

LATVIJAS UNIVERSITĀTE ĢEOGRĀFIJAS UN ZEMES ZINĀTŅU
FAKULTĀTE VIDES ZINĀTNES NODAĻA

KŪDRAS ĪPAŠĪBAS UN VEIDOŠANĀS APSTĀKĻI RAGANU PURVĀ

MAĢISTRA DARBS

Autors: Jānis Stupelis

Stud.apl: js18099

Darba vadītājs: Dr.ģeogr. Inese Silamiķele

Konsultante: Dr. ģeogr. Laimdota Kalniņa

RĪGA 2024

ANOTĀCIJA

Maģistra darbā pētīta Raganu purva kūdra, ievācot paraugus no 3 dažādiem urbumiem 1 m dziļumā, iegūstot priekšstatus par mūsdienu kūdras īpašībām un veidošanās apstākļiem dabiskā un ietekmētā purva veikti lauka pētījumi kā kūdras paraugu ievākšana un teritorijas apsekošana pēc purva apsaimniekošanas darbu veikšanas. Izmantojot laboratorijas metodes: botāniskā sastāva, kūdras sadalīšanās pakāpes noteikšana un karsēšanas zuduma analīzi, iegūtie rezultāti ļauj secināt par kūdras īpašībām un veidošanās apstākļiem Raganu purvā.

Maģistra darbā veiktajā pētījumā noskaidrots, ka augšējās kūdras slāņos konstatēta augstā purva tipa kūdra. Karsēšanas zuduma analīze un sadalīšanās pakāpes noteikšana liecina par kūdras īpašībām, veidošanās un uzkrāšanās apstākļiem purvā.

Atslēgas vārdi: *kūdra, sadalīšanās pakāpe, karsēšanas zuduma analīze, botāniskais sastāvs*

ANNOTATION

In the master's thesis, the peat of Raganu bog was studied, collecting samples from 3 different boreholes at a depth of 1 m, obtaining ideas about the characteristics of modern peat and the conditions of its formation in natural and affected parts of the bog, field research was carried out, such as the collection of peat samples and the survey of the territory after the management of the bog. Using laboratory methods: determination of the botanical composition, degree of decomposition of peat and analysis of heating loss, the obtained results allow us to draw conclusions about the characteristics and conditions of formation of peat in Raganu bog.

In the research carried out in the master's thesis which is reflected in the results of the analysis of the botanical composition. It was found that the upper layers of the peat have high bog-type peat. The analysis of the heating loss and the determination of the degree of decomposition indicate the characteristics of peat, the conditions of its formation and accumulation in the bog.

Key words: *peat, degree of decomposition, analysis of heating loss, botanical composition*

SATURS

IEVADS.....	5
1. LITERATŪRAS APSKATS	7
1.1. Purvu raksturojums.....	7
1.2. Purvu tipi.....	7
1.3. Purvu hidroloģija.....	11
1.4. Kūdras tipu raksturojums.....	12
2. Antropogēnā ietekme uz purvu ekosistēmu.....	15
2.1. Purvu ekosistēmas atjaunošana	16
3. RAGANU PURVA RAKSTUROJUMS.....	18
3.1. Raganu purva fiziogēogrāfiskais raksturojums	19
3.2. Ģeoloģija un ģeomorfoloģija	20
4. MATERIĀLI UN METODES	21
4.1. Lauka darbu metodes	21
4.2. Laboratorijas analīžu metodes.....	23
5. REZULTĀTI.....	27
5.1. Lauka pētījumu rezultāti.....	27
5.3. Purva veidojošo nogulumu analīzes rezultāti	39
6. DISKUSIJA	44
SECINĀJUMI	47
IZMANTOTĀ LITERATŪRA.....	48

IEVADS

Purvi aizņem tikai 3% no globālās sauszemes virsmas, bet tajos ir 10% no pasaules dzeramā ūdens, un tajos ir biezs kūdras slānis, kas uzkrāj apmēram vienu trešdaļu Zemes augsnes oglekļa (apmēram vienāds ar kopējo CO₂ daudzumu atmosfērā) un 10% no pasaules augsnes slāpekļa. Purvi satur lielus, nestabilus oglekļa krājumus, kas ir jutīgi gan pret klimatiskajiem, gan antropogēnajiem traucējumiem (Short et al. 2020), neskarti kūdrāji uzkrāj kūdru un darbojas kā oglekļa (C) piesaistītāji globālā mērogā kūdras slāņos uzglabājot līdz 1105 Gt oglekļa (Holawe et al. 2023).

Purvi ir uzskatīti par vērtīgu dabisko klimatisko signālu arhīvu, jo īpaši tāpēc, ka to attīstību telpā un laikā kontrolē nokrišņi un iztvaikošana, galvenokārt, tas ir līdzsvars starp nokrišņiem un iztvaikošanu, kas ir galvenais purvu attīstību regulējošais faktors, bet iztvaikošanu nosaka gaisa temperatūra, kas var ietekmēt augu atlieku veidošanos. Vidējās gaisa temperatūras paaugstināšanās un atmosfēras cirkulācijas modeļa izmaiņas veicināja veģētācijas dinamisku attīstību holocēnā. Turklāt augu makrofosiliju sastāvs un kūdras sadalīšanās pakāpe ir cieši saistīti ar klimata mainīgumu to veidošanās laikā un atspoguļo kūdras virsmas mitrumu, tāpēc tos parasti izmanto paleoklimata un kūdras stratigrāfijas veidošanā (Kalniņa et al. 2015).

Kūdra tiek izmantota plašā pielietojuma klāstā, sākot no enerģijas avotiem līdz mēslojuma substrātam. Konkrēti, kūdras izmantošana lauksaimniecībā un dārzkopībā ir saistīta ar tās īpašībām, piemēram, sadalīšanās pakāpi, pelnu saturu, pH, karbonātu klātbūtni, tilpuma blīvumu un porainību (Feofilovs et al. 2022).

Latvijā purvu attīstību veicinājis mērenais klimats ar lielāku nokrišņu daudzumu nekā iztvaikošanu, arī viegli viļņotais reljefs un mālainie, vāji caurlaidīgie nogulumu purvu ieplakās ir radījuši labvēlīgus apstākļus purvu veidošanas procesiem un to attīstībai (Kalniņa 2018).

Latvija ir viena no Eiropas valstīm ar vislielāko kūdras un kūdras augšņu relatīvā seguma procentuālo daļu (0–30 cm) (Feofilovs et al. 2022). Kūdrāji Latvijā nav vienlīdzīgi sadalīti valsts teritorijā. Nozīmīgākie kūdras purvi ir Austrumlatvijas zemienē, Piekrastes zemienē, Viduslatvijas zemienē un Ziemeļvidzemes zemienē (Priede, Gancone 2019).

Maģistra darbs “Kūdras īpašības un veidošanās apstākļi Raganu purvā” ir balstīts uz Raganu purva kūdras sastāva, īpašību un veidošanās apstākļu izpēti. 2021. gadā Raganu purvā sāka purva biotopu apsaimniekošanu īstenojot ES kohēzijas fonda projektu “Apsaimniekošanas pasākumu veikšana īpaši aizsargājamās dabas teritorijās un mikroliegumos biotopu un sugu aizsardzības stāvokļa uzlabošanai” un turpinot jau iepriekš veiktos kokaugu apauguma samazināšanas darbus. Maģistra darbā iegūtie rezultāti sniegs priekšstatu par kūdras raksturojošām īpašībām un organisko vielu saturu atšķirīgas apsaimniekošanas apstākļos. Kūdras raksturošana pirms darbu uzsākšanas, vai neilgi pēc tās, būs nozīmīga turpmākajā apsaimniekošanas pasākumu izvērtēšanai.

Maģistra darba mērķis ir noskaidrot purva attīstības tendences un mūsdienu kūdras raksturojošo īpašību izmaiņas Raganu purvā.

Mērķa sasniegšanai izvirzītie uzdevumi:

1. Apkopot un analizēt pieejamo informāciju par purvu attīstību un kūdras īpašībām
2. Analizēt jaunākos metodiskos pētījumus par kūdras sastāva un paleobotāniskajām analīzēm
3. Veikt lauka pētījumus Raganu purvā:
 - ģeoloģiskā urbšana,
 - kūdras paraugu ievākšana.
4. Veikt pētījumus laboratorijā:
 - apgūt un veikt kūdras botāniskā sastāva un sadalīšanās pakāpes noteikšana analīzes,
 - analizēt nogulumu sastāvu ar karsēšanas zudumu metodi,
 - veikt datu apstrādi, izmantojot datorprogrammas Excel un TILIA 2.6.1.
5. Analizēt iegūtos datus un raksturot kūdras īpašību izmaiņas Raganu purvā.

1. LITERATŪRAS APSKATS

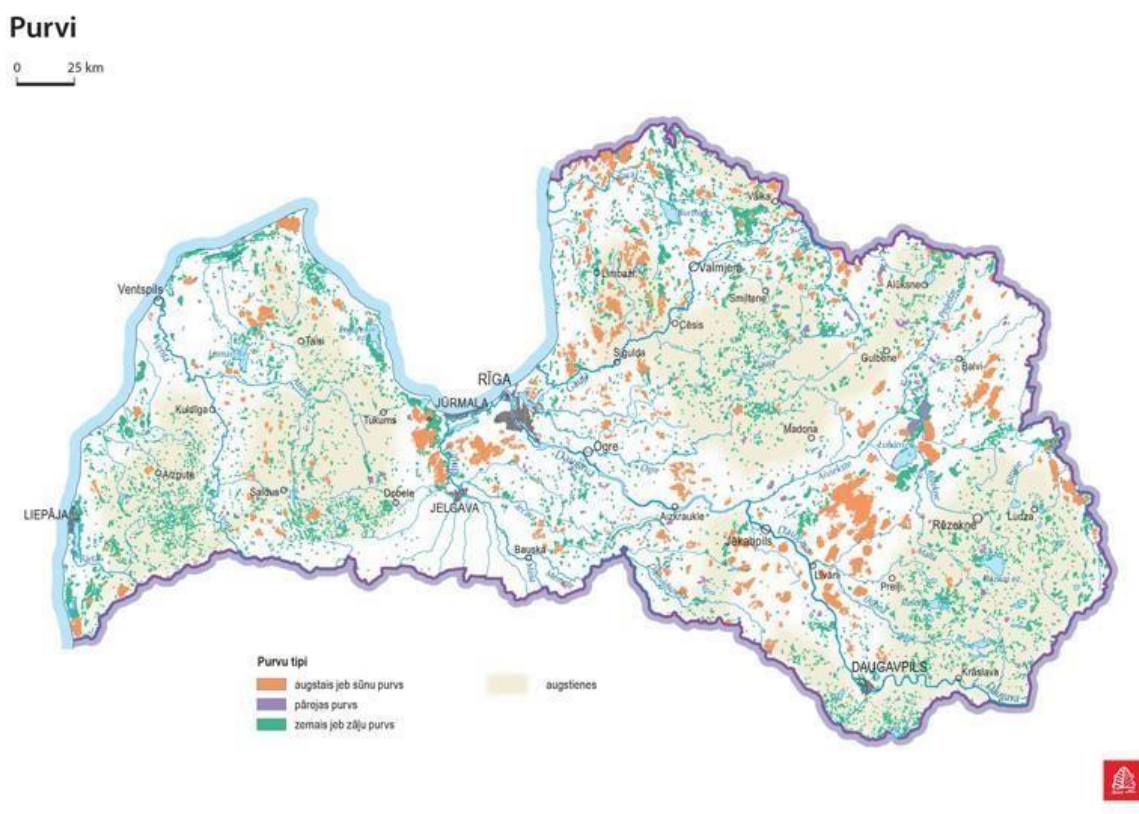
1.1. Purvu raksturojums

1.2. Purvu tipi

Purvs ir zemes platība, kas patstāvīgi ir piesātināta vai piepildīta ar ūdeni (Lamentowicz et al. 2015). Kūdrāji aizņem tikai 3-4% no Zemes virsmas, bet tie uzglabā gandrīz 30% no pasaules augsnes oglekļa krājumiem. Bioloģiskās daudzveidības svarīga vide ir kūdrāji, jo nodrošina dzīvotnes daudzām augu un dzīvnieku sugām, kas ir unikāli šīm ekosistēmām (Minasny et al. 2024).

Balstoties uz kūdras atradņu klasifikāciju, purvainu vietu var saukt par purvu tikai tad, ja tajā ir vismaz 30 centimetrus biezs kūdras slānis. Aizsargjoslu likumā ekosistēma uz kūdras augsnes, kur koku augums noteiktā teritorijā nevar sasniegt vairāk par 5 metriem tiek definēts par purvu (Latvijas Kūdras asociācija 2024).

Purvi Latvijas teritorijā sāka veidoties leduslaikmeta beigās, tie aizņem 4,9% (316 900 ha) no mūsdienu valsts teritorijas (Pakalne 2024).



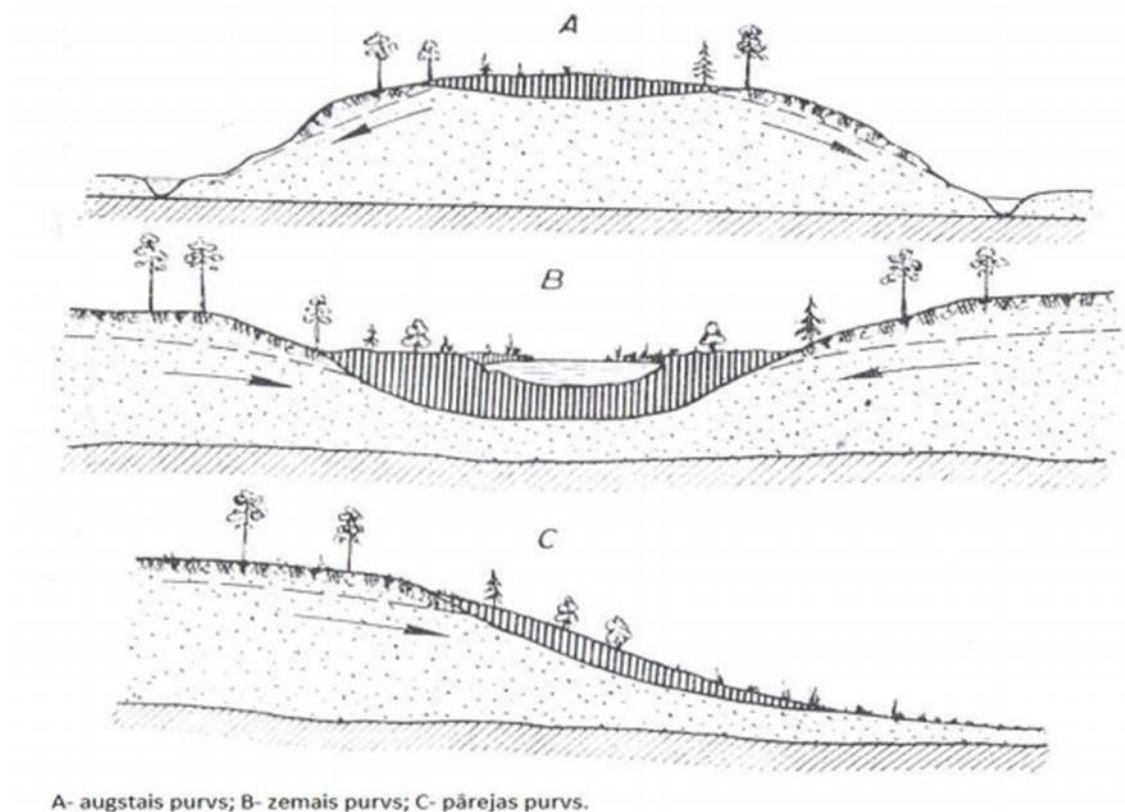
1.1.attēls. Purvu tipu izplatība Latvijas teritorijā (Autors: Ivo Vinogradovs 2023, pēc Jāņa Sētas materiāliem).

Vēsturiski iedzīvotāji Latvijā uzskatīja, ka būtiska ietekme uz dzīves kvalitāti ir purvam (Ārgalis 2016), purvu ekosistēmas nodrošina vairākas funkcijas gan dabā, gan cilvēku dzīvē, kā (Čugunovs 2013):

1. ekonomiskā,
2. bioloģiskā un bioķīmiskā,
3. fizikālā un hidroloģiskā,
4. sociālā.

Latvijas teritorijā purvi tiek nosusināti kopš 17. gadsimta (Nomals 1936; Šnore 2013). Iegūto kūdras bieži izmantoja kā kurināmo un pakaišus, kā arī tie tika nosusināti ar mērķi paplašināt mežu teritorijas. Laika posmā no 1960. līdz 1980. gadam purvi tika visvairāk nosusināti (Barthelmes et.al. 2015).

Purvi mūsdienās veidojas pārpurvojoties minerālgruntij vai aizaugot ūdenstilpēm, tādējādi tiek izdalīti 3 purvu tipi (1.2. att.): zemie, pārejas un augstie purvi (Pakalne 2024).



1.2.attēls. Purvu tipi pēc barošanās apstākļiem (Maldavs 1964).

Zemie jeb zāļu purvi

Zemie purvi raksturīgi galvenokārt Piejūras zemienei, savukārt augstie un pārejas purvi sastopami visā valsts teritorijā. Zemie jeb zāļu purvi pārsvarā sastopami avotu iztekās, upju ielejās, reljefa pazeminājumos un ūdenstilpju malās (neogeo.lv 2024). Purvu virsma ir līdzena vai mazliet ieliekta, kūdras slānis ir no dažiem desmitiem centimetru, līdz dažiem metriem biezs (Kalniņa 2018). Vide šajos purvos ir barības vielām bagāta jeb eitrofa. Zemajos purvos kūdra ir labi sadalījusies (20 – 50 %) un mineralizējusies (6-15 %) ar neitrālu reakciju (pH 67), kūdras krāsas ir tumša līdz melna, tā sastāv galvenokārt no koku – zāļu, koku – grīšļu un niedru kūdras slāņiem (Krūmiņš et.al. 2013).

Šajos purvu tipos dominē zaļšūnas un grīšļi, kā arī var būt sastopami sfagnu ciņi. Sūnu veģētāciju visbiežāk veido: parastā smailzarīte (*Calliergonella cuspidata*), skrajlapes (*Plagiomnium spp.*), dižsirpes (*Scorpidium spp.*), starainā atskabardze (*Campylium stellatum*) un citas (Auniņa 2018), adiantu spārnene (*Fissidens adianthoides*), lielā samtīte (*Bryum pseudotriquetrum*) (Pakalne 2008). Purva veģētāciju veido arī lakstaugi kā, piemēram, upes kosa (*Equisetum fluviatile*), šaurlapu spilve (*Eriophorum polystachion*), trejlapu puplaksis (*Menyanthes trifoliata*), purva vārnkāja (*Comarum palustre*) un arī dažādas dzegužpirkstītes (*Dactylorhiza spp.*) (Aunina 2018), bieži vien šī tipa purvos ir sastopami purva bērzs (*Betula pubescens*) un pelēkais kārklis (*Salix cinerea*) (Pakalne 2008).

Kaļķainos zāļu purvos ir lielākā augu sugu daudzveidība, jo veidojas vietās, kur izplūst ar dzelzi, kaļķi vai sēru bagāti pazemes ūdeņi. Raganu purvs ir viens no šādiem purviem ar sēravotiem un tas atrodas uz Salaspils ģipšainajiem iežiem (Pakalne 2022).

Pārejas purvi

Pārejas purvi izplatīti augsto purvu malās, aizaugušos ezeros, kā arī plakana reljefa formās, kur ir ierobežota vai traucēta dabiskā ūdens drenāža. Tie veidojas ne tikai pārpurvojoties sauszemei, aizaugot ezeriem (Kalniņa 2018), bet arī palielinoties kūdras slāņa biezumam, kad samazinās gruntsūdeņu un palielinās nokrišņu ietekme uz augu barošanās procesiem (Pakalne 2022). Pārejas purvi sastopami gan zemienēs, gan augstienēs. Pārejas purviem piemīt gan augsto, gan zemo purvu īpašības (Pakalne 2008).

Kūdru veido dažādā pakāpē sadalījušies augi, kas barības vielas ieguvuši gan no nokrišņiem, gan no gruntsūdeņiem. Kūdras sadalīšanās pakāpe ir no vidējas līdz vājai, reakcijas

svārstās no skābas līdz neitrālai (pH 4,5 – 5,5). Kūdras krāsa ir tumša, brūngana, kūdra pārsvarā sastāv no koku, zāļu – koku, koku – grīšļu (Krūmiņš et. al. 2013). Pārejas purvos visbiežāk dominē īssmailes sfagni (*Sphagnum fallax*) un struplapu sfagni (*Sphagnum flexuosum*), pūkaugļu grīslis (*Carex lasiocarpa*), dūkstu grīslis (*Carex limosa*), parastais baltmeldrs (*Rhynchospora alba*), trejlapu puplaksis (*Menyanthes trifoliata*) un citi. Pārejas purvos sastopami arī purva bērzi, priedes, vaivariņi, zilenes (Pakalne 2008).

