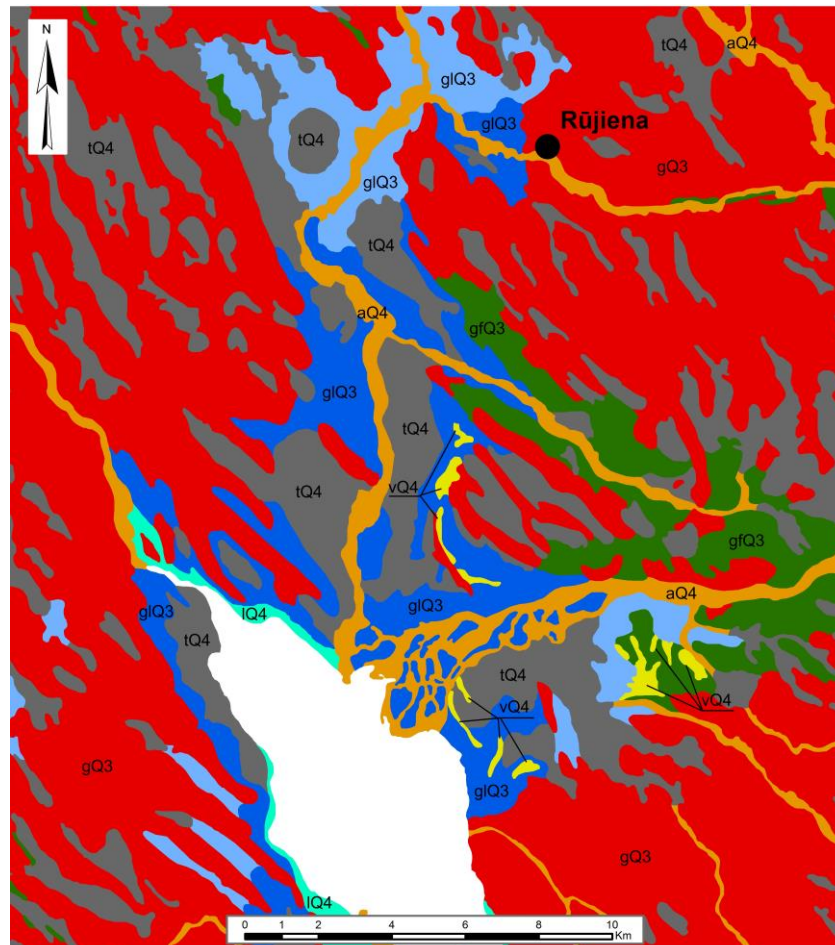
Drumlīni lielākoties ir 1-2 km gari, 100-600 m plati un 6-12 m augsti (Eberhards et al., 2003). Augstākie drumlīni abpus ezera ieplakai paceļas 55-65 m vjl. jeb 14-25 m virs tagadējā Burtņieka ezera līmeņa. Augstākā virsotne ir Ķoņu kalns (pie Rūjienas), kura augstums ir 92,7 m vjl. Izteikti drumlīni stiepjas gar Burtņieka ezera rietumu krastu no Vecates līdz Bauņiem, ezera dienvidaustrumos ap Burtņiekiem, kā arī uz ziemeļiem no tagadējā ezera, no Idus līdz Pantenei un Sēļiem ziemeļrietumos un ezera ieplakas pretējā ziemeļaustrumu malā. Gar ezera ieplakas austrumu un dienvidaustrumu malu drumlīnus klāj smalka smilts, kas vietām sapūstas kāpās. Reljefā sevišķi labi izteiktais Košķeles drumlīns, kas atrodas uz ziemeļiem no tagadējā ezera, tālu iestiepjas meridionālajā ezera ieplakā.

Starpdrumlīnu ieplakās ledāja nogulumus sedz purvu nogulumi (2.7.att), upju ielejās-aluviālie nogulumi. Ir daudz nelielas smilts un smilts-grants atradnes. Drumlīnos ir daudz rupja drupu materiāla, galvenokārt silūra un ordovika vecuma iežu atlūzas un oļi, kuri šeit nonākuši ar ledāju, un tā kušanas ūdeņi šo materiālu ir pārskalojuši. Tāpēc ledus laikmeta beigu posmā un pēcloduslaikmetā, virszemes un pazemes ūdeņiem izšķīdinot karbonātisko iežu atlūzas un ledāja saberztās smalkās daļiņas, senajā ezerā un citās ūdenstilpēs ap Burtņieka ezeru, kuras tagad izzudušas, uzkrājās daudz ezerkaļķu, kuru iegulas ir konstatētas un pētītas pie Vecates, Bauņiem, Lielruļu-Melnupītes purvā (uz ziemeļiem no Košķeles drumlīna), uz ziemeļiem no bijušajām Zvejņieku un Bērzu mājām un pie pašām Zvejņieku mājām, kur atrodas mezolīta un neolīta laika apmetnes blakus karbonātisku oļugrants iegulai, kurā bijis senais kapulauks (Eberhards, 2006).

Pārpurvojoties pazeminājumiem un daudzajām ieplakām, starp drumlīniem izveidojušies purvi. Lielākie ir zemie purvi-Lielais un Rūjas purvs. Rūjas-Sedas upju starpā senezeru vietās izveidojušies augstie purvi (Puikules-Tēvgāršas purvs, Purmuižas purvs) (Zelčs, 1994).

Drumlīnu lauka vidusdaļā atrodas Burtņieka ezers (senais nosaukums Astjervs), kurš ir viens no lielākajiem ezeriem Latvijā. Ezers atrodas 39,5 m vjl., tā platība ir 40,06 km², garums-13,3 km (dienvidaustrumu-ziemeļrietumu virzienā), lielākais platumš 5,5 km. Burtņieka ezera vidējais dziļums ir 2,2 m, bet maksimālais sasniedz 3,3 m. Burtņieka ezerā ietek Seda, Rūja, Briede, Ēķīnupe, bet iztek Salaca (Zelčs, 1994). Mūsdienās ezera krasta līnijas garums ir 33 km, bet leduslaikmeta beigu posmā senais Burtņieks bijis 4-5 reizes lielāks ledāja kušanas ūdeņu baseins, kas aizņēmis ievērojami plašāku teritoriju nekā mūsdienās, tai skaitā arī tagadējo Rūjas un Sedas baseina purvaino, mežaino lejasdaļu. Burtņieka līmeņa pazemināšanās un tā ūdens spoguļa samazināšanās ir izraisīta gan dabisku procesu rezultātā (Salacai iegrauzoties dziļāk), gan arī ir saistīta ar cilvēka darbību (1929. gadā Burtņieka ezera līmenis tika pazemināts par apmēram 1 m). Mūsdienās Burtņieks ir tipisks sekls, strauji aizaugošs ezers (Eberhards, 2006).

Kvartāra nogulumu biezums Burtņieka apkaimē vidēji mainās no 10 m līdz 25 m, augstākajos drumlīnos tas mainās līdz 30-40 m, bet iegrauzumos līdz 80-90 m. Kvartāra segu veido galvenokārt sarkanbrūna vai samērā vāji sablīvēta pēdējā leduslaikmeta mālsmilts morēna (3.6.att.). Tai raksturīga komplicēta (zvīņveida) uzbūve ar dažāda rakstura uzbīdījumiem, krokojumu un citām ledāja spiediena radītajām deformācijām (Zelčs, Dreimanis, 1997).



Apzīmējumi:

- gQ3 - Morēnas nogulumi.
- gfQ3 - Glaciofluviālie nogulumi. Smilts, grants, oļājs.
- glQ3 - Glaciolimniskie nogulumi. Smilts, aleirīts.
- glQ3 - Glaciolimniskie nogulumi. Māls, aleirīts.
- tQ4 - Purvu nogulumi. Kūdra.
- lQ4 - Ezeru nogulumi. Smilts, aleirīts, sapropelis.
- aQ4 - Aluviālie nogulumi. Smilts, grants, oļājs.
- vQ4 - Eolie nogulumi. Smilts.

2.7.attēls. Burtnieka un tā apkārtnes kvartāra nogulumu ģeoloģiskā karte (Digitizējis M.Dauškans pēc Juškevičs, 1981; 2000)

Figure 2.7. Geological map of Quaternary sediments in vicinity of Burtnieks Lake (Digitized by M.Dauškans after Juškevičs, 1981; 2000)

Bieži sastopami devona iežu atrauteņi, kā arī stipri deformēti Kurzemes morēnas un smilts, grants nogulumu atrauteņi, kas parasti veido drumlinu kodolus. To biezums sasniedz 5–7 m, Ņoņu kalnā-pat vairāk par 10 m. Līdzenuma lielākajā daļā morēna atsedzas virspusē. Ieplakās starp drumliniem to parasti sedz 1m biezas aleirītiskas, mālainas smilts slānis vai kūdra. Burtnieka ieplakā, kā arī plašākajos pazeminājumos pie Ramatas un Vīlpulkas morēnu klāj līdz 4-5 m biezs aleirītiskas smilts, aleirītu un mālu slānis, kā arī kūdra, kuras biezums sasniedz 6 m, Vilzēnu purvā-pat 8,80 m (Juškevičs, 2000).

Burtnieka ezera ziemeļrietumu un rietumu krastu lielākoties veido ezera nogulumu: smilts, aleirīts, gitija, saldūdens kaļķiezis. Parasti ezera nogulumu ir pārsegti ar kūdru, bet zem tiem paguļ glaciolimniskie vai glaciofluviālie nogulumu, retāk morēna. Ezera nogulumus veido pelēcīgi dzelteni dūņaini māli, smiltis, aleirīti ar augu atliekām, gitija, saldūdens kaļķieži. Pēc sastāva ezera smiltis, māli un aleirīti neatšķiras no glaciolimniskajiem māliem, smiltīm un aleirītiem. Atšķirība tā, ka ezera nogulumu satur vairāk organiskā materiāla, kas bieži veido arī lēcas.

Holocēna sākumā Baltijā saldūdens kaļķieži uzkrājās ūdenstilpēs, kuru krastus veidoja morēnmāls vai grants-oļu nogulumu, kas saturēja daudz karbonātisko iežu atlūzu (kaļķakmeni, dolomītus). Karbonātiskie nogulumu (tīrs ezerkaļķis, mālaina, aleirītiska smilts), kas satur 50-90% CaCO₃, parasti uzkrājās ezeru seklūdens joslā krasta tuvumā 2-6 m dziļumā (Vasiliauskiene, 1986).

Ezerkaļķu uzkrāšanās Burtniekā preboreālā un boreālā laikā galvenokārt ir saistīta ar ezera ieplakas rietumu malu no Vecates līdz Bauņiem, kuru veido 1-2 m biezas kaļķu iegulas zem pārsedzošās kūdras, arī uz ziemeļiem no tagadējā ezera Melnupītes purvā, uz ziemeļiem no Zvejnieku-Bērzu sensalas, kā arī pašas sensalas ziemeļaustrumu stūrī pie Zvejnieku mājām senās apmetnes izplatības rajonā (Eberhards, 2006).

Tie satur daudz <1 mm daļiņu (līdz 95%). CaCO₃ saturs svārstās no 60-87%. Saldūdens kaļķiežu slāņa biezums parasti ir 0,5-1,5 m, bet atsevišķos gadījumos sasniedz 3-4 m. Saldūdens kaļķieži satur dažādas molusku daļiņas-*Unio* sp., *Sphaerium* sp., *Pisidium* sp., *Radix ovata*, *R. peregra*, *Galba palustris*, *G. glabra*, *G. truncatula*, *Limnaea stagnalis*, *Anisus contortus* u.c..

Ezera-aluviālie nogulumu izplatīti ezera ziemeļaustrumu krastā. Tie sastāv no vāji šķīrotām smalkgraudainām, aleirītiskām smiltīm, kuras satur augu atliekas un smilšainas kūdras lēcas. Šo nogulumu biezums sasniedz 3-4 m, un to uzkrāšanās notikusi ezera krastā, pie Rūjas un Sedas upju ietekām (Tracevskij et al., 1965).

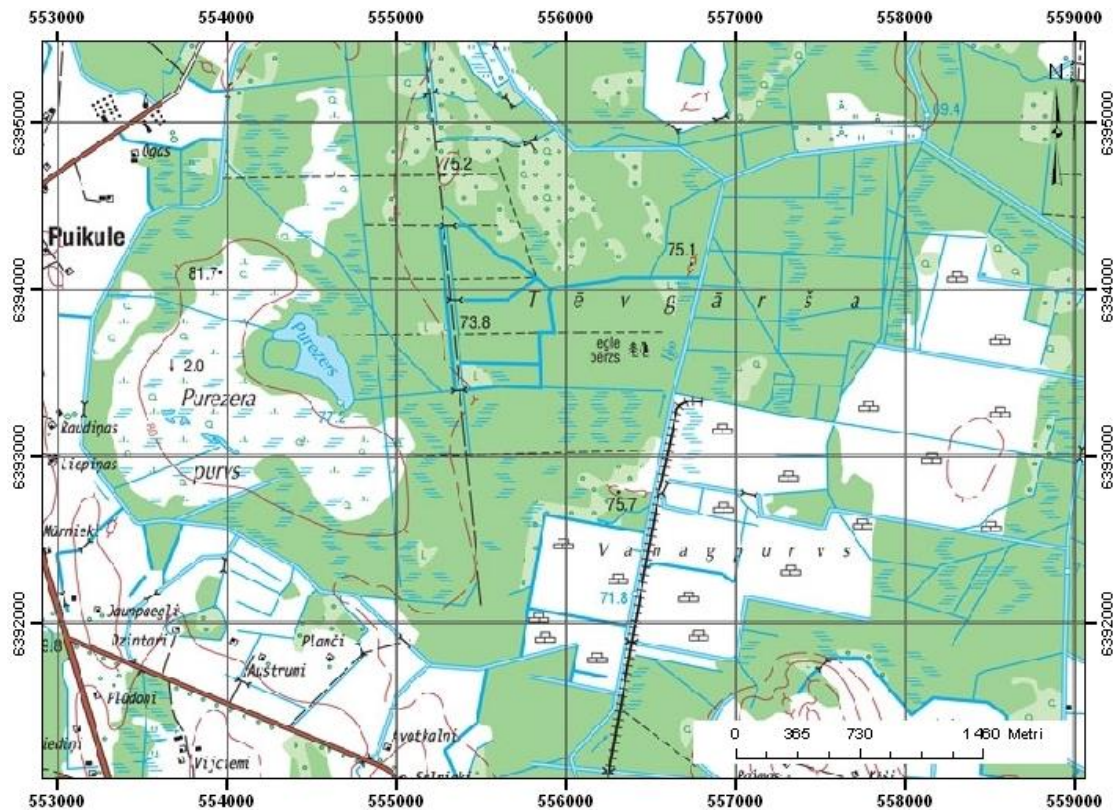
Purva nogulumu bieži vien ir uzkrājušies šauros padziļinājumos reljefā-ielejās starp drumliniem vai pauguriem. Tie pārsedz glaciolimniskos un limniskos mālus un smilti, retāk-glaciofluviālos nogulumus un morēnu. Kūdras slāņu biezums svārstās no 0,5-8,0 m. Maksimālais kūdras slāņa biezums saistās ar lieliem purvu masīviem (Rūjas, Daibes, MarijKalna u.c. purvi). Pantenes purvā izplatīta zemā tipa kūdra, kura veidojusies, atmirstot grīšļiem un citi sauszemes augiem, arī kokiem un sūnām. Pantenes purvs ir viens no Burtnieka paleoezera senajiem līčiem un atrodas Rūjas pazeminājumā, Burtnieka līdzenuma ziemeļaustrumu daļā. Pazeminājumā ietilpst arī Rūjas upe un Rūjas purvs. Urbumi Ceriņi-2007, Ceriņi-2009, Ceriņi-2011, kā arī Pantene-Braukšas I-2006 veikti purva rietumu malā pie Pantenes ciemata, „Ceriņu” māju tuvumā, no kā arī izriet urbumu nosaukumi (Ozola et al., 2010).

2.3. Puikules purvs

Puikules purvs tiek saukts arī par Purezera purvu (2.8.att.) un atrodas Limbažu viļņotajā līdzenumā, dienvidos un dienvidaustrumos to norobežo Idumejas augstienes Augstrozes paugurvalnis, kas ir viena no Salacas upes baseina ūdensšķirtnēm, savukārt rietumos purvs robežojas ar Puikules-Alojas valni, aiz kura sākas Viduslatvijas zemienes

Metsepoles līdzenums. Uz austrumiem atrodas Burtnieka drumlinu lauks, ko dienvidrietumu malā šķērso Briedes upe.

Limbažu viļņotā līdzenuma lielāko daļu aizņem pārsvarā ledāja kustības virzienā orientēti gari vaļņveida pacēlumi un plaši pārpurvoti pazeminājumi. Pacēlumu relatīvais augstums vidēji ir ap 10-12m, platums 0,2 līdz 1,5 km, bet garums nereti sasniedz 7-10km. Līdzenuma augstākajā ziemeļu daļā to virsotnes atrodas ap 90–95m vjl., Lēdurgas apkārtnē pazeminoties līdz 65-70 m.



2.8. attēls Puikules purva (Purezera purvs) atrašanās vieta

Figure 2.8. Location of Puikule (Purezers) Mire

Teritorijas dienvidrietumos pie Sējas un Raganas pauguri ir šaurāki un īsāki, bet to relatīvais augstums atsevišķos gadījumos pieaug līdz 15-20 m. Tie veido tīklveida sistēmu ar dažāda lieluma nelīdzenām ieplakām, sīkiem pauguriņiem un osiem līdzīgām grēdām. Pie robežas ar Metsepoles līdzenumu vaļņveida pacēlumi pāriet dienvidu un dienvidrietumu virzienā orientētos masīvos un grēdās, kuru virsotnes atrodas 30-40 m augstāk par līdzenumu. Pie Pociema augstāko virsotņu absolūtais augstums sasniedz 115-119 m vjl. Limbažu viļņotā līdzenuma reljefs ir veidojies aktīvās Viduslatvijas ledāja plūsmas malas zonā. Frontālās un sānu spiedes apstākļos ir izveidojušies minētie sabīdījuma un izspieduma vaļņi un masīvi, kā arī tos atdalošās ieplakas. Pauguri sastāv no sakrokotiem ledāja, galvenokārt morēnas nogulumiem. Ieplakas nereti klāj smilts vai granšaina smilts, retāk aleirīti un māli., kuras lielākoties aizņem purvi.

Limbažu viļņotā līdzenuma pamatnē ir plašs devona iežu virsmas pacēlums, kurš vidēji atrodas ap 40-50 m vjl. Devona iežu virsa ir lēzeni viļņota ar līdz 10-15 m augstiem vai dziļā ledāja kustības virzienā orientētiem nelīdzenumiem, kas, domājams, atspoguļo

ledāja spiediena radītās deformācijas. Tajā iezīmējas dziļš iegrauzums (146 m zjl. pie Sāruma ezera), kurš mūsdienu reljefā izpaužas kā Nabes ieleja ar Sāruma un Riebiņu ezeriem. Gaujas tuvumā atrodas plašs devona iežu deformācijas paliksnis, kura augstākās vietas pie Inciema un Krimuldas ir ap 90-95 m vjl. (Vetreņņikov, Golubec, 1989; Juskevičs, 2000).

Vidējais kvartāra nogulumu biezums ir no 30 līdz 40 m, sasniedzot 60-70 m paugurainajos masīvos pie Pociema. Devona iežu palikšņa robežās, kā arī Raunas un Gaujas tuvumā tas samazinās līdz 5-10 m. Kvartāra nogulumi pārsvarā sastāv no Latvijas leduslaikmeta morēnas, kuru pazeminātajās teritorijas daļās, īpaši Gaujas un Braslas tuvumā pārklāj dažādgraudainas glaciofluviālas smilts slānis. Morēna ir ļoti neviendabīga, smilšaina, ar dažāda biezuma smilts un grants vai aleirīta un aleirītiska māla ieslēgumiem, kas bieži veido arī pozitīvo reljefa formu kodolus, retāk-atsevišķas formas. Ieplaku lielāko daļu aizņem plaši purvu masīvi ar kūdras biezumu līdz 6-7 m (Vetreņņikov, Golubec, 1989; Juskevičs, 2000).

Kurzemes leduslaikmeta nogulumi vietām sastopami kvartāra segas pamatnē, galvenokārt zemāk gulošo devona iežu viras pazeminājumos. Tie sastāv no brūnas, pelēkbrūnas, smērā viendabīgas un blīvas morēnas mālsmilts un smilšmāla, kura biezums reti pārsniedz 5 m. Līdzenuma centrālajā un ziemeļdaļā zem augstākajiem pauguriem un masīviem sastaptas arī nelielas granšainas smilts un mālainu aleirītu iegulas. Ielejveida iegrauzumu pie Sāruma ezera aizpilda Lētīžas leduslaikmeta aleirītiska smilts, kas dziļāk pāriet dažādgraudainā smiltī ar granšainas, oļainas smilts starpkārtām. Gultnē tos nomaina oļu un akmeņu slānis (Vetreņņikov, Golubec, 1989; Juskevičs, 2000).

Limbažu viļņotajā līdzenumā aktīvi izpaužas pārpurvošanās procesi, ko veicina augstais gruntsūdeņu līmenis un to ierobežotā notece, ko apgrūtina arī jau izveidojušies purvu masīvi. Pauguros gruntsūdeņu līmenis bieži ir dziļāks par 5 m. Tie atrodas morēnas smilšaino nogulumu starpkārtās.

Puikules-Tēvgāršas purva kopējā platība ir 2200 ha; 1591 ha aizņem zemais purvs, 609 ha-augstais purvs. Kūdras slāņa vidējais dziļums 3,5 m, bet lielākais dziļums 8 m. Virsējā kārtā kūdra ir maz sadalījusies, dziļāk vidēji un labi sadalījusies. Purva ūdeņi noplūst uz Īģi, kas tek cauri purvam (Krauklis, 1997). Purva vidū atrodas purva ezers Purezers. (3.7.att.).

Purvam cauri dienvidu-ziemeļu virzienā tek viena no Salacas pietekām-Īģe. Apkārtējās teritorijas virsmai nav novērojams saposmojums-teritorija pamatā atrodas morēnas līdzenumā, taču tās rietumu mala pieskaitāma pie glaciolimnisko ezeru daļēji abradētajiem līdzenumiem. Dienvidos no pētāmās teritorijas ģeomorfoloģiskā situācija kļūst sarežģītāka, šeit atrodas gan morēnas līdzenumi, gan marginālās grēdas, kā arī glaciolimniskie līdzenumi (Vetreņņikovs, Golubec, 1989).

Absolūtais augstums Puikules purvā variē no 74,4-82,1 m vjl. Purva gultne ir ieapaļa, lielākais gultnes dziļums ir zem Purezera, kura dibena apakša ir salīdzinoši līdzena. Purva ziemeļu daļā un atsevišķos apgabalos purva gultni sarežģī zemūdens izciļņi, kas sasniedz 1,5 m augstumu. Ziemeļu un rietumu pusē purva gultnes krasti ir stāvi, bet dienvidos un austrumos galvenokārt lēzeni. Pieguļošie sauspauguri pieder viļņotajam morēnas līdzenumam, kas vietām pāriet glaciolimniskā līdzenumā. Pārējā daļa veido purva līdzenumus (Vetreņņikovs, Golubec, 1989).

3. MATERIĀLI UN METODES

Pētījuma sākotnējā posmā tika apzināti un izanalizēti dažādi publicētie un nepublicētie materiāli gan par pētījumu teritorijas ģeoloģisko uzbūvi, gan tās veidošanos, kā arī par dažādām nogulumu pētīšanas metodēm. Iegūtās informācijas analīzes rezultātā tika izvēlētas pētījumu vietas un izvēlētas pētījuma mērķa īstenošanai atbilstošākās metodes.

Pētījumam izvēlēta Ziemeļvidzeme (3.1.att.), kas šajā darbā ietver Metsepoles līdzenumu, Limbažu viļņoto līdzenumu, Augstrozes paugurvalni, Burtnieka līdzenumu un Ērgemes pauguraini. Šī teritorija pētījumam izvēlēta tādēļ, ka:

- Ziemeļvidzemes teritorijas reljefs ir veidojies pēdējā apledošanas un tā kušanas ūdeņu dažādas intensitātes darbības rezultātā, tādēļ organogēno nogulumu uzkrāšanās sākums un uzkrāšanās ātrums ir atšķirīgi, kas savukārt var sniegt liecības par veģetācijas un līdz ar to arī klimata apstākļu izmaiņām nogulumu uzkrāšanās laikā;
- pētījuma teritorijas definētajās robežās tika meklēti nelieli purvi ar pēc iespējas biežāku kūdras slāni, pieņemot, ka, jo intensīvāka ir kūdras uzkrāšanās, jo lielākas iespējas iegūt vairāk informāciju par nogulumu sastāvu un uzkrāšanās apstākļu izmaiņām.
- tika pieņemts, ka pēc platības nelielu augsto purvu pētījumu rezultāti ļauj korektāk rekonstruēt purvu attīstību un kūdras uzkrāšanās apstākļu izmaiņas vēlajā holocēnā, jo tajos nav veidojušies kupoli un tādēļ, iespējams, nav notikusi kūdras slāņu plīšana un slīdēšana, un tie atrodas „*in situ*”.

Pētījumiem Ziemeļvidzemē tika izvēlētas vietas ar lielāku nogulumu uzkrāšanās intensitāti, jo tas ļauj konstatēt un atpazīt īslaicīgus notikumus. Griezumos, kur nogulumu uzkrāšanās intensitāte ir maza, ir grūti konstatēt tādus īslaicīgus notikumus kā 8200 notikums vai Mazais ledus laikmets. Detalizētākiem pētījumiem tika izvēlēti tieši dažādu purvu un aizaugošu ezeru nogulumi, jo tajos par veģetācijas sastāvu un klimata izmaiņām liecina gan augu makroskopiskās atliekas (sēklas, lapas, zari), kas parasti ir „*in situ*”, gan arī mikroskopiskās atliekas, kas var būt gan vietējas (augu šūnas, putekšņi, sporas), gan arī reģionālas (putekšņi) izcelsmes. Turklāt pētījumu vietas tika izvēlētas arī ņemot vērā to, lai būtu pētīti gan augsto purvu nogulumi, kas veidojušies, pārpurvojoties minerālajiem nogulumiem purva ieplakas pamatnē, gan zemo purvu nogulumi, kas veidojušies, aizaugot ūdenstilpēm. Augstie purvi izvēlēti, jo to uzkrāšanās ātruma dēļ varētu būt labāk izsekojamas liecības par aukstuma periodiem pēdējo 2000 gadu laikā, kā arī lai būtu pārstāvēti ezeru nogulumi, kuros atrastās augu atliekas sniedz liecības par apstākļiem nogulumu uzkrāšanās laikā. Pētījumu vietas atrodas vienā ģeobotāniskajā rajonā dažādās reljefa formās un dažādos dabas apvidos Ziemeļvidzemē:

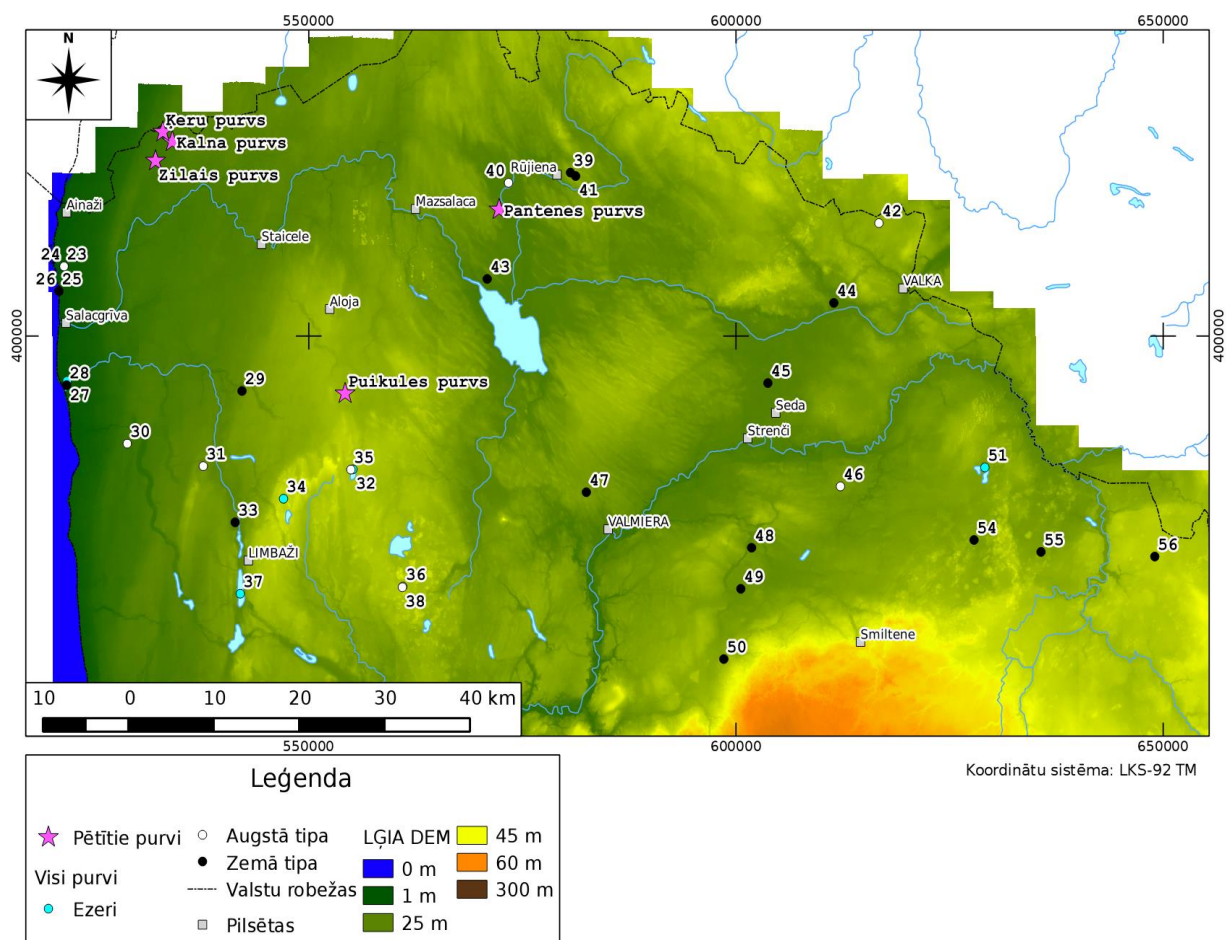
- Ziemeļvidzemes zemienē, Burtnieka līdzenuma ziemeļdaļā Rūjas pazeminājumā, senā Burtnieka aizaugošajā ziemeļu līcī-Pantenes purvā.
- Idumejas augstienē-Puikules purvs starp Alojās-Puikules paugurvalni un Metsepoles līdzenumu.
- Baltijas ledus ezera akumulācijas un abrazijas līdzenumā uz robežas starp Piejūras zemienes ziemeļdaļu un Viduslatvijas ziemeļdaļu.

Tika ņemts vērā arī tas, ka disertācijā iegūtos datus ir iespējams korelēt ar Igaunijas dienviddaļā un Latvijas austrumdaļā veiktajiem purvu un ezeru nogulumu pētījumiem (Niinemets, Saarse, 2006, 2009; Heikkila, Seppä, 2010; Amon et al., 2012; Veski et al., 2012) un precīzāk rekonstruēt veģetācijas izmaiņas holocēnā Ziemeļvidzemē.

Lai salīdzinātu autores iegūtos datus ar agrākajiem pētījumiem Ziemeļvidzemē, tika apzinātas un izpētītas 32 Ziemeļvidzemes (3.1.att.) putekšņu procentuālās diagrammas no Latvijas putekšņu diagrammu kataloga (Segliņš, 2001b, c), kurā diagrammas publicēšanai tika sagatavotas iespējami tuvinātas sava laika oriģināliem. Kataloga autors V.Segliņš (2001b, c) norāda, ka vairākos gadījumos nav bijis iespējams viennozīmīgi noteikt pirmpublicāciju vai diagrammu oriģinālo prezentācijas formu un saturu, jo to saturs ir vairākkārtīgi mainīts un pielāgots dažādu publikāciju vajadzībām.

Kā pašu lielāko šo diagrammu trūkumu V.Segliņš (2001c) norāda pamata datu (analīžu protokolu, skaitlisko vērtību datu tabulu, analītiķu oriģinālo piezīmju un blakus novērojumu) ārkārtīgi mazo skaitu un šo piezīmju fragmentārismu, kas attiecināms arī uz pētīto nogulumu sastāva aprakstiem, paraugu noņemšanas secību, dziļumiem un citu primāro un to papildinošo ģeoloģisko informāciju, tajā skaitā uz pētītās vietas ģeogrāfisko novietojumu. Tāpēc daudzām diagrammām nav iespējams droši noteikt tās ģeogrāfisko piesaisti, kā arī veikt iegūto datu mūsdienīgu interpretāciju, kas ņemams vērā turpmākajā darbā ar šiem materiāliem (Segliņš, 2001c). Autore, ņemot vērā griezumvietas nosaukumu un putekšņu diagrammu katalogā pieejamo karti ar griezumvietas izvietojuma punktiem, maksimāli precīzi mēģināja noteikt griezumvietas koordinātas.

Pētījumi veikti četros augstā tipa un vienā zemā tipa purvā (3.1.att.), kur darba mērķa sasniegšanai nepieciešamā informācija tika iegūta, veicot nogulumu zondēšanu, urbšanu un paraugu ņemšanu pētījumiem laboratorijā. Nogulumus pētīti, veicot kūdras botāniskā sastāva un sadalīšanās pakāpes, sporu-putekšņu analīzes, augu makroskopisko atlieku un fosilo mikroorganismu analīzes un karsēšanas zudumu analīzi (3.1.tabula).



3.1.attēls. Disertācijā pētīto vietu un agrāk palinoloģiski analizēto griezumų izvietojums Ziemeļvidzemē (Digitālais reljefa modelis, 2008)

Figure 3.1. Location of study sites and earlier palynologically investigated geological sections in Northern Vidzeme

Disertācijā pētītās vietām kartē pievienots purva nosaukums, bet agrāk palinoloģiski analizētie griezumų atzīmēti atbilstoši V. Segliņa „Latvijas holocēna nogulumu sporu un putekšņu diagrammu katalogs” (2001b) dotajiem numuriem:

Names for studied sites in this work is added on map, but earlier studied palynologically analysed sections are marked by numbers according them in the publication of V. Segliņš „Catalogue of the Holocene spores and pollen diagrams from Latvia” (Segliņš, 2001b): 23. Kuivižu purvs I (Grīnbergs, 1957); 24. Kuivižu purvs II (Ceriņa, 1972); 25. Salacgrīva 1, zondējums 858 (Tracevskij *et al*, 1967); 26. Salacgrīva 2, zondējums 855 (Tracevskij *et al*, 1967); 27. Ruduškojes ezers (Sergejeva *et al.*, 1987); 28. Svētupe (Drille, 1977); 29. Angas purvs (Medne, 1976); 30. Brinkmaņa purvs (Brikmaņa (Lūru) purvs) (Ceriņa, 1972); 31. Tolļu purvs (Galeniece, Eglītis, 1964); 32. Rāķu ezers (Rāķis) (Braksh, *et al*, 1967); 33. Dūņezers (Svētupes purvs) (Ilves, Medne, 1979); 34. Katvaru ezers (Braksh *et al*, 1967); 35. Rāķu purvs (Bamberg, 1962); 36. Madiešu purvs (Tracevskij *et al*, 1965); 37. Lielezers (Braksh *et al*, 1967); 38. Bisenieku purvs (Galeniece, Eglītis, 1964); 39. Rūjienas purvs, zondējums 2599 (Tracevskij *et al*, 1965); 40. Rūjas purvs, 2604. zondējums (Tracevskij *et al*, 1965); 41. Rūjienas purvs, 2601. zondējums (Tracevskij *et al*, 1965); 42. Ķeizaru purvs (Galenieks, 1935); 43. Lielruļļu-Airītes (Aizupītes) purvs, 2839. zondējums (Tracevskij *et al*, 1965); 44. Rikandas upes ieleja (Brūders, 1977); 45. Sedas purvs (Brūders, 1977); 46. Tauris purvs (Buša, 1984); 47. Valmieras purvs (Bamberg, 1962); 48. Mārsnēnu 3 (Purmaļu) purvs (Brūders, 1977); 49. Mārsnēnu purvs 2, 2838. zondējums (Tracevskij *et al*, 1965); 50. Mārsnēnu purvs 1 (Bamberg, 1956); 51. Salainis (Salasnis), ezers (Braksh *et al*, 1967); 54. Muižnieki, 919. zondējums (Tracevskij *et al*, 1964); 55. Rudaci, zondējums 917 (Tracevskij *et al*, 1964); 56. Kaulezera purvs (Brūders, 1977).

3.1. tabula. Informācija par pētījumu vietām un promocijas darbā veiktajām nogulumu analīzēm

Table 3.1. Information about study sites and applied sediment analysis in this study

	Pantenes purvs	Kalna purvs	Zilais purvs	Ķeru purvs	Puikules purvs
Koordinātas	57°51'52,42"Z 25°13'12.41"A	57°57'16.62"Z 24°35'15.64"A	57°54'50.86"Z 24°32'19.38" A	57°56'45.57"Z 24°33'24.68"A	57°40'55.51"Z 24°45'20.59" A
Platība, ha	415	384	154	182 ha	2200
Urb. dziļ., m	4,50	5,4	3,3	2,5	8,2
Datējumi	5 paraugu ¹⁴ C, 3 ¹⁴ C AMS datēšana Kalibrācija: CLAM 2.1	4 paraugu ¹⁴ C datēšana Kalibrācija: CLAM 2.1.	4 paraugu ¹⁴ C datēšana Kalibrācija: CLAM 2.1.	4 paraugu ¹⁴ C datēšana Kalibrācija: CLAM 2.1.	5 paraugu ¹⁴ C datēšana Kalibrācija: CLAM 2.1.
Veiktās analīzes	sporu-putekšņu augu makroskopisko atlieku karsēšanas zudumi botāniskais sastāvs citas mikroskopiskās atliekas REVEALS modelēšana	sporu-putekšņu botāniskais sastāvs citas mikroskopiskās atliekas REVEALS modelēšana	sporu-putekšņu botāniskais sastāvs citas mikroskopiskās atliekas REVEALS modelēšana	sporu-putekšņu botāniskais sastāvs citas mikroskopiskās atliekas REVEALS modelēšana	sporu-putekšņu botāniskais sastāvs citas karsēšanas zudumi citas mikroskopiskās atliekas REVEALS modelēšana

3.1. Kūdras sadalīšanās pakāpes un botāniskā sastāva analīze

Kūdras sadalīšanās pakāpe raksturo attiecības starp humusa saturu un visas kūdras masu. Sadalīšanās pakāpi ietekmē šādas kūdras īpašības-siltumspēja, blīvums, izturība, viskozitāte u.c. Sadalīšanās pakāpi nosaka ar lauka un laboratorijas metodēm-vizuālā, mikroskopiskā, centrifūgas metode u.c. (Tjurenovs, 1976).

Kūdras sadalīšanās pakāpe un tās izmaiņas ir labs nogulumu uzkrāšanās apstākļu indikators, tādēļ, analizējot purva nogulumus, tās noteikšana ir svarīga. Sadalīšanās pakāpe vispirms tiek noteikta lauka apstākļos, izmantojot von Posta metodi (von Post, 1924), jo kūdra saskarsmē ar gaisu ļoti ātri oksidējas un maina krāsu. Ja kūdras sadalīšanās pakāpi nosaka vizuāli, ņem vērā kūdras plastiskumu, elastīgumu, augu atlieku daudzumu un to saglabāšanās pakāpi, ūdens daudzumu, krāsu un dzidrumu. Vizuālo metodi parasti izmanto lauka apstākļos, savukārt laboratorijā kūdras sadalīšanās pakāpi nosaka precīzāk, izmantojot centrifūgas metodi un analīzes gaitā veic koagulatīvā humusa atdalīšanu no augu šķiedras, ūdens vidē pielietojot sietu analīzi. Lai iegūtu precīzāku rezultātu, katram analizējamajam paraugam veic četrus atkārtojumus (Malterer et al., 1992). Vēl sadalīšanās pakāpi nosaka ar mikroskopisko metodi, kad nosaka attiecības starp tumšas masas (humusa) laukumiem un kopējo parauga redzes lauku. Lai noteiktu viena parauga

sadalīšanās pakāpi, izdara 10 redzes lauku novērtējumus viena parauga 3 preparātiem. Vidējo sadalīšanās pakāpi rēķina kā vidējo aritmētisko no 30 datiem.

Kūdras botāniskais sastāvs norāda uz lokālās veģetācijas apstākļiem, līdz ar to ar šīs metodes palīdzību iespējams rekonstruēt paleoekoloģiskos apstākļus nogulumu uzkrāšanās vietā. Botāniskā sastāva noteikšanu, galvenokārt, izmanto, lai noteiktu kūdras veidu, balstoties uz kūdras mikroskopiskajām un makroskopiskajām pazīmēm, noskaidrojot kūdras veidojošo augu sastāvu (Maksimov, 1995).

Vēl botāniskais sastāvs ir svarīgs, lai precīzi noskaidrotu kūdras veidu un tā lomu atsevišķo kūdras iegulu veidošanās procesā un kūdras atradņu kvalitātes vērtējumā. Ne mazāk svarīga ir botāniskā sastāva noteikšana zinātniskos nolūkos-purva augu segas attīstības dinamikas noteiktos laika periodos pētīšanai un ģenētisko sakaru un pirmatnējo augu grupējumu noskaidrošanai (Tjurenovs, 1976; Maksimov, 1995).

Kūdras botāniskā sastāva noteikšana ir svarīga, lai pētītu purva augu segas attīstības dinamiku noteiktos laika periodos un noskaidrotu kūdras veidojošo augu sastāvu, kas savukārt bieži vien ietekmē kūdras īpašības, kā arī rekonstruētu paleoekoloģiskos apstākļus kūdras uzkrāšanās laikā. Botāniskā sastāva noteikšana ir svarīga precīzai kūdras tipa un tā īpašību raksturošanai. Savukārt pēc kūdras tipa var spriest par tās veidošanās apstākļiem. Kūdras nogulumos uzkrājas un saglabājas tikai tie augi, kas ir izturīgi pret sadalīšanos. Kūdras veids lauka apstākļos tiek noteikts pēc purva nogulumu ārējām makroskopiskām pazīmēm, raksturojot galvenās augu grupas, kas veido nogulumus. Kūdras botāniskā sastāva precīzākai noteikšanai analīzes tiek veiktas laboratorijā. Analīzei parasti tiek izmatoti svaigi kūdras nogulumu paraugi.

Lauka apstākļos kūdras veidu noteikšana notiek pēc ārējām makroskopiskajām pazīmēm. Pilnīgu un precīzu botāniskā sastāva noteikšanu veic laboratorijas apstākļos, bet, ņemot vērā to, ka metode ir laikietilpīga, autore laboratorijā to neveica, taču, veicot putekšņu un sporu analīzi, vienlaicīgi tika piegriezta vērība arī nogulumu botāniskajam sastāvam, kurš tika salīdzināts ar jau iepriekš Puikules purvā veiktā nogulumu botāniskā sastāva analīzes rezultātiem, kas pieejami Valsts Ģeoloģijas fonda atskaitē (Vetrenņikovs, Golubecs, 1989). Kūdras botāniskā sastāva noteikšana notiek, pamatojoties uz kūdras makroskopiskajām un mikroskopiskajām pazīmēm, noskaidrojot galvenos augus, kas veido kūdras nogulumu parauga sastāvu ((Maksimov, 1995).

Kūdras botāniskā sastāva analīze tiek veikta pēc tam, kad kūdrai noteikta sadalīšanās pakāpe. No svaiga kūdras parauga dažādās vietās analīzei tiek ņemti 10-12 g kūdras, kas tiek mazgāti caur sietu (acu izmērs 1 mm), lai atbrīvotos no humusa daļiņām, kas traucē identificēt augu atliekas. Kūdras botāniskā sastāva analīzei tiek izmantotas augu atliekas, kas paliek uz sieta. Tās ar pinceti tiek uzliktas uz priekšmeta stikliņa un vienmērīgi izlīdzinātas ar adatu. Kūdras nogulumu botāniskā sastāva analīze tiek veikta, paraugus caurskatot gaismas binokulārajā mikroskopā ar 100 reižu lielu palielinājumu. Viens mikroskopa redzeslauks tiek pieņemts par 100 %. Viena parauga analīzes laikā tiek veikta aptuveni 10 redzeslauku skatīšana. Kūdras botāniskā sastāva noteikšanā tiek noskaidrotas augu-kūdras veidotāju procentuālās attiecības. Augi-kūdras veidotāji tiek noteikti, izmantojot dažādus augu makroskopisko atlieku noteicējus (Istomina, 1938; Katz et al., 1977). Darba žurnālā tiek reģistrēti kūdras nogulumu paraugā konstatētie augu

nosaukumi un to procentuālais sastāvs. Parauga kūdras botāniskais sastāvs tiek noteikts, rēķinot vidējo aritmētisko no 10 redzeslaukos noteikto augu-kūdras veidotāju sastāva.

Pēc kūdras botāniskā sastāva analīzes tiek noteikts kūdras veids, ņemot vērā nogulumu botāniskā sastāva komponentu procentuālās attiecības. Izmantojot speciālas tabulas (Tjuremnovs, 1976), kurās aprakstīti kūdras veidi, to botānisko sastāvu veidojošie augi un to procentuālās attiecības u.c. kūdras veidam raksturīgās īpašības, pēc „atslēgas” (augiem, kuri raksturīgi tikai noteiktam purvu tipam) tiek meklēts, kādam kūdras veidam atbilst konkrēts purva nogulumu paraugs.

3.2. Putekšņu un sporu analīze

Putekšņu analīze tika izstrādāta kvantitatīvai paleoveģētācijas rekonstruēšanai, izmantojot fosilo putekšņu datus (von Post, 1916). Lai veiktu paleoveģētācijas rekonstrukciju, ir nepieciešama detāla izpratne par to, kā putekšņu sastāvs nogulumos atspoguļo veģētāciju, kāda ir putekšņu saglabāšanās pakāpe, kā arī par to, par kādu telpisko mērogu putekšņu spektri sniedz informāciju. Putekšņu analīzes rezultāti ir vieni no izejas datiem gada vidējo temperatūru un to izmaiņu rekonstruēšanai, kas savukārt ļauj noteikt klimata izmaiņas (Veski, 1998; Seppä, Poska, 2004; Mayewski et al., 2004; Wanner et al., 2011). Putekšņu analīze ir kļuvusi par visplašāk izmantoto metodi kvartāra paleoekoloģiskajos pētījumos (Birks, Birks 1980, Birks 1986).

Putekšņu ārējām sienām atkarībā no sugas ir dažāda forma un struktūra, tāpēc tos atkarībā no to saglabāšanās pakāpes ir iespējams identificēt līdz dzimtai vai ģintij, atsevišķos gadījumos arī līdz sugai. Putekšņu identificēšanai izmanto sagatavotus putekšņu etalonus, kuri ievākti no jau identificētu augu ziediem, tos salīdzinot ar paraugā atrastajiem fosilajiem putekšņiem (Berglund, Ralska-Jasiewiczowa, 1986), vai arī izmantojot speciālus noteicējus (Erdtman, 1954; Moore, Webb, 1978; Nilsson et al., 1977; Fægri, Iversen, 1989).

Putekšņu analīze tika veikta pēc K. Benneta un K. Vilis metodikas (Bennet, Willis, 2001). Paraugā tika saskaitīti vismaz 400 putekšņi, neņemot vērā ūdensaugu putekšņu skaitu.

Veidojot putekšņu procentuālo diagrammu, par pamatsummu (100%) pieņem visu putekšņu summu, izņemot ūdensaugu putekšņus, kā arī sporas, oglišu putekļiem (līdz 25 μ) un aļģes (Berglund, Ralska-Jasiewiczowa, 1986). Putekšņi un sporas tiek izkārtotas grupās, nodalot koku un krūmu putekšņu grupu, sīkkrūmu, kultivēto zemju augu, ruderālu, pļavu un ganību augu, dažādu lakstaugu un ūdensaugu putekšņu, kā arī sporaugu sporu grupu. Nodalīto grupu skaits ir atkarīgs no putekšņu daudzveidības un daudzuma. Pie koku putekšņu grupas tiek pieskaitīti arī alkšņu un lazdu putekšņi. Interpretējot putekšņu analīzes rezultātus kā platlapjiem piederoši tiek uzskatīti gobas/vīksnas (*Ulmus*), liepas (*Tilia*) un ozolu (*Quercus*) putekšņi, tomēr diagrammās, ņemot vērā minēto platlapju atšķirīgās prasības pēc ekoloģiskajiem apstākļiem (Ellenberg, 2009), putekšņu grupa jeb *Quercetum mixtum* atsevišķi netiek nodalīta. Tas, datus interpretējot, ļauj pievērst lielāku uzmanību katra platlapja līknes kāpumam vai kritumam, kas savukārt dod konkrētāku informāciju par apstākļiem.

Sporas un putekšņi tika noteikti, izmantojot vairākus putekšņu noteicējus (Faegri, Iversen, 1989, Moore, Webb, 1978; Nilsson et al., 1977; von Beug, 2004).

Sporu un putekšņu datu apstrādei tika izmantota datorprogramma TILIA (Grimm, 1990), kura regulāri tiek uzlabota (Grimm, 1991, 2004). 2011. gadā tās autors Ē. Grimms izveidoja jaunu šīs programmas versiju Windows vidē, kurā dati tiek gan ievadīti, gan arī vizualizēti (Grimm, 2011), kas atvieglo datu apstrādes procesu, kā arī sniedz lielākas iespējas datu vizualizēšanā. Pēc tam tiek veidotas un aprēķinātas putekšņu summas, kā arī aprēķinātas to procentuālās attiecības. Diagramma tiek veidota, pievienojot papildus informāciju, piemēram, nogulumu sastāvu, datējumu rezultātus u.c. datus. Uz vertikālās ass tiek attēlots ģeoloģiskais griezumus un dziļums, bet uz horizontālās - sporu un putekšņu atainojums procentuālā izteiksmē.

3.3. Citu mikroskopisko atlieku identificēšana

Purvu nogulumu satur ne tikai augu atliekas, putekšņus un sporas, kas sniedz informāciju par pagātnes lokālo un reģionālo veģetāciju. To vidū atrodamas arī dažādas mikroskopiskās atliekas, kuru izpēte var sniegt vērtīgu informāciju par paleovides apstākļu izmaiņām laika gaitā. Paralēli sporu un putekšņu noteikšanai tika noteiktas arī dažādas citas augu un dzīvnieku mikroskopiskās atliekas, kas tiek sauktas arī par „neputekšņu” palinomorfiem (*non-pollen palynomorphs*), piemēram: rizopodi-saldūdens viensūnas mikroskopiskās atliekas-amēbas, kuriem ir plāns apvalciņš, kas ieslēdz citoplazmu (Hooghiemstra, 2012). Šie organismi ir bieži izplatīti saldūdens nogulumos ar sīkgraudainu granulometrisko sastāvu, bet jo īpaši bieži atrodami kūdrā, un tos var precīzi identificēt (Warner, 1999). Mikroorganismi vislabāk saglabājas sfagnu kūdrā, un to vissvarīgākā funkcija ir reaģēšana uz hidroloģisko apstākļu izmaiņām kūdras uzkrāšanās laikā, lai gan tie var kalpot arī kā indikatori ķīmiskā sastāva izmaiņām purva ūdeņos (Tolonen, 1986).

Vēl nogulumos bieži tiek atrastas kladoceras (*Cladocera*), kas plašāk zināmas kā ūdensblusas, kas ir vēžveidīgo sugas pārstāves, no kurām visbiežāk sastopami *Bosminidae*, *Chydoriade* un *Daphniidae* dzimtas pārstāvji. Pamatā *Bosminidae* un *Daphniidae* ir planktoniski organismi, bet *Chydoriade* vairāk izplatītas ezera litorālajā daļā (Birks, Birks, 1980). Kladoceru fosilijas labi saglabājas ezeru nogulumos, un to skeleta fragmenti ir ļoti pilnīgi un sugas var tikt identificētas vairākās klasēs un reprezentēt taksonu dažādību ezera ekoloģiskajā nišā. Atšķirībā no vairuma ierastajiem paleoekoloģiskajiem indikatoriem, piemēram, putekšņiem, kladoceras neizmanto paleoklimata rekonstrukcijās. Tomēr kladoceru makroskopiskās atliekas vislabāk tiek izmantotas, lai rekonstruētu ezera nogulumu uzkrāšanās vidi pagātnē, kā arī, lai pētītu cilvēku darbības ietekmi uz ezeru (eitrofikācija, paskābināšanās, piesārņojums) un lai novērtētu populācijas ilgtermiņa izmaiņas (Warner, 1990). Kladoceras tika atrastas visu purvu griezumā nogulumos.

