



LATVIJAS  
UNIVERSITĀTE  
ANNO 1919

IEGULDĪJUMS TAVĀ NĀKOTNĒ

LATVIJAS UNIVERSITĀTE  
ĢEOGRĀFIJAS UN ZEMES ZINĀTŅU FAKULTĀTE  
VIDES ZINĀTNES NODAĻA

**JŪRAS KRAUKĻU (*PHALACROCORAX CARBO SINENSIS*) IETEKME  
UZ EŽEZERA SIENA SALAS VIDĪ  
BAKALĀURA DARBS**

Autore: Elvija Dzalbe

Stud. apl. ed12018

Darba vadītājs: Dr. geogr. Raimonds Kasparinskis

RĪGA 2015

# SATURS

Anotācija	
Annotation	
Apzīmējumi	
Ievads .....	6
1. Literatūras apskats .....	8
1.1. Jūras kraukļu ( <i>Phalacrocorax carbo sinensis</i> ) raksturojums .....	8
1.2. Jūras kraukļu ( <i>Phalacrocorax carbo sinensis</i> ) ietekme uz vidi .....	13
1.2.1. Jūra kraukļu ( <i>Phalacrocorax carbo sinensis</i> ) ietekme uz augsni .....	14
1.2.2. Jūra kraukļu ( <i>Phalacrocorax carbo sinensis</i> ) ietekme uz gruntsūdeņiem un blakus esošajām ūdenstilpēm .....	23
2. Pētījuma materiāls un metodes .....	25
2.1. Izejas dati .....	25
2.2. Izpētes teritorijas raksturojums .....	25
2.2.1. Ežezera vispārīgais raksturojums .....	25
2.2.2. Siena salas vispārīgais raksturojums .....	27
2.3. Lauka pētījumi .....	28
2.3.1. Pētījuma teritoriju augšņu un veģetācijas izpēte .....	28
2.3.2. Augšņu ķīmisko īpašību laboratorijas analīzes .....	29
2.3.3. Datu statistiskā apstrāde .....	30
3. Pētījuma rezultāti .....	31
3.1. Augšņu raksturojums .....	31
3.2. Augšņu īpašību raksturojums .....	34
3.3. Augāja sastāvs un izplatība .....	48
4. Jūras kraukļu ( <i>Phalacrocorax carbo sinensis</i> ) ietekme uz Ežezera Siena salas vidi .....	50
Secinājumi .....	54
Pateicības .....	55
Izmantotie literatūras avoti .....	56
1. Pielikums	
2. Pielikums	
3. Pielikums	

## ANOTĀCIJA

Jūras kraukļi (*Phalacrocorax carbo sinensis*) jeb kormorāni ir tipiski kolonijās dzīvojoši ūdensputni. Visbiežāk par mājvietu sev rod ezeru salas, kā rezultātā kolonijas nepārtrauktās ietekmes dēļ notiek pastiprināti traucējumi ekosistēmas darbībai un attīstībai. Kormorānu skaitam gan pasaulē kopumā, gan Latvijā ir tendence palielināties, kā rezultātā ietekmēto teritoriju skaits un to radītās sekas pieaug. Tiek nomākta, citos gadījumos arī iznīcināta - veģetācija, augsne tiek piesātināta ar mēslojumu un līdz ar to - papildus ķīmiskajiem savienojumiem, kas maina ne tikai tajā notiekušos procesus, bet arī notiek elementu un savienojumu migrācija uz gruntsūdeņiem, kā arī blakus esošajām ekosistēmām.

Darbā ir apkopota informācija par jūras kraukļu sugas īpatnībām, izplatību Latvijā un pasaulē, kā arī ietekmi uz vidi.

Bakalaura darba mērķis ir novērtēt jūras kraukļu radīto ietekmi uz Ežezera Siena salas vidi. Lauka pētījums tika veikts 2014. gada vasarā - augustā. Veģetācijas izpētei tika inventarizēts zemsedzes sugu sastāvs un noteikts to segums. Augsnes paraugu ievākšana tika veikta, lai noskaidrotu augsnes morfoloģiskās, fizikālās (granulometriskā sastāva grupas, tilpummasa) un ķīmiskās īpašības (augsnes pH reakcija, kopējā organiskā oglekļa un kopējā slāpekļa saturs, apmaiņas katjonu koncentrācija, katjonu apmaiņas kapacitāte, kopējā organiskā oglekļa krājumi (t/ha)) kormorānu ligzdu tuvumā un to neietekmētā teritorijā.

Iegūtie dati tika analizēti un salīdzināti ar pirms vairākiem gadiem veiktu pētījumu, tādējādi izvērtējot, ne tikai šī brīža ekosistēmas stāvokli, bet arī novērtējot radušās izmaiņas.

**Atslēgas vārdi:** augsne, augsnes īpašības, veģetācija, transektu metode.

## ANNOTATION

The cormorants (*Phalacrocorax carbo sinensis*) are a typical waterfowl that live in colonies. As habitat they most often prefer islands that are located in lakes. Their colonies exert continuous pressure on local ecosystems, increasing the risk of destabilized development and normal functioning of the ecosystem. The number of cormorants has increased around the world as well as in Latvia. As a result of their action more territories are affected and experiencing greater consequences. Vegetation become depressed and even destroyed, the soil became saturated with the addition of chemical compounds, that alter not only the ongoing processes, but also migration of elements and compounds in the groundwater as well as adjacent ecosystems.

This study summarizes the characteristics of the cormorant species, their spread in Latvia and the world and their impact on the environment.

Bachelor study thesis tries to estimate the changes to the Siena island's environment in the Ežezers lake, thought to be caused by cormorants. The field study was carried out in the August of 2014. The different species of vegetation was inventoried, their coverage recorded. Soil sampling was realized to determine morphological, physical (soil texture groups, bulk density) and chemical properties (pH value, total organic carbon and total nitrogen content, exchangeable cations concentrations, cation exchange capacity, total organic carbon stock (t/ha)) in the vicinity of cormorant's nests and elsewhere, in undisturbed area.

The collected data was analyzed and compared with research done several years ago, thereby not only assessing the current state of the ecosystem, but also evaluating the changes driven by the increased population of cormorants.

**Keywords:** soil, soil properties, vegetation, transect method.

## APZĪMĒJUMI

FAO WRB 2014 – Food and Agriculture Organization, World reference base for soil resources 2014

ISO – International Organization for Standardization

KAK – Katjonu apmaiņas kapacitāte

LOB – Latvijas Ornitoloģijas biedrība

LU ĢZZF WMS – Latvijas Universitātes Ģeogrāfijas un Zemes zinātņu fakultātes Web Map Server (karšu pārlūks)

LVM – Latvijas valsts meži

## IEVADS

Jūras kraukļi (*Phalacrocorax carbo sinensis*) ir kolonijās ligzdojoši ūdensputni. Vienkopus ir sastopams ievērojams daudzums īpatņu, kas apdzīvo salīdzinoši nelielu teritoriju. Šī aspekta rezultātā pastiprināti tiek degradēta kormorānu izvēlētā dzīvotne.

Jau pēc dažiem gadiem, kopš konkrētajā dzīvotnē uzturas kormorāni, ir acīmredzama ietekme, kā arī tā saglabājas vēl vairākus gadus pēc teritorijas pamešanas (Sullivan et al., 2006; Kameda et al., 2006). Minētie ūdensputni būtiski izmaina vielu apriti konkrētajā ekosistēmā, kas ļoti ietekmē veģetāciju un augsni, kā arī apdraud blakus esošās ūdenstilpes ekoloģisko kvalitāti un zivju resursu krājumus. Jūras kraukļu dzīvotnēs tiek spēcīgi bojāti koki, bieži vien tie nokalst, uz koku lapām, augiem un augsnes virskārtas nonāk putnu mēslojums, kā rezultātā augsnē lielos daudzumos nonāk slāpekļis, kālijs u.c. elementi, kas vēlāk ietekmē augsnes reakciju un citu ķīmisko elementu koncentrāciju izmaiņas, kas noved pie nitrofilo sugu izplatības un veģetācijas iznīkšanas.

Jūras krauklis Latvijā ir ienācis kā invazīva suga. Dati liecina, ka jūras kraukļi Latvijas teritorijā sastopami jau vairāk kā 30 gadus (Laiviņš un Čekstere, 2008). Pēc jaunākajiem ornitologu datiem, lielākās jūras kraukļu kolonijas atrodas Kurzemē. Tomēr populācijas attīstība arvien pieaug arī Latgalē (Millers, 2013).

Bakalaura darba ietvaros tika pētīta kormorānu kolonijas ietekme uz vidi Ežezera Siena salā. Ezers atrodas īpaši aizsargājamā dabas teritorijā - Rāznas nacionālajā parkā un piesaista daudzus interesentus tā ievērojamā salu skaita dēļ. Visām Ežezera salām ir dabas lieguma statuss, lai saglabātu to unikālās ekosistēmas un biotopus. Viena no tām ir arī Siena sala, kas nu jau tiek dēvēta arī par Putnu salu. Kormorānu kolonijas pamazām sāk izvietoties arī uz blakus salām, tāpēc ir nozīmīgi novērtēt un apzināt, cik būtiskas izmaiņas un kaitējums to intensīvās apdzīvotības dēļ tiek nodarīts apkārtējai videi.

Darba īstenošanā tika veikti lauka pētījumi, ierīkojot augšņu rakumus izvēlētajos parauglaukumos jūras kraukļu ietekmētās, kā arī neietekmētās zonās, pielietojot transektu metodi. Pēc paraugu ievākšanas, tie tika analizēti laboratorijā. Pirms pētbedres izveides konkrētajā vietā tika noteikta arī veģetācija, novērtējot tās sugu sastāvu, tā izmaiņas un segumu, kā arī noteikts nobiru daudzums. Lauka pētījumi tika veikti 2014.gada vasarā - augustā, savukārt ievāktie paraugi tika analizēti LU ĢZZF Augšņu laboratorijā.

Pirms 7 gadiem M. Laiviņš un G. Čekstere veica līdzīgu pētījumu minētajā Ežezera salā. Analizējot gan iepriekš, gan šobrīd iegūtos datus, pastāv iespēja salīdzināt un novērtēt šī

laika periodā radušās izmaiņas un attīstības tendences augsnes morfoloģiskajās, fizikālajās un ķīmiskajās īpašībās, kā arī veģetācijas sugu sastāvā un izplatībā.

**Bakalaura darba mērķis** ir novērtēt jūras kraukļu (*Phalacrocorax carbo sinensis*) radīto ietekmi uz Ežezera Siena salas augsnēm.

No bakalaura darba mērķa izriet šādi **uzdevumi**:

- veikt lauka pētījumus (veģetācijas noteikšanu, nobiru daudzuma fiksēšanu, augsnes aprakstīšanu, augsnes tilpummasas noteikšanu un augsnes paraugu ievākšanu laboratorijas analīzēm) Ežezera Siena salā, jūras kraukļu (*Phalacrocorax carbo sinensis*) ietekmētās un neietekmētās zonās;
- veikt augšņu paraugu ķīmiskās analīzes (augsnēs  $\text{pH}_{\text{BaCl}_2}$  vērtība, kopējā organiskā oglekļa un kopējā slāpekļa saturs (%), apmaiņas katjonu koncentrācijas ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ), katjonu apmaiņas kapacitāte) laboratorijā;
- veikt iegūto rezultātu datu statistisko apstrādi un interpretāciju, lai izvērtētu kormorānu ietekmi uz Ežezera Siena salas veģetāciju un augsnes īpašībām.

Bakalaura darba autore 2015. gada 4. februārī pētījuma rezultātus ir prezentējusi LU 73. Zinātniskās konferences sekcijas „Zemes un Vides zinātnes” apakšsekcijā „Zemes un augsnes ilgtspējīga izmantošana”:

- Dzalbe, E. un Kukuļs, I. 2015. Ežezera Siena salas augšņu raksturojums. *Latvijas Universitātes 73. Zinātniskā konference. Ģeogrāfija, Ģeoloģija, Vides zinātne. Referātu tēzes*. Rīga. Latvijas Universitāte. 454. – 456.

Pētījums veikts Eiropas Savienības struktūrfondu projekta 2013/0020/1DP/1.1.1.2.0./13/APIA/VIAA/066 „Starpnozaru jauno zinātnieku grupa Latvijas augšņu kvalitātes, izmantošanas potenciāla novērtēšanai un atjaunošanai” ietvaros.

Darba apjoms ir 70 lapas ar 3 pielikumiem 7 lapu apjomā, darbā ilustrēti 31 attēls un 3 tabulas, bet pielikumā 4 tabulas.

## 1. LITERATŪRAS APSKATS

### 1.1. Jūras kraukļu (*Phalacrocorax carbo sinensis*) raksturojums

Jūras krauklis (*Phalacrocorax carbo sinensis*) jeb kormorāns ir kormorānu dzimtas ūdensputns (Janaus, 1994). Tie ir zoss lieluma putni, pagaru kaklu un asti, slaidu, galā āķveidīgi noliektu knābi, ar peldplēvi savienotiem kāju pirkstiem (*I.I.I. att.*) No knābja gala līdz astes galam to garums sasniedz 77 – 94 centimetrus, savukārt, spārnu izpletums putna lidojumā ir 121 – 149 centimetrus liels. Jūras kraukļiem ir melns apspalvojums ar metālisku zaigojumu (*I.I.I. att.*) Tiem raksturīgs ir balts laukums uz vaigiem un rīkles, riesta tērpā balts ovāls laukums arī ķermeņa sānos (LOB, 1999).



*I.I.I.attēls Jūras krauklis (*Phalacrocorax carbo*)*

(Deņisovs, 2011)

Jūras kraukļus atpazīst, kā arī raksturo arī pēc to uzvedības. Tiem raksturīga peldēšana ar ļoti dziļu iegrimi, tāpat tie arī ir prasmīgi nirēji. Atpūšoties tie visbiežāk tup kokos, stāv arī uz siekstām, akmeņiem vai citiem paaugstinājumiem, kas atrodas ūdenī, tāpat tie nometas arī uz sēkļiem un sērēm. Kad tie lidojot atrodas barā, nereti izkārtojas kāsī vai ierindā (LOB, 1999).

Kormorāni ir kolonijās ligzdojoši putni. Nereti tie sastopami kopā ar zivju gārņiem (*Ardea cinerea*). Ligzdas tiek būvētas no sausiem zariem, visbiežāk tās atrodas kokos un krūmos, kas aug ūdenī vai uz salām, tomēr ir konstatētas arī ligzdas uz zemes (Eerden et al., 2012). Jūras kraukļi ir ligzdguļi, kas nozīmē, ka kormorānu mazuļi izšķīlušas kaili un akli un pēc izšķīlšanās noteiktu laiku uzturas ligzdā. Galvenais jūras kraukļu iztikas avots ir zivis (LOB, 1999).

Jūras kraukļi Latvijā ir gājputni – veic regulārus pārlidojumus no ligzdošanas vietām uz ziemošanas vietām un atpakaļ. Latvijā tie ierodas marta beigās, savukārt sāk atstāt Latvijas teritoriju jau no jūlija beigām. Kormorānu populācijas, kas uzturas Latvijā galvenokārt pārziemo Rietumeiropā, bet nelielā skaitā arī Latvijas teritorijā. (LOB, 1999). Savukārt siltajos apgabalos tie ir nometnieki – visu gadu pavada vienā un tajā pašā teritorijā, vai tās apkaimē (Janaus, 1994).

Visbiežāk jūras kraukļu kolonijas par dzīvotni izvēlas zivīm bagātus ezerus un zivju dīķus, kā arī jūru. (LOB, 1999).

Jūras kraukļu populācijas izplatība un apjoms Ziemeļeiropā līdz pat 1970.gadiem ir bijis neskaidrs. Tos, galvenokārt, ietekmēja, kā arī ierobežoja klimata svārstības un vajāšana no cilvēku puses. Pēc 1970. gadiem Eiropā attīstījās vispārējā kormorānu aizsardzība (Marion & Le Gentil, 2006).

Jūras kraukļu populācija pēc *Wetland International* 2006. gada datiem pieaug, tomēr ir atsevišķas populācijas, kur īpatņu skaits ir stabili nemainīgs, kā arī tādas, kuru tendences nav precizējamas. Pasaulē tie sastopami 24,6 kvadrātkilometru lielā teritorijā. Kormorānu globālās populācijas daudzums tiek lēsts no 1 400 000 līdz 2 900 000 īpatņu. Jūras kraukļu populācijas ievērojamais apjoms izskaidro arī to, ka tie ir sastopami gandrīz visos kontinentos, izņemot Dienvidameriku un Antarktīdu. Plašo izplatību skaidro fakts, ka tie ir migrējoši ūdensputni, kam ligzdošanas, barošanās un ziemošanas vietas var būt dažādas un katrai sugai specifiski pielāgotas (BirdLife International, 2014).

Pasaulē tiek izšķirtas trīsdesmit astoņas kormorānu sugas (Sullivan et al., 2006). Visizplatītākās un biežāk sastopamās ir *Phalacrocorax carbo*, *Phalacrocorax nigrogularis*, *Phalacrocorax pygmeus* un *Phalacrocorax africanus*. (Birdlife International, 2014) (*1.1.1.tabula*).

*Phalacrocorax carbo* ir četras pasugas: *Phalacrocorax maroccanus*, *Phalacrocorax sinensis*, *Phalacrocorax lucidus* un *Phalacrocorax auritus*, kas izplatītas dažādās pasaules daļās (AERC TAC, 2003) (*1.1.1.tabula*). Pēdējā minētā – ragainā jūras kraukļa specifiskais nosaukums radies tā dubultā cekula dēļ, kas attīstās uz īsu laiku pavasarī. Šobrīd to populācijas pieaugums ir nopietns drauds Misisipi zivjaudzētavām (Bērnijs, 2003; Sullivan et al., 2006).

### Visbiežāk sastopamo jūras kraukļu sugu un pasugu izplatība

(Birdlife International, 2014; AERC TAC, 2003)

<i>Phalacrocorax carbo:</i>	Eiropa – Atlantijas okeāna piekraste
<i>Phalacrocorax maroccanus</i>	Āfrikas ziemeļi
<i>Phalacrocorax sinensis</i>	Eiropa (izņemot Atlantijas okeāna piekrasti)
<i>Phalacrocorax lucidus</i>	Kaboverdes salu ziemeļi un Mauritānija
<i>Phalacrocorax auritus</i>	Ziemeļamerika
<i>Phalacrocorax nigrogularis</i>	Persijas līča salas; Bahreinas; AAE; Saūdarābijas, Kataras un Irānas piekraste
<i>Phalacrocorax pygmeus</i>	Eiropas dienvidaustrumi– Irāna, Kazahstāna, Tadžikistāna u.c.
<i>Phalacrocorax africanus</i>	Āfrikas vidiene un dienvidi

Ziemeļamerikā, galvenokārt, kolonijas izvietojušās ziemeļaustrumos, tomēr aukstās sezonas migrācijas rezultātā tie uzturas arī kontinenta dienvidu daļā – Floridā. Ligzdojošās kolonijas ir izvietojušās arī Grenlandes rietumos. Eiropā jūras kraukļi ir izvietojušies lielākoties Atlantijas okeāna piekrastes teritorijās, tāpat tie ir Vidusjūras reģionā, kā arī Austrumeiropā. Āfrikā kormorāni sastopami kontinenta ziemeļu daļā, kā arī Nīlas krastos, lielākoties, kad tie ieradušies sezonu migrācijas rezultātā, tomēr ziemeļrietumu daļā tie ir sastopami cauru gadu, atsevišķās vietās arī Centrālāfrikā un Dienvidāfrikā. Ligzdošanas laikā vasaras sezonā jūras kraukļi ir plaši sastopami arī Vidusāzijā līdz pat Ķīnas austrumu daļai. Savukārt, ziemošanai šie īpatņi visbiežāk izvēlas Indiju un Ķīnas dienvidus, kaut arī ir populācijas, kas atrodamas arī Āzijas dienvidaustrumos. Visbeidzot jūras kraukļi veido kolonijas arī Austrālijā, izņemot tās centrālos reģionus, un ziemo Jaunzēlandē. (BirdLife International 2014).

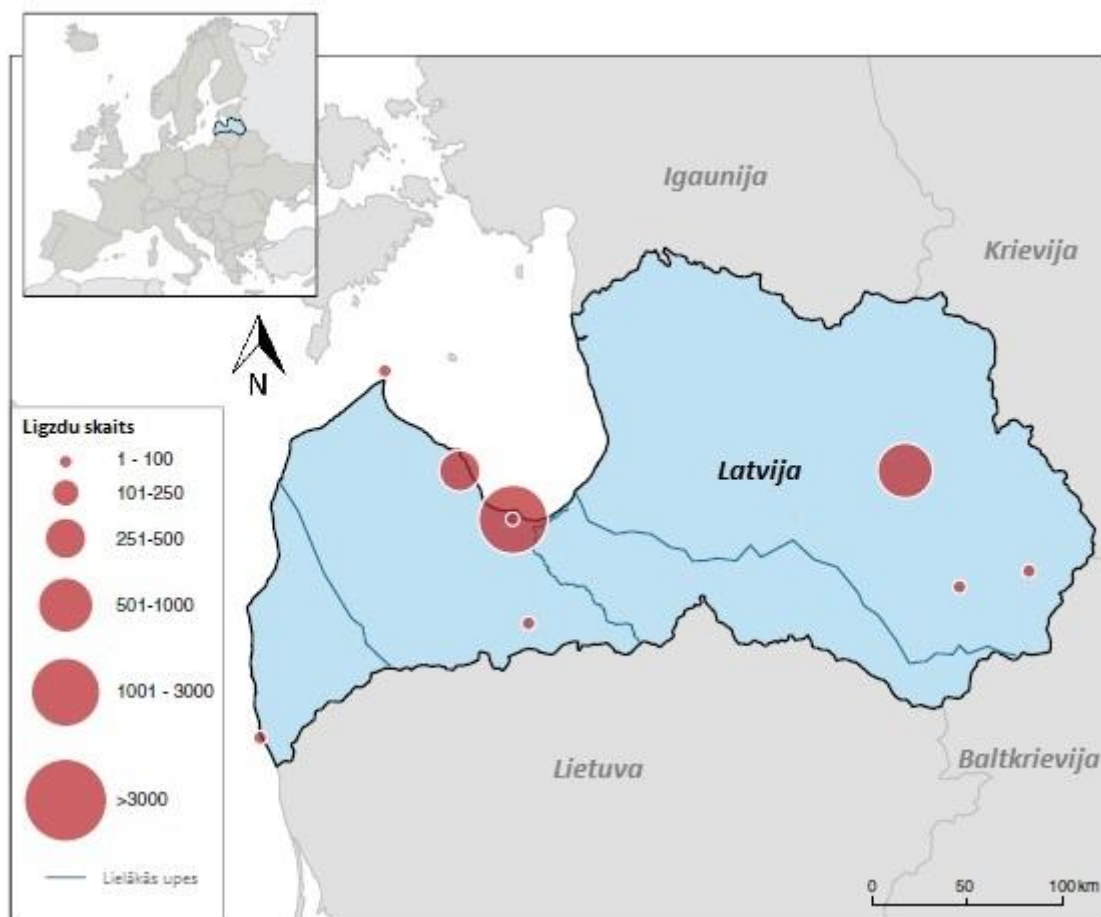
Kormorāni ir iekļauti IUCN (International Union for Conservation of Nature) Sarkanajā sarakstā kā mazāk apdraudēta suga (Least concern) (BirdLife International, 2012).

