

**LATVIJAS UNIVERSITĀTE
ĢEOGRĀFIJAS UN ZEMES ZINĀTŅU FAKULTĀTE
ĢEOGRĀFIJAS NODAĻA**

**SLIEKU (OLIGOCHAETA, LUMBRICIDAE) CENOŽU
IZMAIŅAS UZ ANTROPOGENO UN DABISKO
FAKTORU MIJIEDARBĪBAS FONĀ**

PROMOCIJAS DARBS

Autors: Jānis Ventiņš

Promocijas darba vadītājs:
Dr. biol. Viesturs Melecis

RĪGA, 2010

ANOTĀCIJA

Pētījumā ir izvērtēta slieku (Lumbricidae) bioindikatīvā nozīme augsnes stāvokļa raksturošanā. Slieku blīvumu un sugu skaitu nosaka augsnes tips un granulometriskais sastāvs. Visaugstākais blīvums ir smilšmāla augsnēs. Blīvuma dinamika ir saistīta ar meteoroloģiskajiem apstākļiem, vietas orogrāfiju un pielietotajiem agrotehniskajiem pasākumiem. Intensīvi kultivētās platībās slieku blīvums un sugu daudzveidība samazinās. Slieku populācijas labi raksturo izmaiņas oligotrofajās priežu mežu augsnēs. Eitrofikācijas rezultātā slieku blīvums ievērojami pieaug, - parādās jaunas sugas, izmainās sugu cenozes un dominances struktūra. Slieku darbība kļūst par būtisku ekosistēmas attīstības iekšējo faktoru. Sliekas uz augsnes izmaiņām reaģē ātrāk kā veģetācija, tādēļ tām ir īpaša nozīme eitrofikācijas sākuma stadiju noteikšanā.

Atslēgas vārdi: Lumbricidea, augsnes apstrāde, augsnes tips, eitrofikācija, bioindikācija

ANNOTATION

The aim of the study was a bioindicative assessment of soil ecosystem condition based on the earthworms (Lumbricidae) abundance and community structure. The total density and species structure of earthworms depends on soil type and granulometry. Most favorable are loamy soils. The dynamics of earthworm community is largely related to such factors as local meteorological conditions, agricultural practice and relief. Intensive tillage negatively affected earthworms and resulted in reduction in number and species diversity. The earthworm populations dynamic well reflect an eutrophication of oligotrophic forest soils with increasing of density, changing of communities and dominance structures. Activity of earthworms can play an important role as one of the major internal factors of biocenosis. Earthworms reacts more rapidly to the changes in soil properties than related local plant communities do it. Thus they can be used as bioindicators in initial stages of eutrophication.

Keywords: Lumbricidae, soil tillage, soil type, soil eutrophication, bioindication

Saturs

1. Slieku vispārīgs raksturojums	10
1.1. Slieku taksonomiskā struktūra	10
1.2. Slieku ārējā un iekšējā uzbūve	12
1.3. Slieku dzimumsistēma, vairošanās un attīstība	15
1.4. Slieku morfoekoloģiskais iedalījums	16
2. Slieku sastopamība augsnē	18
2.1. Sastopamība saistībā ar augsnes tipu	18
2.2. Slieku vertikālais sadalījums augsnē	19
2.3. Sezonālā skaita dinamika	20
3. Sliekas un augsnes īpašības	21
3.1. Augsnes fizikālās īpašības	21
3.2. Augsnes ķīmiskās īpašības	22
3.2.1. Augsnes skābums	23
3.2.2. Ogleklis	23
3.2.3. Slāpekļis	23
3.2.4. Fosfors	25
3.2.5. Kalcijs	25
3.2.6. Kālijs	26
3.2.7. C:N attiecība	26
4. Koprolīti	27
5. Agrotehnisko pasākumu ietekme uz sliekām	30
5.1. Augsnes mehāniskās apstrādes metodes	30
5.2. Pesticīdu ietekme	33
5.3. Sliekas un mēslojums	35
5.3.1. Organiskais mēslojums	35
5.3.2. Neorganiskais mēslojums	36
6. Sliekas un mikroorganismi	38
6.1. Mikrobiālā aktivitāte koprolītos un slieku ejās	39
6.2. B12 biosintēze augsnē	40
7. Sliekas un augu kultūras	41
7.1. Augu kultūru ietekme uz slieku populācijām	41
7.2. Sliekas un raža	42
8. Slieku nozīme augu un dzīvnieku patogēnu izplatībā	44
9. Sliekas un citi dzīvnieki	46
10. Slieku sugu cenozes	48
11. Sliekas kā vides stāvokļa bioindikātori	50
12. Slieku sugas lauksaimniecības zemēs	52
13. Slieku sugas lauksaimniecības zemēs Latvijā	54
14. Latvijas slieku sugu ekoloģiskais raksturojums	56
15. Slieku paraugu ievākšanas metodes	61
15.1. Slieku paraugu ievākšana rokot	61
15.2. Augsnes paraugu izšķirošana ar rokām	62

15.3. Metodes, kuru pamatā ir slieku kairināmība un bēgšanas reakcija.....	63
15.4. Paraugu fiksācija	64
16. Lauksaimniecībā izmantojamās zemes pārraudzības sistēma	65
16.1. Parauglaukumu raksturojums	67
16.1.1. Komplekso novērojumu vieta Priekuļos	67
16.1.2. Komplekso novērojumu vieta Dobelē.....	69
16.1.3. Komplekso novērojumu vieta Baldonē	70
16.1.4. Komplekso novērojumu vieta Baldone K	72
17. Rezultāti un diskusijas	73
17.1. Komplekso novērojumu vieta Priekuļos	73
17.2. Komplekso novērojumu vieta Dobelē	76
17.3. Komplekso novērojumu vieta Baldonē	78
17.4. Komplekso novērojumu vieta Baldone K.....	80
17.5. Variācijas koeficients	82
17.6. Kopsavilkums.....	83
18. Slieku faunas izmaiņas skābajās priežu mežu augsnēs	86
18.1. Slieku sugas mežu augsnēs Ziemeļeiropā	86
18.2. Skuju koku mežu kaļķošanas un piesārņojuma izraisītās izmaiņas	88
18.3. Augsnes skābuma un C:N izmaiņu nozīme slieku dzīvības procesos.....	89
18.4. Slieku populāciju blīvuma un struktūras izmaiņas pēc mežu kaļķošanas.....	91
18.5. Slieku nozīme augsnes veidošanā transformētajās mežu platībās	92
18.6. Pētījumi par slieku sugām mežu augsnēs Latvijā	94
18.7. Latvijas boreālo priežu mežu eitrofikācija un transformācija	96
18.8. Parauglaukumu izvēles principi Jūrmalas un Saulkalnes priežu mežu masīvos.....	98
18.9. Paraugu ievākšana un apstrāde.....	98
19. Sliēkas eitroficētajās Jūrmalas priežu mežu audzēs	100
19.1. Jūrmalas parauglaukumu apraksts	101
19.2. Rezultāti	103
19.2.1. Atrastās slieku sugas	103
19.2.2. Kopējais slieku blīvums parauglaukumos.....	103
19.2.3. Atsevišķu sugu blīvums un dominances struktūra parauglaukumos	104
19.3. Diskusija.....	106
19.3.1. Kopējais slieku blīvums parauglaukumos.....	106
19.3.2. Augsnes skābuma izmaiņu ietekme	107
19.3.3. Barības resursu un C:N attiecības ietekme.....	108
19.3.4. Atsevišķu sugu sastopamība parauglaukumos	109
19.3.5. Sugu struktūras un dominances izmaiņas.....	111
20. Slieku cenožu izmaiņas industriālā piesārņojuma ietekmē priežu mežos pie Saulkalnes	113
20.1. Saulkalnes rūpnieciskās zonas raksturojums	113
20.2. Saulkalnes parauglaukumu apraksts	113
20.2.1. Augsne.....	115
20.2.2. Veģetācija.....	117
20.3. Rezultāti	118
20.3.1. Atrastās slieku sugas	118

20.3.2. Kopējais slieku blīvums parauglaukumos.....	119
20.3.3. Atsevišķu sugu blīvums parauglaukumos	120
20.4. Diskusijas	121
20.4.1. Kopējais slieku blīvums parauglaukumos	121
20.4.2. Piesārņojuma ietekme uz slieku populācijām	122
20.4.3. Atsevišķu sugu sastopamība parauglaukumos	123
20.4.4. Sugu cenožu un dominances izmaiņas	125
21. Slieku iespējamā ietekme uz augsnes eitrofikācijas procesiem Jūrmalas un Saulkalnes transekta mežos	126
22. Slieku nozīme priežu mežu eitrofikācijas procesu bioindikācijā.....	128
Secinājumi	130
Izmantotā literatūra	133

IEVADS

Sliekas ir uzskatāmas par vienu no visnozīmīgākajiem augsnes biotiskajiem komponentiem. Tās piedalās organisku vielu noārdīšanā un mineralizācijā, augsnes struktūras un humusa veidošanā, tādējādi nodrošinot augsnes auglības uzturēšanu. Č.Darvins (Darwin, 1881) rakstīja, ka sliekām ir daudz lielāka nozīme pasaules vēsturē, kā lielākā daļa cilvēku spēj iedomāties. Sliekas caur savām gremošanas sistēmām vairāku gadu laikā var izlaist visu augsnes virskārtu. Slieku zarnu traktā veidojas labi strukturēta augsnes un organisko atlieku masa, tā saucamie koprolīti. Salīdzinot ar apkārtējo augsni, koprolītiem ir mazāks skābums, palielināts mitruma saturs, un tie ir bagātāki ar augiem un mikroorganismiem pieejamām barības vielām. Koprolītu klātbūtnē ievērojami uzlabojas augsnes fizikālās un ķīmiskās īpašības.