Arī aļģes pieder pie bieži sastopamajiem mikroorganismiem purvu un ezeru pētījumos. Visvairāk aļģu dzīvo ūdens vidē, no kuras tās uzņem fotosintēzei nepieciešamo ogļskābo gāzi, kas ūdenī sastopama kā šķīduma, tā arī karbonātu veidā (Rudzoga, 1984).

Gitijā vai kūdras slānī virs gitijas bieži vien var atrast arī dažādu fosilo aļģu atliekas un pat veselas to kolonijas. Daudziem aļģu taksoniem ir specifiskas ekoloģiskās prasības pret vidi, piemēram, temperatūru, pH, sāļumu u.c. faktoriem, kas veicina to sugu sastāva izmaiņas noteiktā teritorijā un arī sezonā. Piemēram, *Pediastrum* aļģu izplatība parāda hidroloģiskās situācijas un ekoloģisko apstākļu izmaiņas ūdenskrātuvē (Jakubovska, 1996).

Aļģes tika noteiktas, izmantojot vairākus noteicējus (Piterāns et al., 1957; Katz et al., 1977; Jankovska, Komarek, 2000).

Tomēr jāņem vērā, ka sagatavojot paraugu putekšņu analīzei, daļa mikroskopisko atlieku nesaglabājas, un lai veiktu pilnīgu mikroskopisko atlieku analīzi, atkarībā no mērķa atrast konkrētas atliekas (ogļītes, hironomīdas, kladoceras), būtu jāveic nogulumu analīzes pēc atbilstošas metodikas.

Citas mikroskopiskās atliekas un to uzkrāšanās apstākļi tika identificēti, izmantojot dažādu literatūru (Tolonen, 1966; van Geel, 1998; Charman et al., 2000; Clarke 2003; Barthelmes, 2006; Mazei, Tsyganov, 2006; Booth, 2008; Booth et al., 2008; Glime, 2012).

3.4. Makroskopisko atlieku analīze

Augu vairošanās orgānu-diasporu jeb karpoīdu (augļu, sēklu, megasporu) atliekas sniedz informāciju par paleoekoloģisko apstākļu izmaiņām ezera attīstības gaitā tiešā nogulumu ņemšanas apvidū. Makroskopisko atlieku analīze sniedz vērtīgu informāciju par lokālajām paleovides izmaiņām ezerā. Vislielākā vērtība augu makroskopisko fosiliju datiem ir, ja urbumu, monolītu vai atsegumu slāņkopu paraugiem tiek veikta arī putekšņu analīze, tādējādi savienojot makroskopisko fosiliju datus ar citiem paleoekoloģiskajiem indikatoriem (Warner, 1990). Paraugu skalošana un fraccionēšana tiek veikta pēc H. Birks (Birks, Birks, 1980).

3.5. Karsēšanas zudumu analīze

Secīgā karsēšanas zudumu metode ir plaši pielietota metode, lai aprēķinātu organisko vielu un karbonātu saturu nogulumos. Organiskās vielas un karbonātiskā satura procentuālā daudzuma noteikšana ir balstīta uz paraugu secīgu dedzināšanu mufelkrāsnīs. Pirmajā reakcijā, organiskā viela tiek oksidēta 500-550°C temperatūrā līdz oglekļa dioksīdam un pelniem. Otrajā reakcijā oglekļa dioksīds tiek atdalīts no karbonātiem 900-1000°C temperatūrā, atstājot tikai oksīdu. Zudumu svaru, kas radies reakcijas laikā ir viegli aprēķināt, nosverot paraugus pirms un pēc dedzināšanas un tas ir cieši korelējams ar organisko vielu karbonātu saturu nogulumos (Dean, 1974). Pēc tam pēc noteiktas formulas (Heiri et al., 2001) aprēķina karsēšanas zudumus.

V. Dīns (Dean, 1974) novērtēja metodi un secināja, ka karsēšanas zudumu metode ir ātrs un lēts veids, kā, salīdzinot ar citām daudz sarežģītākām ģeoķīmiskām metodēm, precīzi noteikt karbonātu un organisko vielu saturu ar māliem nabadzīgos karbonātiskos nogulumos un iežos.

3.6. Nogulumu vecuma noteikšana ar ^{14}C metodi

Nogulumu vecuma datēšana ar ^{14}C metodi, lai gan ir piemērota tikai salīdzinoši īsu laika posmu datēšanai kvartārā, tomēr ir viena no visattīstītākajām un visvairāk pielietotajām metodēm. Veicot laika darbus, tika noņemti paraugi arī ^{14}C datēšanai, tie tika iesaiņoti melnos maisos, vēlāk laboratorijā atvērti un, apskatot nogulumus, izanalizējot griezumā, izvēlēti konkrēti dziļumi, no kuriem ņemt nogulumu paraugus datēšanai. Paraugi datēšanai ņemti tuvu slāņu robežām, un tika ņemts vērā tas, lai paraugi būtu vienmērīgi izvietoti griezumā. Nogulumu datēšana veikta Tallinas Tehnoloģiju

Universitātes Ģeoloģijas institūtā. Daļa no paraugiem tika datēta ar Eiropas Savienības fondu projekta „Atbalsts doktora studijām Latvijas Universitātē” finansējumu.

Nogulumu paraugu datēšana ar ^{14}C metodi tika veikta Igaunijā, Tallinas Tehniskās Universitātes Ģeoloģijas institūta laboratorijā, bet ar ^{14}C AMS (turpmāk tekstā AMS) metodi Vācijā Ķīles Universitātes Radiometrisko datējumu un izotopu pētījumu laboratorijā.

Sadarbībā ar Ķīles Universitātes pētnieku J. Medovu (Meadows) ir uzsākts pētījums par Burtņieka ezera rezervuāra efektu. Lai noskaidrotu efekta lielumu, ir veikta datēšana Pantenes purva paraugiem. Datēšanai tika ievāktas dažādas sēklas no gitijas slāņa virsējās daļas. Metodes būtība ir tāda, ka vienā slānī esošo ūdensaugu un sauszemes augu datēšanas rezultātā iegūtie vecumi atšķiras. Ir jāatrod sauszemes augi, kas oglekli uzņem tikai no atmosfēras, un ūdensaugi, kas oglekli uzņem tikai no ūdens. Iegremdētie ūdensaugi uzrāda lielāku vecumu, jo tie uzņem oglekli arī no ezerā esošajiem karbonātiem. Šādi augi tika atrasti Pantenes purva nogulumos uz gitijas un zemā tipa kūdras slāņu robežas.

3.7. Radioaktīvā oglekļa datējumu kalibrācija

Lai holocēna nogulumu radioaktīvā oglekļa datējumus varētu piesaistīt kalendārajiem gadiem mūsdienu izpratnē, tie ir jākalibrē. Dziļuma-vecuma modeļi tiek veidoti, lai, balstoties uz ierobežotu skaitu datētu dziļumu un pieņēmumiem par to, kā nogulumi uzkrājušies starp šiem dziļumiem, aprēķinātu nogulumu kalendāro vecumu (Blaauw, 2010). Radioaktīvā oglekļa datējumu kalibrācijai tika izmatota programma CLAM (Blaauw, 2010) tādēļ, ka tas ļauj aprēķināt katra centimetra vai katru 5 cm uzkrāšanās laiku. Nogulumu kalibrācija veikta visu piecu purvu griezumam datējumiem.

CLAM funkcijas ^{14}C datējumu kalibrācijai ir līdzīgas tām, kas tiek izmantotas standarta kalibrācijā, piemēram, Calib (Stuiver, Reimer, 1993) vai OxCal (Bronk Ramsey, 2010). CLAM (‘CLassical’ Ageedepth Models) ir rakstīts R-vidē, un ar to ir iespējams veidot dziļuma vecuma modeļus, kas parāda sakarību starp nogulumu dziļumu un to uzkrāšanās laiku, kas atspoguļo nogulumu uzkrāšanās ātrumu laika gaitā (Blaauw, 2010).

Programma Tilia (Grimm, 1990) arī veido dziļuma vecuma modeļus, bet tā nekalibrē gadus, neņem vērā aprēķinu kļūdu un nesniedz iespēju izveidot grafikus (Blaauw, 2010). Lai arī grafiskā programma Psimpoll (Bennett, 1994) var apstrādāt kalibrētos ^{14}C gados, tomēr aprēķini jāveic ārpus programmas.

CLAM modelis pēc datējumu kalibrācijas, aprēķina vecumu visiem dziļumiem griezumā. To var izdarīt, modelējot slāņkopas uzkrāšanos laika gaitā (Blaaw, 2010).

3.8. Datu apstrāde ar datorprogrammu Tilia 1.5.12.

Procentuālās diagrammas palinoloģisko un citu paleoekoloģisko analīžu rezultātu grafiskai atainošanai tiek veidotas, pamatojoties uz sporu, putekšņu, augu u.c. grupu savstarpējām procentuālajām attiecībām. Diagrammās tiek parādīts katras sugas vai ģints procentuālais skaits paraugos visā griezumā no nogulumu uzkrāšanās sākuma līdz mūsdienām. Procentuālās diagrammas tiek veidotas, izmantojot specializētas datorprogrammas. Darba autore izmantoja amerikāņu zinātnieka Ē. Grimma (2011) izstrādāto jaunāko datorprogrammas TILIA versiju TILIA 1.5.12.

Datorprogrammā TILIA tika ievadīti nogulumu griezuma dziļumi, purva nogulumos esošo sporu, putekšņu, kūdras botānisko sastāvu veidojošo augu grupu un nogulumu sadalīšanās pakāpes procentuālais daudzums. Pēc nepieciešamo datu ievadīšanas, tika sastādītas komponentu procentuālās attiecības, un pēc tam aprēķināti procenti. Pēc fosilo putekšņu summas tika aprēķinātas putekšņu nodalījumu procentuālās attiecības, kas parāda vienas putekšņu grupas daudzuma attiecības pret kopējo putekšņu summu paraugā. Pēc tam šiem datiem tiek aprēķinātas procentuālās vērtības. Diagramma dod precīzāku ieskatu, ja par tās pamatsummu (100%) pieņem visu putekšņu summu, izņemot ūdensaugu putekšņus (Berglund, Ralska-Jasiewiczowa, 1986).

Kopējās sporu-putekšņu diagrammas tiek sadalītas koku putekšņu procentuālajā diagrammā un lakstaugu sporu-putekšņu procentuālajā diagrammā. Tas tiek darīts, lai iegūtie rezultāti būtu labāk pārskatāmi un salīdzināmi. Putekšņu līknēm, kuras kopējā putekšņu spektrā sastāda mazākas procentuālās vērtības nekā dominējošās līknes, pievienoti palielinošie faktori 3–5 (diagrammās redzami kā sava veida līkņu ēnojumi), lai pastiprinātu to uzskatāmību izveidotajās diagrammās. Absolūtā vecuma datējumi diagrammas papildina ar precīzu informāciju par laiku, kad veidojušies un uzkrājušies datēto slāņu nogulumi.

Kvartāra paleoekoloģijā nosacītai nogulumu vecuma noteikšanai tiek izmantoti sporu-putekšņu analīzes rezultāti. Nosacītais nogulumu vecums tiek norādīts procentuālajās sporu-putekšņu diagrammās, nodalot lokālās putekšņu zonas. Zonas tiek nodalītas, ņemot vērā dominējošo putekšņu līkņu kāpumus, to kulminācijas, kritumus, kā arī īpaši raksturojošo fosilo putekšņu daudzumu. Pēc tam lokālās putekšņu zonas var korelēt ar reģionālajām zonām, lai noteiktu laiku un apstākļus, kad veidojušies un uzkrājušies attiecīgie nogulumi.

Promocijas darba izstrādes gaitā autore sastādījusi 10 procentuālās sporu-putekšņu diagrammas, 5 procentuālo botāniskā sastāva un 1 karsēšanas zudumu rezultātu diagrammu.

3.9. Putekšņu datu izmantošana paleoveģētācijas modelēšanā

Pēdējās desmitgadēs, lai iegūtu precīzāku pagātnes veģētācijas rekonstrukciju, mēdz izmatot REVEALS modeli, kas Latvijā līdz šim nav izmantots. REVEALS v. 4.1.9 modelis (Sugita, 2007) aprēķina reģionālās veģētācijas sastāvu, izmantojot putekšņu datus no „lieliem ezeriem”. Ezeru nogulumu putekšņu analīžu dati tiek izmantoti tādēļ, ka putekšņu uzkrāšanās tajos ir maz traucēta un tajos bieži atrodami reģionālie putekšņi, jo, atšķirībā no purviem, ezerus neklāj bieza augu sega (Sugita, 2007). Šī modeļa veidošanā var izmantot arī putekšņu analīžu datus no purvu nogulumiem, jo arī to griezumos ir nelielas putekšņu sastāva atšķirības dažādās reģiona vietās, pat ja veģētācija ir ļoti neviendabīga.

Šim modelim ir nepieciešami dažādi dati: relatīvie putekšņu produktivitātes aprēķini (Broström et al, 2004; Nielsen, Odgaard, 2004), putekšņu izkliešanās funkcija un putekšņu skaits no vietām, kuras ietver ≥ 100 -500 ha teritorija. Šos datus izmanto, lai aprēķinātu reģionālo veģētācijas sastāvu 10^6 - 10^7 ha (10^4 - 10^5 km²) lielai teritorijai.

REVEALS modelim nepieciešamo datu ievākšana un aprēķini veikti 25 augu sugām, kuras ir sargrupētas trīs grupās atkarībā no zemsedzes tipa, kas, savukārt, iedalītas sīkāk,

atbilstoši auga funkcionālajām grupām (PFT) (Sugita et al., 2007; Kuneš et al, 2011) (3.2. tabula).

3.2. tabula. REVEALS modelim izmantotie putekšņu dati (Gaillard, et al., 2008; Broström et al., 2004)

Table 3.2. Pollen data used for REVEALS model (Gaillard, et al., 2008; Broström et al., 2004)

Zemsedzes tipi	PFT	Augu funkcionālās grupas	Putekšņu morfoloģiskie tipi	Putekšņu krišanas ātrums (m/s)	Putekšņu produktivitāte.St ²
Mūžzaļie	TBE1	Pret ēnu tolerantie mūžzaļie koki	<i>Picea</i>	0,056	2,62±0,12
	TBE2	Pret ēnu tolerantie mūžzaļie koki	<i>Abies</i>	0,120	6,88±1,44
	IBE	Pret ēnu jūtīgi mūžzaļie koki	<i>Pinus</i>	0,031	6,38±0,45
	TSE	Augstie mūžzaļie krūmi	<i>Juniperus</i>	0,016	2,07±0,04
Vasarzaļie	IBS	Pret ēnu tolerantie vasarzaļie koki	<i>Alnus</i>	0,021	9,07±0,10
			<i>Betula</i>	0,024	3,09±0,27
			<i>Corylus</i>	0,025	1,99±0,19
			<i>Fraxinus</i>	0,022	1,03±0,11
			<i>Quercus</i>	0,035	5,83±0,15
	TBS	Pret ēnu tolerantie vasarzaļie koki	<i>Carpinus</i>	0,042	3,55±0,43
			<i>Fagus</i>	0,057	2,35±0,11
			<i>Tilia</i>	0,032	0,80±0,03
			<i>Ulmus</i>	0,032	1,27±0,05
TSD	Augstie vasarzaļie krūmi	<i>Salix</i>	0,022	1,22±0,11	
Atklātas ainavas augi	LSE	Zemi mūžzaļie krūmi	<i>Calluna vulgaris</i>	0,038	0,82±0,02
	GL	Zālāji-visi lakstaugi	<i>Artemisia</i>	0,025	3,48±0,20
			<i>Cyperaceae</i>	0,035	0,87±0,06
			<i>Filipendula</i>	0,006	2,81±0,43
			<i>Poaceae</i>	0,035	1,00±0,00
			<i>Plantago lanceolata</i>	0,029	1,04±0,09
			<i>Plantago media</i>	0,024	1,27±0,18
			<i>Plantago Montana</i>	0,030	0,74±0,13
			Rumex acetosa-t	0,018	2,14±0,28
	AL	Lauksaminiecības zemes-kultivētie augi	Cerealia-t	0,060	1,85±0,38
Secale-t			0,060	3,02±0,05	

Modeļa parametri ietver putekšņu produktivitāti katrai sugai, krišanas ātrumu katram putekšņu veidam un vēja ātrumu. REVEALS modelēšanas pamatā ir pieņēmumi, ka: 1) putekšņi tiek transportēti ar vēja palīdzību virs veģetācijas; 2) vēja transports ir vienāds no visiem tā virzieniem; 3) sedimentācijas baseini ir apaļi; 4) baseini ir pietiekoši lieli, lai tajos dominētu „fona” jeb reģionālie putekšņi; 5) liela daļa putekšņu nāk no reģiona

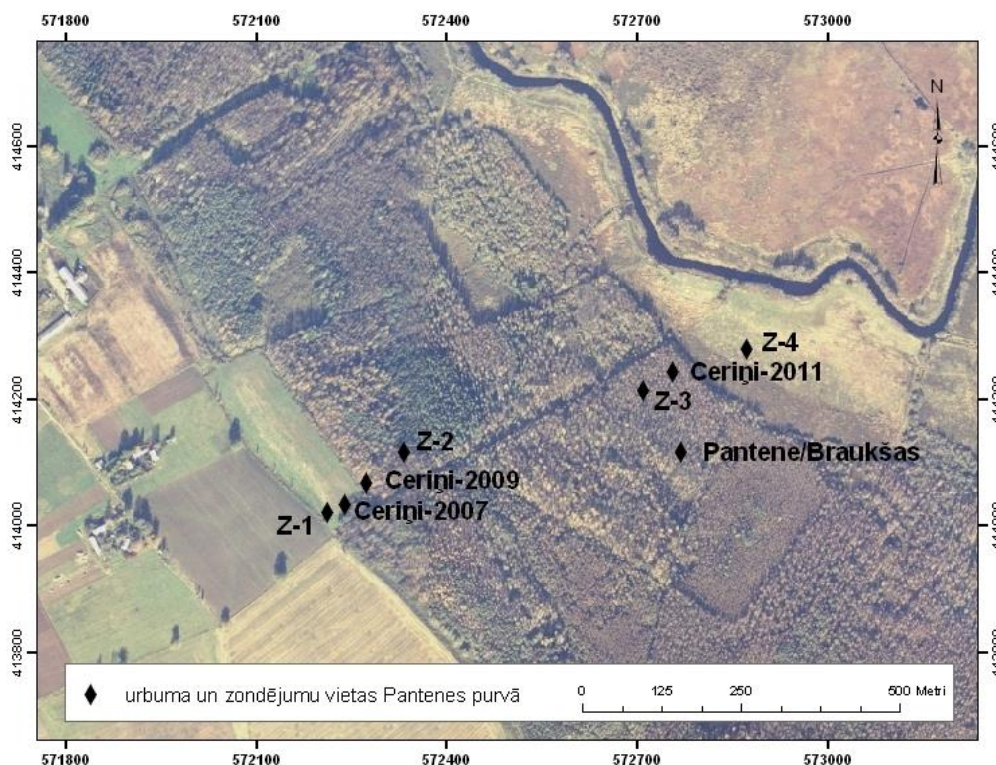
izvēlētā izmēra un putekšņu produktivitāti var aprēķināt no mūsdienu veģetācijas, un tā ir konstanta visos laikos (Sugita, 2007).

REVEALS tika izmantots katrai vietai atsevišķi, ņemot vērā visas pieejamās putekšņu kopas. Reģionālās teritorijas rādiuss tika izvēlēts 100 km pēc Hellman et al. (2008). Balstoties uz iepriekšējiem pētījumiem, vēja ātrums tika izvēlēts 3 m/s (Prentice, 1985; Sugita et al., 1999; Hellman et al., 2008). Putekšņu produktivitātes aprēķini (PPA) (1.tab) ir noteikti relatīvi Poaceae, izmantojot datus no Dienvidzvidrijas (Sugita et al., 1999; Broström et al., 2004), kas ir lielākā putekšņu produktivitātes aprēķinu datubāze Skandināvijā.

4. REZULTĀTI UN TO INTERPRETĀCIJA

4.1. Pantenes purvs

Pantenes purvā un tā apkārtnē urbšanas darbi (4.1.attēls) un paraugu iegūšana tika veikta vairākkārt. 2006.gadā Pantenes purvā pie Braukšu I apmetnes tika veikta ģeoloģiskā urbšana ar mērķi iegūt pilnu holocēna nogulumu griezumus.

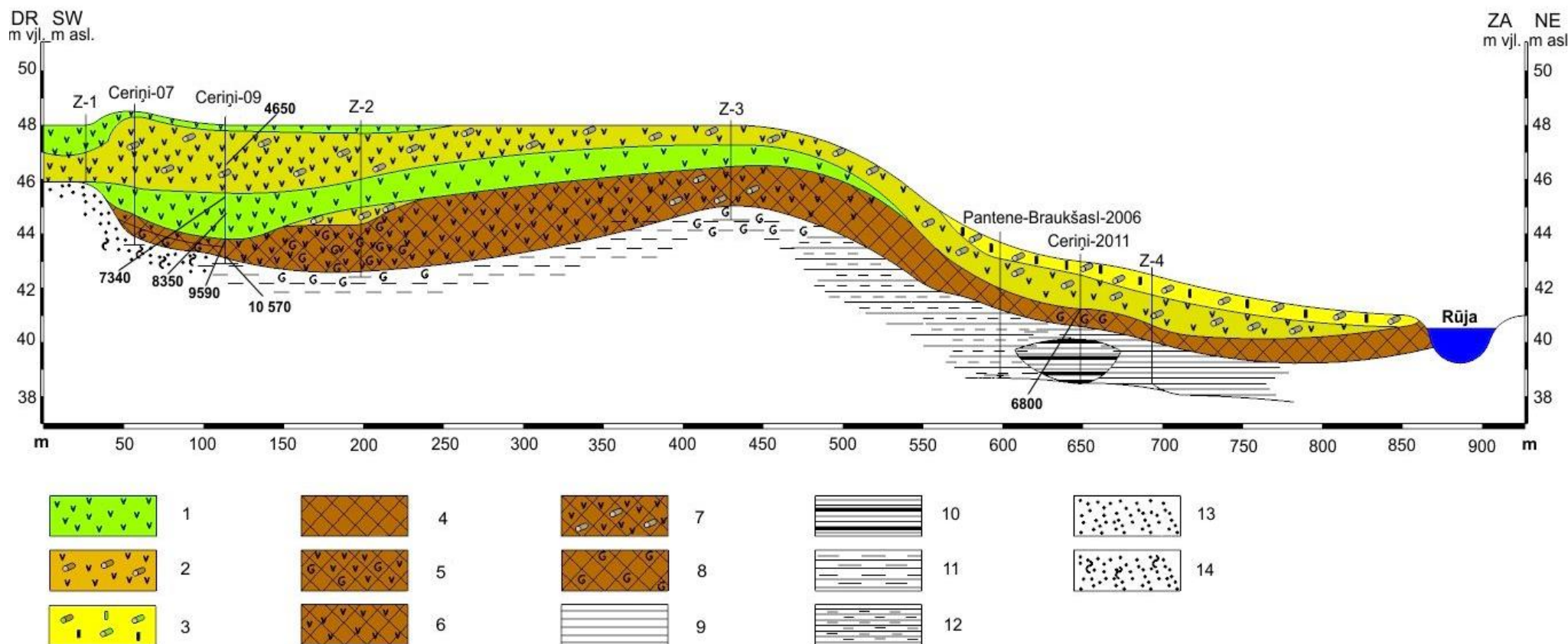


4.1.attēls. Izpētes vietu novietojums Pantenes purvā

Figure 4.1. Location of investigation sites in Pantene Mire

Pantenes purva malā pie mājām „Ceriņi” tika veikti vairāki urbumi (5.1. attēls), lai izsektu, kā mainījušies nogulumu uzkrāšanās apstākļi. Urbumos nogulumus pārstāv smilts, gitiņa un zemā tipa kūdra (4.1.tabula).

Balstoties uz urbumu un zondējumu datiem, tika izveidots Pantenes purva ģeoloģiskais griezumums (4.2.att.), kurā ir novērojama tendence, ka virzienā uz Rūjas upi, kas plūst cauri Pantenes un Brīvpurvam, kūdras slānis kļūst plānāks-ja purva malā tas ir līdz 2,70 m, tad pie Rūjas upes nepārsniedz metru (4.2. att.). Savukārt gitijas slāņa biezums mainās no 0,30 (purva rietumu daļā līdz 1,00 m purva austrumu malā. Gitijas slānis izveidojies laikā, kad pazeminājās ūdens līmenis Senā Burtnieka Ziemeļu līcī, kas pakāpeniski aizauga un izveidojās labi sadalījusies zāļu un koku-zāļu kūdra.



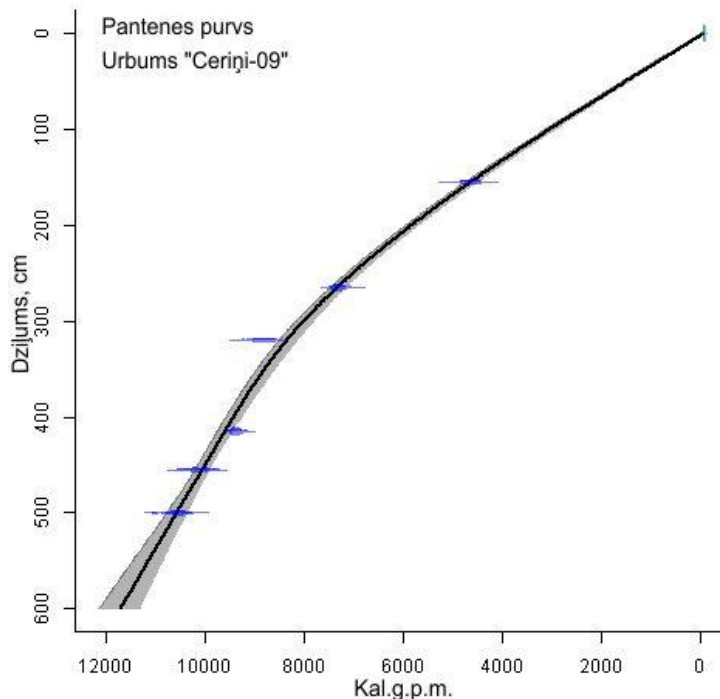
4.2. attēls. Pantenes purva nogulumu ģeoloģiskais griezumš

Figure 4.2. Geological cross-section of Pantene Mire sediments

Apzīmējumi: 1-kūdra, zāļu, 2-kūdra, koku-zāļu, 3-kūdra, koku-grīšļu, 4-gyttja, 5-gyttja, kūdraina ar molusku un ostrakodu čaulām, 6-gyttja, kūdraina, 7-gyttja, kūdraina ar koku atliekām, 8-gyttja ar molusku un ostrakodu čauliņām, 9-māls, 10-māls ar organiskajām vielām bagātiem starpslāņiem, 11-aleirīts, mālains, 12-māls, aleirītisks, 13-aleirīts, smilšains, 14-smilts ar organiskajām vielām, Z-1-zondējumi, Ceriņi-2007-urbumi; 7340-kalibrētie ¹⁴C datējumi, kal.g.p.m.

Legend: 1-peat, grass, 2-peat, wood-grass, 3-peat, wood-sedge, 4-gyttja, 5-gyttja, peaty, with ostracod and mollusc shells, 6-gyttja, peaty, 7-gyttja, peaty with wood remains, 8-gyttja, with shells of ostracods and molluscs, 9-clay, 10-clay with organic matter, 11-clayey silt, 12-silty clay, 13-sandy silt, 14-sand with organic matter, Z-1-test corings, Ceriņi-2007-corings; 7340-calibrated ¹⁴C datings, cal. yr BP

Balstoties uz 6 radioaktīvā oglekļa datējumiem, CLAM programmā (Blaauw, 2010) ir izveidots dziļuma vecuma modelis (4.3.att.), kurā redzams, ka nogulumu uzkrāšanās visā griezumā bijusi ļoti vienmērīga, bet visstraujāk tie uzkrājušies līdz 9500 kal.g.p.m., kad baseinā uzkrājušies māli ar ātrumu 0,50-0,90 mm gadā. Sākot uzkrāties gitijai pirms aptuveni 7000 kal.g.p.m., nogulumu uzkrāšanās intensitāte samazinās 0,30-0,50 mm gadā. Purva veidošanās sākuma stadijā kūdras uzkrāšanās intensitāte ir bijusi lielāka kā mūsdienās. Ja pirms 5000 kal.g.p.m. tā bijusi 0,38 mm gadā, tad mūsdienās tā ir 0,31 mm gadā.



4.3.attēls. Urbuma „Ceriņi-2009” nogulumu dziļuma-vecuma līkne
Figure 4.3. Age-depth model for core „Ceriņi-2009” sediments

Pēc Dž.Medova (John Meadow), kurš ir datējis gliemežvākus no kultūrslāņa nogulumiem Riņņukalnā pie Salacas iztekas no Burtnieka ezera, uzskatiem gliemežvāki varētu būt radioaktīvā oglekļa rezervuāra efekta objekti-t.i., tā kā ogleklis drīzāk nāk no ezera ūdenī izšķīdušā oglekļa, nevis no atmosfēras, šie gliemežvāki var padarīt nogulumu datējumu rezultātus vecākus, nekā tie patiesībā ir. Viņš ir datējis mūsdienu gliemenes čaulu, lai noskaidrotu, kāds ir mūsdienu rezervuāra efekts, bet nevar pieņemt, ka tieši tāds pats rezervuāra efekts bijis pagātnē. Tāpēc tika meklēti divu paraugu pāri no holocēna sākuma vai vidusdaļas nogulumiem, kur viens paraugs ir pilnībā sauszemes, t.i., saņem oglekli tikai no atmosfēras, un otrs, kurā ir pilnībā ūdenī iegremdēto augu atliekas, kas oglekli saņem no ezera ūdens. Pantenes purvā ir atrasti šādi paraugu pāri, kur vienā dziļumā ir uzkrājušās gan ūdensaugu, gan sauszemes augu atliekas. Katrā radioaktīvā oglekļa paraugā ir jābūt aptuveni 20 mg sausām augu atliekām - ideāli, ja tie ir no viena organisma (piemēram, bērza riekstiņi). Svarīgi, lai paraugs būtu sauss, jo ūdens saturs slāpā paraugā var būt par 90%. Tāpēc paraugs pirms tam ir jāizžāvē vai jāizsaldē.

Tā kā esošo paraugu apjoms no 2005. gada lauka darbiem nebija pietiekošs AMS datēšanai, tad 2011. gadā tika organizēti lauka darbi un noņemti paraugi uz gitijas un kūdras slāņu robežas. Paraugi tika ņemti vairākos blakus esošos urbumos no gitijas slāņa augšējās daļas 1,60-1,65 m, 1,65-1,70 m un 1,70-1,75 m dziļumā (4.1.tabula). Ezeram bija jābūt pietiekoši seklam, lai iegremdētajiem augiem būtu pietiekoši daudz gaismas un lai piekrastes veģetācija varētu tikt iepūsta vai ieskalota ezerā.

4.1. tabula. AMS datēšanai sagatavoto paraugu raksturojums no urbuma Ceriņi-2011 nogulumiem

Table 4.1. Characteristics of samples from core Ceriņi-2011 sediments prepared for AMS datings

Materiāls datēšanai	2a	2b	2c	kopā
	mg	mg	mg	mg
1,6-1,65 m				
Ūdensaugi				
<i>Potamogeton perfoliatus</i>	2,9	5,9	0,4	9,2
<i>Potamogeton natans</i>			4,9	4,9
<i>Najas marina</i>	0,1	0,0		0,1
kopā	3,0	5,9	5,3	14,2
Sauszemes augi				
<i>Prunus</i> sp.		2,4		
<i>Scirpus lacustris</i>	28,3	26	23,5	
koksne	105,1	260,2	192,1	
1,65-1,7 m				
Ūdensaugi				
<i>Potamogeton perfoliatus</i>	2,3	1,5	0,0	3,8
<i>Potamogeton natans</i>		3,6	3,0	6,6
<i>Najas marina</i>	2,5	1,4	1,1	5,0
kopā				15,4
Sauszemes augi				
<i>Scirpus lacustris</i>	27,2	61,5	22,9	
koksne	218,9	292,3	292,1	
ogles		47,3		
1,7-1,75 m				
Ūdensaugi				
<i>Potamogeton perfoliatus</i>	2,0		2,4	4,4
<i>Potamogeton natans</i>		9,0		9,0
<i>Najas marina</i>	1,6			1,6
<i>Najas flexilis</i>		1,0		1,0
<i>Ceratophyllum submersum</i>			2,2	2,2
kopā				17,2
Sauszemes augi				
<i>Scirpus lacustris</i>	15,1	21,6	7,1	
koksne	18,8	274,9	25,4	

No sauszemes augiem datēšanai tika izvēlēts ezera meldrs (*Scirpus lacustris*), jo tas ir gandrīz vienmēr ir „*in-situ*”. Ūdensaugu sēklas tika sakombinētas (*Potamogeton perfoliatus*, *Potamogeton natans*, *Najas marina*), lai iegūtu pietiekoši lielu paraugu no katra dziļuma. Tā kā peldošā glīvene (*Potamogeton natans*) ir daļēji iegremdētais augs, tad tas datējamajos paraugos netika iekļauts. Kopā ir jāiegūst 1 mg oglekļa no 10-20 mg parauga.

Sauszemes augu datēšanas rezultāti liecina, ka dziļuma intervāls no 1,60–1,75 m ir datējams ar 6800–6600 kal.g.p.m. Savukārt iegremdētie ūdensaugi ir par 500–1000 kalibrētajiem gadiem vecāki par sauszemes augiem no šī paša dziļuma, kas arī norāda uz rezervuāra efektu Burtnieka ezeram šajā laikā. Interpretējot analīžu rezultātus ir jāņem vērā, ka attiecībā uz holocēna sākuma daļas datējumi ir 500 – 1000 gadus vecāki kā patiesībā. Tomēr turpmāk tekstā nogulumu vecums aprakstīts bez šīs novirzes.

Balstoties uz ģeoloģisko urbumu un zondējumu datiem, tika izveidots Pantenes purva ģeoloģiskais griezum, kurā ir novērojama tendence, ka virzienā uz Rūjas upi, kas plūst cauri Pantenes un Brīvpurvam, kūdras slānis kļūst plānāks - ja purva malā tas ir līdz 2,70 m, tad pie Rūjas upes nepārsniedz metru (4.2. att.). Savukārt gitijas slāņa biezums mainās no 0,30 m purva rietumu daļā līdz 1,00 m purva austrumu malā. Gitijas slānis izveidojies laikā, kad pazeminājās ūdens līmenis Senā Burtnieka Ziemeļu līcī, kas pakāpeniski aizauga un izveidojās labi sadalījusies zāļu un koku-zāļu kūdra. Senā Burtnieka līča rietumu malā gitija sākusi uzkrāties pirms aptuveni 10 570 kal.g.p.m., ja ņem vērā rezervuāra efektu, tad pirms 9570-10 070 kal.g.p.m., savukārt kūdra sākusi uzkrāties pirms aptuveni 8590 – 9090 kal.g.p.m. Purva austrumu malā Rūjas upes tuvumā kūdra sākusi uzkrāties aptuveni 2000 gadus vēlāk – pirms 6800 kal.g.p.m. Ūdens līmenis purvā ir bijis ļoti mainīgs, par ko liecina kūdras botāniskais sastāvs, kad zāļu kūdras slāņi mijas ar koku-grīšļu vai koku-zāļu kūdru.

Lai arī urbuma Pantene/Braukšas I-2006 nogulumi nav datēti, tomēr labi atpazīstamais 8200 notikums nosacīti ļauj datēt šī griezuma nogulumus un, iespējams, norāda, ka daļu no 7,60 m dziļā griezuma (4,00 - 7,60 m) veido leduslaikmeta beigu posma nogulumi – māli un aleirīti, kuros no makroskopiskajām atliekām atrodami Characeae oogoniji, ostrakodu un molusku čaulas, driādes un pundurbērza makroskopiskās atliekas, kas norāda, ka nogulumi uzkrājušies periglaciāla ezera apstākļos, ļaujot secināt, ka Senais Burtnieks savos pirmsākumos bijis oligotrofs ezers ar aukstu, tīru ūdeni, bez ievērojamas organisko vielu klātbūtnes. Aptuveni 4,00 m dziļumā sākuši uzkrāties aleirīti. Ūdensaugu putekšņi un kosas (*Equisetum*) sporas norāda uz sekla ezera apstākļiem mālu sedimentācijas laikā. Putekšņu spektrs ļauj secināt, ka vēlajā driasā izpētes teritorijā dominējusi atklāta ainava ar pundurbērzu, pundurkārklu, driādi un citiem subarktiskās floras pārstāvjiem.

Vēlāk šī paša urbuma (Pantene-Braukšas I-2006) nogulumos 2,30 - 4,00 m dziļumā, kas atbilst holocēna sākuma daļai, dominē Characeae oogoniji. Ezers kļūst oligomezotrofisks ar karbonātiem bagātu ūdeni, kas nodrošinājis Characeae oogonijiem CaCO₃ inkrustāciju čaulas un jūras najādu (*Najas marina*) klātbūtni. Ezera piekrastes aizaugošajā daļā pieaug makrofītu – lēpju (*Nuphar*), ūdensrožu (*Nymphaea*), glīveņu (*Potamogeton*), meldru (*Scirpus*), najādu (*Najas*) sēklu skaits.

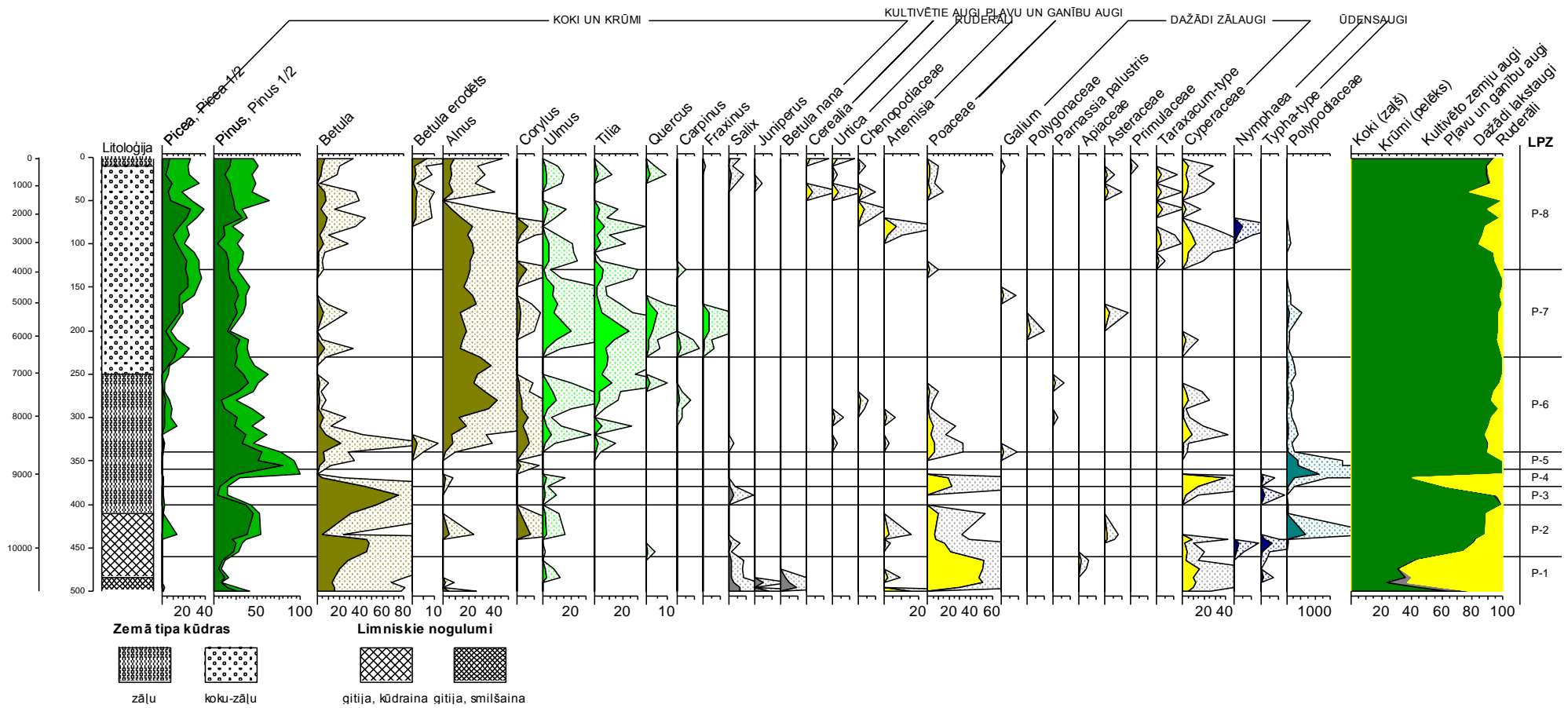
Pantenes purva nogulumiem veiktās sporu-putekšņu analīzes rezultāti ļauj secināt, ka aptuveni pirms 9400 - 10 560 kal.g.p.m. (P-1, P-2 lokālās putekšņu zonas (LPZ)) nelielā

daudzumā atrasti bērza, kārkla, kadiķa un pundurbērza putekšņi (4.4.att.), tomēr dominējošie ir graudzāļu un grīšļu putekšņi, liecinot par atklātu ainavu. Šajā dziļumā atrastas ūdensrožu atliekas un dažāda veida aļģes – *Gloeotrichia* zilaļģes parasti atrodamas barības vielām nabadzīgos ūdeņos, savukārt *Pediastrum boryanum*, *Pediastrum simplex*, *Pediastrum angulosum*, liecina par pakāpenisku barības vielu pieaugumu, stāvošiem ūdeņiem un ūdenstilpes aizaugšanu (Jakubovska, 1996). Atrastas kladoceras (*Cladocera*) jeb ūdens blusu atliekas, kas mīt saldūdens vidē, ezera litorālajā zonā. To klātbūtne liecina par klimata pasiltināšanos, kas norit vienlaicīgi ar barības vielu pieaugumu ezerā (Birks, Birks, 1980), un norāda uz atklātu, barības vielām bagātu ūdens vidi. Atrastas arī sfēriskas daļiņas - aptuveni 15 – 25 mikronus lielas organogēnas vai minerogēnas izcelsmes melnas lodītes, kuru klātbūtne holocēna sākuma nogulumos ir maz pētīta. Holocēna sākumā Pantenes purvā sfērisko daļiņu daudzums ir korelējams ar aļģu izplatību, savukārt 8200 notikuma laikā aļģes nav konstatētas, bet ievērojami pieaug minerālo daļiņu daudzums, tādejādi norādot, ka šī laika sfēriskās daļiņas varētu būt arī minerogēnas izcelsmes.

Karsēšanas zudumu analīzes rezultāti liecina, ka līdz 4,80 m dziļumam (10 000 kal.g.p.m.) uzkrājusies smilšaina gitija, kurā minerālvielu daudzums ir gandrīz 90%. 4,25 m dziļumā (9750 kal.g.p.m.) tas samazinās līdz 20% un ievērojami pieaug organisko vielu daudzums, kas skaidrojams ar labvēlīgākiem apstākļiem augu biomasas daudzuma pieaugumam (kļūst siltāks), ko apstiprina arī 4,10 m dziļumā konstatētās hironomīdu jeb trīsuļodu *Glyptotendipes glaucus* atliekas (4.6.att.), kas kādā Britu Kolumbijas (Kanāda) ezerā konstatētas pirms 6730 līdz 10000 ¹⁴C gadiem siltos ūdeņos un pēc kopējā hironomīdu sastāva rekonstruētās temperatūras liecina, ka šie trīsuļodi izplatīti siltos ūdeņos (Pellatt et al., 2001).

Aptuveni pirms 9200 kal.g.p.m. sāk palielināties palielinās bērzu putekšņu daudzums (līdz 50%), pazūd lazdas putekšņi, un pēc šī bērzu maksimuma sāk pieaugt platlapju daudzums, kas ir tipiskas 8200 notikuma pazīmes. Šo notikumu raksturojošo putekšņu spektra sastāva izmaiņu agrā parādīšanās putekšņu diagrammā iespējams skaidrojama ar rezervuāra efektu, jo nogulumu datēšanai tika ņemti liela apjoma paraugi no karbonātiskas gitijas un kūdras ar molusku un ostrakodu čaulām. Arī karsēšanas zudumu rezultāti urbumam Ceriņi-2009 šī vecuma nogulumiem uzrāda būtiskas izmaiņas nogulumu sastāvā. Atkārtoti minerālo daļiņu daudzums palielinās (līdz 45%) pirms 9200 kal.g.p.m. (4,00 m), kas, iespējams, norāda, ka apstākļi vairs nav bijuši piemēroti augu izplatībai, veicinot minerālvielu ieplūdi baseinā no ezera piekrastes.

Kopā ar minerālo daļiņu pieaugumu palielinās arī karbonātisko vielu daudzums nogulumos (25%), kas ar gruntsūdeņiem vai upju ūdeņiem ieskalots ezera nogulumos un, mainoties temperatūrai un spiedienam, vēlāk arī ir izgulsnētas. Pirms 8700 kal.g.p.m. organisko vielu daudzums atkal palielinās, norādot uz stabilas veģetācijas segas izveidošanos apkārtējā teritorijā. Interesanta iezīme ir paparžu sporu izzušana 8200 notikuma laikā. Tās ievērojamā skaitā atrastas gan pirms gan pēc šī notikuma.



4.4. attēls. Pantenes purva nogulumu sporu-putekšņu procentuālā diagramma
 Figure 4.4. Pollen percentage diagram of Pantenes Mire deposits

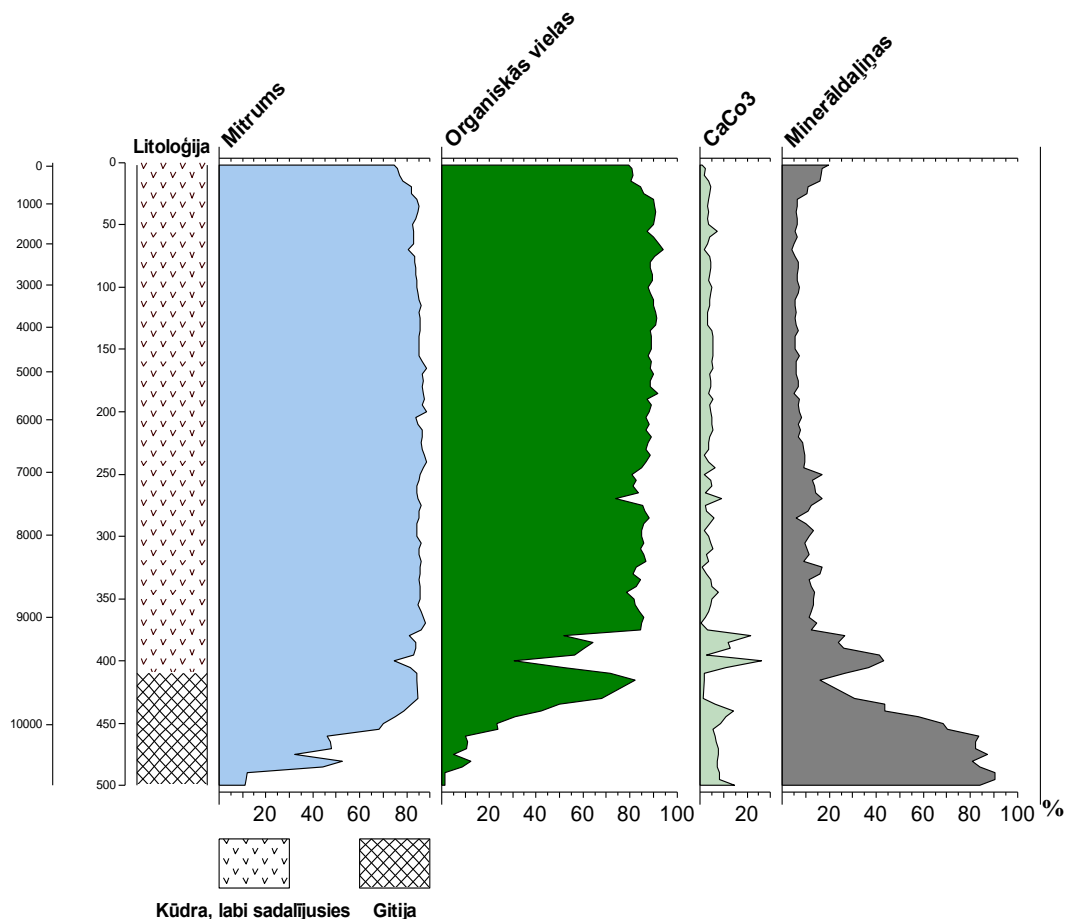
Pantene-2009 urbuma putekšņu procentuālajā diagrammā pēc priedes putekšņu maksimuma (P-2 LPZ), to daudzumam samazinoties un strauji kāpjot bērzu putekšņu līknei (P-3 LPZ), atpazīstams jau pieminētais 8200 notikums (3,50 m dziļumā). Šajā laikā Senā Burtņieka ezera ziemeļu līča vidusdaļā uzkrājies plāns mālaina aleirīta slānītis, kurā nav konstatētas ne makroskopiskās atliekas, ne arī mieturaļģes, moluski un ostrakodi, kas lielā daudzumā nogulumos ir sastopami gan pirms šī notikuma, gan pēc tā (Ozola et al., 2010a,b). Pantenes purva rietumu malā (urbums Ceriņi-2007) šajā laikā jau uzkrājusies zemā tipa koku-grīšļu kūdra.

Pēc 8200 notikuma īslaicīgi pieaug grīšļu un zālaugu putekšņu skaits (P-4 LPZ), liecinot par īslaicīgu ūdens līmeņa celšanos. Taču jau drīz pēc tam ļoti strauji krīt putekšņu koncentrācija un ievērojami pieaug erodētu paparžu sporu (P-4 LPZ) un sporangiju skaits. No putekšņiem nelielā skaitā atrasti vien priedes putekšņi, no kuriem daudzi ir erodēti. Citi putekšņi nav konstatēti, kas gan nenorāda uz to, ka citi augi nebūtu auguši apkārtnē, bet gan uz to, ka citu augu putekšņi ārējo apstākļu ietekmē ir iznīcināti. Tas, ka putekšņi un sporas ir erodētas varētu norādīt uz ļoti sausiem apstākļiem un eroziju īsi pirms platlapju līkņu kāpumiem (HTM).

Sākot no aptuveni 8800 kal.g.p.m. (ņemot vērā rezervuāra efektu 500 – 1000 gadi – pirms 7800 – 8300 kal.g.p.m.) urbuma Ceriņi-2009 putekšņu diagrammā joprojām dominē priedes, ievērojami palielinās alkšņu, lazdu un platlapju putekšņu daudzums (P-6 LPZ). Šīs pazīmes liecina par HTM sākumu, kura laikā novērojamas ūdens līmeņa svārstības, par ko liecina nogulumos atrastās amēbas – *Arcella vulgaris* (3,40m) un *Centropyxis aculeata*. Šīs ūdens līmeņa svārstības varēja ietekmēt arī bebru aktivitātes.

HTM laikā urbuma Pantene-Braukšas I-2006 nogulumu putekšņu procentuālajā diagrammā 1,50 – 2,00 m dziļumā (P-7 LPZ) (4.4.att.) platlapju maksimālās izplatības jeb HTM laikā konstatēts straujš ūdensaugu putekšņu līknes kāpums (Ozola et al., 2010a,b), kas norāda uz to, ka ezera krasta līnija ir bijusi pietiekoši tuvu un ezers ir bijis pietiekoši sekls, lai šī urbuma vietā varētu augt dažādi ūdensaugi. Šī paša urbuma makroatlieku diagrammā 1,50 – 2,00 m dziļumā dominē ūdensaugu atliekas – peldošā glīvene (*Potamogeton natans*), lēpes (*Nuphar*), ūdensrozes (*Nymphaeae*), mieturu daudzlapes (*Myriophyllum verticillatum*), vilkvālītes (*Typha*), tomēr parādās arī tādu augu makroatliekas, kuri aug piekrastes zonā, – ezera meldrs (*Schoenoplectus lacustris*), Eiropas vilknadze (*Lycopus europaeus*), purvu un slapju pļavu augi – trejlapu puplaksis (*Menyanthes trifoliata*), grīslis (*Carex*) un purva sārmene (*Stachys palustris*), pameldrs (*Eleocharis*), kas arī liecina par krasta līnijas tuvumu. Šajā intervālā smilšainā kūdrā atrastas arī ezerrieksta (*Trapa natans*) augļu atliekas. Ezerrieksts parasti aug barības vielām bagātos ūdeņos, kuros pH līmenis svārstās no 6,7 līdz 8,2 un sārmainība no 12 līdz 128 mg/l kalcija karbonāta. Atrasti ogļoti lazdu riekstu fragmenti, kas liecina par to, ka cilvēki tos lietojuši pārtikā. Ezers kļūst mezotrofisks, un arī šajā Senā Burtņieka ezera ziemeļu līča daļā lēnām sāk veidoties purvs (Ozola et al., 2010). Urbumā Ceriņi-2011, kurš atrodas aptuveni 50 m uz austrumiem (jeb virzienā uz Rūjas upi) ezera pāreja purvā datēta ar 6800 kal.g.p.m.