Augstie jeb sūnu purvi

Augstie jeb sūnu purvi parasti veidojas no pārejas un zemajiem purviem vai pārpurvojoties minerālgruntij (Kalniņa 2018), vietās, kuru pamatni veido vāji caurlaidīgi nogulumi, kā morēna, aleirīti, māli, vai arī pamatieži – dolomīti, smilšakmeņi un kaļķakmeņi ir īpaši palielināts mitruma līmenis (Pakalne 2008). Augstie purvi ūdeni un barības vielas saņem ar nokrišņiem, to virsma visbiežāk ir izliekts, lēzens kupolveida pacēlums, kas, salīdzinot ar purva malu, centrā var sasniegt 7 – 8 metru augstumu (Pakalne 2024).

Augstā purva tipa kūdrai ir zema sadalīšanās pakāpe, kūdras slānis var pārsniegt 10 metrus, kūdras reakcija ir skāba (pH 3 – 4) (Pakalne 2008). Krāsa ir gaiša vai dzeltenīgi brūna (Krūmiņš et. al. 2013), minerālvielu daudzums ir no 2 līdz 4% (Pakalne 2008). Kūdras sastāvu veido dažādu sugu sūnu atliekas un koksne, augstā tipa sfagnu, spilvju – sfagnu, sfagnu – grīšļu kūdras galvenokārt veido Magelāna sfagns (*Sphagnum magellanicum*), brūnais sfagns (*S. fuscum*), struplapu sfagns (*Sphagnum cuspidatum*), arī var tikt nodalītas augsta tipa zāļu, grīšļu vai koku kūdras (Krūmiņš et. al. 2013).

Purviem raksturīga ciņu – ieplaku un ciņu grēdu – purva lāmu struktūra, relikti ezeri. Zināms austrumu tips ar purvu kasandru (*Chamaedaphne calyculata*) un rietumu purva tips ar ciņu mazmeldru (*Trichophorum cespitosum*). Uz ciņiem dominē polijlapu andromeda (*Andromeda polifolia*), lācenes (*Rubus chamaemorus*) sila virsis (*Calluna vulgaris*), makstainā spilve (*Eriophorum vaginatum*), purva dzērvenes (*Oxycoccus palustris*), apaļlapu rasene (*Drosera rotundifolia*) (Pakalne 2024), bet ieplakās - baltmeldrs (*Rhynchospora alba*), purva šeihcērija (*Scheuchzeria palustris*), dūkstu grīslis (*Carex limosa*), sfagni (*Sphagnum cuspidatum*, *S. majus*, *S. tenellum*) (Pakalne 2008).

1.3. Purvu hidroloģija

Ūdenim ir noteicoša loma purvu attīstības procesā, galvenokārt, lielais ūdens daudzums purvā nosaka purva raksturīgās īpašības, piemēram, kā zemes pārveidošanās procesu, kas vienas vielas izskalo, bet citas uzkrāj. Pārmaiņas purva augu sabiedrībā var radīt pat nelielas nokrišņu un gruntsūdens izmaiņas. Purvā ir 89 – 94% ūdens un tikai 6-11% sausnas (Kalniņa 2011). Purvi ir ūdens uzkrājēji un nozīmīgs ūdens aprites posms dabā, lielo platību dēļ tie darbojas kā ūdens uzkrāšanas rezervuāri, tā pasargājot plašas teritorijas no plūdiem (Okruzsko, Kijanska 2003). Purviem piemīt vairāku veidu ūdens barošanās avoti, kas nosaka purvu kā ūdens uzkrājēju nozīmīgumu. Pēc barošanās veida izšķir (Okruzsko, Kijanska 2003):

- *Ombrogēnie*: barojas no atmosfēras nokrišņiem, tiem ir raksturīgs zems iztvaikošanas līmenis un maza notece. Pēc minerālbarošanās tipa ombrotrofie purvi atbilst augstajiem purviem. Purvi ir hidroloģiski un hidroģeoloģiski izolēti no apkārtējās vides, jo starp tiem nenotiek mijiedarbība. Ombrotrofus purvus klasificē pēc to skābuma pakāpes, parasti vides pH reakcija <4. Par klasificēšanas kritēriju var izmantot arī kalcija saturu purva rāvā, ombrotrofajos purvos tas sastāda mazāk par 2 mg/L. Veģetācijas ziņā purvi ir vienveidīgi un nabadzīgi.
- *Mineraltrofie*: gruntsūdens spiediens un pieteces ātrums ir atkarīgs no vietējiem ģeoloģiskajiem apstākļiem. Notece ir aizkavēta un liels ūdens daudzums paliek ekosistēmā, jo kūdras hidrauliskā vadītspēja ir zema. Mineraltrofiem purviem (zemie un pārejas tipa purvi) barības vielas un ūdens tiek gādāts galvenokārt no pazemes un virszemes ūdeņiem (Robalds 2013).
- *Soligēnie*: parasti atrodas lielu ieleju malās vai tie ir nelieli purvi morēnas pauguru ieplakās. Biežāk izvietoti upju baseinu augšējā daļā, kur aizņem šķērsriezumu starp ieleju un upi, kas tos drenē,
- *Topogēnie*: atrodas ūdensšķirtņu teritorijās vai plašu baseinu dziļākajās vietās. Raksturīga iezīme- spēcīga hidratācija ar nelielu gruntsūdens kustību, kas vasarā ne vienmēr piedalās iztvaikošanā (Mincāne 2006).

Purvu hidroloģijas izmaiņas var būt saistītas ar dažādiem faktoriem, tostarp klimata izmaiņām, cilvēku iejaukšanos un dabas procesiem. Šīs izmaiņas var ietekmēt purvu ekosistēmas un to spēju uzglabāt ūdeni. Klimata izmaiņas var ietekmēt purvu hidroloģiju,

palielinot nokrišņu intensitāti un biežumu, kas var izraisīt plūdus un ātrāku ūdens izplūšanu no purva. Tas var ietekmēt purvu augšanas apstākļus un dzīvnieku dzīvesvietas. Antropogēnā ietekme var mainīt purvu hidroloģiju, samazinot ūdens uzglabāšanas spēju un ietekmējot ūdens kvalitāti (Linkevičienē et al. 2023).

1.4. Kūdras tipu raksturojums

Purva ekoloģiskie apstākļi atšķiras no citu ainavu vienību ekoloģiskajiem apstākļiem. No substrāta paaugstināta mitruma ir atkarīgi anaerobiotiskie apstākļi un temperatūras režīms. Atkarībā no teritorijas reljefa, purvs tiek apgādāts vai nu ar nokrišņu ūdeņiem, vai tos papildina virsas noteces ūdeņi (no apkārtējam nogāzēm), ezeru un upju ūdeņi vai gruntsūdeņi. Atkarīgi no barojošo ūdeņu mineralizācijas pakāpes purvos veidojas dažādi apstākļi augu segas attīstībai. Tā kā vides faktoru kopums atšķiras dažādos purvos vai pat viena purva iecirkņos, augu segā var sastapt daudzus veģetācijas grupējumus (Tjuremnovs 1976):

Zemā purvu tipa kūdra

Veidojas bagātu minerālu režīma un daudzvedīga (patstāvīga vai periodiska) apūdeņojuma apstākļos. Kūdras grupas – koku (alkšņu, bērzu, priežu), koku – zāļu (koku – niedru, koku – grīšļu, koku – hipnu, koku – sfagnu), zāļu (kosu, niedru, grīšļu, šeihcēriju), zāļu – sūnu (grīšļu – hipnu, grīšļu – sfagnu), sūnu (hipnu, sfagnu).

Koku-grīšļu kūdra:

Kūdras krāsa - pelēcīga no liela daudzuma grīšļu saknīšu. No citu zālaugu atliekām nereti sastopamas niedres, kosas un puplakši. Var redzēt 15 līdz 35% augu šķiedras ir koksnes atliekas, atsevišķus zaļo sūnu un sfagnu fragmentus.

Koku-hipnu kūdra:

Pēc krāsas - līdzīga koku-grīšļu kūdrai, atšķiras ar to, ka ir saredzamas zaļo sūnu atliekas.

Grīšļu kūdra:

Kūdras krāsa - pelēcīga, no grīšļiem visbiežāk sastopami *Carex lasiocarpa*, *C. teretiuscula*, *C. appropinquata*. Citu zālaugu piejaukums ir neliels, koku atlieku gandrīz nav. Kūdras dabīgais mitrums ir 90-93%, sadalīšanās pakāpe neliela (25-35%), pelnainība (5-7%).

Grīšļu – sfagnu kūdra:

Kūdra - gaiši pelēka ar labi redzamām sfagnu sūnu atliekām. No zālaugiem puplakšu, niedru, šeihcēriju un kosu atliekas. Sfagnu sūnas pārstāv *Sphagnum subsecundum*, *Sph. teres*, *Sph.centrale*. Sadalīšanās pakāpe (vidēji 25%), pelnainība ap 5%.

Hipnu kūdra:

Augu atlieku masa sastāv galvenokārt no hipnu sūnu atliekām. Hipnu sūnas labi saglabājas kūdrā, kūdras paraugam ir raksturīga bronzas krāsa, gaisa ietekmē oksidējas un paliek tumša. Puplakšu un niedru atliekas ir sastopamas atsevišķu fragmentu veidā. Dabīgais mitrums ir augsts (86-93%), sadalīšanās pakāpe (20-30%), pelnainība no 6 līdz 8% (Tjuremnovs 1976).

Pārejas purvu tipa kūdra

Veidojas vietās, kur apūdeņojums ir pastiprināts un samērā zems minerālvielu saturs, zemā un augstā tipa kūdras slāņu kontakta vietā. Kūdras grupas – koku (koku), koku – zāļu (koku – grīšļu), koku – sūnu (koku – sfagnu), zāļu (grīšļu, šeihcēriju), sūnu (hipnu, sfagnu).

Koku-grīšļu kūdra:

Kūdras krāsa - tumša, labi saredzamas bērza un priedes mizas, kā arī koksnes atliekas, kuras veido līdz 35% augu šķiedras masas. No zālaugu atliekām sastopamas galvenokārt grīšļu saknītes (*Carex lasiocarpa*, *C. rostrata*, *C. limosa*) ar nelielu citu zālaugu un sūnu piejaukumu.

Grīšļu pārejas tipa kūdra:

Pēc ārējā izskata līdzīga grīšļu-sfagnu zemā tipa kūdrai. Dabīgais mitrums augsts, sadalīšanās pakāpe pazemināta, pelnainība neliela

Grīšļu-sfagnu pārejas tipa kūdra:

Sūnu fragmenti labi saredzami jau makroskopiskās analīzes laikā, tie ir sajaukti ar gaišām grīšļu saknēm. Līdz 65% augu šķiedras sastāv no sfagnu sūnu atliekām, zālaugu atlieku skaits samazinās, sastopami atsevišķi koksnes fragmenti.

Augstā purvu tipa kūdra

Veidojas nabadzīgos minerālās barošanas apstākļos ar plašu apūdeņojuma pakāpes diapazonu. Kūdras grupas – koku (priežu), koku – zāļu (priežu – spilvju), koku - sūnu (priežu

– sfagnu), zāļu (spilvju, šeihcēriju), zāļu – sūnu (spilvju - sfagnu, šeihcērijas – sfagnu), sūnu (magelānsfagnu, fuskuma, kompleksā, sfagnu – slīkšņu) (Tjuremnovs 1976).

Priežu - spilvju kūdra:

Krāsa - tumši brūna, koksnes atliekas no 15% līdz 35%. Vēl ir sastopamas sīkkrūmu saknītes un sūnu fragmenti (*Sphagnum magellanicum*, *Sph. angustifolium*).

Spilvju kūdra:

Krāsa - tumši brūna un sastāv, galvenokārt, no spilvju šķiedrām. Spilves (*Eriophorum vaginatum*) atliekas veido 65% un vairāk augu šķiedras, vienmēr ir sfagnu sūnu (*Sph. magellanicum*, *Sph. angustifolium*) piejaukums. Dabīgais mitrums 91%, sadalīšanās pakāpe 30- 45%, dažreiz līdz 60%.

Šeihcēriju kūdra:

Krāsa - tumši olīvzaļa, 35% šeihcerijas atlieku, līdz 30% *Eriophorum vaginatum*, no sūnām sastopamas *Sph. magellanicum*, *Sph. angustifolium*, *Sph. majus*, sastopami atsevišķi priedes fragmenti. Dabīgais mitrums 95-96%, sadalīšanās pakāpe 40 - 45%.

Spilvju-sfagnu kūdra:

Krāsa - gaiši brūna, sastāvā ir labi saglabājušies sfagnu sūnu stiebrīņi kopā ar spilves ap 30%, mitrums ap 92%.

Magelānsfagnu kūdra:

Salmveida pamatmasa, kurā var labi saredzēt atsevišķus *Sphagnum magellanicum* augus ar palielām lapiņām. Lielākā daļa kūdras augu šķiedras sastāv no *Sph. magellanicum* un *Sph. angustifolium* atliekam, vienmēr ir *Eriophorum vaginatum* piejaukums (līdz 25%), nedaudz sīkkrūmu un priedes fragmentu. Sadalīšanās pakāpe apmēram 10-30%, mitrums 90-92%.

Kompleksā kūdra:

Krāsa – gaiša, salmveida struktūra. Augu šķiedras sastāvā dominē *Sph magellanicum*. *Sphongestifolium* un *Sph fuscum* (Tjuremnovs 1976).

2. Antropogēnā ietekme uz purvu ekosistēmu

Antropogēna ietekme uz purvu ekosistēmu var būt ļoti negatīva un bīstama. Daudziem cilvēka darbības veidiem, ieskaitot daudzveidīgo purvu iznīcināšanu, drenēšanu, mežu izciršanu un purvu dedzināšanu, ir postoša ietekme uz šīm svarīgajām ekosistēmām (Dyderski et al. 2016). Vēsturiski kūdrāju stāvokli ir ietekmējusi zemes apsaimniekošana, un tiek lēsts, ka 15% kūdrāju visā pasaulē pašlaik atrodas nedabiskā stāvoklī (Howson et al. 2021). Mūsdienās cilvēka darbība atstāj ietekmi uz purviem, mežiem, pļavām, upēm un ezeriem. Pašreizējās cilvēka darbības ietekmes sekas atspoguļojas izmainītajā purvu veģetācijā, veģetācijas struktūrā un augu sugu sastāvā. Cilvēks purvus ir ietekmējis, galvenokārt, tajos izmainot dabisko ūdens režīmu un tos nosusinot, lai to izmantotu kūdras ieguvei, lauksaimniecībai un mežsaimniecībai. Vēl purvus ietekmē ugunsgrēki (degšana) purvos un ezeru krastos, kuri robežojas ar purviem, piesārņošana ar sadzīves atkritumiem, kā arī purva ezeru un purviem piegulošo lauksaimniecības zemju eutrofikācija. Citi purvus ietekmējošie faktori ir koku izciršana, apbūve, ceļu būve un upju gultņu regulēšana (purvi.lv 2013).

Antropogēnās ietekmes uz kūdrāju ekosistēmām apmēra atzīšana visā pasaulē apvienojumā ar pieaugošo izpratni par to lomu dažādu vērtīgu ekosistēmu pakalpojumu nodrošināšanā ir rezultējies ar virkni nacionālu un starptautisku konvenciju un valsts politiku, kuru mērķis ir aizsargāt to biotopus, bioloģisko daudzveidību, kā arī iniciatīvas, lai saglabātu un atjaunotu kūdrāju ekosistēmas funkcijas. Runājot par starptautiskajām konvencijām, vissvarīgākās ir Apvienoto Nāciju Organizācijas (ANO) konvencija par bioloģisko daudzveidību un ANO vispārējā konvencija par klimata pārmaiņām, kuras abas tika pieņemtas Riodežaneiro Zemes samitā 1992. gadā. Starptautiskā mērogā turpmāku aizsardzību nodrošina Ramsāres konvencija (1971), kas veicina visu veidu mitrāju saglabāšanu un saprātīgu izmantošanu, un Eiropā ES dzīvotņu un sugu direktīvā (1992) īpaši ir iekļauta kūdrāju ekosistēmu pieminēšana kā prioritātes gan saglabāšanai, gan arī atjaunošanai (Baird et al. 2016).

Purvu ekosistēmās dzīvo un aug neskaitāmas retas augu un dzīvnieku sugas, kas ir pielāgotas šiem īpašajiem dzīves apstākļiem. Cilvēku darbība, piemēram, drenāžas kanālu izveide purvu drenēšanai, var izraisīt purva sausumu un sabojāt daudzas no šīm sugām. Kopš 17. gs. purvi Latvijas teritorijā tiek nosusināti, visintensīvāk purvu nosusināšana ir veikta laikā no 1960. līdz 1980. gadam. Mūsdienās meliorācijas grāvju uzturēšanai ir nepieciešami lieli

līdzekļi. Pēc *Life – peat – restore* projekta datiem, meliorācijas grāvju un kanālu kopējais garums Latvijā ir 120 000 km, drenāžas cauruļu kopējais garums ir 950 000 km.

Lai samazinātu antropogēnu ietekmi uz purvu ekosistēmām, ir svarīgi veikt ilgtspējīgus resursu izmantošanas pasākumus un aizsargāt šīs unikālās ekosistēmas no sagraušanas un iznīcināšanas. Tādējādi ir svarīgi nodrošināt, ka purvi turpina ieņemt svarīgu lomu planētas dabas sistēmas stabilitātē un ilgtspējīgā attīstībā.

Augstie un pārejas purvi ir viens no apdraudētākajiem ekosistēmu veidiem, pateicoties augstajai biotas specializācijai, kas saistīta ar pielāgošanos smagiem vides apstākļiem. Kūdras purvi ir gan vērtīgas, gan apdraudētas ekosistēmas, galvenokārt nosusināšanas dēļ lauksaimniecības, mežsaimniecības un kūdras ieguves vajadzībām (Dyderski et al. 2016). Turklāt augstie purvi ir iznīcināti lauksaimnieciskās darbības un atmosfēras slāpekļa nogulsnešanās izraisītas eutrofikācijas rezultātā. Tā kā ir liels izteikti specializētu augu sugu īpatsvars, kūdras purva veģetācija ir jutīgākais šo ekosistēmu elements pret antropogēnām transformācijām. Tāpēc kūdras purva veģetācijas floristiskais sastāvs var liecināt par to saglabāšanās stāvokli. Īpašu vides apstākļu dēļ augstā purva vaskulāro augu sabiedrību funkcionālā daudzveidība atspoguļo zemu konkurences līmeni un augstu biotopu filtrēšanas līmeni, ko izsaka ar stresu izturīgu sugu izplatība konkurentu vidū (Økland et al. 2001).

2.1. Purvu ekosistēmas atjaunošana

Purvu ekosistēmu atjaunināšana ir process, kurā tiek veiktas dažādas darbības, lai atjaunotu un uzlabotu purvu dabas vidi un bioloģisko daudzveidību. Šādas darbības var ietvert mitruma saglabāšanai nepieciešamā ūdens līmeņa atjaunošanu, invazīvo sugu ierobežošanu un dzīvotnes atjaunošanu purvu augiem un dzīvniekiem. Purvu biotopu atjaunošanas mērķis ir veidot apstākļus, kādos tiek veicināta dabiskas ekosistēmas procesu funkcionēšana. Purvu biotopu struktūru un augu sabiedrības pārsvarā nosaka vietas hidroloģiskie apstākļi, degradētu teritoriju atjaunošanu sāk ar ekosistēmai dabiskā hidroloģiskā režīma nodrošināšanu (Aleksāns et al. 2016).

Kūdra sniedz labvēlīgus pakalpojumus, piemēram, barības vielu ciklu, oglekļa uzglabāšanu, bioloģiskās daudzveidības saglabāšanu un ūdens regulēšanu, kas padara to

atjaunošanu kritiski svarīgu (Kupper et al. 2024). Pēdējo divu desmitgažu laikā ir izstrādāti specifiski atjaunošanas paņēmieni ombrotrofiem kūdrājiem (purviem), kas pakļauti rūpnieciskai kūdras izmantošanai, izmantojot vakuuma sūkšanu, kas kļuva izplatīta 1960. gados. Šie purvi zaudē savu oglekļa uzkrāšanas funkciju, jo sfagnu sugas nevar spontāni atjaunoties uz sausajiem kūdrājiem, šajos kūdrājos ir zems, kā arī ļoti mainīgs ūdens līmenis bagātīgo grāvju dēļ, tajos ir zema fosfora koncentrācija. Ziemeļamerikā pētījumos par kūdrāju atjaunošanu tika izstrādāts ekosistēmas mēroga paņēmieni, ko sauc par "sūnu slāņa pārneši", kas sastāv no tuvējā neskartā purva plānas veģetācijas slāņa savākšanas un augu fragmentu izkliedēšanas desmit reižu lielākā nogrieztā kūdras platībā. Attiecībā uz ombrotrofiskiem kūdrājiem šīs metodes galvenais mērķis ir atjaunot sfagnu segumu un veiksmīgi samitrināt vietu, lai atjaunotu oglekļa uzkrāšanās procesu (Aubin et al. 2013).