Sliekas ir viena no visvairāk pētītajām dzīvnieku grupām pasaulē (Lee, 1985), tomēr daudzi ar slieku darbību saistītie funkcionālie aspekti vēl ir neskaidri. Pēdējā laikā pieaug pētnieku interese par slieku nozīmi augsnes procesos, kā arī visas sauzemes ekosistēmu darbībā (Frelich et.al., 2006; Coûteaux, Bolger, 2000). Sliekas bieži tiek dēvētas par „eksistēmu inženieriem”. Slieku biomasu mērenajos reģionos, pārspēj citu dzīvnieku grupu biomasu (Lee, 1985). Sliekas jūtīgi reaģē uz dažādiem agrotehniskajiem un mežsaimniecības pasākumiem, kā arī uz antropogēno piesārņojumu. Tās ir piemērots augsnes kvalitātes izmaiņu bioindikātors, jo ir salīdzinoši mazāk jūtīgas attiecībā uz dažādu dabisko ārējo faktoru iedarbību (Christensen et.al., 1987; Paoletti, 1999).

Latvijā pētījumi par sliekām ir fragmentāri un nepilnīgi. Nozīmīgākie pētījumi ir veikti V.Eglīša vadībā pagājušā gadsimta vidū, aptverot galvenokārt lauksaimniecības zemes (Эглитис, 1954). Septiņdesmitajos gados Brocēnu cementa kombināta tuvumā M.Šternbergs veica novērojumus par Ca putekļu piesārņojuma ietekmi uz slieku populācijām dabiskajās meža biocenozēs (Штернбергс, 1985). Promocijas darba autors ir veicis sistemātiskus pētījumus par Latvijas slieku ekoloģiju kopš pagājušā gadsimta deviņdesmitajiem gadiem LU Bioloģijas institūtā. Veikti pētījumi par slieku sugu struktūras un skaita dinamikas atkarību no dažādiem vides faktoriem, kā arī to

bioindikātīvo nozīmi. Promocijas darbs ietver autora pētījumu rezultātus par slieku sugu cenožu izmaiņām agrotehnisko pasākumu ietekmē izplatītākajos lauksaimniecības augšņu paveidos, kā arī industriālā piesārņojuma un rekreācijas ietekmē transformētās priežu mežu augsnēs, visos gadījumos, kā vienu no būtiskiem faktoriem, ņemot vērā meteoroloģisko faktoru svārstības. Pētījumos agrocenozēs izmantoti lauksaimniecības augšņu monitoringa dati, kuru ievākšanā autors piedalījās laika periodā no 1992. - 1998. gadam. Pētījumi par industriālā piesārņojuma ietekmi veikti no 1989. – 1991. gadam pie Saulkalnes dolomītu pārstrādes kombināta. Pētījumi par rekreācijas ietekmi uz slieku sugu cenozēm veikti Jūrmalas pilsētas teritorijā no 1989. – 1990. gadam.

Darba mērķis: Promocijas darba mērķis ir noskaidrot slieku nozīmi augsnes stāvokļa raksturošanā uz atšķirīgu antropogēno faktoru fona to mijiedarbībā ar dabiskajiem šai organismu grupai nozīmīgiem vides faktoriem, izvērtēt to bioindikātīvo nozīmi.

Darba uzdevumi:

- Noskaidrot slieku sugu cenožu struktūras īpatnības izplatītākajos lauksaimniecības augšņu paveidos;
- Noskaidrot agrotehnisko pasākumu ietekmi uz slieku sugu sastāvu un skaita dinamiku lauksaimniecības zemēs mijiedarbībā ar meteoroloģiskajiem faktoriem;
- Noskaidrot slieku sugu cenožu un to populāciju blīvuma izmaiņas kalciju saturošu būvmateriālu ražotnes izmešu transformētās priežu mežu augsnēs;
- Noskaidrot slieku sugu cenožu un to populāciju blīvuma izmaiņas oligotrofo priežu mežu augsnēs ilgstošas rekreācijas slodzes ietekmē;
- Novērtēt dažādu slieku cenožu struktūras raksturošanai izmantojamu parametru indikatīvo nozīmi.

Pētījuma zinātniskā novitāte

Pirmo reizi ir izpētītas slieku sugu sastāva izmaiņu likumsakarības mērenās joslas oligotrofo priežu mežu augšņu eitrofikācijas rezultātā salīdzinājumā ar meža veģetācijas izmaiņām un izvērtēta slieku bioindikātīvā nozīme augsnes eitrofikācijas procesu

novērtēšanā. Izpētīta agrotehnisko pasākumu un meteoroloģisko faktoru specifiskā mijiedarbība uz slietu kopskaitu un sugu struktūru dažādos lauksaimniecības augšņu paveidos.

Pirmo reizi Latvijā veikti sistemātiski ilglaicīgi pētījumi par mežu un agroekosistēmu slietu sugu kompleksu izmaiņām uz dabisko un antropogēno faktoru fona, un veikts iegūto rezultātu salīdzinājums ar citos Eropas mērenās joslas reģionos iegūtajiem datiem. Noskaidrota slietu sugu kompleksu bioindikatīvā loma lauksaimniecības augšņu agrotehnisko pasākumu slodzes novērtēšanā ilgtspējīgas zemkopības veicināšanas kontekstā.

Iegūti jauni dati par kalciju saturošā industriālā piesārņojuma ietekmi uz slietu kopskaita un sugu struktūras izmaiņām skabās mežu augsnēs. Formulēta hipotēze par slietām kā augsnes fizikāli ķīmisko īpašību izmaiņu akceleratoriem kalciju saturošā industriālā piesārņojuma gadījumā, kā arī rekreācijas slodzes apstākļos skābajās priežu mežu augsnēs.

Pamatojoties uz iegūtajiem rezultātiem ir izdalītas slietu sugu cenozes, kas raksturīgas dažādām mežu eutrofikācijas pakāpēm un lauku apstrādes intensitātei.

Pētījumu laikā pirmo reizi Latvijā konstatēta slietu suga *Aporectodea limicola* (Michaelsen, 1890).

1. SLIEKU VISPĀRĪGS RAKSTUROJUMS

1.1. Slieku taksonomiskā struktūra

Sliekas pieder posmtārpu Annelida tipam, mazzartārpu Oligochaeta klasei, Haplotaxida kārtai, slieku Lumbricidae dzimtai.

Bez sliekām tips Annelida ietver arī dēļu Hirudinea klasi, daudzaru tārpu Polichaeta klasi un vairākas nelielas tārpu grupas ar neskaidru sistemātisko statusu. Tipam pieder apmēram 15000 sugas. Mzartārpu klasē ietilpst 3 kārtas ar vairāk kā 6000 sugām: saldūdens tārpi Lumbriculida, Moniligastrida (augšnes slieku grupa no Indijas, Dienvidaustrumu Āzijas un Ķīnas) un Haplotaxida. Vārds "sliekas" (*earthworms*) parasti attiecas uz nelielu bezmugurkaulnieku grupu, kas pieder apakškārtai Lumbricina. Pētnieki tradicionāli tās mēdz dēvēt arī par *megadriles*, kas gan nav taksonomisks termins (Sims, Gerard, 1985). Sliekas ir tipiskas augšnes apdzīvotājas. Tās arī ir sastopamas atmirušu augu atlieku uzkrāšanās vietās, piemēram, komposta un mēslu kaudzēs, zem mizas trūdošā koksne un tamlīdzīgos substrātos. Salīdzinoši nedaudz sugām dzīves vide ir pārmitras augšnes vai ūdenstilpnes (Lee, 1985).

Lumbricidae dzimtā ir kopumā ir zināmas vairāk kā 40 ģintis ar vismaz 600 sugām. Lielākā daļa Eiropas slieku pieder Lumbricidae dzimtai (Lee, 1985). Dzimta pagājušā gadsimtā ir vairākkārt revidēta. Šobrīd pētnieki galvenokārt izmanto salīdzinoši vienkāršos un ērtos V.Popa izstrādātos slieku taksonomijas principus (Pop, 1941), kam pamatā ir slieku ārējās morfoloģiskās pazīmes. Tomēr šāda pieeja mūsdienās tiek uzskatīta par novecojušu un neatbilstošu jaunākajiem filoģenētiskajiem pētījumiem.