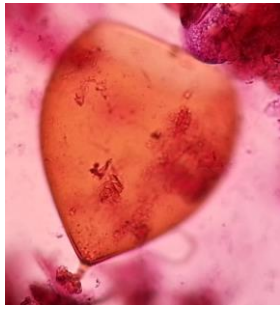
Siltākais HTM posms novērojams pirms 5900 kal.g.p.m., kad platlapji sasniedz savu maksimālo izplatību: goba 20%, liepa 20%, ozols 5%, osis 5% (P-7 LPZ) (4.4.att.).



4.5. attēls. Urbumā Ceriņi-09 atsegto nogulumu karsēšanas zudumu analīzes rezultāti
 Figure 4.5. Results of loss-on-ignition analysis of core Ceriņi-09 sediments

Aptuveni pirms 4000 kal.g.p.m. (P-8 LPZ) platlapju putekšņu daudzums samazinās, nepārtrauktu līkni sāk veidot bērzs, ieviešas mitru pļavu augu, kā arī kultivēto augu putekšņi. Sākot no šī laika nogulumos atrastas ūdensblusu atliekas, liecinot par atvērtu ūdeņu klātbūtni. Pirms 700 kal.g.p.m. novērojams otrs minerālo daļiņu daudzuma palielināšanās periods, kurš turpinās līdz mūsdienām. Šī īpatnība varētu būt skaidrojama ar intensīvu lauksaimniecību uz Pantenes drumlīna, kā rezultātā purvā tiek iepūstas minerālās daļiņas.

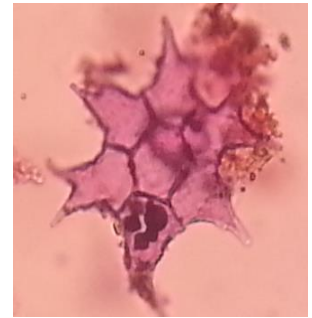
Urbuma Pantene-Braukšas I-2006 nogulumos dziļuma intervālā 1,10-0,55 m kūdrā ir konstatēts liels daudzums dzelzs hidroksīda. Visintensīvākā dzelzs hidroksīdu sedimentācija novērota dziļumā 0,30-0,60 m. Šajā dziļuma intervālā augu makroskopiskās atliekas netika atrastas, tomēr tika atrasti sacementēti dzīvnieku kaulu fragmenti. Uz cilvēka klātbūtni norāda arī 1,50-0,60 m augu makroskopisko atlieku sastāvā konstatētie ezerieksti (*Trapa natans*) un lazdu riekstu fragmenti. Dažāda lieluma oglītes atrastas visā kūdraino nogulumu slānī, taču lielākais skaits gan oglīšu, gan pelnu skaits atrasts 1,4 m dziļumā.



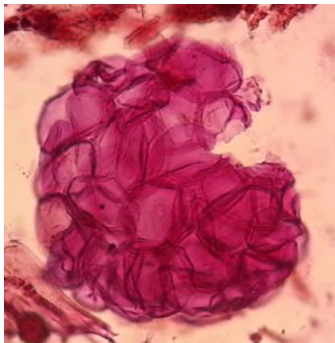
Neorhabdocoela plakantārpa oocīts
(190 μm)



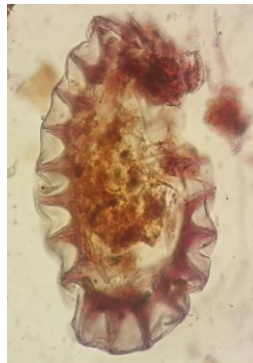
Centropyxis aculeata amēba (200 μm)



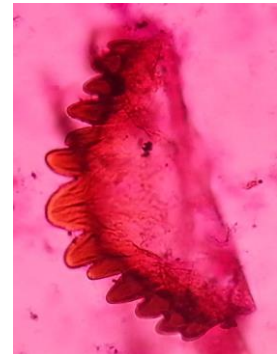
Pediastrum kawraisky zaļalģe (100 μm)



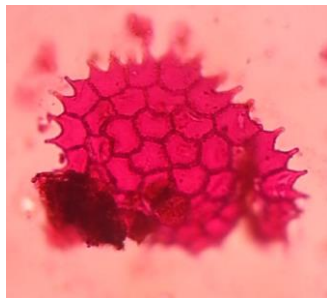
Polypodiaceae sporas (220 μm)



Polypodiaceae sporangijs (340 μm)



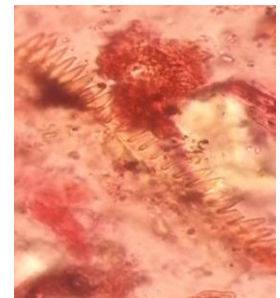
Glyptotendipes glaucus trīšuļods
(230 μm)



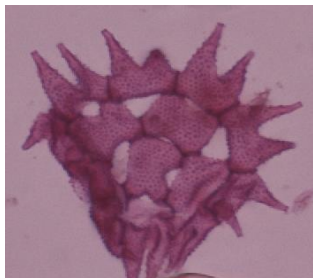
Pediastrum boryanum zaļalģe (295 μm)



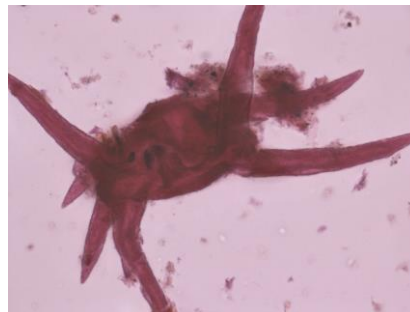
Pediastrum duplex zaļalģe (310 μm)



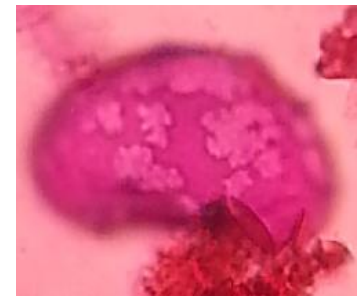
Eurycercus cf. lamellatus-
kladoceras fragments (230 μm)



P. boryanum cornutum zaļalģe (260 μm)



Nymphaea sklerīdas (500 μm)

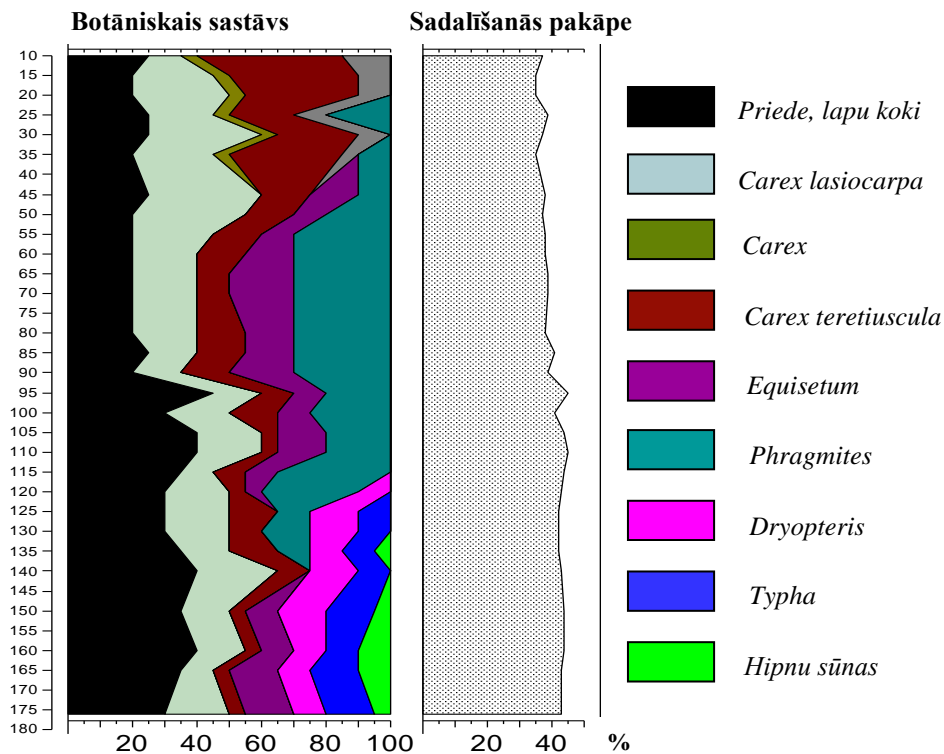


Polypodiaceae spora erodēta (50 μm)

4.6. attēls. Pantenes purva nogulumos atrastās mikroskopiskās atliekas (autores foto)

Figure 4.6. Microscopic remains from Pantene Mire sediments (author's photo)

Kūdras botāniskais sastāva analīžu rezultāti (4.5.att.) ļauj secināt, ka visā purva attīstības gaitā uzkrājušies koku-grīšļu vai koku-zāļu kūdra. No kokiem lielākoties dominē lapu koki, bet nedaudz sastopamas arī priedes koksnes atliekas. No 1,80 m (aptuveni 7000 kal.g.p.m.) līdz 1,40 m kūdru veido koku atliekas (līdz pat 40%), grīšļi, kosas, papardes, vilkvālītes un hipnu sūnas. Botāniskais sastāvs mainās pirms aptuveni 4200 kal.g.p.m., kad kūdras sastāvā sāk ieviešas niedres un pazūd hipnu sūnas.



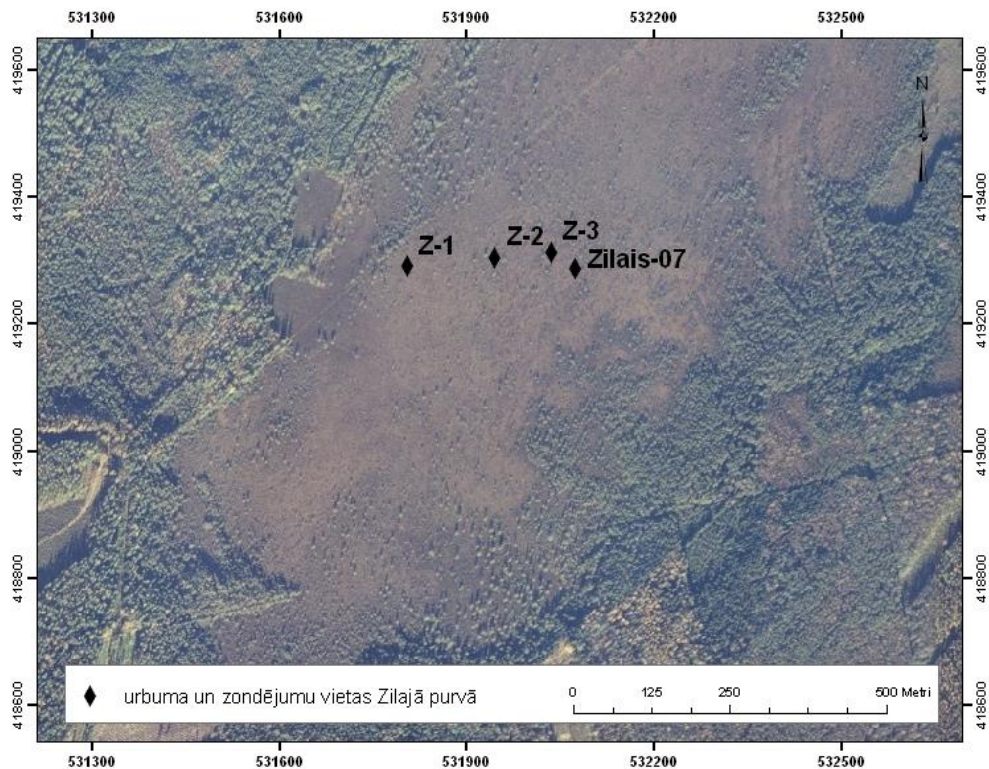
4.7.attēls. Urbuma „Ceriņi-2011” kūdras botāniskā sastāva un sadalīšanās pakāpes analīzes rezultāti

Figure 4.7. Results of peat botanical composition and decomposition degree analysis from core „Ceriņi-2011”

Aptuveni pirms 3500 kal.g.p.m. no kūdras sastāva pazūd arī papardes un vilkvālītes, tā vietā palielinās niedru daudzums. Pirms 1500 kal.g.p.m. kūdras sastāvā parādās augstie grīšļi un meldri, palielinās arī pārējo grīšļu daudzums. Sadalīšanās pakāpē nav novērojamas straujas fluktuācijas - tā vienmērīgi mainās no 30-40% robežās.

4.2. Zilais purvs

Zilajā purva ziemeļu daļā veikti 3 zondējumi un viens urbums (4.6.att.).



4.6. attēls. Zilajā purvā veikto zondējumu un urbuma atrašanās vieta
Figure 4.6. Location of test corings and corings in Zilais Mire

Zilajā purvā tika veikta arī nogulumu vecuma ^{14}C datēšana četriem paraugiem (4.2. tabula). Šie datējumi tika kalibrēti un, balstoties uz tiem, ir izveidots dziļuma-vecuma sakarības modelis, kurā redzama nogulumu uzkrāšanās intensitāte.

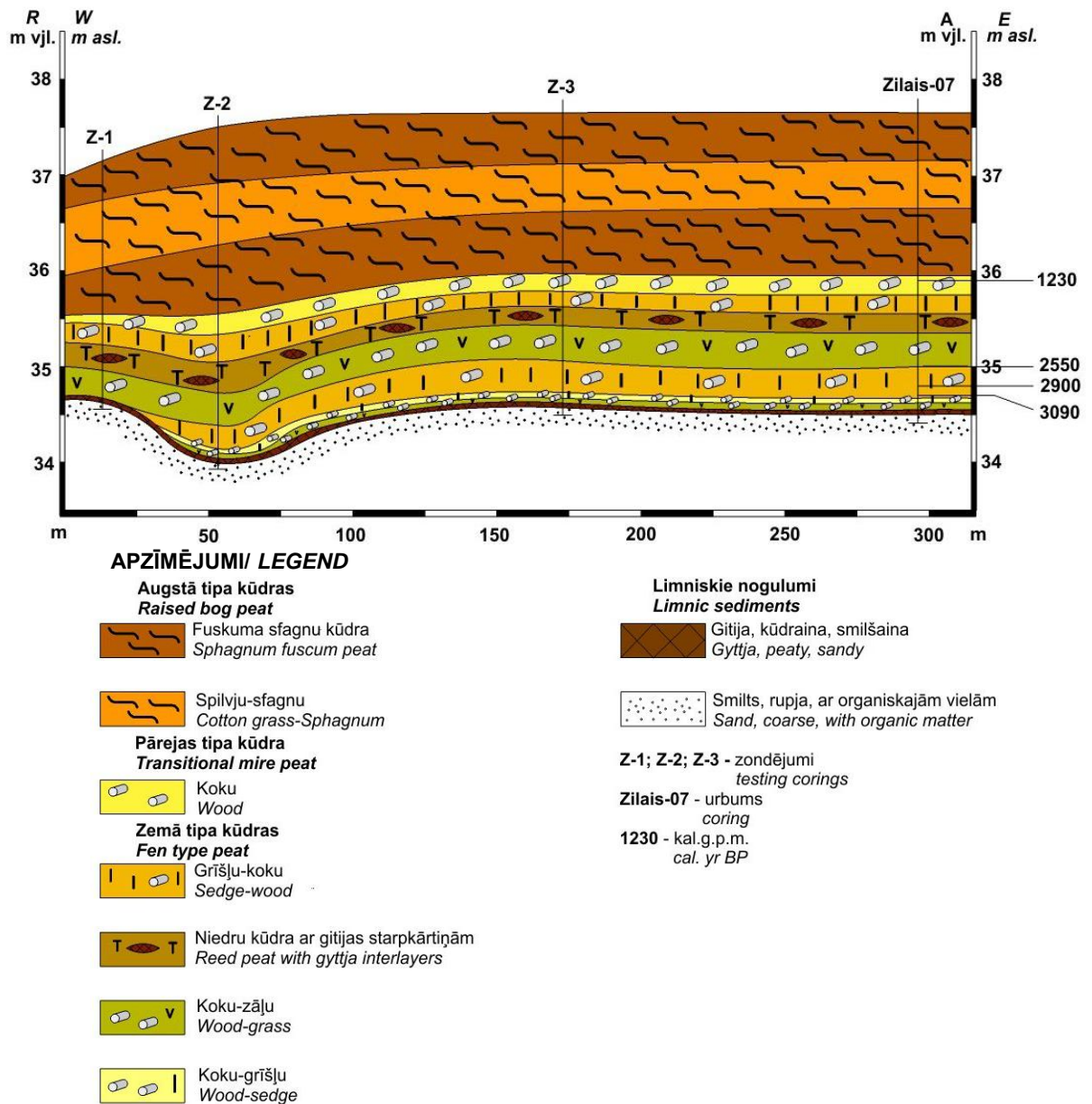
4.2. tabula. Informācija par Zilā purva nogulumu datētajiem paraugiem
Table 4.2. Information about dated samples from Zilais Mire deposits

Dziļums, m	Vecums, ^{14}C	Laboratorijas kods un numurs	~ kal.g.p.m.	Analizētais materiāls
1,70-1,80	1267+-45 BP	Tln3027	1117-1286	kūdra
2,60-2,70	2502+-50 BP	Tln3028	2435-2737	kūdra
2,80-2,90	2497+-50 BP	Tln3032	2446-2740	kūdra
2,90-3,00	3118+-60 BP	Tln3033	3207-3463	gitija

Kūdras uzkrāšanās intensitāte purva veidošanās sākumā līdz aptuveni 1000 kal.g.p.m., kad pēc CLAM dziļuma-vecuma modelēšanas rezultātiem, tā ir bijusi 0,5-1 mm gadā. Straujāka nogulumu uzkrāšanās novērojama pēdējos 1000 gados 1-2 mm gadā.

Pēc zondējumos un urbumos atsegto nogulumu aprakstiem ir izveidots Zilā purva ģeoloģiskais šķērsgriezums, kurā redzams, ka Zilā purva pamatni veido rupja smilts ar

organiskajām vielām (4.7.attēls). Virs tās uzkrāties plāns aleirītiskas gitijas slānītis ar ūdensaugu atliekām (2,95-3,10 m), kas liecina, ka purvs veidojies, aizaugot sekļai ūdenstilpei. Gitijas absolūtais vecums ar ^{14}C datēšanas metodi noteikts 3205-3465 kal.g.p.m. Gitijas paleobioloģiskās analīzes rezultātā konstatētas gan kukaiņu atliekas, gan arī to oļiņas. 3,05 m dziļumā konstatēta Type 179 iespējams airkājvēžu mikroskopiskās atliekas, kuru klātbūtne norāda uz sekliem, atklātiem ūdeņiem un eitrofiem apstākļiem (Van Geel et al., 1989), kas liecina, ka ūdenstilpe gitijas slāņa uzkrāšanās laikā sāka aizaugt. Gitiju pārsedzošo 5 cm biežais nogulumu slānis (2,90-2,95 m) veidojies aptuveni pirms 3000-3100 kal.g.p.m. Šo slāni veido zemā tipa koku-zāļu kūdra ar ļoti augstu sadalīšanās pakāpi (60%). Analizējot koku-zāļu kūdras botānisko sastāvu, konstatēts, ka koku atlieku daudzums kūdrā sastāda 60%, bet dažādu zāļu atliekas 40% (4.8.att.).



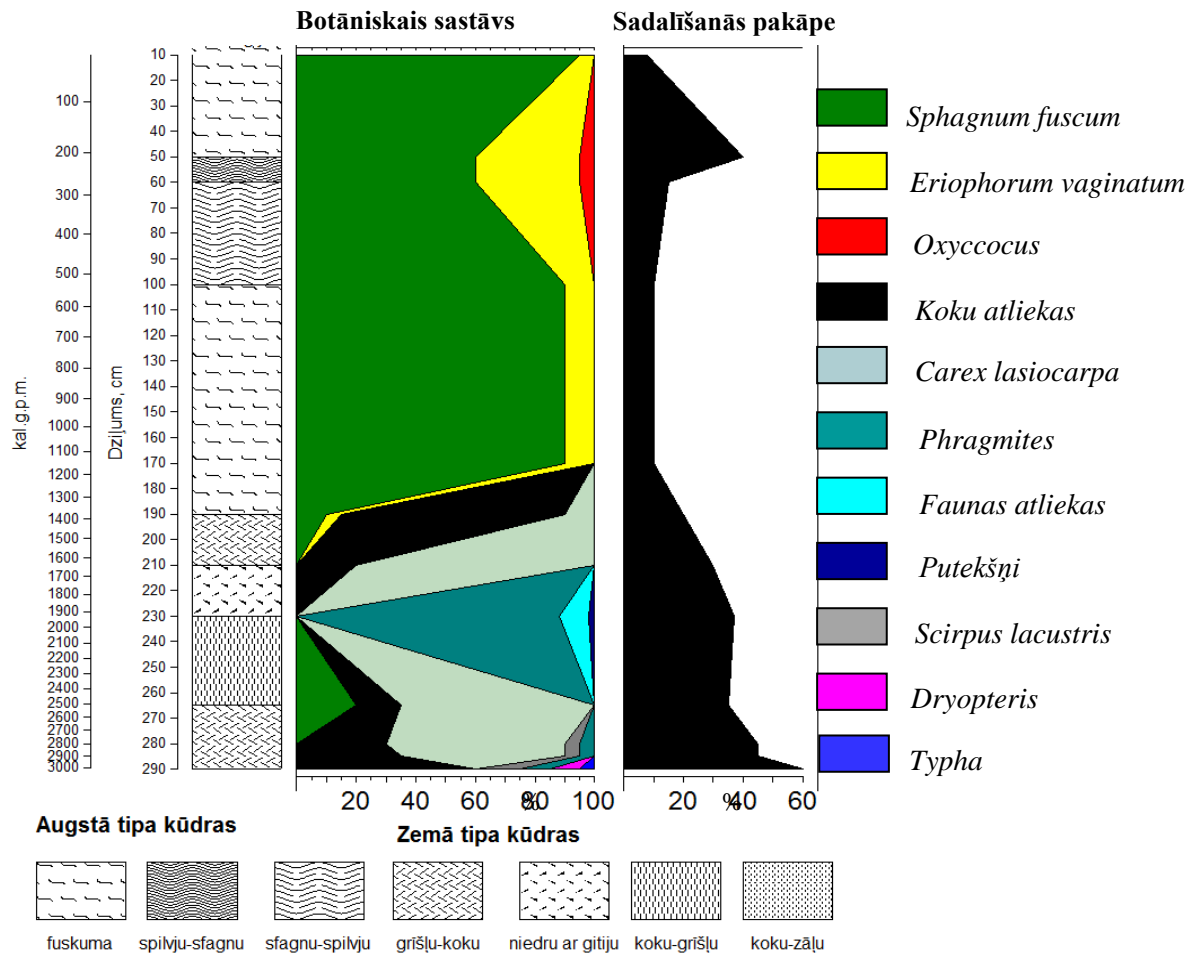
4.7. attēls. Zilā purva ziemeļu daļas ģeoloģiskais šķērsgriezums
Figure 4.7. Geological cross-section of northern part of Zilais Mire

Zilā purva urbuma „Zilais-07” nogulumu dziļuma intervālam 2,95-3,10 m putekšņu procentuālajā diagrammā atbilst Z-1 zona (4.9.att.), kurā putekšņu sastāvā dominē liepas (*Tilia*), alkšņu (*Alnus*) lazdas (*Corylus*) putekšņi, no kuriem vislielākā koncentrācijā ir alkšņu putekšņi-40%. No kokiem kopējā spektrā ievērojama ir liepas putekšņu klātbūtne, kas sasniedz pat 16% no kopējā putekšņu īpatsvara, sasniedzot savu maksimumu. Arī lazdas putekšņi sastopami ievērojamā koncentrācijā (12%) un šajā laikā sasniedz maksimālo izplatību. No platlapjiem stabili līkni veido ozols un goba. No zālaugiem sastopami ir grīšļu (*Cyperaceae*) putekšņi (5%), no ruderaliem nedaudz ir tikai nātres (*Urtica*) putekšņi, parādās arī kultivētiem augi, savukārt sporauģu vidū izteikti dominē papardes (*Polypodiaceae*), kas sasniedz nedaudz vairāk kā 80%, ir arī nedaudz sfagnu (*Sphagnum*) sporu. Jāpiemin, ka putekšņi šajā zonā ir ļoti erodēti. Nedaudz sastopamie ūdensaugu putekšņi, iespējams, liecina par paaugstināta mitruma apstākļiem teritorijā. Uz to norāda arī šajā slānī atrastās aļģes.

Pirms 2500-3100 kal.g.p.m. uzkrājusies 15 cm biezs (2,65-2,85 m) koku-grīšļu kūdras slānis, kura sastāvā dominē *Carex lasiocarpa* (45-65%), koku atliekas (15-35%) un sāk ieviesties arī sfagni. Kūdras sadalīšanās pakāpe noteikta kā 35-45% (4.8.att.). Putekšņu procentuālajā diagrammā šajā dziļumā konstatēts straujš bērza līknes kāpums (Z-2 zona), kā rezultātā perioda vidū novērojams bērza maksimums ar 35% no kopējā putekšņu īpatsvara. Lai arī alkšņa putekšņu daudzums pakāpeniski samazinās, tas joprojām ieņem stabili pozīciju šīs zonas putekšņu spektrā (10-30%). Ievērojami samazinās platlapju daudzums un savu maksimumu sasniedz kārkla (*Salix*) putekšņu līkne (10%). Nepārtrauktu līkni sāk veidot viršu (*Calluna vulgaris*) procentuālais daudzums. Zonas beigās ievērojami palielinās graudzāļu izplatība, samazinās bērzu putekšņu daudzums un nelielā daudzumā konstatēti arī ogļišu putekļi.

Pirms aptuveni 1900-2500 kal.g.p.m. 2,30-2,65 m dziļumā veidojusies niedru kūdra ar gitijas starpkārtiņām, kurā ievērojamā daudzumā (līdz pat 10%) konstatētas dažādu kukaiņu atliekas un putekšņi. Putekšņu diagrammā šim dziļuma un laika intervālam atbilstošajā putekšņu sastāvā dominē graudzāles 10-20% un bērzi (20-40%). Ar nelielām svārstībām noturīgas līknes veido liepas un lazdas putekšņi. Dziļuma intervālā 2,20-2,30 m ievērojami pieaug bērza putekšņu daudzums un samazinās graudzāļu putekšņu daudzums. Egles putekšņu līkne ir vienmērīga un atrodas 10-15% robežās, bet platlapju putekšņu kopējā putekšņu procentuālajā sastāvā ir ļoti maz. No krūmiem zonas apakšējā daļā pazūd kārkla putekšņi. Noturīgu līkni sāk veidot viršu putekšņi, un palielinās grīšļu putekšņu daudzums.

Pirms aptuveni 1635-1925 kal.g.p.m. 2,10-2,30 m dziļumā uzkrājusies grīšļu-koku kūdra (30% sadalīšanās pakāpe). Šajā intervālā atrastas *Amphitrema flavum* amēbas, kuru klātbūtne nogulumos norāda uz nosacīti mitriem apstākļiem. Savukārt *Nebela militaris* norāda uz sfagnu kūdras klātbūtni, lai gan botāniskajā sastāvā tā nav konstatēta. Ievērojamā daudzumā konstatētas *Entophycitis lobata* sēņu atliekas, kuras visbiežāk sastopamas mitrā šeihcēriju (*Scheuchzeria*) kūdrā. Sēne aug arī uz *Oxycoccus palustris*, *Polytrichum* sp. un *Erica tetralix*. Putekšņu procentuālajā diagrammā dominē bērzs, graudzāles un grīšļi, sastopami arī ūdensaugi.



4.8. attēls. Urbuma „Zilais-07” kūdras botāniskā sastāva un sadalīšanās pakāpes analīzes rezultāti

Figure 4.5. Results of peat botanical composition and decomposition degree analyses from core „Zilais-07”

Pirms 1375-1635 kal.g.p.m. 1,90-2,10 m dziļumā uzkrājusies pārejas tipa koku kūdra ar 20% sadalīšanās pakāpi Šajā laikā samazinās bērza putekšņu procentuālais daudzums un joprojām augstas procentuālās vērtības ir graudzāļu putekšņiem. Palielinās oglīšu putekļu daudzums.

Vāji sadalījusies (10%) fuskuma sfagnu kūdra konstatēta 1,00-1,90 m dziļumā pirms 525-1375 kal.g.p.m. Šis nogulumu slānis ietver pāreju no Z-3 zonas uz Z-4 zonu. Z-3 zonā novērojams bērza putekšņu maksimums, sasniedzot vairāk nekā 30% no kopējā putekšņu īpatsvara. Tajā pašā laikā arī priedes putekšņu koncentrācija ir liela un vērojams pakāpenisks tās pieaugums. Daudz ir arī egles putekšņu, kuru veidotā līkne ir svārstīga, tomēr turas robežās virs 5% un maksimumos sasniedz pat 20%. No platlapjiem visvairāk izplatīts skābardis (*Carpinus*) nedaudz ir arī ozola, liepas un gobas putekšņi. Zālaugu vidū ievērojami krītas grīšļu un graudzāļu putekšņu koncentrācijas. Tā vietā strauji pieaug un savu maksimumu sasniedz sfagni, kas iezīmē pāreju no zemā uz pārejas un augstā purvu tipa attīstību. Pārējo zālaugu ir ļoti maz. Pavisam nedaudz ir skābenes, bet pirmoreiz parādās vīgrīezes (*Filipendula*) un lini (*Linaceae*). No kultivētajiem augiem nedaudz sastopamas kaņepes (*Plantago*), bet ruderālu vidū nedaudz ir nātru un vībotņu putekšņi. Novērojams oglīšu līknes maksimums. Savukārt Z-4 zonas sākumam raksturīga priežu

putekšņu maksimālā izplatība un graudzāļu izplatības samazināšanas. Putekšņu spektrā konstatēti arī ūdensaugu putekšņi. Alkšņa līkne ir vienmērīga un visu intervālu saglabā stabili vietu putekšņu kopējā spektrā (15-20%). Atrastas *Type 10* sēņu sporas, kuras aug uz viršiem un norāda uz nosacīti sausiem apstākļiem. Pirms 1200 kal.g.p.m. konstatēta maksimālā oglekļa koncentrācija, norādot uz dabiskiem vai cilvēka izraisītiem ugunsgrēkiem.

Sfagnu-spilvju kūdra (sadališanās pakāpe-15%) uzkrājusies 0,60-1,00 m dziļumā laikā pirms 270-525 kal.g.p.m. Spilvju-sfagnu kūdra ar 30% sadališanās pakāpi konstatēta 0,50-0,60 m dziļumā un aptuveni pirms 210-265 kal.g.p.m. Šajā dziļuma intervālā atrasta sēne *Microthyrium* sp., kura aug uz šaicērijām vai spilvēm. Putekšņu un sporu diagrammā šis intervāls iezīmējas ar pakāpenisku priedes putekšņu koncentrācijas palielināšanos. Priede ir izteikta dominante un sasniedz maksimumu ar ~ 43%. Ievērojamā daudzumā sastopami arī egles un bērza putekšņi, savukārt alkšņa līkne strauji krīt, un līdz pat perioda beigām alkšņa putekšņu koncentrācija nepārsniedz 5%. Diezgan daudz ir lazdas putekšņu, bet platlapju putekšņu ir pavisam maz, no tiem nedaudz sastopami skābarža, liepas un gobas putekšņi. Strauji krīt sfagnu līknes. No zālaugiem nedaudz sastopamas graudzāles, grīšļi, vīgriezes un skābenes, pavisam maz arī linu. Starp sīkkrūmiem vērojams neliels viršu putekšņu līknes pieaugums, kam seko straujš kritums. Zonas beigās no zālaugiem atkal nedaudz pieaug grīšļu putekšņu īpatsvars, bet no sīkkrūmiem pamazām palielinās viršu īpatsvars, uz brīdi pastāvīgu līkni veido melnā vistene (*Empetrum nigrum*).

Pašā augšējā slānī (0,00-0,50 m) uzkrājusies un joprojām uzkrājas vāji sadalījusies (8%) fuskuma sfagnu kūdra, kurā konstatētas *Entophycitis lobata* sēņu atliekas, norādot uz mitru šeihcēriju (*Scheuchzeria*) kūdras vai uz *Oxycoccus palustris*, *Polytrichum* sp. un *Erica tetralix* klātbūtni, kas apstiprina botāniskā sastāva analīžu rezultātus, jo tajos *Oxycoccus palustris* atliekas konstatētas 5% apmērā.

Putekšņu diagrammā vērojamas divas dominējošās koku sugas-alksnis un bērzs, kuru putekšņu koncentrācija ir vienlīdz augsta (20- 25%). Skujkoku loma apkārtējās ainavas veidošanā samazinās, taču vēl joprojām ir būtiska. Platlapju vidū pavisam izzūd ozols, no pārējiem sastopami skābarža un gobas putekšņi. No zālaugiem nedaudz pieaug graudzāļu līkne, pārējo zālaugu ļoti maz. Izteikti sāk pieaugt sīkkrūmu putekšņu īpatsvars, maksimumus sasniedz virši. Šī zona kopumā raksturo situāciju tuvu mūsdienu veģetācijai. Strauji palielinās priedes putekšņu īpatsvars, kāpj arī egles līkne, savukārt subdominantes ir bērza un alkšņa putekšņi. Vienlaicīgi ar zālaugu putekšņu kulmināciju atkārtoti palielinās sfagnu sporu koncentrācija, bet samērā daudz ir arī grīšļu un graudzāļu putekšņu.

Apkopojot un interpretējot Zilajā purvā iegūto analīžu rezultātus, tika rekonstruēta purva veidošanās un nogulumu uzkrāšanās apstākļi (4.3.tabula).

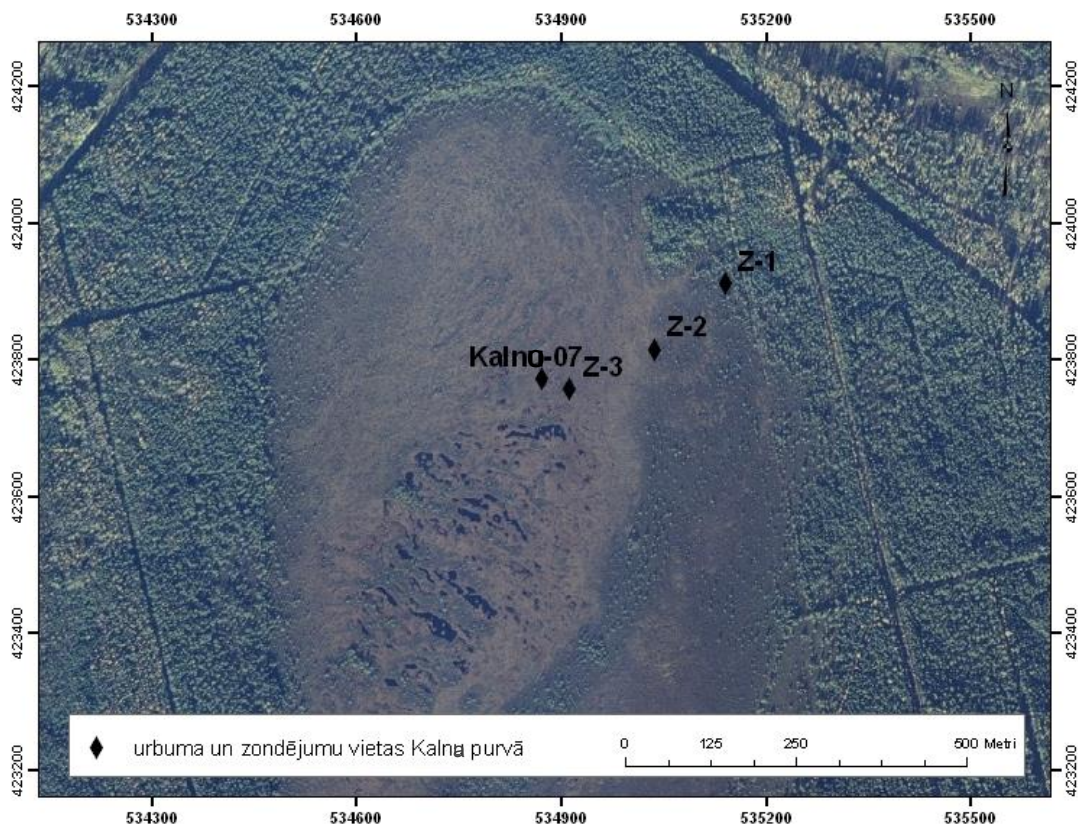
4.3.tabula. Zilā purva attīstība un nogulumu veidošanās apstākļu rekonstrukcija
Table 4.3. Reconstruction of Zilais Mire development and sediment formation conditions

kal.g. p.m.	Dziļums, m, kūdras tips un botāniskais sastāvs (sadal.pakāpe, %)	Putekšņu zonas un to raksturojums	Citas apzinātās mikroskopiskas atliekas	Zilā purva attīstība un nogulumu veidošanās apstākļu rekonstrukcija	
0	0,00-0,50 m Augstā tipa Fuskuma sfagnu kūdra (8%)	(Z-6) Priede ~ 43%, egle 15%, bērzs 15%, alksnis 10%, nedaudz arī platlapji, virši 10%, graudzāles (5%).	<i>Entophyctis lobata</i> sēņu atliekas, aug gan mitrā šeihcēriju kūdrā, gan uz <i>Oxycoccus palustris</i> , <i>Polytrichum</i> spec. un <i>Erica tetralix</i> . <i>Gelasinospora</i> sp.un <i>Type 10</i> sēnes.	Vēss un pārsvarā mitrs klimats, purvā novērojamas ūdens līmeņa svārstības.	
100		(Z-5) alksnis, bērzs 20- 25%, egle 10-15%, priede 15-20%, goba 2-5%, liepa, skābardis un ozols ~2%, virši 25%.			Salīdzinoši sausi apstākļi.
200					
300	Spilvju-sfagnu kūdra (30%)	(Z-4) Priedes 43%, alkšņa putekšņu līkne perioda vidū krīt (no 20 uz 5%) un tad pakāpeniski pieaug līdz 15-20%. Egles (~20%) un bērza (~25%) putekšņu līknes ir svārstīgas; ļoti maz platlapju putekšņu. Graudzāles ~5%, gan grīšļi ~5%. Mazāk vīgriezes, skābenes un ūdensaugi. Joprojām pastāvīgu līkni veido virši un vistenes.	Sēne <i>Microthyrium</i> spec. (aug uz šeihcērijām vai spilvēm) un <i>Amphitrema flavum</i> , kukaiņu atliekas.	Mitri un vēsi apstākļi.	
400	0,60-1,00 m sfagnu-spilvju (15%)				
500	1,00-1,90 m Augstā tipa Fuskuma sfagnu kūdra (10%)		(Z-3) Vairāki bērza putekšņu maksimumi: 2800 kal.g.p.m. 35%, 1800 kal.g.p.m.-40% un 1200 kal.g.p.m.-35%. Priedes līkne 20-25%. Egles līkne ir svārstīga-5%-20%. Nelielā daudzumā visu platlapju putekšņi. Pastāvīgu līkni sāk veidot Ēriku dzimtas augi- virši un vistenes. Graudzāles 5-7%, grīšļi 7-10%.	<i>Type 10</i> sēnes sporas, kuras aug uz viršiem, norāda uz nosacīti sausiem apstākļiem. Pirms 1200 kal.g.p.m.-maksimālā ogļišu koncentrācija.	Mainīgs ūdens līmenis purvā. Oglītes norāda uz intensīvu dabisku vai cilvēku izraisītu mežu degšanu.
600					
700					
800					
900					
1000					
1100	1,90-2,10 m Pārejas tipa koku kūdra (20%)		(Z-2) straujš bērza līknes kāpums līdz 35%, alksnis 10-30%, maksimumu sasniedz kārkls (10%) Ievērojami samazinās platlapju daudzums. Ieviešas virši un vistenes. Zonas beigās palielinās graudzāļu izplatība, samazinās bērzu putekšņu daudzums un ogļišu putekļi.	Palielinās ogļišu putekļu daudzums.	Turpina uzkrāties pārejas tipa kūdra. Cilvēka vai dabas izraisīti ugunsgrēki.
1200					
1300					
1400	2,10-2,30m Pārejas tipa grīšļu-koku kūdra (30%)	(Z-1) Dominē liepas putekšņi sasniedzot savu maksimumu 16%, alkšņu 45% un lazdas 12% putekšņi (arī maksimums). Stabili līkni veido ozols (5%) un goba (5%), grīšļi ~5%, parādās arī kultivētie augi. No sporaugiem dominē papardes 80%.	Lielā daudzumā atrastas <i>Amphitrema flavum</i> un <i>Nebela militaris</i> amēbas, kukaiņu atliekas, <i>Eutophyctis lobata</i> sēņu atliekas.	Vēsos un mitros klimatiskajos apstākļos sākas pārejas tipa kūdras uzkrāšanās. Novērojamas ūdens līmeņa fluktuācijas un vietām sausi	
1500					
1600	2,30-2,65 m Zemā tipa niedru kūdra ar gitijas starpslānīšiem	(Z-2) straujš bērza līknes kāpums līdz 35%, alksnis 10-30%, maksimumu sasniedz kārkls (10%) Ievērojami samazinās platlapju daudzums. Ieviešas virši un vistenes. Zonas beigās palielinās graudzāļu izplatība, samazinās bērzu putekšņu daudzums un ogļišu putekļi.	Ievērojamā daudzumā (līdz pat 10%) konstatētas dažādu kukaiņu atliekas, sēņu sporas un putekšņi.	Klimatiskie apstākļi joprojām ir vēsi un mainīgi, ievērojamas ūdens līmeņa fluktuācijas.	
1700					
1800					
1900					
2000					
2100					
2200					
2300					
2400					
2500					
2600	2,65-2,85 m Zemā tipa koku-grīšļu (35-45%)	(Z-2) straujš bērza līknes kāpums līdz 35%, alksnis 10-30%, maksimumu sasniedz kārkls (10%) Ievērojami samazinās platlapju daudzums. Ieviešas virši un vistenes. Zonas beigās palielinās graudzāļu izplatība, samazinās bērzu putekšņu daudzums un ogļišu putekļi.	2800-2900 kal.g.p.m. konstatētas sēņu sporas, priežu un egļu atvārsnītes, ūdensaugu putekšņi. Parādās ogļišu putekļi. Slāņa apakšdaļā lielākie no putekšņiem-egles un priedes ir saplēsti.	Klimatisko apstākļu pasliktināšanās, saplēstie putekšņi iespējams liecina par sausiem apstākļiem šī slāņa uzkrāšanās sākumā.	
2700					
2800					
2900	2,90-2,95m Zemā tipa koku-zāļu (60%)	(Z-1) Dominē liepas putekšņi sasniedzot savu maksimumu 16%, alkšņu 45% un lazdas 12% putekšņi (arī maksimums). Stabili līkni veido ozols (5%) un goba (5%), grīšļi ~5%, parādās arī kultivētie augi. No sporaugiem dominē papardes 80%.	Aļģes un erodēti putekšņi.	Aizaugusi ūdenskrātuve, sāk veidoties zemā tipa purvs.	
3000					
3100	2,95-3,10 m Gitija ar augu atliekām	(Z-1) Dominē liepas putekšņi sasniedzot savu maksimumu 16%, alkšņu 45% un lazdas 12% putekšņi (arī maksimums). Stabili līkni veido ozols (5%) un goba (5%), grīšļi ~5%, parādās arī kultivētie augi. No sporaugiem dominē papardes 80%.	Kukaiņu atliekas. Pirms 3270 kal.g.p.m. 3,05 m dziļumā-Type 179 airkājvēžu mikroskopiskās atliekas.	Sekla, eitrofa, tomēr atklāta ūdenstilpe, kura sāk aizaugt. Erodētie putekšņi norāda uz īslaicīgiem sausiem apstākļiem. Ainavā dominē liepu audzes, kuras parasti izplatītas mitrās un sliktākajās vietās, siltos klimatiskos apstākļos.	
3200					
3300					
3400	3,10-3,15 m Rupja smilts ar organiskajām vielām	(Z-1) Dominē liepas putekšņi sasniedzot savu maksimumu 16%, alkšņu 45% un lazdas 12% putekšņi (arī maksimums). Stabili līkni veido ozols (5%) un goba (5%), grīšļi ~5%, parādās arī kultivētie augi. No sporaugiem dominē papardes 80%.	Kukaiņu atliekas. Pirms 3270 kal.g.p.m. 3,05 m dziļumā-Type 179 airkājvēžu mikroskopiskās atliekas.	Sekla, eitrofa, tomēr atklāta ūdenstilpe, kura sāk aizaugt. Erodētie putekšņi norāda uz īslaicīgiem sausiem apstākļiem. Ainavā dominē liepu audzes, kuras parasti izplatītas mitrās un sliktākajās vietās, siltos klimatiskos apstākļos.	
3500					

Zilais purvs veidojies, kad pirms aptuveni 3100 kal.g.p.m. salīdzinoši siltos klimatiskos apstākļos, sāka aizaugt sekla ūdenstilpe un, ūdens līmenim pazeminoties, nosacīti sausos apstākļos sāka uzkrāties labi sadalījusies zemā tipa koku-zāļu kūdra. Klimatiskajiem apstākļiem pasliktinoties aptuveni pirms 2500 kal.g.p.m. ūdens līmenis ceļas, un sāk uzkrāties niedru kūdra ar gitijas starpkārtiņām. Vēl pēc 500 gadiem (pirms 2000 kal.g.p.m.) ūdens līmenis atkal pazeminās, un sāk uzkrāties grīšļu-koku kūdra, un vietām arī sfagnu kūdra. Līdz 1400 kal.g.p.m. turpinās zemā purva pakāpeniska pāreja augstajā purvā. Sākotnēji augstajā purvā dominē fuskuma sfagnu kūdra un pirms aptuveni 500 kal.g.p.m. kūdras sastāvā sāk parādīties spilves, un palielinās kūdras sadalīšanās pakāpe. Pirms 300 kal.g.p.m. kūdras sadalīšanās pakāpe ievērojami pieaug-līdz 30%, tomēr jau aptuveni pēc 100 gadiem kūdras sastāvā atkal sāk dominēt sfagni. Putekšņu sastāvs, kūdras botāniskais sastāvs un citas mikroskopiskās atliekas liecina, ka sākot no 3000 kal.g.p.m. klimats kļūst vēsāks un mitrāks.

4.3. Kalna purvs

Kalna purva nogulumu (4.10.att.) ģeoloģiskās zondēšanas un urbšanas rezultāti tika izmantoti purva ziemeļaustrumdaļas ģeoloģiskā šķērsriezuma sastādīšanai (4.12.att.). Purva ieplakas pamatne ir nelīdzena, un tā mainās no 37 m līdz 40 m vjl. Ieplakas dziļākajā daļā to veido zilganpelēks māls ar saldūdens kaļķiezi, oļiem un maziem gliemežvākiem, bet virzienā uz purva malu to nomaina smalka labi šķirotā smiltis.



4.10. attēls. Veikto zondējumu un pētītā urbuma vieta Kalna purvā
Figure 4.10. Testing coring and coring sites in Kalna Mire

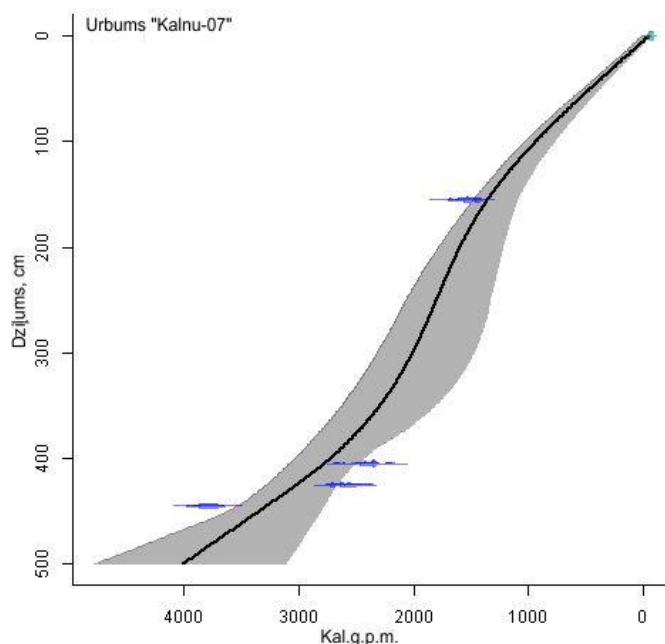
Purva centrālajā daļā veiktajā 5,40 m dziļajā urbumā virs zilganpelēkā māla tika konstatēts 0,5 m biezs tumši brūnas kūdrainas gitijas slānis, ko savukārt pārsedza kūdras slāņi. Šiem nogulumiem tika veikta botāniskā sastāva analīze, putekšņu un citu mikroskopisko atlieku analīze un nogulumu absolūtā vecuma noteikšana ar ^{14}C metodi.

Urbuma Kalna-07 nogulumiem tika veikta absolūtā vecuma noteikšana ar C^{14} metodi četros dziļuma intervālos, Nogulumu vecums datētajiem paraugiem ir robežās no 1500-3800 kal.g.p.m. (4.4. tabula).

4.4.tabula. Informācija par Kalna purva nogulumu datētajiem paraugiem
Table 4.4. Information about dated samples from Kalna Mire deposits

Dziļums, m	Laboratorijas kods un analīzes numurs	Vecums, ^{14}C	~ kal.g.p.m.
1,50-1,60	Tln3020	1221+-60 BP	1515
4,00-4,10	Tln3023	2349+-60 BP	2420
4,20-4,30	Tln3024	2513+-60 BP	2590
4,40-4,50	Tln3026	3056+-50 BP	3800

Pēc datējumu rezultātiem tika sastādīts dziļuma vecuma modelis (4.11.att.), kura rezultāti ļauj secināt, ka aptuveni līdz 3500 kal.g.p.m. nogulumi uzkrājušies ar intensitāti 0,8 mm/gadā, pēc šī laika līdz 1800 kal.g.p.m. nogulumu uzkrāšanās intensitāte ievērojami pieaug līdz 1,25-2 mm/gadā. Pēdējos 1000 gados uzkrāšanās intensitāte samazinās līdz 1mm/gadā.

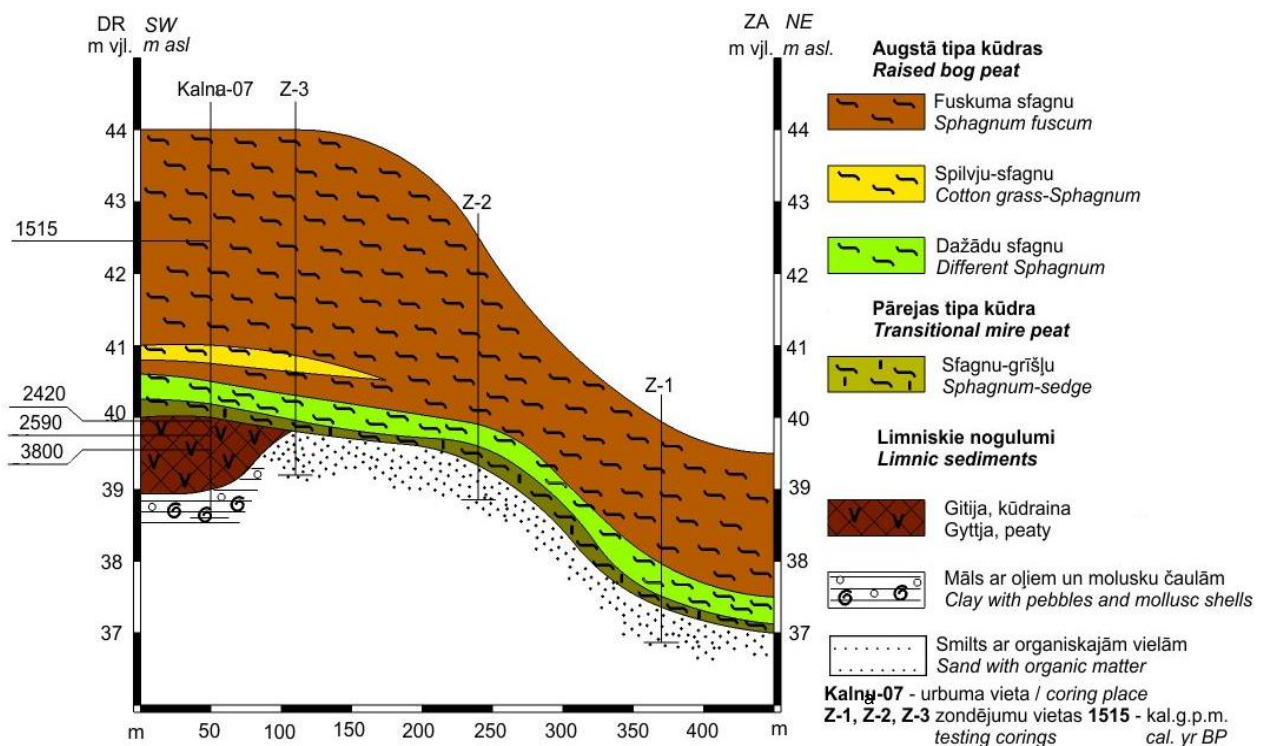


4.11. attēls. Dziļuma-vecuma līkne nogulumiem urbumā „Kalna-07”
Figure 4.11. Age-depth model for core „Kalna-07” deposits

Analizējot urbuma „Kalna-07” nogulumus, tika veiktas botāniskā sastāva, sporu-putekšņu, citu mikroskopisko atlieku analīzes, un to rezultāti tika salīdzināti.