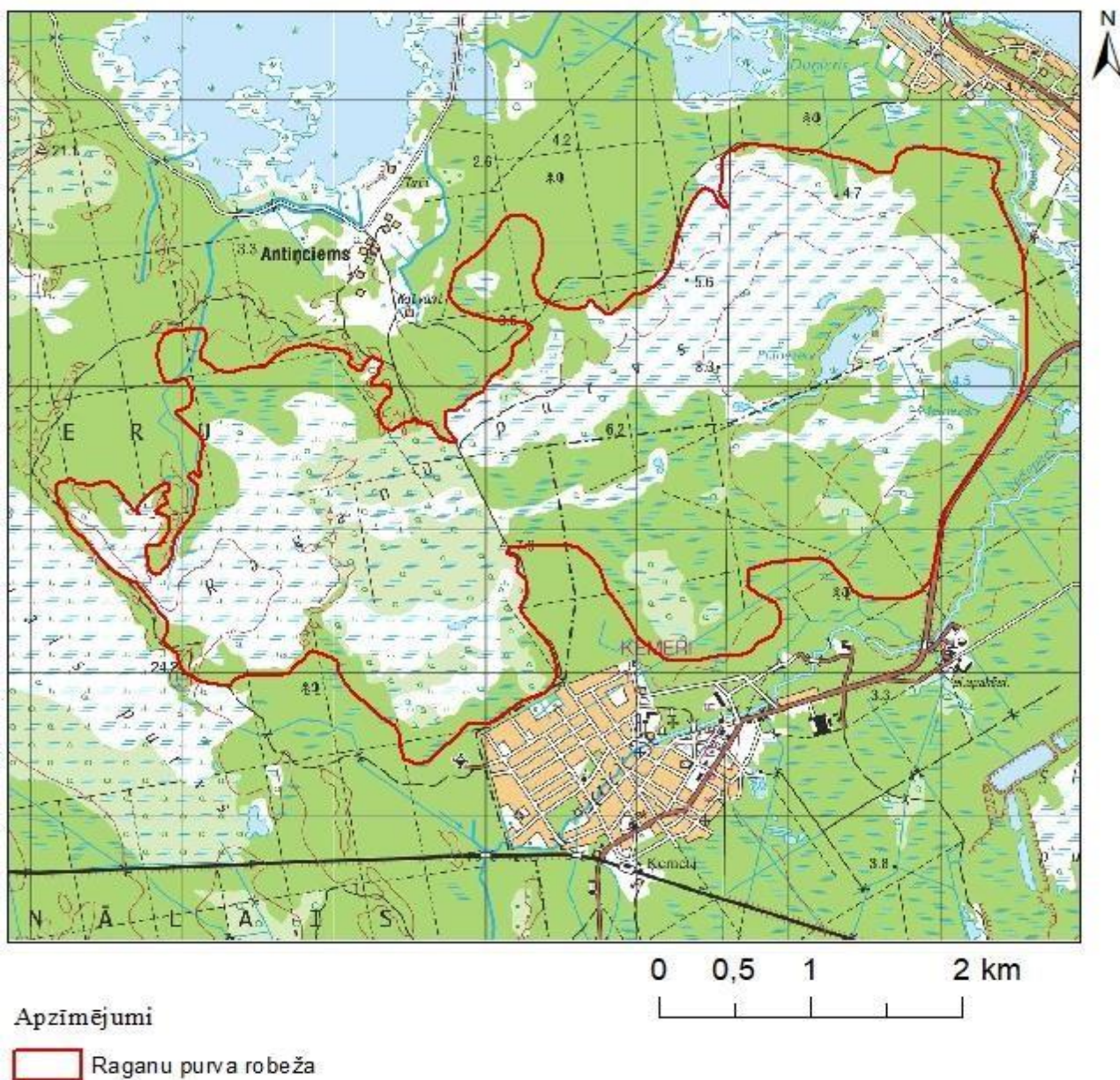
Apmežošana ir nozīmīgs globālās kūdrāju degradācijas cēlonis. Dažos reģionos apmežotajos purvos šobrīd notiek kailcirtes un atjaunošana, ko bieži dēvē par meža līdz purva atjaunošanai (Howson et al. 2021). Liela mēroga dabiski apmežotu kūdrāju atmežošana vai bezkoku kūdrāju apmežošana ar svešzemju kokiem kokmateriālu iegūšanai ir nozīmīgi kūdrāju degradācijas avoti (McCarter C.P.R., Price J.S. 2013).

Meži var nosusināt kūdrājus (koki uzņem ūdeni un samazina nokrišņu daudzumu), radīt ēnu, kas neļauj augt purva augiem, un izraisīt kūdras nogrimšanu zem koku svāra (Lindsay et al. 2014). Purva veģetācija var atjaunoties, ja koki tiek izcirsti, bet procesu var paātrināt, veicot papildu pasākumus, lai paaugstinātu ūdens līmeni, lai atkārtoti samitrinātu virszemes kūdras (piemēram, bloķējot meliorācijas grāvjus) (Howson et al. 2021).

Pagājušajā gadsimtā purvus ir iespaidojusi antropogēnā ietekme, kūdras ieguves dēļ, tika pilnībā izmainīts ūdens režīms vairākos Ķemeru apkārtnes purvos. Raganu purva daļa pēdējo 50 gadu laikā mitruma režīma izmaiņu dēļ ir kļuvusi sausāka un to sāka pārņemt priežu, vaivariņu un citu sīkkrūmu audzes. Purvā augošās priedes veicināja ūdens iztvaikošanu, ietekmējot mitruma režīmu un veicinot nelabvēlīgus augšanas apstākļus purvam raksturīgiem augiem (DAP 2022).

3. RAGANU PURVA RAKSTUROJUMS

Pētāmā teritorija Raganu purvs (3.1. att.) atrodas Natura 2000 teritorijā, Ķemeru Nacionālajā parkā, 15 km attālumā no Tukuma, 0,5 km uz ziemeļiem no Ķemeriem un 0,5 km uz dienvidiem no Antiņciema (Silamiķele et al. 2023).



3.1.attēls. Raganu purva novietojums. (Autora veidota 2.izdevuma topokarte M1:50 000 (Latvijas Ģeotelpiskās informācijas aģentūra S.a.)

Teritorija ietilpst Viduslatvijas zemienes Tīreļu līdzenuma ziemeļos, Jūrmalas pilsētas un Tukuma novada teritorijās, starp Vēršupīti un Kaņieri. Balstoties uz vēsturisko informāciju,

konstatēts, ka līdz 20. gadsimta sākumam purvs bija klajš. Purva ziemeļu daļas intensīva aizaugšana ar kokiem notikusi pēdējo 60 -70 gadu laikā, par ko liecina arī koku gadskārtas (Silamiķele et. al. 2023).

3.1. Raganu purva fizioģeogrāfiskais raksturojums

Raganu purva veidošanos ietekmējusi tā atrašanās Viduslatvijas zemienē, Tīreļu līdzenumā un tā ģeoloģiskajā struktūrā, ko ietekmēja ledāja, tā kušanas ūdeņi un Baltijas ledus ezera darbība, to veidoto reljefu, kam raksturīgas nelielas relatīvā augstuma starpības, kā arī vāji caurlaidīgu mālainu nogulumu izplatība. Šo faktoru ietekmē Tīreļu līdzenumā izveidojās apgrūtināti virszemes noteces apstākļi un plašās ieplakās izveidojušies purvi, no kuriem viens ir Raganu purvs, kas Zaļās kāpas austrumos aizņem plašu 1274 ha lielu teritoriju. Purva teritorija atrodas vidēji 6 m virs jūras līmeņa. un svārstās no 4,4 m virs jūras līmeņa zemākajā vietā līdz 8,9 m virs jūras līmeņa augstākajā punktā (Krauklis 1997). Raganu purvs, ieskaitot kaļķaino avota purva teritoriju, ir daļa no vairāk nekā 1200 ha liela kūdrāja. Vidējais kūdras dziļums ir 3,6 m. (Galka et. al. 2021), maksimālais biezums – 6 m. Purvu sadala divās daļās 3,5 km garais Ķemeru - Antiņciema ceļš. Raganu purvs ir viena no tām vietām Ķemeru Nacionālajā parkā, kur atrodas pazemes ūdeņu izplūdes vietas. Purva sēravotu izplūdes vietās sastopama kalcifilajiem zāļu purviem raksturīga veģetācija, jo avotu ūdens ir piesātināts ar kalcija karbonātu (Krauklis 1997). Vietām notiek bagātīga kaļķiežu veidošanās. Avotu izplūdes dēļ veģetācijai ir mozaīkveida raksturs. Ir apgabali ar atklātu ūdeni, kur aug zilganais lielmeldrs *Scirpus tabernaemontanii*, sastopamas arī mazas ieplakas ar sūnām, piemēram, ar parasto dižsirpi *Scorpidium scorpioides*. Dažviet lielas platības ieplakās aizņem dižā aslake *Cladium mariscus*. Sfagnu ciņi, kurus veido brūnais sfagns *Sphagnum fuscum*, magelāna sfagns *Sphagnum magellanicum*, iesarkanais sfagns *Sphagnum rubellum* veido nelielas saliņas sēravotu vidū, uz kurām aug augstajiem purviem raksturīgās sugas – lācene *Rubus chamaemorus*, polijllapu andromēda *Andromeda polifolia*, sila virsis *Calluna vulgaris*, arī parastā priede *Pinus sylvestris*, purva bērzs *Betula pubescens* un kadiķis *Juniperus*. Blakus, tuvāk avotu izplūdes vietām, aug tādas kalcifilās sugas kā bezdelīgactiņa *Primula farinosa*, parastā kreimule *Pinguicula vulgaris* un rūsganā melncere *Schoenus ferrugineus*. Tieši robežjosla starp augstā purva veģetāciju un avotiem ir bagāta ar dažādām aknu sūnām (DAP 2020). Raganu purva austrumu daļā ir grūti sasniedzami ezeri - Putnezers un Melnā jūra. Pa purva austrumu malu plūst Vecslocene (Krauklis 1997).

Plašākā mērogā pētāmā teritorija atrodas Austrumeiropas līdzenumā, hemiboreālās veģetācijas zonas nedaudz okeāniskā daļā un tai ir jūras klimata ietekme. Vidējā temperatūra Rīgas līča rietumu piekrastē ir $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ februārī un $17,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ jūlijā. Gada nokrišņu daudzums ir 550 mm (Galka et. al. 2021).

Raganu purvs ietilpst Ķemeru Nacionālā parka teritorijā, kurš ir starptautiskās nozīmes RAMSAR mitrājs un ir valsts nozīmes nacionālais parks (Ķemeru Nacionālais parks 2023). Raganu purvs atrodas Ķemeru nacionālajā parkā un ir iekļauts Natura 2000 tīklā Latvijā. Tajā konstatēti 4 ES nozīmes aizsargājami biotopi: “7110* Aktīvi augstie purvi,” “7230* Kaļķaini zāļu purvi,” “7210* Dižās aslapes *Cladium mariscus* audzes purvos un ezeros” un “3160* Distrofī ezeri” (Galka et al. 2021, www.ozols.gov.lv).

3.2. Ģeoloģija un ģeomorfoloģija

Raganu purvs atrodas Rīgas jūras līča dienvidrietumu piekrastē, ko raksturo mežainas kāpas, kūdrāji un piekrastes lagūnu ezeri. Pamatieža augšējo daļu veido ģipsi saturoši devona nogulumi.

Tīreļu līdzenumā pamatiežu virsotne atrodas galvenokārt zem jūras līmeņa. Tikai rietumu un austrumu daļā tā paceļas 1-3 m virs jūras līmeņa un to veido augšdevona dolomīti, aleiroīti, dolomītmerģeļi, dažviet arī smilšakmeņi. Pamatiežus klāj 2-25 m bieza kvartāra nogulumu sega. To veido neliels glaciģēna un ledus laikmeta beigās uzkrājies smilšainu un aleirītisku nogulumu slānis apakšējā daļā. Teritorijas lielākajā daļā kvartāra segas augšējo daļu veido smiltis un aleirīti, kas uzkrājušies vairāku Baltijas jūras attīstības posmu baseinos. Baseinu krasta līnijas dažviet raksturo grantētie nogulumu slāņi un laukakmeņi. Tīreļu līdzenuma rietumu un austrumu daļā Baltijas ledus ezera senās krastmalas klāj eoliešu smilšu slāņu kopas. Lielās platībās plašos un lēzenos pazeminājumos ir radušies purvu nogulumi. Pēcleduslaikmeta periodā izveidojies reljefs Tīreļu līdzenumā, Baltijas ledus ezeram un Litorīnas jūrai noskalojot ledāju izveidotos nogulumus. Vairāk kā 20% Tīreļu līdzenuma teritorijas aizņem augstā un pārejas tipa purvi ar tiem raksturīgajiem mikroreljefiem (Šķiņķis 1998). Kūdras uzkrāšanās purvā apmēram pirms 7000 gadiem var būt saistīts ar ūdens līmeņa paaugstināšanos Litorīnas jūras dēļ, kas fiksēts arī citās Baltijas jūras piekrastes daļās Latvijā (Kalniņa et. al. 2012).

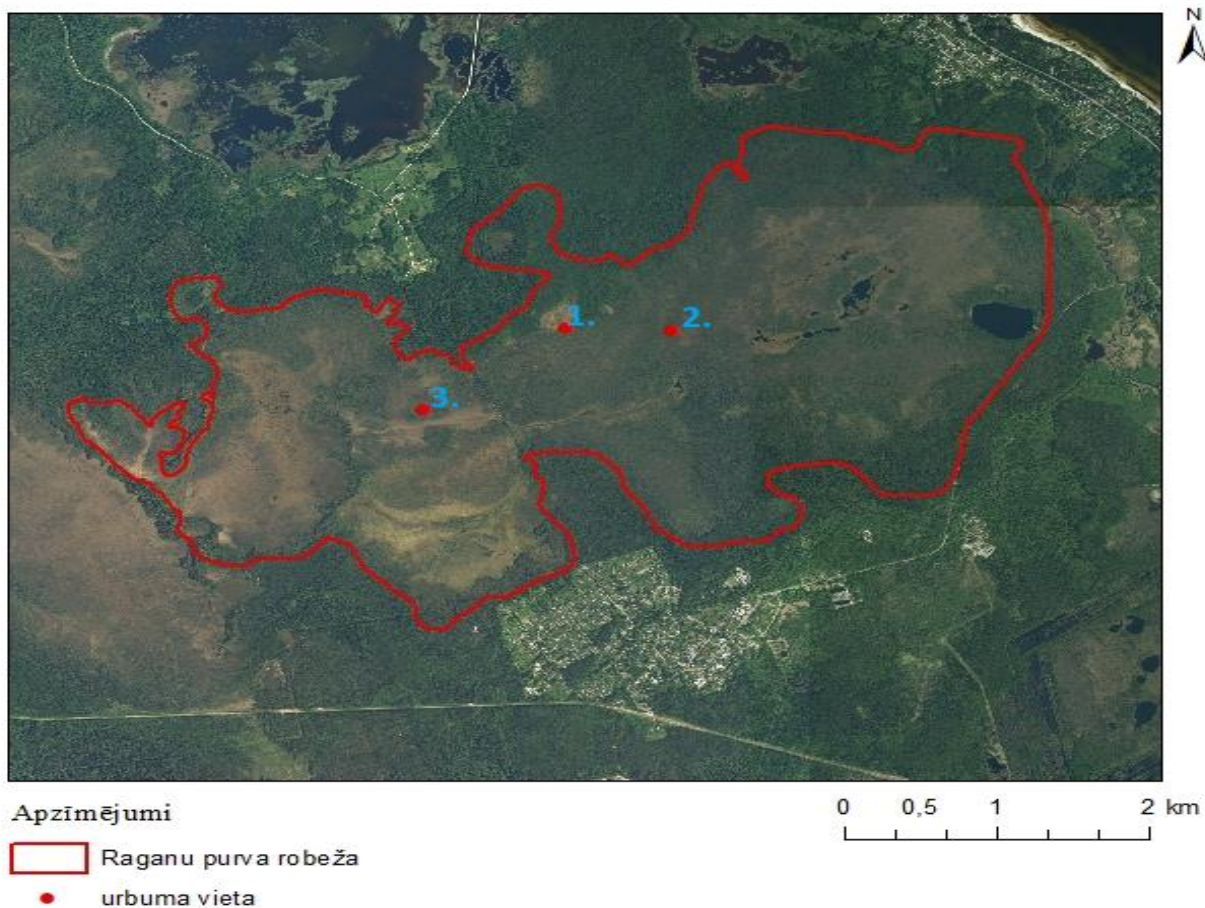
4. MATERIĀLI UN METODES

Pētījuma izstrādei veikti lauka pētījumi Raganu purvā. Kūdras nogulumu raksturošanai veikti 3 urbumi, atšķirīgas ietekmes pakāpes purva biotopos. Kūdras slāņus raksturojošie paraugi analizēti laboratorijā ar karsēšanas zuduma metodi, tika arī veikta kūdras botāniskā sastāva analīze un sadalīšanās pakāpes noteikšana. 2022. – 2023. gadā Raganu purvā ES kohēzijas fonda projekta “Apsaimniekošanas pasākumu veikšana īpaši aizsargājamās dabas teritorijās un mikroliegumos biotopu un sugu aizsardzības stāvokļa uzlabošanai” ietvaros īstenoti pasākumi purva biotopu atjaunošanai (DAP 2022).

4.1. Lauka darbu metodes

Maģistra darba pētījuma izstrādes ietvaros Raganu purvā veikti 3 urbumi kūdras augšējo slāņu (līdz 1 m) analīzei, vairāk balstoties itekmētu un dabisku purva daļu.

Urbuma vietas izvēlētas poligonos ar atšķirīgu veģētāciju. 1. urbums 1. poligonā, kur pirms 5 gadiem veikta platības atmežošana, izcirsti koki un sekojošajos gados arī ravētas atvases. 2. urbums veikts poligonā, kurš raksturo purva platību, kas, pirms apsaimniekošanas pasākumu īstenošanas, bija apaugusi ar parasto priedi. 3. urbums veikts dienvidrietumu virzienā no pirmā urbuma, vietā, kur koku apaugums saglabājies optimāls un, kur netika veikti koku izciršanas darbi.



4.1.1. attēls. Urbumu atrašanās vietas Raganu purva teritorijā. Autora veidota, izmantota 3.cikla ortofotokarte.

Urbumi veikti, izmantojot Ejelkamp firmas mīksto nogulumu ģeoloģisko urbi, kura kameras diametrs ir 5 cm un garums 50 cm. Sākotnēji tika sagatavotas paraugu ievietošanai piemērotas kameras – puscaurules, kas ir uz pusēm pārgriezta santehnikas caurules, kurās tiek ievietoti iegūtie nogulumi. Izceļot urbi, nogulumi tika izņemti no kameras, attīrīti no piemaisījumiem. Uzreiz tika noteikti parauga krāsa, mitrums un sadalīšanās pakāpe. Pēc tam paraugi, nesajaucot to slāņus, tika ievietoti sākotnēji sagatavotajās puscaurulēs, ietīti polietilēna plēvē, nostiprinot galus ar līmlenti, lai nepieļautu paraugu izžūšanu, nogulumu sajaukšanos un, lai paraugu transportēšana uz laboratoriju būtu ērta. Uz katras puscaurules ar marķieri tika atzīmēts – urbuma kārtas numurs, dziļums, urbšanas virziens un tā vietas nosaukums.

Veicot katru urbumu, lauka grāmatiņā piefiksēts katra parauga dziļums, krāsa, mitrums un sadalīšanās pakāpe. Visas nepieciešamās darbības tika rūpīgi atzīmētas un tika veikta fotofiksācija ar viedierīces palīdzību, lai atspoguļotu kuras nogulumu krāsu un struktūru uzreiz pēc to izcelšanas no urbuma.

Kūdras sadalīšanās pakāpi pēc von Posta metodes veic tikai lauka apstākļos, uzreiz kā kūdra tiek izcelta no urbuma, kamēr tā nav zaudējusi krāsu un oksidējusies ar gaisu. Sadalīšanās un mitruma pakāpes metode ir balstīta uz vizuālo kūdras konsistenci, augu atlieku stāvokli, amorfā materiāla piejaukumu, ūdens dzidrumu un krāsu. Kūdras sadalīšanās pakāpe un mitruma indekss tiek noteikts pēc zviedru ģeologa Lenarta von Posta skalas.

4.2. Laboratorijas analīžu metodes

Izmantojot von Posta skalu lauka darbu gaitā tika iegūti nepieciešamie mitruma indeksi no B1 līdz B5 un noteikts procentuālais organisko vielu saturs katrā paraugā (Krūmiņš 2012a), lai rezultāti būtu precīzāki un varētu iegūt plašāku informāciju, svarīgi veikt analīzes laboratorijā, izmantojot dažādas laboratorijas analīžu metodes.