Pēdējos 50 gados dažādi autori (P.Omodeo, M.B.Bouche, T.C.Perel) vairākkārt ir mēģinājuši revidēt Lumbricidae dzimtu, tomēr tas ir radījis vēl lielāku nevienprātību lumbrikologu vidū (Перель, 1979; Blakemore et al., 2007). Šobrīd pētnieki izmanto lumbrikologa R.V.Sima 1980. gados koriģēto un apkopoto slieku taksonomisko sarakstu (Sims, 1983; Sims, Gerard, 1985). Arī promocijas darbs ir izstrādāts par pamatu ņemot R.V.Simsa koriģēto slieku taksonomiju (1.1.tab.).

1.1. tabula

R.V.Sims (Sims, 1983; Sims, Gerard, 1985) un Starptautiskās Zooloģiskās nomenklatūras komisijas ICZN (www.iczn.org, 2008; http://zipcodezoo.com, 2008) slieku taksonomijas salīdzinājums

R.V.Simsa klasifikācija		Klasifikācija saskaņā ar Starptautisko Zooloģiskās nomenklatūras komisiju	
Phylum	Annelida	Phylum	Annelida
Subphylum	Clitellata	Subphylum	-
L Class	Oligochaeta	Class	Clitellata/Oligochaeta
Order	Haplotaxida	Order	Haplotaxida
Suborder	Lumbricina	Suborder	Lumbricina
Superfamily	Lumbricoidea	Superfamily	Lumbricoidea

Latvijā līdz šim ir konstatētas 8 slieku ģintis ar 13 sugām un vienu pasugu:

Allolobophora Eisen 1974 (sensu Perel, 1976)

A.chlorotica chlorotica (Savigny, 1826)

Aporrectodea Orley (sensu Perel, 1976)

A.caliginosa caliginosa (Savigny, 1826)

A.longa longa (Ude, 1885)

A.rosea rosea (Savigny, 1826)

A. limicola (Michaelsen, 1890)

Dendrobaena Eisen, 1874

D.octaedra Eisen, 1974

Dendrodillus Omodeo, 1956 (sensu Perel, 1976)

D.rubidus subrubicundus (Eisen, 1874)

D.rubidus tenuis (Eisen, 1874)

Eisenia Malm, 1877 (sensu Perel, 1974)

E.foetida (Savigny, 1826)

Eiseniella Michaelsen, 1900

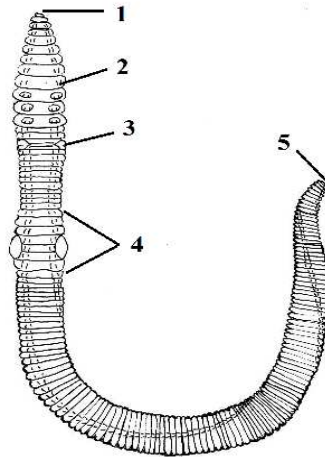
E.tetraedra tetraedra (Savigny, 1826)

Lumbricus Linnaeus, 1758
L. terrestris Linnaeus, 1778
L. castaneus (Savigny, 1826)
L. rubellus rubellus Hoffmeister, 1843
Octolasion Orley, 1885
O. lacteum (Orley, 1885)

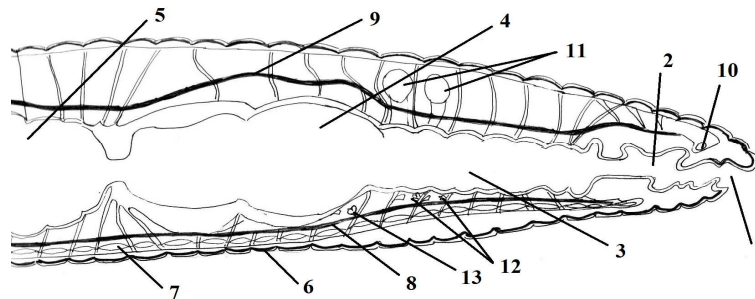
1.2. Slieku ārējā un iekšējā uzbūve

Sliekām ir samērā vienkārša uzbūve (1.1.att.). To ķermenis ir izstiepts, cilindrisks un segmentēts. Segmenti ir līdzīgi, un to skaits atkarībā no sugas parasti ir no 50 – 200 (maksimāli pat līdz 600). Priekšējā segmentā atrodas mute ar nelielu kustīgu galvas daivu – prostomiju, ar kura palīdzību sliekas var satvert barības objektus. Pēdējā segmentā ir anālā atvere. Katram segmentam, izņemot priekšējo, ir 4 nelielu sariņu pāri, kas izvietoti sānos un ventrālajā pusē. Sariņiem ir nozīme sliekām pārvietojoties augsnes ejās. Dzimumbriedumu sasniegušām sliekām ap 25 - 30 posmu parasti veidojas gredzenveida uzbiezīnājums, tā saucamā jostiņa, kas satur daudz gļotas izdalošu dziedzeršūnu, un kam ir nozīme slieku vairošanās procesā (Dogels, 1986).

No ārpuses slieku ķermeni (1.2.att.) aptver ādas epitēlijs, kas sastāv no vairākiem slāņiem. Ārējais slānis ir plāna kutikula ar spirāliski izvietotiem šūnu slāņiem, kas nodrošina tās elastību. Zem kutikulas atrodas epiderma ar īpašiem kolonveidīgiem šūnu slāņiem, kas sliekām veido galveno ārējo ķermeņa segu. Epitēlijs satur daudz gļotu un olbaltumdziedzēšūnu. Zem epitēlija atrodas ādas muskuļu maiss ar ārējo gredzenisko un iekšējo garenisko muskuļslāni. Ķermeņa celoma šķidrums un muskuļu slāņu kontrakcijas nodrošina slieku ķermeņa saraušanos vai izstiepšanos (Dogels, 1986).



1.1. attēls. Slietu ārējā uzbūve: 1 - mutes atvere ar prostomiju; 2 – sariņi; 3 – vīrišķās dzimumporas; 4 – jostiņa; 5 – anuss. Zīmēja D.Ventiņa (pēc Handreck, Lee, 1979)

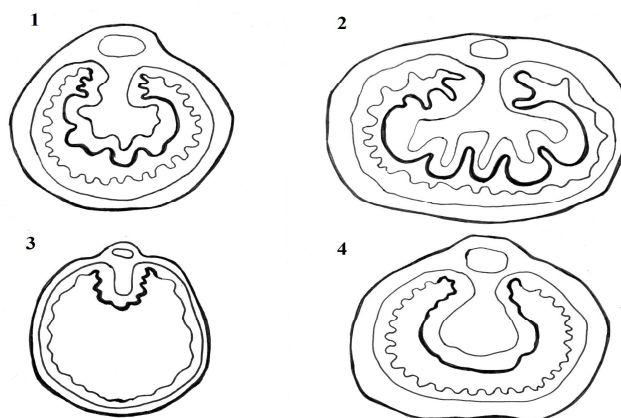


1.2. attēls. Slietu iekšējā uzbūve: 1 – mutes atvere; 2 – rīkle; 3 – barības vads; 4 – kuņģis (guza); 5 – viduszarna; 6 – epitēlijs; 7 – muskuļu slānis; 8 – ventrālais asinsvads; 9 – dorsālais asinsvads; 10 – virsrīkles nervu ganglijs; 11 – sēklas maisiņi; 12 – sēklinieki; 13 – olnīcas. Zīmēja D.Ventiņa (pēc Handreck, Lee, 1979)

Ķermeņa celoms katrā posmā ir atdalīts ar plānām starpsienām – septām. Septās ir poras, kas ļauj celoma šķidrums cirkulēt starp segmentiem. Asinsrites sistēma sliekām sastāv no pulsējoša dorsālā un priekšējiem gredzeniskajiem asinsvadiem, tā saucamajām “sirdīm”, un ventrālā asinsvada. Tā kā sliekas skābekli uzņem ar visu ķermeņa virsmu, tad epitēlijā izveidojas blīvs kapilāru tīkls (Dogels, 1986).

Gremošanas sistēma sākas ar rīkli, pāriet barības vadā, tad kuņģī, viduszarnā un beidzas ar galazarnu un anusu. Daudzām slieku sugām barības vadā atveras 3 pāri tā saucamo kaļķdziedzeru, no kuriem gremošanas traktā tiek izdalīts kalcija karbonāts. To nozīme pilnībā vēl nav noskaidrota, bet uzskata, ka dziedzeriem ir vairākas funkcijas, kas saistās ar uzņemto humuskābju neutralizāciju, barības vielu un skābekļa absorbciju, liekā Ca izdalīšanu, pH regulāciju asinīs u.c. funkcijām (Lee, 1985; Dogels, 1986).