Jūras kraukļi tiek aizsargāti arī ar Konvenciju par Eiropas dzīvās dabas un dabisko dzīvotņu aizsardzību (Convention on the Conservation of European Wildlife and Natural Habitats), saukta arī par Bernes konvenciju (Convention on the Conservation of European Wildlife and Natural Habitats, 1979). Cekulainais jūras krauklis *Phalacrocorax Aristotelis* un *Phalacrocorax Pygmaeus* ir iekļauti konvencijas otrajā pielikumā, kas ietver īpaši aizsargājamas savvaļas dzīvnieku (tai skaitā putnu) sugas, kurām nepieciešama īpaša aizsardzība (Wildscreen, s.a.; Council of Europe, 2002). Tāpat jūras kraukļi ir atzīmēti arī Eiropas Savienības Putnu Direktīvā devītajā pantā (The European Parliament and the Council of the European Union, 2009), kas atļauj arī limitēt īpatņu izplatību, ja tie nodara nopietnu kaitējumu kultūraugiem, lauksaimniecības dzīvniekiem, mežiem, zvejniecībai un ūdeņiem (European Commission, s.a.; Hermann, 2011).

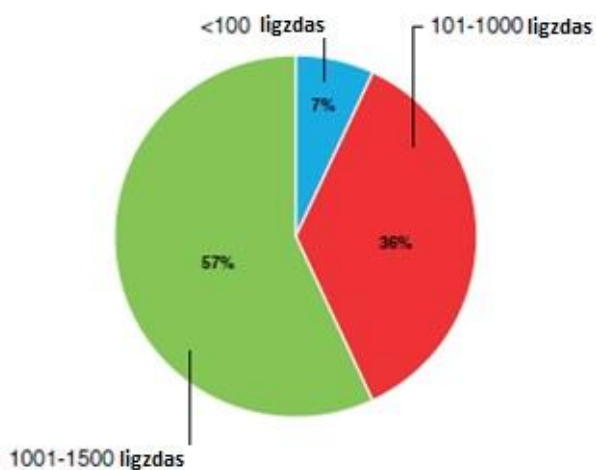
Jūras kraukļi Latvijā kā reti iecelotāji un caurceļotāji minēti jau 18. – 19. gadsimtā un 20. gadsimta 1. pusē, savukārt 20. gadsimta beigās fiksēta to skaita palielināšanās visā Eiropā. (Janaus, 1994).

Pēc ornitologu datiem ligzdojošās kolonijas ir sastopamas dažādās Latvijas daļās, gan iekšzemes reģionos, gan arī piekrastē (*1.1.2. att.*). Lielākās kolonijas ir izvietojušās Baltijas jūras piekrastes Kaņiera ezerā uz salas. Lielākā daļa (71 %, 2861 ligzdas) - kormorānu 2012.gadā ligzdoja Latvijas rietumu daļā – Kurzemē. Latgalē konstatēti 28,7 % (765 ligzdas) no jūras kraukļu populācijām Latvijā, savukārt Zemgalē tie ir tikai 0,3 % (8 ligzdas) (*1.1.2.att.*). Viena jūras kraukļu kolonija, kas izvietojusies Lubānas ezerā, atrodas uz robežas starp Vidzemes un Latgales reģioniem, tomēr statistiski tiek pieskaitīta Latvijas dienvidaustrumu daļai (Millers, 2013). Lubāna ezerā kormorāni mīt kopš 1988.gada (Janaus, 1994).

2012. gadā Latvijas teritorijā atradās tikai trīs kormorānu kolonijas, kur ligzdu skaits bija lielāks par 100 (*1.1.3. att.*). Lielākā daļa šo īpatņu populācijas – 93 % atrodas šajās trijās kolonijās – Kaņiera, Lubāna un Engures ezeros. Pārējās jūras kraukļu kolonijas sastādīja mazāk kā 100 ligzdu, kas ir atlikušie 7 % no visas populācijas (*1.1.3. att.*) (Millers, 2013).



**1.1.2. attēls. Jūras kraukļu koloniju izvietojums un populāciju lielums Latvijā 2012.gadā**  
(Millers, 2013)



**1.1.3. attēls. Jūras kraukļu populācijas sadalījums procentos (%) un pēc ligzdu skaita**  
(Millers, 2013)

2012. gadā Latvijas teritorijā divās vietās, kur sastopamas jūras kraukļu populācijas, tika atļautas to medības. Nagļu zivju dīķu tuvumā tika nošauti 50 – 70 kormorānu laika periodā no 2009. – 2012. gadam (Millers, 2013). Galvenais iemesls, kāpēc konkrēto

ūdensputnu skaits gan šajā teritorijā, gan pasaulē kopumā tiek regulēts, ir to barošanās ar zivsaimniecībās audzējamām zivīm (Millers, 2013; Eerden et al., 2012).

Legāli medības tiek īstenotas kopš 2012. gada, tomēr ūdensputni tiek nošauti arī nelegāli, ierobežojot to koloniju lielumu, vai visbiežāk izplatību, tādējādi, tikko parādoties dažiem īpatņiem, tiem saskaroties ar cilvēka pretestību, tiek meklētas citas dzīvotnes. Laika periods, kad tiek atklāta medību sezona, parasti ir jūlijs, šajā siltās sezonas laikā jūras kraukļiem ir beidzies vairošanās laiks, kā arī visbiežāk jau ir izšķīlušies mazuļi. Tāpat kormorānu skaita ierobežošana sākot no 2012. gada tiek īstenota Dagdas pašvaldības ietilpstošajās teritorijās (Millers, 2013).

## 1.2. Jūras kraukļu (*Phalacrocorax carbo sinensis*) ietekme uz vidi

Kormorāni ir būtisks ekosistēmas attīstības komponents. Palielinoties gan to kolonijām, gan uzturēšanās laika periodam, notiek pakāpeniskas ietekmētās dzīvotnes izmaiņas (Klimaszyk, 2012).

Jūras kraukļi gandrīz pilnībā pārtiek tikai no zivīm, barošanās notiek tikai diennakts gaišajā laikā. Visbiežāk medījums tiek iegūts nirstot (Eerden et al., 2012). Svarīgi ir tas, ka iegūtā barība tiek nogādāta atpakaļ ligzdā, kur tālāk tiek notiesāta. Bieži vien noķertās zivis izkrīt no ligzdām un nonāk uz augsnes, kur notiek to sadalīšanās procesi, kas tiešā mērā ietekmē zemes veģetāciju un augsni, nemaz nerunājot par biotopa estētisko kvalitāti un smakas piesārņojumu, kas karstās vasaras dienās šādās vietās ir normāla parādība. Jāmin arī fakts, ka kormorānu klātbūtni var manīt jau pārsimts metru attālumā, jo tiem ir raksturīgas skaļas klaigas, tādējādi radot trokšņa piesārņojumu (Santoul et al., 2004).

Jūras kraukļi kā kolonijās dzīvojoši putni mēdz izvēlēties arī dzīvotnes, kur jau uzturas kādas citas putnu sugas populācija. Ir fiksēti daudzi gadījumi, kad tur jau mītošās sugas tiek izskaustas no ekosistēmas. Visbiežāk tās ir kaijas, zīriņi un gārņi, kas dodas meklēt citu mājvietu (Sullivan et al., 2006).

Putni producē ievērojamus apjomus ekskrementu, kam pastāv ietekme uz ģeoķīmisko barības vielu ciklu gan sauszemes, gan ūdens ekosistēmās (Gwiazdal et al., 2010).

Pastāv divi galvenie veidi, kā jūras kraukļu ekskrementi izmaina savas dzīvotnes ķīmisko sastāvu. Viens no tiem ir tiešā veidā, kad fekāliju sastāvā esošie elementi akumulējas augsnē - izkārnījumiem nonākot uz tās. Otrs veids ietver ķīmisko elementu nonākšanu auga

lapās, kas vēlāk, vielu transporta rezultātā vai arī lapām nonākot augsnē. Tas varētu kalpot par iemeslu, piemēram, fosfora koncentrācijas pieaugumam (Hobara et al., 2005).

Veģētācijas izmaiņas un degradācija jūras kraukļu kolonijas ietekmētā teritorijā iestājas relatīvi ātri pēc to ierašanās. Pētījumi liecina, ka kormorānu izkārņījumi gan tiešā veidā nokļūstot uz kokiem un to lapām, gan uz augsnes spēj radīt tiem ievērojamus bojājumus pat tikai trīs gadu laikā, kopš kolonijas apmešanās konkrētajā teritorijā (Cuthbert et al., 2002). Būtiski tiek bojāts koku stāvs - kokiem neatjaunojas lapas, tiek nolauzti mazākie zari, kā arī ietekmes rezultātā teritorijā parādās nitrofilu augu sabiedrības (Sullivan et al., 2006).

Viens īpatnis dienā pārtikā patērē līdz pat 2,5 kilogramiem zivju, kā rezultātā pēc vielmaiņas procesiem, izkārņījumos un līdz ar to arī augsnes virskārtā nonāk slāpekļis. Tomēr jāmin, ka ar pētījumiem ir pierādīts arī tas, ka izdalītais slāpekļa daudzums diezgan ātrā laika periodā mineralizējas un iesaistās konkrētās ekosistēmas vielu apritē. (McGrath & Murphy, 2012). Galvenie slāpekļa avoti sauszemes jūras kraukļu neietekmētā ekosistēmā ir atmosfēras nokrišņi un barības elementu fiksācija (Kameda et al., 2006).

Augsnes bagātināšanās ar organiskajām un barības vielām ietekmē arī sēnīšu sabiedrības. Tām ir svarīga loma barības vielu novadē, augsnes organiskā materiāla veidošanā, kad notiek nobiru sadalīšanās process, kā arī barības vielu piesaiste augiem simbiozes veidā. Slāpekļa depoziācijas pieaugums var ietekmēt ektomikorizas un endomikorizas sastopamību un daudzveidību. Vietās, kur ir sastopama minētā elementa pārbagātība, šādu sēnīšu īpatsvars samazinās (Osana et al., 2002).

#### 1.2.1. Jūra kraukļu (*Phalacrocorax carbo sinensis*) ietekme uz augsni

Viens no nozīmīgākajiem faktoriem, kas nosaka augsnes īpašības ir augsnes cilmiezis, pēc tam seko ārējā vides ietekme (Osman, 2013). Nabadzīgākas augsnes ir sastopamas uz smilšainiem cilmiežiem, tām raksturīga vājāka barības elementu adsorbācija, nekā augsnēs ar ievērojamu māla daļiņu īpatsvaru. Produktivitāti nodrošina minēto daļiņu nelielais izmērs, kā arī to forma, kas veicina barības elementu pieaugumu augsnes šķīdumā. Auglīgākas ir augsnes ar smalku granulometrisko sastāvu, kuras lielākoties veido putekļu daļiņas (Kasparinskis, 2012).

Kormorānu populāciju skaita pieaugums kādā teritorijā rada konkrētajai ekosistēmai pastiprinātas slodzes, kas tiešā mērā skar arī augsni, procesus un vielu koncentrāciju un migrāciju tajā (Osana et al., 2002).

Galvenokārt, izmaiņas, kas tiek fiksētas, ir saistītas ar nepārtrauktu fekāliju pieplūdi un akumulāciju. Kormorānu mehāniskās darbības rezultātā nolauztie zari, kā arī koku lapas un vēl arī ekskrementu radītās ķīmiskās reakcijas, kā arī augu pūšana un sadalīšanās rada izmaiņas augsnē un palielina detrita slāni. (Klimaszyk & Toniak, 2011; Osana et al., 2002). No tā izriet, ka vietās, kur konstatētas jūras kraukļu kolonijas, augsnes virsējais A horizonts ir relatīvi biežāks (Ishida, 1996).

Pētījumi liecina, ka tādu elementu kā slāpekļa un oglekļa saturs augsnē gan vietās, kur ir kormorānu ietekme, gan nenoslogotās vietās ir atkarīga no dziļuma, kurā elementi atrodas. Piemēram, kādā pētniecības projektā Japānā tika konstatēts, ka dziļumā līdz 5 centimetriem abu minēto elementu saturs ir augsts – oglekļa saturs vidēji ~ 15 % un slāpekļa ~ 2 % uz salām, kur izvietojušās jūras kraukļu kolonijas. Savukārt, dziļumam palielinoties līdz 15 centimetriem, saturs strauji samazinās. Vēl dziļākos slāņos daudz pakāpeniskāk un mērenāk tā turpina sarukt. Kaut arī pētījums tika veikts vietās, kur kormorānu kolonijas sastopamas jau 10 gadus, tomēr ekstrēmas oglekļa un slāpekļa satura atšķirības starp ietekmētiem un neietekmētiem parauglaurumiem netika konstatētas. Balstoties uz iepriekšējiem pētījumiem, kā arī novērtējot fekāliju atstāto ietekmi, tika secināts, ka laika gaitā oglekļa un slāpekļa saturs augsnes virskārtā turpinās palielināties (Ishida, 1996). Slāpekļa un fosfora satura palielināšanās ezeros paaugstina auglību un eutrofikācijas risku (Klimaszyk & Rzymiski, 2013).

Ar jūras kraukļu izkārnījumiem augsnes virskārtā nonāk amonija joni  $\text{NH}_4^+$ , kas veicina arī nitrātu  $\text{NO}_3^-$  koncentrācijas palielināšanos augsnes šķīdumā. Pētījumi liecina, ka  $\text{NO}_3^-$  koncentrācijas pieaugums ietekmē arī augsnes reakciju, pH vērtība samazinās, notiek paskābināšanās (Ishida, 1996).

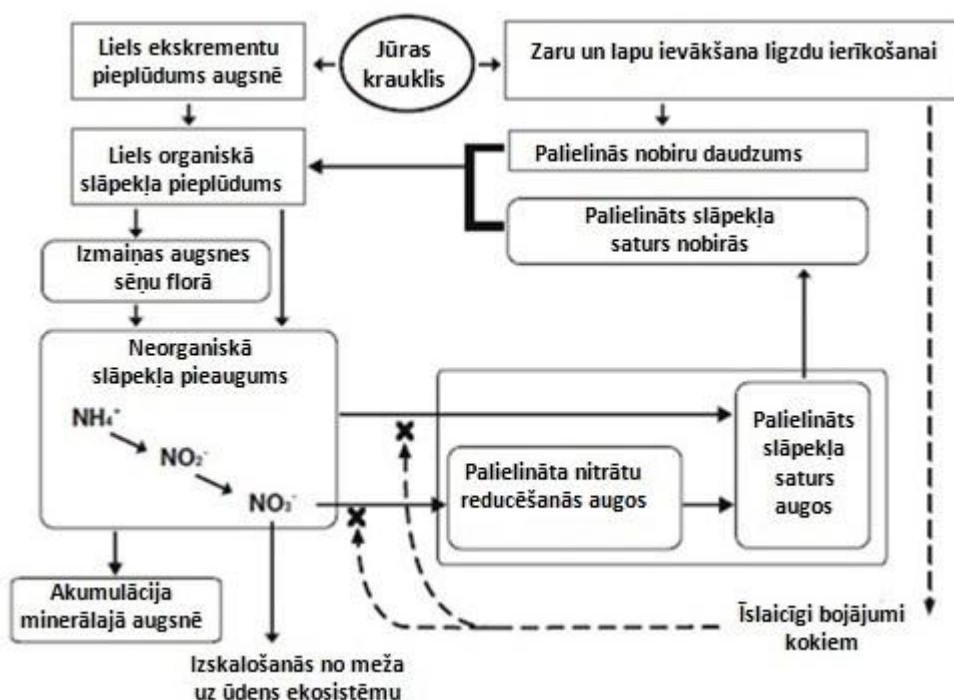
Augsnēs, kuras ir patstāvīgā jūras kraukļu ietekmē, visbiežāk tiek akumulēts augsts fosfātu, nitrātu un amonija saturs (McGrath & Murphy, 2012).

Barības vielu aprīte saistībā ar dzīvajiem organismiem kādā teritorijā ļoti ietekmē konkrēto ekosistēmu. Dzīvotnes funkcijas un sugu sastāvs var mainīties sakarā ar izmaiņām barības ķēdē. Ūdensputni, kas pārtiek no zivīm, nepārtraukti uzņem slāpekli un fosforu, kas vēlāk ar izkārnījumiem nonāk augsnē, savukārt šie elementi kalpo kā limitējošie faktori sauszemes ekosistēmas produktivitātei (Klimaszyk & Rzymiski, 2013).

**Slāpekļa** aprīte sauszemes ekosistēmās, kur pastāv kolonijās dzīvojošo putnu ietekme, ir plaši pētīta. Galvenokārt, slāpekļa savienojumi tiek izmantoti amonjaka –  $\text{NH}_3$  iztvaikošanā un nitrifikācijas procesā, kā rezultātā konkrētā ekosistēma uzkrāto slāpekli arī ievērojamus daudzumus zaudē. Kormorānu kolonijas izvietotā ekosistēmā amonjaka koncentrācija pat vairākas reizes var pārsniegt fona līmeni, kā arī nitrātu īpatsvara rādītāji arī ir vismaz divas

reizes augstāki. Ievērojami nitrifikācijas apmēri kalpo kā slāpekļa izneses avots, kā rezultātā samazinās arī augsnes pH vērtība. Tālāk jau pēc radītajām izmaiņām augsnes ķīmiskajā sastāvā izmainās arī dzīvo organismu un veģetācijas sugu sastāvs. Piemēram, uzreiz pēc minēto procesu aktivizēšanās mainās augsnes sēnīšu sabiedrības (Hobara et al., 2005).

Straujais slāpekļa aprites cikls, kas stimulēts kormorānu fekāliju ietekmē, sekmē mineralizācijas un nitrifikācijas procesus, kā rezultātā palielinās neorganiskā slāpekļa daudzums augu barības vielās (*1.2.1.1. att.*) (Kameda et al., 2006). Slāpekļi augsnē nonāk urīnskābes formā. Dažādu procesu rezultātā, mikroorganismu klātbūtnē skābe tiek pārveidota amonjākā, kas tālāk veicina nitrifikāciju. Augsnēs, kas ir piesātinātas ar ūdeni, slāpekļi pāriet izšķīdušu jonu veidā un var veikt nitrifikāciju līdz nitrātiem (*1.2.1.1. att.*) (Klimaszyk, 2012).



*1.2.1.1. attēls. Slāpekļa aprites cikls kormorānu ietekmētā meža ekosistēmā*

(Kameda et al., 2006)

Pētījumos Japānā ir konstatēts fakts, ka vietās, kur ir izvietojušās jūras kraukļu kolonijas slāpekļa, oksīda koncentrācijas sasniedz salīdzinoši lielus apmērus -  $500 \text{ mgm N}_2\text{O m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ . Slāpekļa oksīds ir atmosfēras sastāvā gāze, kas rodas mikroorganismu darbības rezultātā, pārveidojot neorganisko slāpekli ķīmiskā mēslojuma un organisko atkritumu formā. Minētais  $\text{N}_2\text{O}$  koncentrācijas pieaugums rodas siltos un mērenos klimatiskajos apstākļos, slāpekļa mineralizācijas, nitrifikācijas un denitrifikācijas rezultātā (Mizota et al., 2012).

Augsnē **ogleklis** ir sastopams, galvenokārt, trīs formu veidā, kā pamatelements – ogle, sodrēji un grafīts, kā arī tas varbūt organisks vai neorganisks. Organiskais ogleklis rodas augu un dzīvnieku atlieku sadalīšanās rezultātā, savukārt neorganiskā oglekļa saturu

augsnē nosaka augsnes cilmiezi – tipiskākie ir karbonāti – kalcīts ( $\text{CaCO}_3$ ) un dolomīts [ $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ ], pastāv arī citas formas kā siderīts u.c. Kopējais organiskais ogleklis sastāv no tā neorganiskajām un organiskajām formām (Brian & Schumacher, 2002).

Pētījumi liecina, ka slāpekļa mēslojums augsnē palielina ne tikai kopējā slāpekļa, bet arī augsnes organiskā oglekļa saturu. Ietekme izpaužas ar slāpekli pārbagātu augu daļu sadalīšanās procesu (Alvarez, 2005).

Organiskais materiāls ir viena no galvenajām augsnes sastāvdaļām, kas ietekmē tās fizikālās, ķīmiskās un bioloģiskās īpašības. Augsnes organiskais materiāls uzlabo spēju saglabāt augsnē ūdeni un barības vielas, kā rezultātā rodas labvēlīgāki apstākļi augu izplatībai. Tas sastāv no augsnes mikrobiem, tai skaitā, baktērijas un sēnes, vielām, kas rodas sadaloties augu un dzīvnieku audiem, kā arī fekālijām un produktiem, kas rodas iepriekšminētajam sadaloties. Neviendabīgais maisījums sastāv gan no svaigām augu atliekām, gan no ļoti labi sadalīta materiāla, ko dēvē par humusu (Ontl et al., 2012).

Humuss ietekmē augsnes īpašības. Tam lēnām sadaloties, augsne paliek tumšāka, palielinās augsnes blīvums un kopējā stabilitāte, palielinās katjonu apmaiņas kapacitāte un sekmē slāpekļa, fosfora un citu barības vielu pieaugumu (Bot & Benites, 2005).

Sadalīšanās procesu galvenokārt nodrošina un ietekmē mikrobu darbība, temperatūras, mitruma un kopējie apkārtesošanās vides, kā arī augsnes apstākļi (Hiederer, s.a.). Tas ir bioloģisks process, kas ietver fizikālo noārdīšanu un nedzīvā materiāla sarežģītu organisko molekulu bioķīmisko transformāciju vienkāršākās organiskās un neorganiskās molekulās (Juma, 1998). Slāpekļa klātbūtne samazina pūšanas procesus augsnē. Tiek nomākta lignīna enzīmu ražošana, ko veic augsnes mikrobi, un tā rezultātā pazeminās humusa degradācijas tempi (Carreiro et al., 2000).

Sāļums, toksiskums un ekstrēmas augsnes pH vērtības kavē biomasas ražošanu, samazinot organisko vielu daudzumu augsnē. Augsnes reakcija ietekmē humusa veidošanos – sadalīšanās un biomasas produkcijas procesus. Ļoti skābās vai ļoti sārmainās augsnēs mikroorganismu eksistences apstākļi ir nelabvēlīgi, kā rezultātā samazinās organisko vielu bioloģiskā oksidēšanās. Augsnes skābums ietekmē arī augu barības vielu pieejamību un tādējādi netieši regulē biomasas ražošanu un augsnes biotai pieejamās barības vielas (Bot & Benites, 2005).

Organiskais materiāls palielina fosfora pieejamību. Pirmkārt, organiskais materiāls veido vielu kompleksus ar organisko fosfātu, kas palielina fosfātu uzņemšanu augos, otrkārt, organiskie anjoni var arī pārvietot sorbētos fosfātus, treškārt, humuss pārklāj alumīnija un dzelzs oksīdus, kas reducē fosfora sorbciju un organiskās vielas arī pašas par sevi ir fosfora avots notiekot mineralizācijas reakcijai (Busman et al., 2002).