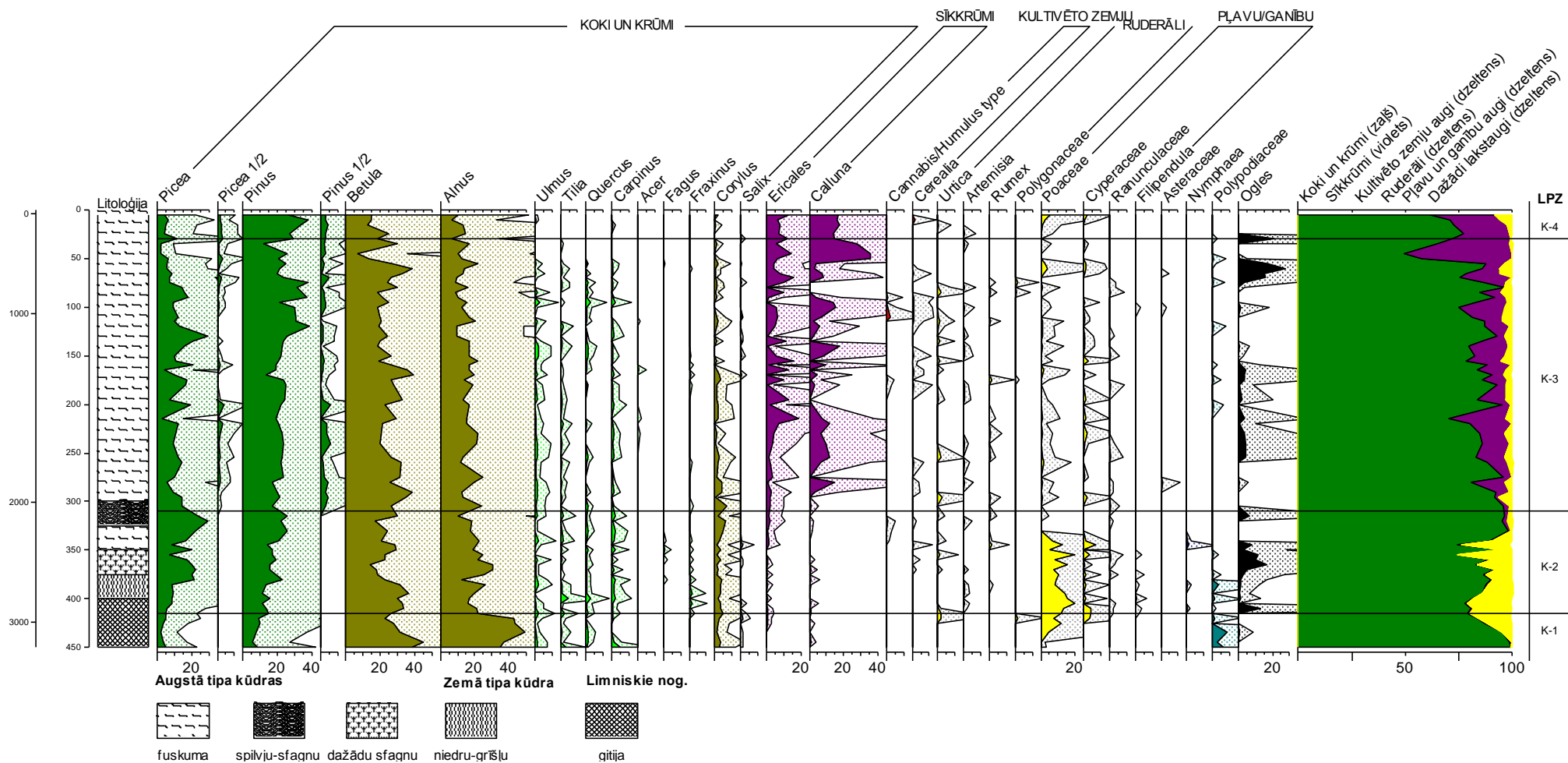
Kalna purva pamatni 4,50-5,00 m dziļumā veido karbonātsks māls (4.12.att.) ar oļiem, molusku un ostrakodu čaulām. Šī dziļuma intervāls, modelējot ¹⁴C datējumus CLAM programmā, ir noteikts kā aptuveni 3345-3900 kal.g.p.m. 4,45-4,55 m dziļumā putekšņu spektrā dominē bērzi (50%), alkšņi, konstatēti arī visu platlapju putekšņi, nelielā daudzumā sfagnu un paparžu sporas.

Virš māla 4,00-4,50 m dziļumā aptuveni pirms 3800 kal.g.p.m. sākusi uzkrāties tumši brūna, kūdraina gitija. 3,95-4,05 m dziļumā atrastas *Gelasinospora* sp. sēņu sporas, kuras visvairāk atrodamas nogulumos ar augstu ogļiņu saturu un šajā dziļumā Kalna purvā ļoti strauji pieaug ogļiņu putekļu daudzums. Iespējams, šīm sēnēm uguns klātbūtne ir nepieciešama, lai izdalītu sporas, bet ir iespējams, ka to izplatībai nepieciešami sausi apstākļi. Holocēna kūdras pētījumi liecina, ka savu maksimālo izplatību šīs sēnes sasniedz kūdrā ar ļoti augstu sadalīšanās pakāpi, kas veidojusies sausus un oligotrofos apstākļos. 4,25 m dziļumā atrasti arī *Arcella* sp. apvalciņi, kuri bieži vien acetolīzes gaitā mēdz izšķīst, visbiežāk konstatēti sfagnu kūdrā un liecina par ļoti mitriem apstākļiem.



4.12.attēls. Kalna purva austrumdaļas ģeoloģiskais šķērsgriezums
Figure 4.12. Geological cross-section of Kalna Bog sediments

Liels daudzums kladoceru atlieku konstatēts 4,25-4,35 m dziļumā, liecinot par atvērtu ūdeņu klātbūtni, kā arī nelielā daudzumā *Canthocamptus* amēbas spermatošporas, kuras norāda uz atvērtu ūdeņu klātbūtni. *Amphitrema flavum* amēbu apvalki liecina par oligotrofiem un mitriem apstākļiem. Šīs amēbas atrastas 4,00 m kūdrainā gitijā un 1,80-2,05 m dziļumā sfagnu kūdrā. Aptuveni 4,05 m dziļumā (pirms 2780 kal.g.p.m.) ievērojami pieaug sēņu atlieku koncentrācija. To sastāvā konstatētās *Gaeumannomyces* sp. (*Type 126*) aug uz *Carex paniculata* un *C. pseudocyperus*.

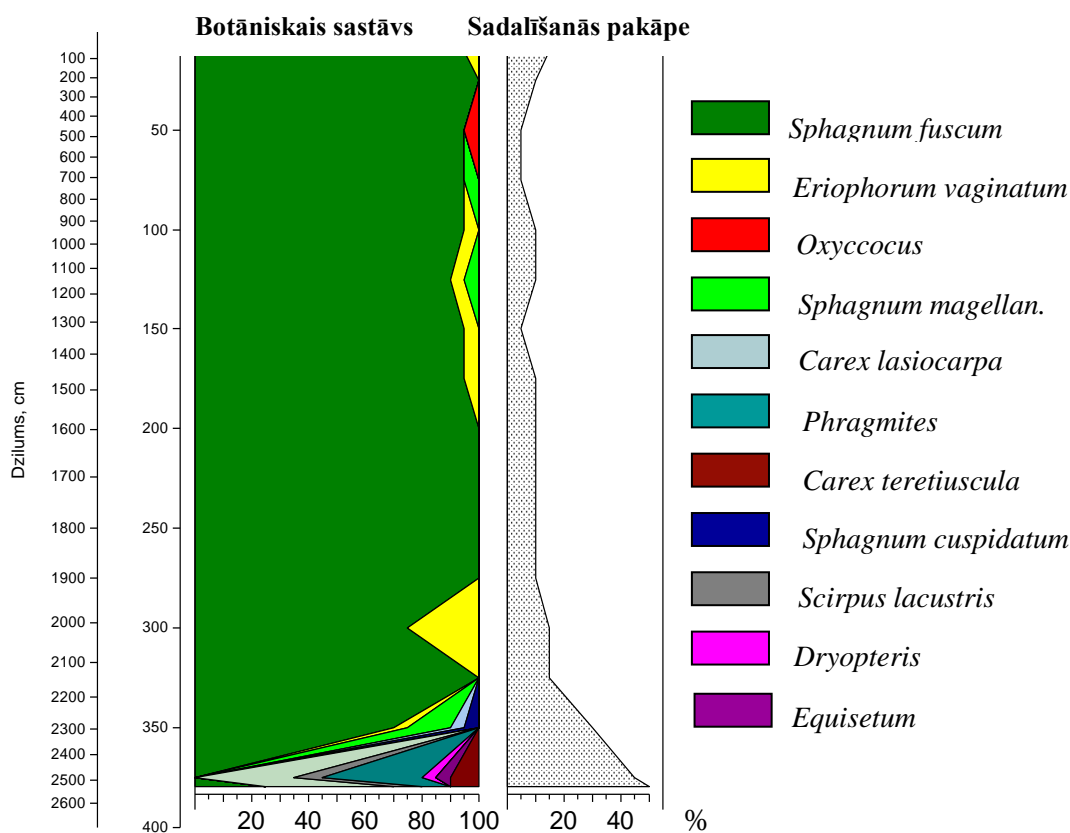


4.13. attēls. Kalna purva nogulumu sporu un putekšņu procentuālā diagramma
 Figure 4.13. Pollen percentage diagram of core „Kalna-07” deposits

Putekšņu spektrā (4.13.att.) šim dziļuma intervālam raksturīga liela alkšņu putekšņu koncentrācija, tādējādi alksnis sasniedz savu maksimumu (~ 50%). Platlapju vidū vairāk konstatēti gobas un liepas putekšņi. No lapu kokiem dominē lazda. No zālaugiem sāk pieaugt graudzāļu izplatība, perioda beigās parādās arī kultivēto zemju augu putekšņi, ko pavada arī oglīšu daudzuma palielināšanās.

Labi sadalījusies (50%) niedru-grīšļu kūdra uzkrājusies 3,75-4,00 m dziļumā pirms aptuveni 2500-2700 kal.g.p.m. Platlapju maz, pastāvīgu līkni veido ozols un goba, perioda sākumā nelielā pārsvarā atrodas liepa, taču tās līkne izsīkst. Ievērojamu daļu no kopējā putekšņu daudzuma sastāda pļavu un ganību augi, sasniedzot pat 20%, arī lakstaugi veido nepārtrauktu līkni. Samērā daudz ir kultivēto zemju augu, ruderālu līkne ir nedaudz zemāka, taču nepārtraukta. Sporaugu koncentrācija ir augsta, taču līkne svārstīga no 50-70%.

Dažādu sfagnu kūdra veidojusies 3,50-3,75 m dziļumā (4.14.att.) pirms 2300-2500 kal.g.p.m. Kūdras sadalīšanās pakāpe ir 30%. Virs tās 3,25-3,50 m dziļumā konstatēta fuskuma sfagnu kūdra (sadalīšanās pakāpe 15%) un 3,00-3,25 dziļumā spilvju-sfagnu kūdra (sadalīšanās pakāpe (15%). Šo trīs slāņu uzkrāšanās laikā apkārtnes veģetācijā dominē zālaugi, egles, alkšņi, bērzi, kā arī konstatēta maksimālā platlapju izplatība. 3,40 m dziļumā konstatētas dažās kladoceru atliekas, kā arī sēņu sporas. 3,10-3,30 m dziļumā konstatētas *Entophyctis lobata* sēņu atliekas, kuras visbiežāk sastopamas mitrā šeihcēriju (*Scheuchzeria*) kūdrā, bet sēne aug arī uz *Oxycoccus palustris*, *Polytrichum* sp. un *Erica tetralix*.



4.14.attēls. Kalna purva urbuma „Kalna-07” kūdras botāniskais sastāvs

Figure 4.14. Botanical composition of peat from core „Kalna-07”

Fuskuma sfagnu kūdra atkārtoti sākusi uzkrāties 3,00 m dziļumā pirms sākot no aptuveni 2000 kal.g.p.m. 1,80-2,90 m un 1,10, 0,70 un 0,30 m dziļumā konstatētas airkājvēžu *Canthocamptus* spermatoras (4.15.att.) un norāda uz (īslaičīgu) atvērtu ūdeņu klātbūtni. 1,75 m, 1,10 m, 0,00-0,75 m dziļumā konstatētas *Entophyctis lobata* sēņu atliekas, kuras atrodamas augstajos purvos un visbiežāk sastopamas mitrā šeihcēriju (*Scheuchzeria*) kūdrā. Sēne aug arī uz *Oxycoccus palustris*, *Polytrichum* spec. un *Erica tetralix*.



Limnozetes onondaga (710 μm)



Limnozetes onondaga
atlieka (50 μm)



Limnozetes onondaga
atlieka (70 μm)



Hyalosphenia elegans (garumā-
70 μm)



Canthocamptus
spermatoras (garumā-
45 μm)



Entophyctis lobata (30
 μm)



Glyptotendipes trīsūļods
atliekas (250 μm)



Trichothyrites sp. sēnes
daļa (150 μm)



Erodētis egles puteksnis

4.15. attēls. Kalna purva urbuma „Kalna-07” nogulumos atrastās mikroskopiskās atliekas
Figure 4.15. Microscopic remains from core „Kalna-07” deposits in Kalna Mire

Kūdras sadalīšanās pakāpe samazinās 0,50-0,80 cm dziļumā, liecinot par mitrākiem apstākļiem un ūdens līmeņa celšanos. 0,30 un 0,80 m dziļumā atrasta *Limnozetes onondaga* augšējās ērces, kas arī norāda uz ūdens līmeņa celšanos. Kanādas purvu pētījumos ievērots, ka liela daļa *Limnozetes* sugu atrastas augstajos purvos un purvu lāmās (pH 4,4–4,7) un nav konstatētas zemajos purvos (Behan-Pelletier, Bissett, 1994), kā arī dzīvo uz augiem, kas aug ezerā vai tā piekrastē (Solhoy, 2001).

Kūdras slāņa augšējā daļā 0,30 cm dziļumā atrasta hironomīdas jeb trīsuloda *Glyptotendipes* atliekas (4.15.att., 4.5.tabula). Šis hironomīds atrodams ar detritu bagātos piekrastes ūdeņos, ezeros un mazās ūdenskrātuvēs (Ashe, Cranston, 1991).

Putekšņu spektrā 0,70 m dziļumā strauji pieaug bērzu putekšņu un oglišu daudzums. Tad 0,50 m dziļumā bērzu līkne strauji krīt un pieaug viršu putekšņu daudzums, sasniedzot pat 35%, liecinot par sausiem apstākļiem purvā. Taču jau 0,40 m dziļumā bērzu putekšņu līkne atkal pieaug un strauji samazinās viršu putekšņu daudzums, kas kopā ar *Limnozetes onondaga* ērcītēm liecina par ļoti mitriem apstākļiem purvā. Šo pazīmju kopums, iespējams, ļauj atpazīt klimata pavēsināšanos un tādejādi Mazo ledus laikmetu

No putekšņiem dominē priedes, bērzi, sastopami arī platlapju putekšņi, ievērojams daudzums viršu un vistenes putekšņu daudzums, kā arī visā intervālā konstatēts ievērojams oglišu daudzums, kas kopā ar kultivēto zemju augiem norāda uz intensīvu cilvēka darbību.

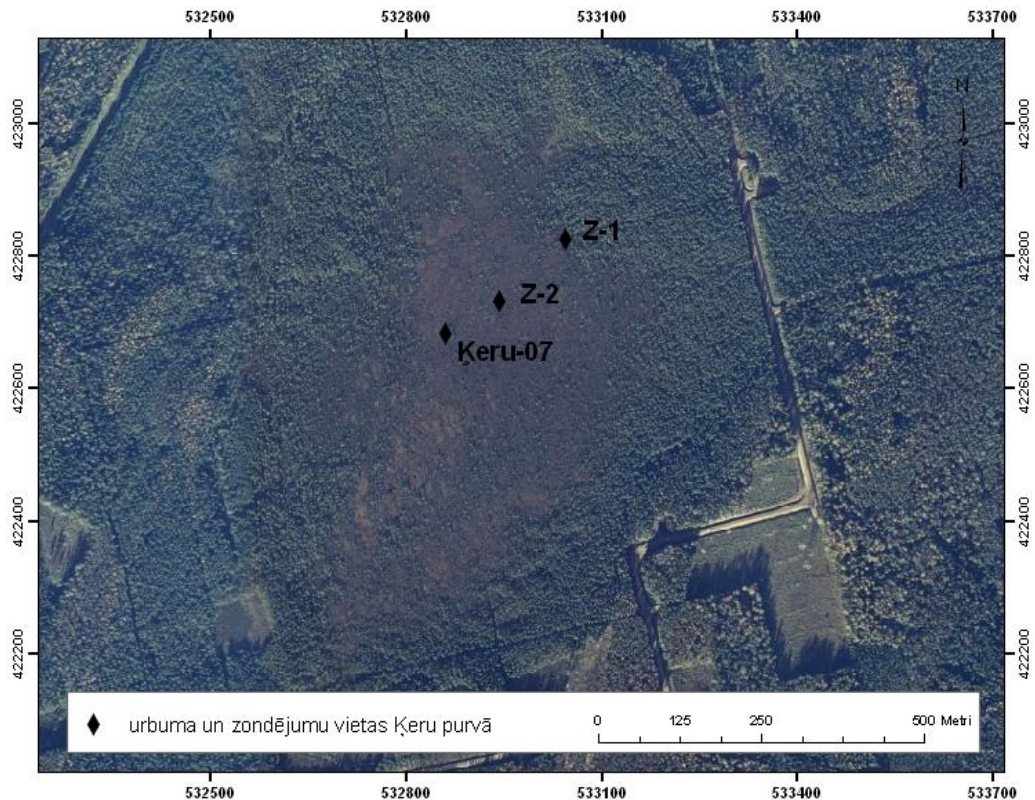
Fuskuma sfagnu kūdras slāņa augšējā daļā 0,00-0,30 m konstatēts ievērojams priežu putekšņu daudzuma pieaugums, viršu un vistenes putekšņu daudzuma samazināšanās, kā arī graudzāļu putekšņu procentuālo vērtību pieaugums. Kalna purva rezultāti apkopoti, un to interpretācija apkopota 4.5.tabulā.

4.5. tabula. Kalna purva attīstības un nogulumu uzkrāšanās apstākļu raksturojums
Table 4.5. Characteristics of Kalna Mire development and deposit accumulation conditions

kal.g. p.m.	Dziļums, m, kūdras tips un botāniskais sastāvs (sadal.pakāpe, %)	Putekšņu zonas un to raksturojums	Citas apzinātās mikroskopiskas atliekas	Kalnu purva attīstība un nogulumu veidošanās apstākļu rekonstrukcija			
0	0,00-3,00 m Augstā tipa fuskuma sfagnu kūdra (10%)	(K-7) Dominē priedes (35%), sīkrūmi (25%), bērzs (15-25%) pazūd platlapju putekšņi.	Atrastas <i>Entophycitis lobata</i> atliekas.	Mūsdienām līdzīgi apstākļi, kur ainavā dominē virši un priedes un sūnas.			
100			<i>Limnozetes onondaga</i> augsnes ērce, kas arī norāda uz ūdens	Klimatisko apstākļu pasliktināšanās un, iespējams, Mazais ledus laikmets.			
200			(K-6) Bērzi 30%, virši 17%.		līmeņa celšanās un lāmu klātbūtni. <i>Entophycitis lobata</i> .		
300		(K-5) bērzu līkne strauji krīt (10%) pieaug viršu putekšņu daudzums (40%).	Atrastas <i>Entophycitis lobata</i> atliekas.				
400			(K-4) Strauji pieaug bērzu putekšņu daudzums 40%, ogļišu putekļi.		<i>Canthocamptus</i> amēbas spermatosporas, <i>Entophycitis lobata</i> sēņu atliekas, <i>Limnozetes onondaga</i> .		
500		0,00-3,00 m Augstā tipa fuskuma sfagnu kūdra (10%)	(K-3) Dominē sīkrūmi (virši un citi Ēriku dzimtas augi) putekšņi, no kokiem priede 10-40%, bērzs 20-40%, egle 5-30%, joprojām nelielā daudzumā sastopami arī platlapju putekšņi. Nepārtraukti līkni sāk veidot erodētie egles un priedes putekšņi.	<i>Limnozetes onondaga</i> augsnes ērcīte.	Augstā tipa purvs ar ciņiem un lāmām un mainīgu ūdens līmeni. Erodētie putekšņi, iespējams, norāda uz tsilaicīgiem un ļoti sausiem apstākļiem.		
600				Ne amēbas, ne sēnes nav atrastas.			
700				<i>Canthocamptus</i> spermatosporas, <i>Entophycitis lobata</i> .			
800				<i>Amphitrema flavum</i> amēbu apvalki liecina par oligotrofiem un mitriem apstākļiem, <i>Entophycitis lobata</i> sēņu atliekas, minerālu graudiņi.			
900						<i>Canthocamptus</i> spermatosporas, kuras norāda uz atklātu ūdeņu klātbūtni.	
1000							
1100				<i>Entophycitis lobata</i> sēņu atliekas visbiežāk sastopamas mitrā šeihcērijū (<i>Scheuchzeria</i>) kūdrā, bet sēne aug arī uz <i>Oxycoccus palustris</i> , <i>Polytrichum spec.</i> un <i>Erica tetralix</i> .			
1200							
1300				(K-2) Graudzāles 15-20%, egle 15-30%, priede 15-25%, bērzs 15-35%, lazda 5%, nedaudz platlapji, nenoturīgas līknes sāk veidot viršu un melnās vistenes putekšņu līknes, kā arī kultivēto augu putekšņu līknes, palielinās ogļišu putekļu daudzums.		Konstatētas <i>Type 10</i> sēnes hlamidosporas, kas aug uz viršu saknītēm.	Sāk veidoties pārejas tipa purvs. Sēņu atliekas liecina par lokāli sausiem apstākļiem augstā tipa kūdrā.
1400						<i>Gelasinospora</i> sp. sēņu sporas, kuras visvairāk atrodamas nogulumos ar augstu ogļišu saturu.	Ūdens līmenis pazeminās, sāk veidoties zemā tipa purvs, kurā uzkrājas niedru-grīšļu kūdra. Konstatēta intensīvāka cilvēka darbība, lauksaimniecības un zemkopības attīstība.
1500		Atrastas <i>Gaeumannomyces</i> sp., liecinot par grīšļu klātbūtni purvā.					
1600		4,00-4,50 m Gitija, kūdraina, tumši brūna	(K-1) Zonas apakšdaļā dominē bērza putekšņi 45%, pēc tam alkšņi 50%, goba, ozols, skābardis, liepa 1-5%, lazda 5%, egle 5%, priede 10-15%, graudzāles ~10%, paparžu sporas.	Lielā daudzumā kladoceru atliekas, liecinot par atvērtu ūdeņu klātbūtni, kā arī nelielā daudzumā <i>Canthocamptus</i> airkājvēžu spermatosporas, kuras arī norāda uz atklātu ūdeņu klātbūtni. Arī atrastie <i>Arcella</i> sp. amēbu apvalciņi liecina par ļoti mitriem apstākļiem.	Aizaugusi ūdenstilpe, kura sāk pārpurvoties.		
1700				Sēkla ūdenstilpe.			
1800							
1900							
2000							
2100	3,00-3,25 m Augstā tipa spilvju-sfagnu kūdra (15%)	(K-2) Graudzāles 15-20%, egle 15-30%, priede 15-25%, bērzs 15-35%, lazda 5%, nedaudz platlapji, nenoturīgas līknes sāk veidot viršu un melnās vistenes putekšņu līknes, kā arī kultivēto augu putekšņu līknes, palielinās ogļišu putekļu daudzums.	Sēkla ūdenstilpe.				
2200	3,25-3,50 m Augstā tipa fuskuma sfagnu kūdra (15%)						
2300	3,50-3,75 m Pārejas tipa dažādu sfagnu kūdra (30%)	(K-2) Graudzāles 15-20%, egle 15-30%, priede 15-25%, bērzs 15-35%, lazda 5%, nedaudz platlapji, nenoturīgas līknes sāk veidot viršu un melnās vistenes putekšņu līknes, kā arī kultivēto augu putekšņu līknes, palielinās ogļišu putekļu daudzums.	Sēkla ūdenstilpe.				
2400	3,75-4,00 m Zemā tipa niedru-grīšļu kūdra (45%)						
2500		4,00-4,50 m Gitija, kūdraina, tumši brūna	(K-1) Zonas apakšdaļā dominē bērza putekšņi 45%, pēc tam alkšņi 50%, goba, ozols, skābardis, liepa 1-5%, lazda 5%, egle 5%, priede 10-15%, graudzāles ~10%, paparžu sporas.	Sēkla ūdenstilpe.			
2600							
2700	4,50-5,25 m Māls ar saldūdens kaļķiezi, oļiem un gliemežvāku atlūzām	(K-1) Zonas apakšdaļā dominē bērza putekšņi 45%, pēc tam alkšņi 50%, goba, ozols, skābardis, liepa 1-5%, lazda 5%, egle 5%, priede 10-15%, graudzāles ~10%, paparžu sporas.	Sēkla ūdenstilpe.				
2800							
2900	4,50-5,25 m Māls ar saldūdens kaļķiezi, oļiem un gliemežvāku atlūzām	(K-1) Zonas apakšdaļā dominē bērza putekšņi 45%, pēc tam alkšņi 50%, goba, ozols, skābardis, liepa 1-5%, lazda 5%, egle 5%, priede 10-15%, graudzāles ~10%, paparžu sporas.	Sēkla ūdenstilpe.				
3000							
3100	4,50-5,25 m Māls ar saldūdens kaļķiezi, oļiem un gliemežvāku atlūzām	(K-1) Zonas apakšdaļā dominē bērza putekšņi 45%, pēc tam alkšņi 50%, goba, ozols, skābardis, liepa 1-5%, lazda 5%, egle 5%, priede 10-15%, graudzāles ~10%, paparžu sporas.	Sēkla ūdenstilpe.				
3200							
3300	4,50-5,25 m Māls ar saldūdens kaļķiezi, oļiem un gliemežvāku atlūzām	(K-1) Zonas apakšdaļā dominē bērza putekšņi 45%, pēc tam alkšņi 50%, goba, ozols, skābardis, liepa 1-5%, lazda 5%, egle 5%, priede 10-15%, graudzāles ~10%, paparžu sporas.	Sēkla ūdenstilpe.				
3400							
3500	4,50-5,25 m Māls ar saldūdens kaļķiezi, oļiem un gliemežvāku atlūzām	(K-1) Zonas apakšdaļā dominē bērza putekšņi 45%, pēc tam alkšņi 50%, goba, ozols, skābardis, liepa 1-5%, lazda 5%, egle 5%, priede 10-15%, graudzāles ~10%, paparžu sporas.	Sēkla ūdenstilpe.				

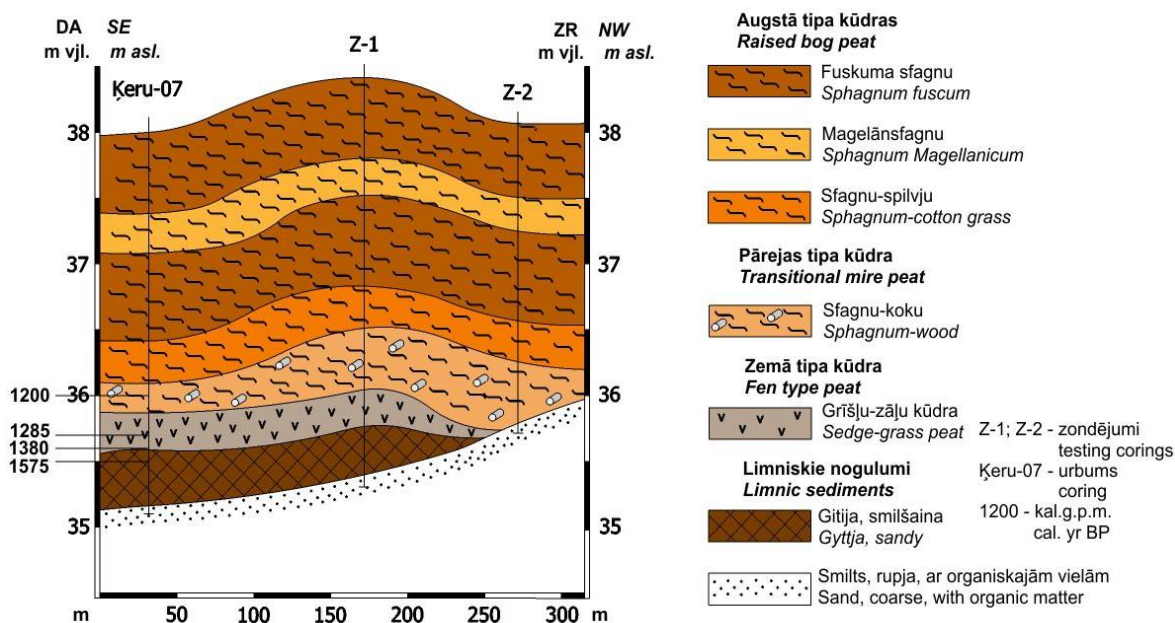
4.4. Ķeru purvs

Ķeru purvā zondējumi tika veikti 3 vietās ZA daļā (4.16. att.). Neskatoties uz to, ka purvā daudzviet ir nepārejamās lāmas, kas zināmā mērā norāda uz to, ka šajās vietās kūdras slāņi varētu būt plīsuši, tomēr, rūpīgi novērtējot zondējumos iegūtos rezultātus, netika konstatēti slāņu pārrāvumi, un arī robežas starp dažāda botāniskā sastāva slāņiem bija pakāpeniskas, kas liecina, ka šīs izmaiņas notikušas vides apstākļu izmaiņu rezultātā (Kalniņa et al., 2008). Pēc veiktā urbuma un zondējumu datiem sagatavots Ķeru purva pētītās daļas nogulumu šķērsgriezums (4.17.att.).



4.16. attēls. Veikto zondējumu (Z-1; Z-2) un urbuma Ķeru-07 vieta Ķeru purvā
Figure 4.16. Location of testing corings (Z-1; Z-2) and coring Ķeru-07 in Ķeru Mire

Veicot zondēšanu un urbšanu, visbiezākais kūdras slānis un daudzveidīgākie nogulumi konstatēti urbumā, kurā iegūta nogulumu serde detāliem pētījumiem (4.17. att.). Konstatēts, ka Ķeru purva ieplakas gultne pētītās teritorijas daļā ir salīdzinoši līdzena, un nogulumu uzkrāšanās ir bijusi līdzīga visā purva ieplakā. Tās dziļākajā daļā virs rupjas smilts ar organiskajām vielām ir uzkrājusies tumši brūna smilšaina gitija ar augu atliekām un smalkas smilts starpslānīšiem (1-0,5 cm), kas liecina par mainīgiem apstākļiem šīs seklās ūdenstilpes hidroloģiskajā režīmā un aizaugšanas sākumu, ko pēc dziļuma vecuma modeļa var noteikt apmēram pirms apmēram 1900 kal.g.p.m.



4.17. attēls. Ķeru purva ģeoloģiskais griezum
 Figure 4.17. Geological cross-section of Ķeru Mire

Paraugi datējumiem ¹⁴C datējumiem (4.6. tabula) tika ņemti 4 dziļumos. Vecākais datējums uzrāda aptuveni 1590 kal.g.p.m., jaunākais 1070 kal.g.p.m. Nogulumu ¹⁴C datējumi tika kalibrēti CLAM programmā.

4.6. tabula. Informācija par Ķeru purva nogulumu datētajiem paraugiem
 Table 4.6. Information about dated samples from Ķeru Mire deposits

Dziļums, m	Lab. Kods, parauga Nr.	Vecums, ¹⁴ C	Kal.g.p.m.
2,10-2,20	Tln3044	1186+-70 BP	1160-1240
2,20-2,30	Tln3045	1264+-55 BP	1240-1330
2,30-2,40	Tln3046	1698+-60 BP	1330-1430
2,40-2,50	Tln3047	1587+-55 BP	1430-1520

Kūdras uzkrāšanās intensitāte Ķeru purva ieplakā, kā to rāda, uz ¹⁴C datējumi balstītais dziļuma-vecuma modelis, kopumā ir bijusi vienmērīga, tomēr pēdējos 1000 gados tā ir bijusi straujāka.

Ķeru purva sporu-putekšņu diagramma atspoguļo veģetācijas sastāva un līdz ar to arī klimatisko apstākļu izmaiņas vēlajā holocēnā organogēno nogulumu uzkrāšanās laikā pirms 1800 gadiem līdz mūsdienām. Putekšņu diagrammā atpazīstami 3 aukstuma periodi: 1450-1650 kal.g.p.m., 400-550 kal.g.p.m. un 250-320 kal.g.p.m. Tos raksturo bērzu un lakstaugu putekšņu līkņu kāpumi dziļuma intervālos, kur nogulumus veido vāji sadalījusies kūdra.

Konstatēts, ka Ķeru purva ieplakas gultne pētītās teritorijas daļā ir salīdzinoši līdzena, un nogulumu uzkrāšanās ir bijusi līdzīga. Ieplakas dziļākajā daļā 2,75-3,00 m dziļumā pirms aptuveni 1980 kal.g.p.m. uzkrājusies rupja smilts ar organiskajām vielām, virs kuras 2,40-2,75 m dziļumā pirms aptuveni 1750-1430 kal.g.p.m. ir uzkrājusies tumši

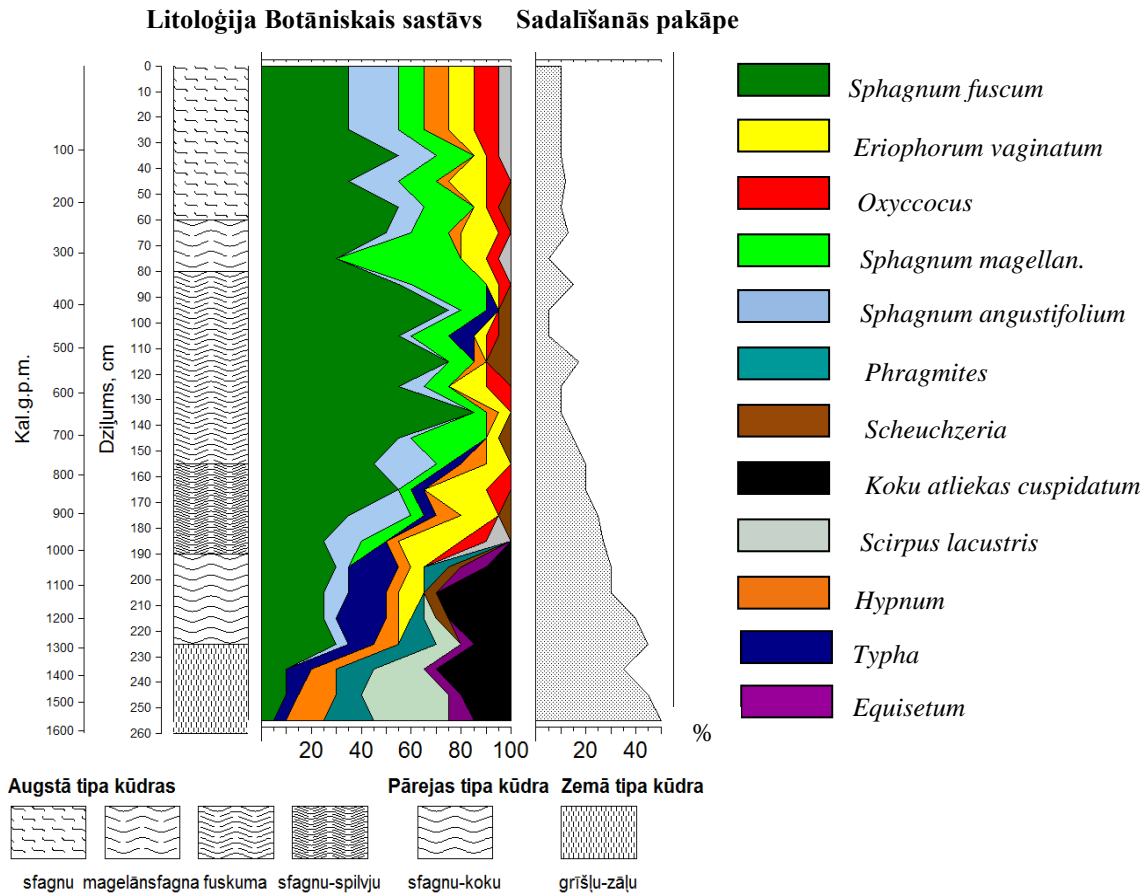
brūna smilšaina gitija ar augu atliekām un smalkas smilts starpslāņiem (1-0,5 cm), kas liecina par mainīgiem apstākļiem šīs seklās ūdenstilpes hidroloģiskajā režīmā un aizaugšanas sākumu. Šim dziļuma intervālam atbilst KR-1 un KR-2 zonas (4.18) apakšējā daļa. KR-1 zona nodalīta griezumā intervālā 2,60-2,75 m, un šajā zonā augstas vērtības sasniedz bērzu, alkšņu un lazdas putekšņi. Lazdas un alkšņa putekšņi zonas augšējā daļā pakāpeniski samazinās, tādējādi norādot uz augšanas apstākļu pasliktināšanos. Visā izdalītajā intervālā novērojama vienmērīga liepas līkne, kas sasniedz maksimumu visā griezumā. Nepārtraukta un salīdzinoši augsta liepas līkne parasti nav raksturīga šī laika (1650-1800 kal.g.p.m.) putekšņu sastāvam un norāda uz lokālu veģetācijas raksturu. Griezumā apakšējās daļas putekšņu spektros no sporaugiem sastopamas saldsaknīšu sporas, kā arī ūdensaugu putekšņi, kuru klātbūtne norāda uz ūdenstilpes eksistenci ieplakā. Griezumā augstāk nodalīto KR-2 putekšņu zonu dziļuma intervālā 2,25-2,60 m raksturo augsta bērza un lakstaugu putekšņu līkne, kuru galvenokārt veido grīšļu, balandu un krustziežu dzimtu augu putekšņi. Šāds putekšņu spektra sastāvs norāda uz klimatisko apstākļu pasliktināšanos un, iespējams, uz aukstuma epizodi, kas notikusi pirms 1450 līdz 1650 gadiem.

Aptuveni pirms 1300-1430 kal.g.p.m. dziļuma intervālā 2,25-2,40 m virs gitijas uzkrājusies, labi sadalījusies (30-40%) zemā tipa grīšļu-zāļu kūdra ar gitijas starpslāņiem (5.9. tabula), kas liecina par to, ka ūdenstilpē tās aizaugšanas laikā ir bijuši mainīgi mitruma apstākļi un ūdens līmenis, kā rezultātā aizaugušās ūdenstilpes teritorijā atsevišķos laika posmos ūdens ir pārsedzis zemā tipa kūdras slāni un, mainoties vides apstākļiem, virs kūdras ir uzkrājies plāns (1-2 cm) kūdrainas gitijas slānītis. Taču grīšļu-zāļu kūdras salīdzinoši augstā sadalīšanās pakāpe liecina par to, ka pārsvarā ir bijuši sausa klimata apstākļi, kad gruntsūdens līmenis ir bijis zems un atmirušie augi varēja labi sadalīties. Šo dziļuma intervālu raksturo jau iepriekš aprakstītā KR-2 putekšņu zona.

Griezumā augstāk 1,90-2,25 m dziļumā pirms 1000-1300 kal.g.p.m. uzkrājusies labi sadalījusies (25-35%) tumši brūna pārejas tipa sfagnu-koku kūdra. Šo dziļuma intervālu raksturo KR-3 putekšņu zonas (ietver intervālu 2,05-2,4 m) apakšējā daļa, kuras putekšņu spektrā palielinās sīkkrūmu putekšņu daudzums, kā arī strauji pieaug sfagnu sporu daudzums, ievērojami samazinās paparžu sporu daudzums. Joprojām stabili līkni veido grīšļu putekšņu līkne. 1,95 m dziļumā priedes putekšņu daudzums sasniedz savu pirmo maksimumu (45%).

Dziļuma intervālā 1,55-1,90 m pirms 770-1000 kal.g.p.m. uzkrājusies augstā tipa sfagnu-spilvju kūdra ar gaišāku un tumšāku brūnu slānīšu miju. Kūdra minētajā intervālā ir mazāk sadalījusies kā zemāk iegulošā pārejas tipa, un tās sadalīšanās pakāpe ir vidēja (15-20%). Kūdras slānīšu botāniskais sastāvs ir ļoti līdzīgs. To sastāvā ir dažādi sfagni (*Sphagnum fuscum*, *Sph. Magellanicum*, *Sph. cuspidatum* un *Sph. angustifolium*), tomēr gaišākajos slānīšos ir konstatētas dzērveņu saknīšu atliekas, bet tumšākajos - hipnu sūnas (5. 22. attēls), kā arī jāatzīmē arī tas, ka hipnu sūnas saturošie slānīši parasti ir nedaudz (par 5%) sadalījušies nekā tie, kuros to nav vai arī mazāk par 5%. Šim dziļuma intervālam atbilst KR-4 putekšņu zona un KR-5 zonas apakšējā daļa. Putekšņu zonu KR-4 (2,05-1,65 m) raksturo egles putekšņu maksimums, kā arī ozola un grīšļu putekšņu līknes kāpums un sfagnu sporu daudzuma samazināšanās. Neliels putekšņu līknes kritums raksturīgs bērzu un alkšņu putekšņu līknēm, bet platlapju-gobas, liepas un ozola putekšņi veido

nepārtrauktas līknes. Raksturotie putekšņu spektri liecina par klimata uzlabošanos pirms 800 līdz 1000 gadiem. 1,65 m dziļumā novērojama maksimālā ogļiņu koncentrācija, pēc kuras strauji samazinās egles un platlapju putekšņu daudzums.

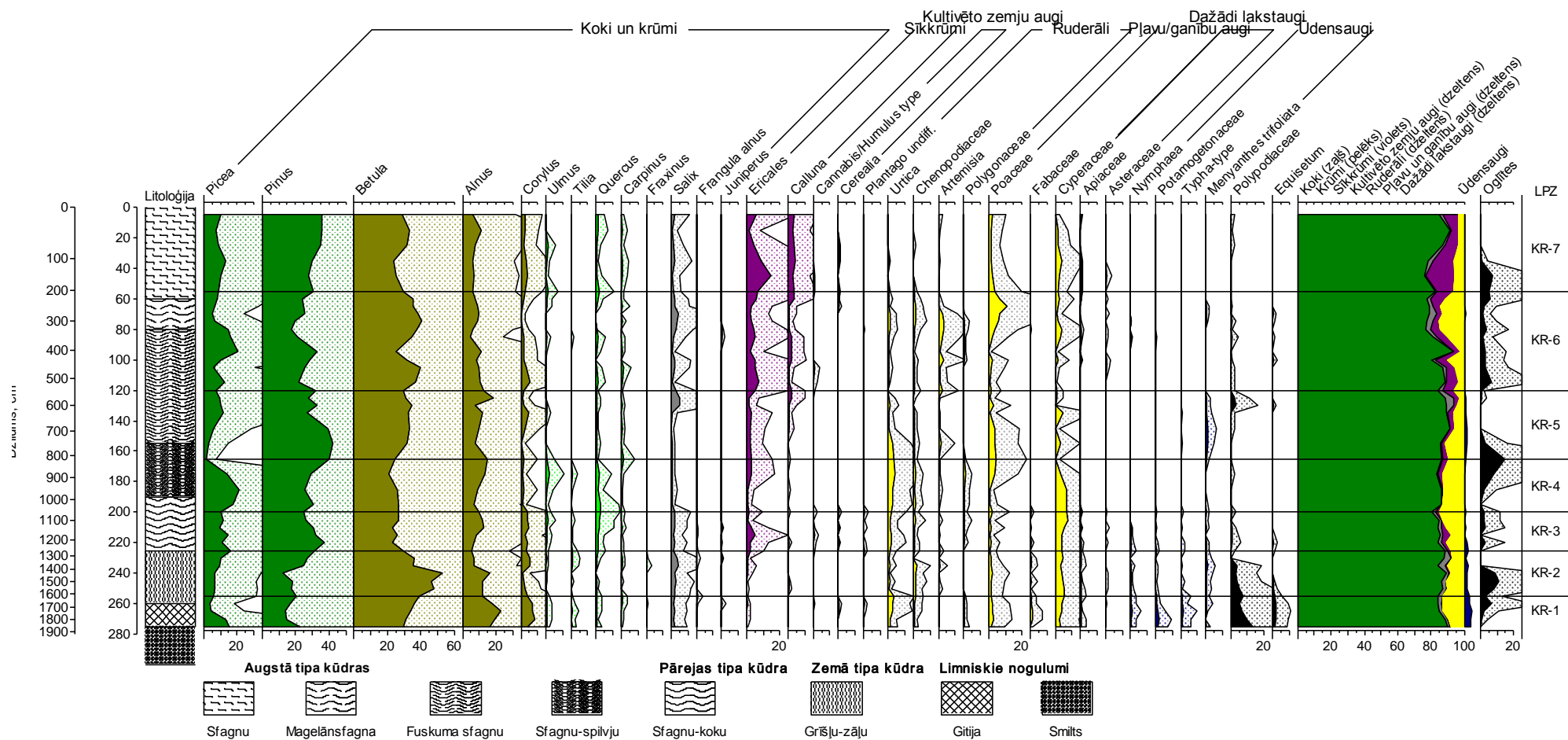


4.18. attēls. Ķeru purva urbuma „Ķeru-07” kūdras botāniskā sastāva un sadalīšanās pakāpes analīzes rezultāti

Figure 4.18. Results of Ķeru Mire peat botanical composition and decomposition degree analyses from core „Ķeru-07”

Ķeru purva augšējo 1,55 m biezo nogulumu slāni veido gaiši brūna sfagnu kūdra. Dziļuma intervālā no 0,80-1,55 m pirms 330-770 kal.g.p.m. dominē brūnā sfagna (*Sphagnum fuscum*) atliekas. Šim dziļuma intervālam putekšņu diagrammā atbilst KR-5 putekšņu zona (1,20-1,65 m), kurā novērojams priedes un bērza, kā arī graudzāļu putekšņu līknes kāpums un platlapju putekšņu līknes kritums, kas norāda uz vēsāku klimatu salīdzinājumā ar iepriekšējā intervāla nogulumu veidošanos apstākļiem.

Dziļuma intervālā 0,60-0,80 m laikā pirms 230-330 kal.g.p.m. sfagnu kūdrā dominē Magelāna sfagna atliekas. Kūdras sadalīšanās pakāpe mainās no 5% līdz 10%. Šis maz sadalījies Magelānsfagna kūdras slānis ir veidojies laikā no 290 līdz 300 gadiem, iespējams, Mazā ledus laikmeta apstākļos.



4.18. attēls. ̅eru purva urbuma „̅eru-07” nogulumu sporu un putekšņu procentuālā diagramma

Figure 4.18. Pollen percentage diagram of core ̅eru-07 deposits in ̅eru Mire

4.7. tabula. Ķeru purva attīstības un nogulumu uzkrāšanās apstākļu raksturojums
Table 4.7. Reconstruction of Ķeru Bog development and deposit accumulation conditions

kal.g.p. m.	Dziļums, m, kūdras tips un botāniskais sastāvs (sadalkāpe, %)	Putekšņu zonas un to raksturojums	Ķeru purva attīstība un nogulumu veidošanās apstākļu rekonstrukcija
0	(0,00-0,60 m) Augstā tipa sfagnu kūdra (5-10%)	(KR-7) Priedes un bērza, graudzāļu un viršu putekšņu līknes kāpums un platlapju putekšņu līknes kritums.	Turpina veidoties augstā tipa purvs, viršu putekšņu līknes kāpums liecina par sausākiem apstākļiem purvā jau pirms 200 kal.g.p.m.
500	(0,60-0,80 m) Augstā tipa Magelānsfagna kūdra (5-10%)	(KR-6) Pieaug egles putekšņu daudzums, bet samazinās bērza putekšņu daudzums.	Aptuveni pirms 400-550 kal.g.p.m. klimats vēl vairāk turpina pasliktināties šī intervāla, ko iespējams, var attiecināt uz Mazā ledus laikmeta pirmo pusi. Īslaicīgu klimata uzlabošanos pirms 350-420 gadiem. T.o., nomaina vēsāks klimats 250-320 kal. g. p.m., kas, iespējams, attiecināms uz Mazā ledus laikmeta otro pusi.
	(0,80-1,55 m) Augstā tipa fuskuma kūdra (5%)		
1000	(1,55-1,90 m) Augstā tipa spilvju-sfagnu kūdra (15-20%)	KR-5 Priedes un bērza, kā arī graudzāļu putekšņu līknes kāpums un platlapju putekšņu līknes kritums.	Klimats kļūst vēsāks salīdzinājumā ar iepriekšējā intervāla nogulumu veidošanos apstākļiem.
	(1,90 - 2,25 m) Pārejas tipa sfagnu.-koku kūdra (25-35%)	KR-4 egles putekšņu maksimums, ozola un grīšļu putekšņu līknes kāpums un sfagnu sporu daudzuma samazināšanās. Bērzu un alkšņu putekšņu līkņu kritums, platlapju – gobas, liepas un ozola putekšņi veido nepārtrauktas līknes. 1,65 m dziļumā maksimālā ogļīšu koncentrācija, pēc kuras strauji samazinās egles un platlapju putekšņu daudzums.	Raksturotie putekšņu spektri liecina par klimata uzlabošanos pirms 800 līdz 1000 gadiem, sāk veidoties augstais purvs.
	(2,25-2,40 m) Zemā tipa grīšļu-zāļu kūdra (35-40%)	KR-3 Palielinās sīkrūmu putekšņu daudzums, kā arī strauji pieaug sfagnu sporu daudzums, ievērojami samazinās paparžu sporu daudzums. Joprojām stabili līkni veido grīšļu putekšņu līkne. 1,95 m dziļumā priedes putekšņu daudzums sasniedz savu pirmo maksimumu (45%).	Mainīgi mitruma apstākļi, kā rezultātā aizaugušās ūdenstilpes teritorijā atsevišķos laika posmos ūdens ir pārsēdis zemā tipa kūdras slāni, un mainoties vides apstākļiem, virs kūdras ir uzkrājis plāns (1-2 cm) kūdrainas gītijas slānītis. Taču grīšļu-zāļu kūdras salīdzinoši augstā sadalīšanās pakāpe liecina par to, ka pārsvarā ir bijuši sausa klimata apstākļi, kad gruntsūdens līmenis ir bijis zems un augi varēja labi sadalīties.
1500	(2,40-2,75 m) gītijā	KR-2 augsta bērza un lakstaugu putekšņu līkne.	Klimatisko apstākļu pasliktināšanās un, iespējams, aukstuma epizode pirms 1450 līdz 1650 kal.g.p.m.
2000		KR-1 Augstas vērtības sasniedz bērzu, alkšņu un lazdas putekšņi. Lazdas un alkšņa putekšņu zonas augšējā daļā pakāpeniski samazinās. Visā izdalītajā intervālā novērojama vienmērīga liepas līkne, kas sasniedz maksimumu visā griezumā. Griezumā apakšējās daļas putekšņu spektros no sporaugiem sastopamas saldskānīšu sporas, kā arī ūdensaugu putekšņi.	Silts un mitrs klimats, ūdenstilpe turpina aizaugt.
2500			Mainīgi apstākļi ūdenstilpes hidroloģiskajā režīmā un ūdenstilpes aizaugšanas sākums.
	(2,75-3,00 m) smilts		

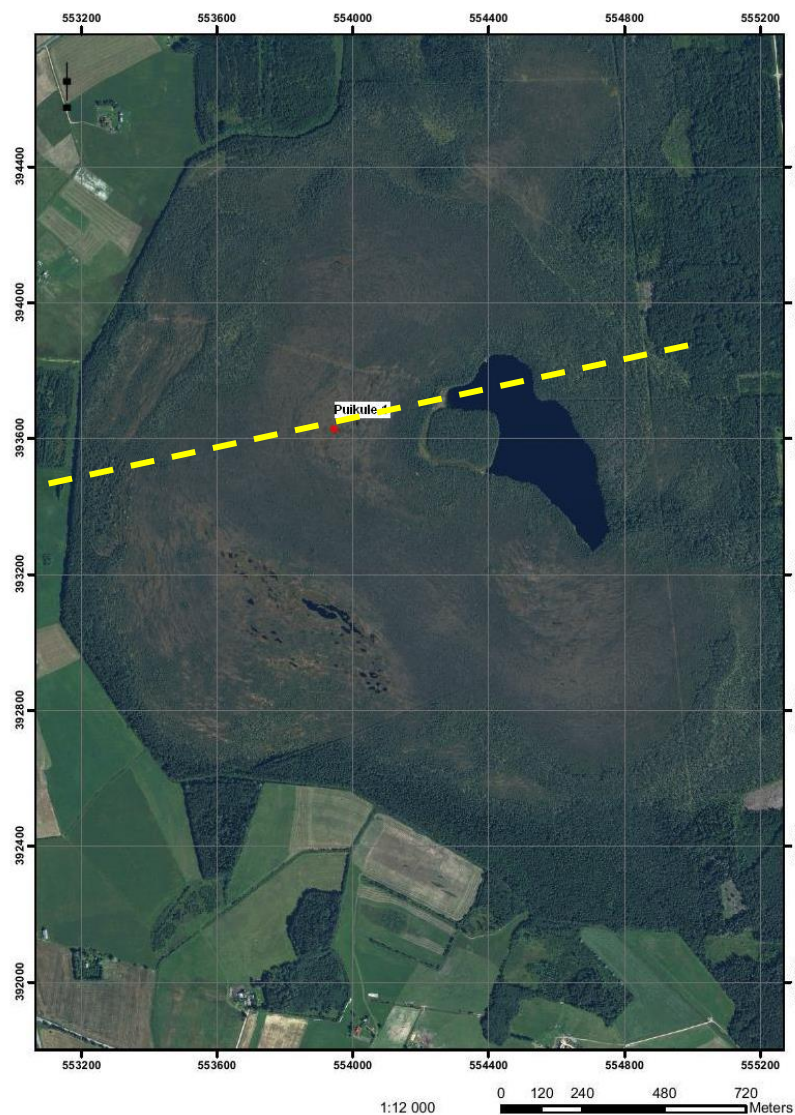
Kā to var spriest pēc putekšņu spektriem KR-6 zonā (0,55-1,20 m) aptuveni pirms 400-550 kal.g.p.m. klimats vēl vairāk turpina pasliktināties šī intervāla, ko veido vāji sadalījusies fuskuma jeb brūnā sfagna kūdra uzkrāšanās, laikā, ko, iespējams, var attiecināt uz Mazā ledus laikmeta pirmo pusi. Putekšņu spektrā novērojama egles, kā arī neliels ozola un skābarža putekšņu līknes kāpums un bērza putekšņu līknes kritums norāda uz īslaicīgu klimata uzlabošanos pirms 350-420 gadiem. To, kā liecina bērza un lakstaugu putekšņu būtisks pieaugums un vājāk sadalījusies Magelānsfagna un dažādu sfagnu kūdra (<5%), nomaina vēsāks klimats, kas, ņemot vērā iepriekš minēto un nogulumu vecumu (250-320 kal.g.p.m.), attiecināms uz Mazā ledus laikmeta otro pusi.