Dažādām slieku sugām atkarībā no barošanās veida ir atšķirīga viduszarnas uzbūve. Tās dorzālā siena veido zarnu dobumā iegrimušu kroku – tiflozolu, kas palielina zarnu uzsūcošo virsmu. Sugām, kas barojas ar organiskām vielām bagātu substrātu (kritušās lapas un mazaizsūtījušās augu atliekas), tiflozols ir neliels. Sugām, kas barojas augsnes minerālajos slāņos, lielā daudzumā ierijot un izlaižot cauri gremošanas traktam organiskām vielām nabadzīgo augsni, tiflozols ir sarežģītākas uzbūves ar vairākām papildus krokām (Перель, 1979).



1.3. attēls. Dažādu slieku sugu viduszarnas tiflozola formas: 1 - *A.rosea*; 2 – *A.caliginosa*; 3 – *D.octaedra*; 4 – *L.terrestris*. Zīmēja D.Ventiņa (pēc Перель, 1979)

Izvadfunkcijas pilda nefrīdiji. Urīna ekskēcija notiek cauri īpašām atverēm katrā ķermeņa segmentā. Izvadfunkcijas veic arī hloragogēnās šūnas (imūnšūnu paveids), kurās var uzkrāties neorganiskās vielas, tajā skaitā smagie metāli. Pēc šūnu bojāejas to saturs tiek izvadīts caur nefrīdijiem vai dorzālajām porām (Lee, 1985).

Nervu sistēma sliekām sastāv no virsrīkles gangliju pāra un nervu ķēdītes. Sliekām nav īpašu maņu orgānu. To funkcijas pilda specializētas šūnas – fotoreceptorās šūnas, taustes šūnas, hemoreceptorās šūnas un proprioceptorās šūnas (Перель, 1977; Lee, 1985).

1.3. Slieku dzimumsistēma, vairošanās un attīstība

Sliekas ir hermafrodīti (1.1.att). Vīrišķie dzimumorgāni attīstās ķermeņa priekšējos segmentos. Arī sēklvadi atveras ķermeņa priekšējā daļā ventrālajā pusē. Blakus segmentos pirms vīrišķajiem dzimumorgāniem attīstas viens pāris olnīcu un olvadu, kas arī atveras ķermeņa ventrālajā pusē. Daudzām sugām papildus vēl ir īpaši sēklas uztvērēji jeb spermatēkas, kuros pārošanās laikā uzkrājas sperma (Lee, 1985).

Sliekām ir krusteniskā apaugļošanās, kuras laikā sliekas apmainās ar spermu. Vairošanās procesā liela nozīme ir jostiņām, kas bagātīgi izdala gļotas un olbaltumvielas. Gļotām pamazām sabiezējot, veidojas tāds kā uzrocis, no kura slieka nomaucas. Uzrocī tiek ievadītas olšūnas un pēc tam uzņemta sperma. Apaugļošanās process norisinās uzrocī, kas sabiezējot pārveidojas par kokonu, kurā norisinās olšūnas attīstība. Daudzas slieku sugas spēj vairoties arī partenogēnētiskā ceļā (Lee, 1985; Dogels, 1986).

No olas, kas atrodas kokonā, izšķiļas jaunais tārps. Vienā kokonā parasti attīstās 1 - 2 tārpi, bet iespējams arī lielāks skaits 10 – 12. Inkubācijas perioda ilgums ir ļoti atkarīgs no vides temperatūras un var ilgt no vairākām nedēļām optimālā temperatūrā līdz vairākiem mēnešiem nepiemērotas temperatūras apstākļos. Jaunās sliekas, atkarībā no sugas, dzimumbriedumu var sasniegt dažu nedēļu vai pat gada laikā. Sliekas kokonus var producēt jebkurā sezonā, ja ir tam piemēroti apstākļi. Eiropas mērenās klimata joslas augsnēs tas parasti notiek pavasarī un vasaras sākumā. Laboratorijas apstākļos turētas

sliekas spēj producēt pat vairākus desmitus kokonu gadā. Dabiskajos apstākļos producēto kokonu skaits ir ievērojami mazāks (Lee, 1985).

1.4. Slieku morfoekoloģiskais iedalījums

Dažādas slieku sugas apdzīvo atšķirīgus augsnes horizontus, izmantojot barībā augu atliekas dažādās to sadalīšanās stadijās. Arī slieku sugu funkcionālā nozīme organisko vielu sadalīšanas un augsnes veidošanas procesos ir atšķirīga. Balstoties uz šīm atšķirībām franču lumbrikologs M.Boše (Bouche, 1977) izdalīja trīs morfoekoloģiskās slieku grupas. M.Boše klasifikācija pasaulē ir atzīta un šobrīd plaši izmantota.

Slieku morfoekoloģiskās grupas saskaņā ar M.Boše (Bouche, 1977) iedalījumu:

Epigeiskās sugas. Apdzīvo augsnes virsējo slāņu O un A horizontus. Visbiežāk atrodamas meža augšņu zemsedzē. Sliekām var būt liela nozīme augu atlieku sadalīšanā mežos. Pie epigeiskām sugām pieskaita arī tās, kas koncentrējas komposta kaudzēs, zem atmirušas koku mizas un mēsliem. Epigeiskās sliekas ir īpaši pakļautas tādu vides faktoru izmaiņām kā temperatūra un mitrums. Sliekām ir īss dzīves cikls, kas reti pārsniedz vienu gadu. Nelabvēlīgos vides apstākļos ziemā parasti izdzīvo tikai kokoni. No Latvijā sastopamajām sugām tipiskas epigeiskās ir *D.octaedra*, *L.castaneus*, *E.fetida* un abas *Dendrodrillus* sugas.

Anetiskās sugas. Veido dziļas ejas augsnes minerālajos slāņos, bet barojas augsnes virspusē ar kritušajām lapām, kuras parasti ievelk savās ejās. Anetiskajām sliekām ir liela nozīme augu atlieku sadalīšanās procesos, augsnes drenāžā, aerācijā un augsnes auglības uzturēšanā dziļākajos slāņos. Latvijas augsnēs tipiski anētiskas ir lielākās sugas *L.terrestris* un *A.longa*.

Endogeiskās sugas. Apdzīvo augsnes minerālos horizontus. Sliekas barojas ar stipri sadalītām augsnes organiskajām vielām, ko iegūst lielos daudzumos ierijot minerālaugzni. Sliekas aktīvi izalo augsni un sajauc to, tāpēc tām ir liela nozīme augsnes veidošanās procesos. Vasaras sausākajā periodā un ziemā endogeiskajām

sliekām raksturīga diapauze – fizioloģisks miera stāvoklis. No Latvijā sastopamajām sugām tipiski endogeiskas ir *A.caliginosa*, *A.chlorotica*, *A.rosea*, *O.lacteum*.

L.rubellus ieņem starpstāvokli starp epigeiskām un endogeiskām sugām.

Krievu lumbrikoloģe T.Perele (Перель, 1979) piedāvā slieku morfo-ekoloģisko klasifikāciju atkarībā no to barošanās veida. Kaut arī sliemas ir saprofāgi dzīvnieki, tomēr dažādām sugām barošanās var būt atšķirīga. T.Perele sliemas iedala humusa formētājās (*humus formers*) un humusēdājās (*humus feeders*). Pirmās barībā patērē mazzsadalījušās augu atliekas, kamēr otrās grupas sliemas barojas augsnes minerālajā horizontā ar stipri sadalītām augu atliekām, kas ir disperģētas starp augsnes neorganiskajām daļiņām. Katrai grupai ir raksturīgas vairākas atšķirīgas morfoloģiskas un anatomiskas īpatnības. Tas parādās slieku pigmentācijā, ķermeņa un mutes lēvera (prostomija) formā. Būtiska dažādu morfoekoloģisko grupu atšķirīga iezīme ir garenisku zarnu dobumā iegrimušu kroku jeb tiflozola veidošanās (1.3.att.). Tiflozols palielina viduszarnas aktīvo uzsūcošo virsmu. Īpaši izteikts ar papildus krokojumu tiflozols ir humusēdājām sugām, piemēram, *A.caliginosa* un *A.rosea*, kas barojas organiskajām vielām trūcīgajos minerālajos horizontos. Attīstītais tiflozols ļauj tām daudz efektīvāk izmantot ierobežotos barības resursus. Savukārt sugām, kas barojas ar mazzsadalītām, organiskajām vielām bagātām augu atliekām, piemēram, *D.octaedra* un *L.terrestris*, tiflozols ir daudz mazāk attīstīts, bez papildus krokojuma (Перель, 1979). Humusa ēdājām sliekām (*A.caliginosa*) ir raksturīga zema barības asimilācijas efektivitāte - ap 2,5%, bet humusa formētājām (*L.terrestris*) tā ir ievērojami augstāka, pat līdz 45% (Curry, Schmidt, 2007).