Kūdras daudzās īpašības var iedalīt galvenajās grupās kā:

- vispārtehniskās īpašības (botāniskais sastāvs, sadalīšanās pakāpe, pelnainība, mitrums, sadegšanas siltums, skābums);
- fizikālās īpašības (blīvums, mehāniskā izturība, mitrumietilpība un ūdensuzsūcamība, frakciju sastāvs, struktūra un porainība u. c.);
- ķīmiskās īpašības (ķīmiskais sastāvs, elementārsastāvs, u. c.);
- fizikāli-ķīmiskās īpašības (siltumvadītspēja, elektrovadītspēja, katjonu sastāvs u. c.) (Šņore 2013).

Pētot nogulumu sastāvu lauka darbos iegūtajiem kūdras paraugiem, tika veikta kūdras karsēšanas zudumu jeb LOI analīze, pēc kuras rezultātiem tika noteikti karbonātu, minerālvielu, pelnu un organisko vielu procentuālie daudzumi un, protams, mitrums. Kopumā tika pētīti 135 kūdras paraugi, kā arī paraugiem tika noteikts kūdras botāniskais sastāvs un sadalīšanās pakāpe.

Karsēšanas zuduma jeb LOI analīze

Karsēšanas zuduma metode ir tehnika, kas izmanto sadedzināšanu, lai pētītu vielas, piemēram, metālus un minerālus, un noteiktu to sastāvu vai īpašības. Karsēšanas zuduma metode darbojas, izmantojot augstu temperatūru, lai sadedzinātu vielas, un pēc tam kvantitatīvi

noteikt, cik daudz šķidrums, gāzes un pelni paliek no materiāla pēc karsēšanas procesa. Šī informācija var sniegt ieskatu par vielas ķīmisko sastāvu un citiem raksturlielumiem (Rosa et. al. 2011). Karsēšanas zuduma metode ir ļoti precīza un uzticama, taču tā prasa speciālu aprīkojumu un pieredzi, lai to pareizi veiktu un interpretētu rezultātus. Šo metodi bieži izmanto, lai noteiktu metālu daļiņu koncentrāciju uz kāda materiāla virsmas vai citus sīkākus ķīmiskos aspektus materiālu analīzē.

Karsēšanas zuduma analīzei vispirms tika sagatavoti porcelāna tīģeļi. Tīģeļiem ir jābūt tīriem, sanumurētiem, sausiem un nosvērtiem. Tīģeļos tika ievietoti iegūtie kūdras paraugi, no iegūtajām nogulumu serdēm 0,00 -1,00 m. Paraugi tika ņemti ik pa 1 cm līdz 20 cm dziļumam, tad no 20 cm līdz 50 cm ik pa 2 cm un no 50 cm līdz 1 m ik pa 5 cm.

Mitruma noteikšanai, tīģeļi ar paraugiem tika svērti vēlreiz, tad tie tika ievietoti žāvēšanas skapī BINDER 105°C temperatūrā 12 stundas. Pēc 12 stundu žāvēšanas paraugi tika nosvērti un tiem tika aprēķināts mitruma procentuālais daudzums kāds ir bijis noteiktā kūdras paraugā.

Secīgās karsēšanas zuduma metode tika izmantota, lai noteiktu organisko vielu un karbonātu daudzumu paraugos. Karbonātu un organisko vielu procentuālais daudzums tika noteikts secīgi karsējot paraugus mufelkrāsnī VULCAN A – 550, karsējot 550°C temperatūrā velkmes skapī 4 stundas. Atdzisuši paraugu tīģeļi tika izņemti no mufelkrāsns, nosvērti un tiem tika aprēķināts zudušā materiāla svārs pēc iepriekš veiktās svēšanas datiem. Karsējot 550° C temperatūrā organiskās vielas oksidējas līdz CO₂ (oglekļa dioksīdam) un pelniem (Kuške et al. 2012). Pēc tam tiek veikta 2 stundu karsēšana 950°C temperatūrā, tās laikā CO₂ tiek atdalīts no karbonātiem un citiem minerāliem.

Paraugi tika svērti pirms un pēc katras karsēšanas, balstoties uz iegūtajiem datiem tika aprēķinātas zuduma masas, kuras rodas karsēšanas izraisītajās reakcijās. Kā minerālvielu daudzums tiek izteikts karsēšanas zuduma atlikums, aprēķinot pret organisko vielu daudzumu un karbonātiem. Šī metode ir salīdzinoši ātra un vienkārša veids, lai noteiktu karbonātu un organisko vielu saturu ar māliem nabadzīgos, karbonātiskos nogulumos (Kuške et al. 2012).



4.2.1. attēls. Sagatavotie tīģeļi ar paraugiem mufeļkrāsnī.

Kūdras botāniskā sastāva noteikšana

Kūdras botāniskais sastāvs ir atkarīgs no vides apstākļiem, kūdras tipa un vecuma. Visbiežāk kūdrā sastopami organiskie materiāli – augu atliekas, kā arī dažādu organismu atliekas, kas sadalījušās mikroorganismu paliekās (Williams et al. 2016). Kūdras nogulumos uzkrājas un saglabājas tikai pret sadalīšanos izturīgi augi. Nosakot kūdras botānisko sastāvu, ir iespējams noteikt kūdras īpašības un tipu.

Kūdras botānisko sastāvu var noteikt, noskaidrojot kūdras nogulumu paraugos augu veidojošo sastāvu, balstoties uz kūdras mikroskopiskajām un makroskopiskajām pazīmēm. Mikroskopiskās augu atliekas ir nelielas augu šūnu vai audu daļiņas, kas atrodas mikroskopiski mazos daudzumos. Tās var būt dažādas formas un veidi, piemēram, sēklu, lapu, ziedu vai sakņu fragmenti.

Makroskopiskās augu daļiņas ir lielas, ar neapbruņotu aci vai stereoskopisko mikroskopu saskatāmas augu daļas, kas var būt gan augu kāti, gan lapas, gan ziedi. Augu un to procentuālā daudzuma noteikšanai tiek izmantoti svaigi, neizžuvuši kūdras paraugu nogulumu. Kūdras sadalīšanās pakāpe un botāniskais sastāvs tiek izteikts procentos. Par 100 % tiek uzskatīts viens mikroskopa redzes lauks. Katram paraugam tiek skatīti vismaz 10 redzes lauki, noteiktas augu sugas - galvenās kūdras veidojošās, izmantojot augu makroatlieku noteicējus un visu kūdras procentuālās attiecības. Kūdras veida noteikšanā izmanto tikai to kūdras veidotāju

nosaukumus, kuru procentuālais daudzums nav mazāks par 20% no visa sastāva. Kūdras veida apzīmējumā dominējošo komponentu nosaukumi ir liekami beigās (Kuške et al. 2012). Lai rezultātus apkopotu grafiski, tiek izmantota TILIA 2.6.1. programma.

Kūdras sadalīšanās pakāpes noteikšana

Kūdras sadalīšanās pakāpe atspoguļo tumšās amorfās vielas, kas sastāv no humusa savienojumiem un citiem produktiem. Kūdras sadalīšanās pakāpe sniedz datus par pagātnes purva mitrumu kūdras veidošanās procesa laikā. Kūdras sadalīšanās pakāpe vēsturiskajos posmos atspoguļo hidroloģiskos apstākļus kūdras veidošanās laikā. Sadalīšanās pakāpes samazināšanās tiek uzskatīta par indikatoru gruntsūdens līmeņa paaugstināšanās. Augsts sadalīšanās pakāpe norāda uz salīdzinoši sausu purva virsmu, savukārt zems stāvoklis norāda uz lielāku mitrumu kūdras nogulsnešanās laikā (Drzymulska 2016). Kūdras sadalīšanās pakāpes raksturošanai Latvijā lieto procentu metodi. Vidējie rādītāji ir vislielākie zemā tipa kūdrai – 34%, augstā tipa kūdrai – 23% un pārejas tipa kūdrai -31% (Šnore 2013). Izmantojot mikroskopisko metodi, tiek noteikta kūdras sadalīšanās pakāpe, balstoties uz nesadalījušos augu šūnu daudzumu. Vispirms tiek noteikts reprezentatīvais laukums sagatavotā paraugā, tā redzamā daļa tiek uzskatīta par 100 %. Balstoties pēc augu šūnām identificējamo struktūru daudzuma redzamajā lauka daļā, tiek noteikta kūdras sadalīšanās pakāpe (Krūmiņš 2012b).

5. REZULTĀTI

5.1. Lauka pētījumu rezultāti

Pēc Dabas aizsardzības pārvaldes datiem, lai veicinātu mitrāju atjaunošanos, Raganu purvā tika veikti atjaunošanas darbi, Raganu purva teritorijā veiktā kokaugu apauguma samazināšana izcērtot lielāko daļu koku, saglabājot tipiskāku purva formu vai vecākas priedes. Salīdzinot pirmo divu urbumu vietas apkārtni ar trešā urbuma vietu, redzams, ka skrajāka kokaudze ir 3. urbuma apkārtnē. Novērojot jauno koku (priežu) atvasu daudzumu, iespējams, ka nākotnē arī šīs teritorijas daļā būs nepieciešama koku izciršanai, lai varētu saglabāt purva dabisko ekosistēmu.

Veicot lauka darbus, uz vietas tika veikts kūdras vizuālais novērtējums un apraksts, novērtējot kūdras mitruma indeksu pēc von Posta metodes un tās sadalīšanās pakāpi (1. pielikums). Raganu purvā kūdra sākusi uzkrāties uz plaisainiem augšdevona Salaspils svītas nogulumiežiem, no kuriem izplūst pazemes ūdeņi, bagāti ar sērūdeņradi. Apakšējos purva slāņus veido labi sadalījusies (30 – 35%) zemā purva tipa grīšļu - koku un grīšļu kūdra. Purvā mainoties vides apstākļiem, aptuveni 3 m dziļumā sāk uzkrāties maz sadalījusies (17%) kompleksā pārejas purva tipa kūdra, bet virs tās uzkrājies 2,5 m biezs maz sadalījusies (15-20%) augstā purva tipa dažādu sfagnu un brūno sfagnu kūdras slāņi (Silamiķele et al. 2023).



5.1.1. attēls. Kopskats uz 1. urbuma paraugu ņemšanas vietu.

Vietas apraksts:

Urbums tika veikts netālu no Sēra dīķu takas vietā, kur apsaimniekošanas – purva atmežošanas projekta ietvaros, teritorijā ir daudz nocirstu koku. Urbuma vieta izvēlēta tā, lai koku saknes netraucētu urbuma veikšanai. Veicot urbumu, purvā bija augsts gruntsūdens līmenis. Izcirsto koku daudzums liecina, ka pirms urbuma apkārtnē purvs bija blīvi aizaudzis ar kokiem. Kokaugu apaugumā dominēja parastā priede (80%), bet bijuši arī bērzi (15%) un retas egles (5%).



5.1.2. attēls. 1. urbuma nogulumu paraugs no dziļuma intervāla 0,00 – 0,50 m

Parauga raksturojums:

- Kūdras krāsa – oranži brūna;
- Kūdras sadalīšanās pakāpe - H2 – gandrīz pilnībā nesadalījusies kūdra;
- Kūdras mitruma indekss –B4- augsts mitruma daudzums;
- Sastāvs – dominē sfagni.



5.1.3. attēls. 1. urbuma nogulumu paraugs no dziļuma intervāla 0,50 – 1,00 m, kuru veido maz sadalījusies augstā purva tipa kūdra

Parauga raksturojums:

- Kūdras krāsa – oranži brūna;
- Kūdras sadalīšanās pakāpe – H2 – gandrīz pilnībā nesadalījusies kūdra. Ap 0,7 m dziļumā – H6 – kūdra ar vidēji augstu sadalīšanās pakāpi;
- Kūdras mitruma indekss – B4 – augsts mitruma līmenis;
- Sastāvs – galvenokārt dominē sfagni, dažviet vairāk – spilves.



5.1.4. attēls. Kopskats uz 2. urbuma paraugu ņemšanas vietu.

Vietas apraksts:

Urbums tika veikts aptuveni 20 m tālāk austrumu virzienā no 1. urbuma. Veicot urbumu, purvā bija augsts gruntsūdens līmenis. Izcirsto koku daudzums liecina, ka pirms urbuma apkārtnē purvs bija blīvi aizaudzis ar kokiem, parastā priede (85%), bērzi (10%), egles (5%).



5.1.5. attēls. 2.urbuma nogulumu paraugs no dziļuma intervāla 0,00 – 0,50 m

Parauga raksturojums:

- Kūdras krāsa – pelēcīgi brūna;
- Kūdras sadalīšanās pakāpe – H3- ļoti vāji sadalījusies kūdra;
- Kūdras mitruma indekss – B4 – augsts mitruma līmenis;
- Sastāvs – dominē sfagni.



5.1.6. attēls. 2.urbuma nogulumu paraugs no dziļuma intervāla 0,50 – 1,00 m, kuru veido maz sadalījusies augstā purva tipa kūdra

Parauga raksturojums:

- Kūdras krāsa – pelēcīgi brūna, no 50 līdz 60 cm – pelēka, no 90 cm līdz 100 cm – pelēcīgi brūna;
- Kūdras sadalīšanās pakāpe – H4 – vāji sadalījusies kūdra;
- Kūdras mitruma indekss – B3 – B4 – vidējs līdz augsts mitruma daudzums;
- Sastāvs – dominē sfagni.



5.1.7. attēls. Kopskats uz 3. urbuma paraugu ņemšanas vietu.

Vietas apraksts:

3. Urbums izvēlēts vietā, kur purvu atmežošanas projekta ietvaros koki netika izcirsti, jeb dabiskā vidē. Pietiekama mitruma apstākļos koku daudzums, salīdzinot ar 1. un 2. urbuma apkārtni, ir neliels (aptuveni 35%), priedes skrajas, zemas, ar raksturīgo purva priežu ekomorfu.



5.1.8. attēls. 3. urbuma nogulumu paraugs no dziļuma intervāla 0,00 – 0,50 m

Parauga raksturojums:

- Kūdras krāsa – oranži brūna;
- Kūdras sadalīšanās pakāpe – H1 – H2 – nesadalījusies un gandrīz pilnībā nesadalījusies kūdra;
- Kūdras mitruma indekss – B5 – B4 – ļoti augsts un augsts mitruma daudzums;
- Sastāvs – dominē sfagni.



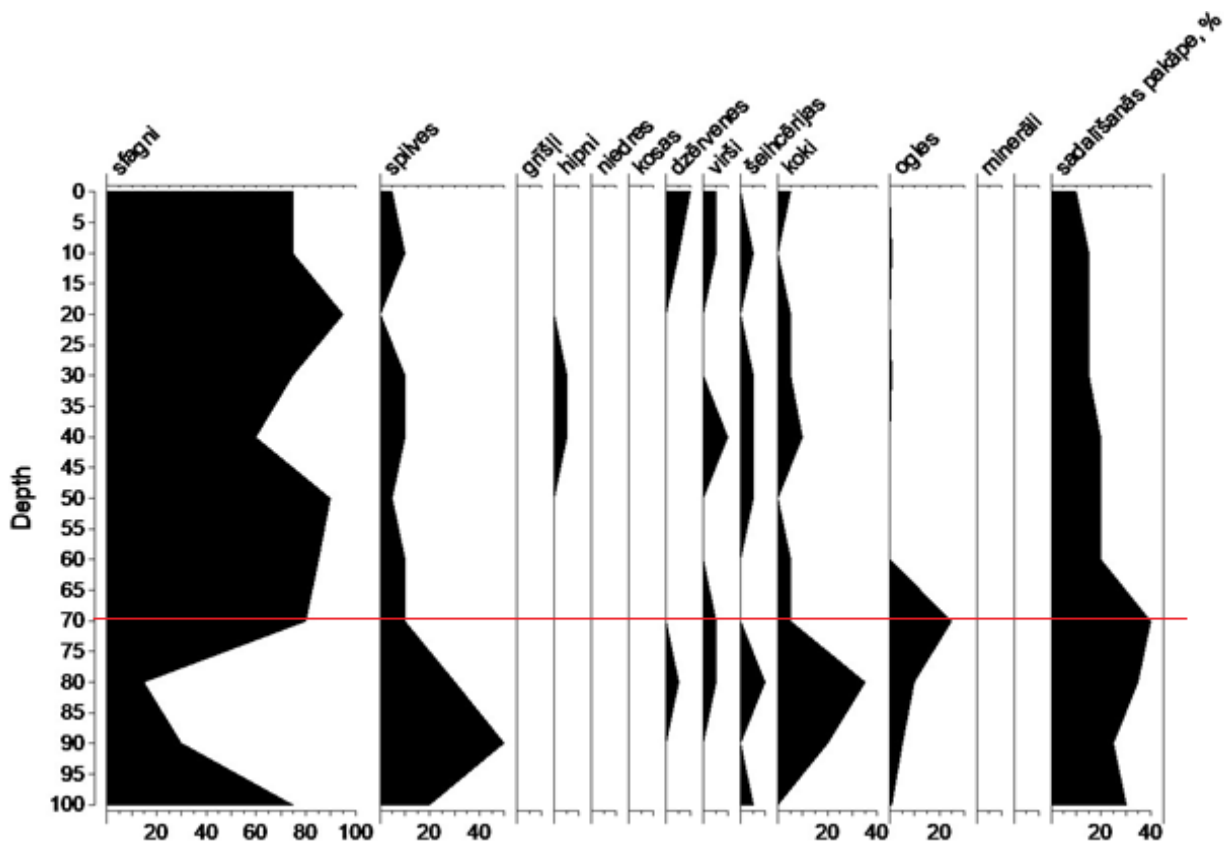
5.1.9. attēls. 3. urbuma nogulumu paraugs no dziļuma intervāla 0,50 – 1,00 m, kuru veido maz sadalījusies augstā purva tipa kūdra

Parauga raksturojums:

- Kūdras krāsa – pelēcīgi brūna;
- Kūdras sadalīšanās pakāpe – H2 - H3- gandrīz pilnībā nesadalījusies kūdra un ļoti vāji sadalījusies kūdra;
- Kūdras mitruma indekss – B4 – augsts mitruma daudzums;
- Sastāvs – dominē sfagni.

5.2. Purva nogulumu botāniskā sastāva analīzes rezultāti

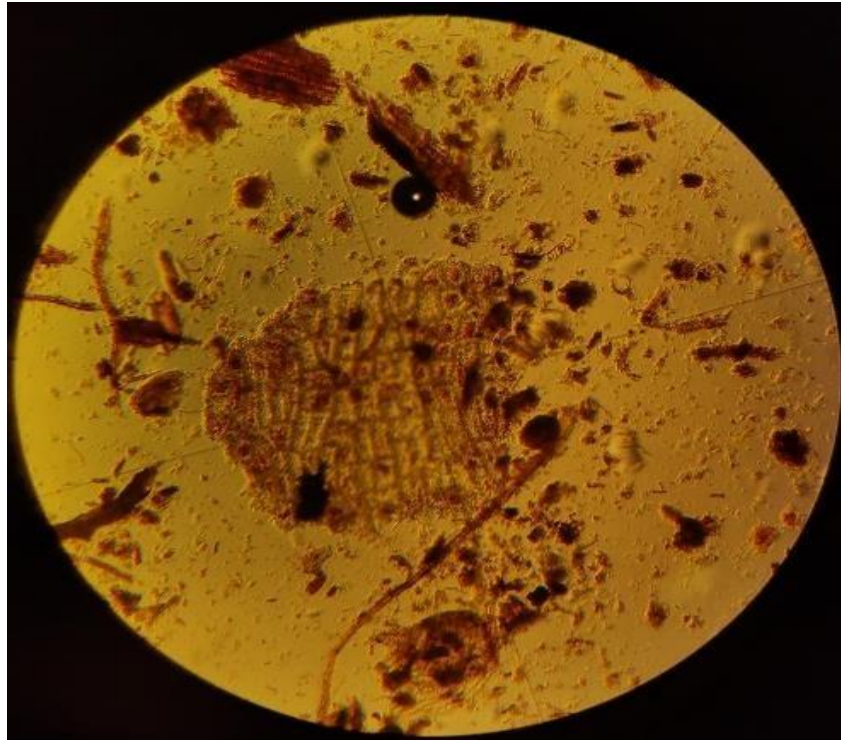
Lai varētu raksturot purva un kūdras veidošanās gaitu, veikta purva nogulumu botāniskā sastāva analīze un sadalīšanās pakāpes noteikšana. Izveidotās diagrammas ir balstītas un veikto analīžu rezultātiem, un ietver informāciju par kūdras veidojošo augu sugu sastāva izmaiņām dažāda dziļuma kūdras slāņos.