0,00-0,60 m dziļumā uzkrājusies brūna augstā tipa sfagnu kūdra vāji (5-10%) sadalījusies. Šai zonai atbilst KR-7 zona, kura izdalīta intervālā 0,05-0,50 m, kur uzkrājusies gaiši brūna, vāji sadalījusies sfagnu kūdra. Zonā vērojams egles kritums, kā arī priedes, bērza un alkšņu putekšņu daudzuma palielināšanās un viršu putekšņu daudzuma samazināšanās.

Ņemot vērā veikto analīžu rezultātus, izveidota apkopjoša tabula, kurā sniegta arī purva iespējamā attīstības gaita (4.7.tabula)

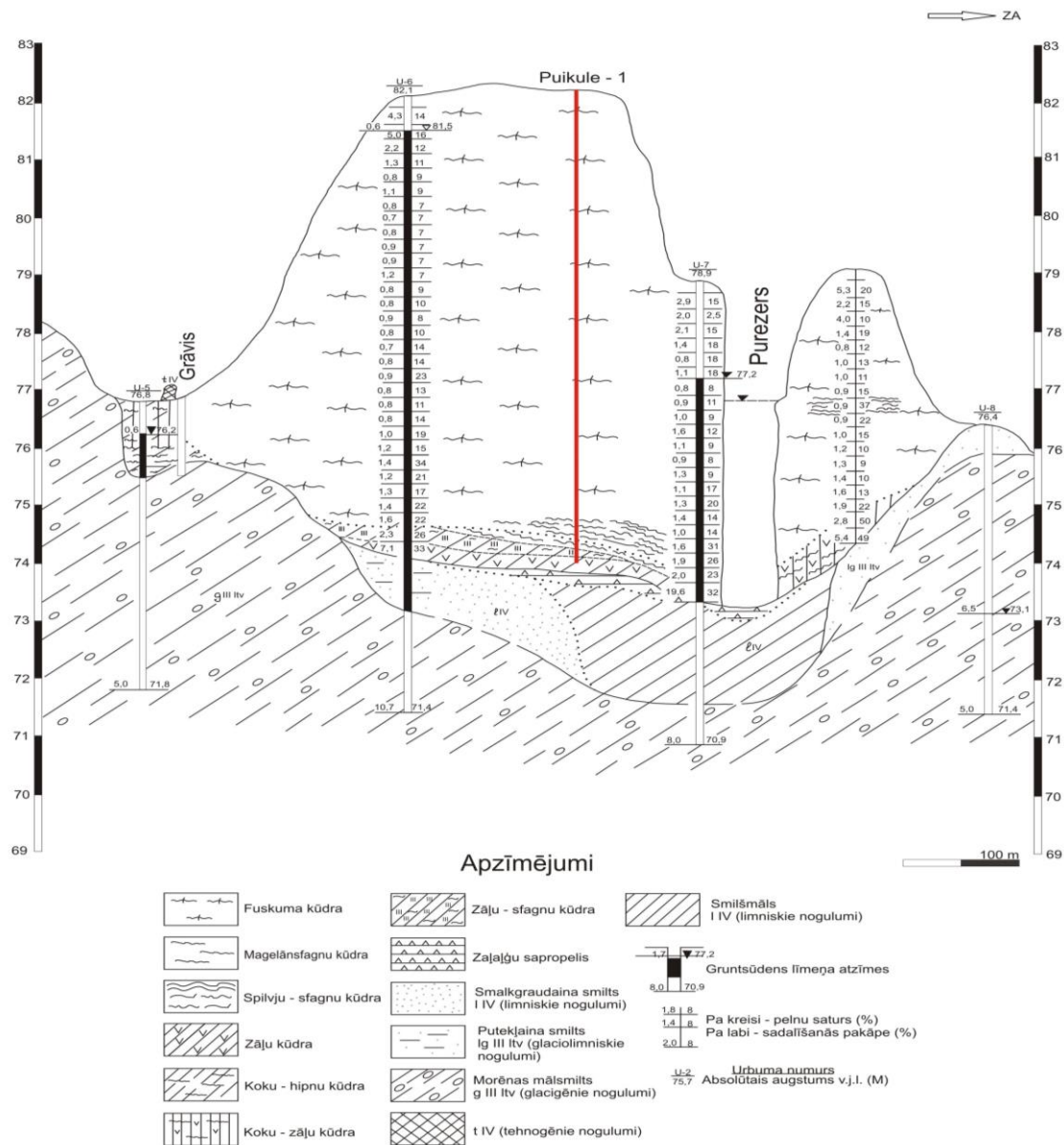
4.5. Puikules purvs

Puikules purvā tika veikti vairāki zondējumi, lai atrastu vietu, kur ir uzkrājusies gan gitija, gan pēc iespējas daudzveidīgāka kūdra, jo tas ļautu gan pēc nogulumu sastāva un pēc tajos esošajām paleoekoloģiskajām liecībām spriest par vides izmaiņām nogulumu uzkrāšanās gaitā. Tāpat bija svarīgi, lai urbums būtu purva kupola augstākajā daļā, kur kūdras slāņi ir mazāk traucēti. Tā kā bija plānots izmantot arī iepriekšējo pētījumu materiālus, tad bija svarīgi urbuma vietu izvēlēties uz jau agrāko pētījumu profila līnijas (Vetreņņikovs, Golubevs, 1989). Piemērota vieta urbumam tika izvēlēta uz kupola, kas atrodas uz profila līnijas rietumos no Puikules ezera (4.19. attēls), kur zondējumos tika konstatēts, ka nogulumu slāņi nav sajaukti.



4.19. attēls. Urbuma Puikule-1 vieta un ģeoloģiskā šķērs griezuma līnija Puikules purvā
 Figure 4.19. Location of core Puikule-1 and line of geological cross-section in Puikule Mire

Izanalizējot iepriekšējo pētījumu datus un no autores veiktā 8,00 m dziļā urbuma Puikule-1 iegūto nogulumu analīzes, tika konstatēts, ka purva ieplakas minerālo pamatni veido zaļganpelēks, blīvs smilšmāls, kas konstatēts arī pētītā griezuma apakšējā daļā dziļumā no 8,00-7,87 m (4.20. att.). Purva ieplakā virs smilšmāla slāņa sākušies uzkrāties organogēnie nogulumi-7,87-7,75 m griezuma intervālā (8450 līdz 8200 kal.g.p.m.) uzkrājusies blīva, tumši brūna kūdraina gitija. To 10 cm biezā slānī pārklāj vidēji līdz labi sadalījusies tumši brūna zāļu-sfagnu kūdra. 7,65 m dziļumā (pirms 8000 gadiem) sākusi uzkrāties augstā tipa fuskuma sfagnu kūdra, ko, galvenokārt, veido fuskuma sfagnu (*Sphagnum fuscum*) atliekas (4.9. tabula), vietām ar koku atlieku piejaukumu kas uzkrājusies līdz mūsdienām, veidojot 5,5 m augstu kupolu (4.20. attēls).



4.20. attēls. Puikules purva shematiskais ģeoloģiskais šķērsgriezums (Vetreņņikovs, Golubevs, 1989) un promocijas darbā detāli pētītā urbuma „Puikule-1” atrašanās vietu. Šķērsgriezuma novietojumu skatīt 4.19. attēlā.

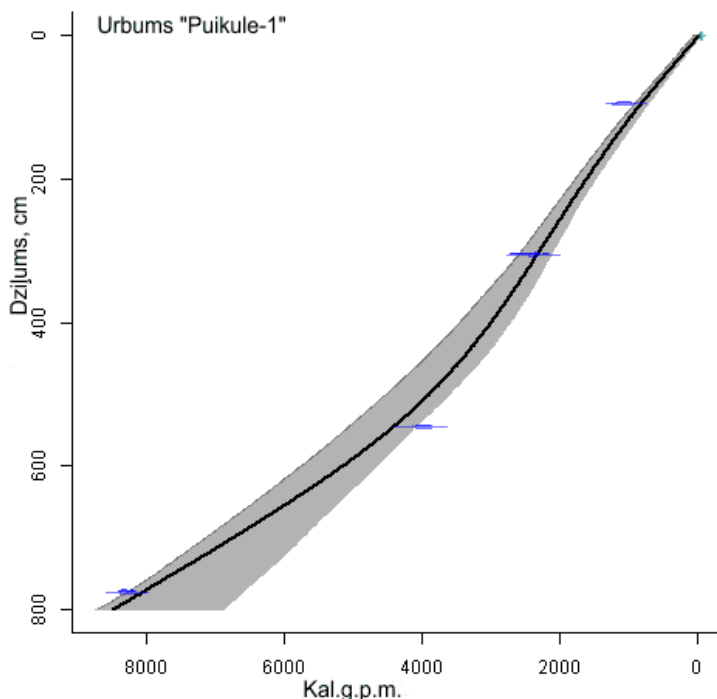
Figure 4.20. Schematic geological cross-section of Puikule Mire (Vetreņņikovs, Golubevs, 1989) and location of coring „Puikule-1” investigated in this study. See location of cross-section in Figure 4.19.

Puikules purva nogulumu Tallinas Tehnoloģiju universitātes Ģeoloģijas institūta laboratorijā tika veikti radioaktīvā oglekļa datējumi. Tika datēti 4 paraugi, un to vecums svārstās no 1142+-70 līdz 7483+-75 BP ¹⁴C gadi (4.8. tabula).

4.8. tabula. Urbuma „Puikule-1” nogulumu ¹⁴C datējumu rezultāti
 Table 4.8. ¹⁴C dating results of core „Puikule-1” deposits

Dziļums, m	Laboratorijas kods un numurs	Vecums, ¹⁴ C	Kal.g.p.m.
0,90-1,00	Tln3243	1142+-70 BP	966
3,00-3,10	Tln3244	2357+-70 BP	2393
5,40-5,50	Tln3245	3658+-65 BP	4143
7,70-7,80	Tln3247	7483+-75 BP	8205

¹⁴C datējumiem tika veikta kalibrācija CLAM programmā. Pēc kalibrācijas rezultātiem programma izveido dziļuma-vecuma modeli (4.21.att.), kurā redzams, ka līdz aptuveni 3800 kal.g.p.m. nogulumu uzkrājušies vislēnāk, un visintensīvākā kūdras uzkrāšanās notikusi no 3800 kal.g.p.m. līdz mūsdienām.



4.21.attēls. Dziļuma-vecuma modelis Puikules purva nogulumiem urbumā „Puikule-1”
 Figure 4.21. Age-depth model of core „Puikule-1” deposits in Puikule Mire

Puikules purva ieplakas pamatnē pirms 8700 līdz 8450 kal.g.p.m. dziļuma intervālā 8,00-7,87 m uzkrājies blīvs zaļganpelēks smilšmāls, kurā ir atrastas kladoceras (*Cladocera*, *Daphnia* sp.) jeb ūdens blusu atliekas. Tie ir 0,2-6,0 mm gari mikroorganismi, kas mīt saldūdens vidē, ezera litorālajā zonā. To klātbūtne liecina par klimata pasiltināšanos, kas norit vienlaicīgi ar barības vielu pieaugumu ezerā (Birks, Birks, 1980), un norāda uz atklātu, barības vielām bagātu ūdens vidi. 7,88 m dziļumā (zāļu-sfagnu kūdras slānis) visvairāk sastopamas *Pediastrum boryanum* sugas aļģes. Apskatītajā dziļumā tika atrastas gan veselas *P.boryanum* kolonijas, gan to fragmenti. *P.boryanum* piemērojas dažādiem atrofiskajiem apstākļiem, kaut arī vairāk tās ir saistītas ar eitrofiem ūdeņiem un vidējām

temperatūrām (Jakubovska, 1996). Šajā pašā dziļumā (7,88 m) nogulumos atrastas un identificētas arī *Pediastrum integrum* aļģes, kas pēc morfoloģijas ir ļoti līdzīgas iepriekš minētajai sugai. Šīs sugas aļģes mīt stāvoša ūdens apstākļus, un to atrašana nogulumos liecina par ūdenstilpes aizaugšanu. 7,88 m-7,80 m dziļumā identificēta arī vēl viena *Pediastrum* suga *P.kawraiskyi*. Šī zaļāļģu suga nogulumos atrasta ļoti nelielā skaitā un novērojama strauja to skaita samazināšanās. *P.kawraiskyi* izplatīta oligotrofos ūdeņos ar zemu temperatūru un sārmainu vidi (Jakubovska, 1996). Tā kā pie 7,80 m dziļuma (pirms 8300 gadiem) sugas izplatība beidzas, var domāt, ka klimats šajā laikā kļuvis siltāks salīdzinot ar iepriekšējo periodu.

No 8450 kal.g.p.m. līdz 8200 kal.g.p.m. (7,87-7,75 m) ezerā uzkrājušies blīva, tumši brūna gitija, kurā atrastās 3 zaļāļģu sugas (*Pediastrum*) un viena brūnāļģu (*Botryococcus brauni*) suga norāda uz hidroloģiskās situācijas un ekoloģisko apstākļu izmaiņām ūdenskrātuvē. Vēl viena aļģu suga, kas tika atrasta griezuma apakšējās daļas nogulumos, ir brūnāļģes. Vislabākā temperatūra to attīstībai ir +23°C, bet gaismas intensitāte 30~60 W/m². Visas atrastās aļģes mīt stāvoša ūdens apstākļos, ar samērā augstu temperatūru (izņemot *P.kawraiskyi*), par to liecina skaita palielināšanās. Savukārt to izzušana augstākos griezuma slāņos (pie 7,70 m) liecina par ezera strauju aizaugšanu, atvērtu ūdens apstākļu izzušanu un kūdras uzkrāšanās sākumu boreālā pirms apmēram 8100 kal.g.p.m.

Putekšņu diagrammā griezuma apakšējā daļa (8,00-7,75 m) (Ozola, Ratniece, 2013) iezīmējas ar bērza maksimumu (65%), arī priedes putekšņu ir daudz (30%), tomēr tai ir vērojama tendence samazināties. Nelielā skaitā sastopami arī zālaugi (5%), norādot uz pēkšņu temperatūru pazemināšanos un, iespējams, uz 8200 notikumu.

Pēc 8200 notikuma 7,75-7,64 m dziļumā konstatēta zāļu-sfagnu kūdra, tumši brūna, vidēji līdz labi sadalījusies. Pēc tam 7,64-7,55 m dziļumā (pirms 7980-7800 kal.g.p.m.) konstatēta sfagnu kūdra ar koku atliekām, vidēji sadalījusies. Šajā laikā strauji pieaug lazdas putekšņu daudzums (20%), norādot uz temperatūru paaugstināšanos un samērā atvērtu ainavu, jo lazda ir gaismu mīloša koku suga. Uz atvērtu ainavu norāda arī ievērojamais zālaugu pieaugums (līdz pat 25%).

Pārējo intervālu līdz pat mūsdienām veido sfagnu kūdra. 6,95-6,58 m dziļumā (pirms 6610 līdz 5914 gadiem) 6,95-6,58 m dziļuma intervālu veido sfagnu kūdra ar koku atliekām, vidēji sadalījusies, kurā atrasto putekšņu sastāvā ievērojami pieaug bērza putekšņu daudzums (no 24% līdz pat 42%), bet krīt gobas un lazdas līknes. Nedaudz sāk palielināties liepas putekšņu procentuālais daudzums, bet alkšņa līkne paliek maz ietekmēta, stabili saglabājot vairāk nekā 20 %.

Pirms aptuveni 6000 līdz 4700 kal.g.p.m. 6,58-6,25 m dziļumā konstatēta sfagnu kūdra ar koku atliekām, vidēji sadalījusies. 6,25-5,85 m intervālu veido sfagnu kūdra, vidēji līdz labi sadalījusies, blīvāka, tumši brūna. Savas kulminācijas šajā laikā sasniedz alkšņa un lazdas putekšņu līknes, attiecīgi 32% un 29%. Var novērot ievērojamu platlapju putekšņu pieaugumu-maksimumu sasniedz arī gobas (10%), liepas (10%) putekšņu līknes. Pamazām pieaug egles procentuālais daudzums. Perioda beigās putekšņu spektrā ieviešas arī kaņepju putekšņi, kas norāda uz augu kultivēšanas aizsākumu. Nedaudz palielinās arī ruderālo augu procentuālais daudzums, galvenokārt sastopama nātre, balandas, nelielā daudzumā arī vībotnes un ceļtekas putekšņi. No lakstaugiem nemainīgā līmenī (2-5%

robežās) turas graudzāles, bet pārējie lakstaugi sastopami ļoti maz (mazāk par 1%). Ievērojami pieaudzis sporaugu procentuālais daudzums, sfagni līdz pat 85%, vienmērīgā līmenī sastop arī papardes (ap 1%). Savukārt, no ūdensaugiem nedaudz ir glīvenes (*Potamogetonaceae*) un vilkvālītes (*Typhaceae*).

Laika periodā no 4700 līdz 2500 kal.g.p.m. uzkrājusies sfagnu kūdra, vidēji līdz labi sadalījusies, dažviet atrodamas koku atliekas. Šajā laikā ievērojami pieaudzis egļu īpatsvars. Ievērojamā daudzumā visa perioda laikā sastopami bērza putekšņi, taču to līkne ir visai nepastāvīga, jo svārstās no 8% perioda sākumā, līdz 33% vidusdaļā, bet perioda otrajā pusē tā atkal nokrītas līdz 15%, taču pašā beigu posmā tiek sasniegts maksimums ar 40%. Alkšņu putekšņu daudzums arī ir ievērojams dažbrīd nedaudz pārsniedzot 20%, taču vidēji līkne turas 17% robežās. Samazinās gobu un liepu putekšņu daudzums, samērā līdzeni izturētu intervālu no platlapjiem veido ozola (2-5%), lazdas (vidēji 5%) un liepas (vidēji 1,5%) putekšņi. No krūmaugiem savu maksimumu (5,60 m dziļumā) uz īsu brīdi sasniedz viršu putekšņi (26%), nedaudz ir arī kārkla putekšņi. Ruderālo augu pārstāvji ir sastopami, taču to ir ļoti maz-no tiem nedaudz vairāk ir nātres un balandas, perioda otrajā pusē arī vībotnes. No lakstaugu putekšņiem ļoti krasi ir samazinājies graudzāļu īpatsvars, kas tikai nedaudz pārsniedz 1%. No pārējiem lakstaugiem nedaudz ir sastopami grīšļu, skābeņu (*Rumex*), vīgriezēs (*Filipendula*), krustziežu dzimtas (*Fabaceae*), kā arī lini (*Linaceae*) putekšņi. Sporaugu dominanti šajā putekšņu zonā veido sfagnu sporas, kas liecina par intensīvu augstā purva attīstību šajā vietā. Vēl sastopamas arī papardes (*Polypodiaceae*), savukārt no ūdensaugiem nedaudz ir glīveņu (*Potamogetonaceae*) un ūdenīšu (*Callitrichaceae*) putekšņi.

Pirms 2470 līdz 1360 kal.g.p.m. (3,20-1,40 m) uzkrājusies sfagnu kūdra, vidēji, vietām vāji sadalījusies, dažviet koku atliekas, brūna. Putekšņu sastāvā dominē bērza putekšņi un sasniedz pat līdz 39%, bet strauji samazinās egles putekšņu līkne (līdz 13%), taču joprojām saglabā nozīmīgu lomu kopējā putekšņu spektrā. Tajā pašā laikā nedaudz pieaug priedes īpatsvars (līdz 22%), līdz ar to priede ir subdominante šajā intervālā. Ar nelieliem krāpumiem un kritumiem samērā augstu vēl joprojām atrodas alkšņa putekšņu līkne (18%). No platlapjiem liepas un gobas putekšņu līknes kļūst nenoturīgākas, savukārt joprojām stabili sastopami lazdas putekšņi (vidēji 2-6%), kā arī ozola putekšņi (līdz 3 %). Intervāla augšpusē sastopami kaņepes putekšņi sniedz liecību par augu kultivēšanu reģionā.

Pirms 1360 līdz 820 kal.g.p.m. (1,40-0,80 m) turpina uzkrāties vāji sadalījusies sfagnu kūdra, vietām ar koku atliekām, purva apkārtnes veģetācijā sāk dominēt egles (līdz 48%), pieaug viršu īpatsvars (līdz 14%). Pēc 820 kal.g.p.m. līdz mūsdienām turpina uzkrāties vāji sadalījusies kūdra ar koku atliekām. Šajā laikā krasi palielinās bērza īpatsvars (līdz 52%), bet perioda beigās, proti, mūsdienās, strauji palielinās priedes procentuālais daudzums (līdz 45%). Salīdzinot ar iepriekšējām zonām, nedaudz pieaudzis ruderālo augu (balandu un ceļteku) putekšņu skaits, kas, varētu norādīt uz cilvēku aktivitātēm teritorijā. Sporaugus pārstāv sfagni un staipekņi, bet no ūdensaugiem nedaudz ir vilkvālītes un ūdensrožu dzimtas (*Nymphaeaceae*) putekšņi.

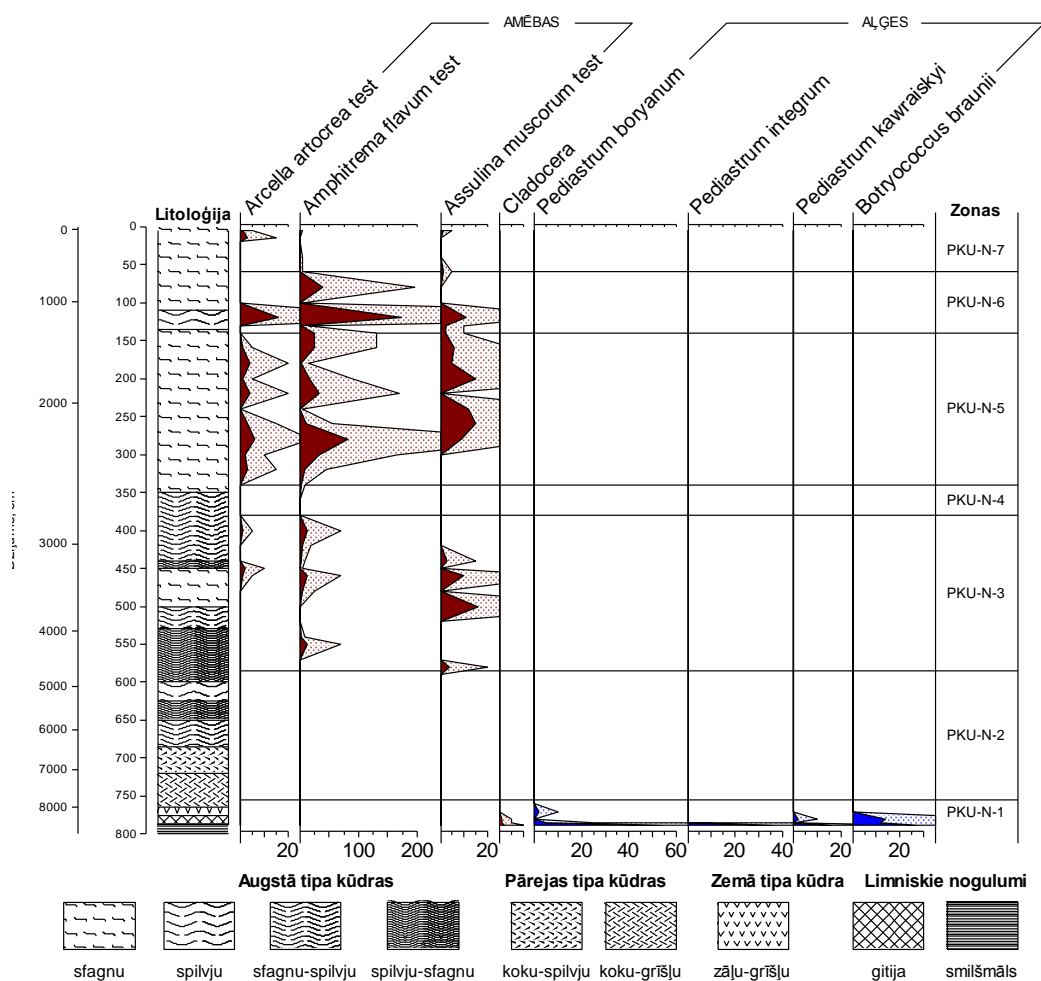
Sporādiska mitrumu un sausumu indikatoru amēbu sastopamība sākot no 5,50 m dziļuma (pirms 4200 gadiem) nogulumos vēsta par periodiskām gruntsūdens līmeņa

fluktuācijām purva attīstības laikā. Ievērojamā skaitā visa urbuma dziļumā nogulumos tika atrasti dažādi rizopodi-*Arcella artocrea*, *Amphitrema flavum*, un *Assulina muscorum*. *Arcella artocrea* (4.23.att.) ir vienšūnas amēba-sūnu epifīts, kas dzīvo uz sūnām, lai būtu tuvāk gaismai. Suga sezonāli ļoti jutīga pret mitruma izmaiņām, jo pārsvarā ir mitras vides iemītnieks. Atsevišķos gadījumos var pārdzīvot īslaicīgus sausuma periodus, bet tikai tad, ja izveido ap sevi apvalciņu. Nelielā skaitā tie neregulāri sastopami sākot no 3,20 m dziļuma (pirms apmēram 2500 kal.g.p.m. Vislielākais šo pārstāvju skaits konstatēts 1,20 m dziļumā (gandrīz pirms 1200 gadiem), norādot, ka klimats bija kļuvis vēsāks un mitrāks-tātad labvēlīgāks sugas attīstībai un, iespējams, bija vērojama gruntsūdens līmeņa celšanās.

Daudz lielākā skaitā kopā ar iepriekš minēto sugu nogulumos atrastas *Amphitrema flavum* amēbas. Šīs sugas pārstāvji urbuma griezumā ir visizplatītākie un sāk parādīties jau pie 5,50 m dziļuma (pirms 4200 kal.g.p.m.). To izplatībai atrodamas kopsakarības ar *Arcella artocrea*, jo abas sugas ir mitru apstākļu indikatori. Vislielāko izplatību tāpat kā *Arcella artocrea* sasniedz pirms aptuveni 1200 kal.g.p.m.

Specifiski iezīmējas *Assulina muscorum* amēbu izplatība, kura raksturo sausus apstākļus-tātad to ieviešanos var skaidrot ar periodisku gruntsūdens līmeņa pazemināšanos purvā. Salīdzinot ar mitru apstākļu indikatoriem, šīs sugas pārstāvji atrasti diezgan mazā skaitā, tomēr tie sastopami arī dziļumos vienlaikus ar mitru apstākļu mīlošajām sugām *Amphitrema flavum* un *Arcella artocrea*. Visticamāk to varētu skaidrot ar īslaicīgām ūdens līmeņa fluktuācijām purvā.

Urbuma veikšanas vietā, iespējams, agrāk pastāvējusi atklāta, sekla ūdenstilpe, kurā uzkrājušies ūdeņi no apkārtējām, hipsometriski augstākām teritorijām. Par to, ka ezers pirms aptuveni 8400 kal.g.p.m. bijis oligotrofs (barības vielām nabadzīgs), liecina nogulumu apakšējā slānī atrastās aļģes *Pediastrum kawraiskyi*. Šāds ezers bijis ļoti neilgu laiku, jo vienlaicīgi vērojams straujš citu aļģu pieaugums (*Pediastrum boryanum*, *Pediastrum integrum*), kas ieviesušās klimatiskajiem apstākļiem uzlabojoties un ezera ūdenim kļūstot bagātākam ar barības vielām. Uz klimata pasiltināšanos un ezera eitrofikācijas paaugstināšanos aptuveni pirms 8400 gadiem norāda arī atrastās zooplanktona *Cladocera* mikroskopiskās atliekas *Daphnia* sp.



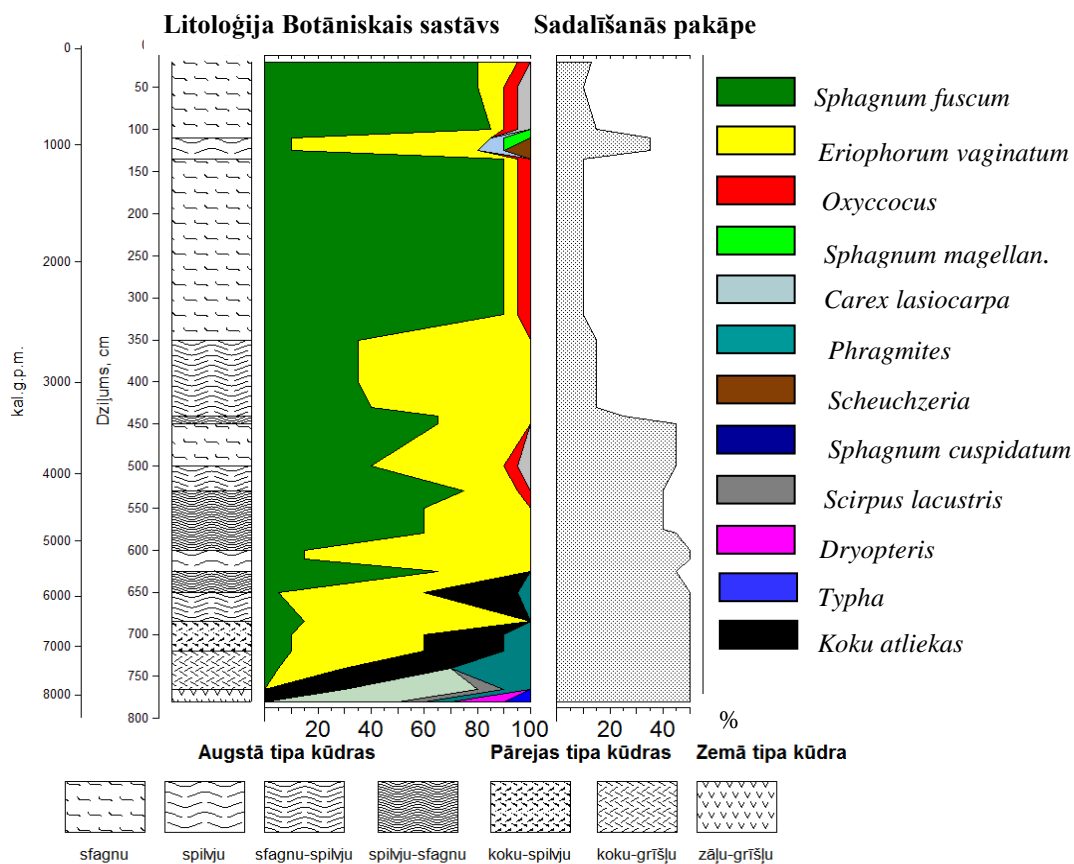
4.22.attēls. Puikules purva urbuma „Puikule-1” nogulumu mikroskopisko atlieku sastāva diagramma

Figure 4.22. Diagram of non-pollen palynomorphs from core „Puikule-1” deposits of Puikule Mire

Ezera aizaugšana noritējusi ļoti strauji. Botāniskā sastāva rezultāti (4.23.att.) parāda, virs plānā gitijas slānīša jau pirms aptuveni 8000 kal.g.p.m. sākusi uzkrāties zemā tipa zāļu-grīšļu kūdra. Arī zemā tipa purvs nav pastāvējis ilgu laiku-aptuveni 100 gadus. Pirms aptuveni 7900 kal.g.p.m sāka uzkrāties pārejas tipa kūdra, ko pēc 1400 gadiem nomaina augstā tipa kūdra. Līdz pat mūsdienām purvā turpina uzkrāties dažādas augstā tipa kūdras-spilvju-sfagnu, sfagnu-spilvju, fuskuma sfagnu vai spilvju kūdras.

Augstā tipa kūdras uzkrāšanās visstraujāk notikusi laikā no 4500-2500 kal.g.p.m., kad 2000 gadu laikā uzkrājies pat 2,20 m biezs kūdras slānis ar mazāku sadalīšanās pakāpi, jo vēsos un mitros apstākļos augu atlieku noārdīšana notikusi lēnāk, rezultātā relatīvi ātri uzkrājusies maza sadalījusi augstā tipa kūdra (4.9. tabula).

Ņemot vērā to, ka Puikules purvā organogēnie nogulumi sākuši uzkrāties jau pirms 8200 kal.g.p.m., tādejādi ietverot gan aukstuma notikumu pirms 8200 kal.g.p.m., gan Holocēna termālo maksimumu, gan vēlā holocēna nogulumus, tam tika pielietots REVEALS modelis. Arī Pantenes purvā organogēnie nogulumi izkrājušies jau kopš holocēna sākuma, tomēr tika ņemts vērā tas, ka putekšņi ir ļoti erodēti, līdz ar to nav iespējams veikt kvalitatīvu veģetācijas rekonstrukciju.

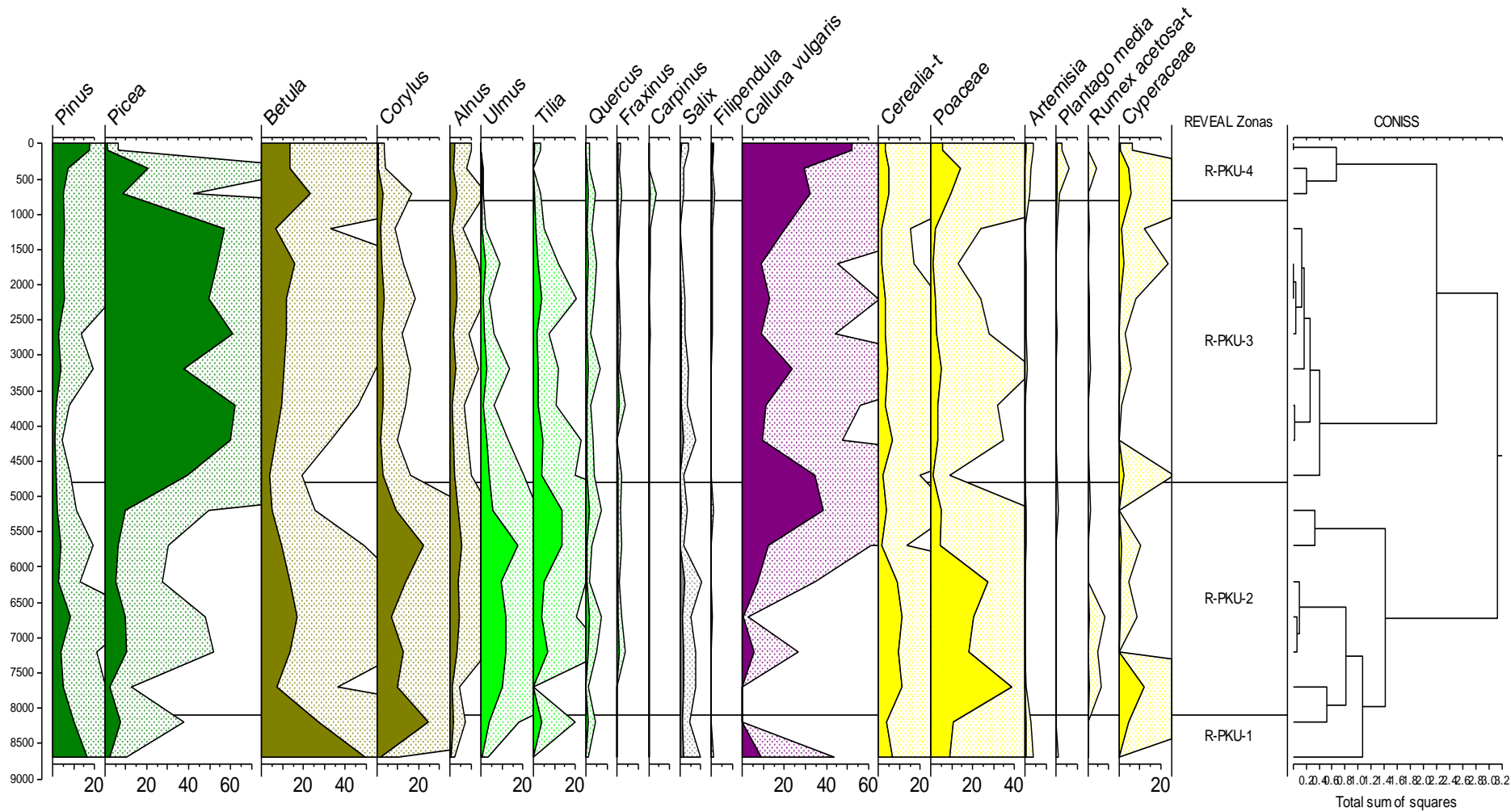


4.23.attēls. Puikules purva urbuma „Puikule-1” kūdras botāniskais sastāvs un sadalīšanās pakāpes analīzes rezultāti

Figure 4.23. Results of peat botanical composition and decomposition degree of Puikule Mire core Puikule-1

Modelēšanas rezultāti liecina, ka putekšņu procentuālās vērtības un REVEALS aprēķini ir ļoti atšķirīgi (4.24. att.). Mūsdienās Puikules purva apkārtnes nozīmīgu daļu aizņem sūnas (kuras diagrammās nav iekļautas), virši un purva priedītes. Savukārt tālākās teritorijas aizņem meži un ganības. Putekšņu dati liecina, ka apkārtņē tomēr vajadzētu dominēt priedēm (46%), bērziem (23%), viršiem (13%) un alkšņiem (12%), bet graudzālēm būtu jāaizņem tikai 2% no apkārtējās teritorijas. Salīdzinot tikai putekšņu datus ar REVEALS modeļa aprēķiniem un mūsdienu veģetācijas segu, jāsecina, ka REVEALS dati tomēr vairāk atbilst reālajai situācijai.

Pirms 8100-8700 kal.g.p.m. (R-PKU-1 zona) dominē bērzs 50% un priede 18%, pēc tam lazdas 20%. Pirms 4800-8100 kal.g.p.m. (R-PKU-2 zona) ainavā dominē zālaugi-grudzāles 10-40%, kultivētie augi 10%. No kokiem dominē platlapji: gobas 15-20%, liepas 15-20%, lazdas 15-25%, no zālaugiem dominē, zonas beigās aptuveni pirms 5000 kal.g.p.m. dominē virši 40%. Pirms 700-4800 kal.g.p.m. (R-PKU-3 zona) dominē egle 50-60%, mazāk bērzs 15-20% un priede 5-10%, goba 5%, liepa 5%, pārējo platlapju ļoti maz, graudzāles 5%, grīšļi 1%, kultivētie augi 5%. No 700 kal.g.p.m. (R-PKU-4) līdz mūsdienām veģetācijā dominē virši 40-50% un graudzāles 10-15%, mazāk grīšļi 10%, no kokiem bērzs 15-25% un priede 20%.



4.24. attēls. Putekšņu procentuālās attiecības Puikules purva nogulumos pēc REVEALS modelēšanas rezultātiem
 Figure 4.24. Pollen percentage relationship in Puikule Mire deposits according REVEALS model

4.9.tabula. Puikules purva attīstība un nogulumu uzkrāšanās apstākļi
Figure 4.9. Puikule Mire development and sediment accumulation conditions

kal.g. p.m.	Dziļums, m, kūdras tips un botāniskais sastāvs (sadal.pakāpe, %)	Putekšņu zonas un to raksturojums	REVEALS zonas	Citas apzinātās mikroskopiskas atliekas	Puikules purva attīstība un nogulumu veidošanās apst.
0					
500	0,00-1,10 m Augstā tipa fuskuma sfagnu kūdra (15%)	(PKU-8) Dominē bērza putekšņi 30-50%, palielinās alkšņu putekšņu daudzums-15% un graudzāļu putekšņu daudzums līdz 10%, grīšļi 2%, virši 5-15%.	R-PKU-4 Virši 40-50%, bērzs 15-25%, priede 20%, graudzāles 10-15%, grīšļi 10%	PKU-N-7 Dažas <i>Arcella artocrea</i> amēbas, mazāk <i>Amphitrema flavum</i> un <i>Assulina muscorum</i>	Purvā pazeminās ūdens līmenis, ainavā dominē virši, priedes un bērzi, sfagni.
1000	1,10-1,35 m Augstā tipa spilvju kūdra (35%)	(PKU-7) Zonas apakšdaļā dominē priedes putekšņi 30%, augšdaļā-egles, sasniedzot 45%.	R-PKU-3 Egle 50-60%, bērzs 15-20%, priede 5-10%, goba 5%, liepa 5%, pārējo platlapju putekšņu ļoti maz, graudzāles 5%, grīšļi 1%, kultivētie augi 5%.	PKU-N-6 Dominē <i>Amphitrema flavum</i> amēbas, mazāk <i>Arcella artocrea</i> un <i>Assulina muscorum</i>	Apstākļi vēsi un ļoti mitri, īpaši pirms 1200 kal.g.p.m.
1500	1,35-3,50 m Augstā tipa fuskuma sfagnu kūdra (15%)	(PKU-6) Dominē bērzs 20-40%, priede 10-25%, alksnis 10-25%, egle 10-25%, lazda 5%, ozols 3%, liepa 2%, virši 7%.		PKU-N-5 Dominē gan <i>Amphitrema flavum</i> , gan <i>Assulina muscorum</i> , nedaudz mazāk izplatītas <i>Arcella artocrea</i> amēbas.	
2000		3,50-4,40 m Augstā tipa sfagnu-spilvju kūdra (15%)		(PKU-5) Strauji pieaug egles putekšņu daudzums 40%, perioda vidū (3100 kal.g.p.m.) egles līkne strauji krīt līdz 10% un tad atkal palielinās līdz 40%. Bērza putekšņu līkne ļoti fluktuē 20-40%, alkšņi 10-25%, priede 5-25%, ozols 2-7%, liepa 2%, osis 1%, kārkls 3%, kadiķis 1%, viršu līkne zonas apakšdaļā sasniedz 40%, augstāk 10%.	PKU-N-4 Nav amēbu un aļģu.
2500	4,40-4,50 m Augstā tipa spilvju-sfagnu (15%)				PKU-N-3 Dominē <i>Assulina muscorum</i> , nedaudz mazāk konstatētas <i>Amphitrema flavum</i> , ļoti un mazā skaitā arī <i>Arcella artocrea</i> amēbas.
3000	4,50-5,00 m Augstā tipa fuskuma sfagnu (15%)				
3500	4,50-5,30 m Augstā tipa sfagnu-spilvju kūdra				
4000	5,00-5,30 m Augstā tipa sfagnu-spilvju kūdra	(PKU-4) Maksimumu sasniedz alkšņa 32%, lazdas 29%, kā arī gobas (10% un, liepas (10%) putekšņu līknes. Perioda beigās <i>Cannabis</i> putekšņi, palielinās ruderālo augu procentuālais daudzums, graudzāles 2-5% robežās; sfagnu sporas pat 85%. Nedaudz ūdensaugu putekšņi.	R-PKU-2 Ainavā dominē zālaugi-grauzāles 10-40%, kultivētie augi 10%. No kokiem dominē platlappji: gobas 15-20%, liepas 15-20%, lazdas 15-25%, zonas beigās aptuveni pirms 5000 kal.g.p.m. dominē virši 40%.	PKU-N-2 Amēbas un aļģes nav atrastas.	Saus un silts klimats, cilvēka lauksaimnieciskās darbības aizsākums. Veidojas augstā tipa purvs. Holocēna termālais maksimums.
4500	5,30-6,00 m Augstā tipa spilvju-sfagnu kūdra (40%)				
5000	6,00-6,25 m Augstā tipa spilvju kūdra (50%)	(PKU-3) pieaug bērza putekšņu daudz. (no 24%-42%), krīt gobas un lazdas līknes. Palielinās liepas procentuālais daudzums, alkšņu 20%.	PKU-N-1 Atrastas <i>Pediastrum boryanum</i> , <i>P.kawraisky</i> , <i>P.integrum</i> , <i>Botryococcus braunii</i> un ūdensblusu (<i>Cladocera</i> , <i>Daphnia</i> sp.) atliekas.	Nosacīti strauji (600 gados) notiek pāreja no zemā uz augsto purvu.	
5500	6,25-6,50 m Augstā tipa spilvju-sfagnu kūdra (45%)				
6000	6,50-6,85 m Augstā tipa spilvju kūdra (50%)	(PKU-2) strauji pieaug lazdas putekšņu daudzums (20%), ievērojami pieaug un maksimumu sasniedz zālaugu putekšņu daudzums (līdz 25%).	R-PKU-1 Dominē bērzs 50% un priede 18%, pēc tam lazdas 20%	Uzlabojas klimatiskie apstākļi, dominē samērā atvērta ainava. Pazūd aļģes, ezers strauji aizaug un veidojas zemais purvs.	
6500	6,85-7,20 m Pārejas tipa koku-spilvju (50%)				
7000	7,20-7,65 m Zemā tipa koku-grīšļu (50%)	(PKU-1) Bērza maksimums (65%), arī priedes putekšņu ir daudz (30%), zālaugi (5%).		Oligotrofi ūdeņi ar zemu temperatūru, sārmainu vidi. Aukstais 8200 notikums.	
7500	7,65-7,75 m Zemā tipa grīšļu-zāļu (50%)				
8000	7,75-7,87 m gitija	7,87-8,00 m smilšmāls		Klimata uzlabošanās, atklāta, barības vielām bagāta ūdenstilpe.	
8100					
8200					
8300					
8400					

5. DISKUSIJA

Apzinot, izanalizējot un izvērtējot publicētos un nepublicētos materiālus par holocēna organogēno nogulumu sastāva un uzkrāšanās apstākļu izmaiņu liecībām purvos holocēnā Latvijā un Igaunijā, kā arī izvēlētajās pētījumu vietās Ziemeļvidzemē veikto nogulumu paleobioloģiskie pētījumu rezultāti sniedz pierādījumus par mainīgiem nogulumu uzkrāšanās apstākļiem holocēnā. Rezultāti tika salīdzināti ar Dienvidigaunijas pētītajiem purviem: Nigulas purvu (Sarv, Ilves, 1976), Parikas purvs (Niinemets et al., 2002), Verijarva ezers (Niinemets, Saarse 2006), kā arī Hānjas augstienē pētītajiem purviem (Saarse, Rajamae, 1997) un Latvijas centrālajā (Kangur et al., 2009; Terasmaa et al., 2013) un austrumdaļā veiktajiem pētījumiem (Heikkila, 2010, Losāns, 2004).

5.1. Pētīto purvu attīstība un nogulumu uzkrāšanās apstākļu izmaiņas

Pētītie Kalna un Zilais purvs, kas atrodas starp Baltijas Ledus ezera BI un BII stadiju krasta līnijām, un Ķeru purvs, kas aizņem pazeminājumu starp BII un BIIIa stadiju veidojumiem, sākotnēji tika pētīti profesora V. Zelča vadītajā LU pētniecības projektā Nr. 2007/ZP-87 „Skandināvijas ledusvairoga dienvidu malas iekšējās zonas vēlā Vislas posma deglaciācijas notikumu hronoloģijas pilnveidošana” ar mērķi iegūt datus par Baltijas ledus ezera krasta līniju vecumu. Diemžēl, iegūtie ¹⁴C datējumi parādīja, ka purvi veidojušies vēlajā holocēnā (Zica et al., 2009, Kuške et al., 2008). Vecākais no tiem ir Zilais purvs, kurā kūdra ir sākusi veidoties pirms 2900 kal.g.p.m. (Kalniņa et al., 2008 a, b). Līdz ar to šī pētījuma rezultāti nedeva gaidītos rezultātus, tomēr iegūtie kūdras absolūtā vecuma datējumi un putekšņu analīzes rezultāti ļāva spriest par kūdras uzkrāšanās, veģetācijas un purvu attīstības dinamiku vienā no Latvijas purvainākajiem apvidiem, kā arī izraisīja jautājumu, kāpēc šie purvi sāka attīstīties tik vēlu, un kas noteica pārpurvošanās procesu sākumu. Rūpīgi izanalizējot lauka un laboratorijas pētījumos iegūto informāciju un veicot atkārtotas detālas paleobotāniskās analīzes, tika pieņemts, ka visticamāk pētīto purvu ieplakas pēc Baltijas ledus ezera regresijas ir bijušas sausas un nogulumi nav uzkrājušies. Hipsometriski zemākajās purva ieplakās (Zilā purva ieplaka 34,5 m vjl., Ķeru purva ieplaka 35.4 m vjl.) ezera nogulumi ir uzkrājušies uz rupjas vai vidēji rupjas smilts, bet Kalna purva ieplakā, kas atrodas 39,5 m vjl., tie sākuši veidoties uz gaiši pelēkzilas pārskalotas mālaines karbonātiskas morēnas (Kalniņa et al., 2008a; Ozola et al., 2012). Visos trīs minētajos purvos virs minerālajiem nogulumiem ieplaku dziļākajās vietās ir uzkrājies apmēram 0,5 m biezs smilšainas un kūdrainas gitijas slānis. Purva ieplakas malās laikā, kad purvā jau sākusi uzkrāties augstā tipa kūdra un purvs audzis arī horizontāli, kūdra sākusi veidoties uz smilts, piemēram, Ķeru purvā (4.17. attēls).