2. SLIEKU SASTOPAMĪBA AUGSNĒ

2.1. Sastopamība saistībā ar augsnes tipu

Slieku saistība ar augsņu īpašībām ir daudz pētīta Lietuvā (Атлавините, 1975). Saskaņā ar O.Atlavinītes datiem, vispiemērotākās sliekām ir velēnu karbonātu, podzolētās purva, velēnu – gleja un aluviālās augsnes (promocijas darbā atrodami augsņu tipu un apakštipu nosaukumi iespēju robežās pielīdzināti Latvijas augsņu ģenētiskajai klasifikācijai (Boruks u.c., 2002; Nikodemuss u.c., 2009)). Visvairāk slieku ir smilšmālā (dominējošās sugas *A.caliginosa* un *A.rosea*), mazāk mālsmiltī (dominē *A.caliginosa*), vismazāk smilts augsnēs (dominē *A.caliginosa*) un kūdrājos (dominē *E.tetraedra*). Lielākā daļa slieku dod priekšroku vāji skābām, neitrālām augsnēm, maksimālo blīvumu sasniedzot pie vērtībām pH 6 - 8. *D.octaedra* un *O.lacteum* blīvumu augsnes skābums ietekmē maz. Skābās augsnēs ir paaugstināts kustīgā Al^{3+} saturs, kam ir toksiska iedarbība uz sliekām.

Igaunijā izplatītākajos augsņu tipos, velēnu karbonātu, brūnaugsnēs un pseidopodzolētajās lauksaimniecības augsnēs (pH 6,2 - 7,1) atrastas 6 slieku sugas. Dominē endogeiskās sliekas, *A.caliginosa* (līdz 75%). Arī sugas *A.rosea*, *L.rubellus* un *L.terrestris* ir bieži sastopamas. Kā sliekām piemērotākā tiek minēta brūnaugsnes, tomēr lielākais blīvums (līdz 107 ind. m⁻²) konstatēts pseidopodzolētajās augsnēs, ko skaidro ar nevienmērīgo nokrišņu sadalījumu Igaunijas teritorijā novērojumu perioda laikā (Ivask et al., 2006).

Zviedrijas centrālajā daļā kultivētās vāji skābās (pH 6,3) pļavu māla augsnēs atrastas piecas slieku sugas *A.caliginosa*, *A.longa*, *A.rosea*, *L.castaneus*, *L.terrestris*. Dominē (92%) *A.caliginosa*. Vidējais slieku blīvums ir 60,1 ind. m⁻² (Bostrom, Lofs, 1996).

Skotijā slieku blīvums vieglās smilšmāla augsnēs ir ievērojami augstāks kā smagākās augsnēs. Aluviālās, kā arī grants un mālainās augsnēs slieku ir maz. Šādās augsnēs biežāk atrod *A.chlorotica*. Skābās ganību augsnēs dominē *D.rubida*, bet kūdras augsnēs - *L.rubellus*. Nesen iekultivētās ganībās slieku skaits ievērojami pieaug un

palielinās sugu *A.caliginosa*, *L.rubellus*, *A.longa*, *E.rosea*, *A.chlorotica* īpatsvars. Tomēr lielā daļā Skotijas augšņu parasti dominē suga *A.caliginosa* (Guild, 1948).

Arī Vācijā aramzemēs visbiežāk sastop sugas *L.terrestris*, *A.caliginosa*, *A.rosea*. Vidējais blīvums 172 ind. m⁻². Izņemot *A.caliginosa*, pārējām sugām, īpaši *A.rosea*, vērojama izteikta agregācija (Poier, Richter, 1992).

A.caliginosa dominance ir raksturīga arī citu Centrāleiropas valstu, piemēram, Polijas, Dānijas lauksaimniecības zemēm (Ryl, 1984; Andersen, 1980).

Slieku izplatību podzolā limitē ne tikai augstais augsnes skābums, bet arī nepietiekamais barības daudzums. Ja nepieciešamās barības vielas sliekām ir pietiekamā daudzumā, tās spēj apdzīvot arī podzolu. Ja podzolā tiek ieviestas sliekas, tas rada ievērojamas izmaiņas pedoģenēzē - virsējais zemsegas horizonts tiek sadalīts ļoti ātri un neveidojas izteikts *mor* humuss (Lee, 1985).

2.2. Slieku vertikālais sadalījums augsnē

Izšķir diva veida slieku vertikālās migrācijas. Pirmās saistītas ar slieku diennakts aktivitāti, otrās ar sezonālajām meteoroloģisko faktoru (nokrišņi, temperatūra) izmaiņām. Pētījumos Lietuvā konstatēts, ka visdziļākās migrācijas veic *L.terrestris*, kas augsnē sastopams 60 - 100 cm dziļumā. *D.octaedra*, *O.lacteum* un *A.chlorotica* apdzīvo augsnes virskārtu līdz 20 cm dziļumam. *A.caliginosa*, *A.rosea* un *L.rubellus* veic dziļākas migrācijas līdz 40 – 60 cm. Velēnu karbonātaugsnē, velēnglejotā un velēnu podzolaugsnē 60 līdz 80% slieku tika atrastas virsējos 10 cm. Augsnes dziļākajos slāņos sliekas sastopamas galvenokārt pavasara un rudens mēnešos, kā arī vasaras sausuma periodā. Vertikālās migrācijas dažādām sugām ir atšķirīgas. *A.rosea*, *A.caliginosa* un *L.rubellus* parasti apdzīvo virsējos 10 cm, bet vasaras sausuma periodā tās atrodamas dziļāk. *A.chlorotica* sastop tikai līdz 10 cm dziļumam. Nelabvēlīgos apstākļos tās nelielā skaitā atrodamas līdz 20 cm dziļumam. *L.terrestris* augsnes virspusē uzturās tikai pavasara un rudens mēnešos, bet citā laikā tās migrē līdz 1 m un vēl dziļāk. Smilšmāla un māla augsnēs sliekas migrē dziļāk kā smilts augsnēs (Атлавините, 1975).

2.3. Sezonālā skaita dinamika

Lietuvā slieku sezonālais skaita maksimums parasti ir maijā un septembrī/oktobrī. Pētījumi ganībās Žemaitijas apgabalā ar velēnu karbonātu smilšmāla augsnēm uzrādīja tiešu korelāciju starp augsnes mitrumu dažādos mēnešos un slieku skaitu. Sausās vasarās, kad mitrums augsnē ir zem 10%, slieku blīvums ir neliels – mazāk kā 20 ind. m⁻². Turpretī mākslīgi apūdeņotos laukos, kur absolūtais augsnes mitrums nav zemāks par 20%, slieku skaits saglabājās augsts visu sezonu – līdz 220 ind. m⁻². Lauksaimniecības zemēs vasaras sausajos mēnešos slieku blīvums var būt 3 - 6 reizes mazāks kā pavasarī vai rudenī (Атлавините, 1975).

Zviedrijas centrālās daļas kultivētās pļavās slieku populācija pieaug periodā no jūnija līdz jūlijam, bet tās ir izteikti neaktīvas sākot no jūlija pēdējās nedēļas līdz septembra sākumam. Augustā atrasts vismazāk pieaugušo slieku. Rudenī to skaits atkal palielinās, bet jauno slieku skaits samazinās (Bostrom, Lofs, 1996).

3. SLIEKAS UN AUGSNES ĪPAŠĪBAS

3.1. Augsnes fizikālās īpašības

Slieku darbība atstāj lielu ietekmi uz augsnes struktūru un porainību. Holandes augļu dārzos, augsnēs bez sliekām 30 - 40% augsnes tilpuma sastāv no porām 1 – 10 mm diametrā, kas pildītas ar gaisu vai ūdeni. Augsnēs ar sliekām (200 g m⁻²) poras aizņem 60 - 70%. 25 cm dziļumā atrastas ap 200 slieku ejas m⁻². Slieku darbības rezultātā augsnes poru skaits palielinās līdz 2 reizēm. Francijā ganībās tika uzskaitītas pat 800 slieku ejas uz 1 m². Tomēr lauka apstākļos slieku ietekmi uz augsnes porainību ir samērā grūti novērtēt, jo tā ir atkarīga no augsnes blīvuma, sakņu blīvuma u.c. faktoriem (Lee, 1985).

Porām ir liela nozīme augsnes aerācijā un ūdens infiltrācijā. Jaunzēlandē ganību augsnēs ar sliekām mitruma saturs līdz 30 cm dziļumam ir par 17% lielāks kā ganību augsnēs bez sliekām. Augsnēs ar sliekām ūdens iefiltrējas 2 - 10 reizes ātrāk nekā augsnēs bez sliekām. Neartās augsnēs, kur saglabājas slieku ejas, ūdens iefiltrējas 5 reizes ātrāk kā uzartās augsnēs. Francijā ganībās sliekas atrastas līdz 2 m dziļumam. Vienā kvadrātmetrā kopējais eju garums sasniedz 380 m, tilpums – 5 l, eju kopējā virsma – līdz 5 m². Divas trešdaļas eju augsnē ir līdz 40 cm dziļumam. Pat tad, ja slieku blīvums ir neliels, tām var būt liela nozīme augsnes aerācijā un ūdens infiltrācijā. Austrālijā milzu slieku *Megascolecides australis* slieku ejās, kuru diametrs ir 25 mm, stipra lietus laikā ieplūstošais ūdens var izraisīt zemes nogrūvumus (Lee, 1985).