Jāpiemin, ka ir pierādīts, ka ne tikai kormorānu vielmaiņas atkritumprodukti veicina slāpekļa akumulāciju augsnē, bet gan arī ligzdu materiāli, kas pēc to nolietojšanās un renovācijas nonāk augsnes virskārtā, bez tam tie ir arī oglekļa avots. Tiesa to var novērot vietās, kur ligzdu un līdz ar to pašas jūras kraukļu kolonijas blīvums attiecībā uz dzīvotnes teritoriju, ir augsts (Kameda et al., 2006).

**Kālijs** augsnē ir sastopams četrās formās: nepieejamais, fiksētais, apmaiņas un augsnes šķīduma kālijs. Apmaiņas kālijs ( $K^+$ ) ir augiem pieejamā forma, ko tie viegli spēj absorbēt. Šī kālija forma atrodama uz māla daļiņu un organiskā materiāla virsmas (Smart Fertilizer Management, s.a.).

Pētījumos ir konstatēts, ka kormorānu ietekmētās augsnēs ir ievērojamas apmaiņas kālija koncentrācijas. Liels daudzums kālija augiem nav ne kaitīgs, ne toksisks un tā uzņemšana parasti ir neierobežota. Galvenais faktors, kas augiem ietekmē tā uzņemšanu, ir augsnes mitrums. Iespējama negatīvais aspekts, ko rada kālija papildus daudzums augsnē, ir osmotiskā spiediena palielināšana augos. To izraisa kālija joni, kas ir augsnes šķīdumā, reaģējot ar citiem elementiem, īpaši gadījumos, ja augsnes mitrums samazinās (Ligeza & Smal, 2003).

Savukārt, augsnēs, kurās kāda iemesla rezultātā, šajā gadījumā jūras kraukļu ietekmes dēļ, ir konstatēts palielināts slāpekļa daudzums, papildus kālijs mazina tā negatīvo ietekmi, kā arī neitralizē organiskās skābes (Qiu et al., 2014). Kālijs aktivizē augu fermentu darbību veicinot amonija asimilāciju un aminoskābju transportēšanu. Atbilstošs kālija daudzums uzlabo amonija izmantošanu un tādējādi uzlabo augiem augšanas apstākļus. Kālija joni var mazināt amonija jonu toksicitāti, kavējot to uzņemšanu un/vai stimulējot oglekļa un slāpekļa asimilāciju saknēs (Brar, 2011).

Kālijs ir būtisks augu barības elements, un nepieciešams lielos daudzumos, lai augiem notiktu sekmīga augšana un izplatība. Kālijs tiek uzskatīts kā otrais svarīgākais elements pēc slāpekļa un tiek uzskatīts par kvalitātes uzturvielu (Smart Fertilizer Management, s.a.). Visvairāk kālijs ir sastopams mālainās augsnēs, kur tas ir cilmieža pamatsastāvā (Dawson, 2014). Tomēr pārlietu liels daudzums augsnē var izraisīt magnija, vēlāk kalcija koncentrācijas samazināšanos (Ardjasa, 2002).

**Magnijs** augsnē sastopams trīs formās: iekļauts augsnes šķīdumā, apmaiņas un stabilā formā esošais magnijs (Smart Fertilizer Management, s.a.). Tas ietilpst organisko nobiru sastāvā, gan arī dažādos minerālos, kā piemēram dolomītā. Atkarībā no tā ar kādām metodēm un izvilcumiem magnijs tiek noteikts, tas var būt kopējais, apmaiņas un ekstrahējais magnijs (Kasparinskis, 2012). Vispieejamākais un svarīgākais ir tieši apmaiņas magnijs. Augos magnijs ietilpst hlorofila sastāvā (Smart Fertilizer Management, s.a.).

Skābās augsnēs magnija šķīdība samazinās un tas kļūst mazāk pieejams, tā pieejamību mazina arī fakts, ka pie zema pH palielinās alumīnija un mangāna šķīdība, kas samazina magnija uzņemšanu. Arī amonija un kālija katjoni samazina magnija uzņemšanu un tā pārvietošanos no saknēm uz pārējām auga daļām, līdz ar to minēto savienojumu palielināts daudzums augsnē var izraisīt magnija deficītu (Spectrum Analytic, s.a.).

Nitrātu ( $\text{NO}_3^-$ ) pieaugums augsnē veicina magnija uzņemšanu, tomēr kavē minētā elementa transportu uz citām auga daļām. Īpaši nozīmīgs magnijs ir augsnēs, kur ir palielināts mangāna daudzums, jo tas samazina tā toksiskumu (Gransee & Fuhrs, 2013). Neitrālākās augsnēs, vai tādās kur pH ir virs 7, apmaiņas magnijs sasniedz 500 mg/kg. Slāpekļa mēslojums samazina magnija daudzumu augsnēs (Schulte, 2004).

Kopumā magnija ir mazāk smilšainākās augsnēs, ņemot vērā, ka tajās ir zema katjonu apmaiņas kapacitāte (Spectrum Analytic, s.a.).

**Kalcijs** ietilpst vairāku primāro un sekundāro minerālu sastāvā. Tie ir oriģinālie šķīstošie un kopumā pieejamo kalcija formu avoti. Tā šķīstošā un pieejamā forma augiem ir katjons ( $\text{Ca}^{2+}$ ) (Kelling & Schulte, 2004).

Skābās augsnēs kalcija saturs samazinās, kā arī katjonu apmaiņas kapacitāte ir zemāka. Augsnes, kuras ir bagātas ar nātriju, veicina kalcija izskalošanos, kā rezultātā pasliktinās augsnes struktūra un palielinās nātrija toksiskums. Šis process darbojas arī tieši pretēji, kalcija pārbagātas augsnes veicina nātrija izskalošanos. Augsnes reakcijai samazinoties, pieaug  $\text{Fe}^{2+}$  un  $\text{Al}^{3+}$  jonu šķīdība, kā rezultātā kalcijs tiek iesaistīts nešķīstošos savienojumos (Spectrum Analytic, s.a.).

Kalcijs augos veic vairākas svarīgas funkcijas, kā pareizas šūnu dalīšanās veicināšana, pareiza šūnapvalku attīstība, nitrātu uzņemšana un vielmaiņa, fermentu aktivitāte, u.c. Ne augsnē, ne augu audos kalcijs netiek uzskatīts par ļoti mobilu elementu, tādēļ tā ir būtiska nepārtraukta piegāde (White & Broadley, 2003).

Augsnes virskārtā vidēji ir 1 – 5 % kopējā **dzelzs**. Lielākā daļa no dzelzs, kas ir sastopams augsnē, atrodas silikātu minerālos vai dzelzs oksīdos un hidroksīdos. Šīs formas augiem nav pieejamas (Schulte, 2004).

Augsta augsnes reakcija samazina dzelzs pieejamību, savukārt zema palielina. Paaugstināta  $\text{NO}_3^-$  – N klātbūtne samazina dzelzs uzņemšanu, izraisot anjonu – katjonu disbalansu. Ja augsnē ir liels mangāna daudzums, tas kavē dzelzs uzņemšanu, savukārt, ja augsnē sākotnēji ir liels dzelzs daudzums, tas mazinās mangāna pieejamību. Daži pētījumi liecina, ka zema kālija pieejamība var izraisīt paaugstinātu dzelzs uzņemšanu. Dzelzs augiem kļūst toksisks pie zemām pH vērtībām, šādos apstākļos tiek radīts lieks daudzums pieejamā dzelzs (Spectrum Analytic, s.a.).

Augiem dzelzs nodrošina hlorofila attīstību un darbību, augu vielmaiņu, ir iesaistīts slāpekļa fiksācijā, ir kā sastāvdaļa noteiktiem enzīmiem un olbaltumvielām, kā arī tam ir liela nozīme enerģijas pārnēsē ( Kerkeb & Connolly, 2006).

**Mangāns** augsnē atrodas dažādās formās, tas, kas atrodams iežos un minerālos nav pieejams augiem, un par tādu kļūst tikai minerālu ķīmiskas noārdīšanās rezultātā. Savukārt, augiem pieejamās formas ir apmaiņas magnijs, saistīts ar organisko materiālu un dažādi magnija oksīdi (Schulte & Kelling, 2004).

Mangāns ir nozīmīgs mikroelements daudziem organismiem. Augos tas ietilpst fotosintezējošo olbaltumvielu un enzīmu sastāvā, piedalās hlorofila izstrādē un nitrātu asimilācijā u.c. Tā deficīts ir bīstams hloroplastu veidošanās procesā. Savukārt, papildus daudzums ir kaitīgs pilnvērtīgam fotosintēzes procesam. Mangāna pieejamība pieaug, samazinoties augsnes pH. Augsnes reakcijai pazeminoties zem 5,5, palielinās apmaiņas magnija daudzums, pārsvarā  $Mn^{2+}$ . Mangāna fitotoksiskums izpaužas, kā biomasas un fotosintēzes pavājināšanās un rodas dažādi bioķīmiskie traucējumi (Millaleo et al., 2010).

Tāpat arī vietās, kur ligzdo kormorāni, ir pastiprināta fosfora pieplūde. Ir pierādīts, ka šī elementa koncentrācija jūras kraukļu ietekmētās un neietekmētās vietās ievērojami atšķiras. Fosfora akumulācija vietās, kur sastopamas ūdensputnu kolonijas var sasniegt  $45 \text{ g m}^{-2}$ , kas ir ievērojami vairāk nekā lielākajā daļā virszemes ekosistēmu –  $0,01 - 0,1 \text{ g m}^{-2} \text{ gadā}^{-1}$ , kur galvenais fosfora avots ir atmosfēras nokrišņi. Salīdzinājumā ar slāpekli fosfors augsnē tiek uzskatīts par nekustīgu. Tā kā abu minēto elementu pieplūdes apmēri ir atšķirīgi, veidojas slāpekļa un fosfora daudzuma attiecības bilance, tās ietekme attiecībā uz augsni kormorānu ietekmētās un neietekmētās vietās arī atšķiras no koloniju brīvām teritorijām. Tās vērtība ir augstāka, bet samazinājās līdz ar fosfora piesātinājuma pieaugumu, kas arī liecina, ka fosfora uzkrāšanās notiek ilgāk nekā slāpekļa pieaugums (Hobara et al., 2005).

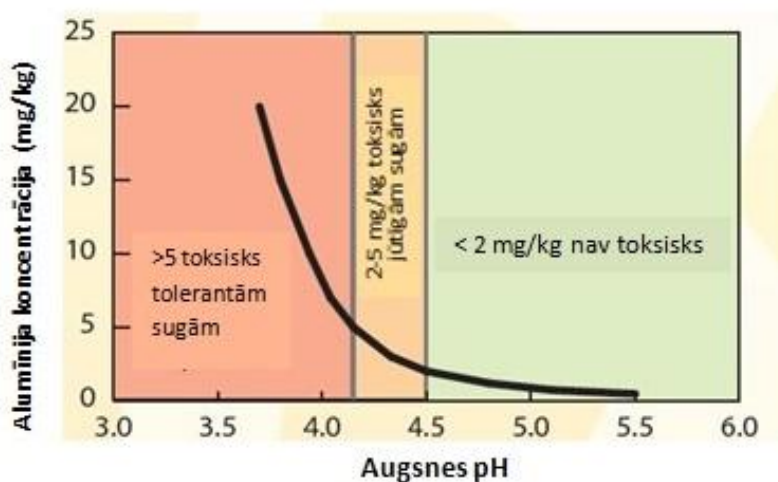
**Fosfors** ir augsnes makroelements. Viens no galvenajiem tā uzdevumiem dzīvajos organismos ir enerģijas transports. Atbilstošs pieejamā fosfora daudzums augsnē augiem sekmē augšanu un paātrina briedumu. Savukārt pārāk liels daudzums var apdraudēt ūdens kvalitāti gan ūdenstilpē, gan pazemes ūdeņos. Ezeros un upēs fosfora palielināts daudzums izraisa eutrofikāciju. Skābās augsnēs ( $\text{pH} < 5,5$ ) alumīnijs ir dominējošais jons, kas reaģēs ar fosfātu, pirmie produkti, kas veidosies, būs amorfie alumīnija un dzelzs fosfāti, kā arī kāds kalcijs fosfāts. Amorfie alumīnija un dzelzs fosfāti pamazām pārveidojas savienojumos, kas nav pieejami augiem (Busman, 2002).

Slāpekļa un fosfora pastiprināta akumulācija novērojama ne tikai augsnē, bet arī veģetācijā tiešā veidā. Minētie elementi pastiprināti, barības vielu transporta rezultātā kā arī tiešā fekāliju ietekmē, uzkrājas arī auga atsevišķās daļās. Pētījumi liecina, ka koku lapās, kur

izvietojušās kormorānu kolonijas, to koncentrācija ir ievērojami augstāka nekā neietekmētās dzīvotnēs (Hobara et al., 2005).

Lielu ietekmi uz salu veģetācijas attīstību atstāj augsnes pH vērtība. Novērojumi liecina, ka nepārtraukti izdalīto fekāliju rezultātā augsnes reakcija samazinās – vide paliek skābāka. Salīdzinājumā ar jūras kraukļu koloniju, neietekmētā vietām pH ir 0,5 – 2 vērtību augstāks (Ishida, 1996; Laiviņš un Čekstere, 2008).

Samazinoties pH vērtībai pieaug arī toksisko jonu īpatsvars, kas atstāj būtisku ietekmi gan uz augsnes dzīvniekiem, gan uz veģetāciju. Augsnes reakcijai pazeminoties, alumīnijs pāriet augsnes šķīdumā un fitotoksisko alumīnija jonu daudzums palielinās (1.2.1.2. att.) (Krstic et al., 2012). Vides reakcijai samazinoties līdz 4, pieaug alumīnija jonu kustīgums, kā rezultātā tiek būtiski ietekmēta augu attīstība. Jāmin, ka tas, cik toksiska ietekme tiks atstāta uz konkrēto augu ir atkarīga no tā sakņu sistēmas. Piemēram, tādi augi, kuriem saknes vairāk ir izvietotas augsnes virskārtā, kā tas ir stiebrzālēm, būs vairāk apdraudēti, jo tieši akumulācijas horizontā ir lielākās toksisko jonu koncentrācijas (Ishida, 1996).

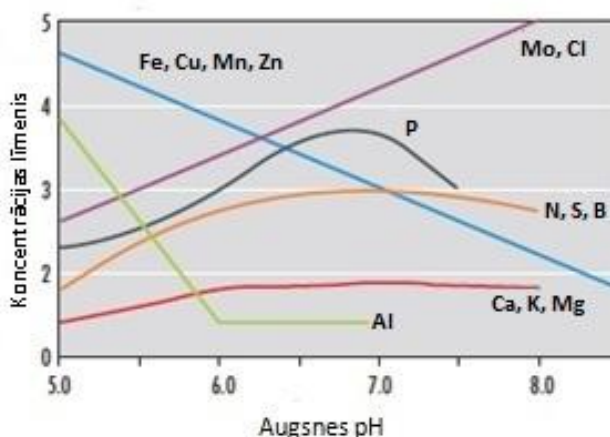


*1.2.1.2. attēls. Augsnes reakcijas ietekme uz alumīnija jonu kustīgumu un augiem*  
(Gazey, s.a)

Pirmatnējā pazīme, kas izpaužas uz augiem **alumīnija** jonu kustīguma pieauguma rezultātā, ir sakņu sistēmas traucēta attīstība. Saknes paliek īsākas, plānākas un maina krāsu (O’Sullivan, s.a.). Alumīnijs ietekmē augu ne tikai orgānu, bet arī audu un šūnu līmenī. Šādu izmaiņu rezultātā tiek būtiski ietekmēta un negatīvi izmainīta auga spēja uzņemt nepieciešamās barības vielas un ūdeni. Pārsvārā alumīnija joni no saknēm uz pārējām auga daļām pārvietojas ļoti lēni, bet ir arī tā saucamie alumīnija akumulatori, kas spēj sekmīgi uzkrāt minēto elementu (Krstic et al., 2012).

Pētījumos Norvēģijā tika konstatēts, ka alumīnija jonu pieaugums augsnē samazina organisko daļiņu sadalīšanās ātrumu pat par 30 – 40 %, kas skaidrojams ar alumīnija toksisko ietekmi uz augiem, kā arī augsnē dzīvojošajiem mikroorganismiem. Tāpat rezultāti liecināja, ka apmaiņas alumīnija koncentrācijai pieaugot, samazinās apmaiņas kalcija un magnija daudzums (Mulder et al., 2001). Tieši kalcijs un magnijs ir pamatā maisījumam, ko izmanto augsnes kaļķošanā, lai samazinātu augsnes skābumu (Hede et al., 2001).

Ir zināmas tendences, kā augsnes pH ietekmē dažādu ķīmisko elementu koncentrāciju. Augsnes reakcijai pazeminoties, vairākums ķīmisko elementu koncentrācija augsnē samazinās, pie tādiem pieskaita slāpekli, sēru, kalciju, kāliju, magniju u.c. (1.2.1.3. att). Tomēr ir arī tādi elementi, kuru koncentrācija augsnē palielinās, ja augsne paliek skābāka. Pie tiem pieder dzelzs, mangāns, alumīnijs u.c. Savukārt fosfora koncentrācija augsnē vislielākā ir pie neitrālas augsnes reakcijas, pH vērtībai samazinoties vai pieaugot, tā koncentrācijas samazinās (1.2.1.3. att) (Goedert et al., 1997).



1.2.1.3. attēls. Augsnes reakcijas ietekme uz dažādu ķīmisko elementu koncentrāciju augsnē (Goedert et al., 1997)

Tādi elementi kā slāpeklis, fosfors un kalcijs ir arī būtiski nepieciešami auga attīstībai. Līdz ar kormorānu fekālijām arī tie nonāk augsnē, kas normālās koncentrācijas veicina veģētācijas attīstību, tomēr, ja jūras kraukļu kolonija attiecībā pret dzīvotnes teritoriju ir īpatņiem pārbagāta, tad visdrīzāk minēto elementu koncentrācijas pārsniedz optimālo vērtību (Ishida, 1996).

Ir izpētīts, ka pat pēc 20 līdz 60 gadu ilga laika perioda, kad ūdensputnu kolonijas vairs nav sastopamas konkrētajā dzīvotnē, joprojām ir paaugstināts fosfora un slāpekļa līmenis, kā arī novērota ietekme uz veģētāciju. Tāpat ir zināms fakts, ka meža biotopos ilgtermiņa ietekme ir ievērojamāka nekā pļāvās, jo koki attīstās un saglabājas ar uzņemtajiem elementiem daudz ilgāk nekā zālāju veģētācija (Kameda et al., 2006).

### 1.2.2. Jūra kraukļu (*Phalacrocorax carbo sinensis*) ietekme uz gruntsūdeņiem un blakus esošajām ūdenstilpēm

Barības vielu transporta rezultātā ūdensputnu uzņemtie ķīmiskie elementi ne tikai nonāk augsnē un ietekmē veģetāciju, bet ar noteces palīdzību vai gruntsūdeņiem atgriežas arī atpakaļ ūdenī ietekmējot arī ūdens augus, kas sastopami jūras kraukļu kolonijas tuvumā un arī kopumā atstājot sekas uz pašu ūdens ekosistēmu (Kameda et al., 2006; Klimaszyk, 2012). Gruntsūdeņos ir arī ievērojami lielāks izšķīdušo minerālvielu sāļu daudzums. Savukārt, elektrovadītspēja var būt pat 100 reizes lielāka (Klimaszyk, 2012).

Jūras kraukļu ietekmē augsne un gruntsūdeņi (infiltrācijas rezultātā caur O horizontu), kā arī virszemes ūdeņi tiek papildināti arī ar izšķīdušo organisko oglekli. Ja reljefam ir raksturīgas stāvas nogāzes, tad galvenā nozīmē ir virsmas notecei, savukārt, ja reljefs konkrētajā vietā ir līdzens, tad blakus esošie ūdeņi ar izšķīdušo organisko slāpekli tiek papildināti ar gruntsūdeņiem. Pētījumi liecina, ka vietās, kur mīt kormorānu kolonijas, minētā elementa koncentrācija var būt vismaz četras reizes lielāka, nekā neietekmētās vietās. Minētie procesi laika gaitā var būtiski izmainīt ezera trofisko stāvokli (Klimaszyk & Toniak, 2011).

Pētījumi liecina, ka salīdzinot ar ūdenstilpju centrālo daļu, ūdeņiem krasta zonā kādai kormorānu ietekmētai teritorijai sasniedz pat līdz 30 reizēm lielāku kopējā slāpekļa koncentrāciju un vairāk kā 10 reizes lielāku kopējā fosfora saturu. Jāmin, ka koncentrācijas ūdeņos var nebūt arī tik atšķirīgas un ievērojamas, ja tās tiek fiksētas pēc ilgstoša nokrišņu un bezvēja perioda (Klimaszyk, 2012).

Jūras kraukļu vielmaiņas un pārtikas atkritumproduktu rezultātā uz augsnes nonāk arī dažādas būtiskas uzturvielas, kas piedalās vielu transportā no ūdens ekosistēmas uz sauszemi (Hobara et al., 2005). Tiek uzskatīts, ka barības vielu pārnese no ūdens ekosistēmas uz salas dzīvotni izskaidrojama, kā svarīgu elementu plūsma no ar tiem bagātas sistēmas uz nabadzīgāku (Kameda et al., 2006).

Ir veikti pētījumi par dzeramā ūdens kvalitātes izmaiņām ūdensputnu ietekmē. Kormorāni ne tikai bojā zivsaimniecību darbību un ekosistēmu, kur tie uzturas, bet arī līdz ar slāpekļa un fosfora koncentrācijas pieaugumu palielinās eitrofikācijas risks, savukārt samazinās ūdens kvalitāte, ievērojami apdraudējumi rodas, ja tas tiek izmantots pārtikas vajadzībām (Dissmeyer, 2000).

Neatkarīgi no tā, ka kolonijās dzīvojošie ūdensputni bagātina ekosistēmu ar ķīmiskajām vielām, tie var piesārņot gruntsūdeņus un virszemes ūdeņus arī ar mikrobioloģiskiem savienojumiem. Tāpat ūdensputnu fekālijas var kalpot arī kā dzīvotne patogēnajām baktērijām, kā, piemēram, *Escherichia coli* (Klimaszyk, 2012).

Pētījumi liecina, ka gruntsūdeņos vietās, kur ir izvietojušās kormorānu kolonijas, maksimālais baktēriju skaits var pārsniegt  $\sim 80\,000$  - uz  $100\text{ cm}^3$ , no tām  $\sim 6000$  - *Escheria coli*. Statistiski tika konstatēts, ka visintensīvāk mikrobioloģiskais piesārņojums gruntsūdeņos rodas laika periodā, kad ūdensputnu kolonija sasniedz vislielākos apmērus, parasti vasaras beigās – rudens sākumā, atkarībā no ekosistēmas ģeogrāfiskā izvietojuma un klimatiskajiem apstākļiem (Klimaszyk & Rzymiski, 2013).