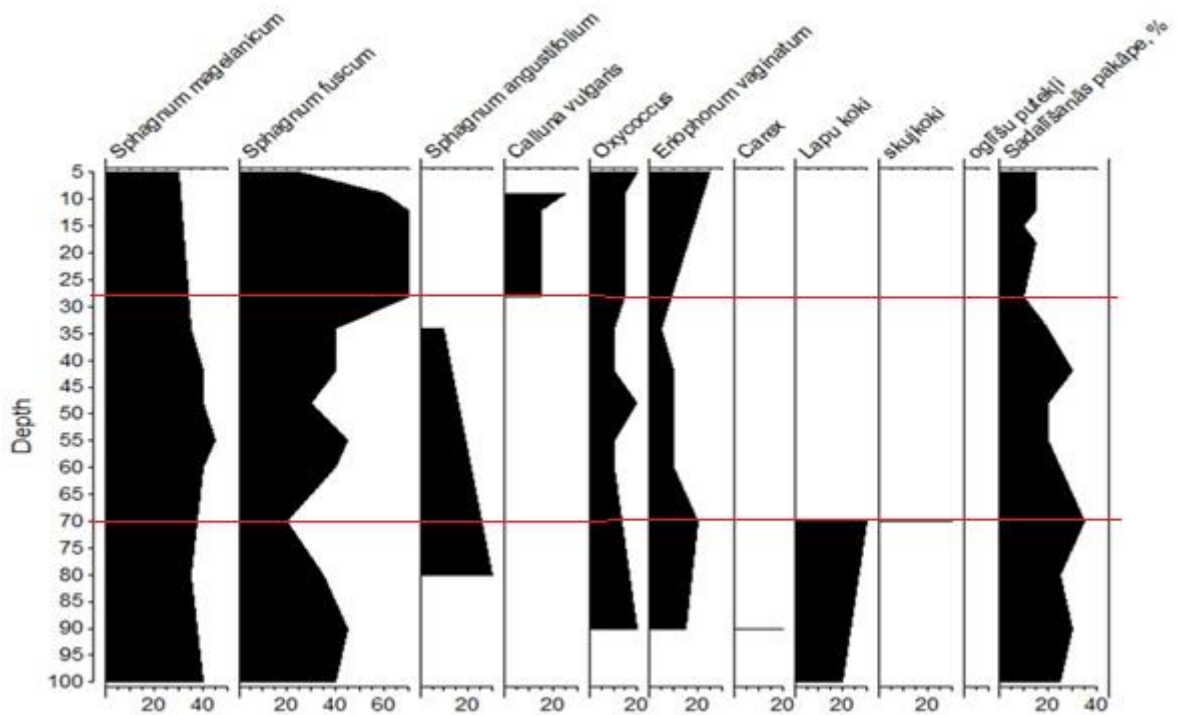
5.2.1. attēls. Raganu purva griezuma 1. urbuma nogulumu botāniskā sastāva un sadalīšanās pakāpes analīzes rezultātu diagramma, kas atspoguļo veģetācijas sastāva izmaiņas purva augšējā slāņa (līdz 1 m dziļumam) uzkrāšanās laikā.

Raganu purva 1. urbuma no 0,00 līdz 1,00 m galvenie kūdras veidojošie augi ir sfagni (*S. magelanicum*, *angustifolium*) līdz pat 85%, kā arī atrasti ir tādi augi kā makstainā spilve (*Eriophorum vaginatum*) līdz 50%, procentuāli mazāk līdz 20% tika atrastas dzērvenes (*Oxycoccus*), virši (*Calluna vulgaris*) un šeihcērijas (*Scheuchzeria palustris*). Dziļumā pie 0,20 līdz 0,30 m ir atrasti minerālgraudiņi, aptuveni 5% līdz 10%. Raganu purva 1. urbuma diagrammā ir nodalītas 2 zonas pie 70 cm dziļuma, kur var konstatēt būtiskas izmaiņas analīzes rezultātos. 70 cm dziļumā Sfagnu procentuālais daudzums (15%) ir būtiski samazinājies, toties spilvju, koku un ogļišu (20%) daudzums (60 cm – 1 m) ir palielinājies, kas liecina par to, ka šīs izmaiņas, iespējams, ir izraisījis ugunsgrēks. Kūdras sadalīšanās pakāpe 70 cm dziļumā ir vislielākā (30%). Spilvju lielākais daudzums (50%) ir 90 cm dziļumā, koku atlieku lielākais daudzums (35%) ir 80 cm dziļumā. Tādi augi kā grīšļi, niedres, kosas, netika atrasti.

Kūdras tipi šajā urbumā ir: augstā purva tipa dažādu sfagnu kūdra, spilvju – koku kūdra.



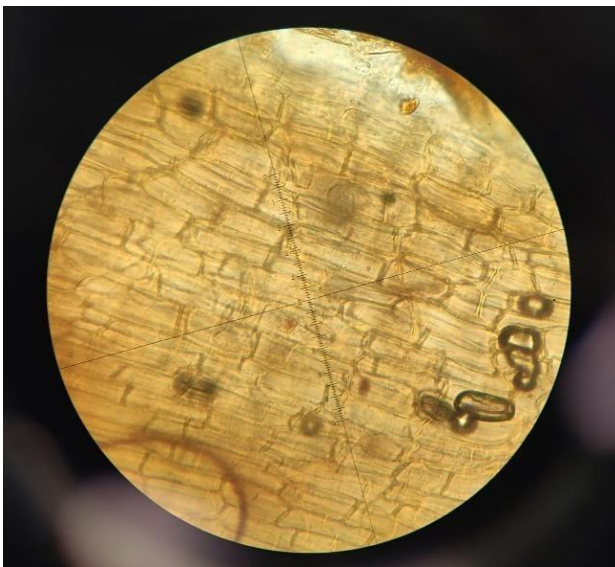
5.2.2. attēls. Paraugā atrastie ogļu puteklīši



5.2.3. attēls. Raganu purva griezuma 2. urbuma nogulumu botāniskā sastāva un sadalīšanās pakāpes analīzes rezultātu diagramma, kas atspoguļo veģetācijas sastāva izmaiņas purva augšējā slāņa (līdz 1 m dziļumam) uzkrāšanās laikā.

Raganu purva 2. urbuma no 0,00 līdz 1,00 m galvenie kūdras veidojošie augi ir sfagni (*S. Fuscum*, *Magelanicum*) līdz 70%, kā arī nelielā procentuālā ziņā (līdz 20 %) ir atrasti sila virsis (*Calluna vulgaris*), šaurlapu sfagns (*Sphagnum angustifolium*), dzērvene (*Oxycoccus*), makstainā spilve (*Eriophorum vaginatum*), grīšļi (*Carex*), kā arī lapu koki. 27 centimetru dziļumā ir novērojamas izmaiņas augu sugu sastāvā, no dziļumā no 10 cm līdz 27 cm ir atrasts sila virsis (20% -25%). *S. Fuscum* procentuālais daudzums strauji samazinās 27 cm dziļumā, savukārt, šajā pašā dziļumā novērojams kūdras sadalīšanās pakāpes pieaugums, 70 cm dziļumā vislielākais (35%).

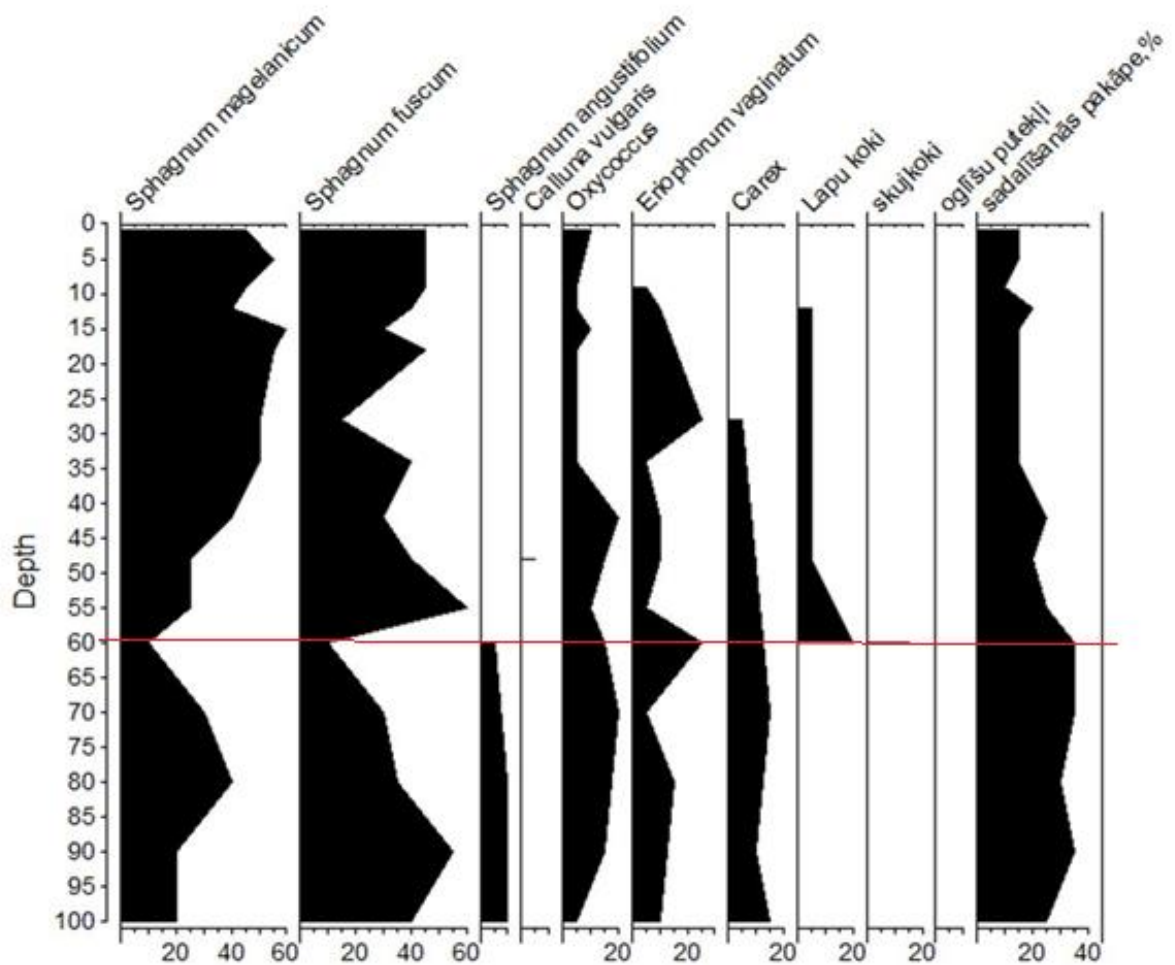
Ļoti minimālā daudzumā tika novēroti ogleņu putekļi (zem 5%), no kuriem lielākā daļa ir noapaļoti, kas liecina, ka šīs ogleņes ir ar ūdeni plūdušas un arī, kas norāda uz purva degšanas iespējamību. Vienīgi 90 cm dziļumā novērojami grīšļi (20%), skujkoki (30%) konstatēti tikai 70 cm dziļumā. 70 cm līdz 1 m dziļumam konstatētas lapu koku (bērzu, alkšņu) atliekas (līdz 25%), kas liecina par to, ka šajā laikā purvs ir bijis sausāks ar zemu ūdens līmeni, kas bija labvēlīgs lapu koku augšanai. Kūdras sadalīšanās pakāpe variē no 15 % līdz 35 % (70 cm dziļumā). Konstatētie kūdras tipi: augstā purva tipa kūdra, spilvju – sfagnu (0,00 cm – 30 cm), dažādu sfagnu kūdra (30 cm – 70 cm) un koku kūdra (70 cm – 1 m).



5.2.4. attēls. Grīšļu atliekas.



5.2.5. attēls. Brūnā sfagna atliekas



5.2.6. attēls. Raganu purva griezuma 3. urbuma nogulumu botāniskā sastāva un sadalīšanās pakāpes analīzes rezultātu diagramma, kas atspoguļo veģetācijas sastāva izmaiņas purva augšējā slāņa (līdz 1 m dziļumam) uzkrāšanās laikā.

Raganu purva 3. urbuma no 0,00 līdz 1,00 m galvenie kūdras veidojošie augi ir sfagni (*S. magellanicum*, *fuscum*) līdz 60% (55cm), kā arī nelielā procentuālā ziņā (līdz 20 %) šaurlapu sfagns (*Sphagnum angustifolium*)(60cm –1 m), dzērvene (*Oxycoccus*) (līdz 23%) (43 cm), makstainā spilve (*Eriophorum vaginatum*) (līdz 20%) (60 cm), grīšļi (*Carex*)(līdz 15 %) (27 cm –1 m), sila virsis (līdz 5%) ir konstatēts tikai 47 cm dziļumā, skujkoku atliekas (līdz 15%) konstatētas tikai 60 cm dziļumā, kā arī lapu koki (bērzi, alkšņi) (līdz 20%) (10 cm – 60 cm). Kūdras sadalīšanās pakāpe variē no 20% līdz 35%. Konstatētie kūdras tipi: augstā purva tipa kūdra, līdz 60 cm dziļumam - dažādu sfagnu kūdra, 60 cm dziļumā - sfagnu – spilvju kūdra, no 60 cm līdz 1m dziļumam - sfagnu kūdra. Salīdzinot ar iepriekšējiem urbumiem, šajā urbumā ir atrasts niecīgs skaits oglīšu putekļu, bet ir atrasti bērzu un priežu putekšņi.

Pētot šī urbuma nogulumu botānisko sastāvu ir atrastas tādas sugas kā *Arcella discoides*, *Callidina angusticollis*.

Arcella discoides ir viensūnu amēbu suga, kas pieder *Arcellidae* dzimtai. To raksturo diskveida forma, un to parasti var atrast saldūdens vidēs, eitrofiskos ūdeņos, purvos, sūnās, dažas sugas var atrast augsnēs (Lahr D., Lopes S 2009). Lielākā daļa sugu ir izplatītas visā pasaulē, bet dažām ir ierobežota izplatība. *Arcella discoides* barojas ar baktērijām un citiem mikroorganismiem fagocitozes ceļā. Tam ir svarīga loma ūdens ekosistēmu barības vielu apritē (Ogden 1991). Diemžēl šī suga ir maz pētīta un informācijas ir ļoti maz.

Callidina angusticollis ir pudeles formas caurule, pēda ir maza, spuras un kāju pirksti īsi. Tās ir regulāri sastopamas holocēna augsto purvu atradnēs, taču līdz šim nav iespējams iegūt īpašu ekoloģisko informāciju par šī pārstāvja sastopamību. Tā visu mūžu ir pārklāta ar čaumalu, kas jaunajiem īpatņiem ir caurspīdīga, vēlāk kļūst dzidri dzeltens un beigās tumši dzeltenbrūns un necaurspīdīgs. Čaumalas forma ir krūzes forma, maz mainīga, un dzīvnieks nekad brīvprātīgi nepamet čaumalu (Elias 2007).



5.2.7. attēls. *Arcella discoides*



5.2.8. attēls. *Callidina angusticollis*

5.3. Purva veidojošo nogulumu analīzes rezultāti

Kūdra sastāv no minerālvielām un organiskām vielām. Organiskās vielas ir skābeklis, ogleklis, ūdeņradis un slāpeklis. Minerālvielas ir kūdras nedegošā daļa, minerālo daļu veido neliels daudzums mikroelementu (titāns, mangāns, bārijs u.c.) un makroelementi (silīcijs, dzelzs, kalcijs u.c.). No kūdras veida un sadalīšanās ir atkarīgs tās ķīmiskais sastāvs (Šnore 2013).

Pēc Raganu purva nogulumu paraugu karsēšanas zudumu (LOI) rezultātiem (2.,3.,4. pielikums), katram urbūmam ir izveidotas diagrammas, kas parāda likumsakarības starp minerālvielu, organisko vielu un karbonātu daudzuma izmaiņas nogulumu sastāvā.

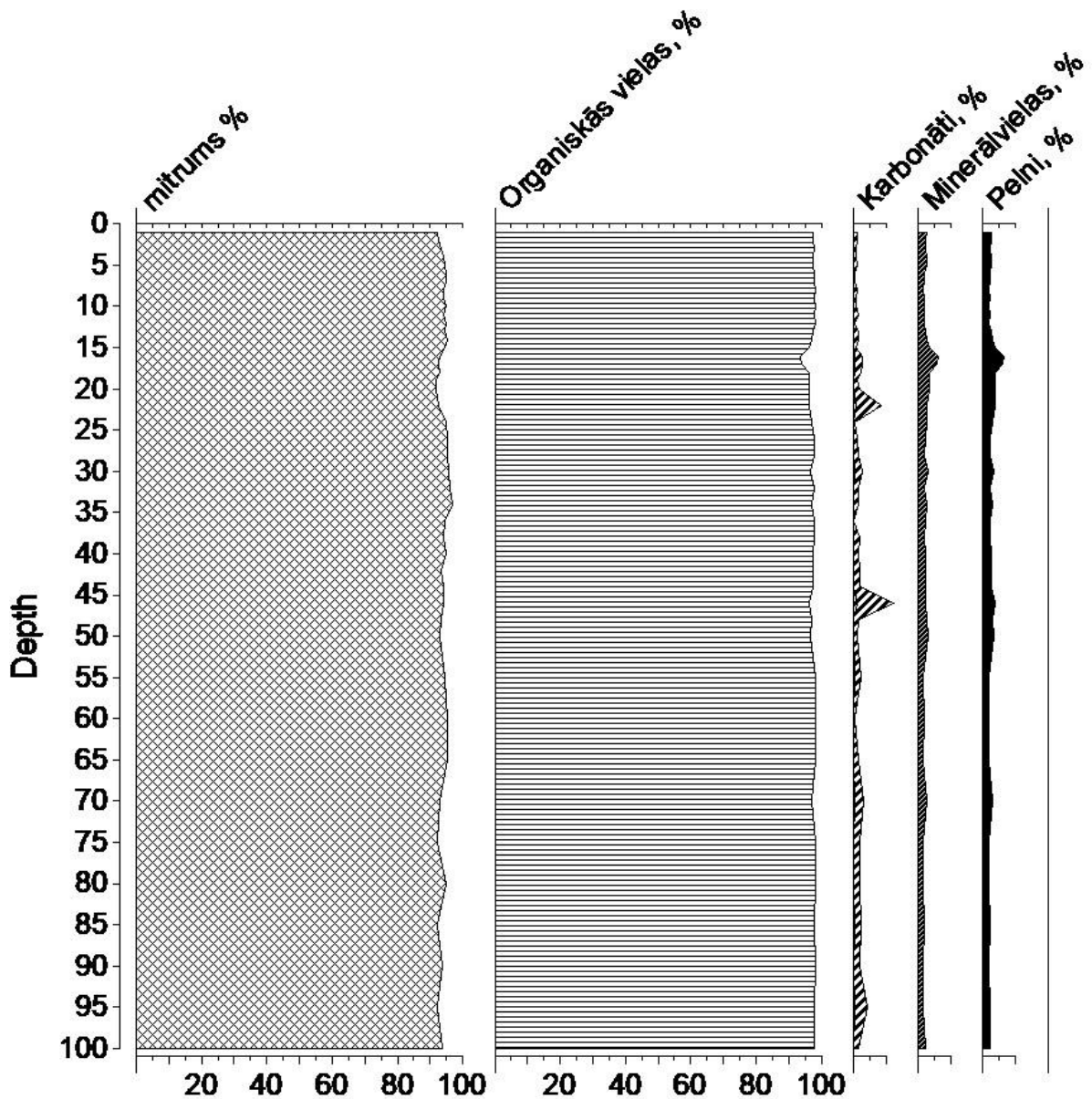
Organisko vielu daudzums purvos ir atkarīgs no daudziem faktoriem, piemēram, purvu veida, augu daudzuma, bojātāju klātbūtnes un citas dabas iezīmes. Parasti purvos ir augsts organisko vielu saturs, jo tie veidojas no daudziem organiskajiem materiāliem, piemēram, mirušiem augiem, dzīvniekiem un mikroorganismiem, kas sadalās purvā bez skābekļa klātbūtnes. Šie organiskie materiāli sāk sadalīties un veidot kompostu, kas ir barības avots citiem organismiem, kas dzīvo purvā. Tāpēc purvi parasti ir bagāti ar organiskajām vielām, kas ir svarīgas augu un dzīvnieku izdzīvošanai un attīstībai (Purmalis 2015).

Karbonātu daudzums purvos ir atkarīgs no dažādiem faktoriem, piemēram, augsnē esošajiem organiskajiem materiāliem, pH līmeņa un ūdens pieejamības. Pētījumi ir parādījuši, ka purvā var būt atrodams no 1 līdz 10 procentiem ogļskābes sāļu (karbonātu) masas. Tomēr šis skaits var būt mainīgs atkarībā no konkrētās vietas un purva īpašībām. Karbonātu klātbūtne purvos ir svarīga, jo tas ietekmē purva ķīmisko un bioloģisko sastāvu, kā arī spēju absorbēt un saglabāt siltumnīcefekta gāzes no atmosfēras (Galka et al. 2021).

Minerālvielas purvos ir dabīgi iegulsnējumi zemes garozā, kas ir veidojušies no bojātu augu un dzīvnieku paliekām. Šie purvi ir bagāti ar organisko vielu un ir svarīgi resursi, kas var tikt izmantoti dažādos veidos, piemēram, enerģijas ieguves nozarēs. Turklāt minerālvielas purvos ir svarīgi dabas ekosistēmu komponenti, kas nodrošina barības vielas dzīvniekiem un augiem.