Slieku klātbūtne var mazināt augsnes sablīvēšanos agrotehnisko pasākumu rezultātā. Tā, pēc ražas novākšanas, novēro augsnes blīvuma ievērojamu palielināšanos. Tomēr augsnēs, kur ir daudz slieku, tas notiek mazākā mērā (Атлавиците, 1990). Augsnē, kur sliekas tiek iznīcinātas, tā sablīvējas un virspusē kļūst slapja. Vērojama augu apsākņošanās virskārtā, uzkrājas organiskās atliekas, pieaug sēnīšu slimību un sausuma izraisīti postījumi (Lee, 1985). Sliekas spēj augsnē iespiesties labāk kā augu saknes. Tāpēc slieku ejas veicina arī augu sakņu iestiepšanos dziļāk augsnē (Springett, Syers, 1984).

Pēc sugas *A.caliginosa* introdukcijas ganību augsnē, kur slieku līdz tam nebija, 5 gados izzuda biezs velēnu slānis un izveidojās dziļš, humificēts A horizonts ar lielāku ūdens infiltrācijas ātrumu un palielinātu augsnes auglību. Organisko vielu saturs augsnes virspusē 0 – 2,5 cm dziļumā bija samazinājies, bet ievērojami pieauga 2,5 – 7,5 cm dziļumā. Holandē jaunā polderu zemē tika iegūti līdzīgi rezultāti. Pēc slieku introdukcijas 2,5 cm biežais, no minerālaugsnes krasi norobežotais velēnu slānis 3 - 9 gadu laikā bija izzudis un izveidojies 8 cm biezs A horizonts. Ja slieku ir ļoti daudz, kā, piemēram, Jaunzēlandē ganībās pat līdz 2000 ind. m⁻², tad augsnes virskārta kļūst pārāk irdena. Šādā augsnē stieg dzīvnieku kājas un iznīkst augi (Lee, 1985).

Liela nozīme sliekām ir arī augsnes horizontu sajaukšanā un organiskajām vielām bagāto virsējo slāņu materiāla ienešanā dziļākajos slāņos. Īpaši efektīva ir lielo anētisko sugu *A.longa* un *L.terrestris* darbība, kas augu atliekas ievēl augsnes dziļākajos slāņos, bet koprolītus deponē augsnes virspusē (Lee, 1985; Curry, 1988).

Sliekas ar savu darbību var pastiprināt aramzemju augsnes eroziju uz nogāzēm. Ūdens lietus laikā viegli nones slieku atstātos koprolītus. Tomēr, daudz būtiskāk augsnes eroziju ietekmē ikgadējā aršana (Lee, 1985). Erozijs visintensīvāk noris zem viengadīgām kultūrām un melnajā papuvē (Атлавините, 1975).

Paugurainos apvidos nogāžu augšdaļā gan slieku blīvums, gan sugu skaits parasti ir 3 – 4 reizes mazāks kā vidus un lejas daļā (Атлавините, 1975).

3.2. Augsnes ķīmiskās īpašības

Sliekas būtiski spēj ietekmēt augsnes ķīmiskās īpašības. Sliekas ievēl augsnes dziļākajos slāņos lielu daudzumu daļēji sadalītu augu atlieku. Gremošanas traktos atliekas tiek macerētas, sajauktas ar augsnes minerāldaļiņām un koprolītu formā atgrieztas augsnē. Augsnē nonāk arī citi slieku metabolisma produkti – urīns, dziedzeru izdalīti sekrēti. Barības vielas atbrīvojas arī sadaloties bojā gājušo slieku audiem, kas satur 60 – 70% olbaltumvielu un, attiecīgi, 12% slāpekļa. Slieku gremošanas traktos un kaprolītos tiek stimulēta mikroorganismu darbība. Slieku ejas sekmē aerobos procesus augsnē (Lee, 1985).

3.2.1. Augšnes skābums

Augšnes skābums ir viens no galvenajiem faktoriem, kas nosaka slietu izplatību. Vairums slietu dod priekšroku vāji skābām, neitrālām augšnēm. Augšnēs, kur pH vērtība ir lielāka par 7, slietu ir maz. Arī skābās augšnēs ar pH vērtību zem 4 - 5 slietu izplatība ir ierobežota. Tikai atsevišķas slietu sugas, kā *D.octaedra*, var uzskatīt par acidofilām. Augšnēs ar pH <4,3, dominē *D.octaedra*, citu sugu tur ir maz. Daļa slietu, piemēram, *A.caliginosa* un *L.rubellus*, ir acidotolerantas un var būt sastopamas jau samērā skābās augšnēs. Slietu izplatību augšnēs ar pH vērtībām zem 4 ierobežo palielinātais toksisko Al^{3+} jonu daudzums (Satchell, 1955; Lee, 1985). Slietu klātbūtne ietekmē augšnes skābumu – caur Ca dziedzeriem notiek Ca karbonāta ekskrecija slietu zarnu traktā. O.Atlavinite (Атлавините, 1990) atzīmē augšnes pH_{KCl} paaugstināšanos par 0,2 slietu darbības rezultātā. Samazināts skābums, salīdzinot ar apkārtējo augšni, ir arī slietu koprolītiem.

3.2.2. Ogleklis

Slietu darbībai ir liela nozīme oglekļa apritē. To veidotās ejas un koprolīti ir bagātāki ar oglekli kā apkārtējā augšne (Jegou et al., 1998). Slietas sekmē humusa satura palielināšanos (Атлавините, 1990). Noārdīšanās procesos ļoti liela nozīme ir *A.caliginosa*. To klātbūtnē pieaug celulozi noārdošo mikroorganismu skaits, ievērojami palielinās CO_2 izdalīšana un celulāzes aktivitāte (Jegou et al., 1998).

3.2.3. Slāpekļis

Slāpekļa zaudēšana denitrifikācijas procesā, kā arī tam izdaloties kopā ar ražu, ir viena no lielākajām mūsdienu lauksaimniecības problēmām. To kompensē ar palielinātu slāpekļa mēslojuma daudzumu, kā rezultātā ar nitrātiem tiek piesārņoti gan virszemes, gan gruntsūdeņi. Slietu metabolismam ir liela nozīme slāpekļa apritē. Paaugstināts slāpekļa saturs ir slietu koprolītos, urīnā un epitēlija audu bagātīgi izdalītajā lumbrikantā mukoproteīnā. Urīnā un mukoproteīnā slāpekļis ir galvenokārt amonija

jonu un urīnskābes veidā. Slieku diennaktī producētā urīna daudzums sastāda 50% no ķermeņa svara. Gada laikā šādā veidā augsnē nonāk vidēji 18 – 100 kg ha⁻¹ slāpekļa, kam vēl jāpieskaita 5 - 10 g m⁻² slāpekļa no bojā gājušo slieku audiem (Syers, Springett, 1984; Lee, 1985).

Lietuvā velēnu podzolētā mālsmilts augsnē ar sliekām (150 ind m⁻²) NH₄⁺ saturs bija 6 reizes lielāks, un nitrifikācija norisinās daudz aktīvāk kā kontroles laukumos bez sliekām (Атлавините,1990). Arī citos pētījumos ir konstatēta šķīstošo slāpekļa savienojumu palielināšanās NO₃⁻ formā vairāk kā 1,5 un NH₄⁺ formā 1,3 – 4 reizes (Bohlen, Edwards, 1995). Sliekas spēj slāpekli no augsnes uzņemt minerālā formā, kā arī izmantot to slāpekli, kas ir imobilizēts mikrobiālajā masā. Slieku barošanās aktivitāte palielina augiem pieejamā slāpekļa saturu augsnē, īpaši pieaug nitrātu saturs (Bezkorovainaya et al., 2001). Sliekas stimulē kopējo slāpekļa mineralizāciju agroekosistēmās. Process noris aktīvāk, ja augsne ir mēslota ar organiskajiem mēsliem. Minerālā slāpekļa koncentrācija slieku klātbūtnē ir par 50% augstāka. Augsnē, kurā dzīvojušas sliekas, palielinās slāpekļa pieejamība, un ievērojami uzlabojas augu augšana (Ruz-Jerez, et al., 1992; Subler, et al., 1998). Augsnēs, kur sastopamas gan anētiskās, gan endogeiskās sliekas, novērots pozitīvs sinerģētisks efekts attiecībā uz nitrifikācijas procesu stimulēšanu un nitrātu koncentrācijas palielināšanos augsnē (Sheehan et al., 2006).

Slāpekli fikšējošo baktēriju, īpaši *Azotobacter*, darbību visaktīvāk stimulē suga *A.caliginosa*. Sliekām barojoties ar slāpekļa nabadzīgu substrātu, palielinās gāzveida slāpekļa saistīšana. Ja substrāts ir bagāts ar slāpekli, tad slāpekļa saistītāju bakteriju darbība tiek nomākta. Tādos ar slāpekli bagātos substrātos kā mēsli, fekālijas un komposts slāpekļa fiksācija praktiski nenotiek (Tereshchenko, Naplekova, 2002).