Pētījumos konstatēts, ka piesārņojuma ar *Escherichia coli* izkliede ezeros blakus ekosistēmai piekrastē ir tikai par aptuveni 30 % zemāka, arī līdz 50 m attālumam no krasta koncentrācijas zīmīgi neatšķiras, savukārt jau pie 100 metru atzīmes baktērijas gandrīz netiek konstatētas. Tātad visbūtiskāk ezera ekosistēma tiek ietekmēta 50 metru attālumā no jūras kraukļu dzīvotnes (Klimaszyk & Rzymiski, 2013).

## 2. PĒTĪJUMA MATERIĀLS UN METODEDES

### 2.1. Izejas dati

Bakalaura darbā tika izmantota literatūra no starptautiskajiem zinātniskajiem žurnāliem, kas pieejami dažādās datubāzēs: Science Direct, Springer Link, Google Scholar, kā arī izmantoti elektroniskie resursi un grāmatas.

Izmantotas arī LU ĢZZF karšu pārlūka 2.etapa ortofoto (2005) karšu mozaīkas (ORTOFOTO 2, M 1:10 000), kas tika apstrādātas QGIS Desktop 2.8.1. programmā.

Lauka darbu ietvaros tika fiksēta informācija par augsnes dziļrakumu profiliem atbilstoši Latvijas un starptautiskajai FAO WRB augšņu klasifikācijai (Kārklīšs, 2008; Kārklīšs u.c., 2009), augsnes granulometriskā sastāva grupām, ģeoloģiskie nogulumi, novietojums reljefā, sakņu daudzums un bioloģisko veidojumu klātbūtne, zemesaugu sugas, to segums procentuāli, kā arī jūras kraukļu ekskrementu ietekmē bojāto augu sastopamība procentuāli attiecībā uz augu kopējo skaitu.

Laboratorijas apstākļos tika sagatavota iegūto rezultātu datu bāze par analizētajām augsnes ķīmiskajām īpašībām (augšņu pH<sub>BaCl2</sub> vērtība, kopējā organiskā oglekļa un kopējā slāpekļa saturs (%), apmaiņas katjonu koncentrācijas (Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup>, Mn<sup>2+</sup>, Al<sup>3+</sup>, Fe<sup>3+</sup>), katjonu apmaiņas kapacitāte, kopējā organiskā oglekļa krājumi (t/ha)) kormorānu ligzdu tuvumā un to neietekmētā vietā.

Rezultātu analīzē izmantoti 2007.gadā iegūti dati, kas atrodami Dr.habil.geogr, profesora, bioloģijas doktora Māra Laiviņa un Dr. biol. Guntas Čeksteres veiktajā pētījumā „Kolonijās ligzdojošo zivju gārņu (*Ardea cinerea*) un jūriskraukļu (*Phalacrocorax carbo*) ietekme uz Latvijas ezera salu augu valsti un augsnēm” (Laiviņš un Čekstere, 2008).

### 2.2. Izpētes teritorijas raksturojums

#### 2.2.1. Ežezera vispārīgs raksturojums

Ežezers atrodas Latvijas dienvidaustrumos – Latgalē (Turlajs, 2011). Tas ietilpst Latgales augstienes dabas rajonā Dagdas paugurainē, 169,4 metrus virs jūras līmeņa (Turlajs, 2011; Eipurs, 1995). Ūdeņus gūst no Daugavas sateces baseina, tam piemīt caurteces hidroloģiskais režīms. Tajā ietek strauts no Ūdreja ezera, bet iztek Narūta (Obitele). Ezers atrodas Dagdas novada, Ezernieku un Andzeļu pagasta administratīvajā teritorijā (Latvijas ezeri, bez dat.).

Ežezers atrodas aptuveni 280 km attālumā no Baltijas jūras piekrastes, tāpēc šai teritorijai ir atbilstoši relatīvi kontinentālāki klimatiskie apstākļi (2.2.2.1. att.). Vidējais gada nokrišņu daudzums ir 650 – 700 mm. Ziemā - janvārī vidējā mēneša temperatūra ir -7°C , savukārt, vasarā – jūlijā +17°C. Vidējais bezsala periods gaisā ir 150 – 160 dienas (Turlajs, 2011).

Ežezera spoguļa laukuma kopēja platība ir 987,9 hektāri un krasta līnijas garums ir 39,5 kilometri. Tā vidējais dziļums ir 6,4 metri, savukārt, maksimālais dziļums – 21,0 metri (Latvijas ezeri, bez dat.). Ežezera sateces baseina laukums – 108 km<sup>2</sup>, ezera platība ir 1092 ha, kopējais tilpums mlj.m<sup>3</sup> – 64,6 (Glazačeva, 2004).

Ezerā ir 36 salas, no kurām 29 ūdens līmeņa svārstību dēļ tiek uzskatītas par patstāvīgām – redzamas ūdens virspusē visu cauru gadu (Latvijas ezeri, bez dat.). Kopumā ezerā ir reģistrēti aptuveni 70 salveidīgi veidojumi, taču aptuveni puse no tiem ir ar niedrēm un meldriem apauguši sēkļi (Latvijas Dabas fonds, 2009). Salu kopējā platība ir 77,6 hektāri. Lielā Lāča sala ir platības ziņā vislielākā, tā aizņem 46,4 hektārus, kas klāta ar platlapju – egļu mežu (Latvijas ezeri, bez dat.). Lielākā daļa salu atrodas ezera ziemeļaustrumu daļā (Eipurs, 1995).

Ežezeram ir raksturīgi smilšaini un oļaini ezera krasti ar nenaslēgtu veģetāciju, kas tiek uzskatīti par bioloģiski vērtīgiem, jo šādos apstākļos veidojas unikāli biotopi. Līdzās tādām liela izmēra sugām, kā, piemēram, parastajai niedrei *Phragmites australis*, meldriem *Scirpus sp.* un citām tamlīdzīgām izvietojas arī tādas, kas lielākoties nespēj izkonkurēt sev dzīvesvietu (Latvijas Dabas fonds, 2009).

Ežezers atrodas Rāznas Nacionālā parka teritorijā, kura teritorija ir sadalīta vairākos centros. Ežezers veido trešo centru – „Ežezers ar salām, pussalām un ezera tuvāko – platlapju mežiem klāto apkārtni”. Ežezera salas, pussalas un krasti vietām ir klāti ar primāriem ozolu mežiem, kas Latgalē kopumā ir ļoti reti sastopami. Ezers un tā apkārtnē ir aizsargāti jau kopš 1928. gada, līdz ar to, tā ir visilgāk aizsargātā teritorija Rāznas Nacionālajā parkā. Tas ir ne vien salām bagātākais ezers Latvijā, bet arī Baltijā (Latvijas Dabas fonds, 2009).

Ežezers tiek uzskatīts par ļoti produktīvu ezeru, ihtiofauna ir bagāta un daudzveidīga, sastopamas 18 – 24 zivju sugas, tai skaitā līdakas, raudas, asari, līņi u.c. zivis (Eipurs, 1995).

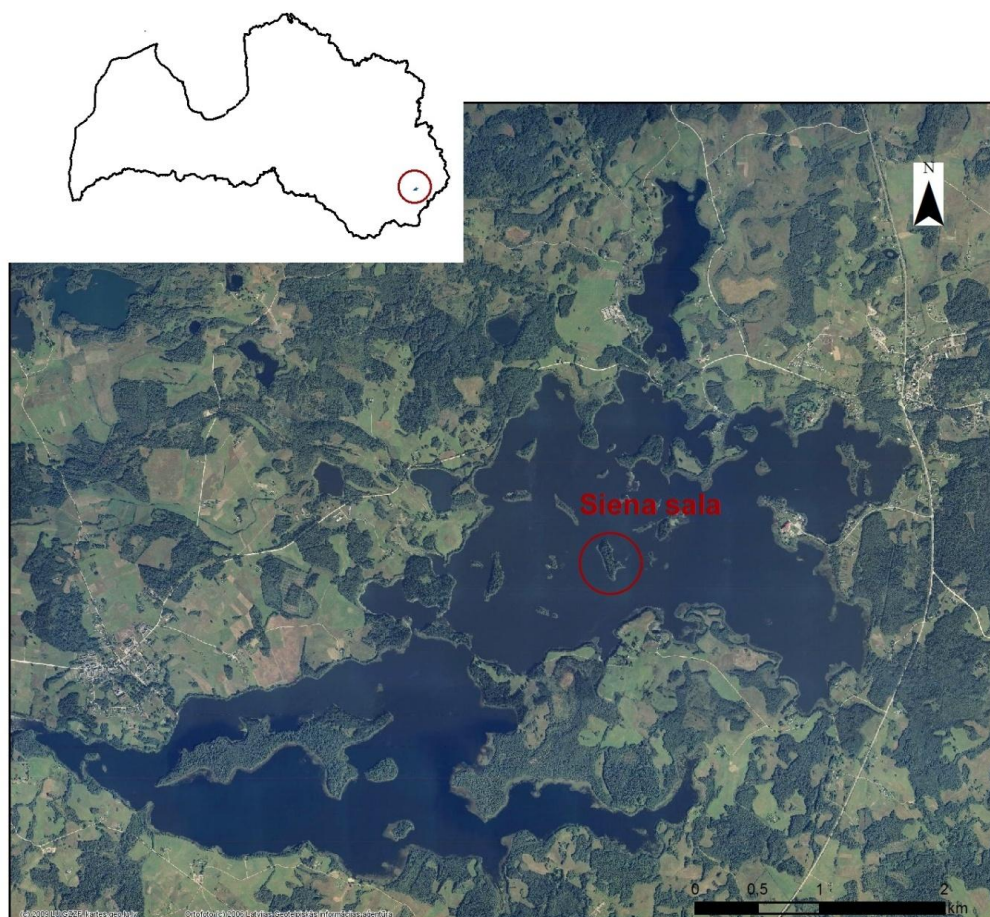
Ezers atrodas dabas lieguma zonā, kas izveidota ar mērķi, lai aizsargātu cilvēku darbības mazpārveidotās ekosistēmas, saglabātu retu un izzūdošu sugu atradnes, kā arī saglabātu īpaši aizsargājamās sugas un biotopus. Dabas lieguma zona aizņem 98,4 hektārus (Latvijas Dabas fonds, 2009).

Rāznas nacionālajā parkā esošie, dabiskas izcelsmes ezeri tiek vērtēti kā Eiropas Savienībā īpaši aizsargājami biotopi - dabīgi eitrofi ezeri ar ieģrimušo ūdensaugu un peldaugu augāju – 3150. Pie tādiem pieskaita ezerus ar daudzveidīgu, sugām bagātu peldošo un ieģrimušo ūdensaugu augāju, ūdens pH galvenokārt  $>7$  (Latvijas Dabas fonds, 2009; Eņģele un Sniedze-Kretalova, 2013).

### 2.2.2. Siena salas vispārīgais raksturojums

Lauka pētījums tika veikts 2014.gada augustā Ežezera Siena salā, ko jau vairākus gadu desmitus apdzīvo jūras kraukļu kolonija.

Siena sala atrodas ezera centrālajā daļā ( $56^{\circ} 10' 30,13''$  Zp;  $27^{\circ} 36' 59, 10''$  Ag) (2.2.2.1. att.). Salā ir aptuveni 34 kormorānu ligzdas, tās ir iekārtotas galvenokārt liepās (*Tilia cordata*) un dažās eglēs (*Picea abies*) (arī nokaltušās) un melnalkšņos. Salu pārklāj koki – lielākoties liepas, alkšņi, egles. Zemsedzē lielākajā salas teritorijā, galvenokārt, jūras kraukļu neietekmētajās zonās, dominē podagras gārša (*Aegopodium podagria*). Salas platība ir ~ 2,8 hektāri (Latvijas ezeri, bez dat.).



#### 2.2.2.1. attēls. Pētījumam izvēlētā teritorija Ežezera

(izstrādājusi autore, izmantojot LU ĢZZF servera informācijas ortofoto attēlu 2005)

## 2.3. Lauka pētījumi

### 2.3.1. Pētījuma teritoriju augšņu un veģetācijas izpēte

Pētījuma teritoriju parauglaukumi tika izvietoti tiešā jūras kraukļu ietekmes zonā – zem ligzdām, kā arī to neskartajā salas daļā, izmantojot transektu metodi, t.sk. ņemot vērā reljefu. Tika veikta ligzdu uzskaitē virs vietām (5 metru rādiusā), kur izvietoti parauglaukumi Kormorānu ietekmētā teritorijā tika izveidotas četras pētbedres. Novērtējot teritoriju vizuāli, pēc zemsedzes un koku bojājumiem, viskritiskākajā zonā tika veikts vienu metru dziļš izplatītākās augsnes reprezentatīvais rakums, savukārt pārējās trijās vietās tika izveidotas 50 cm dziļas pētbedres. Arī neskartajā salas daļā tika izveidotas četras pētbedres, trīs no tām 50 cm dziļas, savukārt tālākā 75 cm (2.3.1.1. att.).



#### Apzīmejumi

- Paraugu ievākšanas vietas
- ▨ Kormorānu ietekmētā teritorija

2.3.1.1. attēls. **Parauglaukumu izvietojums Siena salā** (izstrādājusi autore, izmantojot LU ĢZZF servera informācijas ortofoto attēlu 2005)

Augšņu parauglaukumos tika noteiktas augsnes atbildeši Latvijas augšņu klasifikācijai (Kārklīņš, 2008) un starptautiskajai FAO WRB (FAO, 2014) augšņu klasifikācijai, kā arī tika noteikti ģeoloģiskie nogulumi un novietojums reljefā, granulometriskā sastāva grupas, sakņu daudzums un bioloģisko veidojumu klātbūtne. No augsnes ģenētiskajiem horizontiem tika ievākti augšņu paraugi turpmākajai to ķīmisko īpašību noteikšanai LU Ģeogrāfijas un Zemes zinātņu fakultātes augšņu laboratorijā.

Tika veikta zemsedzes augu sugu noteikšana un inventarizācija parauglaukumu vietās. Tika izdalītas konkrētās sugas, vizuāli novērtēts katras sugas daudzums procentuāli, kā arī novērtēts jūras kraukļu ekskrementu ietekmē bojāto augu sastopamība procentuāli attiecībā uz augu kopējo skaitu.

### 2.3.2. Augšņu ķīmisko īpašību laboratorijas analīzes

Laboratorijas apstākļos tika analizētas augsnes ķīmiskās īpašības (augšnes  $\text{pH}_{\text{BaCl}_2}$  vērtība, kopējā organiskā oglekļa un kopējā slāpekļa saturs (%), apmaiņas katjonu koncentrācijas ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ), katjonu apmaiņas kapacitāte, kopējā organiskā oglekļa krājumi (t/ha) kormorānu ligzdu tuvumā un to neietekmētā vietā.

Kopējā slāpekļa saturs, izteikts %, tika noteikta izmantojot modificētu Kjeldāla metodi atbilstoši LVS ISO 11261 standartam (ISO 11261, 1995). Tika izmantota Kjeldāla kopējā slāpekļa noteikšanas iekārta Behr labor – teknik.

Apmiņas katjonu ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$  koncentrācija ( $\text{mg kg}^{-1}$ )) tika noteikta bārija hlorīda izvilkumā, pielietojot atomabsorbcijas spektrometru PerkinElmer 500 atbilstoši ISO 11260 standartam. (ISO 11260, 1994).

Augsnes reakcija pH tika noteikta bārija hlorīda izvilkumā ar stikla elektrodu, izmantojot pH-metru WTW inoLab (masas/tilpuma attiecība 1:5).

Kopējā organiskā oglekļa saturs, izteikts %, tika noteikts izmantojot EuroEA 3000 Elemental Analyser iekārtu.

### 2.3.3. Datu statistiskā apstrāde

Iegūtie lauka pētījumu un laboratorijas analīžu dati tiek analizēti izmantojot *Microsoft Excel*, *PCORD 5*, kā arī *SPSS* programmatūru.

Tiek veikti nepieciešamie aprēķini datu analīzei, kā arī veidotas datu tabulas un iegūto rezultātu grafisks atspoguļojums. Iegūtie dati tika apstrādāti, izmantojot datu statistiskās apstrādes metodes. Atbilstoši normālam datu sadalījumam tika izvēlēta parametriskā datu apstrādes metode: galveno komponentu analīze pielietojot programmu *PCORD 5.0*, savukārt pielietojot programmu *SPSS 22* tika veidoti bezparametriskie *Mann – Whitney* un *Kolmogorov – Smirnov* testi.

### 3. PĒTĪJUMA REZULTĀTI

#### 3.1. Augšņu raksturojums

Siena salu veido glaciofluviālie nogulumi (LVGP Kvartārģeoloģija, bez dat.). Pēc Latvijas augšņu klasifikācijas sistēmas salas teritorijā ir izplatīta velēnu podzolaugsne (Kārkliņš, 2008). Tiek novērots podzolēšanās process, ko izraisa skujkoku klātbūtne un jūras kraukļu depoziņu nonākšana uz augsnes virskārtas, izraisot pH vērtības samazināšanos. Abos dziļrakumos augsnes reakcija ir skāba.

Pēc FAO WRB (FAO, 2014) klasifikācijas jūras kraukļu ietekmētajā teritorijā sastop *Dystric Arenosol Ornithogenic*. Šai augšņu grupai raksturīgs mālsmilts granulometriskais sastāvs, kā arī visos slāņos  $\leq 100$  cm no minerālu augsnes virsmas  $< 40$  % (pēc tilpuma) sastopami rupjie fragmenti. *Ornithogenic* norāda uz putnu ietekmi, to radīto depoziņu rezultātā.

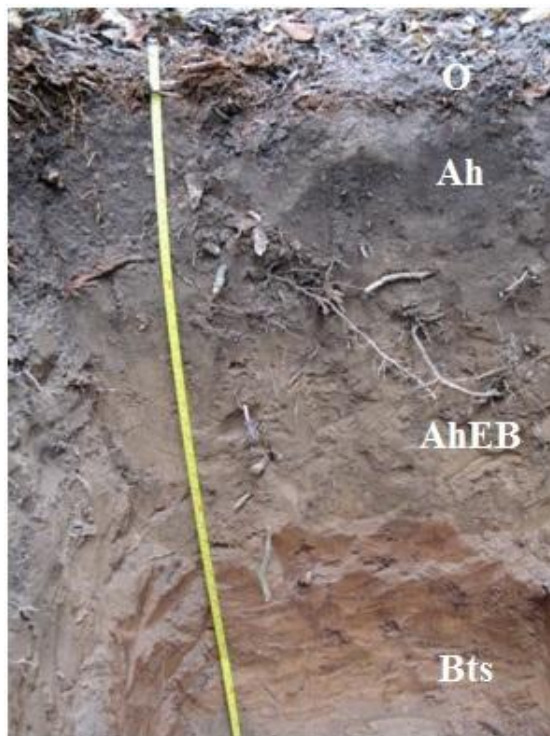
Neietekmētajā salas daļā – *Dystric Fragic Glossic Albic Retisols Arenic*. Satur *Argic* horizontu – māla daļiņu īpatsvara pieaugums augsnē. Kā arī piemīt *retic* īpašības, kas tulkojams kā augsnes mēļveidīgums (3.1.2. att.). *Glossic* apzīmē to, ka augsnei raksturīgs *Albeluvic glossae* spīdums, kas rodas māla un dzelzs daļiņām ieskalojoties *Argic* horizontā. *Albic* apzīmē gaišas krāsas materiālu, kas rodas organisko daļiņu un/vai brīvo dzelzs oksīdu izskalošanās rezultātā. *Arenic* klasifikatoru raksturo smilts vai mālsmilts granulometriskais sastāvs vairāk kā 30 cm biezā slānī, līdz 100 cm dziļumam. *Dystric* norāda uz zemo augsnes reakciju, kas līdz 100 cm dziļumam nepārsniedz  $5,07 \pm 0,16$ .

Pirmais augsnes dziļrakums izveidots pirmajā paraugu ievākšanas vietā, jūras kraukļu ietekmētajā teritorijā. Tas izvietots reljefa paaugstinājumā (3.1.1. att.). Augsnes virskārtu veido nobiru slānis bez augāja. Organisko vielu horizonta biezums ir 5 cm, to veido nesadalījušās koku lapas un zari. Augsnes virskārtas Ah horizonta biezums ir 28 cm. Pēc granulometriskā sastāva iedalījuma, horizontu veido smalka smilts. Augsnes struktūra ir ļoti sīka - noapaļoti kubiska. Horizontā sastop dažāda izmēra saknes, gan ļoti sīkas ( $< 0,5$  mm, gan arī rupjas (5 – 15 mm). Vēl tika novērotas arī kokogles.

Nākošais augsnes ģenētiskais horizonts ir daudzveidīgs, tajā sastop gan akumulācijas, gan podzolēšanās pazīmes, kā arī novērojama pakāpeniska pāreja uz apakškārtas horizontu. To, iespējams, identificēt, pēc horizonta krāsu gammas, tajā redzams akumulācijas horizonta tumšais tonis, kā arī gaišpelēkais podzola krāsojums, kā arī B horizonta brūnais krāsojums. Podzolēšanās iespējamību parāda arī zemā augsnes reakcija, kas augsnes virskārtā vidēji ir  $3,87 \pm 0,02$ . Tā biezums ir 38 cm. Augsnes struktūra ir ļoti sīka - prizmatiska. Horizontu

veido smalka smilts. Horizontā sastop dažāda izmēra saknes, gan ļoti sīkas (< 0,5 mm, gan arī rupjas (5 – 15 mm). Arī šajā horizontā novērotas kokogles.

Apakškārtas horizontā ir novērojama māla akumulācija, kā arī trīsvērtīgo elementu oksīdu iluviāla akumulācija. Horizonta augšējā robeža atrodas 66 cm dziļumā. Augšnes struktūra ir vidēja – prizmatiska. Horizontu veido mālsmilts, tas satur vidēji rupjas saknes (2 – 5 mm).



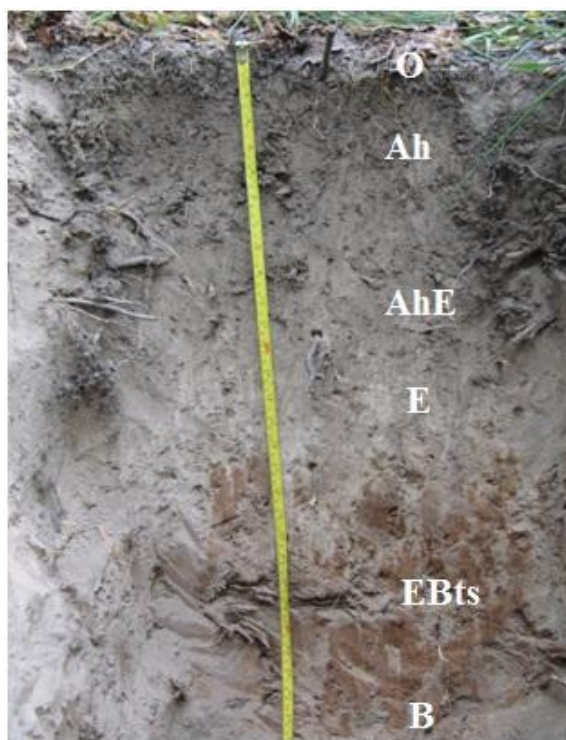
**3.1.1. attēls. Velēnu podzolaugšne (*Dystric Arenosol Ornithogenic*)  
jūras kraukļu ietekmētajā teritorijā (autores foto)**

Otrais augšnes dziļrakums tika izveidots astotajā paraugu ievākšanas vietā. Tas izvietots Siena salas neietekmētajā daļā, nelielā reljefa pacēlumā (3.1.1. att.). Augšnes virskārtu klāj nobiras un lakstaugi. Organisko vielu horizonta biezums ir 4 cm. Augšnes virskārtas Ah horizonta biezums ir 13 cm. Pēc granulometriskā sastāva iedalījuma, horizontu veido smalka smilts. Augšnes struktūra ir ļoti sīka – noapaļoti kubiska. Horizontā sastop ļoti sīkas (<0,5 mm diametrā), līdz rupjas (2 – 5 mm) saknes, redzamas slieku un skudru ejas.