Mitruma līmenis purvos ir ļoti svarīgs faktors, kas ietekmē purvu ekosistēmu un to saglabāšanas iespējas. Parasti augstāks mitruma līmenis purvos nodrošina labvēlīgākus apstākļus dažādu purvu augu un dzīvnieku sugu dzīvotnei. Zems mitruma līmenis purvos var

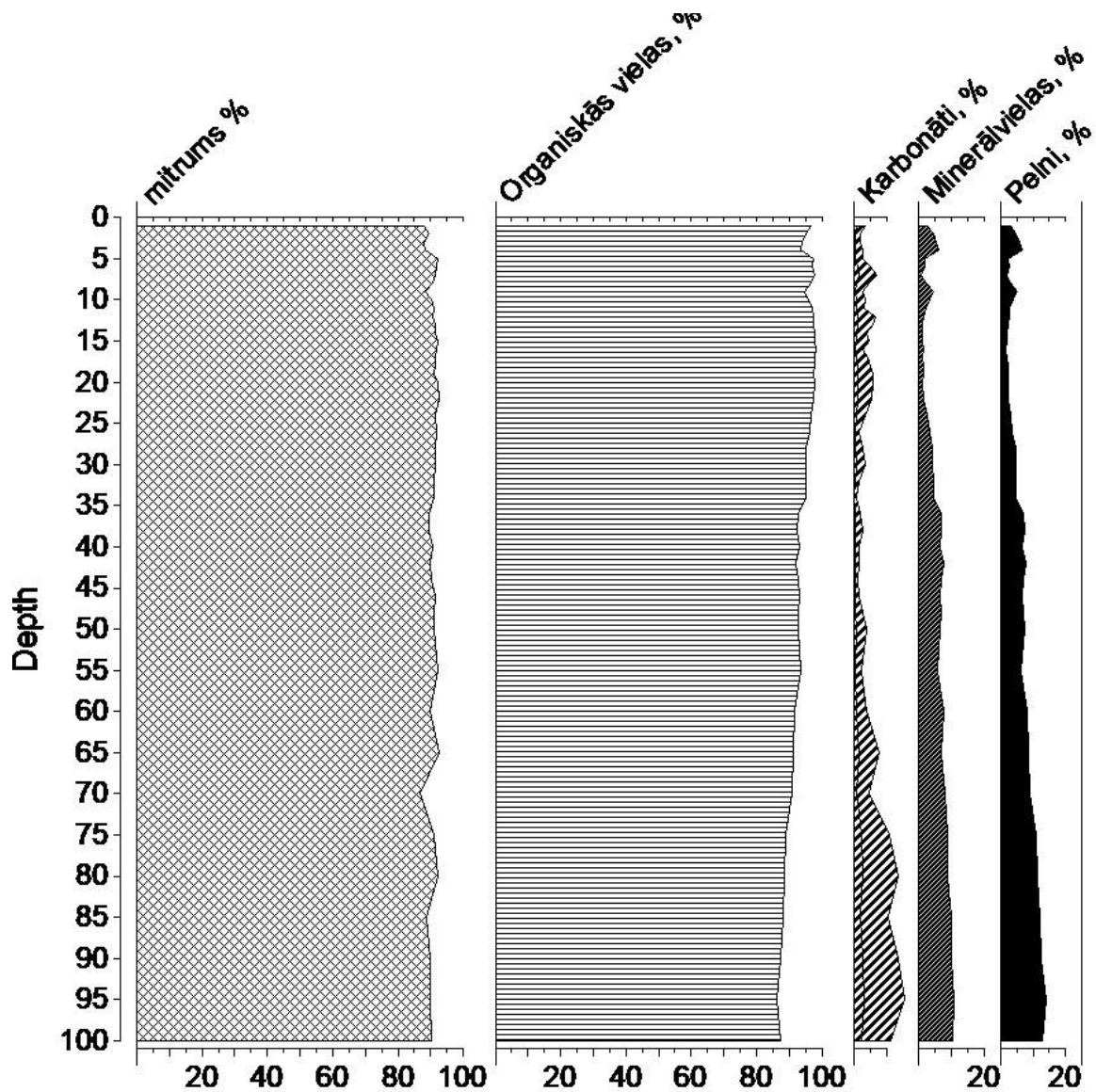
izraisīt augu un dzīvnieku sugu rašanos, tādējādi nopietni apdraudot purvu ekosistēmu. Tāpēc svarīgi ir uzraudzīt un regulēt mitruma līmeni purvos, lai nodrošinātu to ilgtspējīgu saglabāšanu un aizsardzību.



5.3.1. attēls. Raganu purva griezuma 1. urbuma nogulumu karsēšanas analīzes rezultātu diagramma, kas parāda nogulumu sastāva izmaiņas augšējā metra intervālā.

Izvērtējot Raganu purva 1. urbuma noguluma karsēšanas rezultātus, vismazākais mitruma līmenis ir pie 20 cm dziļuma (91,72%), bet, savukārt, lielākais pie 34 cm dziļuma (96,68%). Mazākais organisko vielu saturs daudzums (93,61%) ir 16 cm dziļumā, savukārt, lielākais (98,32%) ir 80 cm dziļumā. Mazākais karbonātu daudzums (0,00%) ir pie 36 cm dziļuma, bet lielākais (1,25%) pie 46 cm dziļuma. Mazākais minerālvielu daudzums (1,49%)

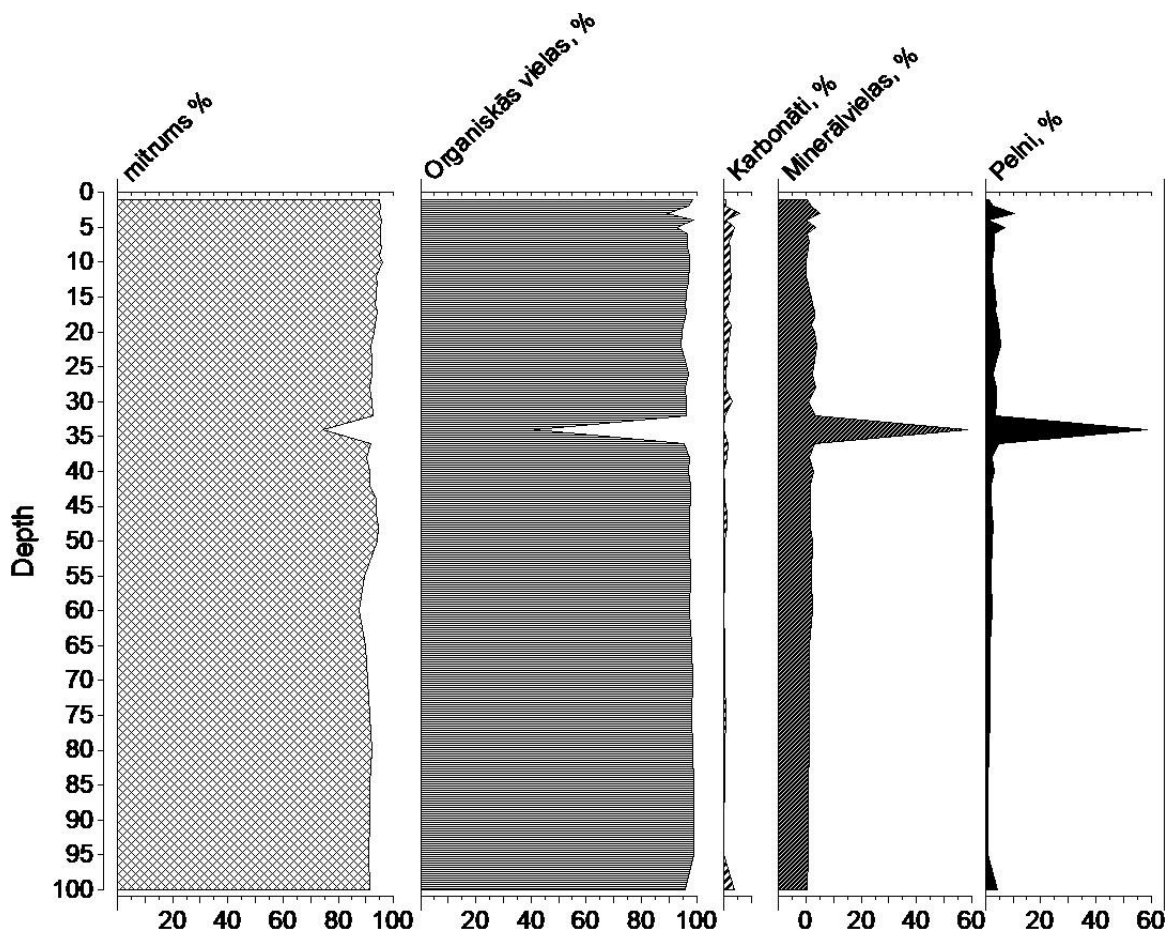
ir 80 cm dziļumā, savukārt, lielākais (6,12%) ir 16 cm dziļumā. Mazākais pelnu saturs(1,68%) ir 80 cm dziļumā, savukārt lielākais (6,39%) ir 16 cm dziļumā, kas parāda sakarību starp organisko vielu un minerālvielu daudzumu urbumā. Jo mazāks ir organisko vielu saturs, jo lielāks ir minerālo vielu daudzums un otrādi. Pelnu saturs balstās uz minerālvielu daudzuma, tas ir, noteiktā dziļumā minerālvielu daudzums ir mazs, tad arī šajā pašā dziļumā pelnu saturs būs mazs un otrādi.



5.3.2. attēls. Raganu purva griezumā 2. urbuma nogulumu karsēšanas analīzes rezultātu diagramma, kas parāda nogulumu sastāva izmaiņas augšējā metra intervālā.

Izvērtējot Raganu purva 2. urbuma noguluma karsēšanas rezultātus, vismazākais mitruma līmenis (86,89%) ir 70 cm dziļumā, bet lielākais (92,78%) ir 65 cm dziļumā. Mazākais organisko vielu saturs (86,05%) ir 95 cm dziļumā, savukārt, lielākais (98,17%) ir 16

cm dziļumā. Mazākais karbonātu daudzums (0,16%) ir 34 cm dziļumā, savukārt, lielākais (3,09%) ir 95 cm dziļumā. Mazākais minerālvielu daudzums (0,84%) ir 7 cm dziļumā, bet lielākais (10,86%) ir 95 cm dziļumā. Mazākais pelnu saturs (1,83%) ir 16 cm dziļumā, bet lielākais (13,95%) ir 95 cm dziļumā. Lielākais karbonātu, minerālvielu un pelnu saturs ir 95 cm parauga dziļumā, savukārt organisko vielu saturs šajā dziļumā ir mazākais, kas parāda likumsakarību starp šiem rezultātiem.



5.3.3. attēls. Raganu purva griezumā 3. urbuma nogulumu karsēšanas analīzes rezultātu diagramma, kas parāda nogulumu sastāva izmaiņas augšējā metra intervālā.

Izvērtējot Raganu purva 3. urbuma nogulumu karsēšanas rezultātus, vismazākais mitruma līmenis (74,42%) ir 34 cm dziļumā, lielākais (95,89%) ir 83 cm dziļumā. Mazākais organisko vielu saturs (41,29%) ir 34 cm dziļumā, bet lielākais (99,17%) ir 4 cm dziļumā. Mazākais karbonātu saturs (0,02%) ir 60 cm dziļumā, bet lielākais (5,64%) ir 3 cm dziļumā.

Mazākais minerālvielu saturs (0,04%) ir 12 cm dziļumā, bet lielākais (58,62%) ir 34 cm dziļumā. Mazākais pelnu saturs (0,83%) ir 4 cm dziļumā, bet lielākais (58,71%) ir 34 cm dziļumā.

Vismazākais minerālvielu kopējais daudzums visā urbumā ir 1. urbumam, savukārt, lielākais 2. urbumam.

Vismazākais organisko vielu kopējais daudzums visā urbumā ir 2. urbumam, bet lielākais 1. urbumam.

Vismazākais karbonātu kopējais daudzums ir 1. urbumam, bet lielākais ir 3. urbumam.

Pēc Dabas aizsardzības pārvaldes datiem, konstatēts, ka Raganu purvā pagājušā gadsimta 50 – tajos gados ir bijis ugunsgrēks, kas ir apstiprina maģistra darba pētījuma konstatētos ogļu puteklīšus augšējos slāņos. Iespējams, ka agrāk veiktās blakus esošo mežu meliorācijas dēļ, Raganu purvā ūdens līmenis ir pazeminājies un tādējādi ietekmējis arī sēravotu darbību. Šīs izmaiņas sekmējušas arī blakus esošā zāļu purva aizaugšanu ar kokiem un krūmiem, vēl kā ietekmējošos faktorus jāmin: meliorācija un kūdras izstrāde; Degšana (ugunsgrēki) visnozīmīgāk ietekmē purva susinātās platības, kur ir labvēlīgi apstākļi kūdras degšanai; Antiņciema ceļš Raganu purvā tika izmantots kā atkritumu izgāšanas vieta. (DAP 2004).

Salīdzinot botāniskā sastāva rezultātus, oglišu putekļu daudzums, lielums, dziļums katrā paraugā ir atšķirīgs, kas nesniedz iespēju konstatēt konkrēti kurā vietā un laikā Raganu purvā ir bijuši ugunsgrēki.

Arī kā purva ekosistēmas ietekmējošo faktoru var minēt ceļa būvi (konkrēts laika posms diemžēl nav zināms), kuru veicot, purvs ir ticis susināts, tādējādi, radot labvēlīgus apstākļus purva aizaugšanai. Purva apsaimniekošanas pasākumu ietekme var veicināt purva hidroloģiskā režīma un dabiskās ekosistēmas atjaunošanos, tādējādi, iespējams, laika gaitā purva dabiskā ainava visā teritorijā būs viendabīga.

6. DISKUSIJA

Izpētot literatūru par Raganu purva pētījumiem, tika konstatēts, ka ir maz pētījumu par purva attīstību, vides izmaiņām un veģetāciju. Izmantojot kūdras pētījumu metodes: karsēšanas zuduma analīze, botāniskā sastāva analīze, sadalīšanās pakāpes noteikšana, ir iespējams raksturot kūdras īpašības un veidošanās apstākļus.

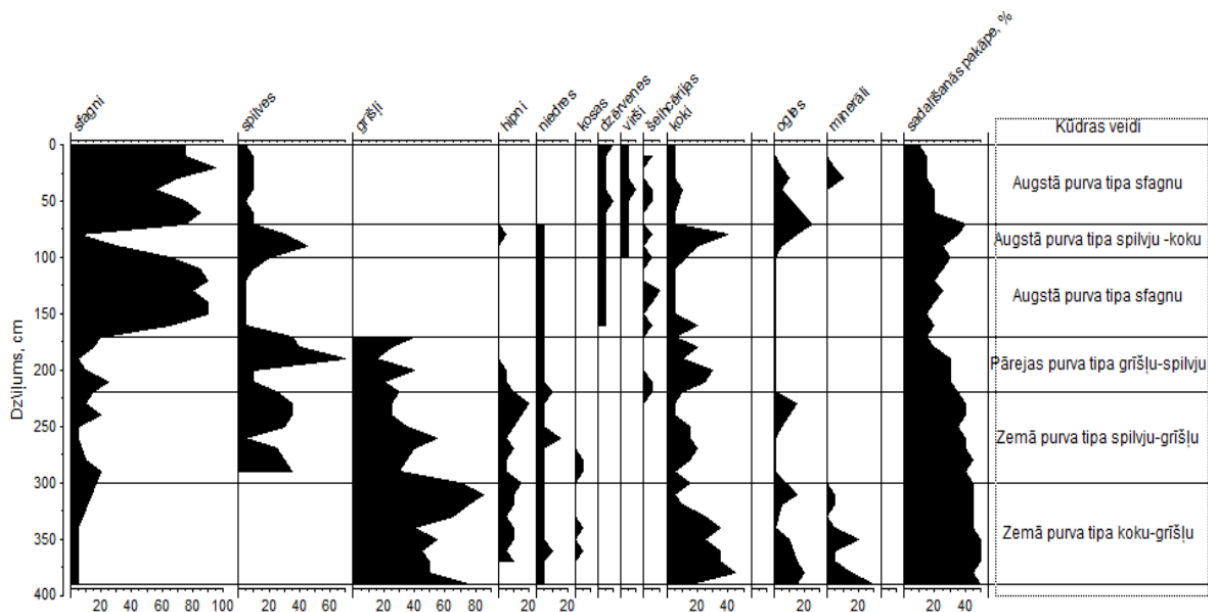
Urbumi tika veikti 1 m dziļumā, jo interese balstās uz mūsdienu kūdras procesiem un slāņiem, kuru iegūtos datus būs iespējams interpretēt nākotnē, piemēram, salīdzinot purva apsaimniekošanas darbu veikšanas ietekmi dabiskajā un ietekmētajā purva daļā.

Salīdzinot kūdras 3 urbumu paraugu botāniskā sastāva analīzes, tās norāda uz līdzīgām kūdru veidojošām augu sabiedrībām, kā arī uz diezgan līdzīgiem kūdras tipiem, pārsvarā dažādu sfagnu kūdras tips, un tās sadalīšanās pakāpēm. Visos urbumu paraugos, pētot botāniskā sastāva analīzi, no augu sugām visvairāk dominē sfagni (*fusum*, *magelanicum*), kas var liecināt par to, ka kūdras veidošanās apstākļi ir bijuši samērā vienādi gan cilvēku darbības ietekmētajā purva daļā, gan dabiskajā un visā apvidū pēdējos gadu desmitos veidojās sfagnu kūdra.

Salīdzinot informāciju par Raganu purva pētījumiem, konstatēts, ka purvs ir sācis veidoties minerālajiem nogulumiem pārpurvojoties (Pommere 2023). Tas liecina par to, ka ieplakā, kur ir veidojies purvs ir bijuši sausi apstākļi, un tikai vēlāk, laika gaitā paaugstinoties gruntsūdens līmenim, sausos apstākļus nomainīja pārmitri apstākļi, kas bija par pamatu mitrumu mīlošu augu augšanai, kuru atliekas pēc tam veidoja kūdru.

Izanalizējot L. Radinovas pētījumā nogulumu putekšņu diagrammu Raganu purva nogulumiem (Radionova 1959), kur nodalītas putekšņu zonas un putekšņu spektri nosacīti ļauj konstatēt to, ka purvs sācis veidoties un zemā tipa kūdra uzkrāties agrā holocēna preboreālajā periodā. Kūdras pāreju uz augstā purvu tipu kūdras veidošanos, kā arī augu barošanās apstākļu izmaiņu, no gruntsūdeņiem un nokrišņu ūdeņiem, balstoties uz putekšņu analīzes datiem varētu attiecināt uz holocēna klimatisko optimumu.

Izanalizējot L. Pommeres pētījumā, konstatēts, ka Raganu purvs ir izgājis pilnu purvu attīstības ciklu, jo tas savu attīstību ir sācis kā zemā tipa purvs, pēc tam kā pārejas tipa purvs un visbeidzot kā augstā tipa purvs.



6.1. attēls. Raganu purva griezuma urbuma nogulumu botāniskā sastāva un sadalīšanās pakāpes analīzes rezultātu diagramma (Pommere 2023).

Visvairāk ogļišu putekļu Raganu purvā ir apakšējā slānī, intervālā 3,5 – 3,9 m (zemā tipa purvā) un intervālā 0,5 m – 0,7 m (augstā tipa purvā), kas liecina par ugunsgrēkiem purvā vai tā apkārtnē dažādos laika posmos. Autore uzsver, ka, visticamāk, ugunsgrēki bijuši dabiskas izcelsmes (Pommere 2023).

Veicot botāniskā sastāva analīzi, uzmanība tika vērsta arī ogļišu putekļiem paraugos, konstatēts, ka lielākais daudzums ogļišu putekļu ir bijis 1. urbuma 60 cm – 1 m dziļumā, savukārt, 2. urbumā konstatētie ogļišu putekļi ir noapaļoti, kas liecina par to, ka tie ar ūdens plūsmu ir plūduši no apkārtnes, iespējams, no 1. urbuma vietas apkārtnes. Savukārt, Galka et al. 2021. gada pētījumā, analizējot makroogles, konstatējuši, ka ugunsgrēki ir notikuši laika posmā no 3800 līdz 1600 gadiem pirms mūsdienām (Galka et al. 2021).

Salīdzinot ar Galka et al. 2021. veikto botānisko analīzi kaļķainajā purva daļā, konstatētas dažas augu sugas, kas sakrīt ar maģistra darbā konstatētajām kūdras veidojošajām augu sugām kā, piemēram, prastā priede, bērzs, egļu un grīši, protams, būtiskākās atšķirības augu sugu sastāvā ir tādas, ka maģistra darba pētījumā paraugi tika ievākti 1 m dziļumā no 3 dažādiem urbumiem sūnu purvā.