Zilā purva un Kalna purva ieplakas atrodas atšķirīgā hipsometriskā augstumā. Tomēr gitija abās purvu ieplakās sākusi uzkrāties gandrīz vienlaicīgi. Visagrāk gitija sākusi veidoties Zilajā purvā (3460 kal.g.p.m.), bet Kalna purvā-pirms 3350 kal.g.p.m. Ķeru purvā gitija sākusi uzkrāties ievērojami vēlāk (2600 kal.g.p.m.), kad Zilā purva un Kalna purva ieplakās seklās ūdenstilpes jau bija aizaugušas un tur uzkrājās pārejas vai augstā tipa kūdra. Minēto purvu zem kūdras iegulošo nogulumu sastāva, sporu-putekšņu un augu makroskopisko atlieku analīzes rezultāti ļauj secināt, ka gitijas uzkrāšanās laikā seklajos baseinos ir auguši ūdensaugi, kā arī atrastas aļģes un vēžveidīgo faunas (Cladocera) atliekas, kas liecina, ka ūdens ieplakā nav bijis tikai sezonāli. Ezeru nogulumu datējumu

rezultāti un dziļuma-vecuma modeļu informācija ļauj secināt, ka seklie baseini pētīto purvu ieplakās ir eksistējuši apmēram 500 gadus Zilajā un Kalna purvā un apmēram 1200 gadus Ķeru purva ieplakā (5.1. tabula), un, ka organogēnie nogulumu šo purvu ieplakās ir veidojušies tikai vēlajā holocēnā.

Virs gitijas Zilā purva un Ķeru purva ieplakās ir uzkrājusies zemā tipa zāļu un grīšļu-zāļu kūdra, bet Kalna purvā-sfagnu kūdra ar tumšākiem un gaišākiem kūdras starpslāņiem. Sporas un putekšņi nogulumos ir labi saglabājušies, bet augu atlieku saglabāšanās pakāpe ezera nogulumos ir ļoti atšķirīga. Labi saglabājušās ir grīšļu un hipnu sūnu atliekas, nedaudz sliktāk graudzāļu atliekas. Augu atliekas vislabāk ir saglabājušās kūdrā, kas ir maz sadalījusies, it īpaši tajos slāņos, kuri, kā par to liecina putekšņu spektri, ir veidojušies laikā, kad pazeminājušās temperatūras un paaugstinājies gruntsūdens līmenis, jo augu sadalīšanās, tiem nokļūstot zem ūdens, praktiski vairāk nenotiek.

5.1. tabula. Pētīto augsto purvu nogulumu raksturojums un uzkrāšanās laiks
Table 5.1. Description of raised bog deposits and accumulation duration

kal.g.p.	Puikules purvs	Kalna purvs	Zilais purvs	Ķeru purvs
0			0,00-0,50 m Augstā tipa Fuskuma sfagnu kūdra (8%)	0,00-0,60 m Augstā tipa sfagnu kūdra (5-10%)
500	0,00-1,10 m Augstā tipa fuskuma sfagnu kūdra (15%)		Spilvju-sfagnu kūdra (30%) 0,60-1,00 m sfagnu-spilvju (15%)	0,60-0,80 m Augstā tipa Magelānsfagnu kūdra (5-10%) 0,80-1,55 m Augstā tipa fuskuma kūdra (5%)
1000	1,10-1,35 m Augstā tipa spilvju kūdra (35%)	0,00-3,00 m Augstā tipa fuskuma sfagnu kūdra (10%)	1,00-1,90 m Augstā tipa Fuskuma sfagnu kūdra (10%)	1,55-1,90 m Augstā tipa spilvju-sfagnu kūdra (15-20%) 1,90 - 2,25 m Pārejas tipa sfagnu.-koku kūdra (25-35%) 2,25-2,40 m Zemā tipa grīšļu-zāļu kūdra (35-40%)
1500			1,90-2,10 m Pārejas tipa koku kūdra (20%)	
2000	1,35-3,50 Augstā tipa fuskuma sfagnu kūdra (15%)		2,10-2,30m Pārejas tipa Grīšļu-koku kūdra (30%)	2,40-2,75 m gitija
2500		3,00-3,25 m Augstā tipa spilvju-sfagnu kūdra 3,25-3,50 m Augstā tipa fuskuma sfagnu kūdra 3,50-3,75 m Pārejas tipa dažādu sfagnu kūdra (30%)	2,30-2,65 m Zemā tipa niedru kūdra ar gitijas starpslāņiem	
		3,75-4,00 m Zemā tipa niedru-grīšļu kūdra (45%)		2,75-3,00 smilts
3000	3,50-4,40 Augstā tipa sfagnu-spilvju kūdra (15%)	4,00-4,50 m Gitija, kūdraina, tumši brūna	2,65-2,85 m Zemā tipa koku-grīšļu (35-45%) 2,90-2,95m Zemā tipa 2,95-3,10 m gitija	
	4,40-4,50 m Augstā tipa spilvju-sfagnu (15%)			
3500	4,50-5,00 m Augstā tipa fuskuma sfagnu (15%)	4,50-5,25 m Māls ar saldūdens kaļķiezi, oļiem un gliemežvāku atlūzām	Smilts	

Sporu un putekšņu spektri atspoguļo veģetācijas attīstību vēlajā holocēnā Ziemeļvidzemē, kur iezīmējas vairāki siltāki un aukstāki periodi. Zilā un Kalna purva nogulumu putekšņu diagrammu apakšējā daļā ir vērojams alkšņu un platlapju, it sevišķi liepu putekšņu līkņu kāpums, kas liecina par salīdzinoši siltiem un mitriem vides

apstākļiem. Nogulumos, kas uzkrājušies pirms 2600-2800 kal.g.p.m., konstatēts lielāks bērzu un lakstaugu putekšņu daudzums un platlapju un citu siltummīlošo augu putekšņu daudzuma samazināšanās, kas ļauj atpazīt aukstuma epizodi minētajā laika posmā. Uz līdzīgām izmaiņām veģetācijas sastāvā un vides apstākļos norāda arī paleobioloģiskie dati, kas iegūti, analizējot nogulumus, kas uzkrājušies laika posmā pirms 290-600 kal.g.p.m., ko var salīdzināt un attiecināt uz Mazā ledus laikmeta notikumiem. Ķeru purva spektros šim laika posmam nodalāmas divas aukstuma epizodes, kuru vienu no otras atdala egles maksimums, ko pavada platlapju putekšņu līkņu neliels kāpums. Šos notikumus var nosacīti salīdzināt ar Mazā ledus laikmeta fluktuācijām, kur iezīmējas divas aukstuma epizodes, kuru vienu no otras atdala īslaicīga siltāka epizode pirms 380-410 kal.g.p.m. (Bradley et al., 2003).

Pantenes purvs ir zemais purvs tāpēc tā attīstība apskatīta atsevišķi. L. Medne (Medne, 1977) savā pētījumā secinājusi, ka laikā no augšējā driasa beigām līdz atlantiskā laika vidum Burtņieka ezera apkārtnē nekādas pārpurvošanās pazīmes nav novērojamas. Tomēr dati griezumā Ceriņi-2007, kas atrodas uz dienvidiem no minētā L. Mednes urbuma, norāda, ka kūdra sākusī uzkrāties boreāla sākumā. Aptuveni 750 m uz austrumiem no L. Mednes urbuma esošā griezuma Pantene/Braukšas I-2006 dati liecina, ka boreāla otrajā pusē sākusī uzkrāties gitija, bet kūdra sākusī uzkrāties atlantiskā laika sākumā. Šī atšķirība minēto urbumu nogulumos izskaidrojama ar to, ka dažādās Rūjas pazeminājuma vietās nogulumi uzkrājušies atšķirīgos apstākļos. Tagadējā Rūjas purva austrumdaļā purvs veidojās vēlāk, aizaugot bijušā paleoezera līča dziļākajai daļai, kamēr Pantenes purvā - līča rietumdaļā ezers bijis seklāks (urbums Pantene/Braukšas I-2006), bet griezuma Ceriņi-2007 vieta atradusies ezera pašā piekrastē, tāpēc ezera aizaugšana un pārpurvošanās sākusies ievērojami agrāk.

5.2. Nogulumu uzkrāšanās ātruma izmaiņas holocēnā

Līdz šim ir uzskatīts, ka visintensīvākā kūdras uzkrāšanās norisinājusies atlantiskajā laikā, tātad vissiltākajā un mitrākajā holocēna posmā (Bamberg, 1997; Segliņš, 2001a). Analizējot pētījumā iegūtos rezultātus un aprēķinot kūdras pieauguma ātrumu datorprogrammā R, izmantojot CLAM modeli, tika konstatēts, ka visintensīvākā kūdras uzkrāšanās ir notikusi pēdējo 2500 gadu laikā (5.2. tabula).

Tomēr jāņem vērā, ka aprēķinātās vērtības ir aptuvenas, jo balstās uz nelielu skaitu datējumu un pārsvarā datējumi ir interpolēti, izmantojot CLAM dziļuma vecuma modeli.

Novērtējot iegūtos rezultātus, redzams, ka Puikules purvā HTM laikā viena gada laikā kūdras slānis pieaudzis par 0,7 mm (5.2.tabula), savukārt visintensīvākā kūdras uzkrāšanās sākusies pēc HTM, kad gada laikā kūdras maksimālā uzkrāšanās intensitāte bijusi 1,4 mm/g, kas konstatēta laika posmā no 1500-2500 kal.g.p.m.

Kalna purvā maksimālais kūdras slāņa palielināšanās ātrums konstatēts pirms 1000-2500 kal.g.p.m., turklāt šajā laika posmā sācis veidoties Ķeru purvs. Ja HTM būtu silts un mitrs, tad šis laiks būtu vispiemērotākais, lai veidotos jauni purvi, tomēr pētījuma rezultāti to neapstiprina. Kalna un Zilais purvs sācis veidoties tieši HTM beigās, kas, iespējams, norāda uz to, ka HTM tomēr ir bijis sausāks klimats un purvi sākuši veidoties, palielinoties nokrišņu daudzumam, paaugstinoties gruntsūdens līmenim un izveidojoties pārmitriem apstākļiem, kas savukārt veicināja intensīvu kūdras uzkrāšanos.

5.2. tabula. Nogulumu uzkrāšanās intensitātes salīdzinājums pētītajos purvos
Table 5.2. Comparison of sediment increment in the investigated mires

	Pantenes purvs	Puikules purvs	Zilais purvs	Kalna purvs	Ķeru purvs
Kal.g.p.m.	mm/g	mm/g	mm/g	mm/g	mm/g
0-100	0,31	1,1	2	1	2
100-500	0,31	1,1	1,4-2	1	2
500-1000	0,31-0,32	1,1-1,25	1-1,4	1-1,25	1,4-2
1000-1500	0,32	1,25-1,4	0,8-1	1,25-2	1,1-1,4
1500-2000	0,32	1,4	0,6-0,8	2	1,1
2000-2500	0,32	1,4	0,6	1,1-2	
2500-3000	0,33	1,25	0,56	0,8-1,1	
3000-3500	0,30-0,33	1,1	0,56	0,8	
3500-4000	0,30	0,9-1,1	0,56	0,8	
4000-4500	0,30-0,36	0,8-0,9			
4500-5000	0,36-0,37	0,7			
5000-5500	0,37-0,38	0,7			
5500-6000	0,38-0,4	0,6			
6000-6500	0,4	0,6			
6500-7000	0,4	0,6			
7000-7500	0,4-0,5	0,6			
7500-8000	0,5	0,6			
8500-9000	0,6-0,7	0,6			
9000-9500	0,7-0,8				
9500-10000	0,8				
10000-10500	0,9				
10500-11000	0,9				
11000-11700	0,9				

Lai noskaidrotu, vai kūdras uzkrāšanās intensitāte ir bijusi lielāka vēlajā holocēnā, nekā HTM, ir bijusi lokāla vai reģionāla rakstura, tika analizēti dati no tuvāko un datēto Igaunijas purvu pētījumiem (Sarv, Ilves, 1976; Niinemets, Saarse, 2002). Parikas purvā Igaunijas dienvidaustrumu daļā visintensīvākā kūdras uzkrāšanās 1,5-1,6 mm/gadā notikusi sākot no 1600 kal.g.p.m. līdz mūsdienām, savukārt vislētāk-0,4 mm/gadā kūdra uzkrājusies laikā aptuveni pirms 5800-7600 kal.g.p.m. Kā iemeslu salīdzinoši nelielajai kūdras intensitātei atlantiskajā laikā, kad klimats kopumā bijis silts un mitrs, E.Niinemets (2002) min gruntsūdens līmeņa pazemināšanos. L.Saarse (Saarse) un S.Harrison (Harrison) (Saarse, Harrison, 1992), rekonstrējot ezera līmeņa izmaiņas Austrumbaltijas reģionā, konstatējuši, ka pirms 6500-7500 kal.g.p.m. ievērojami pazeminājies ūdens līmenis Igaunijas ezeros. Savukārt lielais kūdras pieaugums virsējos slāņos daļēji tiek skaidrots ar nelielu kūdras sablīvēšanos un to, ka klimats vismaz pēdējos 150 gados kļuvis mitrāks (Niinemets, Saarse, 2002). Puikules purvā kūdras uzkrāšanās dinamika ir bijusi līdzīga. Vislētāk kūdra uzkrājusies no 4500-8000 kal.g.p.m.-0,6 mm/gadā, bet labvēlīgāki apstākļi, lai straujāk uzkrātos kūdra, iestājušies nedaudz ātrāk kā Parikas purvā-pirms 2500 kal.g.p.m-1,4 mm/gadā. Tomēr šie aprēķini ir aptuveni, jo nav ņemta vērā nogulumu

sablīvēšanās, kas ietekmē dziļākos kūdras slāņus (von Posts, 1924; Nomals, 1930b; Markots et al., 1993).

Pantenes purvs ir zemais purvs, un kūdra tajā ir uzkrājusies lēnāk kā augstajos purvos, tomēr arī šajā purvā novērojamas pieauguma ātruma izmaiņas. Atšķirībā no autores pētītajiem augstajiem purviem, Pantenes purvā nedaudz intensīvāka kūdras uzkrāšanās notikusi tieši HTM 0,3-0,5 mm. Līdzīga kūdras uzkrāšanās intensitāte konstatēta arī dažos citos zemajos purvos, kas veidojušies starppauguru ieplakās, piemēram, Taurenas purvā (Silamiķele, 2010).

Augsto purvu nogulumu pētījumos iegūtie rezultāti un to analīze ļauj secināt, ka HTM laikā kūdras sadalīšanās un aprēķinātā uzkrāšanās intensitāte ir bijusi mazāka nekā vēljā holocēnā, kas norāda, ka klimats ir bijis sauss un silts.

Nosakot nogulumu vecumu, izmantojot augu makroskopiskās atliekas, un salīdzinot iegūtos rezultātus, tika konstatēts, ka sauszemes augu vecums Burtņieka ezera nogulumu absolūtā vecuma datējumos ar AMS ^{14}C metodi ir 6800-6600 kal.g.p.m. (1,65-1,75 m dziļumā). Savukārt iegremdētie ūdensaugi no šī paša dziļuma ir par 500-1000 kalibrētajiem gadiem vecāki par sauszemes augiem, kas norāda uz Burtņieka ezera baseina ūdens sastāva ietekmi uz augu atlieku vecuma datējumiem, kas jāņem vērā, interpretējot nogulumu absolūto datējumu rezultātus.

5.3. Holocēna nogulumu stratifikācija

Latvijā holocēna nogulumu stratifikācija 20. gadsimtā galvenokārt bija pamatota ar putekšņu analīžu datiem. Kopš M.Galenieces 1935. gadā publicētā darbā par Latvijas purvu un mežu attīstību pēcdeduslaikmetā (Galenieks, 1935) tika pieņemts izmantot L. von Posta unificēto reģionālo shēmu, kuru viņš bija izstrādājis, pamatojoties uz Gotlandes purvu pētījumiem, tā tika izmantota arī Latvijā (Segliņš, 2000). Šī shēma balstās uz putekšņu spektru izmaiņu likumsakarībām, kā arī kūdras sastāva un sadalīšanās pakāpes izmaiņām. Tomēr laika gaitā, uzkrājoties purvu detalizētajos pētījumos iegūtajai informācijai, attīstoties pētījumu metodikai, detālo pētījumu rezultātā 20.gadsimta pēdējās dekādēs tika atklātas vairākas neatbilstības šai shēmai. Piemēram, L. von Posts maz sadalījušās sfagnu kūdras slāņa pamatnē esošo labi sadalījušos slāni noteica kā subboreāla un subatlantiskā laika robežu (von Posts, 1924). Taču, analizējot kūdras pētījumos iegūto informāciju, tika noskaidrots, ka šis slānis nav stratigrāfiska robeža, bet biežāk raksturo konkrētā purva iekšējo attīstības gaitu (Segliņš, 2000). Taču kaut arī tai ir mainīgs raksturs un vecums, tomēr pētītajos purvos šo robežslāni ir iespējams atpazīt. Vislabāk tas ir izteikts Puikules purva griezumā intervālā, kura nogulumu vecums ir 3200-3300 kal.g.p.m., kad kūdras sadalīšanās pakāpe strauji samazinās no 50%-15% (4.24.att.). Šis robežslānis ir atpazīstams, bet vājāk izteikts Zilā purva nogulumu griezumā, kur izmaiņas kūdras sadalīšanās pakāpē ir pakāpeniskākas, kas, iespējams, skaidrojams ar to, ka to veido zemā un pārejas tipa kūdras (4.8. att.).

20. gadsimta pēdējās desmitgadēs daudz plašāk izmantoja Blitta-Sernandera shēmu, jo tā ļāva pēcdeduslaikmetu iedalīt īsākos hronostratigrāfiskos periodos, tādējādi kalpojot arī kā netiešā vai nosacītā datēšanas metode (Birks, Seppä, 2010). Attīstoties holocēna nogulumu pētījumu metodikai, palielinās iespēja iegūt precīzākus datus, iezīmējas nesakritības starp Blitta-Sernandera shēmu un mūsdienu uzskatiem par holocēna klimata izmaiņām un ietekmi uz ģeoloģiskajiem procesiem. Atlantiskais periods, kas Blitta-

Sernandera shēmā ir raksturots kā silts un mitrs, pēc mūsdienu uzskatiem, kas balstīti uz jaunāko pētījumu rezultātiem, atbilst siltajam un sausajam holocēna termālajam maksimumam. Savukārt siltā un sausā subboreāla stadija pēc mūsdienu uzskatiem atbilst atdzišanas sākumam un paaugstinātam mitrumam pēc termālā maksimuma. Birks un Seppā (Birks, Seppā, 2010) uzsver, ka Blitta-Sernandera shēma vairs neatbilst mūsdienu uzskatiem un tā galvenajiem elementiem – ar siltu un sausu subboreālu, siltu un mitru atlantisko laiku. Šobrīd pētījumos ļoti plaši tiek pielietotas radioaktīvā oglekļa datēšanas metodes, kas kopā ar dažādu analīžu datiem (putekšņi, augu makroskopiskās atliekas, diatomejas, u.c.) dod iespēju precīzi noteikt holocēna vides izmaiņu laiku. Analizējot literatūras avotus tika iegūts priekšstats par zinātnieku viedokļu izmaiņām par holocēna stratigrāfisko iedalījumu (5.3. tabula), kas galvenokārt ir saistītas ar pētījumu metožu attīstību un datu apjoma ievērojamu palielināšanos.

5.3.1. Agrais holocēns

Lai salīdzinātu putekšņu procentuālās vērtības ar blakus teritorijām, tika izmantoti jaunākie pētījumu dati no Igaunijas (Niinemets, Saarse, 2006, 2009) un Latvijas dienvidaustrumos veiktajiem pētījumiem (Heikkilä, 2010, Heikkilä, Seppā, 2010).

Holocēna sākuma organogēnie nogulumu konstatēti tikai Pantenes purvā, un tos pārstāv gitija. Šajā laikā Burtnieka ezera senajā līcī uzkrājās kaļķaina gitija. Burtnieka ezera apkārtnes nogulumu griezumā putekšņu diagrammās agro holocēnu raksturojošie putekšņu spektri norāda uz plašu priedes, bērza un zālaugu izplatību (Ozola et al., 2009, 2010 a, b). Līdzīga rakstura veģetācijas sastāvu atspoguļo arī Kurjanovas ezera nogulumu putekšņu pētījumi (Heikkilä, Seppā, 2010). Nelielas vērtības sasniedz alkšņu (1,7%), kārklu (2%) un egles (1%) putekšņu skaits. Egles putekšņi un atvārsnītes liecina par to, ka egle Austrumbaltijas reģionā augusi jau kopš augšējā driasa (Heikkilä et.al., 2009), tomēr agrajā holocēnā tās putekšņu vērtības ir zemas vai arī to nav vispār. Kurjanovas ezera (Heikkilä et.al., 2009), Verijarves ezera (Niinemets, Saarse, 2007) nogulumos, kā arī autores pētītajā Pantenes purva nogulumu griezumā atrasti arī gobas un lazdas, oša putekšņi.

Putekšņu sastāvs nogulumos, kuri Ziemeļvidzemē uzkrājušies laika posmā no 8200-9200 kal.g.p.m., liecina, ka veģetācijā joprojām dominē priede (40-50%) un subdominante ir bērzs (34%), pakāpeniski palielinās arī platlapju daudzums. Kurjanovas ezera nogulumu putekšņu spektru sastāvā bērza putekšņu daudzumam ir lielākas vērtības (45-55%) nekā Ziemeļvidzemē.

5.3. tabula. Holocēna stratigrāfiskā iedalījuma salīdzinājums
Table 5.3. Comparison of different stratigraphical subdivision of the Holocene

¹⁴ C gadi	Kal.g.p. m.	Blitta-Sernandera shēma (Danilāns, 1995)	Putekšņu zonas (von Post, 1916)	Veģetācijas attīstība (Danilāns, 1995)	Ģeoloģiskie procesi (Danilāns, 1995)	Holocēna iedalījums (Walker et al., 2012)	Kal.g.p. m.	Holocēna notikumi (Wanner et al., 2011)
1000	1000	Sub - atlantiskais laiks mēreni silts un mitrs, pāreja no okeāniska uz kontinentālo	I ^a (SA-3) augšējais priedes maksimums	Relatīvi palielinās priežu platības, sīklapju pieaugums mežu izciršanas ietekmē	Baltijas jūras (Limnejas jūra) ūdens sāļuma samazināšanās, neliela jūras līmeņa pazemināšanās	Vēlais holocēns Salīdzinoši vēss (0,6°C virs mūsdienu vidējās temperatūras) un mitrs	0	
2000	2000		I ^b (SA-2) augšējais egles maksimums	Egļu meža maksimālā izplatība			1000	500-700
3000	3000		II (SA-1) augšējais bērza maksimums	Strauji palielinās bērzu daudzums, joprojām samazinās platlapju un lazdu izplatība			2000	1500-1700
4000	4000	Sub - boriālais laiks samērā silts un sauss ar vēsāku un mitrāku laikapstākļu intervāliem	III (SB-2) SB egles maksimums	Palielinās egļu mežu izplatība, samazinās platlapju, lazdu un alkšņu īpatsvars	Augsto purvu masveida attīstības sākums un strauja kūdras uzkrāšanās tajos. Noslēdzas nēriju veidošanās un lagūnu pārtapsana par ezeriem	Vidējais holocēns (holocēna termālais maksimums) silts (2,5-2,7°C virs mūsdienu vidējās temperatūras) un sauss	4000	
5000	5000		IV (SB-1) alkšņa, priedes un bērza zona	Samazinās platlapju meži, stipri palielinās bērzu daudzums			5000	4600-4800
6000	6000	Atlantiskais laiks pēc -leduslaikmeta klimatiskais optimums, silts un mitrs, okeānisks	V (AT-2) platlapju maksimums	Platlapju (ozolu, liepu, gobu, vīksnu) izplatība sasniedz maksimumu	Strauja kūdras un gitijas uzkrāšanās. Intensīva kūdras sadalīšanās. Krastā dominē nogulumu uzkrāšanās, raksturīga nēriju un lagūnu veidošanās. Jūras ūdens sāļuma strauja palielināšanās	Vidējais holocēns (holocēna termālais maksimums) silts (2,5-2,7°C virs mūsdienu vidējās temperatūras) un sauss	6000	
7000	7000		VI (AT-1) lazdas maksimuma zona	Plaši izplatīti platlapji, lazdas un alkšņi, minimālas priežu mežu platības			7000	6200-6400
8000	8000	Boreālais laiks samērā silts un sauss, kontinentāls	VII (BO-2) ⁱ	Bērzi un alkšņi ⁱⁱ	Visintensīvākā saldūdens kaļķu uzkrāšanās	Agrais holocēns salīdzinoši silts (0,5°C zem mūsdienu vidējās temperatūras) un mitrs	8000	
9000	9000		VIII (BO-1) apakšējais priedes maksimums	Dominē priežu meži, daudz bērzu			9000	8100-8300
10000	10000	Pre-boreālais laiks vēss un sauss, kontinentāls	IX (PB) PB apakšējais bērza maksimums	Bērzu meži, ievērojams priežu īpatsvars, pārējie koki maz izplatīti	Sākas organogēno nogulumu uzkrāšanās, eolo nogulumu veidošanās, upju pastiprināta iegraušana	Vēlais driass	10000	
11000	11000		X (DR3) palielinās zālaugu īpatsvars	Krūmu tundra			11000	
12000	12000	Vēlais driass auksts un sauss			Leduslaikmeta beigu posma noslēgums, apraktā ledus blāķu kušana, periglaciālie un eolie procesi	Vēlais driass	12000	
13000	13000						13000	

ⁱ pieaug lazdas un alkšņa izplatība

ⁱⁱ palielinās lazdu un alkšņu audzes, ieviešas platlapji

5.3.2. Liecības par aukstuma periodu pirms 8200 kal.g.p.m.

8200 notikums (Alley et al. 1997; Overpeck, Cole 2006) ir aukstuma periods pirms 8200 kalendārajiem gadiem (von Grafenstein et. al., 1998; Yeloff et al., 2007), kurā strauji pazeminājušās temperatūras īsi pirms klimatiskā optimuma sākuma. Baltijas reģionā pirms 8200 gadiem bija izplatīti alkšņi, lazdas un gobas, priedes, bērzi un egles-šāda veģetācija, kas jūtīgi reagē uz aukstākām ziemām un vēlākiem pavasariem, iezīmējas arī Baltijas reģiona putekšņu diagrammās (Heikkilä, Seppä, 2010). Arī Ziemeļvidzemes putekšņu diagrammās šis aukstuma periods ir skaidri izteikts ar bērzu procentuālā daudzuma palielināšanos un mēreno koku sugu putekšņu (alkšņu un lazdu) (Veski et al. 2004; Niinemets, Saarse 2007; Seppä et al. 2007) un platlapju (gobu un liepu) putekšņu skaita samazināšanos. Disertācijā pētītajos griezumos 8200 notikums konstatēts 3 dziļākajos urbumos.

Lielā daļā V. Segliņa izstrādātajās Latvijas dabas apvidu holocēna vidējo putekšņu diagrammās (Segliņš, 2002) 8200 notikuma pazīmes ir konstatētas preboreālā vai boreālā. Preboreālā bērzu putekšņu līknes pieaugums konstatēts Vidzemes piekrastes, Zemgales līdzenuma, Ziemeļkursas un Austrumkursas augstienē, Piejūras zemienes, Taurkalnes līdzenuma, Latgales augstienes, Alūksnes augstienes un Andzeles pacēluma holocēna vidējās putekšņu diagrammās. Savukārt boreālā bērzu putekšņu līknes straujš pieaugums konstatēts Metsepoles līdzenuma, Rīgavas līdzenuma, Vadakstes līdzenuma, Pieventas līdzenuma, Limbažu viļņotā līdzenuma, Burtnieka līdzenuma, Viduslatvijas nolaidenuma, Vidzemes augstienes, Trapenes līdzenuma, Sēlijas paugurvaļņa, Aknīstes nolaidenuma, Lubāna līdzenuma un Abrenes nolaidenuma holocēna nogulumu vidējā putekšņu diagrammās. Gan vienā, gan otrā gadījumā bērzu putekšņu līknes kāpumam seko straujš platlapju putekšņu līkņu kāpums.

Puikules purvā 8200 notikums gitijas nogulumos iezīmējas ar bērza putekšņu daudzuma strauju pieaugumu līdz 60% un nelielu egles putekšņu daudzuma palielināšanos, zālaugu putekšņu daudzums sasniedz 10%. Pēc 8200 notikuma sāk uzkrāties zāļu-sfagnu kūdra un strauji pieaug lazdas putekšņu daudzums, un sāk pieaugt platlapju daudzums. Šis notikums ļauj arī pārbaudīt ^{14}C datējumu precizitāti: 8,00-7,75 m dziļumā, kur atrodami bērza putekšņi, nogulumi ir datēti 8300-8200 kal.g.p.m, ļaujot secināt, ka šī intervāla nogulumu datējumi ir precīzi. Pretēja situācija ir novērojama Pantenes purva nogulumos, kur 8200 notikuma pazīmes novērojamas 3,70 m dziļumā kā strauja bērza putekšņu daudzuma palielināšanās (no 20% zemāk esošajā intervālā līdz 50%), lazdas līknes pārtraukums, ūdensaugu daudzuma samazināšanās un aļģu daudzuma palielināšanās. Tomēr datējumu rezultāti liecina, ka šis dziļuma intervāls atbilst aptuveni 8900 kal.g.p.m. Ņemot vērā to, ka rezervuāra efekts Burtnieka ezera nogulumiem noteikts kā 500-1000 gadi, tad domājams, šīs pazīmes tomēr varētu norādīt uz 8200 notikumu.

Pantenes purvā Braukšu I apmetnes tuvumā iegūtajā urbuma Pantene/Braukšas I-2007 nogulumu griezumā arī ir novērojamas 8200 notikuma pazīmes. 3,25 m dziļumā strauji pieaug bērzu putekšņu daudzums (līdz 40%). Šim bērzu maksimumam seko platlapju putekšņu līkņu kāpumi. Šī notikuma konstatēšana nogulumos maina iepriekš veikto pētījumu rezultātu interpretāciju (Ozola et al., 2010), kad šim laikam atbilstošais dziļums tika noteikts kā atbilstošs atlantiskā laika vidusdaļai. Savukārt purva rietumu daļā

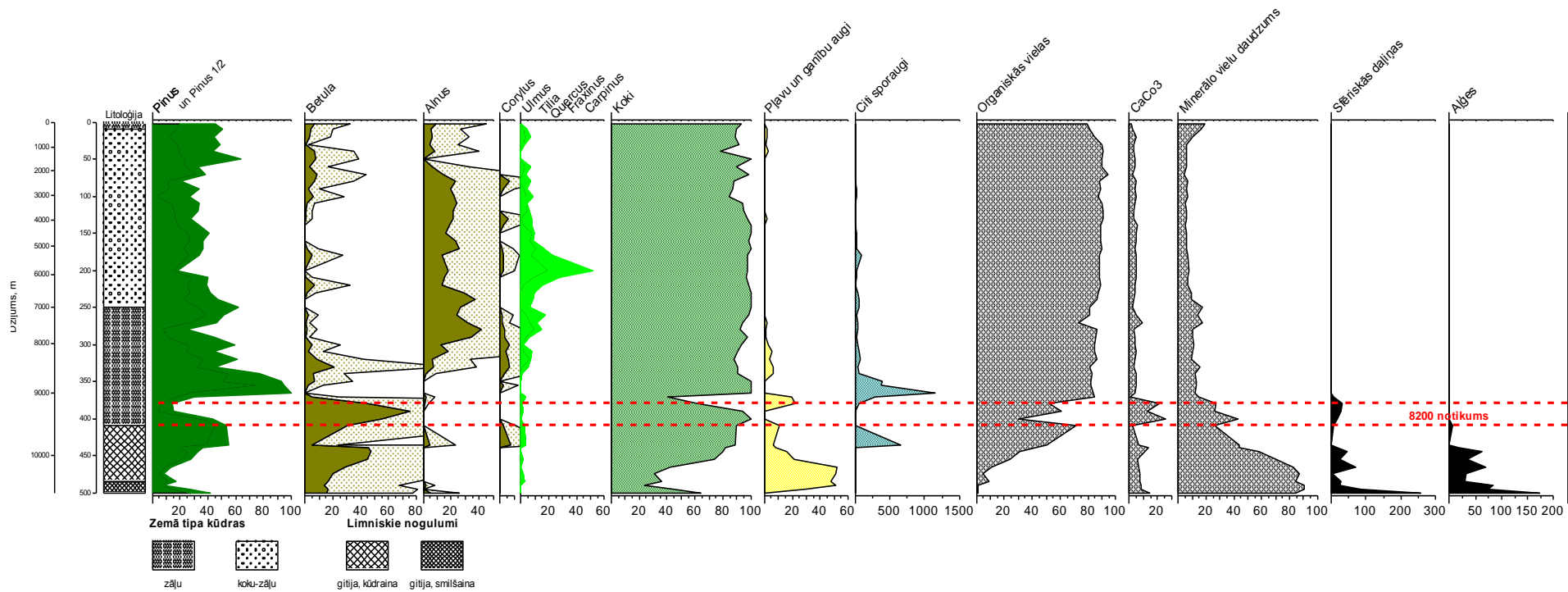
Urbumā Ceriņi-2011 4,00 m dziļumā pirms 9200 kal.g.p.m minerālo daļiņu daudzums palielinās (līdz 45%) (5.1. att.), kas, iespējams, norāda, ka apstākļi nav bijuši piemēroti augu izplatībai, kas arī veicināja minerālo daļiņu ieplūdi baseinā no ezera piekrastes. Tāpat palielinās arī karbonātisko vielu daudzums nogulumos, kas ar gruntsūdeņiem vai upju ūdeņiem ieskalots ezera nogulumos un, mainoties temperatūrai un spiedienam, vēlāk arī ir izgulsnētas. Šim laikam atbilstošajos nogulumos izzūd aļģu izplatība un, līdz ar minerālo daļiņu ieplūdi, palielinās sfērisko daļiņu daudzums. Šīs pazīmes varētu liecināt par 8200 notikumu, tomēr tās konstatētas ievērojami agrāk (1000 gadus) par 8200 notikumu. To varētu skaidrot ar rezervuāra efekta radīto novirzi radioaktīvā oglekļa datējumos, jo nogulumi datēšanai tika ņemti no karbonātiskas gitijas slāņa. Rezervuāra efekts Burtnieka ezeram noteikts kā 500-1000 gadi. Līdzīgas pazīmes konstatētas arī citos griezumos, piemēram, Parikas un Nigulas purvos.

Parikas purva (Igaunijas centrālajā daļā Vortsjarva ezera ziemeļrietumu daļā) nogulumu putekšņu procentuālajā diagrammā (Niinemets et al., 2002) arī atrodams 8200 notikuma pazīmes. Līdzīgi kā Ziemeļvidzemes purvos, arī Parikas purvā šīs pazīmes konstatētas daudz vecākos nogulumos-aptuveni pirms 10 200 kal.g.p.m. Šī purva putekšņu procentuālajā diagrammā bērzu putekšņu maksimums (55%) konstatēts 8,80 m dziļumā niedru-grīšļu kūdras slāņa uzkrāšanās sākumā, tam seko neliels bērzu putekšņu līknes kritums, jo kāpj un maksimumu sasniedz pundurbērza putekšņu līkne (10%), pēc kura bērzu putekšņu līkne atkal nedaudz kāpj līdz 32%, kam seko priedes putekšņu līknes ļoti straujš kāpums līdz 68%.

Līdzīgi kā tas ir jau iepriekš aprakstītajos Ziemeļvidzemes purvos, šim maksimumam seko platlapju putekšņu līkņu kāpumi. Pētījumā paraugi griezumā apakšējās daļas datējumiem ņemti no niedru-grīšļu kūdras. Niedres aug ūdenī un līdz ar to saņem tajā izšķīdušo oglekli, kas arī var būt iemesls ievērojami vecākiem datējumiem un, iespējams, tas arī izskaidro 8200 notikuma pazīmes ievērojami vecākos nogulumos.

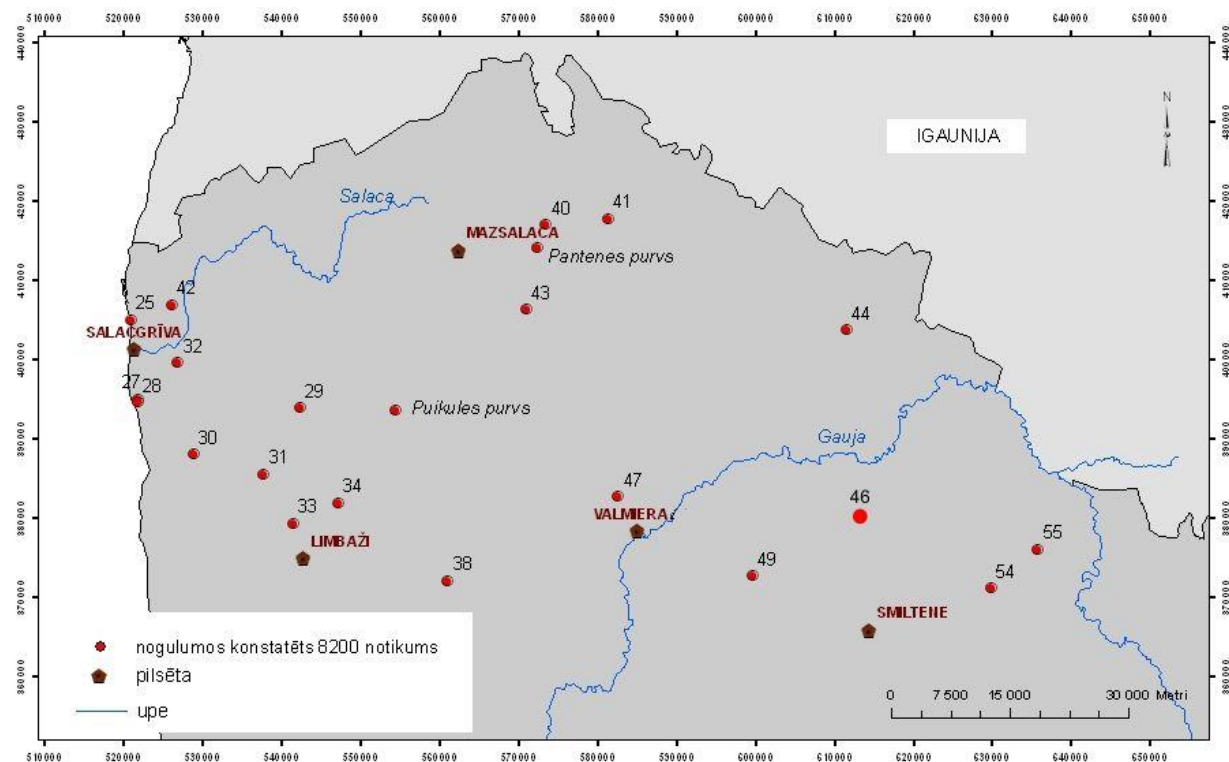
Nigulas purvā putekšņu procentuālajā diagrammā 8200 notikuma pazīmes konstatētas pirms aptuveni 9000 kal.g.p.m., kad bērza putekšņu daudzums (no kopējā koku putekšņu daudzuma) sasniedz gandrīz 90%. Aptuveni pirms 8400 kal.g.p.m. strauji pieaug gobas (10%), alkšņa (50%) un lazdas (25%) putekšņu līkne, pēc tam kāpj arī pārējo platlapju putekšņu līknes.

Puikules purva nogulumu bērza putekšņu līknes apakšējais maksimums konstatēts aptuveni pirms 8200 kal.g.p.m., kas ļauj domāt, ka arī citur Ziemeļvidzemē šī klimata pasliktināšanās ir notikusi un novirze laikā, kad šis notikums ir konstatēts, varētu būt skaidrojama ar rezervuāra efektu, kas ietekmē datējumu rezultātus.



5.1.attēls. Liecības par 8200 notikumu Pantenes purva urbuma „Ceriņi-2009” nogulumu diagrammā
 Figure 5.1. Evidences of 8.2 event in core „Ceriņi-2009” sediments from Pantene Mire

Lai noskaidrotu, vai 8200 notikums ir novērojams ne tikai autores pētīto nogulumu griezumā diagrammās, bet arī pārējās Ziemeļvidzemes diagrammās, tika apzinātas 32 Ziemeļvidzemes putekšņu diagrammas Latvijas putekšņu diagrammu katalogā (Segliņš, 2001). Gan autores, gan iepriekš veikto pētījumu vietas, kurās konstatēts 8200 notikums, parādītas kartē (5.2.att.).



5.2. attēls. Griezumi Ziemeļvidzemē, kuru putekšņu diagrammās atpazītas 8200 notikuma pazīmes

Figure 5.2. Location of studied sections of Northern Vidzeme where in pollen diagrams indications of 8.2 event can be recognized

Disertācijā pētītajām vietām kartē pievienots purva nosaukums, bet agrāk palinoloģiski analizētie griezumi atzīmēti atbilstoši V. Segliņa „Latvijas holocēna nogulumu sporu un putekšņu diagrammu katalogs” dotajiem numuriem:

Names for studied sites in this work is added on map, but earlier studied palynologically analysed sections are marked by numbers according them in the publication of V. Segliņš „Catalogue of the Holocene spores and pollen diagrams from Latvia” (Segliņš, 2001b):

25. Salacgrīva 1, zondējums 858 (Tracevskij *et al*, 1967); 27. Ruduškojes ezers (Sergejeva *et al.*, 1987); 28. Svētupe (Drille, 1977); 29. Angas purvs (Medne, 1976); 30. Brinkmaņa purvs (Brikmaņa (Lūru) purvs) (Ceriņa, 1972); 31. Toļļu purvs (Galeniece, Eglītis, 1964); 32. Rāķu ezers (Rāķis) (Braksh, *et al*, 1967); 33. Dūņezers (Svētupes purvs) (Ilves, Medne, 1979); 34. Katvaru ezers (Braksh *et al*, 1967); 38. Bisenieku purvs (Galeniece, Eglītis, 1964); 40. Rūjas purvs, 2604. zondējums (Tracevskij *et al*, 1965); 41. Rūjienas purvs, 2601.zondējums (Tracevskij *et al*, 1965); 42. Ķeizaru purvs (Galenieks, 1935); 43. Lielruļļu-Airītes (Aizupītes) purvs, 2839.zondējums (Tracevskij *et al*, 1965); 44. Rikandas upes ieleja (Brūders, 1977); 46. Taures purvs (Buša, 1984); 47. Valmieras purvs (Bamberg, 1962); 49. Mārsnēnu purvs 2, 2838.zondējums (Tracevskij *et al*,

1965); 54. Muižnieki, 919.zondējums (Tracevskij *et al*, 1964); 55. Rudaci, zondējums 917 (Tracevskij *et al*, 1964).

Tika secināts, ka 19 no 32 agrāk sastādītajām Ziemeļvidzemes diagrammām un 2 autores putekšņu procentuālajās diagrammās, kurās putekšņu spektri raksturo apstākļus kopš holocēna sākuma, ir novērojams holocēna pirmais aukstuma periods jeb 8200 notikums. Taču daļa diagrammu sākās ar platlapju maksimumu, kas nozīmē, ka tās neietver nogulumu uzkrāšanos 8200 notikuma laikā vai arī ietver tikai pašu holocēna sākumu. Diagrammās tika meklēts bērzu līknes maksimums tieši pirms platlapju līkņu pieauguma (kāpuma).

Apkopojot diagrammas izdalīti četri veidi, kā putekšņu diagrammās novērojams 8200 notikums: 1) ar diviem bērzu līknes maksimumiem, kuru tā vidusdaļā pārtrauc priedes putekšņu līknes kāpums; 2) bērzu putekšņu līknes kāpums, kuram seko priedes putekšņu kāpums (līdz pat 90%), pēc kura pieaug platlapju līkne; 3) divi bērzu putekšņu līknes maksimumi, kuriem seko priedes maksimums un tad platlapju putekšņu daudzuma palielināšanās un 4) bērzu putekšņu līknes kāpums, kuram uzreiz seko platlapju putekšņu daudzuma palielināšanās.

Pirmais veids ar diviem bērzu līknes maksimumiem, kuru tā vidusdaļā pārtrauc priedes līknes kāpums, savukārt pēc otrā bērzu putekšņu līknes kāpuma seko straujš platlapju putekšņu daudzuma pieaugums konstatēts Angas, Toļļu, Muižnieku 919.zondējuma, Madiešu un Rūjas purvu nogulumu putekšņu procentuālajās diagrammās. Kā piemēri tiks raksturoti Angas un Toļļu purva griezumā. Angas purvā bērza putekšņu daudzums no 40% preboreāla sākumā pieaug līdz 90% preboreāla vidū, tad bērza putekšņu daudzums strauji samazinās līdz 45%, dodot vietu priedes izplatībai un jau boreāla sākumā bērza putekšņu daudzums pieaug līdz 85%. Pēc šī maksimuma strauji palielinās alkšņa putekšņu daudzums no 5 līdz pat 50%. Platlapju daudzums pēc bērzu līknes maksimuma no 1% pieaug līdz 10%.

Arī Rūjas purva putekšņu procentuālajā diagrammas apakšējā daļā konstatēti divi dziļuma intervāli, kuros konstatēts straujš bērza putekšņu procentuālā daudzuma pieaugums - 6,90 m dziļumā (boreāla beigās), kad bērzu putekšņu daudzums no 25% palielinās līdz 40%, pēc šī bērzu līknes maksimuma, platlapju daudzums palielinās no 5-8%. Otrs bērza maksimums novērojams 6,2 m (atlantiskā laika vidus) dziļumā, kad bērzu putekšņu daudzums no 30% pieaug līdz 48%. Pēc šī otrā maksimuma platlapju daudzums palielinās līdz 20% un ezera nogulumus nomaina kūdra. Līdz ar to var uzskatīt, ka 8200 notikuma pazīmēm vairāk atbilst augšējais dziļuma intervāls.

Toļļu purvā bērza putekšņu daudzums boreālajam laikam atbilstošajos nogulumos griezumā apakšdaļā sasniedz maksimālo izplatību-60%, tad pakāpeniski samazinās līdz 8%. Bērza vietu šajā laikā ieņem egles un tās izplatība sasniedz 48%, arī platlapju putekšņu daudzums šim laikam atbilstošajos nogulumos sasniedz augstas vērtības-10%. Taču boreāla beigās gan egles, gan platlapju daudzums krasi samazinās un strauji pieaug priedes (60%) un bērza (30%) daudzums. Atlantiskā laika sākumā bērza putekšņu daudzums sasniedz 45%, pēc kura bērza putekšņu daudzums krasi samazinās, bet platlapju putekšņu daudzums palielinās no 1% līdz 5-10%.

Otrs 8200 notikuma veids, kad konstatēts viens bērzu līknes kāpums, kuram seko priedes līknes maksimums, konstatēts Rudaci griezuma un Taures purva nogulumu putekšņu procentuālajās diagrammās. Tomēr, ja griezumā ietvertu vecākus nogulumus, iespējams, tiktu konstatēts arī otrs bērzu līknes kāpums. Taures purvā ir veikti arī nogulumu vecuma datējumi, un bērzu līknes maksimums konstatēts aptuveni 7,2 m dziļumā, kur nogulumu vecums atbilst 7660 nekalibrētajiem ^{14}C gadiem. Kalibrējot šo datējumu ar CLAM dziļuma-vecuma modeli, šis datējums atbilst aptuveni 8400 kal.g.p.m., un šajā laikā bērzu putekšņu daudzums palielinās līdz 80%, tad ļoti strauji putekšņu daudzums samazinās līdz aptuveni 15%, un strauji izaug priedes putekšņu daudzums līdz 85% no kopējā putekšņu daudzuma.

Trešais veids-divi bērzu līknes maksimumi, kuriem seko priedes maksimums un tad platlapju daudzuma palielināšanās, konstatēts Mārsnēnu griezuma, Rūjienas purva, Lielruļļu-Airītes purva, Rikandas upes ielejas un Dūņezera (Svētupes purva) nogulumu putekšņu procentuālajās diagrammās. Piemēram, Dūņezera (Svētupes purva) nogulumos konstatētas bērzu līknes pieaugums no 22-50%, kam seko priedes putekšņu līknes kāpums līdz 80%, kuram seko atkārtots bērza līknes pieaugums līdz 60%, pēc kura seko atkārtots priedes putekšņu daudzuma pieaugums līdz pat 80%, pēc kura sāk palielināties platlapju putekšņu daudzums. Rūjienas purvā bērzu putekšņu daudzums no 40% 2,8 m dziļumā (driasa beigās) palielinās līdz 80% 2,5 m dziļumā (driasa/preboreāla robeža) un atkal samazinās līdz 28% 1,9 m dziļumā (preboreāla beigās), kad sāk izaugt platlapju daudzums.

Mārsnēnu purva (zondējums 2838) driasa beigām atbilstošajos nogulumos, laikā, kad sāk uzkrāties kūdra, bērza putekšņu daudzums sasniedz gandrīz 70%, priedes 28% un 2% platlapji. Preboreāla sākumā bērza līkne samazinās līdz 10%, tā vietu ieņem priede, platlapji pazūd. Preboreāla beigās bērza līkne atkal izaug, šoreiz sasniedzot 55%, un putekšņu spektrā atkal parādās platlapji (1%). Pēc šī otrā bērzu līknes maksimuma atkal uz neilgu laiku strauji izaug priežu putekšņu daudzums (80%), pēc kura strauji izaug platlapju daudzums. Lielruļļu-Airupītes purva (2839.zondējuma) putekšņu diagrammā novērotas iepriekš pieminētās iezīmes.

Arī Eipura purva, kurš atrodas Metsepoles līdzenumā, nogulumu putekšņu procentuālajā diagrammā iezīmējas 8200 notikuma pazīmes ar diviem bērzu līknes maksimumiem (50 un 40%) un tiem sekojošu priedes putekšņu maksimumu (60%) un sekojošo visu platlapju strauju pieaugumu. Tomēr nogulumu datējumi parāda, ka priedes maksimums atbilst 8500 kal.g.p.m., bet otrais bērza maksimums aptuveni 9400 kal.g.p.m., kas ir par 1000-1200 gadiem agrāk par 8200 notikumu (Kuške et al., 2010).

Ceturtais 8200 notikuma veids, kad bērzu līknes maksimumam uzreiz seko platlapju putekšņu daudzuma palielināšanās, konstatēts Rāķu ezera, Katvaru ezera, Bisenieku purva, Ķeizaru purva, Valmieras purva un Purmuižas, un arī autores pētītajā Puikules purva nogulumos.

Rāķu ezera putekšņu diagrammā boreāla beigās bērza putekšņu daudzums sasniedz 68%, priedes 32%. Pēc šī bērzu putekšņu maksimuma tā izplatība strauji samazinās līdz 28%, un platlapju putekšņu daudzums sasniedz gandrīz 30%. Arī Katvaru ezera nogulumos 8200 notikums iezīmējas ar bērza putekšņu maksimumu - 68%, pēc šīs līknes strauja krituma konstatēti platlapju putekšņi un to putekšņu daudzums palielinās ir 22%.

Tikpat skaidri 8200 notikums atpazīstams Bisenieku purva putekšņu diagrammā, kur bērza putekšņu daudzums gitijā sasniedz aptuveni 60%, pēc šī maksimuma bērza putekšņu daudzums samazinās par 30%, platlapju daudzums no 1% pieaug līdz 10 %, un ezera nogulumus nomaina kūdra. Savukārt Ūzeņu purvā bērza līkne sasniedz 70%.

Rudaci griezumā nogulumos, kas atbilst preboreālajam laikam, bērza putekšņu daudzums sasniedz 40%, priedes-45% un egles 15%, platlapju putekšņi vispār nav konstatēti. Pēc šī bērzu līknes maksimuma diagrammā, bērza putekšņu daudzums samazinās līdz 5%, konstatēti platlapju putekšņi, bet priedes putekšņi dominē un sasniedz gandrīz 80%.

Tomēr pretēji Kurjanovas ezera datiem, Ziemeļvidzemes diagrammās bērzu maksimumu pavadošais egles līknes kāpums nav novērojams, kas lielākoties skaidrojams ar to, ka šajos pētījumos tika noteikti un skaitīti tikai 200 putekšņi un arī paraugu intervāls bieži vien ir lielāks par 10 cm, un, iespējams, tāpēc šis egles līknes kāpums nav novērojams. Ja Kurjanovas ezera diagrammā egles putekšņu procentuālais daudzums svārstās no 30-40%, bet bērza 40-60%, tad Ziemeļvidzemes diagrammās egles putekšņu procentuālais daudzums gandrīz visās diagrammās nepārsniedz 5%, izņemot Rudaci griezuma diagrammu, kur egles putekšņu daudzums sasniedz 15%.