Nākošajā augšnes horizontā novērojamas akumulācijas un podzolēšanās pazīmes. Vērojams Ah horizonta un gaišpelēka krāsojuma sajaukums. Augšnes pH virskārtā vidējā vērtība ir  $4,81 \pm 0,01$ . Horizonta biezums ir 19 cm. Horizontu veido smalka smilts. Augšnes struktūra ir ļoti sīka – prizmatiska. Horizontā sastop ļoti sīkas (<0,5 mm diametrā), līdz rupjas (2 – 5 mm) saknes, redzamas slieku un skudru ejas.

Tālāk seko eluviālais jeb podzolēšanās horizonts, kas veidojas izskalojoties silikātus saturošām māla daļiņām, alumīnijam un/vai dzelzij (Kārklīšs, 2008). Minēto procesu nodrošina skābā augsnes reakcija. Horizonta biezums ir 11 cm. Pēc granulometriskā sastāva iedalījuma, horizontu veido smalka smiltis. Augsnes struktūra ir ļoti sīka – prizmatiska. Horizontā sastop ļoti sīkas (<0,5 mm diametrā) saknes.

Nākošajā horizontā novērojamas gan podzolēšanās, gan apakškārtas horizonta māla un trīsvērtīgo elementu oksīdu iluviāla akumulēšanās. Tam ir raksturīgs *Albeluvis* mēļveidīgums. Horizonta biezums ir 32 cm. Pēc granulometriskā sastāva iedalījuma, horizontu veido mālsmiltis. Augsnes struktūra ir vidēja – prizmatiska. Horizontā sastop rupjas (5 – 15 mm) līdz ļoti rupjas (>15 mm) saknes. Tālāk, sasniedzot 75 cm dziļumu, seko B – apakškārtas horizonts.



3.1.2. attēls. Velēnu podzolaugsne (*Dystric Fragic Glossic Albic Retisols Arenic*)  
jūras kraukļu neietekmētajā teritorijā (autores foto)

### 3.2. Augsnes īpašību raksturojums

Kormorānu ietekmētajā teritorijā, Siena salā, augsnes virskārtā kopējā slāpekļa vidējais saturs ir robežās no  $0,32 \pm 0,01$  līdz  $0,4 \pm 0,01$  % (koncentrācija, izteikta  $\text{g/kg}^{-1}$  ir  $2,26 \pm 0,06$  -  $2,86 \pm 0,04$   $\text{g/kg}^{-1}$ ). Savukārt, salas neskartajā daļā tas ir  $0,24 \pm 0,01\%$  ( $1,74 \pm 0,06$   $\text{g/kg}^{-1}$ ) (3.2.1. att.).



#### Apzīmējumi

Paraugu ievākšanas vietas

○ 0.24 - 0.29

● 0.3 - 0.34

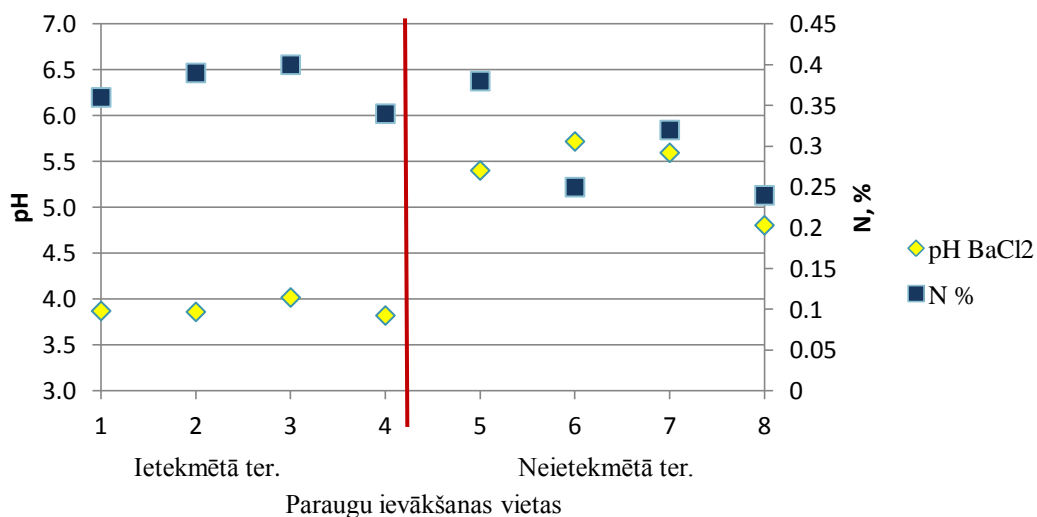
● 0.35 - 0.40

■ Kormorānu ietekmētā teritorija

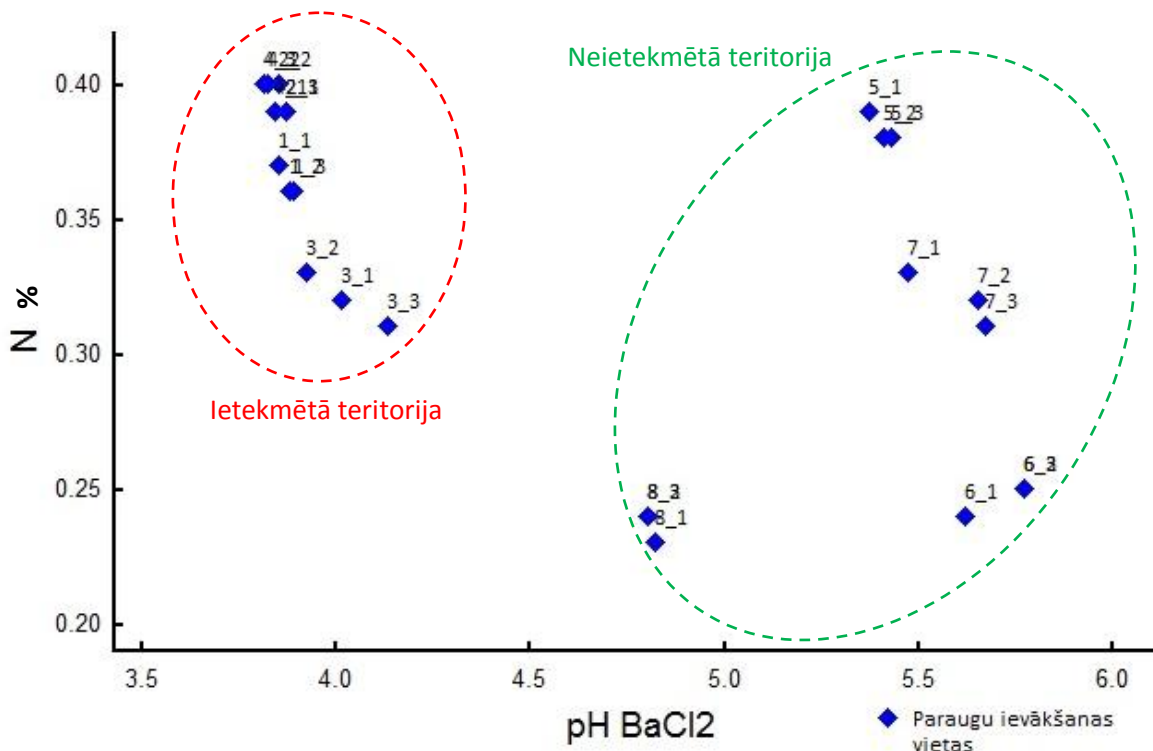
3.2.1. att. **Kopējā slāpekļa vidējais saturs, %** (izstrādājusi autore, izmantojot LU ĢZFF servera informācijas ortofoto attēlu 2005)



Pēc iegūtajiem datiem var konstatēt, ka līdz, ko samazinās augsnes virskārtā esošā kopējā slāpekļa saturs, palielinās augsnes pH (3.2.3, 3.2.4. att.). Attēlos var novērot arī jau iepriekš minēto faktu, ka kopējā slāpekļa vidējais saturs ir augsts arī ietekmētajā teritorijā, bet pH vidējās vērtības ārpus ietekmētās teritorijas krasi paaugstinās. Iespējams, šāda situācija saistāma ar to, ka slāpekļa pieplūdums šajā zonā ir relatīvi nesen veidojies, un ievērojama ietekme uz augsnes pH vērtību vēl nav notikusi.



3.2.3. att. Kopējā slāpekļa vidējais saturs (%) un augsnes pH vidējās vērtības pētījuma teritorijās augsnes virskārtā (0 -10 cm) (izstrādājusi autore)



3.2.4. att. Kopējā slāpekļa vidējais saturs (%) un augsnes pH vidējās vērtības pētījuma teritorijās augsnes virskārtā (0 -10 cm) (izstrādājusi autore)

Apmaiņas alumīnija augstākā vidējā koncentrācija augsnes virskārtā jūras kraukļu ietekmētajā teritorijā sasniedz  $67,9 \pm 1$  mg/kg. Vismazākā vērtība ir salas vidusdaļā  $0,5 \pm 0,06$  mg/kg, savukārt, dienvidu daļā (8.paraugu ievākšanas vietā) apmaiņas alumīnija daudzums ir  $28,1 \pm 2,4$  mg/kg. Vidējā koncentrācija zem ligzdām ir  $57,8 \pm 11,05$  mg/kg, savukārt salas vidusdaļā  $1,4 \pm 0,84$  mg/kg, kas ir ~ 41 reizi mazāka. (3.2.5. att.).



Apzīmējumi

Paraugu ievākšanas vietas

○ 0.5 - 22.9

● 23.0 - 45.4

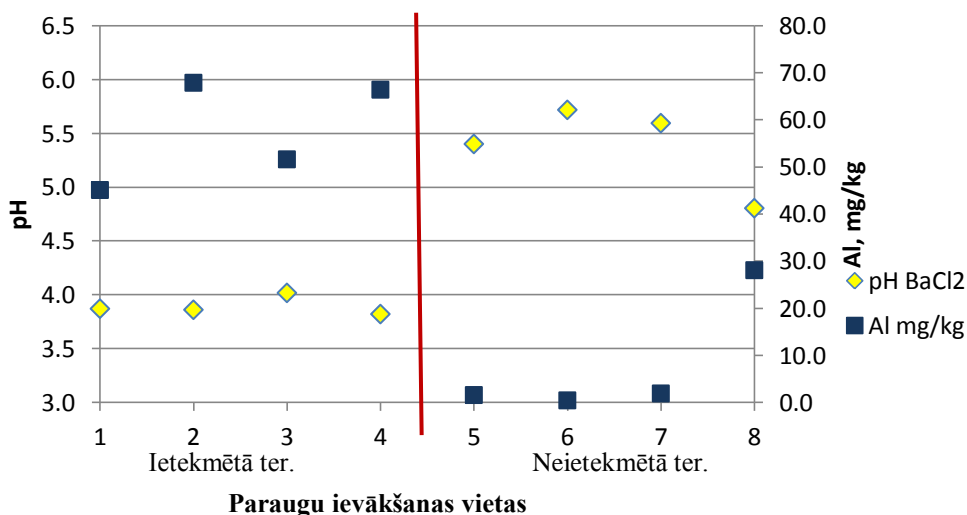
● 45.5 - 67.9

■ Kormorānu ietekmētā teritorija

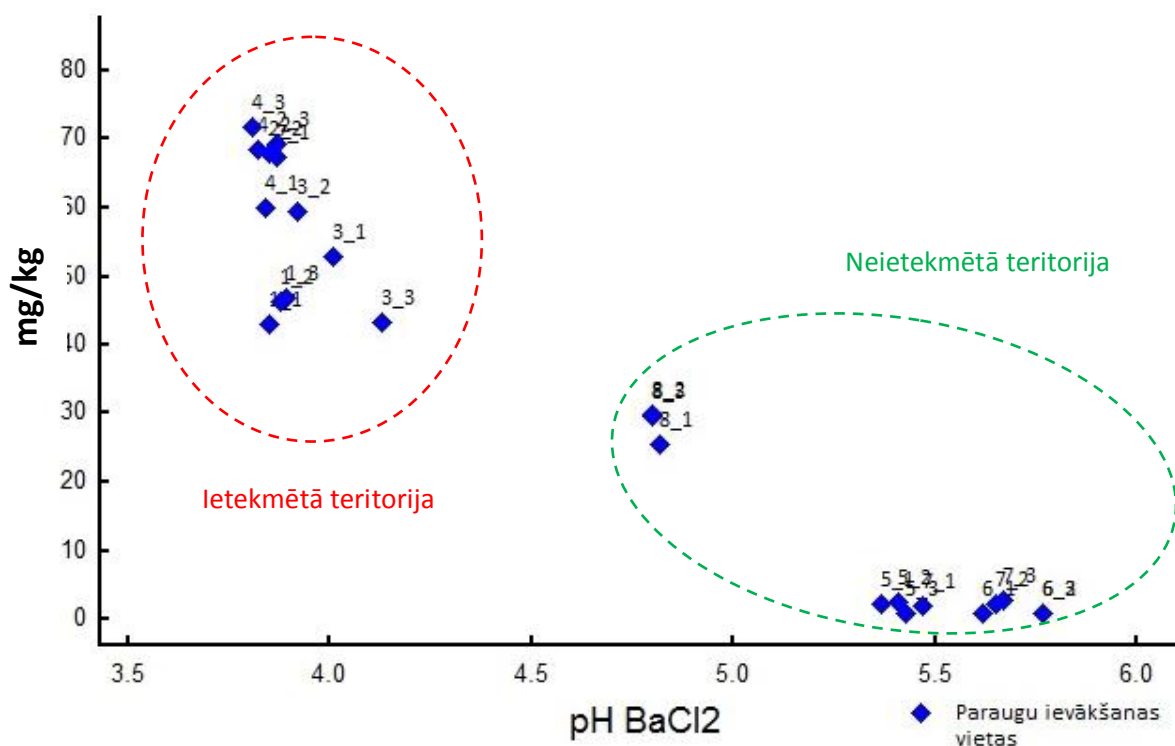
### 3.2.5. att. Apmaiņas alumīnija vidējā koncentrācija (mg/kg)

(izstrādājusi autore, izmantojot LU ĢZZF servera informācijas ortofoto attēlu 2005)

Apmaiņas alumīnija vidējā koncentrācija palielinās līdz ar augsnes reakcijas pazemināšanos (3.2.6., 3.2.7. att). Attēlos redzams, ka jūras kraukļu radītais depozīts izteikti ietekmē minēto faktoru intensitāti. Pārejā no 4. uz 5. paraugu ievākšanas vietu krasi palielinās augsnes pH vērtība un samazinās apmaiņas alumīnija vidējā koncentrācija.



3.2.6. att. Augsnes reakcijas un apmaiņas alumīnija koncentrācijas (mg/kg) vidējās vērtības pētījuma teritorijās augsnes virskārtā (0 -10 cm) (izstrādājusi autore)



3.2.7. att. Augsnes reakcijas un apmaiņas alumīnija koncentrācijas (mg/kg) vidējās vērtības pētījuma teritorijās augsnes virskārtā (0 -10 cm) (izstrādājusi autore)

Apmaiņas kālija vidējā koncentrācija augsnes virskārtā zem jūras kraukļu ligzdām maksimāli sasniedz  $198,5 \pm 1,2$  mg/kg, salas vidusdaļā (6.paraugu ievākšanas vietā) tā ir  $37 \pm 4,2$  mg/kg, savukārt neskartajā salas daļā (8.paraugu ievākšanas vietā) tā ir  $51,7 \pm 12,4$  mg/kg (3.2.8. att.). Apmaiņas kālija daudzums zem ligzdām ir ~ 4,6 reizes lielāks, nekā neskartajās teritorijās.



#### Apzīmējumi

Paraugu ievākšanas vietas

- 18.3- 63.3
- 63.4 - 108.4
- 108.4- 153.4
- 153.5 - 198.5
- Kormorānu ietekmētā teritorija

3.2.8. att. **Apmaiņas kālija vidējā koncentrācija (mg/kg)** (izstrādājusi autore, izmantojot LU ĢZZF servera informācijas ortofoto attēlu 2005)

Apmaiņas magnija vidējā koncentrācija augsnes virskārtā vislielākā ir salas vidusdaļā (6.paraugu ievākšanas vietā), sasniedzot  $260,3 \pm 12,4$  mg/kg, kamēr jūras kraukļu ietekmētajā zonā tā vidēji ir  $44 \pm 2,4 - 61,7 \pm 0,8$  mg/kg. Salas dienvidu daļā apmaiņas magnija vidējais daudzums ir  $111,3 \pm 16,8$  mg/kg (3.2.9. att.). Apmaiņas magnija vidējā koncentrācija zem putnu ligzdām ir  $\sim 4,5$  reizes mazāka, nekā dabiskajā audzē.



- Apzīmējumi
- Paraugu ievākšanas vietas
- 44.0 - 116.1
  - 116.2- 188.2
  - 188.3 - 260.3
  - Kormorānu ietekmētā teritorija

3.2.9. att. **Apmaiņas magnija vidējā koncentrācija (mg/kg)** (izstrādājusi autore, izmantojot LU ĢZZF servera informācijas ortofoto attēlu 2005)

Apmaiņas nātrija vidējā koncentrācija augsnes virskārtā vislielākā ir jūras kraukļu ietekmētajā zonā – augstākā vērtība ir  $27,2 \pm 0,61$  mg/kg. Mazākā vērtība ir aiz kormorānu ietekmētās zonas virzienā uz dienvidiem (5.paraugu ievākšanas vietā) –  $5,6 \pm 1,07$  mg/kg, kā arī salas vidusdaļā (6.paraugu ievākšanas vietā) –  $7,4 \pm 1,07$  mg/kg. Salas neskartajā teritorijā (8.paraugu ievākšanas vietā) apmaiņas nātrija daudzums ir  $18,4 \pm 1,32$  mg/kg (3.2.10. att.).



#### Apzīmējumi

Paraugu ievākšanas vietas

○ 5.6 - 13.5

● 13.6 - 21.4

● 21.5 - 29.4

■ Kormorānu ietekmētā teritorija

3.2.10. att. **Apmaiņas nātrija vidējā koncentrācija (mg/kg)** (izstrādājusi autore, izmantojot LU ĢZZF servera informācijas ortofoto attēlu 2005)

Vislielākā apmaiņas kalcija vidējā koncentrācija augsnes virskārtā ir Siena salas vidusdaļā (6.paraugu ievākšanas vietā), kur tā sasniedz  $2680 \pm 144$  mg/kg. Savukārt, vismazākā minētā elementa vidējā koncentrācija ir jūras kraukļu ietekmētajā teritorijā, kur tās daudzums svārstās no  $862 \pm 32$  –  $1256 \pm 5$  mg/kg. Salas dienvidos (8.paraugu ievākšanas vietā) apmaiņas kalcija vidējā koncentrācija ir 1161 mg/kg (3.2.11. att.).



#### Apzīmējumi

Paraugu ievākšanas vietas

○ 862 - 1468

● 1469 - 2074

● 2075 - 2680

▨ Kormorānu ietekmētā teritorija

3.2.11. att. **Apmaiņas kalcija vidējā koncentrācija (mg/kg)** (izstrādājusi autore, izmantojot LU ĢZZF servera informācijas ortofoto attēlu 2005)

Apmaiņas dzelzs vidējā koncentrācija augsnes virskārtā vislielāko vērtību sasniedz salas dienvidu daļā –  $1,19 \pm 0,19$  mg/kg, kā arī līdzīgi liela vidējā vērtība –  $0,97 \pm 0,22$  mg/kg ir arī pirmajā paraugu ievākšanas vietā zem jūras kraukļu ligzdām. Mazākā vidējā koncentrācija ir konstatēta salas vidusdaļā (6.paraugu ievākšanas vietā) –  $0,22 \pm 0,07$  mg/kg (3.2.12. att.).



Apzīmējumi

Paraugu ievākšanas vietas

○ 0,22 - 0,54

● 0,55 - 0,86

● 0,87 - 1,19

▨ Kormorānu ietekmētā teritorija

3.2.12. att. Apmaiņas dzelzs vidējā koncentrācija (mg/kg) (izstrādājusi autore, izmantojot LU ĢZZF servera informācijas ortofoto attēlu 2005)

Vislielākā apmaiņas mangāna vidējā koncentrācija augsnes virskārtā ir salas dienvidu daļā (8.paraugu ievākšanas vietā), kur tā sasniedz  $7,37 \pm 0,97$  mg/kg, līdzīgi augsta vērtība  $5,98 \pm 0,06$  mg/kg ir arī jūras kormorānu ietekmētajā teritorijā, otrajā paraugu ievākšanas vietā. Kardināli minētās koncentrācijas atšķiras ar salas vidusdaļu, tur (6.paraugu ievākšanas vietā) apmaiņas dzelzs vidējā koncentrācija ir tikai  $0,3 \pm 0,04$  mg/kg (3.2.13. att.).



#### Apzīmējumi

Paraugu ievākšanas vietas

○ 0.30 - 2.65

● 2.67 - 5.01

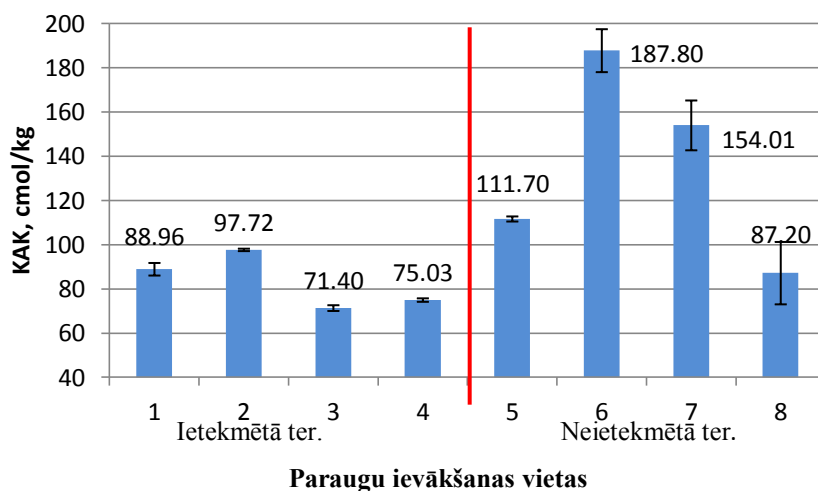
● 5.02 - 7.37

■ Kormorānu ietekmētā teritorija

3.2.13. att. **Apmāiņas mangāna vidējā koncentrācija (mg/kg)** (izstrādājusi autore, izmantojot LU ĢZZF servera informācijas ortofoto attēlu 2005)

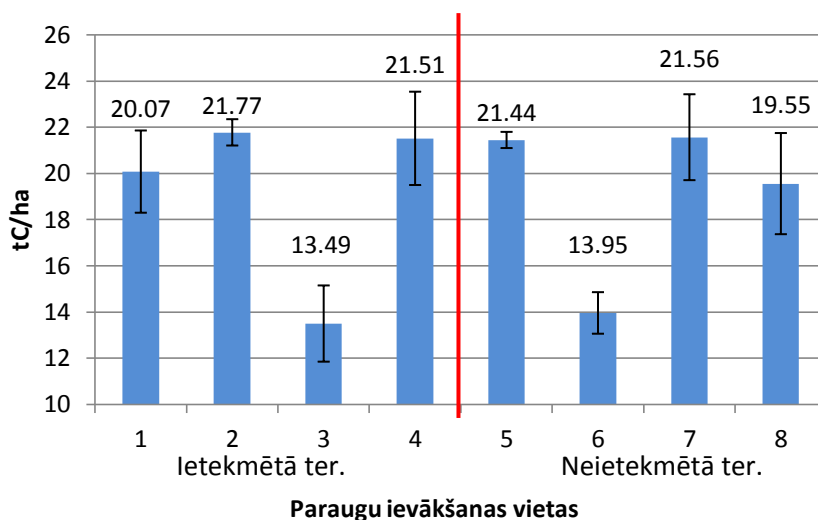
Kopējā organiskā oglekļa vidējā koncentrācija augsnes virskārtā visā salas teritorijā ir diezgan līdzīga, tā svārstās robežās no  $1,93 \pm 0,38$  –  $3,11 \pm 0,08$  g kg<sup>-1</sup>.