Balstoties uz Galka et al. 2021. pētījumu, konstatēts, ka būtiskākās izmaiņas mežu un kūdrāju ekosistēmās notikušas laika posmā no 1400 līdz 500 gadiem pirms mūsdienām,

potenciāli saistītas ar temperatūras izmaiņām viduslaiku klimata anomālijas (siltā) un mazā leduslaikmeta (aukstā) laikā, kā arī konstatēti hidroloģiskie traucējumi kūdras sateces baseinā no 1400. gada, iespējams, cilvēku darbības (mežu izciršana) rezultātā. Izanalizējot jaunāko Raganu zemā purva pētījumu (Galka et al. 2021), var secināt, ka kūdras uzkrāšanās un purva veidošanās ir sākusies pirms aptuveni 7000 gadiem. Autori paredz, ka nākotnē prognozētā siltāka temperatūra un mazāks nokrišņu daudzums purva ekosistēmu varētu apdraudēt tikai tad, ja tiks samazināta aktīvā, ar izšķīdušajiem karbonātiem bagātināto, gruntsūdens pieplūde.

Iegūtie rezultāti sniedz priekšstatus par kūdras veidošanās apstākļiem Raganu purvā, bet tomēr lielākai datu interpretācijai, nepieciešams veikt vairākus urbumus. Rezultāti sniedz paplašinātu informāciju par Raganu purvu un nākotnē tie būs noderīgi veicot purva atjaunošanas darbus un papildinās zināšanas par purvu.

SECINĀJUMI

Maģistra darba “Kūdras īpašības un veidošanās apstākļi Raganu purvā” mērķis ir sasniegts, jo visi uzdevumi mērķa sasniegšanai ir izpildīti.

1. Balstoties uz botāniskās analīzes rezultātiem, konstatēts, ka visos urbumos līdz 1 m dziļumam purva kūdru veido augstā purva tipa kūdra.
2. Kūdru veidojošo augu sugas būtiski neatšķiras, atšķirībā no urbuma dziļuma, visos urbumos dominē sfagnu kūdra, kā arī sfagnu – spilvju, dažādu sfagnu, koku un spilvju – koku kūdra.
3. Kūdras raksturojošie lielumi purva urbumu vietās ir samērā savstarpēji vienādi, lielākās nogulumu sastāva atšķirības ir dabīgā purva daļas paraugos (3. urbums), par ko liecina karsēšanas zuduma analīzes rezultāti 34 cm dziļumā.
4. Karsēšanas zuduma analīzes rezultāti liecina, ka visbūtiskākās nogulumu sastāva izmaiņas ir 3. urbuma parauga 34 cm dziļumā, kur ir liels pelnu īpatsvars.
5. Izanalizējot purva attīstības gaitu, rezultāti liecina par Raganu purva attīstības pilnu ciklu, jo purva zemākie slāņi atbilst zemā purva tipam, no 2,20 m līdz 1,70 m – pārejas purva tipam un augšējie slāņi atbilst augstā purva tipam, kas arī konstatēts visos veiktajos urbumos.
6. Veicot Raganu purva kūdras paraugu botānisko analīzi, visos kūdras augšējos slāņos konstatēts oglišu putekļu daudzums, kas liecina par to, ka purva teritorijā dažādos laika posmos ir bijuši, visticamāk, dabiskas izcelsmes ugunsgrēki.

IZMANTOTĀ LITERATŪRA

- Aleksāns O., Pakalne M., Strazdiņa L. 2016. Latvijas purvu bioloģiskā nozīme, aizsardzība un biotopu atjaunošana. Akadēmiskā dzīve. 52.
- Auniņa, L., 2018. Purvi un avoti. Nikodemus, O., Kļaviņš, M., Krišjāne, Z., Zelčs, V. (red.). Latvija. Zeme, daba, tauta, valsts. Rīga. LU Akadēmiskais apgāds, 402-410.
- Ansone L., Kļaviņš M., Krūmiņš J., Purmalis O., Poršņovs D., Segliņš V. 2013. Kūdras resursi un to izmantošanas iespējas. Material Science and Applied Chemistry.
- Aunina L., Apolinarska K., Galka M., Feurdean A., Sim T. G., Tobolski K. 2021. A multiproxy long-term ecological investigation into the development of a late Holocene calcareous spring-fed fen ecosystem (Raganu Mire) and boreal forest at the SE Baltic coast (Latvia). Ecological Indicators.
- Aubin I., D'Astous A., Rochefort L., Poulin M. 2013. Using functional diversity as an indicator of restoration success of a cut-over bog. Ecological Engineering. 61. 519 – 526.
- Baird A.J., Page S.E. 2016. Peatlands and Global Change: Response and Resilience. Annual Review of Environment and Resources 41. 35 -57.
- Basler A., Biester H., Hermanns Y.M., Knorr K.H., Schellekens J. 2014. Comparison of different methods to determine the degree of peat decomposition in peat bogs. Biogeosciences. 11. 2691–2707.
- Barthelmes A., Couwenberg J., Joosten H., Risager M., Tegetmeyer C. 2015. Peatlands and Climate in a Ramsar context. A Nordic-Baltic Perspective. Rosendahls-Schultz Grafisk.
- Czapiewska N., Dyderski M. K., Jagodzinski A. M., Tyborski J. 2016. Functional diversity, succession, and human-mediated disturbances in raised bog vegetation. Science of The Total Environment. 562. 648 – 657.
- Čugunovs M. 2013. Priežu apauguma attīstība dabiskos un drenētos augstajos purvos Latvijā. Promocijas darbs. Rīga.
- Drzymulska D. 2016. Peat decomposition – shaping factors, significance in environmental studies and methods of determination; a literature review. Geologos. 22. Issue 1. 61 -69.

Feofilovs M., Kamenders A., Paoli R., Romagnoli F. 2022. Peat production for horticultural use in the Latvian context: sustainability assessment through LCA modeling. *Journal of Cleaner Production*. 378.

Galka, M., Feurdean, A., Sim, G. T., Tobolski, K., Aunina, L., Apolinarska, K., 2021., A multiproxy long-term ecological investigation into the development of a late Holocene calcareous spring-fed fen ecosystem (Raganu Mire) and boreal forest at the SE Baltic coast (Latvia).

Ecological Indicators 126.

Holawe F., Inselsbacher E., Glatzel S., Muller R., Zahorka A. 2023. Incubation of ombrotrophic bog litter and mixtures of Sphagnum, Betula and Calluna results in the formation of single litter-specific decomposition patterns. *Geoderma* 440.

Jansons A. 2016. Latvijas kūdras atradņu datu kvalitātes ieteikumu sagatavošana to uzlabošanai un izmantošanai valsts stratēģijas pamatdokumentu sagatavošanā. Pārskats par izpētes projekta izpildi.

Kalniņa L. Kuške E., Gruzdinska I., Ozola I., Pujate A., Ratniece V., Stivriņš N., Zeimule S. 2015. Peat stratigraphy and changes in peat formation during the Holocene in Latvia. *Quaternary International*. 186-195.

Kalniņa L. 2008. Purvu veidošanās un attīstība Latvijā. Pakalne M. (red.) Purvu aizsardzība un apsaimniekošana īpaši aizsargājamās teritorijās Latvijā. Latvijas Dabas Fonds. Jelgavas tipogrāfija. Rīga, 20-25.

Kalniņa, L., 2018. Purvu veidošanās un attīstība. Nikodemus, O., Kļaviņš, M., Krišjāne, Z., Zelčs, V. (red.). Latvija. Zeme, daba, tauta, valsts. Rīga. LU Akadēmiskais apgāds. 184- 190.

Kalniņa, L., 2023. Purvi Latvijā. Nacionālā enciklopēdija.

Krūmiņš, J., 2012a. Kūdras sadalīšanās pakāpes noteikšana, izmantojot von Posta metodi.

Kalniņa L., Kļaviņš M. (red.). Kūdras un sapropeļa pētījumu metodes. Rīga. SIA "Latgales druka". 43-45.

Krūmiņš, J., 2012b. Kūdras sadalīšanās pakāpes noteikšana, izmantojot mikroskopijas metodi.

Kalniņa L., Kļaviņš M. (red.). Kūdras un sapropeļa pētījumu metodes. Rīga. SIA "Latgales druka". 51-56.

Kalniņa L., Kuske E., Ozola I., Pujate A. 2019. Fen and raised bog development in the areas of former littorina sea lagoons in the coastal lowland of Latvia. 14th International Peat Congress. Extended abstract No. 320

Kibirķstis G., Linkevičiene R., Grigaite O., Šimanauskiene R., Taminska J. 2023. Hydrological and botanical diversity of a raised bog and its evaluation using in situ and remote sensing methods. *Journal of Hydrology*. 617.

Kupper P., Escuer – Gatius J., Mander U., Ranniku R., Schindler T., Sellin A., Soosaar K. 2024. Dry and wet periods determine stem and soil greenhouse gas fluxes in a northern drained peatland forest. *Science of The Total Environment*. 928.

Maldavs Z. 1964. Pazemes ūdens. Hidroģeoloģijas pamati lauksaimniecības specialitātu studentiem. Latvijas Valsts izdevniecība. Rīga, 109 – 111.

Minasny B., Adetsu D.A, Aitkenhead M., Artz RE., ·Baggaley N., Barthelmes A., Beucher A., Caron J., , Conchedda G., ConnollyJ., Deragon R., Evans C., Fadnes K., Fiantis K., Gagkas Z., Gilet L., Gimona A., Glatzel S., Greve M.H., Habib V., Hergoualc'h H., Hermansen C., Kidd D.B., Koganti G., Kopansky D., Large D,J., Larmola T., Lilly A., Liu H., Marcus M., Middleton M., Morrison K., Petersen R.J., Quaife T., Rochefort L., · Rudiyanto, Toca L., Tubiello F.N., Weber P.L., Weldon S., Widyatmanti W., Williamson L., Zak D., 2024. Mapping and monitoring peatland conditions from global to field scale. *Biogeochemistry* 167:383–425

McCarter C.,P.R., Price J.,S. 2013. The hydrology of the Bois-des-Bel bog peatland restoration: 10 years post-restoration. *Ecological Engineering*. 55; 73 -81.

Okruszko T., Kijanska M. 2003. Viewing wetlands as water users in integrated river basin management plans. *International Journal of Ecology and Environmental Sciences, Special Issue: Wetlands and Agriculture* 29: 101–103.

Økland R.H., Økland T., Rydgren K. 2001. A Scandinavian perspective on ecological gradients in north-west European mires: reply to Wheeler and Proctor. *Journal of Ecology*, Issue 3. 481486

Pakalne, M., 2008. Purva biotopi un to aizsardzība. Pakalne M. (red.) Purvu aizsardzība un apsaimniekošana īpaši aizsargājamās teritorijās Latvijā. Latvijas Dabas Fonds. Jelgavas tipogrāfija. Rīga, 8-19.

- Pakalne, M., 2022. Purvu ekosistēmas Latvijā. Nacionālā enciklopēdija.
- Pommere L. 2023. Vides un veģetācijas izmaiņas Raganu purva attīstības gaitā. Bakalaura darbs. LU ĢZZF. Rīga.
- Priede A., Gancone A. (red) 2019. Kūdras ieguves ietekmētu teritoriju atbildīga apsaimniekošana un ilgtspējīga izmantošana. Baltijas krasti. Rīga.
- Purmālis O. 2015. Kūdras humusvielas: to sastāvs un to veidošanos ietekmējošie faktori. Promocijas darbs. LU ĢZZF. Rīga.
- Radionova L. 1959. Rīgas jūras līča rietumu piekrastes purvu ģenēze un vecums. Diplomdarbs. LU arhīvs. Rīga.
- Robalds A. 2013. Purvi un to klasifikācija. Kūdras resursi un to izmantošanas iespējas. Material Science and Applied Chemistry doi: 10.7250/msac. University of Latvia.
- Silamiķele I., Dreimanis I., Jansons A., Kalniņa L., Purmālis O., 2017. Kļaviņš M., (Ed.) Kūdra un sapropelis – ražošanas, zinātnes un vides sinerģija resursu efektīvas izmantošanas kontekstā. Latvijas Universitātes 75. zinātniskā konference, Valsts pētījumu programma “ResProd”. Latvijas Universitāte.
- Silamiķele I., Kalniņa L., Stupelis J., Pommere L., Dreimanis I., Alksnītis V., Strazdiņa L. 2023. Vides apstākļu izmaiņu ietekme uz Raganu purva attīstību vēsturiskā un mūsdienā skatījumā. LU 81. zinātniskā konference, sekcija “Ilgtērmiņa vides un ekoloģiskie pētījumi Latvijā”, Latvijas Universitāte
- Silamiķele 2019. Purvu degumu ietekmētās vides un purva atjaunošanās intensitātes pētījumi. Projekta atskaite. Latvijas Universitāte, Ģeogrāfijas un Zemes zinātņu fakultāte.
- Silamiķele I. 2010. Humifikācijas un ķīmisko elementu akumulācijas raksturs augsto purvu kūdrā atkarībā no tās sastāva un veidošanās. Promocijas darbs. Rīga.
- Short P., Vitt D. H. 2020. Wetlands and Habitats. The handbook of natural resources 3.
- Šnore A. 2013. Kūdras ieguve. Nordik Riga.
- Tjurennov, S. N., 1976. Torfjanije mestorozdenije. Nedra, Moskva.

Nepublicētie avoti

Ābele 2014. Purvu klasifikācija. Skatīts: 01.05.2020. Pieejams:

<http://raksti.daba.lv/referaati/2001/MAbele/purvs7.html>

Kalniņa L. 2017. Degradētu kūdrāju inventarizācija – kūdras īpašību pētījumi. Restore Life projekts. Sk. 12.05.24. Pieejams: [file:///C:/Users/User/Downloads/E3_2017-0704_L.Kalnina_LVM%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/User/Downloads/E3_2017-0704_L.Kalnina_LVM%20(1).pdf)

Ķemeru Nacionālais parks. 2023. Dabas aizsardzības pārvalde, Sk. 19.04.2024, Pieejams:

<https://www.daba.gov.lv/lv/kemeru-nacionalais-parks>

Ģeoloģija. S.a. Ķemeru Nacionālais parks. Sk. 08.03.2024, Pieejams:

<http://www.kemerunacionalaisparks.lv/?r=112>

Raganu purvā norisināsies ainavas atjaunošanas darbi. 2022. Dabas aizsardzības pārvalde, Sk.

08.03.2024. Pieejams: <https://www.daba.gov.lv/lv/jaunums/raganu-purva-norisinatiesainavas><https://www.daba.gov.lv/lv/jaunums/raganu-purva-norisinatiesainavas-atjaunosanas-darbi>[atjaunosanas-darbi](https://www.daba.gov.lv/lv/jaunums/raganu-purva-norisinatiesainavas-atjaunosanas-darbi)

Pakalne, M., 2022. Purvu ekosistēmas Latvijā. Nacionālā enciklopēdija. Sk. 07.05.2024

Pieejams: <https://enciklopedija.lv/skirklis/5355-purvu-ekosist%C4%93masLatvij%C4%81>

Purvi. S.a. Ķemeru Nacionālais parks, Sk. 08.03.2024. Pieejams:

<http://www.kemerunacionalaisparks.lv/?r=117>

1. pielikums

Von Posta kūdras sadalīšanās pakāpes un mitruma indeksa noteikšanas skala (Krūmiņš 2012a)

Sadalīšanās pakāpes indekss	Mitruma indekss	Kūdras masas raksturojums
H1 (<20%)	B5 (ļoti augsts)	<u>Nesadalījusies kūdra.</u> Saspiežot tiek izspiests gandrīz pilnīgi tīrs ūdens. Augu atliekas viegli atpazīstamas. Nesatur amorfus materiālus.
H2 (<20%)	B4 (augsts)	<u>Gandrīz nesadalījusies kūdra.</u> Saspiežot tiek izspiests gandrīz tīrs vai dzeltenīgas nokrāsas ūdens. Augu atliekas viegli identificējamās. Nesatur amorfus materiālus.
H3 (<20%)	B4 (augsts)	<u>Vāji sadalījusies kūdra.</u> Saspiežot tiek izspiests duļķains, brūnganas nokrāsas ūdens. Augu atliekas iespējams identificēt.
H4 (<20%)	B4 – B3 (augsts - vidējs)	<u>Ļoti vāji sadalījusies kūdra.</u> Saspiežot tiek izspiests duļķains, ļoti tumšas krāsas ūdens. Daļu augu atlieku vairs nav iespējams atpazīt.
H5 (20 – 35%)	B3 (vidējs)	<u>Vidēji sadalījusies kūdra.</u> Saspiežot tiek izspiests ļoti duļķains ūdens ar nelielu amorfa materiāla piejaukumu. Kūdras masa izspiežas starp pirkstiem. Lielāko daļu augu atlieku nav iespējams atpazīt.
H6 (20 – 35%)	B3 (vidējs)	<u>Kūdra ar vidēji augstu sadalīšanās pakāpi.</u> Ļoti neskaidra struktūra. Saspiežot kūdru starp pirkstiem, tiek izspiesta apmēram trešdaļa masas.
H7 (>35%)	B2 (zems)	<u>Kūdra ar augstu sadalīšanās pakāpi.</u> Satur daudz amorfā materiāla ar vāji atpazīstamu organisko struktūru. Saspiežot kūdru, puse masas izspiežas starp pirkstiem. Ļoti niecīgs ūdens daudzums ar tumšu nokrāsu.
H8 (>35%)	B2 (zems)	<u>Kūdra ar ļoti augstu sadalīšanās pakāpi.</u> Augsts amorfā materiāla piejaukums. Ļoti neskaidra organiskā struktūra. Saspiežot kūdru, tiek izspiestas 2/3 masas. Ļoti niecīgs ūdens daudzums, augu atliekās vērojamas šķiedras.
H9 (>35%)	B2 (zems)	<u>Gandrīz pilnībā sadalījusies kūdra.</u> Augu atliekas ļoti grūti identificēt, kūdra veido plastisku masu.
H10 (>35%)	B2 - B1 (zems - nav)	<u>Pilnībā sadalījusies kūdra.</u> Saspiežot kūdru, visa masa izspiežas starp pirkstiem.