Tomēr ne visās putekšņu diagrammās reģionā 8200 notikums ir novērojams. Piemēram, Parikas purvā (Niinemets et.al., 2002) Igaunijas centrālajā daļā ir atpazīstams 8200 notikums-bērzu putekšņu straujš pieaugums, kam seko priedes putekšņu daudzuma straujš kāpums, pēc kura sāk pieaugt visas platlapju līknes, tomēr šīs pazīmes konstatētas krietni vecākos nogulumos-aptuveni pirms 10 000 kal.g.p.m. Vidzemes augstienē Ūžu ezera (Kangur et al., 2009) nogulumos bērza putekšņu straujam kāpumam seko visu platlapju putekšņu daudzuma palielināšanās, tomēr arī šīs iezīmes konstatētas pirms 9500 ¹⁴C gadiem.

5.3.3. Vidējais holocēns

Pētītajos griezumos agrā-vidējā holocēna robežu iezīmē 8200 notikums, pēc kura strauji pieaug platlapju putekšņu daudzums, savukārt priedes daudzums samazinās, kas ir vairāk nekā konstatēts Kurjanovas ezera nogulumos un ir vairāk līdzīgs situācijai Verijarves ezera nogulumos, Igaunijas dienvidu daļā (Niinemets, Saarse, 2009).

Savukārt egļu daudzums ir līdzīgs tam, kāds tas bijis Kurjanovas ezera apkārtnē (10-15%) (Heikkilä, Seppä, 2010). Egļu bijusi izplatīta visā holocēnā, Ziemeļvidzemē tās daudzums sācis palielināties pirms aptuveni pirms 7700 kal.g.p.m. un vienu no saviem maksimumiem sasniedz pirms 3700-4200 kal.g.p.m., kad teritorijā samazinās platlapju daudzums.

Kurjanovas ezera apkārtnē holocēna vidū bērza un priedes putekšņu vērtības ir ļoti zemas (~10-15%). Līdzīga situācija novērojama Pantenes purva putekšņu diagrammās, kad bērzu putekšņu līkne nepārsniedz 10% atzīmi, tomēr priedes vērtības svārstās 20-30% robežās. Citās Ziemeļvidzemes putekšņu diagrammās (Segliņš, 2001), piemēram, no Taures purva, Rūjas purva, Pantenes purva bērzu līknes svārstās 20-30% robežās, bet priede 20-25% robežās. Arī Igaunijas (Niinemets, Saarse 2007, 2009) un Lietuvas (Kabailiene, 1998) diagrammās tik zemas vērtības nav novērojamas. Segliņš (2002) norāda, ka kopējā putekšņu spektrā visbiežāk dominē priede, kuras daudzums tikai retos gadījumos samazinās vairāk par 40%, bet bērzu putekšņu daudzums parasti mainās 10-

20% robežās. Tomēr ir jāņem vērā atšķirīgā pieeja putekšņu analīzes veikšanā, jo līdz 1980tajiem gadiem bija pieņemts, ka jāskaita tikai 200 koku putekšņu. Kopš tā laika stratigrāfiskajos pētījumos tiek skaitīti vismaz 400 putekšņu. Atšķirīga ir arī procentuālo attiecību aprēķināšana. Ja agrāk 100% sastādīja gan koku, gan lakstaugu, gan arī sporu grupas, tad kopš 1980tajiem gadiem par 100% jeb pamatsummu tiek pieņemta visu putekšņu summa, izņemot ūdensaugu putekšņus, kam ir lokāla nozīme.

Autores pētīto nogulumu griezumū putekšņu diagrammās vidējo holocēnu jeb HTM raksturo šādas pazīmes:

1) HTM apakšējo daļu gan Puikules purva, gan arī Pantenes purva nogulumu putekšņu diagrammā pirms aptuveni 6700-7000 kal.g.p.m. raksturo izteikts lazdas putekšņu līknes kāpums un maksimums (20-30%), kas strauji palielinās pēc 8200 notikuma.

2) Puikules purva nogulumu putekšņu diagrammā šo maksimumu pārtrauc straujš īslaicīgs bērza putekšņu līknes kāpums (45%) pirms 6200 kal.g.p.m. Līdzīgas izmaiņas putekšņu spektros konstatētas arī Malmutas griezumā Lubāna ezera apkārtnē (Segliņš et al., 1999) un arī vairākās Rīgas līča nogulumu pētījumu diagrammās (Kalnina et al., 1999).

3) Autores pētīto nogulumu griezumū diagrammās platlapju līknes sasniedz savus maksimumus HTM beigu daļā. Liepa pētīto griezumū diagrammās kulminē apmēram pirms 5500 kal.g.p.m., bet Verijarves un Kurjanovas ezeru putekšņu diagrammās liepas putekšņu līkne ir augsta visu HTM laiku un kulminācija nav izteikta, tomēr viens no maksimumiem iezīmējas arī šajā laikā.

Lai gan Tolļu purva nogulumiem nav noteikts absolūtais vecums, izmantojot putekšņu datus, var tos nosacīti datēt. Putekšņu spektrs, kas atbilst atlantiskajam laikam, ļauj secināt, ka laikā, kad platlapji sasniedza savu maksimālo izplatību (līdz 10%), alkšņu izplatība sasniedza 20%, bērza vidēji 30%, bet egles putekšņu līkne sasniedz savu otro maksimumu (48%). Raksturīgi, ka egles vērtības ir neparasti augstas visā griezumā-vidēji 20-50%. Kūdras slāņa biezums šajā laikā sasniedz tikai 1,3 m, salīdzinājumam-pēc platlapju maksimuma līdz mūsdienām 3,7 m. Nelielā nogulumu uzkrāšanās intensitāte varētu norādīt uz sausu klimatu.

5.3.4. Vēlais holocēns

Vēlā holocēna laikā klimata pārmaiņu rezultātā pētītajos purvos uzkrājusies dažāda tipa kūdra ar mainīgu botānisko sastāvu un kūdras sadalīšanās pakāpi. Purvos, kas veidojušies vēlajā holocēnā, virs gitijas slāņa ir uzkrājušās labi sadalījušās (35-45%) dažādas zemā tipa kūdras. Kalna purvā vēlā holocēna sākuma posmā uzkrājusies zemā tipa niedru-grīšļu, Ķeru purvā grīšļu-zāļu, Zilajā purvā koku-zāļu un koku-grīšļu kūdra. Kaut arī šie purvi atrodas salīdzinoši tuvu viens otram, tomēr to pāreja no zemā tipa uz augsto ir notikusi atšķirīgos laika intervālos. Visagrāk vāji sadalījusies augstā tipa fuskuma-sfagnu kūdra Kalna purvā sākusi uzkrāties pirms 2100 gadiem, bet Zilajā purvā pirms 1400 gadiem. Visvēlāk no apskatītajiem purviem augstā tipa purvs ir izveidojies Ķeru purvā, kur vāji sadalījusies augstā tipa spilvju-sfagnu kūdra pirms 1000 gadiem uzkrājusies uz pārejas tipa sfagnu-koku kūdras.

Vēlā holocēna robeža Puikules un Pantenes purva, kā arī Kurjanovas ezera (Heikkilä, Seppä, 2010) un vairākās putekšņu diagrammās Lietuvā (Gaidamavicius, et al., 2011) iezīmējas ar egles putekšņu līknes kāpumu pirms apmēram 4700-4200 kal.g.p.m. un

platlapju līkņu kritumu, kas atbilst arī Valkera grupas (Walker et al., 2012) piedāvātajai vidējā-vēlā holocēna robežai. Šāds egles putekšņu līknes kāpums (līdz 30%) novērojams arī Parikas purva nogulumu putekšņu procentuālajā diagrammā (Niinemets, Saarse, 2002) pirms aptuveni 4800 kal.g.p.m. Šāda īpatnība novērojama arī Puikules purva putekšņu procentuālajā diagrammā (Ozola, Ratniece, 2013), kad pirms 4500 kal.g.p.m. egles putekšņu daudzums sasniedz 40%. Arī Nigulas purva putekšņu procentuālajā diagrammā (Saarv, Ilves, 1976) egles līkne strauji kāpj pirms aptuveni 4800 kal.g.p.m. Egles ievērojamais putekšņu īpatsvars un platlapju putekšņu līknes pakāpeniska samazināšanās, iespējams, liecina par klimatisko apstākļu pasliktināšanos aptuveni pirms 4600 kal.g.p.m., kas iezīmē robežu starp HTM un agro holocēnu.

Pētītajās diagrammās vēlajā holocēnā nodalāmi divi egles putekšņu maksimumi. Izteikts apakšējais egles maksimums ir konstatēts pirms 900-1100 kal.g.p.m. Puikules un Ķeru purva diagrammās, bet augšējais egles maksimums atpazīstams diagrammās intervālā, kas attiecināms uz laiku apmēram pirms 350-400 kal.g.p.m. Gan disertācijā pētītajos griezumos, gan arī Verijarves un Kurjanovas ezeru nogulumu putekšņu diagrammās vēlā holocēna laikam atbilstošajā intervālā joprojām, kaut arī nelielā skaitā, ir sastopami platlapju putekšņi, kas veido gandrīz nepārtrauktas līknes, kas liecina par šo koku klātbūtni.

Aptuveni pirms 2700 gadiem palielinās bērzu un egļu putekšņu īpatsvars, kā arī parādās labības putekšņi un pieaug graudzāļu procentuālais daudzums, kas kopumā norāda uz antropogēno ietekmi. Kurjanovas ezera apkārtnē šī ietekme konstatēta pirms 2500 kal.g.p.m. Ķeru purva nogulumos kultivēto zemju augu putekšņu ir maz. Atsevišķi labības un kaņepju putekšņi atrasti Ķeru purva nogulumos, kas veidojušies pirms 500-400 kal.g.p.m., bet Kalna purvā miežu, kviešu un kaņepju putekšņi atrasti nogulumos, kuru veidošanās laiks noteikts pirms 600-400 kal.g.p.m.

Nogulumos, kas uzkrājušies pirms aptuveni 2600-2800 kal.g.p.m., konstatēts lielāks bērzu un lakstaugu putekšņu daudzums un platlapju un citu siltummīlošo augu putekšņu daudzuma samazināšanās, kas ļauj atpazīt klimatisko apstākļu pasliktināšanos minētajā laika posmā. Uz līdzīgām vides apstākļu izmaiņām norāda arī paleobioloģiskie dati no nogulumiem, kas uzkrājušies laika posmā pirms aptuveni 290-600 kal.g.p.m. Ķeru purva putekšņu spektros šim laika posmam nodalāmas divas aukstuma epizodes, kuru vienu no otras atdala egles putekšņu līknes maksimums, ko pavada priedes un platlapju putekšņu daudzuma palielināšanās. Arī Kalna purva augšējo bērza maksimumu tā vidusdaļā pārtrauc priedes līknes kāpums. Šādas putekšņu sastāva izmaiņas, domājams, ir ietekmējušas Mazā ledus laikmeta klimata fluktuācijas, kur iezīmējas divas aukstuma epizodes, kuru vienu no otras atdala īslaicīga siltāka epizode pirms 380-410 kal.g.p.m. (Bradley et al., 2003).

Kopējais koku putekšņu līkņu kritums, sīkkrūmu un lakstaugu līkņu kāpumi un oglišu putekļu daudzuma palielināšanās skaidrojama ar klimatisko apstākļu pasliktināšanos, kas, iespējams, norāda uz mazo leduslaikmetu. Šīs pazīmes ir labāk izteiktas augsto nekā zemo purvu nogulumu putekšņu diagrammās, kas ļauj secināt, ka, iespējams, kūdra strauji uzkrājoties un maz sadaloties, labāk saglabā liecības par veģetāciju un vides apstākļiem.

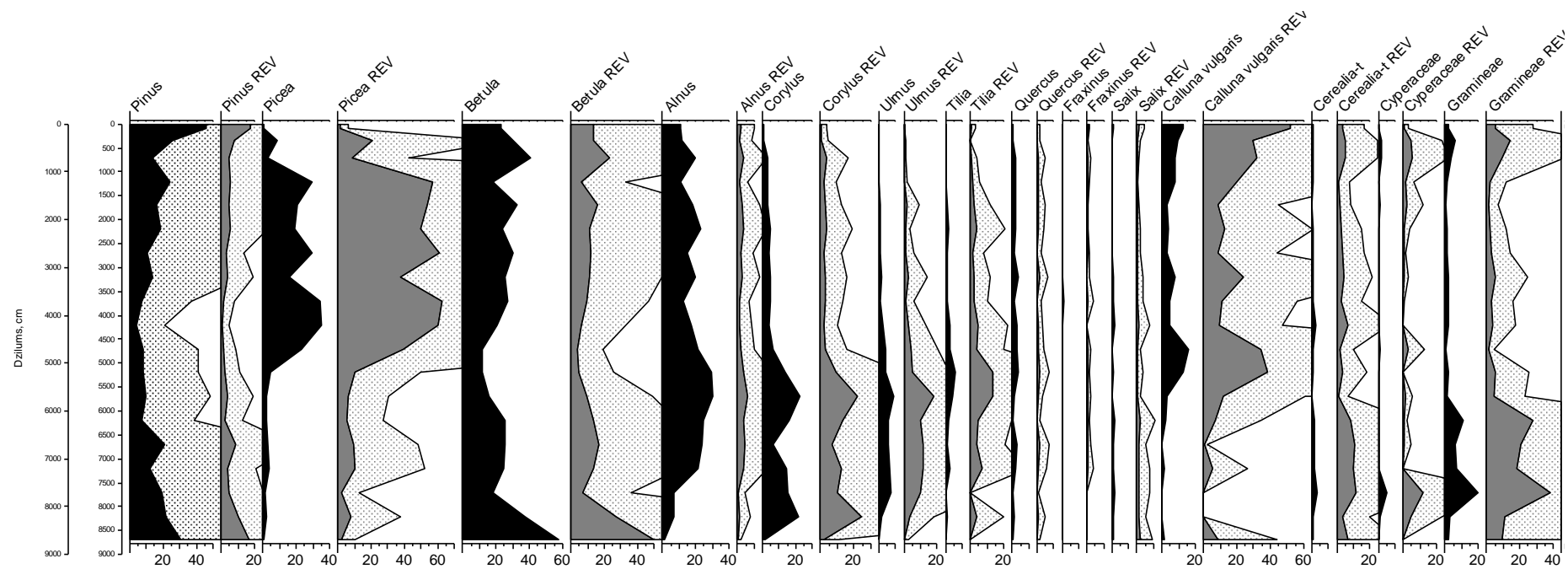
5.4. REVEALS modeļa izmantošana paleoveģetācijas rekonstrukcijās

Kopš 20. gadsimta, stratificējot holocēna nogulumus, izmantojot putekšņu analīzes rezultātus, tika pieņemts, ka dažādu sugu koku putekšņu proporcijas konkrētajā paraugā ataino atbilstošā laika mežu veģetācijas sastāvu un aptuvenas tā atsevišķu komponentu proporcijas (Segliņš, 2001). Tomēr, novērtējot izmaiņas putekšņu kompleksos, jāņem vērā tas, ka attiecības starp putekšņiem un veģetāciju nav lineāra sakarība, jo putekšņu sastāvs no konkrētās teritorijas veģetācijas sastāva var atšķirties vairāku iemeslu dēļ. Galvenokārt tas var būt putekšņu produktivitātes un to saglabāšanās atšķirību dēļ, kas sarežģī paleoveģetācijas rekonstrukciju (Prentice, Webb, 1986; Faegri, Iversen, 1989; Davis, 2000).

Apkopojot un interpretējot piecu purvu nogulumu sporu-putekšņu analīžu datus, tika rekonstruēta Ziemeļvidzemes veģetācijas attīstība holocēnā (Ozola, Ratniece, 2012). Ziemeļvidzemē, tāpat kā visā Baltijas austrumu reģionā, holocēna sākumā bija izplatīti priežu un bērzu meži un pļavas. Putekšņu proporciju rekonstrukcija parāda meža un pļavu izplatību attiecīgi kā 72% un 28%. Meži savu maksimālo izplatību 96% sasniedza pirms 5200-5700 kal.g.p.m., kad dominēja platlapji un pret ēnu izturīgi koki - liepa un goba šajā laikā sasniedza savu maksimumu. Pirms 5200-700 kal.g.p.m. meži klāja 85-90% no teritorijas. Putekšņu procentuālās attiecības norāda, ka pēdējo 100 gados meži klāja 72%, bet pļavas, ganības, aramzemes un purvi tikai 28% no Ziemeļvidzemes (Ozola et al., 2012).

Mūsdienās Puikules purva nozīmīgu daļu aizņem sūnas, virši un purva priedītes. Savukārt tālākās teritorijas aizņem meži un ganības. Putekšņu procentuālā diagrammā (Ozola, Ratniece, 2013) redzams, ka apkārtnē tomēr vajadzētu dominēt priedēm (46%), bērziem (23%), viršiem (13%) un alkšņiem (12%), bet graudzālēm būtu jāaizņem tikai 2% no apkārtējās teritorijas. Salīdzinot putekšņu diagrammas datus ar REVEALS modeļa aprēķiniem (5.3. att.) un mūsdienu veģetācijas segu, jāsecina, ka REVEALS dati tomēr vairāk atbilst reālajai situācijai.

Pretēja situācija mūsdienu veģetācijai ir novērojama holocēna sākumā (10 200-9200 kal.g.p.m.). Modelēšanas rezultāti ļauj secināt, ka 72% teritorijas klāja pļavas, bet mežos dominēja bērzi un priedes. 8700-9200 kal.g.p.m. pļavu proporcija samazinās, un sāk izplatīties pret ēnu izturīgie vasarzaļie koki, kā arī skujkoki. Šo procesu var izskaidrot ar klimata pasiltināšanos.



5.3. attēls. Putekšņu procentuālo un REVEALS modeļa procentuālo vērtību salīdzinājums Puikules purva nogulumiem
 Figure 5.3. Comparison of pollen percentages and results of REVEALS modelling of Puikule Mire sediments

Laika posms 8200-8700 kal.g.p.m. iezīmējas ar strauju bērzu pieaugumu, kas klāja 30% no teritorijas. Tajā pašā laikā skujkoki sedza 22%, un pļavu izplatība samazinājās līdz 39%. Šajā laikā parādās arī virši (2%). Šī straujā veģetācijas maiņa ir skaidrojama ar 8200 notikumu, kad visā ziemeļu puslodē klimats kļuva vēsāks (Alley et al., 1997).

Pirms 7700-8200 kal.g.p.m. bērza izplatība samazinājās līdz 17%, dodot vietu lazda, kas šajā laikā sasniedza savu maksimālo izplatību. Pret ēnu izturīgo koku izplatība turpina pieaugt. Laikā no 7200-7700 kal.g.p.m. ēnmīļu platlapju koku (liepa, goba, osis) daudzums samazinās, jo pieaug skujkoku un pļavu izplatība. Vēlāk 7200-5700 kal.g.p.m. ēnmīļu koku daudzums palielinās, un tie sasniedz savu maksimālo izplatību (gandrīz 25%). Pļavas attiecīgi teritorijā aizņēma ļoti mazu daļu (8%), norādot uz slēgtu ainavu. Šīs izmaiņas var skaidrot ar holocēna termālo maksimumu, kad klimats bija silts un sauss (Hammarlund et al, 2003). Latvijas dienvidu daļā šajā laikā temperatūra bija par ~2,5-3,5°C augstāka kā mūsdienās (Heikkilä, Seppä, 2010). Tam sekoja straujš kritums platlapju izplatībā un to vietu ieņēma pļavas.

Pirms 4700 kal.g.p.m. mežu struktūra strauji mainījās, jo pieauga egļu daudzums un samazinājās platlapju daudzums, kuru vērtības tomēr saglabājās pietiekoši augstas (20%). Egles pieaugums atbilst HTM beigu posmam. Egle savu maksimumu sasniedza pirms 3700-4200 kal.g.p.m., kad mežu sastāvā tā aizņēma 85%. Vēlāk mežu izplatība pakāpeniski samazinājās līdz 65-75%. Kad temperatūras kļuva tādas kā tās ir mūsdienās, mainījās arī mežu sastāvs. Sākot no 700 kal.g.p.m. sāka izplatīties pļavas, klājot 50% no Ziemeļvidzemes teritorijas.

REVEALS modeļa aprēķini par Ziemeļvidzemi tika salīdzināti ar REVEALS modeļa rezultātiem par Dienvidigauniju (Sugita et al., 2008). REVEALS modelēšanas rezultāti ļauj secināt, ka Ziemeļvidzemē priedes putekšņi diagrammās sasniedz krietni lielākas vērtības, piemēram, Ziemeļvidzemes veģetācijas rekonstrukcijā pirms 9200-9700 kal.g.p.m. REVEALS aprēķini norāda, ka priedes daudzums sasniedz 15%, savukārt putekšņu procentuālajā diagrammā - 46%. Arī citās pētījumu vietās Ziemeļu- un Centrāleiropā priedes izplatība ir pārāk augstu novērtēta (Marqer et al., 2011). Ziemeļvidzemē priedes putekšņi maksimumu sasniedz 9200-9700 kal.g.p.m. Dienvidigaunijā priedes maksimālās vērtības parādās jau daudz agrāk-pirms 10 500 kal.g.p.m. Minimālās vērtības priedei novērojamas no 7700-2200 kal.g.p.m, kas daļēji sakrīt ar HTM. Gan Igaunijas dienvidu daļā, gan Ziemeļvidzemē priede pašas zemākās vērtības sasniedz HTM maksimuma laikā no 6000-7000 kal.g.p.m.

Egles īpatsvars veģetācijā ir pārāk maz novērtēts, piemēram, laika posmā no 3700-4200 kal.g.p.m, kad egle sasniedz savu maksimumu, tās vērtības putekšņu diagrammā sasniedz 35%, bet REVEALS aprēķini liecina, ka egle sasniegusi pat 62%. Dienvidigaunijā egle savu maksimumu sasniedz pirms 3250 kal.g.p.m. Ja Ziemeļvidzemē egles putekšņu vērtības sāk palielināties pirms 9200 kal.g.p.m, tad Igaunijas dienvidu daļā tas notiek nedaudz vēlāk-pirms 8250 kal.g.p.m.

Alkšņa vērtības putekšņu diagrammā ir pārvērtētas, piemēram, kad alksnis sasniedz savu maksimumu (5200-5700 kal.g.p.m.), tā vērtība putekšņu diagrammā ir 30%, bet REVEALS aprēķinos redzams, ka tas no kopējā augu sugu sastāva aizņēmis tikai 14%. Igaunijas dienvidos arī alkšņa vērtības REVEALS aprēķinos ir lielākas nekā putekšņu diagrammā. Tur alksnis maksimumu sasniedz pirms 5750 gadiem. Alkšņa vērtības

Igaunijas dienvidos sāk pieaugt agrāk (8500 kal.g.p.m) kā Ziemeļvidzemē (7200 kal.g.p.m).

Bērza vērtības putekšņu diagrammā ir pārāk augstu novērtētas (5.3.att.) Tas gan neattiecas uz laiku, kad bērzs sasniedz savu maksimumu-pirms 8200-8700 kal.g.p.m, jo tad modelētās vērtības (29%) ir ļoti tuvas putekšņu procentuālajām vērtībām (34%). Laikā, kad bērzs sasniedz savu minimālo vērtību (4200-4700 kal.g.p.m.), putekšņu procenti to uzrāda kā 8%, bet REVEALS aprēķini kā 3%. Igaunijas dienvidos bērzs maksimumu sasniedz pirms 9250kal.g.p.m., kad bērza vērtības putekšņu diagrammā 55% un REVEALS aprēķinos 75%, savukārt mazāka bērzu izplatība novērojama pirms 4250-7250 g.

Lazda ir viena no tām koku sugām, kuras vērtības REVEALS aprēķinos gandrīz vienādas ar putekšņu procentuālajām vērtībām (4.22. att.). REVEALS aprēķinos lazda savu maksimumu sasniedz posmā no 7700-8200 g. (13%), bet putekšņu procentuālajās vērtībās lazdas maksimums novērojams pirms 5200-5700 g. (13%). Arī Igaunijas dienvidos lazdas maksimums ir novērojams aptuveni pirms 8000 gadiem, kad to daudzums sasniedz tādas pašas procentuālās vērtības kā Ziemeļvidzemē (gan REVEALS aprēķinos, gan putekšņu procentuālajā diagrammā - 14%).

Ozola aprēķini REVEALS programmā atšķiras no tiem, kas iegūti no *Tilia* un *Excel* programmām, jo putekšņu procentuālā diagramma uzrāda lielāku ozola izplatību, kā tas rekonstruēts ar REVEALS modeļa palīdzību. Ozols savu maksimumu sasniedz pirms 6700-7200 gadiem, kad tā vērtība REVEALS aprēķinos ir 12%, bet putekšņu procentos 31%. Ozols Ziemeļvidzemes teritorijā sāk ieviesties aptuveni pirms 9000 gadiem, kad sākas HTM. Diemžēl pagaidām nav pieejami dati par ozola vērtībām REVEALS aprēķinos no Igaunijas dienvidu teritorijas.

SECINĀJUMI

Promocijas darba ietvaros veikto pētījumu rezultāti ļauj izdarīt vairākus nozīmīgus secinājumus un iegūt padziļinātu priekšstatu par holocēna organogēnajiem nogulumiem, to uzkrāšanās apstākļu izmaiņām purvos un nogulumu stratificēšanu piecos purvos Ziemeļvidzemē.

Agrajā holocēnā Puikules un Pantenes purvu ieplakās, eitroficējoties seklām ūdenstilpēm, veidojās gitija, kuras sastāvā konstatēta liela aļģu dažādība: zaļāļģes *Pediastrum duplex*, *Pediastrum integrum*, *Pediastrum boryanum*, *Pediastrum angulosum*, kā arī brūnāļģes-*Botryococcus* un zilaļģes-*Gloeotrichia*. To sastāvs un organisko vielu daudzuma palielināšanās nogulumos liecina par klimata uzlabošanos.

Agrā holocēna beigās nogulumos vērojama strauja minerālo daļiņu un karbonātu daudzuma palielināšanās, kas, iespējams, norāda uz augāja samazināšanos, augsnes eroziju, veicinot minerālvielu ieplūdi baseinā no ezera piekrastes. Vienlaicīgi ar minerālo daļiņu daudzuma palielināšanos pieaug arī karbonātisko vielu daudzums nogulumos, kas ar gruntsūdeņiem vai virszemes ūdeņiem ieskalots ezerā un, mainoties temperatūrai un spiedienam, vēlāk arī ir izgulsnēts un uzkrājies nogulumos.

Robežu starp agro un vidējo holocēnu jeb holocēna termālo maksimumu iezīmē 8200 notikums ar izteiktu un īslaicīgu bērza putekšņu daudzuma ievērojamu palielināšanos un bērzu putekšņu līknes kāpumu procentuālajās putekšņu diagrammās, organisko vielu samazināšanos nogulumos un makroskopisko atlieku izzušanu un aukstumu mīlošu aļģu sugu (piemēram, *Pediastrum kawraisky*) ieviešanos.

Pēc 8200 notikuma pētītajās vietās novērojama ūdenstilpju intensīva aizaugšana un zemā tipa kūdras veidošanās, kuras botāniskais sastāvs, augu makroskopisko atlieku un putekšņu analīzes dati norāda uz klimata apstākļu uzlabošanos, kas ļauj novilkt robežu starp agro un vidējo holocēnu.

Aukstais 8200 notikums ir labi atpazīstams Ziemeļvidzemes un Igaunijas purvu nogulumos un putekšņu spektros, tai skaitā arī agrāk pētītajos griezumos, kuru nogulumiem nav absolūto datējumu.

Holocēna termālā maksimuma sākumam atbilstošā intervālā pirms platlapju līkņu kāpuma vairākās putekšņu diagrammās iezīmējas straujš īslaicīgs priežu putekšņu un papardes (*Polypodiaceae*) sporu daudzuma pieaugums. Lielākā daļa šo putekšņu un sporu ir saplēstas un erodētas, kas vienlaicīgi ar pārējo putekšņu skaita strauju samazināšanos vai pat izzušanu, iespējams, norāda uz ļoti sausiem apstākļiem, kuru rezultātā putekšņi un sporas ir nokļuvušas tiešā saules ietekmē un pakļautas erozijai.

Holocēna termālā maksimuma laikā Puikules purvā ir uzkrājušies labi sadalījusies augstā tipa, bet Pantenes purvā zemā tipa kūdra, liecinot par sausiem un siltiem apstākļiem, kas veicinājuši intensīvu kūdras veidojošo augu sadalīšanos. Nogulumos atrasti siltummīlošu augu putekšņi un augu makroskopiskās atliekas, kā arī nav konstatētas par vēsiem un mitriem apstākļiem liecinošas citu mikroskopisko fosiliju atliekas.

Neskatoties uz to, ka nogulumu uzkrāšanās apstākļi holocēna termālā maksimuma laikā kopumā ir stabili, tomēr Puikules griezuma putekšņu diagrammā holocēna

termālajam maksimumam raksturīgo platlapju un lazdas putekšņu sastāvu pirms 6200-6400 kal.g.p.m. nomaina strauja un īslaicīga bērza un lakstaugu putekšņu daudzuma palielināšanās un to līkņu kāpumi, kas norāda uz īslaicīgu klimata pasliktināšanos.

Robeža starp holocēna termālo maksimumu un vēl holocēnu ir vājāk izteikta nekā starp holocēna termālo maksimumu un agro holocēnu. Tā pētīto griezumā diagrammās noteikta līmenī atbilstoši 4800 kal.g.p.m., kur krīt platlapju un kāpj egles putekšņu līknes, parādās uz mitriem apstākļiem norādošas amēbas (*Amphitrema flavum*, *Assulina muscorum* u.c.). Nogulumos tā iezīmējas ar straujāku kūdras uzkrāšanos jau esošajos purvos (Puikules un Pantenes purvi) un jaunu purvu (Kalna, Ūeru, Zilais purvs) veidošanos.

Analizējot pētījumā iegūtos rezultātus un aprēķinot kūdras pieauguma ātrumu, konstatēts, ka dažāda tipa purvos nogulumu uzkrāšanās holocēnā ir dažāda. Augstā tipa purvos visintensīvākā kūdras uzkrāšanās (2 mm gadā) ir notikusi vēlajā holocēnā pēdējo 2500 gadu laikā, bet zemā tipa purvos holocēna termāla maksimuma laikā, uzkrājoties līdz 0,8 mm biežam kūdras slānim.

Izvērtējot noguluma sastāva un paleobotānisko pētījumu rezultātus un tos interpretējot, kā arī ņemot vērā, ka Blitta-Sernandera shēma vairs neatbilst mūsdienu uzskatiem, var secināt, ka holocēnu var iedalīt agrajā, vidējā un vēlajā holocēnā, tomēr labi atpazīstama un korelējama reģionā ir tikai agrā un vidējā holocēna robeža, bet vidējā un vēlā holocēna robeža ir neizteikta.

Izvērtējot agrākos pētījumos sastādītās sporu-putekšņu diagrammas un salīdzinot tās ar promocijas darba pētījumā iegūtajiem rezultātiem, secināts, ka neskatoties uz to, ka lielākajai daļai no tām nav absolūto datējumu, ir atšķirīga datu apstrāde un diagrammu sastādīšanas metodika, tomēr koku putekšņu sastāva izmaiņas, līkņu kāpumi un kritumi ir salīdzināmi jaunāko diagrammu putekšņu spektriem, piemēram, daudzās diagrammās bērza līknes kulminācija pirms platlapju līkņu kāpuma ir atpazīstama kā 8200 notikums. Arī sporu sastāva savstarpējās izmaiņas pietiekoši labi atspoguļo tendences un ir salīdzināmas ar jaunākajām diagrammām, kamēr lakstaugu putekšņu iekšējās attiecības un savstarpējās izmaiņas ir pārspīlētas un var tikt izmantotas tikai atsevišķos gadījumos.

Pētījuma rezultāti ir apstiprinājuši aizstāvēšanai izvirzītās tēzes:

1) Ziemeļvidzemes organogēnajos nogulumos atrodamās veģetācijas liecības norāda uz mainīgiem dabas apstākļiem holocēnā Ziemeļvidzemē, ietverot gan aukstākus un mitrākus, gan arī siltākus un sausākus apstākļus, ko labi parāda nogulumu sastāva paleobioloģiskās analīzes, kas ļauj atpazīt 8200 aukstuma notikumu, Mazo ledus laikmetu un silto holocēna termālo maksimumu.

2) Mazais ledus laikmets un vairāki citi iespējamie aukstuma notikumi ir labi izsekojami augsto purvu nogulumos, kas veidojušies vēlajā holocēnā, kā arī putekšņu diagrammās. Tie ne vienmēr droši nodalāmi zemo purvu nogulumos.

3) Fosilie mikroorganismi sniedz papildus informāciju par ūdens līmeņa svārstībām un dažādu augu klātbūtni. Tie var tikt izmantotas kā viens no nogulumu uzkrāšanās apstākļu indikatoriem, īpaši gadījumos, ja nogulumos nav saglabājušās sporas, putekšņi un augu makroskopiskās atliekas.

Dotajā pētījumā izvirzītie uzdevumi ir izpildīti un darba mērķis ir sasniegts.

PATEICĪBAS

Vēlētos pateikties savai darba vadītājai Asociētajai profesorei Dr. geogr. Laimdotai Kalniņai par ievēšanu purvu pasaulē, bet vislielākais paldies ir par pacietību, par visnotaļ interesanto disertācijas radīšanas procesu un par iedrošināšanu neapstāties pie sasniegtā. Tāpat es vēlos pateikties profesoram Valdim Segliņam par vērtīgajiem ieteikumiem, kas ievērojami uzlaboja darba kvalitāti. Izsaku pateicību arī LU Kvartārvides laboratorijas kolēģiem – Aijai Ceriņai, Elīzai Kušķei, Normundam Stivriņam, Vitai Ratniecei, Ievai Grudzinskai, Agnesei Pujātei un citiem par vērtīgajām diskusijām, tehnisko atbalstu, līdzdalību lauka darbos un draudzīgo atmosfēras radīšanu darba procesā. Ne mazāk svarīgu atbalstu esmu saņēmusi no kolēģiem Igaunijā – Dr. Sīma Veski un Dr. Atko Heinsalu, kas dalījušies savās zināšanās par holocēna pētījumiem un ļāvuši izmantot savu laboratoriju. Tāpat arī liels paldies Mārim Dauškanam, Mārim Nartišam un Anitai Namatēvai par palīdzību lauka darbos un kartogrāfiskā materiāla tapšanā. Vēlos pateikties Marie-Jose Gaillard un Shinja Sugita par iepazīstināšanu ar REVEALS modelēšanu un vērtīgajiem LANDCLIM semināriem. Vēlos pateikties arī kolēģiem Latvijas Kūdras ražotāju asociācijā un īpaši Agrim Lācim par atbalstu un iespēju paplašināt redzesloku.

Manu darbu krietni atvieglāja iespēja izmantot Brīvzemnieku pagasta pārvaldes telpas, par ko paldies Arvīdam Bērziņam.

Visbeidzot vēlos pateikties savam vīram Uldim Ozolam gan par tehnisku palīdzību disertācijas tapšanā, gan par milzīgo pacietību un nenogurstošo optimismu.

Taču tas viss sākās ar Līgas Neļķes ieteikumu studēt ģeoloģiju. Es paklausīju un ne mirkli neesmu to nožēlojusi, par ko savukārt paldies Ģeogrāfijas un Zemes zinātņu fakultātes mācītspēkiem.

Šis darbs izstrādāts ar Eiropas Sociālā fonda projekta „Atbalsts doktora studijām Latvijas Universitātē” Nr. 2009/0138/1DP/1.1.2.1.2./09/IPIA/VIAA/004 finansējuma atbalstu. Daļa nogulumu ¹⁴C datējumu veikti ar LU Pētniecības projekta Nr. 2007.ZP-87 „Skandināvijas ledus vairoga dienvidu malas iekšējās zonas vēlā Vislas posma deglaciācijas notikumu hronoloģijas pilnveidošana” projekta atbalstu. Daļa lauka darbu finansēti ar LZP projekta Nr. 09.1438. “Purvu stratigrāfija Latvijā: liecības par leduslaikmeta beigu posma un holocēna klimata izmaiņām un kūdras uzkrāšanos”, kā arī vairāki pētījumam nozīmīgi semināri apmeklēti ar starptautiskā projekta „The NordForsk LANDCLIM 10 000 network “The past LAND cover - CLIMate Interactions in Europe over the last 10 000 years”” atbalstu.

LITERATŪRA

- Aaby, B., 1986. Palaeoecological studies of mires. In Berglund, B.E. (ed.), *Handbook of Holocene Palaeoecology and Palaeohydrology*. John Wiley & Sons, Brisbane Inc., pp. 145–164.
- Aaby, B., Tauber, H., 1975. Rates of peat formation in relation to degree of humification and local environment as shown by studies of a raised bog in Denmark. *Boreas*, 4, pp. 1-17.
- Abolkalns, J., 1959. *Uslovija i hod obrazovanija golocenovih karbonatnih otlozenij na krupneishih mestororzdjenijah Latvii. Materiali po izucheniju presnovodnih izvestkovih otlozenij, I.-Riga* (In Russian).
- Alley, R. B., Mayewski, P. A., Sowers, T., Stuiver, M., Taylor, K. C., Clark, P. U., 1997. Holocene climatic instability: A prominent, widespread event 8200 yr ago. *Geology*, 25, pp. 483-486.
- Amon, L., 2010. Palaeoecological Reconstruction of Late-Glacial Vegetation Dynamics in Eastern Baltic Area: A View Based on Plant Macrofossil Analysis. Dissertation of the degree of Doctor of Philosophy in Natural Sciences. Tallinn University of Technology, Faculty of Science, Institute of Geology, 148 pp.
- Amon, L., Veski, S., Heinsalu, A., Saarse, L., 2012. Timing of Lateglacial vegetation dynamics and respective palaeoenvironmental conditions in southern Estonia: evidence from the sediment record of Lake Nakri. *Journal of Quaternary Science*, 27, pp. 169-180.
- Andersen, S. T., 1970. The Relative Pollen Productivity and Pollen Representation of North European Trees, and Correction Factors for Tree Pollen Spectra. *Række, 96. Danmarks Geologiske Undersøgelser*, Copenhagen, DGU II, 99 pp.
- Anderson, D. E., 1998. A reconstruction of Holocene climatic changes from peat bogs in north-west Scotland. *Boreas*, 27, pp. 208-224.
- Anderson, D. E., Binney, H. A., Smith, M. A., 1998. Evidence for abrupt climatic change in northern Scotland between 3900 and 3500 calendar years BP. *The Holocene*, 8, pp. 97-103.
- Antonsson, K., Seppä, H., 2007. Holocene temperature and forest dynamics in Bohuslan, SW Sweden. *Boreas*, 36, pp. 400-410.
- Ascough, P. L., Cook, G. T., Church, M. J., Dunbar, E., Einarsson, Á., McGovern, T. H., Dugmore, A. J., Perdikaris, S., Hastie, H., Friðriksson, A., Gestsdóttir, H., Bengtsson, L., Enell M., 2010. Temporal and spatial variations in freshwater ¹⁴C reservoir effects: Lake Myvatn, Northern Iceland. *Radiocarbon*, 52, pp. 1098–1112.
- Ashe P., Cranston P., S., 1991. *Catalogue of Palaearctic Diptera*. Vol 2. Psychodidae-Chironomidae. Amsterdam: Elsevier, pp. 113-355.
- Balakauskas, L., 2012. Development of the Late Glacial and Holocene forest vegetation in Lithuania according to LRA (Landscape Reconstruction Algorithm) modelling data. Summary of doctoral dissertation. Vilnius University, Vilnius, pp. 1-53.
- Bambergs K., 1997. Purvu izcelšanās holocēnā. *Latvijas Ģeoloģijas vēstis* (3), 25.–30.lpp.
- Barber, K. E. and Langdon, P. G., 2001. Peat stratigraphy and climate change. In Brothwell, D. R., Pollard, A. M., (eds.), *Handbook of Archaeological Sciences*. Wiley, Chichester, pp. 155–166.
- Barber, K. E., Chambers, F. M., Maddy, D., 2004. Late Holocene climatic history of northern Germany and Denmark: peat macrofossil investigations at Dosenmoor, Schleswig-Holstein, and Svanemose, Jutland. *Boreas*, 33, pp. 132-144.
- Barnekow, L., 2000. Holocene regional and local vegetation history and lake-level changes in the Torneträsk area, northern Sweden. *Journal of Paleolimnology*, 23, pp. 399-420.
- Barthelmes, A., Prager, A., Joosten, H., 2006. Palaeoecological analysis of *Alnus* wood peats with special attention to non-pollen palynomorphs. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 141(2006), pp. 33–51.
- Bartosh, T. D., 1959. O stratigraficheskoj priurochennosti i paleogeograficheskich uslovijach nakoplenija golocenovih izvestkovich otlozenij. *Materiali po izucheniju presnovodnich izvestkovich otlozenij, I*, s. 57-78.
- Bartoša, T. D., Daņilāns, I., 1961. Ledus laikmeta beigu posms un pēcledus laikmets. *Latvijas PSR Ģeoloģija*. Zinātņu Akadēmijas Izdevniecība, Rīgā, 176-193.lpp.

- Bartosh, T. D., 1976a. *Geologia i resursi presnovodnih izvestkovih otlozhenij golocena. Srednya polosna evropeyskoi chasti SSR*. Riga, Zinatne, 258 s.
- Bartosh, T. D., 1976b. Palinologicheskiye issledovanija v izuchenii kontinentalnih I donnih otlozenij Pribaltiki i Baltijskogo morja In: *Palinologija v kontinentalnih I morskikh geologicheskikh issledovaniyash*. Riga, s. 188-200.
- Behan-Pelletier, V. M., Bissett, B., 1994. Oribatida from Canadian peatlands. *Memoirs of the Entomological Society of Canada*, 169, pp. 73-88.
- Bengtsson, L., Enell, N., 1986. Chemical analysis. In Berglund, B. E. (ed.), *Handbook of Holocene Palaeoecology and Palaeohydrology*. John Wiley & Sons Ltd., Chichester, pp. 423-451.
- Bennett, K. D., Willis, K. J., 2001. Pollen. In Smol, J. P., Birks, H. J. B., Last, W. M. (eds.), *Tracking Environmental Change using Lake Sediments. Vol. 3. Terrestrial, Algal and Siliceous Indicators*. Kluwer Academic Publishers, London, pp. 5-33.
- Bennett, K. D., Fuller, J. L., 2002. Determining the age of the mid-Holocene *Tsuga canadensis* (hemlock) decline, eastern North America. *The Holocene*, 12, pp. 421-429.
- Berglund B. E., Ralska-Jasiewiczowa, M. 1986. Pollen analysis and pollen diagrams. In Berglund, B. E., (ed.), *Handbook of Holocene Palaeoecology and Palaeohydrology*. John Wiley & Sons, Brisbane Inc., pp. 455-484.
- Birks, H. H., 2001. Plant macrofossils. In Smol, J. P., Birks, H. J. B., Last, W. M., (eds.), *Tracking Environmental Change Using Lake Sediments. Vol. 3: Terrestrial, Algal, and Siliceous Indicators*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, pp. 49-74.
- Birks, H. H., 2008. The Late-Quaternary history of arctic and alpine plants. *Plant Ecology & Diversity*, 1, pp. 135-146.
- Birks, H. J. B., Birks, H. H., 1980. *Quaternary Paleoecology*. Caldwell, New Jersey, pp. 95-98.
- Birks, H. H., Birks, H. J. B., 2000. Future uses of pollen analysis must include plant macrofossils. *Journal of Biogeography*, 27, pp. 31-35.
- Birks, H. J. B., Seppä, H., 2010. Late-Quaternary paleoclimatic research in Fennoscandia-A historical review. *Boreas*, 39(4), pp. 655-673.
- Birks, H. J. B., Heiri, O., Seppä, H., Bjune, A. E., 2010. Strengths and Weaknesses of Quantitative Climate Reconstructions based on Late-Quaternary Biological Proxies. *The Open Ecology Journal*, 3, pp. 68-110.
- Blaauw, M., 2010. Methods and code for 'classical' age-modelling of radiocarbon sequences, *Quaternary Geochronology*, 5, pp. 512-518.
- Blaauw, M., van der Plicht, J., van Geel, B., 2004. Radiocarbon dating of bulk peat samples from raised bogs: nonexistence of a previously reported 'reservoir effect'? *Quaternary Science Reviews*, 23, pp. 1537-1542.
- Booth, R. K., 2008. Testate amoebae as proxies for mean annual water-table depth in *Sphagnum*-dominated peatlands of North America. *Journal of Quaternary Science*, 23, pp. 43-57.
- Booth, R. K., Sullivan, M. E., Sousa, V. A., 2008. Ecology of testate amoebae in a North Carolina pocosin and their potential use as environmental and paleoenvironmental indicators. *Ecoscience*, 15, pp. 277-289.
- Bond, G., Showers, W., Cheseby, M., Lotti, R., Almasi, P., de Menocal, P., Priore, P., Cullen, H., Hajdas, I., Bonani, G., 1997. A pervasive millennial-scale cycle in North Atlantic Holocene and glacial climates. *Science*, 278, pp. 1257-1266.
- Bond, G., Kromer, B., Beer, J., Muscheler, R., Evans, M. N., Showers, W., Hoffmann, S., Lotti-Bond, R., Hajdas, I., Bonani, G., 2001. Persistent Solar Influence on North Atlantic Climate During the Holocene. *Science*, 294, pp. 2130-2136.
- Bradley, R. S., Hughes, M. K., Diaz, H. F., 2003. Climate in medieval time. *Science*, 302, pp. 404-405.
- Bradshaw, R. H. W., Webb, T., 1985. Relationships between contemporary pollen and vegetation data from Wisconsin and Michigan, USA. *Ecology*, 66(3), pp. 721-737.
- Bambergis K., 1997. Purvu izcelšanās holocēnā. *Latvijas Ģeoloģijas vēstis* (3), 25.-30.lpp.
- Brakšs N., 1961. Purvi un kūdra. Rīga: LPSR ZA izdevniecība, 90 lpp.

- Brangulis, A. J., Juškevičs, V., Kondratjeva, S., Gavena, I., Pomeranceva, R., 2000. 53. lapa-Ainaži. Latvijas ģeoloģiskā karte. VGD, Rīga, 14.-15.lpp.
- Bronk-Ramsey, C., 2008. Deposition models for chronological records. *Quaternary Science Reviews*, 27, pp. 42-60.
- Broström, A., Sugita, S., Gaillard, M. J., 2004. Pollen productivity estimates for the reconstruction of past vegetation cover in the cultural landscape of southern Sweden. *The Holocene*, 14, pp. 368-81.
- Campbell, I. D., 1999. Quaternary pollen taphonomy: examples of differential redeposition and differential preservation. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 149, pp. 245–256.
- Carlson, A. E., Legrande, A. N., Oppo, D. W., Came, R. E., Schmidt, G. A., Anslow, F. S., Licciardi, J. M., Obbink, E. A., 2008. Rapid Early Holocene deglaciation of the Laurentide ice sheet. *Nature Geoscience*, 1, pp. 620-624.
- Chambers, F. M., Charman, D. J., 2004. Holocene environmental change: contributions from the peatland archive. *The Holocene*, 14(1), pp. 1-6.
- Chambers, F. M., Booth, R. K., de Vleeschouwer, F., Lamentowicz, M., Le Roux, G., Mauquoy, G., Nichols, J. N., van Geel, B., 2012. Development and refinement of proxy-climate indicators from peats. *Quaternary International*, 268, pp. 21-33.
- Charman, D. J., Hendon, D., Woodland, W. 2000. The Identification of testate amoebae (Protozoa: Rhizopoda) in peats. *Quaternary Research Association, Technical Guide*, 9, 148 pp.
- Charman, D. J., Blundell, A., Alm, J., Bartlett, S., Begeot, C., Blaauw, M., Chambers, F., Daniell, J., Evershed, R., Hunt, J., 2007. A new European testate amoebae transfer function for palaeohydrological reconstruction on ombrotrophic peatlands. *Journal of Quaternary Science*, 22(3), pp. 209-221.
- Clarke, K. J., 2003. *Guide to the identification of Soil Protozoa-Testate Amoebae*. Freshwater Biological Association, Special Publication, 12, 40 pp.
- Clymo, R. S., 1965. Experiments on breakdown of *Sphagnum* in two bogs. *Journal of Ecology*, 53, pp. 747-758.
- Clymo, R. S., 1992. Productivity and decomposition of peatland ecosystems. In Bragg, O. M., Hulme, P. D., P. Ingram, H. A., Robertson, R. A., (eds.), *Peatland Ecosystems and Man: An Impact Assessment*. University of Dundee, Dundee, pp. 3-16.
- Clymo, R. S., 1996. The roles of *Sphagnum* in peatlands. In Parkyn, L. S. (ed.), *Conserving peatlands*. Stoneman RE & Ingram HAP, CAB International, New York, 95-102.
- Clymo, R. S., Hayward, P. M., 1982. The ecology of *Sphagnum*. In Smith, A. J. E., (ed.), *The Ecology of Bryophytes*. Chapman and Hall, London, pp. 229-289.
- Coesel, P. F. M., 1979a. Desmids of the broads area of N.W.-Overijssel (The Netherlands) I. *Acta Bot. Neerl.*, 28, pp. 257-279.
- Coesel, P. F. M., 1979b. Desmids of the broads area of N.W.-Overijssel (The Netherlands) II. *Acta Bot. Neerl.*, 28, pp. 385-423.
- Cohen, J. L., Furtado J. C., Barlow M., Alexeev, V. A., Cgerry, J. E., 2012. Symmetric seasonal temperature trends. *Geophysical Research Letters*, 39(4), pp. 1-7.
- Danilans, I. J., 1955. O geologicheskom vozraste otlozenij presnovodnoj izvesti Latvijskoj SSR. *Izvestija AN Latv. SSR*, 9, s. 65-69 (In Russian).
- Danilans, I.J., 1957. *Golocenovije presnovodnije izvestkovije otlozenija Latvii*. AN LSSR, Riga, 151 s. (In Russian).
- Danilans, I. J., 1963. Podsapropelevij torf v oz. Babelite i visota urovna Ancilovogo ozera v vershine Rizskogo zaliva. *Voprosi chetverticnoj geologii*, AN LSSR, Riga, II, s. 135-139. (In Russian).
- Danilāns, I., 1973. *Chetvertichnije otlozenija Latviji*. Zinatne, Riga, 312 s. (Russian).
- Danilāns, I., 1995. Holocēna stratigrāfiskais iedalījums un šā laikposma paleoģeogrāfiskās īpatnības Latvijas teritorijā. *Grām. Kavacs, G. (red.). Latvijas Dabas Enciklopēdija. 2. sēj.* Preses nams, Rīga, lpp. 156-157.