Katjonu apmaiņas kapacitāte (KAK) ir rādītājs, kas parāda maksimālo augsnē saistīto katjonu daudzumu, ko pie noteiktiem apstākļiem augsnes cietā fāzē ir iespējams apmainīt pret šķīdumā esošiem katjoniem (Kasparinskis, 2012). KAK vislielākā vērtība ir jūras kraukļu neietekmētājā salas daļā, 6.paraugu ievākšanas vietā, tā sasniedz  $187,9 \pm 9,71$  cmol/kg. Savukārt, vismazākā vērtība ir zem ligzdām, 3.paraugu ievākšanas vietā –  $71,4 \pm 1,3$  cmol/kg (3.2.14. att.).



3.2.14. att. **Katjonu apmaiņas kapacitātes vidējā vērtība (cmol/kg) pētījuma teritorijās augsnes virskārtā (0 -10 cm)** (izstrādājusi autore)

Ievācot paraugus un nosakot struktūru, izmantojot lauka metodi (Kārkliņš, 2008), tika noteikta arī augsnes tilpummasa, kas visā Siena salas teritorijā ir  $1,4 \text{ t m}^{-3}$ . Pēc šīs vērtības tika aprēķināts vidējais organiskā oglekļa krājums augsnes virskārtā 0 - 5 cm dziļā slānī. Lielākais fiksētais organiskā oglekļa vidējais krājums ir  $21,77 \pm 0,57$  (t/ha), savukārt zemākā vērtība ir  $13,49 \pm 2,65$  (t/ha) (3.2.15. att.).



3.2.15. att. **Kopējā organiskā oglekļa vidējais krājums (t/ha) pētījuma teritorijās augsnes virskārtā (0 -5 cm)** (izstrādājusi autore)

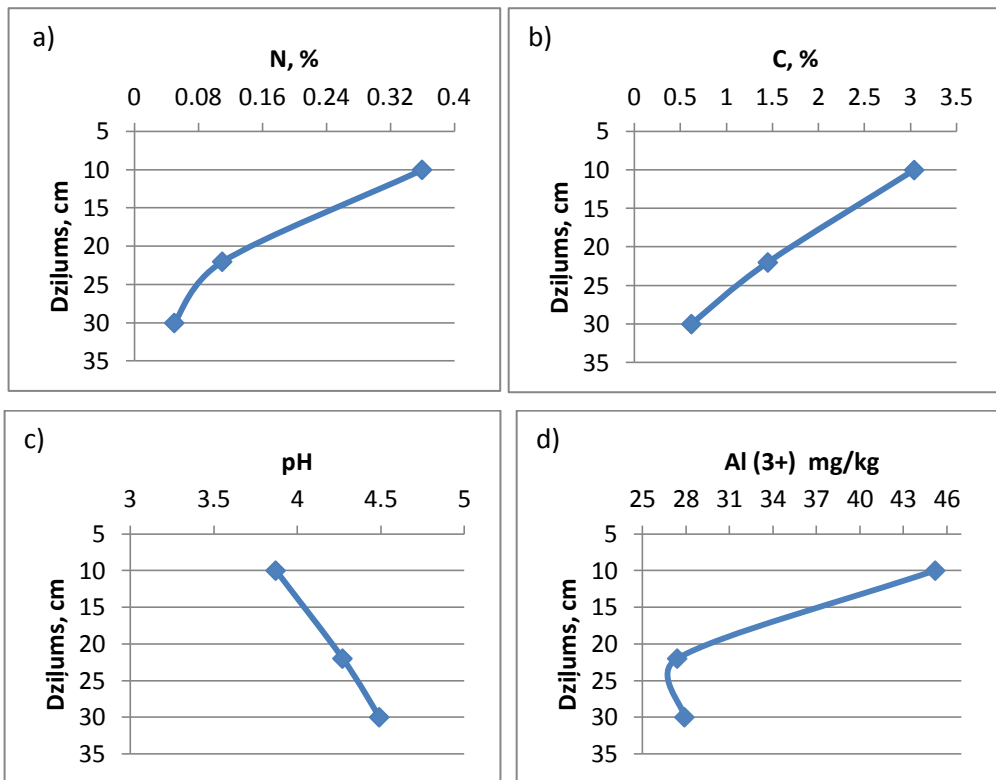
Siena salā, zem jūras kraukļu ligzdām, maksimālais nobiru horizonta biezums sasniedza 6 cm, kamēr dažās paraugu ievākšanas vietās tas bija uz pusi mazāks. Jūras kraukļu ietekmētajā teritorijā nesadalījušais materiāls galvenokārt sastāv no koku lapām, zariem, un bojātu ligzdu atliekām (3.2.16. att.).



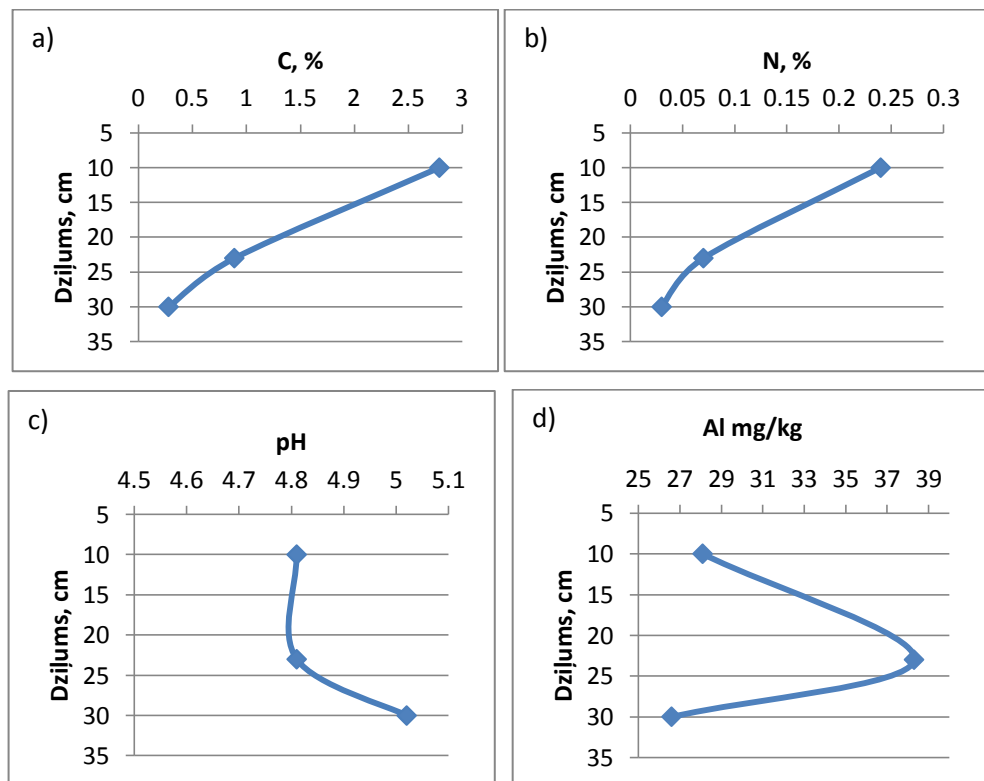
**3.2.16. att. Organisko vielu horizonts jūras kraukļu ietekmētajā teritorijā**

(Kukuļs, 2014)

Pētījumos Japānā tiek minēts, ka jūras kraukļu ietekme uz augsnes īpašībām visbūtiskāk izpaužas augsnes virskārtā, bet pieaugot dziļumam, tā krasi samazinās (Ishida, 1996). Šādas tendences tika novērotas arī Siena salas abos dziļrakumos. Attēlos ir redzams, ka straujākās izmaiņas notiek 20 – 25 cm dziļumā (3.2.17., 3.2.18. att.).



3.2.17.att. a)Kopējā slāpekļa (%) , b) organiskā oglekļa (%) satura, c) pH vērtību un d) apmaiņas alumīnija koncentrācijas izmaiņas atkarībā no to atrašanās dziļuma augsnē jūras kraukļu ietekmētajā teritorijā (izstrādājusi autore)



3.2.18.att. a)Kopējā slāpekļa (%) , b) organiskā oglekļa (%) satura, c) pH vērtību un d) apmaiņas alumīnija koncentrācijas izmaiņas atkarībā no to atrašanās dziļuma augsnē dabiskajā audzē (izstrādājusi autore)

### 3.3. Augāja sastāvs un izplatība

Siena salu klāj mežaudze, meža tips – vēris (Latvijas valsts meži, 2013). Pēc Latvijas biotopu klasifikatora, Siena salu klāj Jaukto koku sausieņu mežs - Jaukto koku vēris (biotopa numurs – F.1.8.2) (Latvijas Dabas fonds, 2001).

Veicot augāja izpēti, kopējais konstatētais sugu skaits (8 parauglaukumos) bija 18. Visvairāk sastop Podagras gārsu (*Aegopodium podagraria l.*), Zilo vizbulīti (*Hepatica nobilis mill.*) un Nokareno pumpursmilgu (*Melica nutans l.*) (*1.pielikums*).

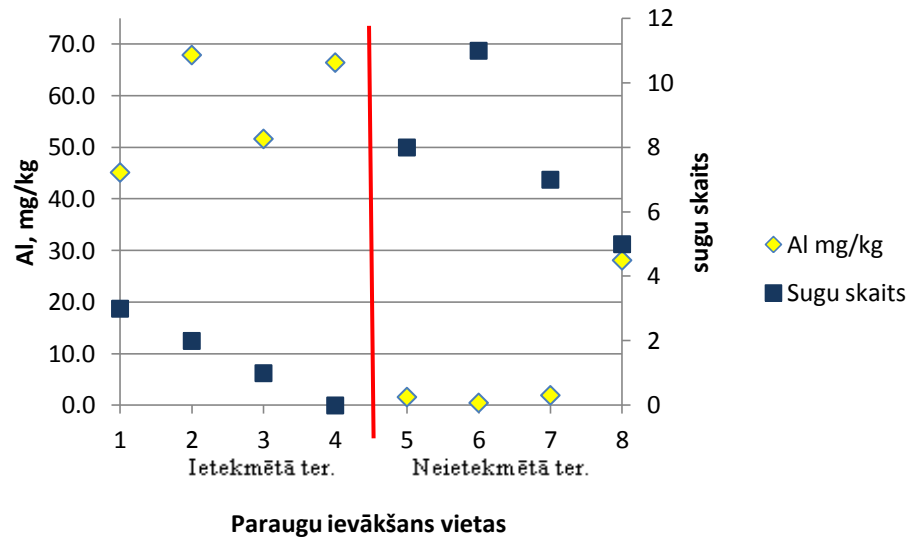
Saskaņā ar augsnes īpašību izmaiņām un tiešo jūras kraukļu ietekmi, zem ūdensputnu ligzdām tika fiksēts nabadzīgs augu sugu skaits un projektīvais segums. Vienā no parauglaukumiem, kur konstatēts visbiežākais nobiru slānis, augu nebija vispār. Savukārt, neietekmētajā teritorijā sugu dažādība, kā arī pārklājums bija lielāks (*3.3.1. tab.*).

*3.3.1. tabula*

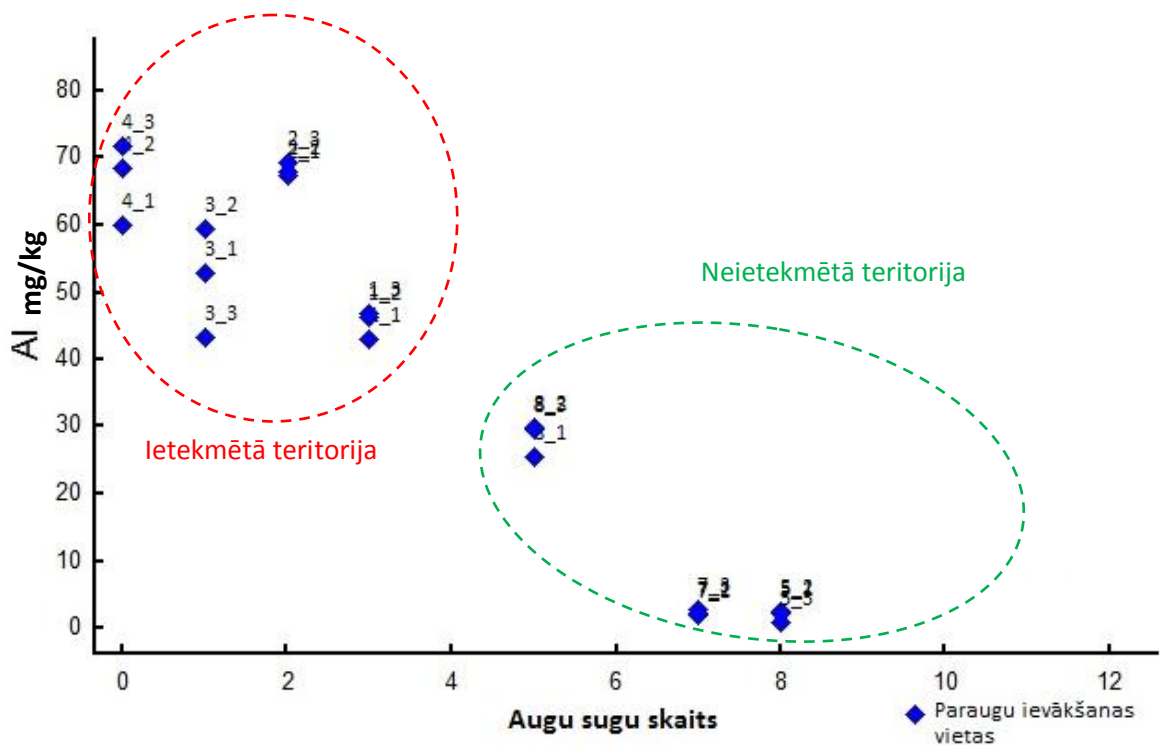
**Augāja projektīvais segums (%) un sugu skaits augsnes paraugu ievākšanas vietās (izstrādājusi autore)**

	Vieta	Krūmu stāva slēgums, %	Lakstaugu stāva segums, %	Sūnu stāva segums, %	Sugu skaits
Zem putnu ligzdām	T1P1	-	2	-	3
	T1P2	1	5	-	2
	T1P3	-	5	-	1
	T1P4	-	-	-	-
Dabiska audze	T2P1	-	75	10	8
	T2P2	7	75	40	11
	T2P3	-	75	15	7
	T2P4	-	90	-	5

Izteikta mijiedarbība starp sugu skaita izmaiņām pastāv ar augsnē esošā apmaiņas alumīnija koncentrāciju. Samazinoties apmaiņas alumīnija koncentrācijai, pieaug augu sugu skaits (*3.3.1., 3.3.2. att.*).



3.3.1. att. Apmaiņas alumīnija vidējā koncentrācija un zemsedzē esošo sugu skaitu pētījumu parauglaukumu vietās (1 m<sup>2</sup>) (izstrādājusi autore)



3.3.2. att. Apmaiņas alumīnija vidējās koncentrācijas ietekme uz sugu skaitu attiecīgajā paraugu ievākšanas vietā (1 m<sup>2</sup>) (izstrādājusi autore)

Fiksētās likumsakarības ir izteiktas, jo līdz, ko teritoriāli beidzas jūras kraukļu apdzīvotā teritorija un to radītā ietekme, tā apmaiņas alumīnija koncentrācija strauji krītas. Tas noteikti saistāms ar augsnes reakcijas izmaiņām, kas palielinoties samazina augsnes šķīdumā pārejošo alumīnija jonu daudzumu. Samazinoties alumīnija fitotoksisko jonu īpatsvaram, palielinās labvēlīgi augšanas apstākļi augiem.

#### 4. Jūras kraukļu (*Phalacrocorax carbo sinensis*) ietekme uz Ežezera

##### Siena salas vidi

Līdzīgi pētījumi tiek veikti arī citur pasaulē, piemēram, Polijā kādā pētījumā 2003.gadā jūras kraukļu koloniju rezultātā augsnes virskārtā fiksētais vidējais kopējā slāpekļa daudzums bija  $2,83 \text{ g/kg}^{-1}$  (Ligeza & Smal, 2003), kas apliecina, šī pētījuma datu tendences. Siena salā minētā vērtība ir  $2,86 \pm 0,04 \text{ g/kg}^{-1}$ .

Kā liecina literatūrā apkopotie dati, tad augsnes reakcijas pazemināšanos augsnē izraisa pastiprinātā slāpekļa pieplūde. Pētījumos Japānā konstatēts, ka augsnes virskārtā pH jūras kraukļu ietekmētā teritorijā ir 0,5 – 2 vērtības lielāka nekā neietekmētā teritorijā (Ishida, 1996). Siena salā kormorānu ietekmētā teritorijā un salas vidusdaļā augsnes reakcija vidēji atšķiras par aptuveni 1,8. Savukārt, augsnes reakcijas pazemināšanos salas dienvidu daļā izraisa podzolēšanās process.

Kālijs dabiskos apstākļos vairāk ir vietās, kur konstatēts lielāks mitrums, kā arī mālainākās augsnēs (Dawson, 2014), ko apstiprina arī iegūtie rezultāti - salas vidusdaļā, reljefa pazeminājumā, kur ir papildus mitrums, apmaiņas kālija koncentrācija ir augstāka nekā dienvidu daļā. Jūras kraukļu ietekmētajā teritorijā apmaiņas kālija pieaugumu sekmē putnu vielmaiņas atkritumprodukti, kas satur ievērojamu daudzumu, šī elementa.

Magnija iznesi palielina slāpekļa pieplūde (Schulte, 2004), kā arī tā mazāks saturs ir smilšainākās augsnēs (Spectrum Analytic, s.a.), kādas ir zem ligzdām. Apmiņas magnija daudzums palielinās līdz ar reljefa pazeminājumu, kur pieejams lielāks mitrums. Kā arī apmaiņas magnija daudzumu limitē apmaiņas alumīnija augstā koncentrācija (Mulder et al., 2001), kas fiksēta jūras kraukļu ietekmētajā teritorijā.

Apmiņas kalcija koncentrāciju jūras kraukļu apdzīvotajā teritorijā ietekmē vairāki faktori. Viens no tiem ir tas, ka apmaiņas kalcija daudzumu samazina liela apmaiņas kālija koncentrācija (Ardjasa, 2002), kas tur tika fiksēta. Apmiņas kalcija izskalošanos veicina arī apmaiņas nātrija pieaugums (Spectrum Analytic, s.a.). Kalcija un magnija savienojumus izmanto augsnes kaļķošanā, kas veicina pH palielināšanos (Hede et al., 2001), tādēļ tieši pretēji šajā gadījumā pie zemākām pH vērtībām ir arī zemāks apmaiņas kalcija saturs.

Apmiņas mangāna koncentrācija augsnē pieaug samazinoties augsnes reakcijai (Spectrum Analytic, s.a.), tas atspoguļojas arī iegūtajos rezultātos, vietās, kur ir zemākās pH vērtības, sastop lielākās apmaiņas mangāna koncentrācijas.

Slāpekļa klātbūtne nomāc pūšanas procesu (Carreiro et al., 2000), kā rezultātā uzkrājas papildus nobiru daudzums. Savukārt, zemā augsnes reakcija samazina mikroorganismu aktivitāti, nenotiek atmirušā bioloģiskā materiāla noārdīšana (Hiederer, s.a.). Dati no citiem

pētījumiem liecina, ka arī augsta apmaiņas alumīnija koncentrācija augsnes akumulācijas horizontā var samazināt nobiru sadalīšanās ātrumu par 30 -40 % (Mulder et al, 2001).

Katjonu apmaiņas kapacitāte jūras kraukļu ietekmētajā teritorijā ir zemāka, nekā dabiskajā audzē. Šādus rezultātus noteikti paskaidro iepriekš uzskaitīto faktoru ietekme (N,% un pH), kuru rezultātā dažu apmaiņas katjonu koncentrācija augsnes virskārtā palielinās, bet dažu samazinās. Šis rādītājs paskaidro arī augiem pieejamo elementu daudzumu, šajā gadījumā zem ligzdām, tiem būtiski pieaug toksisko jonu īpatsvars, kā rezultātā, šajā salas daļā augu sugu skaita un izplatības ziņā ir ļoti nabadzīga zemsedze.