Savukārt, kā liecina pētījumi kukurūzas laukos Ohajo štatā ASV, slieku veidotajām ejām var būt liela nozīme ūdens un barības vielu novadīšanā augsnes dziļākajos slāņos un gruntsūdenī. Iespējams, ka sliekas vairāk ietekmē augsnes virspuses ūdens režīmu nevis pašu slāpekļa apriti. Ar slieku blīvuma svārstībām pētījuma autori izskaidro apmēram 50% no kopējām slāpekļa plūsmas izmaiņām augsnē. Īpaša nozīme ir anētiskajām slieku sugām, kuru veidotās ejas iestiepjas augsnē

dziļāk nekā iesniedzas lauksaimniecības kultūru saknes. Tomēr, izskalošanās intensitāte ir atkarīga no attiecīgā reģiona augsnes tipa un kopējā nokrišņu daudzuma (Dominiguez et al., 2004).

3.2.4. Fosfors

Lielākais fosfora daudzums augsnē nonāk ar koproliem. Kaut arī fosfors koproliem ir mazāk kā augu atliekās, tomēr tas ir 5 – 10 reizes vairāk kā apkārtējā augsnē. Palielinās arī augiem uzņemamo fosfora formu koncentrācija (Lee, 1985). Eksperimentos bez augu kultūrām ir pierādīts, ka palielinoties slieku blīvumam, palielinās arī fosfora daudzums augsnē. Palielinoties slieku skaitam un, ja substrāts papildus vēl tiek mulčēts ar salmiem, fosfors proporcionāli pieaug par 68 - 75%. Augsnēs ar augu kultūrām to nenovēro, jo palielinoties ražai, palielinās arī šo savienojumu iznese no augsnes (Атлавините, 1975; 1990).

3.2.5. Kalcijs

Slieku darbības rezultātā augsnē nonāk arī palielināts kalcijs daudzums. Kalcijs tiek izdalīts slieku gremošanas traktā no kalcijs dziedzeriem. Zarnu sienās kalciju uzņem tā saucamās hloragogēnās šūnas un transportē uz asinīm un tālāk uz dziedzeriem, kur tas tiek pārveidots kalcijs karbonāta formā (Satchell, 1955). Kaut arī dziedzeru fizioloģiskā nozīme vēl pilnībā nav noskaidrota, tomēr ir zināms, ka tiem ir nozīme CO₂ absorbēšanā no asinīm. Iespējams, ka nozīme ir arī uzņemtās barības skābuma samazināšanā, barības vielu absorbcijā no barības vada, skābekļa absorbcijā, asiņu pH regulācijā un liekā Ca ekskrecijā u.c. Kalcijs dziedzeri visām slieku sugām nav vienādi nozīmīgi. Tām sugām, kas barojas augsnes virspusē, dziedzeri ir aktīvi. Savukārt sliekām, kuras barojas humusa slānī, dziedzeri biežāk ir neaktīvā stāvoklī. Tā kā sliekas pārstrādā lielu augsnes daudzumu, tad slieku populācijas darbība, ir viens no galvenajiem faktoriem, kas nosaka augsnes pH un jonu līdzsvaru, un rezultātā arī augu barības vielu pieejamību augsnes šķīdumā (Lee, 1985).

3.2.6. Kālijs

Pētījumos Lietuvā un Jaunzēlandē konstatēts, ka slieku darbības rezultātā augsnē būtiski pieaug apmaiņas kālija daudzums, savukārt nekustīgā K_2O daudzums samazinās. Eksperimentos bez augu kultūrām ir pierādīts, ka palielinoties slieku blīvumam, palielinās arī šķīstošā kālija oksīda daudzums augsnē. Slieku pozitīvo ietekmi vislabāk var konstatēt augsnēs ar iestrādātiem salmiem, bet bez augiem, jo augi kāliju ātri izmanto (Атлавините, 1975, 1990; Basker et al., 1992).

3.2.7. C:N attiecība

Sliekas spēj ietekmēt C:N attiecību. Slieku darbības rezultātā augsnē pieejamā slāpekļa daudzums parasti pieaug, rezultātā C:N var nedaudz sašaurināties. C:N norāda organisko vielu mineralizācijas pakāpi. Šaurāka C:N attiecība pieejamajā barībā ir svarīga augsnes organismiem. Rodoties slāpekļa deficītam augsnes dzīvnieku barībā, var tikt ierobežota to izplatība augsnē (Syers, Springett, 1984; Атлавините, 1990). Slieku klātbūtnē ievērojami palielinās slāpekļa mineralizācija. Iespējams, ka slāpekļa un citu barības vielu mineralizācija rizosfērā notiek galvenokārt tāpēc, ka sliekas un citi bezmugurkaulnieki barojas ar mikroorganismiem (Scheu, 1993; Tereshchenko, Naplekova, 2002; Tiunov, Scheu, 2004). Sliekas dod priekšroku augsnēm ar šaurāku C:N attiecību, kaut arī kopumā tās ir tolerantas pret C:N izmaiņām, un dažādām slieku sugām prasības pret optimālo C:N vērtību ir samērā līdzīgas. *L.rubellus* un *D.octaedra* pārsvarā apdzīvo organiskās augsnes ar C:N attiecību lielāku par 8, bet *A.caliginosa*, *A.rosea*, *L.terrestris* apdzīvo augsnes ar C:N attiecību mazāku par 8 (Lee, 1985). Izmantojot barībā augu atliekas, liela nozīme ir bagātīgam proteīnu un ogļhidrātu saturam, kā arī šaurām C:N vērtībām. Svaigas augu atliekas sliekām kļūst piemērotas barībā tikai noteiktā sadalīšanās stadijā, kad ir noārdījušies fenola savienojumi un samazinājušies C:N attiecība (Curry, Schmidt, 2007).

4. KOPROLĪTI

Sliekas barojoties ierij augsnes organiskās vielas un minerālās daļas. Gremošanas traktā organiskās vielas tiek sadrupinātas, macerētas, sajauktas ar minerālajām daļiņām. Šī masa tiek bagātināta ar Ca^{2+} joniem no kalcija dziedzera, un pēc tam sfērisku lodīšu formā ar diametru 1 – 10 mm tiek izvadīta ārā koprolītu veidā (Stewart et al., 1980). Koprolītu klātbūtne augsnē būtiski uzlabo tās auglību. Koprolīti pozitīvi ietekmē aerāciju, ūdens infiltrāciju, kopējo ūdens daudzumu augsnē. Palielinās augsnes aktīvās virsmas laukums, tiek veicināta poru un kanāliņu sistēmas veidošanās, kas ļauj augu saknēm vieglāk iespiesties augsnē. Koprolītos novēro baktēriju un augsnes mikroskopisko sēņu aktivitātes palielināšanos. Pieaug augsnes aerobo procesu īpatsvars pār anaerobajiem. Tiek atvieglota mikrofaunas un citu faunas pārstāvju pārvietošanās augsnē (Lee, 1985). Mikrofaunas un mezofaunas pārstāvji koprolītos un to tiešā tuvumā var būt 2 - 3 reizes lielākā blīvumā nekā apkārtējā augsnē (Schrader, Seibel, 2001).

Kā liecina laboratorijas pētījumi, koprolīti parasti ir stabilāki kā citi augsnes agregāti. To stabilitāte ir atkarīga no organiskajām vielām un mikrobiālās aktivitātes. Slietu dziedzera izdalītais kalcijs savienojas ar organiskajām vielām, veidojot kalcija humātus, kas sacementē koprolītus. Notiek arī mehāniska augsnes daļiņu sajaukšana ar augu šķiedrām. Koprolīti pēc to ekskrecijas, baktēriju un sēņu darbības rezultātā, kļūst vēl stabilāki. Baktērijas producē polisaharīdu molekulas, kas saista augsnes minerālās daļiņas kopā. Koprolītos polisaharīdu koncentrācija ir vairākas reizes augstāka nekā augsnē. Pieaug sēņu hīfu un rauga šūnu skaits. Maksimālo stabilitāti koprolīti iegūst apmēram 15. dienā, kas atbilst laikam, kad sēņu hīfas sasniedz maksimālo garumu. Pēc tam koprolītu stabilitāte samazinās (Jegou et al., 2001, Lee, 1985). Konstatēts, ka suga *L. terrestris* veido visstabilākos un ar oglekli bagātākos koprolītus (Jegou et al., 1998). Mineralizācijas procesi koprolītos norit ātrāk kā apkārtējā augsnē. Koprolīti samazina augsnes mitruma svārstības un šķīstošo organisko vielu iznesi. Organiskās vielas koprolītos tiek stabilizētas, kā rezultātā tās mazāk tiek ietekmētas izmainoties laika apstākļiem (McInerney et al., 2001).

Slietu sugas, kas veido horizontālas ejas, koprolītus parasti atstāj ejās vai arī apkārtējā augsnē. Sugas, kas veido vertikālās ejas, koprolītus izstumj augsnes virspusē.