- Daniļāns, I. J., Stelle, V. J., 1971. O piljceviņh zonah golocena i nekotorih regionalnih ih ocobennostjah na teritorii Latvii. *Paljinogicheskiye isledovanija v Pribaltiki*. Zinatne, Riga, s. 92-108. (Russian).
- Dansgaard, W., Johnsen, S. J., Clausen, H. B., Dahl-Jensen, D., Gundestrup, N. S., Hammer, C. U., Hvidberg, C. S., Steffensen, J. P., Sveinbjornsdottir, A. E., Jouzel, J., 1993. Evidence for general instability of past climate from a 250-kyr ice-core record. *Nature*, 364(6434), pp. 218–220.
- Davis, M. B., 2000. Palynology after Y2K-Understanding the source area of pollen in sediments. *Annual Review of Earth and Planet Sciences*, 28, pp. 1-18.
- Davidson, T. A., Sayer, C. D., Bennion, H., David, C., Rose, N., Wade, M. P., 2005. A 250 year comparison of historical, macrofossil and pollen records of aquatic plants in a shallow lake. *Freshwater Biology*, 50, pp. 1671–1686.
- Deevey, E.S, Gross, M.S, Hutchinson, G.E, Kraybill, H.L., 1954. The natural 14C contents of materials from hardwater lakes. *Proceedings of the National Academy of Sciences (USA)* 40(5), pp. 285–288.
- Dean, W. E. J., 1974. Determination of carbonate and organic matter in calcareous sediments and sedimentary rocks by loss on ignition: Comparison with other methods. *Journal of Sedimentary Research*, 44, pp. 242–248.
- Digerfeldt, G. 1986. Studies on past lake-level fluctuations. In Berglund, B. E. (ed.), *Handbook of Holocene Palaeoecology and Palaeohydrology*. John Wiley & Sons, Chichester, pp. 127–143.
- Digerfeldt, G., Hakansson, H., 1993. The Holocene paleolimnology of Lake Sambosjon. Southwestern Sweden. *Journal of Paleolimnology*, 8, pp. 189–210.
- Dravniece, A., 2006. *Okeāniskās un kontinentālās gaisa masas Latvijā*. Disertācija. Latvijas Universitāte, Rīga, 109 lpp.
- Eberhards, G. J., 1985. *Morfogenez doljini oblasti poslednevo materikovo oledjenje i sovremennije rechnije procesi*. Avtoreferat disertācija na soiskanija uchenoj stepenji doktora geograficheskih nauk. MGU im. M. V. Lomanosova, Moskva, 52 s. (In Russian).
- Eberhards, G., 2006. Geology and development of the paleolake Burtnieks during the Late Glacial and Holocene. In Larsson, L., Zagorska, I. (eds.), *Back to the Origin. New Research in the Mesolithic-Neolithic Zvejnieki Cemetery and Environment, Northern Latvia*. *Acta archaeologica Ludensia, series in 8°, No. 52*. Almqvist & Wiksell International, Lund, pp. 25–51.
- Ellenberg, H., 2009. *Vegetation Ecology of Central Europe*. Cambridge University Press, New York, 756 p.
- Erdtman, G., 1954. *An introduction to pollen analysis*. Waltham, Mass, USA, 239 p.
- Eronen, M., Hyvärinen, H., Zetterberg, P., 1999. Holocene humidity changes in northern Finnish Lapland inferred from lake sediments and submerged Scots pines dated by tree-rings. *The Holocene*, 9, pp. 569-580.
- Faegri, K., 1973. In memoriam O. Gunnar E. Erdtman 1897-1973. *Pollen et Spores* 15(1), pp. 5-12.
- Faegri, K., Iversen, J., 1989. *Textbook of pollen analysis*. John Wiley & Sons, Chichester, 328 p.
- Gaidamavicius, A., Stancikaite, M., Kisieliene, D., Mažeika, J., Gryguc, G., 2011. Post-glacial vegetation and environment of the Labanoras Region, East Lithuania: implications for regional history. *Geology Quarterly*, 55(3), pp. 269–284.
- Galenieks, M., 1931. Pollen Analysis from some Bogs in Eastern Latvia. Peat Research laboratory, *Acta Universitatis Latviensis*, 35.-42.lpp.
- Galenieks, M., 1935. Latvijas purvu un mežu atīstība pēcledus laikmetā. *Latvijas Universitātes raksti*, Lauksaimniecības fakultātes sērija, II, 581.-646.lpp.
- Galenieks, P., 1936. Latvijas floras vēsture. *Grām.* Malta, N., Galenieks, P. (red.), *Latvijas zeme, daba un tauta II*. Valters un Rapa, Rīga, 22.-23.lpp.
- Galeniece, M. P., Eglitis, U. A., 1964. Stratigrafija i genezis verhovih bolot severo-zapadnoj Latvii. *Rastitelnostj Latvijskoj SSR*, Riga, IV, s.79-85 (In Russian).
- Gaillard, M. J., Sugita, S., Bunting, M. J., Middleton, R., Bronstrom, A., Caseldine, K., Giesecke, T., Hellman, S. E., Hicks, S., Hjelle, K., Langdom, C., Nielsem, A. B., Poska, A., Stendingk,

- H., Veski, S., 2008. The use of modelling and simulation approach in reconstructing past landscapes from fossil pollen data: a review and results from the POLLANDCAL network. *Vegetation History and Archaeobotany*, 17, pp. 419-443.
- Gaillard, M. J., Sugita, S., Mazier, F., Trondman, A. K., Broström, A., Hickler, T., Kaplan, J. O., Kjellström, E., Kokfelt, U., Kuneš, P., Lemmen, C., Miller, P., Olofsson, J., Poska, A., Rundgren, M., Smith, B., Strandberg, G., Fyfe, R., Nielsen, A. B., Alenius, T., Balakauskas, L., Barnekow, L., Birks, H. J. B., Bjune, A., Björkman, L., Giesecke, T., Hjelle, K., Kalnina, L., Kangur, M., van der Knaap, W. O., Koff, T., Lagerås, P., Latałowa, M., Leydet, M., Lechterbeck, J., Lindbladh, M., Odgaard, B., Peglar, S., Segerström, U., von Stedingk, H., Seppä, H., 2010. Holocene land-cover reconstructions for studies on land cover-climate feedbacks. *Climate of the Past*, 6, pp. 483-499.
- Geyh, M. A., Schotterer, U., Grosjean, M., 1998. Temporal changes of the ^{14}C reservoir effect in lakes. *Radiocarbon*, 40, pp. 921-931.
- Gibbard, P. L., Smith, A. G., Zalasiewicz, J. A., Barry, T. L., Cantrill, D., Coe, A. L., Cope, J. C. W., Gale, A. S., Gregory, F. J., Powell, J. H., Rawson, P. F., Stone, P., Waters, C. N., 2005. What status for the Quaternary? *Boreas*, 34, pp. 1-6.
- Giesecke, T., Bjune, A. E., Chiverrell, R. C., Seppä, H., Ojala, A. E. K., Birks, H. J. B., 2008. Exploring Holocene continentality changes in Fennoscandia using present and past tree distributions. *Quaternary Science Reviews*, 27, pp. 1296-1308.
- Glime, J. M., 2012. Protozoa: Peatland Rhizopods. Chapter 2-5. In Glime, J. M. (ed.), *Bryophyte Ecology. Vol. 2, Bryological Interaction*, 251 p.
- Gorovneva, I., Kalnina, L., Cerina, A., 2009. Reconstruction of paleovegetation and sedimentation conditions in the north-eastern area of ancient Burtnieks Lake In Kalm, V., Laumets, L., Hang, T. (eds.), *Extent and timing of the Weichselian Glaciation southeast of the Baltic Sea. The INQUA Peribaltic Working Group Field Symposium in southern Estonia and northern Latvia, September 13-17, 2009: Abstracts & Guidebook*. Tartu Ülikooli Kirjastus, Tartu, pp. 15-16.
- Greatrex, P. A., 1983. Interpretation of macrofossil assemblages from surface sampling of macroscopic plant remains in mire communities. *The Journal of Ecology*, 71, pp. 773-791.
- Grimm, E. C., 1990. TILIA and TILIA*GRAPH. PC spreadsheet and graphics software for pollen data. *INQUA Working Group on Data-Handling Methods*, 4, pp. 5-7.
- Grimm, E. C., 1991. Tilia v.2.0.b.4. Illinois state museum, research and collections center.
- Grimm, E. C., 2004. Tilia graph v.2.0.2. Illinois state museum, research and collections center.
- Grimm, E. C., 2011. Tilia v.1.5.12. Illinois state museum, research and collections center.
- Grīnbergs, E. F., 1957. *Pozdnelednikovaja i poslednikovaja istorija poberezja Latvijskoj SSR*. Izdatelstvo Akademii Nauk Latvijskoj SSR, Riga, 127 s. (in Russian).
- Gudelis, V., 1976. *Geologija Baltijskovo morja*. Mokslas, Vilnius, 386 s. (In Russian).
- Hammarlund, D., Barnekow, L., Birks, H. J. B., Buchardt, B., Edwards, T. W. D., 2002. Holocene changes in atmospheric circulation recorded in the oxygen-isotope stratigraphy of lacustrine carbonates from northern Sweden. *The Holocene*, 12, pp. 339-351.
- Havinga, A. J., 1964. Investigation into the differential corrosion susceptibility of pollen and spores. *Pollen et Spores*, 4, pp. 621-635.
- Heikkilä, M., 2010. *Postglacial climate changes and vegetation responses in northern Europe*. Helsinki University Press, Helsinki, 55 p.
- Heikkilä, M., Seppä, H., 2010. Holocene climate dynamics in Latvia, eastern Baltic region: a pollen-based summer temperature reconstruction and regional comparison. *Boreas*, 39(4), pp. 705-719.
- Heikkilä, M., Fontana, S. L., Seppä, H., 2009. Rapid Lateglacial tree population dynamics and ecosystem changes in the eastern Baltic region. *Journal of Quaternary Science*, 24, pp. 802-815.
- Heiri, O., Lotter, A. F., Lemcke, G., 2001. Loss on ignition as a method for estimating organic and carbonate content in sediments: Reproducibility and comparability of results. *Journal of Paleolimnology*, 25, pp. 101-110.
- Hooghiemstra, H., 2012. Non-pollen palynomorphs: From unknown curiosities to informative fossils. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 186, pp. 2-4.

- Hughes, P. D. M., Mauquoy, D., Barber, K. E., Langdon, P. G., 2000. Mire-development pathways and palaeoclimatic records from a full Holocene peat archive at Walton Moss Cumbria, England. *The Holocene*, 10, pp. 465-479.
- Ilves, E., Medne, L. 1979. Chronostratigrafija golocenovih otlozenij zapadnoj chasti Lubanskoj ravnini. *Izvestija AN Estonskoj SSR, Geologija*, 28, 1, s. 26-31 (In Russian).
- Istomina, E. S., Koreņeva, M. M., Tjurenovs, S. N., 1938. *Atlas rastitelnih ostatkov, vstrechaevih v torfe*. Izdatelystvo Akademiji Nauk SSSR, Moskva, s.1-67 (In Russian).
- Jackson, S. T., 2009. Peatland archives of Holocene climate variability. *PAGES news*, 17(3), pp. 127.
- Jacobson, G. L., Jr., Bradshaw, R. H. W., 1981. The selection of sites for paleovegetational studies. *Quaternary Research*, 16, pp. 80-96.
- Jakubovska, I. 1996. Pediastrum aļģes kā peleoeoloģisko izmaiņu rādītājs Lubāna ezerā holocēna laikā. Latvijas Universitātes 55. zinātniskā konference. *Ģeogrāfija, Ģeoloģija, Vides zinātne*. Referātu tēzes. LU Akadēmiskais apgāds, Rīga, 21 lpp.
- Jankovská, V., Komárek, J., 2000. Indicative Value of Pediastrum and Other Coccal Green Algae in Paleocology. *Folia Geobotanica*, 35, pp. 59-82.
- Jessen, C. A., Rundgren, M., Björck, S., Hammarlund, D., 2005. Abrupt climatic changes and an unstable transition into a late Holocene Thermal Decline: a multiproxy lacustrine record from southern Sweden. *Journal of Quaternary Science*, 20, pp. 349-362.
- Juskevičs, V., 2000. Kvartāra nogulumu karte. *Krāj. Āboltiņš, O, Kuršs, V. (red.), Latvijas ģeoloģiskā karte, Mērogs 1:200 000*, 43. lapa-Rīga, 53. lapa-Ainaži; paskaidrojuma teksts un kartes. VĢD, Rīga, 68 lpp.
- Juskevičs, V., Markots, A., Nartišs N., Zelčs, V., 2008. Baltijas ledus ezera krasta veidojumi Vidzemes piekrastē. LU 66. zinātniskās konference. *Ģeogrāfija. Ģeoloģija. Vides zinātne*. Referātu tēzes. LU Akadēmiskais apgāds, Rīga, 197.-198. lpp.
- Juškevičs, V., Meirons, Z., Straume, J., Birgers, A., Arhārova, T., 1981. Latvijas kvartāra nogulumu karte. Latvijas PSR Ģeoloģijas pārvalde, Rīga, 2 lpp.
- Kabailienė, M., 1998. Vegetation History and Climate Changes in Lithuania during the Late Glacial and Holocene, According to Pollen and Diatom Data. In Kabailiene, M., Miller, U., Moe, D., Hackens, T., (eds.) *Environmental History and Quaternary Stratigraphy of Lithuania*. PACT, 54. Council of Europe. Rixensart, Belgium, pp. 13-30.
- Kabailienė, M., 2006. Late Glacial and Holocene stratigraphy of Lithuania based on pollen and diatom data. *Geologija*, 54, pp. 42-48.
- Kabucis, I., 1998. Ziemeļvidzemes ģeobotāniskais rajons. Latvijas daba. *Latvijas Dabas Enciklopēdija. 6. sēj.* Preses nams, Rīga, 139.lpp.
- Katz, N. J., Katz, S. V., Skobejeva, E. I., 1977. *Atlas rastitelnih ostatkov v torfah*. Nedra, Moskva, 339 s. (In Russian).
- Kalniņa, L., 2006. Paleovegetation and human impact in the surrounding of the ancient Burtnieks Lake as reconstructed from pollen analysis. In Larsson, L., Zagorska, I. (eds.), *Back to the Origin. New Research in the Mesolithic/Neolithic Zvejnieki Cemetery and Environment, Northern Latvia*. Almqvist & Wiksell International, Lund, pp. 53-74.
- Kalniņa, L., 2008. Purvu veidošanās un attīstība Latvijā. *Grām. Pakalne, M. (red.), Purvu aizsardzība un apsaimniekošana īpaši aizsargājamās teritorijās Latvijā*. Latvijas Dabas Fonds, Jelgavas tipogrāfija, Rīga, 20.-25. lpp.
- Kalnina, L., Nikodemus, O., Silamikele, I., Platniece, D., 2003. Influences of hydrological change on peat humification, microfossil stratigraphy and chemistry in mires of Kemer National Park. In Järvet, A., Lode, E. (eds.), *Ecological processes in Northern wetlands*. Selected papers. Tallinn-Tartu, pp. 64-70.
- Kalnina, L., Cerina, A., Vasks, A., 2004. Pollen and plant macroremain analyses for the reconstruction of environmental changes in the Early Metal Period. In Scott, E. M., Alekseev, A.Yu., Zaitseva, G. (eds.), *Impact of the Environment on Human Migration in Eurasia*. NATO Science series. Kluwer Academic Publishers, pp. 275-289.

- Kalniņa, L., Gorovņeva, I., Kušķe, E., 2008a. Purvu veidošanās un attīstība Baltijas ledus ezera Vidzemes piekrastes austrumu malā. LU 66. zinātniskās konference. *Ģeogrāfija. Ģeoloģija. Vides zinātne*. Referātu tēzes. LU Akadēmiskais apgāds, Rīga, 198.-199.lpp.
- Kalnina, L., Cerina, A., Gorovneva, I., Berzins, V., 2008b. Stone Age settlements on peatlands in Latvia. In Farrell, C., Feehan, J. (eds.), *After Wise Use-The Future of Peatlands. Proceedings of the 13th International Peat Congress, June 8-13, 2008: Volume 1*. Tullamore, Ireland, pp. 539-572.
- Kalnina, L., Lācis, A., Gorovņeva, I., Kušķe, E., Silamiķele, I., Namatēva, A., 2008c. Geological history of mires in Latvia. *International seminar „Raised Bog Conservation and Management”*. June 30-July 4, 2008, Lielupe, Latvia, p. 11.
- Kalnina, L., Gorovņeva, I., Kušķe, E., Silamiķele, I., 2008d. Mire stratigraphy in Latvia. In Hints, O., Ainsaar, L., Mannik, P., Meidla T. (eds.), *The seventh Baltic stratigraphical conference. May 17-28, 2008: Abstracts & Field guide*. Tallinn, Estonia, p. 31.
- Kalniņa, L., Kušķe, E., Ceriņa, A., Ozola, I., Stivriņš, N., 2009. Stop 9. Seda Mire-postglacial paludification and development of mires in Latvia. In Kalm, V., Laumets, L., Hang, T. (eds.), *Extent and timing of the Weichselian Glaciation southeast of the Baltic Sea. The INQUA Peribaltic Working Group Field Symposium in southern Estonia and northern Latvia, September 13–17, 2009: Abstracts & Guidebook*. Tartu Ülikooli Kirjastus, Tartu, pp. 82-85.
- Kalnina, L., Cerina, A., Ozola, I., Grudzinska, I., Pujate, A., Kuske, E., 2012. Fen and raised bog development in the areas of former Littorina sea lagoons at the Coastal Lowland of Latvia. *Peatlands in Balance. Proceedings of the 14th International Peat congress, Extended abstract No. 320*, Sweden, pp. 1-6.
- Kangur, M., 2005. Palynostratigraphy of Holocene lake sediments on the Otepää Heights, southern Estonia. *Proceedings of the Estonian Academy of Sciences, Geology*, 54 , 52–68.
- Kangur, M., Koff, T., Punning, J.-M., Vainu, M., Vandel, E., 2009. Lithology and biostratigraphy of the Holocene succession of Lake Kūži, Vidzeme Heights (Central Latvia). *Geological Quarterly*, 53, pp. 99–208.
- Katz, N., Ya, Katz, S. V., Skobeeva, E. I., 1977. *Atlas rastitel'nykh ostatkov v torfakh*. Nedra, Moscow , 371 s. (In Russian).
- Karofeld, E., 1998. The dynamics of the formation and development of hollows in raised bogs in Estonia. *The Holocene*, 8, pp. 697-704.
- Koff, T., Vandel, E., 2008. Spatial distribution of macrofossil assemblages in surface sediments of two small lakes in Estonia. *Estonian Journal of Ecology*, 57, pp. 5–20.
- Koff, T., Terasmaa, J., 2011. The sedimentary sequence from the Lake Kūži outcrop, central Latvia: implications for late glacial stratigraphy. *Estonian Journal of Earth Sciences*, 60, pp. 113-122.
- Korhola, A., 1992. Mire induction, ecosystem dynamics and lateral extension on raised bogs in the southern coastal area of Finland. *Fennia*, 170, pp. 25-94.
- Korhola, A., 1995. Holocene climatic variations in southern Finland reconstructed from peat-initiation data. *The Holocene*, 5, pp. 43-58.
- Krauklis, I., 1997. Puikules-Tēvgāršas purvs. *Latvijas Dabas Enciklopēdija. 4. sēj.* Preses nams, Rīga, 178.lpp.
- Kuneš P., Vad Odgaard B., Gaillard, M.J., 2011. Soil phosphorus as a control of productivity and openness in temperate interglacial forest ecosystems. *Journal of Biogeography*, pp. 2150-2164.
- Kušķe, E., Kalniņa, L., Gorovņeva, I., Silamiķele, I., 2008. Reconstruction of mire development according paleobotanical data. *12th International Palynological Congress, 8th International organisation of paleobotany conference, Bonn, Germany, August 30-September 05, 2008*, p. 153.
- Kušķe, E., Silamiķele, I., Kalniņa, L., Kļaviņš, M., 2010. Peat Formation Conditions and Peat Properties: a Study of two Ombrotrophic Bogs in Latvia. In Kļaviņš, M. (ed.), *Mires and Peat*. University of Latvia Press, Riga, pp. 56-70.
- Kušķe, E., Kalniņa, L., Ozola, I., Stivriņš, N., Grudzinska, I., Zeimule, S., Ratniece, V., 2013. Purvu veidošanās un attīstības raksturs Latvijā. *Latvijas Universitātes 71. zinātniskā*

- konference. *Ģeogrāfija. Ģeoloģijas. Vides zinātne*. Referātu tēzes. LU Akadēmiskais apgāds, Rīga, 447.-449. lpp.
- Kutzbach, J. E., Webb, T., 1993. Conceptual understanding of climate change. In Wright, H. E., Jr., Kutzbach, J. E., Webb, T., Ruddiman, W. F., Street-Perrott, F.A., Bartlein, P. J. (eds.), *Global Climates Since the Last Glacial Maximum*. University of Minnesota Press, Minneapolis, pp. 5-11.
- Lācis, A., 2010. Purvu apzināšana un izpēte Latvijā, pielietotās metodes un sasniegtie rezultāti. *Latvijas Universitātes raksti, Zemes un vides zinātnes*. 752. sējums. LU, Rīga, 106.-115. lpp.
- Lācis, A., 1996. Rietumlatvijas kūdras resursi. Valsts ģeoloģijas dienests. Rīga, 43 lpp.
- Lācis, A., Kalniņa, L., 1998. Purvu uzbūve un attīstība Teiču valsts rezervātā. Latvijas purvu veģetācijas klasifikācija un dinamika. *LU zinātniskie raksti*, 613 sējums. LU, Rīga, 39.-55.lpp.
- Langdon, P. G., Barber, K. E., Hughes, P. D. M., 2003. A 7500-year peat-based palaeoclimatic reconstruction and evidence for an 1100-year cyclicity in bog surface wetness from Temple Hill Moss, Pentland Hills, southeast Scotland. *Quaternary Science Reviews*, 22, pp. 259-274.
- Larocque, I., Hall, R. I., 2004. Holocene temperature estimates and chironomid community composition in the Abisko Valley, northern Sweden. *Quaternary Science Reviews*, 23, p. 2453.
- Last, W. M., Smol, J. P., 2001. Basin Analysis, Coring, and Chronological Techniques. In Last, W. M., Smol, J. P. (eds.), *Tracking Environmental Change Using Lake Sediments. Vol. 1*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, p. 548.
- Latvijas PSR Kūdras fonds uz 1980. gada 1. janvāri, 1980. Latvijas PSR Meliorācijas un ūdenssaimniecības ministrija, Latvijas Valsts Meliorācijas projektēšanas institūts, Rīga, 705 lpp.
- Lauterborn, R., 1901. Die sapropelische, Lebewelt. *Zool. Anz.* 24, pp.50-55.
- Levkovskaja, G. M., 1987. *Priroda i chelovek v srednem golocene Lubanskoj nizini*. Zinatne, Riga, 123 s. (In Russian).
- Lindbladh, M., Foster, D. R., 2010. Dynamics of long-lived foundation species: the history of *Quercus* in southern Scandinavia. *Journal of Ecology*, 98, pp. 1330-1345.
- Linden, M., Möller, P., Björck, S., Sandgren, P., 2006. Holocene shore displacement and deglaciation chronology in Norrbotten, Sweden. *Boreas*, 35, pp. 1-22.
- Loze, I. A., 1988. *Poselenija kamennogo veka Lubanskoj nizini. Mezolit, rannij i srednij neolit*. Zinatne, Riga, s. 5–17 (In Russian).
- Lowe, J. J., Walker M. J. C., 1997. *Reconstructing Quaternary environments*. Pearson-Prentice Hall, Harlow, 446 pp.
- Lowe, J. J., Rasmussen, S.O., Björck, S., Hoek, W. Z., Steffensen, J. P., Walker, M. J. C., Yu, Z. C., the INTIMATE group, 2008. Synchronisation of paleoenvironmental events in the North Atlantic region during the last Termination: a revised protocol recommended by the INTIMATE group. *Quaternary Science Reviews*, 27, pp. 6-17.
- Mäemets, H., 1983. Palynological and radiocarbon data on the postglacial vegetational history of Haanja Elevation (ESSR). In Kurvits, J. (ed.), *Man, vegetation and soils*. Tartu, pp. 98-111 (in Russian with English summary).
- Maksimov, A., 1995. The use of peat botanical composition for reconstruction of ecological conditions of mire plant communities. *Helsinki, Finnish-karelian symposium on mire conservation and classification*. National board of waters and the environment. pp. 29-35.
- Malmer, N., 1986. Vegetational gradients in relation to environmental conditions in northwestern European mires. *Canadian Journal of Botany*, 64, pp. 375-383.
- Malterer, T. J., Verry, E. S., Erjavec, J., 1992. Fiber content and degree of decomposition in peats: review of national methods. *Soil Science Society of America Journal*, 56(4), pp. 1200-1211.
- Mangerud, J., Andersen, S. T., Berglund, B. E., Dorrner, J. J. 1974. Quaternary stratigraphy of Norden, a proposal for terminology and classification. *Boreas*, 3, pp. 109-128.
- Mangerud, J., Birks, H., Jäger, K. D., 1982. Chronostratigraphical subdivisions of the Holocene: A review. *Striae*, 16, pp. 1-6.
- Markots, A., Zelča, L., Zelčs, V., 1993. Dinamiskie sūnekļi. *Latvijas Daba*, 2, 20.-21. lpp.
- Matthews, J. A., Briffa, K. R., 2005. The „Little Ice Age”: reevaluation of an evolving concept. *Geografiska Annaler.*, 87 A (1), pp. 17-36.

- Mauquoy, D., Engelkes, T., Groot, M. H. M., Markesteijn, F., Oudejans, M. G., van der Plicht, J., van Geel, B., 2002. High-resolution records of late-Holocene climate change and carbon accumulation in two north-west European ombrotrophic peat bogs. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 186, pp.275-310.
- Mauquoy, D., Blaauw, M., van Geel, B., Borronei, A., Quattrocchio, M., Chambers, F. M., Possnerte, G., 2004. Late Holocene climatic changes in Tierra del Fuego based on multiproxy analyses of peat deposits. *Quaternary Research*, 61, pp.148– 158.
- Mauquoy, D., Hughes, P. D. M., van Geel, B., 2010. A protocol for plant macrofossil analysis of peat deposits. *Mires and Peat*, 7, pp.1–5.
- Mayewski, P. A., Rohling, E. E., Stager, J. C., Karlen, W., Maasch, K. A., Meeker, L. D., Meyerson, E. A., Gassef, F., van Kreveland, S., Holmgren, K., Lee-Thorp, J., Rosqvist, G., Rack, F., Staubwasser, M., Schneider, R. R., Steig, E. J., 2004. Holocene climate variability. *Quaternary Research*, 62, pp.243– 255.
- Mazei, Y. A., Tsyganov, A. N., 2006. Presnovodnyje Rakovinnnye Ameby. Tovarishchestvo nautchnykh izdanij KMK, Moscow. 304 s. (In Russian).
- Meadow, J., 2011. Palaeoenvironmental reconstruction: building better age-depth models. In Campbell, G., Moffett, L., Straker, V. (eds.), *Environmental Archaeology. A Guide to the Theory and Practice of Methods, from Sampling and Recovery to Post-excavation (second edition)*. English Heritage, Swindon. pp. 31-33.
- Moore, P. D., Webb, J. A., 1978. *An Illustrated Guide to Pollen Analysis*. Blackwell, Oxford, 133 pp.
- Nielsen, A. B., Odgaard, B., 2004. The use of historical analogues for interpreting fossil pollen records. *Vegetation History and Archaeobotany*, 13, pp. 33-43.
- Nielsen, A. B., Giesecke, T., Theuerkauf, M., Feeser, I., Behre, K. E., Beug, H. J., Chen, S. H., Christiansen, J., Dorfler, W., Endtmann, J. S., de Klerk, P., Kuhl, N., Latalowa, M., Vad Odgaards, B., Rasmussen, P., Stockholm, J. R., Voigt, R., Wiethold, J., Wolters, S., 2012. Quantitative reconstructions of changes in regional openness in north-central Europe reveal new insights into old questions. *Quaternary Science Reviews*, 47, pp.131-149.
- Nilsson, S., Pragłowski, J., Nilsson, L., 1977. *Atlas of Airborne Pollen Grains and Spores in Northern Europe*. Ljungföretagen, Stockholm, 159 pp.
- Nilsson, M., Klarqvist, M., Bohlin, E., Possnert, G., 2001. Variation in ¹⁴C age of macrofossils and different fractions of minute peat samples dated by AMS. *The Holocene*, 11, pp.579–586.
- Niinemets, E., Saarse, L., Poska, A., 2002. Vegetation history and human impact in the Parika area, Central Estonia. *Proceedings of Estonian Academy of Science, Geology.*, 51, 4, pp. 241–258.
- Niinemets, E., Saarse, L., 2006. Holocene forest dynamics and human impact in southeastern Estonia. *Vegetation History and Archaeobotany*, 16, pp.1-13.
- Niinemets, E., Saarse, L., 2007. Midand late-Holocene land-use changes inferred from pollen record, in a south-eastern Estonian upland area. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 146, pp.51-73.
- Niinemets, E., Saarse, L., 2009. Holocene vegetation and land-use dynamics of south-eastern Estonia. Elsevier. *Quaternary International*, 207, pp. pp.104-116.
- Niinemets, E., Saarse, L., Poska, A. 2002. Vegetation history and human impact in Parika area, Central Estonia. *Proceedings of the Estonian Academy of Sciences*, 51, 4, pp. 241-258.
- Nomals, P., 1930a. Ūdens, minerālvielu un slāpekļa daudzums un grupējums Latvijas purvos. Doktora darbs. Latvijas Universitāte.
- Nomals, P., 1930b. Latvijas purvi. Latvijas Ģeogrāfijas biedrība, Rīga, 135 lpp.
- Nomals, P., 1936. Latvijas purvi. *Latvijas zeme, daba un tauta II*. Valters un Rapa, Rīga, 311-149. Lpp.
- Nomals, P., 1937. Kurzemes purvu apskats. *Rīgas Latviešu biedrības zinātņu komitejas rakstu krājums. Dabas zinātņu raksti*. 161.-150. Lpp.
- Nomals, P., 1939. Zemgales purvu apskats. LU raksti, lauksaimniecība, IV, 225.-428. lpp.
- Nomals, P., 1943. Vidzemes un Latgales purvu apskats. Zemes Bagātību pētīšanas institūta raksti; 4.1. 486 lpp.

- Nomals, P., 1944. Skats Latvijas kūdras rūpniecībā. Zemes Bagātību pētīšanas institūta raksti; 4.4., 52 lpp.
- O'Brien, S. R., Mayewski, P. A., Meeker, L. D., Meese, D. A., Twickler, M. S., Whitlow, S. I., 1995. Complexity of Holocene Climate as Reconstructed from Greenland Ice Core. *Science*, 270, pp. 1962-1964.
- Oswald, W. W., Anderson, P. M., Brown, T. A., Brubaker, L. B., Hu, F. Sh., Lozhkin, A. V., Tinner, W., Kaltenrieder, P., 2005. Effects of sample mass and macrofossil type on radiocarbon dating of arctic and boreal lake sediments. *The Holocene*, 15, pp. 758-767.
- Overbeck, F., 1975. *Botanisch-geologisch Moorkunde*. Karl Wacholtz Verlag, Neumünster, 719 pp.
- Overpeck, J. T., Cole, J. E., 2006. Abrupt Climate Change in Earth's Climate System. *Annual Review of Environment and Resources*, 31, pp. 1-31.
- Ozola, I., Ratniece, V., 2012. Veģetācijas rekonstrukcija balstoties uz REVEALS modeli un putekšņu datiem no purvu un ezeru nogulumiem. *Krāj. Ģeogrāfija. Ģeoloģija. Vides zinātne. LU 70. zinātniskās konferences referātu tēzes. Rīga, LU Akadēmiskais apgāds*. 344.-348. lpp.
- Ozola, I., Ceriņa, A., Kalniņa, L., 2010a. Reconstruction of palaeovegetation and sedimentation conditions in the area of ancient Lake Burtnieks, northern Latvia. *Estonian Journal of Earth Sciences*, 59, pp. 164-179.
- Ozola, I., Ceriņa, A., Kalniņa, L., 2010b. Paleoveģetācijas attīstība Burtnieka senezerā un tā apkārtnē pie Pantenes. *Latvijas Universitātes raksti. Zemes un vides zinātnes*. 752. sējums. LU, 75.-87. lpp.
- Ozola, I., Stivriņš, N., Kuške, E., Kalniņa, L., 2010c. REVEALS modeļa izmantošana paleoainavu rekonstrukcijai-metodes kritēriji un pirmie rezultāti. *Krāj. Ģeogrāfija. Ģeoloģija. Vides zinātne. LU 68. zinātniskās konferences referātu tēzes. Rīga, LU Akadēmiskais apgāds*. 341.-343.lpp.
- Ozola, I., Cerina, A., Kalnina, L., 2010d. Diversity of lanscape during the Stone Age in the vicinity of Lake Burtnieks, Northern Latvia. *8th European palaeobotany-Palynology Conference, July 6-10, 2010: Programm and Abstracts*. Budapest, Hungary, pp. 183-184.
- Ozola, I., Cerina, A., Kalnina, L., Apsite, L., Berzins, V., 2010e. Archaeobotanical studies in the lake Burtnieks area, Northeastern Latvia. *In Bittmann, F. (ed.), 15th International Conference of the International Work Group for Palaeoethnobotany, TERRA NOSTRA-Schriften der GeoUnion Alfred-Wegener-Stiftung, Volume 2, 2010*. Lower Saxony Institute for Historical Coastal Research, Berlin, pp. 161.
- Ozola, I., Kalnina, L., Ratniece, V., 2012. The holocene vegetation reconstruction from mire and lake sediments in North Eastern Latvia using pollen records. *Peatlands in Balance. Proceedings of the 14th International Peat congress, Extended abstract No. 316*, Sweden. pp. 1-6.
- Ozola, I., Ratniece V., 2013. Palaeoenvironmental changes and geological development of the Puikule Mire. *In Mire and lake investigations. (Pieņemts publicēšanai)*.
- Pakalne, M., Kalnina, L., 2005. Mire ecosystems in Latvia. *In Steiner, G.M. (ed.), Moore-von Sibirien bis Feuerland/Mires-from Siberia to Terra del Fuego. Biologiezentrum der Oberösterreichischen Landesmuseen*. Linz, pp. 147-174.
- Piterāns, A., Vimba, E., Vulfa, L., 1975. *Zemāko augu sistemātika*. Izdevniecība Zvaigzne, Rīga, 278 lpp.
- Poska, A., Seppä, E., Veski, S., Koppel, K., 2008. Using quantitative pollen-based land-cover estimations and a spatial CA_Markov model to reconstruct the development of cultural landscape at Rõgue, Sout Estonia. *Vegetation History and Archaeobotany*, 17, pp. 527-541.
- Prentice, I. C., 1985. Pollen Representation, Source Area, and Basin Size; Toward a Unified Theory of Pollen Analysis. *Quaternary Research*, 23(1), pp. 76-86.
- Prentice, I. C., Webb, T., 1986. Pollen percentages, tree abundances and the Fagerlind effect. *Journal of Quaternary Science*, 1, pp. 35-43.
- Ratniece, V., Ozola, I., 2012. Palaeoenvironment changes and geological development of the Puikule Mire. *In Pakalne, M. (ed.), Raised Bog seminar Sharing expertise on Raised Bog management, July 23-25, 2012: Abstracts and Field guide*. University of Latvia, Riga, p. 91.

- Räsänen, S., Hicks, S., Vad Odgaard, B., 2004. Pollen deposition in mosses and in a modified 'Tauber trap' from Hailuoto, Finland: what exactly do the mosses record? *Review of Palaeobotany and Palynology*, 129, pp. 103-116.
- Renssen, H., Sepä, H., Heiri, O., Roche, D. M., Goosse, H., Fichet, T., 2009. The spatial and temporal complexity of the Holocene thermal maximum. *Nature Geoscience*, 2, pp. 411-414.
- Roberts, N., 1989. *The Holocene: an environmental history*. B. Blackwell, Oxford, UK, New York, NY, USA, 305 p.
- Rudzoga, A., 1984. *Alģes, to nozīme dabā un cilvēka dzīvē*. Izdevniecība „Zinātne”, Rīga, 119 lpp.
- Saarse, L., Harrison, S. P. 1992. Holocene lake-level changes in the eastern Baltic region. *Man and Nature*, Academy Science Estonia, Estonian Geographical Society, Tallinn. pp. 6–20.
- Saarse, L., Rajamäe, R., 1997. Holocene vegetation and climate change on the Haanja Heights, SE Estonia. *Proceedings of the Estonian Academy of Sciences. Geology*, 46(2), pp. 75-92.
- Saarse, L., Niinemets, E., 2007. Environmental changes in SE Estonia during the last 700 years. *Boreal Environment Research*, 12, pp. 611-621.
- Sarv, A. A., 1983. Stratigraphical subdivision of the Holocene bog and lacustrine deposits of the Remmeski and Senno sections. In Bartosh, T. D. (ed.), *Palynology in Continental and Marine Geologic Investigations*. Zinatne, Riga, pp. 77–83 (in Russian with English summary).
- Sarv, A. A., Ilves, E. O., 1976. Geochronological subdivision of Holocene bog-lacustrine deposits in South-western Estonia. In Bartoš, T. D. (ed.) *Palynology in continental and marine geologic investigations*. Zinātne, Rīga. pp. 47-59. (In Russian with summary in English).
- Schoning, K., 2012. Peat geological history in the pioneer L. von Post trails-changes of peatlands during last 90 years. *Excursion No. 2. The 14th International Peat Congress „Peatlands in Balance” Stockholm, Sweden, June 3-8, 2012*. IPS, pp. 3-18.
- Scott, H. G., Stojanovich, C. J., 1963. Digestion of *Juniper* pollen Collembola. *Florida Entomologist*, 46, pp. 188-191.
- Segliņš, V., Kalniņa, L., Lācis, L., 1999. The Lubans Plain, Latvia as Reference Area for Long Term Studies of Human Impact on the Environment. In Miller, U., Hackens, T., Lang, V., Raukas, A., Hicks, Sh. (eds.), *Environmental and cultural history of the Baltic Region*. Rixensart, Belgium, pp. 105-130.
- Segliņš, V., 2000. Holocēna putekšņu zonu reģionālās iezīmes Latvijā. *Latvijas ģeoloģijas vēstis*, 8, 37.-43. lpp.
- Segliņš, V., 2001a. *Holocēna nogulumu stratigrāfija Latvijā un to starpreģionālā korelācija*. Elpa-2, LU, Rīga, 191 lpp.
- Segliņš, V., 2001b. *Latvijas holocēna nogulumu sporu un putekšņu diagrammu katalogs*. LU, Rīga, 528 lpp.
- Segliņš, V., 2001c. *Latvijas holocēna sporu un putekšņu diagrammas*. LU, Rīga, 95 lpp.
- Segliņš, V., 2002. *Holocēna nogulumu stratigrāfija Latvijā*. Elpa -2, LU, Rīga, 256 lpp.
- Seppä, H., Poska, A., 2004. Holocene annual mean temperature changes in Estonia and their relationship to solar insolation and atmospheric circulation patterns. *Quaternary Research*, 61, pp. 22-31.
- Seppä, H., Birks, H. J. B., Odland, A., Poska, A., Veski, S., 2004. A modern pollen-climate calibration set from northern Europe: developing and testing a tool for palaeoclimatological reconstructions. *Journal of Biogeography*, 31(2), pp. 251-267.
- Seppä, H., Hammarlund, D., Antonsson, K., 2005. Low- and high-frequency changes of temperature and effective humidity during the Holocene in south central Sweden: Implications for atmospheric and oceanic forcings of climate, *Climate Dynamics*, 25, pp. 285–297.
- Seppä, H., Birks, H. J. B., Giesecke, T., Hammarlund, D., Alenius, T., Antonsson, K., Bjune, A. E., Heikkilä, M., MacDonald, G. M., Ojala, A. E. K., Telford, R. J., Veski, S., 2007. Spatial structure of the 8200 cal yr BP event in northern Europe. *Climate of the Past*, 3, pp. 225-236.
- Shore, J. S., Bartley, D. D., Harkness, D. D., 1995. Problems encountered with the ¹⁴C dating of peat. *Quaternary Science Reviews*, 14, pp. 373–383.
- Silamiķele, I. 2010. *Humifikācijas un ķīmisko elementu akumulācijas raksturs augsto purvu kūdrā atkarībā no tās sastāva un veidošanās*. Disertācija. Rīga, Latvijas Universitāte, 166 lpp.

- Sillasoo, U., Mauquoy, D., Blundell, A., Charman, D., Blaauw, M., Daniell, J. R. G., Toms, P., Newberry, J., Chambers, F. M., Karofeld, E., 2007. Peat multi-proxy data from Männikjärve bog as indicators of late Holocene climate changes in Estonia. *Boreas*, 6, pp. 20-37.
- Sohar, K., Kalm, V., 2008. A 12.8-ka-long palaeoenvironmental record revealed by subfossil ostracod data from lacustrine freshwater tufa in Lake Sinijärv, northern Estonia. *Journal of Paleolimnology*, 40, pp. 809–821.
- Solhoy, T., 2001. Oribatid mites. In Last, W. M., Smol, J. P. (eds.), *Tracking Environmental Change Using Lake Sediments. Vol. 4*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, pp. 81-104.
- Stančikaite, M., Šinkunas, P., Šeirienė, V., Kisieliene, D., 2008. Patterns and chronology of the Lateglacial environmental development at Pamerkiai and Kašučiai, Lithuania. *Quaternary Science Reviews*, 27, pp. 127–147.
- Stančikaite, M., Kisieliene, D., Moe, D., Vaikutienė, G., 2009. Lateglacial and early Holocene environmental changes in northeastern Lithuania. *Quaternary International*, 207(1–2), pp. 80–92.
- Strautnieks I., 1995. Vidzemes piekraste. Latvijas daba. Enciklopēdija. 4. Sējums. Latvijas enciklopēdija. Rīga. 195. lpp.
- Stuiver, M., Reimer, P. J., 1993. Extended ^{14}C database and revised CALIB 3.0 ^{14}C age calibration program. *Radiocarbon*, 35, pp. 215-230.
- Sugita, S., 2007. Theory of quantitative reconstruction of vegetation I: pollen from large site REVEALS regional vegetation composition. *The Holocene*, 17, pp. 229-241.
- Sugita, S., Gaillard, M.-J., Hellman, S., Broström, A., 2008. Model-based reconstruction of vegetation and landscape using fossil pollen, in: Posluschny A, Lambers, K., Herzog, I. (eds.), *Proceedings of the 35th International conference on computer applications and quantitative methods in archaeology*. Habelt, Berlin, pp. 385-391.
- Sugita, S., Hicks, S., Sormunen, H., 2010. Absolute pollen productivity and pollen–vegetation relationships in northern Finland. *Journal of Quaternary Science*, 25, pp. 724–736.
- Šnore, A., 2004. *Kūdra Latvijā*. Latvijas kūdras ražošanas asociācija, Rīga, 62 lpp.
- Terasmaa, J., Puusepp, L., Marzecova, A., Vandel E., Vaasma, T., Koff, T., 2013. Natural and human-induced environmental changes in Eastern Europe during the Holocene: a multi-proxy palaeolimnological study of a small Latvian lake in a humid temperate zone. *Journal of Paleolimnology*, Volume 49, Issue 4, pp. 663-678
- Tinner, W., Lotter, A. F., 2001. Central European vegetation response to abrupt climate change at 8200 ka. *Geology*, 29, pp. 551–554.
- Tjuremnov, S. N., 1976. Torfjanije mestorozhdenije. Nedra, Moskva, 488 s. (In Russian).
- Tolonen, K., 1966. Stratigraphic and rhizopod analyses on an old raised bog, Varrassuo, in Hollola, South Finland. *Annales Botanici Fennici*, 3, pp. 147–166.
- Tooley, M. J., 1979. *Sea-level Changes: North-West England During the Flandrian Stage*. Clarendon Press, Oxford, 250 p.
- Twiddle, C. L., Bunting, M. J., 2010. Experimental investigations into the preservation of pollen grains: A pilot study of four pollen types. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 162, pp. 621-630.
- van Geel B., Coope, G.R., Van der Hammen, T., 1989. Palaeocology and stratigraphy of the Lateglacial type section at Usselo (The Netherlands). *Review of Palaeobotany and Palynology*, 60, pp. 25-129.
- van Geel B., 1998. A study of non-pollen objects in pollen slides. In van Hove, E. L., Hendrikse, M. (eds), Utrecht, 291 p.
- van Geel, B., Buurman, J., Brinkkemper, O., Schelvis, J., Aptroot, A., van Reenen, G, Hakbijl, T., 2003. Environmental reconstruction of a Roman period settlement site in Uitgeest (The Netherlands), with special reference to coprophilous fungi. *J. Archaeol. Sci.*, 30, pp. 873–883.
- Veski, S., 1998. Vegetation history, human impact and palaeogeography of West Estonia. Pollen analytical studies of lake and bog sediments. *STRIAE*, 38, 119 p.
- Veski, S., Seppä, H., Ojala, A. E. K., 2004. Cold event at 8200 yr B.P. recorded in annually laminated lake sediments in eastern Europe. *Geology*, 32, pp. 681–684.

- Veski, S., Amon, L., Heinsalu, A., Reitalu, T., Saarse, L., Stivrins, N., Vassiljev, J., 2012. Lateglacial vegetation dynamics in the eastern Baltic region between 14,500 and 11,400 cal yr BP: A complete record since the Bølling (GI-1e) to the Holocene. *Quaternary Science Reviews*, 40, pp. 39-53.
- von Beug, H.-J., 2004. *Leitfaden der Pollenbestimmung für Mitteleuropa und angrenzende Gebiete*. Verlag Dr. Freidrich Pfeil, München, 542 p.
- von Grafenstein, U., Erlenkeuser, H., Müller, J., Jouzel, J., Johnsen, S., 1998. The short cold period 8,200 years ago documented in oxygen isotope records of precipitation in Europe and Greenland. *Climate Dynamics*, 14, pp. 73–81.
- von Post, L., 1916. Skogträdpollen i sydsvenska torvmosselagerföljder (Forest tree pollen in south Swedish peat bog deposits). *Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar*, 38, pp. 433–465.
- von Post, L., 1924. Das Genetische System der Organogenen Bildungen Schwedens. *Committee Soil Science*, 22, pp. 287-304.
- von Post, L., Granlund, E., 1926: Södra Sveriges Torvtillgångar I. *Sveriges Geologiska Undersökning Serie C*, 335, pp. 1-127.
- von Post, 1946. The Prospect for Pollen Analysis in the Study of the Earth's Climatic History. *New Phytologist*, 45, pp. 198- 203.
- Walker, M., Johnsen, S., Rasmussen, S. O., Popp, T., Steffensen, J. P., Gibbard, P., Hoek, W., Lowe, J., Andrews, J., Björck, S., Cwynar, L. C., Hughen, K., Kershaw, P., Kromer, B., Litt, T., Lowe, D. J., Nakagawa, T., Newnham, R., Schwander, J., 2009. Formal definition and dating of the GSSP (Global Stratotype Section and Point) for the base of the Holocene using the Greenland NGRIP ice core, and selected auxiliary records. *Journal of Quaternary Science*, 24, pp. 3–17.
- Walker, M. J. C., Berkelhammer, M., Björck, S., Cwynar, L. C., Fisher, D. A., Long, A. J., Lowe, J. J., Newham, R. M., Rasmussen, S. O., Weiss, H., 2012. Formal subdivision of the Holocene Series/Epoch: a Discussion Paper by a Working Group of INTIMATE (Integration of ice-core, marine and terrestrial records) and the Subcommittee on Quaternary Stratigraphy (International Commission on Stratigraphy). Discussion Paper. *Journal of Quaternary Science*, 27(7), pp. 649–659.
- Wang, Y., Herzschuh, U., 2011. Reassessment of Holocene vegetation change on the upper Plateau using the pollen-based REVEALS model. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 168, pp. 31-40.
- Wanner, H., Butikofer, J., 2008. Holocene Bond Cycles: real or imaginary? *Geografie-Sbornik ČGS*, 113(4), pp. 338-350.
- Wanner, H., Beer, J., Bütikofer, J., Crowley, T. J., Cubasch, U., Flückiger, J., Goosse, H., Grosjean, M., Joos, F., Kaplan, J. O., Küttel, M., Müller, S. A., Prentice, I. C., Solomina, O., Stocker, P. T., Wagner, M., Widman, M., 2008. Mid- to Late Holocene climate change: an overview. *Quaternary Science Reviews*, 27, pp. 1791-1828.
- Wanner, H., Solomina, O., Grosjean, M., Ritz, S. P., Jetel, M., 2011. Structure and origin of Holocene cold events. *Quaternary Science Reviews*, 30, pp. 3109–3123.
- Warner, B. G., 1990. *Methods in Quaternary Ecology*. Ontario, Geological Association of Canada., 170 p.
- Weber, M., Ulrich, S., 2010. The endexine: a frequently overlooked pollen wall layer and a simple method for detection. *Grana*, 49, pp. 83-90.
- Widmann, M., 2009. Palaeoclimate: Delayed Holocene warming. *Palaeoclimate and palaeoceanography. Nature Geoscience*, 2, pp. 380–381.
- Yeloff, D., Mauquoy, D., 2006. The influence of vegetation composition on peat humification: implications for palaeoclimatic studies. *Boreas*, 35-4, pp. 662–673.
- Yeloff, D., Charman, D., van Geel, B., Mauquoy, D., 2007. Reconstruction of hydrology, vegetation and past climate change in bogs using fungal microfossils. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 146, pp. 102–145.
- Zelčs, V., 1994. Burtņieka drumlinu lauks. *Grām*. Kavacs, G. (ed.), *Latvijas Dabas Enciklopēdija 1. sēj.*, *Latvijas Enciklopēdija*. Rīga, 173.-174. lpp.

- Zelčš, V., Dreimanis, A., 1997. Morphology, Internal Structure and Genesis of the Burtnieks Drumlin Field, Northern Vidzeme, Latvia. *Journal of Sedimentary Geology*, Volume 111, Nos.1-4, pp. 73-90.
- Zhao, Y., Sayer C., Birks, H., Hughes, M., Peglar, S., 2006. Spatial Representation of Aquatic Vegetation by Macrofossils and Pollen in a Small and Shallow Lake. *Journal of Paleolimnology*, 35, pp. 335–350.
- Zica, D., Gorovņeva, I., Kalniņa, L., 2009. Purvu attīstības rekonstrukcija Baltijas ledus ezera krasta zonā, Vidzemes piekrastē. LU 67. zinātniskās konference. *Ģeogrāfija. Ģeoloģija. Vides zinātne*. Referātu tēzes. LU Akadēmiskais apgāds, Rīga, 265.-226. lpp.

Nepublicētā literatūra

- Brūders, A., 1977. *Vidusgaujas ieplakas ledus laikmeta beigu posma un pēcledus laikmeta paleoģeogrāfija*. Diplomdarbs. LU ĢZZF arhīvs, Rīga.
- Buša, D. J., 1984. Otchot o predvaritelnoj i detalnoj razvedke mestorozhdenija Taures v Valkskom rajone. [Report on peat preliminary and search in details on the Taures site in the Valka district]. *Latvijas Ģeoloģiskais Fonds*, No 10156, Rīga (In Russian).
- Ceriņa, A., 1972. *Dažu Rīgas jūras līča Vidzemes piekrastes purvu uzbūve un ģenēze sakarā ar Baltijas baseina transgresijām holocēnā*. Diplomdarbs. LU ĢZZF arhīvs, Rīga.
- Drille, A., 1977. *Vidzemes piekrastes un Rīgas smiltāju zemienes austrumu daļas ledus laikmeta beigu posma un pēcledus laikmeta paleoģeogrāfija*. Diplomdarbs. LU ĢZZF arhīvs, Rīga.
- Tracevskij, G. D., Juškevič, V. V., Poļivko J. L., 1964. *Otchot o kompleksnoj geologogidrogeologicheskoj sjomke mashtaba M 1:200 000 lista O-35-XXI*. Latvijas Ģeoloģijas Fonds, No 4154, Rīga (In Russian).
- Tracevskij, G. D., Juškevič, V. V., Poļivko J. L., 1965. *Otchot o kompleksnoj geologogidrogeologicheskoj sjomke mashtaba M 1:200 000 lista O-35-XX*. Latvijas Ģeoloģijas Fonds, No 5870, Rīga (In Russian).
- Tracevskij, G. D., Juškevič, V. V., Poļivko J. L., 1967. *Otchet o kompleksnoj geologohidrogeologicheskoj i inzherno-geologicheskoj syemke masshtaba 1:200 000 na territoriji lista O-35-XIX*. Latvijas Ģeoloģijas Fonds, No 9811, Rīga, 112-130, s.140-153. (In Russian).
- Tracevskij, G. D., Juškevič, V. V., Poļivko J. L., 1967. *Otchot o kompleksnoj geologogidrogeologicheskoj sjomke mashtaba M 1:200 000 lista O-35-XIX*. Latvijas Ģeoloģijas Fonds, No 7142, Rīga (In Russian).
- Tracevskij, G. D., Juškevič, V. V., Poļivko J. L., 1967. *Otchot o kompleksnoj geologogidrogeologicheskoj I inženerno-geologicheskoj sjomke mashtaba M 1:200 000 lista O-35-XXII, XXIII, XXIV*. Latvijas Ģeoloģijas Fonds, No 8555, Rīga (In Russian).
- Vetrenņikov, V., Golubec, E., 1989. *Rezultati predvaritejnoj i detaljnoy pazvedki torfjanovo mestorožģenija Puikules-Tevgaršas v Limbažskom raione na teritoriji lista O-35-XIX, -XX*. Valsts ģeoloģijas fonds, Rīga (in Russian).
- Veinbergs, I., 1996. *Baltijas baseina attīstības vēsture leduslaikmeta beigu posmā un pēcleduslaikmetā pēc Latvijas piekrastes un tai pieguļošās akvatorijas pētījumu materiāliem*. Latvijas Universitāte, Ģeoloģijas institūts, Rīga, 123 lpp.

Interneta resursi:

- Digitālais reljefa modelis ar soli starp punktiem 20 metri, 2008. Latvijas Ģeotelpiskās informācijas aģentūra; Envirotech, SIA. 2012. GIS Latvija 10.0. Sk. 10.04.2012.
- Marquer, L., Trondman, A. K., Mazier, F., Fyfe, R., Nielsen, A.B., Lechterbeck, J., Bjune, A. E., Birks, J., Alenius, T., Kangur, M., Koff, T., Latałowa, M., vad Odgaard, B., Seppä, H., Sugita S., Gaillard, M. J., 2011. Holocene REVEALS reconstructions of vegetation cover along N-S and W-E transects in North and Central Europe for evaluation of a dynamic vegetation model – the Swedish LANDCLIM project. INQUA, 21-27 July 2011, Bern, Switzerland. Sk. 18.03.2012.