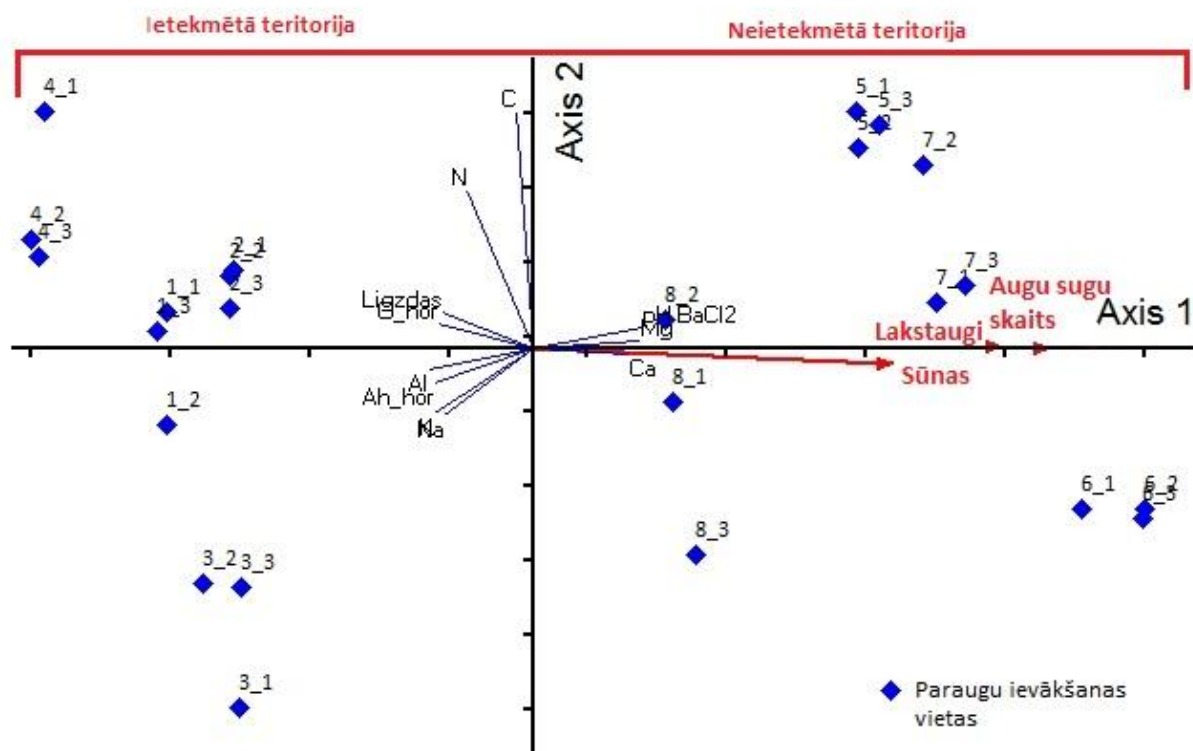
Augu izplatību limitē to augšanas apstākļi. Viens no iemesliem, kādēļ, zem putnu ligzdām tikpat kā nekas neaug, ir zemā augsnes reakcija un tās izraisītā ietekme uz augsnes ķīmisko sastāvu. Piemēram, apmaiņas alumīnijam ir toksiska ietekme uz auga attīstību. Fitotoksisko jonu koncentrācija augsnē pieaug, samazinoties augsnes reakcijai (Ishida, 1996). Šādas sakarības vērojamas arī Siena salā.

Līdzīgi kā apmaiņas alumīnija koncentrācija, arī apmaiņas nātrijs un apmaiņas dzelzs daudzums lielāks ir zem jūras kraukļu ligzdām, kā rezultātā arī šo elementu toksiskā iedarbība limitē augu izplatību konkrētajā teritorijā.

Minēto procesu rezultātā samazinās magnija pieejamība, kas ir būtisks elements augu attīstībai, jo ietilpst hlorofila sastāvā (Spectrum Analytic, s.a.). Arī apmaiņas kalcija pieejamība palielinās, samazinoties kormorānu negatīvajai ietekmei, kā rezultātā, teritorijās, kur tā daudzums ir lielāks, sastop arī vairāk augu.

Galveno komponentu analīzē (PCA) (3.4.1. att.) izvērtējot augsnes ķīmisko īpašību un ligzdu skaita ietekmi, datu apstrādes laikā tika noskaidrots, ka minētajiem faktoriem pastāv būtiska ( $p = 0,001$ ) ietekme uz veģētācijas izmaiņām, ko izskaidro 1. ass. Tā izskaidro 69,22 procentus no analizēto parauglaukumu dispersijas korrdinātu plaknē.

Galveno komponentu analīzes rezultāti apstiprina kormorānu ietekmi uz augsnes īpašībām un veģētāciju. Starp visām analizētajām īpašībām tika konstatētas būtiskas ( $r = 0,50$ ) sakarības, izņemot kopējā organiskā oglekļa saturu. Analizējot galveno komponentu analīzes 1. asi, konstatētas būtiskas pozitīvas sakarības starp pH vērtību ( $r=0,99$ ), apmaiņas  $Mg^{2+}$  ( $r=0,97$ ) un  $Ca^{2+}$  ( $0,86$ ) koncentrācijām, savukārt, ar šiem rādītājiem būtiskas negatīvas sakarības tika konstatētas ar apmaiņas  $Na^+$  ( $r=-0,81$ ),  $K^+$  ( $r=-0,90$ ),  $Al^{3+}$  ( $r=-0,95$ ), kopējā N saturu ( $r=-0,59$ ), O horizonta biezumu ( $r=-0,86$ ), Ah horizonta biezumu ( $r=-0,89$ ) un ligzdu skaitu ( $r=-0,83$ ) (3.4.1.att.).



3.4.1.att. . Augsnes virskārtas ķīmisko īpašību (augsnē pH reakcija, kopējā organiskā oglekļa un kopējā slāpekļa saturs, apmaiņas katjonu koncentrācija) un veģetācijas (augu sugu skaits, lakstaugu procentuālais segums, sūnu stāva procentuālais segums) izvietojums ar komponentanalīzi nodalītajās asīs atkarībā no kormorānu ligzdu skaita (izstrādājusi autore, izmantojot PCA rezultātus)

Bezparametriskie *Mann – Whitney* un *Kolmogorov – Smirnov* testi, fiksēja vai pastāv būtiska jūras kraukļu ietekme uz pētījumā iegūtajiem datiem (2. pielikums). Gan izmantojot tikai datu vidējās vērtības, gan visu datu kopu, būtiska jūras kraukļu ietekme ( $p < 0,05$ ) pastāv uz  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Al}^{3+}$ , sugu skaitu (zemsedzē), O horizonta biezumu un lakstaugu segumu, kā arī slāpekļa saturu.

Līdzīgs pētījums Siena salā, Ežezērā, tika veikts 2007.gadā, kuru veica Dr.habil.geogr, profesors, bioloģijas doktors Māris Laiviņš un Dr. biol. Gunta Čekstere. Arī šajā pētījumā tika ievākti augsnes paraugi, kā arī analizēts augu sugu sastāvs un sastopamība. Konkrēti salīdzināt iegūtos datus nav iespējams, jo atšķiras parauglaukumu izvietojums, tomēr abos pētījumos tie ir gan zem jūras kraukļu ligzdām, gan arī salas neskartajā daļā. Salīdzinot datus iespējams noteikt galvenās tendences.

Sakarā ar abu pētījumu augsnes reakcijas izvilkumu dažādību, pH vērtību sakarības var izvērtēt tikai aptuveni. ICP IM Manual (ICP IM Manual, 1998) šādu datu salīdzināšanu pieļauj. Jūras kraukļu ietekmētajā teritorijā krasas izmaiņas nav notikušas, bet pastāv iespēja, ka augsnes reakcijai ir tendence pieaugt. Būtiskākas izmaiņas ir notikušas salas neskartajā teritorijā, tur vērojama augsnes virskārtas paskābināšanās (3.4.1. tab.).

Zem jūras kraukļu ligzdām kopējā slāpekļa koncentrācija 2007.gadā bija 0,36 %, aptuveni tāda pati tā arī ir saglabājusies un konstatēta arī pēc septiņiem gadiem. Savukārt, izmaiņas ir skārušas salas dabisko teritoriju. 2007.gadā šajā salas daļā kopējā slāpekļa vidējā koncentrācija sasniedza 0,18 %, savukārt 2014.gadā, tā bija  $0,25 \pm 0,01$  % (3.4.1.tab.). Iegūtie dati parāda, ka kormorānu neskartajā teritorijā slāpekļa koncentrācijai ir tendence pieaugt.

Kopumā, abās zonās, oglekļa un slāpekļa attiecība ir bijusi augstāka 2007.gadā, pēc septiņu gadu periodā, tai ir tendence samazināties. Organisko vielu mineralizācija (C:N) minētajā laika periodā intensīvāka ir jūras kraukļu ietekmētajā teritorijā (3.4.1. tab.).

3.4.1.tabula

### Esošo un iegūto datu salīdzinājums laikā starp 2007. un 2014.gadu

(Laiviņš un Čekstere, 2008; izstrādājusi autore)

Siena sala	2007			2014		
	pH KCl	N, %	C:N	pH BaCl <sub>2</sub>	N, %	C:N
Zem ligzdām	3,6	0,36	12	$3,9 \pm 0,08$	$0,37 \pm 0,03$	$7,42 \pm 0,93$
Dabiska audze	6,1	0,18	18	$5,38 \pm 0,4$	$0,25 \pm 0,01$	$8,93 \pm 0,90$

Izvērtējot pieejamos veģetācijas aprakstus, būtiskas atšķirības nav fiksētas, kā arī šādus secinājumus ir nekorekti veikt, parauglaukumu dažādā izvietojuma dēļ. Galvenais novērojums šajā sakarā ir atkailinātā augsnes virskārta bez augāja jūras kraukļu ietekmētajā teritorijā, lauce tika fiksēta arī 2014. gada augustā.

## SECINĀJUMI

1. Pētījuma rezultāti parādīja, ka jūras kraukļi (*Phalacrocorax carbo sinensis*) ietekmē Siena salas vidi. Piemēram, līdz ar ligzdu skaita palielināšanos, mainās augsnes īpašības, kā arī tiek ietekmēta zemsedze un tās daudzveidība.
2. Siena salas jūras kraukļu ietekmētā teritorijā augsnes virskārtā raksturīga zema augsnes reakcija, augsne ir ļoti skāba, bet augsnes reakcijas pazemināšanos salas dienvidu daļā iespējams skaidrot ar izraisa podzolēšanās procesa norisi.
3. Jūras kraukļu ietekmētajā teritorijā augsnes virskārtā zem ligzdām ir paaugstinātas apmaiņas alumīnija, kālija, un nātrija vidējās koncentrācijas, bet samazinātas apmaiņas magnija un apmaiņas kalcija koncentrācijas, kā arī šajā salas daļā ir zemāka katjonu apmaiņas kapacitātes vidējā vērtība.
4. Jūras kraukļu ietekmes rezultātā Siena salā – dabiskajā audzē laika periodā no 2007. gada līdz 2014. gadam konstatēta tendence palielināties slāpekļa saturam un atbilstoši samazināties augsnes reakcijai, kā arī samazināties mineralizācijas apjomiem visā salas teritorijā.

## PATEICĪBAS

Darba autore izsaka vislielāko pateicību savam darba vadītājam Dr. geogr. Raimondam Kasparinskim par sniegtajām konsultācijām un palīdzību bakalaura darba izstrādē. Autore izsaka pateicību arī ģeogrāfijas doktora zinātniskā grāda pretendentam Imantam Kukuļam par palīdzību lauka darbu norisē, kā arī Augšņu laboratorijas vadītājai Dr. chem. Lindai Dobkevičai par konsultācijām laboratorijas darbos, kā arī laborantam Konstantīnam Viliguram.

Autore izsaka pateicību ESF projektam „Starpnozaru jauno zinātnieku grupa Latvijas augšņu kvalitātes, izmantošanas potenciāla novērtēšanai un atjaunošanai” (Nr. 2013/0020/1DP/1.1.1.2.0/13/APIA/VIAA/066) par atbalstu pētījuma veikšanā.

## Izmantotie literatūras avoti

### Publicētie avoti

1. Alvarez R. 2005. A review of nitrogen fertilizer and conservation tillage effects on soil organic carbon storage. *Soil Use and Management* 21, 38–52
2. Ardjasa, W. S., Abe, T., Ando, H., Kakuda, K. & Kimura, M. 2002 Fate of basal N and growth of crops cultivated under cassava-based intercropping system with reference to K application rate, *Soil Science and Plant Nutrition*, 48:3, 365-370.
3. Brar, M.S., Bijay, S., Bansal, S.K., Srinivasarao, C. 2011. Role of Potassium Nutrition in Nitrogen Use Efficiency in Cereals. *Electronic International Fertilizer Correspondent*. 29. 20-27.
4. Carreiro, M. M., Sinsabaugh, R. L., Repert, D. A., Parkhurst, D.F. 2000. Microbial Enzyme Shifts Explain Litter Decay Responses to Simulated Nitrogen Deposition. *Ecology*. 81 (9). 2359 – 2365.
5. Council of Europe. 2002. Convention on the Conservation of European Wildlife and Natural Habitats, Appendix II. Standing Committee. Sk. 19.03.2014. Pieejams <http://conventions.coe.int/Treaty/en/Treaties/Html/104.htm>
6. Cuthbert\*, F. J., Wires, L. R., McKearnan, J. E. 2002. Potential Impacts of Nesting Double-crested Cormorants on Great Blue Herons and Black-crowned Night-herons in the U.S. Great Lakes Region. *J. Great Lakes Res.* 28(2):145–154.
7. Dawson, C. 2014. *Potassium a Nutrient Essential for Life*. 2. Horgen. International Potash Institute. 12-15.
8. Dissmeyer, George E., (ed.) 2000. Drinking water from forests and grasslands: a synthesis of the scientific literature. Gen. Tech. Rep. SRS–39. Asheville, NC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Research Station. 246 p.
9. Eerden, M., Rjin, S., Volponi, S., Paquet, J., Carss, D. 2012. Cormorants and the European Environment. NERC Centre for Ecology & Hydrology on behalf COST. Sk. 20.03.2014. Pieejams [http://ec.europa.eu/environment/nature/cormorants/files/Cormorants\\_and\\_Environment\\_INTERCAFE.pdf](http://ec.europa.eu/environment/nature/cormorants/files/Cormorants_and_Environment_INTERCAFE.pdf)
10. Eipurs, I. 1995. Ežezers. Grām. G. Kavacs (red.). *Latvijas daba: enciklopēdija*. 2.sēj. Rīga, Latvijas enciklopēdija, 66.
11. Eņģele, L., Sniedze-Kretalova, R. 2013. 3150 Eitrofi ezeri ar iegrimušu ūdensaugu un peldaugu augāju. Grām.: Auniņš, A. (red.) *Eiropas Savienības aizsargājamie biotopi Latvijā: Noteikšanas rokasgrāmata 2.precizēts izdevums*. Rīga, Latvijas Dabas fonds, Vides aizsardzības un reģionālās attīstības ministrija, 114. – 117.

12. FAO. 2014. *World reference base for soil resources 2014: International soil classification system for naming soil and creating legends for soil maps*. Rome. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
13. Glazačeva, L. 2004. *Latvijas ezeri un ūdenskrātuves*. Jelgava, Latvijas Lauksaimniecības universitātes Ūdenssaimniecības un zemes zinātniskais institūts. 215 lpp.
14. Goedert, W.J., Lobato, E. and Lourenco, S. 1997. Nutrient use efficiency in Brazilian acid soils: Nutrient management and plant efficiency. In: *Plant-Soil Interactions at Low pH*. Moniz, A.C. et al. (eds.). Brazilian Soil Science Society. pp. 97-104.
15. Gransee, A. & Fuhrs, H. 2013. Magnesium mobility in soils as a challenge for soil and plant analysis, magnesium fertilization and root uptake under adverse growth conditions. *Plant Soil*. 368. 8-21.
16. Gwiazda1, R., Jarocho, K., Szarek-Gwiazda1, E. 2010. Impact of a small cormorant (*Phalacrocorax carbo sinensis*) roost on nutrients and phytoplankton assemblages in the littoral regions of a submontane reservoir. *Biologia* 65/4: 742—748.
17. Hede, A.R., Skovmand, B., Lopez – Cesati, J. 2001. Acid Soils and Aluminum Toxicity. In Reynolds, M.P. et al. (eds.). 2001. *Application of Physiology in Wheat Breeding*. Mexico, D.F.: CIMMYT. 172 – 182.
18. Hermann, C., Agency for Environment, Nature Conservation and Geology of Mecklenburg – Western Pomerania, Germany; u.c. 2011. Population Development of Baltic bird species: Great Cormorant (*Chalacrocorax Carbo sinensis*). HELCOM Baltic Sea Environment Fact Sheets. Sk. 18.03.2014. Pieejams <http://helcom.fi/baltic-sea-trends/environment-fact-sheets/biodiversity/population-development-of-great-cormorant>
19. Hobara, S., Koba, K., Osono, T., Tokuchi, N., Ishida, A., Kameda, K. 2005. Nitrogen and phosphorus enrichment and balance in forests colonized by cormorants: Implications of the influence of soil adsorption. *Plant and Soil* 268: 89 -101.
20. Juma, N.G. 1998. *The pedosphere and its dynamics: a systems approach to soil science*. Volume 1. Edmonton, Quality Color Press Inc. 315 pp.
21. Ishida, A. 1996. Changes of Soil Properties in the Colonies of the Common Cormorant, *Phalacrocorax carbo*. *J. For. Res.* 1: 31-35.
22. ISO 10277, 1998. Soil Quality – Determination of particle size distribution in mineral soil material – Method by sieving and sedimentation. International Organization for Standardization. Geneva, Switzerland. 30 p. .Sk. 13.04.2014. [Pieejams: http://www.iso.org/iso/home.html](http://www.iso.org/iso/home.html)

23. ISO 10390, 2005. Soil Quality – Determination of pH. International Organization for Standardization. Geneva, Switzerland. 5.p. .Sk. 13.04.2014. Pieejams: <http://www.iso.org/iso/home.html>
24. ISO 10694. 1995. Soil Quality – Determination of organic and total carbon after dry combustion (elementary analysis). International Organization for Standardization. Geneva, Switzerland. 5.p. .Sk. 13.04.2014. Pieejams: <http://www.iso.org/iso/home.html>
25. ISO 11260. 1994. Soil Quality – Determination of effective cation Exchange capacity and base saturation level uzsing barium chloride solution. International Organization for Standartization. Geneva, Switzerland. 10.p. Sk. 15.11.2014. Pieejams: <http://www.iso.org/iso/home.html>
26. ISO 11261, 1995. Soil Quality – Determination of total nitrogen – Modified Kjeldahl method. International Organization for Standardization. Geneva, Switzerland. p.4 .Sk. 13.04.2014. Pieejams: <http://www.iso.org/iso/home.html>
27. Janaus, M. 1994. Jūras krauklis. Grām. G. Kavacs (red.). *Latvijas daba: enciklopēdija*. 2.sēj. Rīga, Latvijas enciklopēdija, 198.
28. Kameda, K., Koba, K., Hobara, S., Osono, T., Terai, M. 2006. Pattern of natural <sup>15</sup>N abundance in lakeside forest ecosystem affected by cormorant- derived nitrogen. *Hydrobiologia* 567: 69-86.
29. Kasparinskis, R. 2012. *Latvijas meža augšņu daudzveidība un to ietekmējošie faktori*. Promocijas darbs, Latvijas Universitātes Ģeogrāfijas un Zemes zinātņu fakultāte, Vides zinātnes nodaļa, Rīga, Latvijas Universitāte, 154 lpp.
30. Kārkliņš, A., Gemste, I., Mežals, H., Nikodemus, O., Skujāns R., 2009. *Latvijas augšņu noteicējs*. Jelgava, Latvijas Lauksaimniecības universitāte.
31. Kārkliņš, A. 2008. *Augsnes diagnostika un apraksts*. Jelgava. Latvijas Lauksaimniecības universitāte.
32. Kelling, K.A. & Schulte, E. E. 2004. Soil and Applied Calcium. *Understanding Plant Nutrients*.A.25-23.
33. Kerkeb, L. & Connolly E. L., 2006. Iron Transport and Metabolism in Plants. *Genetic Engineering*. 27. 119-140.
34. Klimaszky, P. 2012. May a cormorant colony be a source of coliform and chemical pollution in lake? *Oceanological and Hydrobiologica Studies* 41: 67-73.
35. Klimaszky, P., Joniak, T. 2011. Impact of black cormorant (*Phalacrocorax carbo sinensis L.*) on the transport of dissolved organic carbon from the catchment area to the lakes. *Polish journal of soil science*. 44/2: 161- 166.

36. Klimaszyk, P., Rzymiski, P. 2013. Impact of cormorant (*Phalacrocorax carbo sinensis L.*) colonies on microbial pollution in lakes. *Limnological Review* 13, 3: 139 – 145.
37. Krstic, D., Djalovic, I., Nikezic, D., Bjelic, D. 2012. Aluminium in Acid Soils: Chemistry, Toxicity and Impact on Maize Plants. In: Anna Aladjadjiyan (eds.) *Food Production - Approaches, Challenges and Tasks*. Rijeka & Shanghai. InTech. 231 - 242
38. Laiviņš, M., Čekstere, G. 2008. Kolonijās ligzdojošo zivju gārņu (*Ardea cinerea*) un jūraskraukļu (*Phalacrocorax carbo*) ietekme uz Latvijas ezera salu augu valsti un augsnēm. *Mežzinātne* 18 (51): 74 – 84.
39. Latvijas Dabas fonds. 2001. *Latvijas biotopu: klasifikators*. Rīga, SIA Apgāds Jāņa Sēta.
40. Latvijas Ornitoloģijas biedrība 1999. *Latvijas ūdeņu putni*. Rīga, SIA Apgāds Jāņa Sēta.
41. Latvijas valsts meži. 2013. *Rokasgrāmata meža tipu noteikšanai*. [Bez vietas]. Latvijas valsts meži.
42. Ligeza, S., Smal, H. 2003. Accumulation of nutrients in soils affected by perennial colonies of piscivorous birds with reference to biogeochemical cycles of elements. *Chemosphere*. 52. 595-602.
43. Marion, L., Le Gentil, J.. 2006. Ecological segregation and population structuring of the Cormorant *Phalacrocorax carbo* in Europe, in relation to the recent introgression of continental and marine subspecies. *Evolutionary Ecology* 20:193 – 216.
44. McGrath, D. M., Murphy, S.D. 2012. Double-Crested Cormorant (*Phalacrocorax auritus*) Nesting Effects on Understory Composition and Diversity on Island Ecosystems in Lake Erie. *Environmental Management* 50:304-314.
45. Millaleo, R., Reyes – Diaz, M., Ivanov, A.G., Mora, M.L., Alberdi, M. 2010. Manganese as Essential and Toxic Element for Plants: Transport, Accumulation and Resistance Mechanisms. *J. Soil Sci. Plant Nutr.* 10 (4). 470-481.
46. Millers, K. 2013. Status of the breeding population of Great Cormorants in Latvia in 2012. National reports from the 2012 breeding census of Great Cormorants *Phalacrocorax carbo* in parts of the Western Palearctic. IUCN-Wetlands International Cormorant Research Group Report. Technical Report from DCE – Danish Centre for Environment and Energy, Aarhus University. No. 22: 65-68.
47. Mizota, C., Noborio, K., Mori, Y., 2012. The Great Cormorant (*Phalacrocorax carbo*) colony as a „hot spot” of nitrous oxide (N<sub>2</sub>O) emission in central Japan. *Atmospheric Environment* 57: 29-34.
48. Mulder, J., De Wit, H. A., Boonen, H. W. J., Bakken, L. R. 2001. Increased Levels of Aluminium in Forest Soils: Effects on the Stores of Soil Organic Carbon. *Water, Air, and Soil Pollution* 130: 989–994.