2. pielikums
(1. urbums)

Nr. Parauga P.k. dziļums, cm	Parauga svars, g	Parauga svars pirms āivēšanas 105°C ar trauku	Parauga svars pirms āivēšanas 105°C	Svars pēc žāvēšanas (paraugs kopā ar trauku)	Parauga svars pēc žāvēšanas	Mitrums, %	Svars pēc 525°C	Parauga svars pēc 525°C	Organiskās vielas, %	Svars pēc 900°C	Parauga svars pēc 900°C	Karbonāti, %	Minerālvielas, %	Pelni, %	
1	20,16194	25,55401	5,39207	20,58831	0,42637	92,09	20,17360	0,01166	97,27	20,17316	0,01122	0,10	2,63	2,73	
2	21,36645	24,98320	3,61675	21,62929	0,26284	92,73	21,37271	0,00626	97,62	21,37240	0,00595	0,12	2,26	2,38	
3	21,75816	24,88660	3,12787	21,96186	0,20370	93,49	21,76266	0,00450	97,79	21,76252	0,00436	0,07	2,14	2,21	
4	23,14668	27,12300	3,97632	23,76444	0,29276	94,22	23,15255	0,00587	97,45	23,15240	0,00572	0,07	2,49	2,55	
5	21,33036	24,86642	3,53606	21,52731	0,19695	94,43	21,33550	0,00514	97,39	21,33528	0,00492	0,11	2,50	2,61	
6	21,89988	25,69215	3,79227	22,08865	0,18877	95,02	21,90379	0,00391	97,93	21,90372	0,00384	0,04	2,03	2,07	
7	24,79340	29,19210	4,39870	25,01810	0,22470	94,89	24,79800	0,00460	97,95	24,79789	0,00449	0,05	2,00	2,05	
8	21,13906	26,10500	4,96594	21,43036	0,29130	94,83	21,14425	0,00519	98,22	21,14389	0,00483	0,12	1,66	1,78	
9	23,03956	27,05810	4,01854	23,27753	0,23797	94,08	23,04437	0,00481	97,98	23,04421	0,00465	0,07	1,95	2,02	
10	19,22848	23,90210	4,67362	19,46140	0,23292	95,02	19,23264	0,00416	98,21	19,23249	0,00401	0,06	1,72	1,79	
11	21,28029	25,56210	4,28181	21,52337	0,24308	94,32	21,28570	0,00541	97,77	21,28528	0,00499	0,17	2,05	2,23	
12	20,65141	25,28933	4,63792	20,89049	0,23908	94,85	20,65584	0,00443	98,15	20,65571	0,00430	0,05	1,80	1,85	
13	23,23038	29,32001	6,08963	23,55508	0,32470	94,67	23,23821	0,00783	97,59	23,23777	0,00739	0,14	2,28	2,41	
14	22,84645	27,62922	4,78277	23,07781	0,23136	95,16	22,85287	0,00642	97,23	22,85253	0,00608	0,15	2,63	2,77	
15	21,74845	26,40761	4,65916	22,00267	0,25422	94,54	21,75776	0,00931	96,34	21,75752	0,00907	0,09	3,57	3,66	
16	15,95986	21,66172	5,70186	16,35212	0,39226	93,12	15,98493	0,02507	93,61	15,98385	0,02399	0,28	6,12	6,39	
17	21,57236	26,23801	4,66565	21,90999	0,33763	92,76	21,59249	0,02013	94,04	21,59160	0,01924	0,26	5,70	5,96	
18	18,20327	22,79840	4,59513	18,52226	0,31899	93,06	18,21458	0,01131	96,45	18,21380	0,01053	0,24	3,30	3,55	
19	18,12015	21,90982	3,78967	18,42701	0,30686	91,90	18,13154	0,01139	96,29	18,13120	0,01105	0,11	3,60	3,71	
20	18,42335	23,44311	5,01976	18,83877	0,41542	91,72	18,43828	0,01493	96,41	18,43751	0,01416	0,19	3,41	3,59	
21	18,69379	24,31165	5,61786	19,11786	0,42407	92,45	18,70878	0,01499	96,47	18,70523	0,01144	0,84	2,70	3,53	
22	18,55463	22,80510	4,25047	18,76541	0,21078	95,04	18,56046	0,00583	97,23	18,56035	0,00572	0,05	2,71	2,77	
23	21,95493	26,11377	4,15884	22,14418	0,18925	95,45	21,95930	0,00437	97,69	21,95909	0,00416	0,11	2,20	2,31	
24	20,83199	25,38710	4,55511	21,04515	0,21316	95,32	20,83652	0,00453	97,87	20,83617	0,00418	0,16	1,96	2,13	
25	30,13932	35,23449	5,09517	30,35537	0,21605	95,76	30,14615	0,00683	96,84	30,14555	0,00623	0,28	2,88	3,16	
26	22,19843	27,04573	4,84730	22,39292	0,19449	95,99	22,20264	0,00421	97,84	22,20233	0,00390	0,16	2,01	2,16	
27	21,88180	28,58510	6,70330	22,10440	0,22260	96,68	21,88840	0,00660	97,04	21,88805	0,00625	0,16	2,81	2,96	
28	21,48092	26,07918	4,59826	21,74755	0,24383	94,70	21,48643	0,00551	97,74	21,48642	0,00550	0,00	2,26	2,26	
29	32,90357	37,07132	4,16775	33,15367	0,25010	94,00	32,90865	0,00508	97,97	32,90815	0,00458	0,20	1,83	2,03	
30	19,91640	23,76071	3,84431	20,11554	0,19914	94,82	19,92134	0,00494	97,52	19,92101	0,00461	0,17	2,31	2,48	
31	42	21,86564	27,57277	5,70713	22,28944	0,38380	93,28	21,87561	0,00997	97,40	21,87486	0,00922	0,20	2,40	2,60
32	44	20,23245	24,66380	4,43135	20,48883	0,25638	94,21	20,23884	0,00639	97,51	20,23832	0,00587	0,20	2,29	2,49
33	46	21,69561	27,05202	5,35641	22,01504	0,31943	94,04	21,70734	0,01173	96,33	21,70335	0,00774	1,25	2,42	3,67
34	48	22,92343	28,64473	5,72130	23,11185	0,38842	93,21	22,93413	0,01070	97,25	22,93358	0,01015	0,14	2,61	2,75
35	50	17,92139	27,43138	5,99191	21,85111	0,41164	93,13	17,92592	0,01295	96,85	17,92531	0,01255	0,10	3,05	3,15
36	55	22,42551	27,64460	6,22009	21,64119	0,42820	94,61	17,92592	0,00453	98,13	17,92531	0,00392	0,25	1,61	1,87
37	60	21,01560	27,64460	6,62900	21,31659	0,40139	95,45	21,02115	0,00555	98,16	21,02104	0,00544	0,04	1,80	1,84
38	65	22,82821	27,38700	4,58979	23,03733	0,20912	95,41	22,83202	0,00381	98,18	22,83169	0,00348	0,16	1,66	1,82
39	70	37,42000	43,49721	6,07721	37,83826	0,41826	93,12	37,43166	0,01166	97,21	37,43036	0,01036	0,31	2,48	2,79
40	75	25,13148	30,01266	4,88118	25,51078	0,37930	92,23	25,13820	0,00672	98,23	25,13743	0,00595	0,20	1,57	1,77
41	80	17,62893	23,12555	5,49662	17,90929	0,28036	94,90	17,63364	0,00471	98,32	17,63310	0,00417	0,19	1,49	1,68
42	85	21,40365	27,19437	5,79072	21,84828	0,44463	92,32	21,41260	0,00895	97,99	21,41164	0,00799	0,22	1,80	2,01
43	90	20,66130	27,70581	7,04851	21,05044	0,44374	93,70	20,66941	0,00811	98,17	20,66853	0,00723	0,20	1,63	1,83
44	95	18,01558	23,05203	5,03645	18,40592	0,39034	92,25	18,02330	0,00772	98,02	18,02167	0,00609	0,42	1,56	1,98
45	100	22,38610	27,95420	5,56810	22,74080	0,35470	93,63	22,39405	0,00795	97,76	22,39344	0,00734	0,17	2,07	2,24

3. pielikums
(2. urbums)

Nr. Parauga p.k.	Parauga dziļums, cm	Trauka svars, g	Parauga svarts pirms žāvēšanas 105 °C ar trauku	Parauga svarts pirms žāvēšanas 105 °C	Parauga svarts pirms žāvēšanas 105 °C ar trauku	Svars pēc žāvēšanas (parauga kopā ar trauku)	Parauga žāvēšanas svarts pēc žāvēšanas	Mītrums, %	Svars pēc 525 °C	Parauga svarts pēc 525 °C	Organiskās vielas, %	Svars pēc 900 °C	Parauga svarts pēc 900 °C	Karbonāti, %	Minerālvielas, %	Pelni, %
1	1	19,68475	21,87200	2,1873	19,95248	0,6773	87,76	19,69186	0,00894	96,66	19,69369	0,00711	0,68	2,66	3,34	
2	2	19,64873	22,90667	3,2579	19,99182	0,34309	89,47	19,66404	0,01655	95,18	19,66528	0,01531	0,36	4,46	4,82	
3	3	18,96850	21,95520	2,9967	19,32298	0,64418	87,84	18,97845	0,02135	94,14	18,97985	0,01995	0,38	5,47	5,86	
4	4	19,06865	21,71912	2,6505	19,37516	0,30651	88,44	19,08691	0,01996	93,49	19,08861	0,01826	0,55	5,96	6,51	
5	5	20,53379	23,94020	3,4064	20,79411	0,26032	92,36	20,53863	0,00618	97,63	20,53997	0,00484	0,51	1,86	2,37	
6	6	19,14015	21,37700	2,2369	19,18632	0,18632	91,67	19,14344	0,00515	97,24	19,14530	0,00329	1,00	1,77	2,76	
7	7	20,22008	22,31001	2,0899	20,39585	0,17577	91,59	20,21555	0,00392	97,77	20,22400	0,00147	1,39	0,84	2,23	
8	8	20,31592	22,17436	1,8584	20,49228	0,17636	90,51	20,31975	0,00554	96,86	20,32146	0,00383	0,97	2,17	3,14	
9	9	20,80788	22,70944	1,9016	21,02617	0,21829	88,52	20,81790	0,01117	94,88	20,81905	0,01002	0,53	4,59	5,12	
10	10	19,73736	21,59916	1,8618	19,92061	0,18325	90,16	19,74373	0,00766	95,82	19,74502	0,00637	0,70	3,48	4,18	
11	11	20,63690	23,15899	2,5221	20,86642	0,22952	90,90	20,64188	0,00638	97,22	20,64328	0,00498	0,61	2,17	2,78	
12	12	20,73737	22,65459	1,9172	20,91501	0,17764	90,73	20,73977	0,00471	97,35	20,74208	0,00240	1,30	1,35	2,65	
13	13	19,42777	21,80990	2,3821	19,63109	0,20332	91,46	19,43023	0,00485	97,61	19,43262	0,00246	1,18	1,21	2,39	
14	14	19,48019	22,15144	2,6713	19,70891	0,22872	91,44	19,48290	0,00452	98,02	19,48471	0,00271	0,79	1,18	1,98	
15	15	20,35210	22,61955	2,2675	20,52639	0,17429	92,31	20,35401	0,00352	97,98	20,35562	0,00191	0,92	1,10	2,02	
16	16	19,44000	22,04785	2,6079	19,65642	0,21642	91,70	19,44279	0,00397	98,17	19,44397	0,00279	0,55	1,29	1,83	
17	17	21,34965	23,30165	1,9520	21,52066	0,17101	91,24	21,35181	0,00357	97,91	21,35322	0,00216	0,82	1,26	2,09	
18	18	18,31967	20,56640	2,2467	18,51290	0,19323	91,40	18,32217	0,00445	97,70	18,32412	0,00250	1,01	1,29	2,30	
19	19	20,20830	21,92820	1,6599	20,41611	0,14781	91,10	20,22020	0,00360	97,56	20,22190	0,00150	1,15	1,29	2,44	
20	20	20,58700	22,17729	1,5903	20,71320	0,12620	92,06	20,58944	0,00294	97,67	20,58994	0,00144	1,19	1,14	2,33	
21	21	19,02097	21,02941	2,0084	19,17327	0,15230	92,42	19,02330	0,00396	97,40	19,02493	0,00233	1,07	1,53	2,60	
22	22	20,34770	23,31464	2,3518	20,20303	0,19826	91,57	20,00998	0,00660	96,67	20,01137	0,00521	0,70	2,63	3,33	
23	23	20,34770	23,31464	2,9669	20,58056	0,32886	91,95	20,35569	0,00869	96,36	20,35639	0,00799	0,29	3,35	3,64	
24	24	18,76616	22,69255	3,9264	19,10818	0,34202	91,29	18,78093	0,01659	95,15	18,78275	0,01477	0,53	4,32	4,85	
25	25	30,1972999	23,05190	3,3219	20,01257	0,82828	91,49	19,74173	0,01381	95,11	19,74380	0,01174	0,73	4,15	4,89	
26	26	19,63413	21,54490	1,9108	19,80530	0,17117	91,04	19,64196	0,00843	95,08	19,64256	0,00783	0,35	4,57	4,92	
27	27	20,68273	23,36294	2,6802	20,92283	0,24010	91,04	20,69400	0,01165	95,15	20,69438	0,01127	0,16	4,69	4,85	
28	28	18,83706	22,44511	3,6081	19,21890	0,38184	89,42	18,86442	0,02736	92,83	18,86298	0,02592	0,38	6,79	7,17	
29	29	20,41979	23,73350	3,3137	20,76191	0,34212	89,68	20,44535	0,02556	92,53	20,44361	0,02382	0,51	6,96	7,47	
30	30	20,35890	22,98520	2,6263	20,60124	0,24234	90,77	20,37464	0,01641	93,23	20,37531	0,01574	0,28	6,50	6,77	
31	31	20,46869	23,78299	3,3143	20,80906	0,34037	89,73	20,49566	0,02697	92,08	20,49463	0,02594	0,30	7,62	7,92	
32	32	21,19402	23,51700	2,3230	21,41859	0,22457	90,33	21,20999	0,01597	92,89	21,20948	0,01546	0,23	6,88	7,11	
33	33	20,76751	22,90373	2,1362	20,95291	0,18540	91,32	20,78028	0,01277	93,11	20,77973	0,01222	0,30	6,59	6,89	
34	34	19,78709	22,49792	2,7108	20,02607	0,38988	91,18	19,80448	0,01739	92,72	19,80316	0,01607	0,55	6,72	7,28	
35	35	20,47802	23,38969	2,9117	20,73849	0,26047	91,05	20,49705	0,01903	92,69	20,49509	0,01707	0,75	6,55	7,31	
36	36	20,53774	24,53875	4,0010	20,84730	0,30956	92,26	20,54575	0,01971	93,63	20,54601	0,01827	0,47	5,90	6,37	
37	37	20,44699	23,12609	2,6791	20,71770	0,27071	89,90	20,46934	0,02235	91,74	20,46731	0,02032	0,75	7,51	8,26	
38	38	19,33875	22,74264	3,4039	19,58468	0,24593	92,78	19,35985	0,02110	91,42	19,35600	0,01725	1,57	7,01	8,58	
39	39	18,37168	21,44180	3,0701	18,77425	0,40257	86,89	18,40833	0,03665	90,90	18,40446	0,03278	0,96	8,14	9,10	
40	40	20,40620	23,38132	2,9751	20,67219	0,26599	91,06	20,43569	0,02380	88,91	20,43000	0,02380	2,14	8,95	11,09	
41	41	19,67030	21,81918	2,1489	19,83447	0,16417	92,36	19,68900	0,01870	88,61	19,68459	0,01429	2,69	8,70	11,39	
42	42	20,25660	22,58590	2,3293	20,52013	0,24085	88,69	20,28807	0,03147	88,06	20,28250	0,02590	2,11	9,83	11,94	
43	43	19,35147	21,73455	2,3831	19,59232	0,24085	89,89	19,31618	0,03021	87,46	19,31519	0,02372	2,69	9,85	12,54	
44	44	19,33669	21,50299	2,1663	19,55594	0,21925	89,88	19,36728	0,03059	86,05	19,36051	0,02382	3,09	10,86	13,95	
45	45	19,55849	22,68722	3,1287	19,86552	0,30703	90,19	19,59769	0,03920	87,23	19,59081	0,03232	2,24	10,53	12,77	

4. pielikums
(3. urbums)

Nr. P.k.	Parauga dziļums, cm	Trauka svars, g	Parauga svars pirms žāvēšanas 105°C ar trauku	Parauga svars pirms žāvēšanas 105°C	Parauga svars žāvēšanas (paraugs kopā ar trauku)	Parauga žāvēšanas s. %	Svars pēc 525°C	Parauga svars pēc 525°C	Organiskās vielas, %	Svars pēc 900°C	Parauga svars pēc 900°C	Karbonāti, %	Minerālvielas, %	Peļņi, %
1	1	21,38609	23,40650	2,0204	21,49027	0,10418	94,84	21,38741	0,00132	98,73	21,38641	0,00032	0,96	1,27
2	2	21,15532	23,16920	2,0139	21,24969	0,09437	95,31	21,15798	0,00266	97,18	21,15727	0,00195	0,75	2,82
3	3	21,75941	23,67320	1,9138	21,85779	0,09838	94,86	21,76981	0,01040	89,43	21,76426	0,00485	5,64	10,57
4	4	18,41970	21,31694	2,8972	18,53995	0,12025	95,85	18,42070	0,00100	99,17	18,41993	0,00023	0,64	0,83
5	5	18,92109	21,26850	2,3474	19,03342	0,11233	95,21	18,92919	0,00810	92,79	18,92498	0,00369	3,75	7,21
6	6	30,13932	32,52188	2,3826	30,25347	0,11415	95,21	30,14312	0,00380	96,67	30,13968	0,00036	3,01	3,33
7	7	22,19843	24,88961	2,6912	22,32689	0,12846	95,23	22,20266	0,00423	96,71	22,20007	0,00164	2,02	3,29
8	8	21,82180	23,97163	2,0898	21,97582	0,09402	95,50	21,88481	0,00301	96,80	21,88252	0,00072	2,44	3,20
9	9	21,48092	23,17228	1,6914	21,56677	0,08585	94,92	21,48319	0,00243	97,36	21,48135	0,00043	2,14	2,64
10	10	32,90357	36,37979	3,4762	33,04628	0,14271	95,89	32,90729	0,00372	97,39	32,90383	0,00026	2,42	2,61
11	11	19,91640	22,72236	2,8060	20,05772	0,14132	94,96	19,92005	0,00365	97,42	19,91655	0,00015	2,48	2,58
12	12	21,86559	23,70891	1,8433	21,97733	0,11174	93,94	21,86884	0,00325	97,09	21,86564	0,00005	2,86	2,91
13	13	20,23245	22,74279	2,5103	20,37640	0,14395	94,27	20,23657	0,00712	97,14	20,23328	0,00083	2,29	2,86
14	14	21,69561	24,93022	3,2346	21,89526	0,19965	93,83	21,70263	0,00702	96,48	21,69805	0,00244	2,29	3,52
15	15	22,92343	25,77644	2,8530	23,10095	0,17752	93,78	22,93013	0,00670	96,23	22,92711	0,00368	1,70	3,77
16	16	21,43947	24,40233	2,9629	21,63245	0,19296	93,49	21,44752	0,00805	95,83	21,44379	0,00432	1,93	4,17
17	17	17,92139	21,87501	3,9536	18,15697	0,23558	94,04	17,92970	0,00831	96,47	17,92900	0,00761	0,30	3,53
18	18	21,01560	24,26760	3,2520	21,22090	0,20530	93,69	21,02437	0,00877	95,73	21,02209	0,00649	1,11	4,27
19	19	22,82821	24,61251	1,7843	22,94377	0,11556	93,52	22,83369	0,00548	95,26	22,83052	0,00231	2,74	4,74
20	20	37,42000	40,44295	3,0230	37,63210	0,21210	92,98	37,43114	0,01114	94,75	37,42658	0,00658	2,15	5,25
21	21	25,13148	27,87610	2,7446	25,35093	0,21945	92,00	25,14352	0,01204	94,51	25,14033	0,00885	1,45	5,49
22	22	17,62893	19,38766	1,7587	17,76503	0,13610	92,26	17,63459	0,00566	95,64	17,63319	0,00426	1,03	4,16
23	23	21,40365	23,15548	1,7518	21,54127	0,13762	92,14	21,40765	0,00400	97,09	21,40669	0,00304	0,70	2,91
24	24	20,66130	21,63940	0,9781	20,74667	0,08537	91,27	20,66482	0,00352	95,88	20,66425	0,00295	0,67	4,12
25	25	18,01558	19,58831	1,5727	18,14062	0,12504	92,05	18,02034	0,00476	96,19	18,01657	0,00099	3,02	3,81
26	26	22,38610	24,69560	2,3095	22,59979	0,17369	92,48	22,39256	0,00646	96,28	22,39188	0,00578	0,39	3,72
27	27	34,216734	38,55133	4,3346	34,58630	0,36856	94,42	34,29041	0,00307	95,39	34,28683	0,00249	0,08	58,71
28	28	21,40478	23,51830	2,1135	21,57646	0,17168	91,88	21,41270	0,00792	95,39	21,41001	0,00523	1,57	4,61
29	29	24,23277	25,07145	0,8387	24,31505	0,08228	90,19	24,23491	0,00214	97,40	24,23380	0,00103	1,35	2,60
30	30	23,34259	25,80661	2,4640	23,55705	0,21446	91,30	23,34914	0,00655	96,95	23,34873	0,00614	0,19	3,05
31	31	42,1826944	46,80022	4,61728	42,18337	0,00657	91,54	42,18337	0,00387	98,00	42,18258	0,00314	0,54	2,00
32	32	44,196862	48,00077	3,81391	44,19741	0,00556	93,88	44,19741	0,00387	97,91	44,19716	0,00301	0,46	2,09
33	33	46,1812030	50,35994	4,17864	46,18252	0,13396	93,80	46,18252	0,00359	97,42	46,18249	0,00219	1,01	2,58
34	34	48,184356	52,04136	3,85671	48,18508	0,06660	94,40	48,18461	0,00305	97,27	48,18430	0,00164	1,26	2,73
35	35	50,2317344	54,80989	4,63815	50,32477	0,15133	94,26	50,32477	0,00357	97,64	50,32369	0,00335	0,21	2,36
36	36	20,57974	23,77332	3,1936	20,91809	0,33835	89,41	20,58709	0,00735	97,83	20,58600	0,00626	0,32	2,17
37	37	60,2314531	66,44464	6,20319	60,35628	0,14097	87,54	60,35628	0,01016	97,53	60,35537	0,01006	0,02	2,45
38	38	22,47639	26,16180	3,6854	22,85589	0,37950	89,70	22,48313	0,00674	98,22	22,48139	0,00500	0,46	1,78
39	39	16,95382	20,32922	3,3754	17,26448	0,31066	90,80	16,95841	0,00459	98,52	16,95758	0,00376	0,27	1,48
40	40	18,20338	20,78530	2,5819	18,42575	0,24217	91,39	18,20740	0,00402	98,19	18,20602	0,00264	0,62	1,19
41	41	80,1869420	90,50669	10,31969	80,18750	0,05550	92,21	80,18750	0,00195	98,62	80,18699	0,00149	0,33	1,38
42	42	85,229407	95,70616	10,48675	85,23122	0,23715	91,26	85,23122	0,00248	98,95	85,22999	0,00191	0,24	1,05
43	43	90,2096576	100,29803	10,09227	90,21157	0,16994	91,60	90,21157	0,00142	99,16	90,20971	0,00134	0,05	0,84
44	44	95,2242175	105,09222	10,87047	95,22601	0,23835	91,07	95,22601	0,00253	98,34	95,22430	0,00215	0,16	1,06
45	45	100,2343028	110,16810	10,93782	100,23619	0,23169	91,54	100,23619	0,00971	95,81	100,23430	0,00102	3,75	4,19