49. Ontl, T. A. & Schulte, L. A. 2012. Soil Carbon Storage. *Nature Education Knowledge* 3(10):35
50. Osana, T., Hobara, S., Fujiwara, S., Koba, K., Kameda, K. 2002. Abundance, diversity, and species composition of fungal communities in a temperate forest affected by excreta of the Great Cormorant *Phalacrocorax carbo*. *Soil Biology & Biochemistry* 34: 1537 – 1547.
51. Osman, K.T. 2013. *Soils: Principles, Properties and Management*. [S.I]. Springer Netherlands. 17 – 29.
52. Qiu, S., Xie, J., Zhao, S., Xu, X., Hou, Y., Wang, X., Zhou, W., He, P., Johnston, A. M., Christie, P., Jin, J. 2014. Long – term effects of potassium fertilization on yield, efficiency, and soil fertility status in a rain – fed maize system in northeast China. *Field Crops Research*. 163. 1-9.
53. Ragainais jūras krauklis. Bērnijs, D. (red). 2003. *Dzīvnieki*. Rīga. Tulkojums latviešu valodā, Apgāds Zvaigzne ABC, 623.
54. Santoul, F., Segura, G., Mastroiello, S. 2004. Environmental determinants of Great Cormorant (*Phalacrocorax carbo*) distribution in small man- made waterbodies – a case study of gravel pits in southwest France. *Hydrobiologia* 258: 179-186.
55. Schulte, E. E & Kelling, K.A. 2004. Soil and Applied Manganese. *Understanding Plant Nutrients*.A.25-26.
56. Schulte, E. E. 2004. Soil and Applied Iron. *Understanding Plant Nutrients*.A.35-34.
57. Schulte, E. E. 2008. Soil and Applied Magnesium. *Understanding Plant Nutrients*.A.25-24.
58. Sullivan, K. L., Curtis, P. D., Chipman, R. B. McCullough, R. D. 2006. The Double – Crusted Cormorant Issues and Management. Department of Natural Resources Cornell University, Ithaca, New York, 36.
59. UN ECE Convention on Long - Range Transboundary Air Pollution International Cooperative Programme on Integrated Monitoring of Air Pollution Effects on Ecosystems. 1998. Manual for Integrated Monitoring. Expert panel on Soil Forest Soil Co – ordinating Centre, Research Institute for nature and Forest, Belgium.
60. White, P. J., Broadley, M. R. 2003. Calcium in Plants. *Annals of Botany*. 92. 487 – 511.

#### Elektroniskie resursi

1. AERC TAC 2003. AERC TAC Checklist of bird taxa occurring in Western Palearctic region, 15 th Draft. Association of European Rarities Committees. Sk. 15.03.2014. Pieejams [http://www.aerc.eu/DOCS/Bird\\_taxa\\_of\\_the\\_WP15.xls](http://www.aerc.eu/DOCS/Bird_taxa_of_the_WP15.xls).

2. Biedrība „Latvijas ezeri” [Bez dat.] Ežezers. Sk. 06.03.2014.. Pieejams <http://www.ezeri.lv/database/1891/>
3. BirdLife International 2012. *Phalacrocorax carbo*. In: IUCN 2013. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2013.2. Sk. 17.03.2014. Pieejams <http://www.iucnredlist.org/details/22696792/0>
4. BirdLife International 2014. Reed Cormorant *Phalacrocorax africanus*. BirdLife International. Sk. 14.03.2014. Pieejams <http://www.birdlife.org/datazone/speciesfactsheet.php?id=3664>
5. BirdLife International 2014. Socotra Cormorant *Phalacrocorax nigrogularis*. BirdLife International. Sk. 14.03.2014. Pieejams <http://www.birdlife.org/datazone/speciesfactsheet.php?id=3681>
6. BirdLife International 2014. Species factsheet: *Phalacrocorax carbo*. BirdLife International. Sk. 14.03.2014. Pieejams <http://www.birdlife.org/datazone/speciesfactsheet.php?id=3679&m=1>
7. BirdLife International 2014. Species factsheet: *Phalacrocorax carbo*. BirdLife International. Sk. 14.03.2014. Pieejams <http://www.birdlife.org/datazone/speciesfactsheet.php?id=3679&m=0>
8. Bot, A. & Benites, J. 2005. The importance of soil organic matter. Key to drought-resistant soil and sustained food production. FAO. Sk. 14.03.2015. Pieejams <http://www.fao.org/docrep/009/a0100e/a0100e05.htm>
9. Brian, A. & Schumacher, Ph. D. 2002. Methods for the Determination of Total Organic Carbon (TOC) in Soils and Sediments. Ecological Risk Assessment Support Center. Sk. 10.03.2015. Pieejams <http://epa.gov/esd/cmb/research/papers/bs116.pdf>
10. Busman, L., Lamb, J., Randall, G., Rehm, G. & Scmitt, M. 2002. The nature of phosphorus in soils. University of Minnesota. Sk. 12.03.2015. Pieejams <http://www.extension.umn.edu/agriculture/nutrient-management/phosphorus/the-nature-of-phosphorus/>
11. Convention on the Conservation of Migratory Species of Wild Animals, 1979. Bern. Sk. 14.03.2014. Pieejams <http://www.cms.int/en/node/3916>
12. Deņisovs, I. 2011. *Jūras krauklis (Phalacrocorax carbo)*. Mangaļsala, Rīga. Sk. 12.03.2014. Pieejams [http://ornitofaunistika.com/lvp/lvp\\_phacar.htm](http://ornitofaunistika.com/lvp/lvp_phacar.htm)
13. European Commision. [Bez. Dat.] Background and Activities. Sk. 19.03.2014. Pieejams <http://ec.europa.eu/environment/nature/cormorants/Background-and-Activities.htm>
14. European Commision. [Bez. Dat.] The Bird Directive. Sk. 19.03.2014. Pieejams [http://ec.europa.eu/environment/nature/legislation/birdsdirective/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/environment/nature/legislation/birdsdirective/index_en.htm)

15. Gazey, P. [S.a.]. Facts Sheets: Soil Acidity. Healthy Soils for Sustainable Farms programme. Sk. 04.05.2015. Pieejams <http://soilquality.org.au/factsheets/soil-acidity>
16. Hiederer, R. [S.a.]. Soil Organic Carbon Content. European Commission - Joint Research Centre Institute for Environment and Sustainability. Sk. 09.03.2015. Pieejams [http://eusoils.jrc.ec.europa.eu/ESDB\\_Archive/octop/octop\\_download.html](http://eusoils.jrc.ec.europa.eu/ESDB_Archive/octop/octop_download.html)
17. Latvijas Dabas fonds 2009. *Rāznas nacionālā parka dabas aizsardzības plāns*. Dabas aizsardzības pārvalde. Sk. 07.03.2014. Pieejams [http://daba.gov.lv/upload/File/DAPi\\_apstiprin/NP\\_Raznas-09.pdf](http://daba.gov.lv/upload/File/DAPi_apstiprin/NP_Raznas-09.pdf)
18. O'Sullivan, J. [S.a.] Aluminium Toxicity. ACIAR. Sk. 4.03.2015. Pieejams <http://keys.lucidcentral.org/keys/sweetpotato/key/Sweetpotato%20Diagnoses/Media/Html/TheProblems/MineralToxicities/AluminiumToxicity/Al%20toxicity.htm>
19. Smart Fertilizer Management. [S.a.]. Magnesium in Soil. Sk. 12.03.2015. Pieejams <http://www.smart-fertilizer.com/articles/magnesium>
20. Smart Fertilizer Management. [S.a.]. Potassium in Plants. Sk. 11.03.2015. Pieejams <http://www.smart-fertilizer.com/articles/potassium-in-plants>
21. Smart Fertilizer Management. [S.a.]. Potassium in Soil. Sk. 11.03.2015. Pieejams <http://www.smart-fertilizer.com/articles/potassium-in-soil>
22. Spectrum Analytic Inc. [S.a.]. Calcium in the Soil. Sk. 15.03.2015. Pieejams [http://www.spectrumanalytic.com/support/library/ff/Ca\\_Basics.htm](http://www.spectrumanalytic.com/support/library/ff/Ca_Basics.htm)
23. Spectrum Analytic Inc. [S.a.]. Iron (Fe<sup>++</sup>). Sk. 15.03.2015. Pieejams [http://www.spectrumanalytic.com/support/library/ff/Fe\\_Basics.htm](http://www.spectrumanalytic.com/support/library/ff/Fe_Basics.htm)
24. Spectrum Analytic Inc. [S.a.]. Soil Aluminium and Soil Test Interpretation. Sk. 04.03.2015. Pieejams [http://www.spectrumanalytic.com/support/library/ff/Soil\\_Aluminum\\_and\\_test\\_interpretation.htm](http://www.spectrumanalytic.com/support/library/ff/Soil_Aluminum_and_test_interpretation.htm)
25. Spectrum Analytic Inc. [S.a.]. Magnesium in the Soil. Sk. 12.03.2015. Pieejams [http://www.spectrumanalytic.com/support/library/ff/Mg\\_Basics.htm](http://www.spectrumanalytic.com/support/library/ff/Mg_Basics.htm)
26. The European Parliament and the Council of the European Union. 2009. Directive 2009/147/EC. Official Journal of the European Union. Sk. 14.03.2014. Pieejams <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32009L0147>
27. Wildscreen. [Bez dat.]. Cormorant (*Phalacrocorax carbo*). Sk. 17.03.2014. Pieejams <http://www.arkive.org/cormorant/phalacrocorax-carbo/#src=portletV3api>
28. LVGP Kwartārģeoloģija [Bez dat.]. Latvijas PSR Ģeoloģijas pārvaldes kvartāra nogulumu karšu mozaīka mērogā 1 : 200 000. LU ĢZZF WMS. Sk. 15.03.2015. Pieejams: <http://kartes.geo.lu.lv/wms.html>

### Kartogrāfiskie materiāli

Turlajs, J. (galv. red.) 2011. Latvijas ģeogrāfijas atlants. Rīga. SIA Karšu izdevniecība Jāņa sēta, 10.-13.

### Nepublicētie materiāli

ORTOFOTO 2. 2005. LĢIA Latvijas 2. etapa ortofoto karšu mozaīka mērogā 1:10 000. LU ĢZZF WMS.

# 1. Pielikums

1.1. tabula

## Augāja sugu projektīvais segums (%) augsnes pētījuma teritorijās (izstrādājusi autore)

Suga	Zem putnu ligzdām				Dabiska audze			
	1	2	3	4	5	6	7	8
Birztalas skarene ( <i>Poa nemoralis</i> L.)							10	
Birztalas veronika ( <i>Veronica chamaedrys</i> L.)					15	2		
Cietā virza (64puļģtis) ( <i>Stellaria holostea</i> L.)	1					12		
Divlapu žagatiņa ( <i>Maianthemum bifolium</i> (L.) f.w.schmidt)						5		
Lielā nātre ( <i>Urtica dioica</i> L.)			5			1		
Meža zirdzene ( <i>Angelica sylvestris</i> L.)						1		
Nemanāmā knābīte ( <i>Eurhynchium hians</i> )					10		15	
Niedru ciesa ( <i>Calamagrostis arundinacea</i> (L.) roth)	1							
Nokarenā pumpursmilga ( <i>Melica nutans</i> L.)					10	10		65
Parastais pīlādzis ( <i>Sorbus aucuparia</i> L.)						7		
Parastā apse ( <i>Populus tremula</i> L.)		1						
Parastā kreimene ( <i>Convallaria majalis</i> L.)					1			
Pavasara dedestiņa ( <i>Lathyrus vernus</i> (L.) bernh.)					1		4	1

1.1. tabula (turpinājums)

Suga	Zem putnu ligzdām				Dabiska audze			
	1	2	3	4	5	6	7	8
Pļavas nārbulis ( <i>Melampyrum pratense l.</i> )	1				3	20	12	18
Podagras gārša ( <i>Aegopodium podagraria l.</i> )		5			10	12	20	5
Šrēbera rūsaine ( <i>Pleurozium schreberi</i> )						40		
Vārpainā krauklene ( <i>Actaea spicata l.</i> )							5	
Zilā vizbulīte ( <i>Hepatica nobilis mill.</i> )					35	12	24	1

## 2. Pielikums

2.1. tabula

### Bezparametriskie *Mann – Whitney* un *Kolmogorov – Smirnov* testi datu vidējām vērtībām

Bezparametriskie testi	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	Fe <sup>3+</sup>	Mn <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	N, %	pH	C, %	Zemsedzes sugu skaits	Ligzdas	O hor., cm	Lakstaugi, %	tC/ha
Mann - Whitney	*	*	-	*	-	-	*	-	*	-	*	*	-	*	-
Kolmogorov - Smirnov	*	*	-	*	-	-	*	-	*	-	*	*	-	*	-

\* ir būtiski dati (p<0,05)

- nav būtiski dati

2.2. tabula

### Bezparametriskie *Mann – Whitney* un *Kolmogorov – Smirnov* testi visai datu kopai

Bezparametriskie testi	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	Fe <sup>3+</sup>	Mn <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	N, %	pH	C, %	Zemsedzes sugu skaits	Ligzdas	O hor., cm	Lakstaugi, %	tC/ha
Mann - Whitney	*	*	*	*	-	-	*	-	*	-	*	*	*	*	-
Kolmogorov - Smirnov	*	*	*	*	-	-	*	-	*	-	*	*	*	*	-

\* ir būtiski dati (p<0,05)

- nav būtiski dati

### 3.Pielikums

3.1. tabula

#### Pētījumā iegūtie dati (izstrādājusi autore)

Paraugs	Dziļums, cm	pH (BaCl <sub>2</sub> )	Tilpums, ml	Na <sup>+</sup> , mg/kg	Mg <sup>2+</sup> , mg/kg	K <sup>+</sup> , mg/kg	Ca <sup>2+</sup> , mg/kg	Al <sup>3+</sup> , mg/kg	Fe <sup>3+</sup> , mg/kg	Mn <sup>2+</sup> , mg/kg	N, g/kg <sup>-1</sup>	N, %	C, %	KAK, cmol/kg	C/N	tC/ha
1_1	10	3.85	30	24.5	44.0	176.9	1197	42.8	0.73	2.94	2.69	0.37	3.017	88.64	8.15	21.119
1_2	10	3.88	30	26.5	47.0	182.0	1236	46.1	1.01	2.85	2.63	0.36	2.573	91.94	7.15	18.011
1_3	10	3.89	30	25.6	42.7	178.9	1149	46.6	1.16	2.77	2.64	0.36	3.010	86.29	8.36	21.07
2_1	10	3.87	30	26.7	61.6	185.2	1253	67.1	0.40	6.04	2.77	0.39	3.194	97.42	8.41	22.358
2_2	10	3.85	30	26.9	60.9	181.7	1253	67.6	0.83	5.92	2.91	0.40	3.108	97.38	7.77	21.756
2_3	10	3.87	30	27.8	62.5	183.9	1262	69.1	0.48	5.99	2.75	0.39	3.030	98.36	7.77	21.21
3_1	10	4.01	30	27.7	50.2	198.9	865	52.6	0.43	3.40	2.26	0.32	1.498	71.53	4.68	10.486
3_2	10	3.92	30	27.9	48.9	199.4	828	59.3	0.29	3.38	2.36	0.33	2.072	70.03	6.28	14.504
3_3	10	4.13	30	32.5	56.4	197.1	892	43.1	0.25	3.41	2.21	0.31	2.213	72.63	7.14	15.491
4_1	10	3.84	30	23.6	46.1	149.0	941	59.6	0.31	3.44	2.83	0.39	3.565	74.82	9.14	24.955
4_2	10	3.82	30	23.7	44.6	151.8	940	68.2	0.44	3.52	2.94	0.40	2.895	75.89	7.24	20.265
4_3	10	3.81	30	20.8	41.5	149.5	916	71.6	0.55	3.46	2.92	0.40	2.759	74.37	6.90	19.313
5_1	10	5.37	30	5.5	168.5	19.5	1544	2.0	0.24	3.46	2.78	0.39	3.107	110.41	8.18	21.749
5_2	10	5.41	30	6.7	166.7	20.8	1572	2.3	0.17	3.58	2.73	0.38	3.009	112.07	7.92	21.063
5_3	10	5.43	30	4.5	169.3	14.7	1586	0.5	0.30	3.61	2.73	0.38	3.071	112.62	8.08	21.497
6_1	10	5.62	30	10.9	248.8	41.5	2551	0.6	0.29	0.29	1.70	0.24	2.124	179.27	8.85	14.868
6_2	10	5.77	30	7.5	273.5	36.2	2835	0.5	0.22	0.35	1.82	0.25	1.987	198.37	7.95	13.909
6_3	10	5.77	30	3.9	258.7	33.2	2654	0.5	0.16	0.28	1.82	0.25	1.868	185.75	7.18	13.076
7_1	10	5.47	30	16.1	217.6	67.0	2039	1.6	0.52	4.10	2.36	0.33	2.723	146.91	8.25	19.061
7_2	10	5.65	30	20.2	217.1	63.0	2059	1.8	0.46	4.00	2.26	0.32	3.526	148.13	11.02	24.682
7_3	10	5.67	30	20.5	235.7	64.9	2340	2.5	0.69	4.37	2.22	0.31	2.992	166.99	9.65	20.944
8_1	10	4.82	30	16.9	92.0	38.4	938	25.3	0.98	6.25	1.66	0.23	2.886	71.04	12.55	20.202
8_2	10	4.80	30	19.2	120.0	62.9	1242	29.7	1.28	7.99	1.74	0.24	3.340	93.55	8.98	23.38
8_3	10	4.80	30	19.2	122.1	53.7	1302	29.4	1.33	7.88	1.74	0.24	2.154	97.02	8.62	15.078

3.1. tabula (1. turpinājums)

Paraugs	koku sugas, skaits, 5m rādiusā			ligzdas	augāja sugu skaits (1 m2)	lakstaugu segums, %	sūnu segums %	O horizonta biezums, cm	Ah horizonta biezums, cm
	egles	liepas	priede						
1_1	3	4	0	6	3	2	0	5	28
1_2	3	4	0	6	3	2	0	5	28
1_3	3	4	0	6	3	2	0	5	28
2_1	0	7	0	4	2	5	0	4	19
2_2	0	7	0	4	2	5	0	4	19
2_3	0	7	0	4	2	5	0	4	19
3_1	1	5	0	5	1	5	0	4	24
3_2	1	5	0	5	1	5	0	4	24
3_3	1	5	0	5	1	5	0	4	24
4_1	0	10	0	14	0	0	0	6	22
4_2	0	10	0	14	0	0	0	6	22
4_3	0	10	0	14	0	0	0	6	22
5_1	0	5	0	0	8	75	10	3	15
5_2	0	5	0	0	8	75	10	3	15
5_3	0	5	0	0	8	75	10	3	15
6_1	0	9	0	0	11	75	40	3	10
6_2	0	9	0	0	11	75	40	3	10
6_3	0	9	0	0	11	75	40	3	10
7_1	0	8	0	0	7	75	15	3	7
7_2	0	8	0	0	7	75	15	3	7
7_3	0	8	0	0	7	75	15	3	7
8_1	0	5	1	0	5	90	0	4	13
8_2	0	5	1	0	5	90	0	4	13
8_3	0	5	1	0	5	90	0	4	13

3.1. tabula (2. turpinājums)

Paraugs	Dziļums, cm	pH BaCl2	Tilpums, ml	Na, mg/kg	Mg, mg/kg	K, mg/kg	Ca, mg/kg	Al, mg/kg	Fe, mg/kg	Mn, mg/kg	N, g/kg - 1	N, %	C, %
9_1	22	4.36	30	20.2	39.6	141.9	584	28.7	0.38	2.05	0.86	0.12	1.536
9_2	22	4.24	30	21.0	40.4	139.8	602	25.6	0.21	2.05	0.79	0.11	1.439
9_3	22	4.20	30	19.1	38.8	137.7	587	27.9	0.35	1.99	0.80	0.11	1.368
10_1	30	4.56	30	15.7	36.6	87.7	439	28.1	0.61	2.20	0.39	0.05	0.588
10_2	30	4.42	30	14.0	31.3	83.5	404	28.6	0.72	1.99	0.44	0.06	0.571
10_3	30	4.5	30	14.5	32.3	86.2	426	26.8	0.56	2.06	0.39	0.05	0.706
11_1	60	5.55	30	65.6	404.6	65.2	2206	<0,4	0.22	14.12	0.44	0.06	0.303
11_2	60	5.65	30	69.2	417.7	69.5	2269	<0,4	0.31	14.61	0.35	0.05	0.284
11_3	60	5.88	30	66.0	415.4	67.7	2279	0.4	0.15	14.23	0.30	0.04	1.152
12_1	23	4.81	30	14.1	69.9	22.8	529	37.6	1.17	3.86	0.51	0.07	0.964
12_2	23	4.81	30	14.3	71.4	22.1	529	39.5	1.10	3.93	0.51	0.07	0.888
12_3	23	4.80	30	14.0	72.1	19.5	534	38.0	1.04	3.87	0.46	0.06	0.814
13_1	30	5.07	30	11.0	41.2	12.0	259	26.1	0.68	0.87	0.21	0.03	0.279
13_2	30	5.03	30	11.6	39.9	12.4	246	25.8	0.70	0.81	0.21	0.03	0.274
13_3	30	4.96	30	10.4	39.8	12.3	236	28.1	0.57	0.78	0.16	0.02	0.293
14_1	60	4.66	30	18.7	150.6	43.4	884	68.5	0.53	2.60	0.17	0.02	0.245
14_2	60	4.68	30	21.2	150.4	42.9	874	61.9	1.01	2.35	0.21	0.03	0.252
14_3	60	4.63	30	25.0	153.8	43.6	884	72.0	0.75	2.83	0.16	0.02	0.268

3.1. tabula (3. turpinājums)

Paraugs	koku sugas, skaits, 5m rādiusā			ligzdas	augāja sugu skaits (1 m <sup>2</sup> )	lakstaugu segums, %	sūnu segums %	O horizonta biezums, cm	Ah horizonta biezums, cm	KAK, cmol/kg
	egles	liepas	priede							
9_1	3	4	0	6	3	2	0	5	28	48.26
9_2	3	4	0	6	3	2	0	5	28	48.91
9_3	3	4	0	6	3	2	0	5	28	48.04
10_1	3	4	0	6	3	2	0	5	28	37.28
10_2	3	4	0	6	3	2	0	5	28	34.51
10_3	3	4	0	6	3	2	0	5	28	35.78
11_1	3	4	0	6	3	2	0	5	28	178.14
11_2	3	4	0	6	3	2	0	5	28	183.54
11_3	3	4	0	6	3	2	0	5	28	183.65
12_1	0	5	1	0	5	90	0	2	13	45.28
12_2	0	5	1	0	5	90	0	2	13	45.65
12_3	0	5	1	0	5	90	0	2	13	45.72
13_1	0	5	1	0	5	90	0	2	13	24.05
13_2	0	5	1	0	5	90	0	2	13	23.15
13_3	0	5	1	0	5	90	0	2	13	22.80
14_1	0	5	1	0	5	90	0	2	13	79.37
14_2	0	5	1	0	5	90	0	2	13	78.01
14_3	0	5	1	0	5	90	0	2	13	80.55

Bakalaura darbs „Jūras kraukļu (*Phalacrocorax carbo sinensis*) ietekme uz Ežezera Siena salas vidi” izstrādāts LU Ģeogrāfijas un Zemes zinātņu fakultātē.

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

Autore: Elvija Dzalbe

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

paraksts

datums

Rekomendēju darbu aizstāvēšanai

Zinātniskais vadītājs: Dr. geogr. Raimonds Kasparinskis

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

paraksts

datums

Darbs iesniegts Vides zinātnes nodaļas lietvedībā 2015. gada 20. maijā

Nodaļas lietvede .....

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

paraksts

datums

Noslēguma darba aizstāvēšanas rezultāti:

Bakalaura darbs aizstāvēts (Bakalaura) akadēmisko studiju gala pārbaudījumu komisijas sēdē

.....  
gads, datums, mēnesis

protokola nr. ....

vērtējums .....

Sekretārs .....

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

paraksts

datums