Tādā veidā sliēkas sekmē pedoģenēzes procesus - augsnes profila un struktūras veidošanos (Lee, 1985). Koproliēti veido starpposmu starp augu atliekām un augsni. Pilnģga augu atlieku transformācija notiek ārpus sliēku gremošanas trakta (Bezkorovainaya et al., 2001). Pētģjumos Lielbritānijā konstatēts, ka koprolģtus augsnes virspusē deponē galvenokārt sugas *A.longa*, *A.caliginosa* un *L.terrestris*, reizēm arī *A.rosea*. Blģvākās augsnēs koprolģtu ir vairāk virspusē, bet irdenākās, telpā starp augsnes daļģnām. Akmeņi u.c. priekšmeti iegrimst augsnē par apmēram 0,5 mm gadā tieši dēļ sliēku koprolģtiem (Edwards, Lofty, 1977). *L.terrestris* augsnes virspusē var izveidot koprolģtu kaudzes pat 12 cm diametrā (Schrader, Seibel, 2001).

Vācijā ganģbās sliēkas blģvumā 100 ind. m⁻² sezonā producē apmēram 25 kg koprolģtu (Lee, 1985). Sliēkas gada laikā spēj pārstrādāt augsni līdz 40 t/ha jeb 1/50 daļu visas aramkārtas. *Mull* tipa augsnēs viss A_h horizonts sastāv no koprolģtiem. Ja augsnē trūkst organisko vielu vai augsne sastāv gandrģz tikai no tām, tad koprolģti parasti nav ūdens izturģgi (Stewart et al., 1980). Koproliētu kaudzģtes aramzemē aizņem vidģji 3 - 16% no kopģjās platģbas jeb 5 - 31 gab. m⁻², bet neapstrādāta graudaugu laukā to aizņemtā platģba var būt pat 25%. Koproliētu kaudzģtes lielā mērā nosaka dzģvo organismu izplatģbas telpisko heterogenģtāti lauksaimniecģbas augsnēs. Lai palielinātu to deponēšanu, virspuses sliēku sugām ir jāuzlabo barošanās apstākļģ, augsni mulčģjot vai stādot starpkultģras, piemēram, *Sinapis alba* (Schrader, Seibel, 2001).

Oglekļa saturs koprolģtos ir līdz 2 reizēm, bet slāpekļa 1,2 - 1,7 reizes augstāks kā augsnē (Heine, Larink, 1993; Lee, 1985). Slāpekļģis galvenokārt ir nitrātu un amonģja jonu formā. Attiecģba C:N koprolģtos parasti ir nedaudz augstāka kā augsnē, tā kā sliēkas nespēj sagremot lielāko daļu uzņemto augu atlieku, bet slāpekļģis aktģvi tiek patērēts proteģnu, mukoproteģnu un urģna producēšanā (Атлавините, 1990; Lee, 1985). Starpkultģru stādģšana un lauku mulčģšana ievģrojami palielina slāpekļa saturu koprolģtos. Arģ oglekļa saturs un enzģmātģskā aktivitāte šādos koprolģtos ir ievģrojami augstāka (Schrader, Seibel, 2001). Fosfors koprolģtos ir līdz 10 reizēm lielākā koncentrācijā kā apkārtģjā augsnē gan organģsko, gan neorganģsko savģenojumu veidā un ir viegli pieejams augģiem (Heine, Larink, 1993, Lee, 1985). Koproliētos ir

paaugstināta arī fosfatāzes aktivitāte, ko, iespējams, nosaka slietu enzīmi (Satchell, 1983).

Koprolītos izmainās arī augsnes pH. Parasti tas ir par 0,3 – 0,6 vienībām augstāks kā apkārtējā augsnē. Tā kā slietu zarnu traktos pH parasti ir robežās no 6,4 - 7, tad koprolītos tas var būt arī nedaudz zemāks kā pH neitrālās augsnēs. Tomēr, lielākā daļa slietu apdzīvo augsnes ar skābumu zem pH 7 (Lee, 1985). Koprolītu produkcija ir atkarīga no augsnes skābuma. Tam samazinoties palielinās arī koprolītu skaits, tomēr koprolītu producēšana samazinās ja pH palielinās virs 7,3 (Springett, Syers, 1984).

5. AGROTEHNISKO PASĀKUMU IETEKME UZ SLIEKĀM

5.1. Augsnes mehāniskās apstrādes metodes

Konvencionālās augsnes apstrādes metodes kā aršana, diskošana, ecēšana, negatīvi ietekmē slieku populāciju. Aršana izmaina augsnes ūdens saturu, temperatūru, aerāciju. Lielāks augsnes organismu blīvums parasti ir lauksaimniecības sistēmās, kur aršana netiek izmantota, jo saglabājas augsnes struktūra un ūdens noturība (Kladivko-Eileen, 2001; Miura et al., 2008).

Lauksaimniecības zemēs dominē slieku sugas, kas ir adaptējušās augsnes apstrādei, zemam organisko vielu saturam, samazinātam augsnes mitrumam un virspuses pakaišu iztrūkumam (Werner, 1990). Anglijā ilgstoši kultivētā aramzemē slieku skaits bija tikai 11 - 16% salīdzinot ar blīvumu līdzīgās pļavas augsnēs. Pēc pļavas uzāršanas un iekultivēšanas, slieku skaits samazinājās par 50%. Vairāk kā 100 gadus vecās ganībās slieku blīvums bija 180 ind. m⁻², līdzīgā aramzemē – 20 ind. m⁻² (Lee, 1985). Slieku populācijas samazināšanās 5 gadu periodā par 80% tika novērota iekultivējot vecas ganības Anglijā (Evans, Guild, 1948). Lietuvā atjaunojot vecas ganības tās uzarot (20 cm dziļumā) vai frēzējot (10 cm dziļumā), pirmajos divos gados slieku skaits samazinās. Tādas sugas kā *A.rosea* un *A.chlorotica* var izzust vispār. Turpmākajos divos gados slieku skaits atkal pieaug un sugas atjaunojas. Populācijas visātrāk atjaunojas velēnu gleja augsnēs (Атлавините, 1990). Galvenie skaita samazināšanās cēloņi ir slieku mehāniska traumēšana un augsnes organisko vielu samazināšanās (Lee, 1985). *A.rosea* dziļaršanu pacieš labāk kā augsnes virspuses diskošanu, ko plaši pielieto integrētajās lauksaimniecības sistēmās, lai izvairītos no herbicīdu pielietošanas. Iespējams, tas ir saistīts ar augu atlieku iestrādāšanu augsnes dziļākos slāņos. Savukārt augsni diskojot daudz slieku tiek ievainotas un aiziet bojā (Topoliantz et al., 2000). Igaunijā konstatēts, ka *A.caliginosa*, *A.rosea*, *L.rubellus* ir tolerantas pret augsnes kultivēšanas pasākumiem (Ivask et al., 2006).

Iekultivējot pļavas, augsnes saprotrofo organismu, tajā skaitā slieku, skaits sākotnēji var pieaugt, jo augsnē tiek iestrādāts liels daudzums augu masas. Kad barības resursi ir izsīkuši, samazinās arī saprotrofo organismu blīvums (Lee, 1985).

Daudzgadīgo zālāju sēšana ir ļoti efektīva metode, lai uzlabotu augsnes dzīvnieku dzīves apstākļus. Lielākais faunas skaita pieaugums vērojams tieši pirmajā gadā pēc iesēšanas (Eglītis, 1954). Augsnes regulāri mēslojot var saglabāties augsts slieku populāciju blīvums. Virspuses sugas apstrādātās augsnēs mēdz dzīvot dziļāk. Nekultivētās augsnēs izolāciju pret klimatiskām izmaiņām nodrošina augu zemsega. Kultivējot tā izzūd. Vienlaicīgi samazinās organisko vielu daudzums virspusē un tiek izjauktas slieku ejas. Ja augsne tiek kultivēta regulāri, tad tādas vertikālas ejas veidojošas sugas kā *A.longa* un *L.terrestris* var izzust. Atkārtota kultivācija gada laikā negatīvi ietekmē lielāko daļu slieku populāciju. Pēc graudaugu novākšanas, atstājot salmus augsnes virspusē, aršanas negatīvo efektu var mazināt. Laukos, kur audzētas sakņaugu kultūras, aršanas negatīvā ietekme ir lielāka, jo uz lauka paliek mazāk augu sakņu un virszemes daļu atlieku (Edwards, Lofty, 1973). Saknes kalpo sliekām kā kvalitatīvs barības avots. Palielinoties sakņu daudzveidībai un biomasai, var sagaidīt slieku, īpaši *A.caliginosa*, blīvuma un biomasas pieaugumu (Milcu et al., 2006).

Kaut arī kultivācija sākotnēji parasti ir nelabvēlīga visām augsnes dzīvnieku grupām, tomēr tās ietekme uz dažādām slieku sugām var būt atšķirīga. Eksperimentos iegūtie rezultāti reizēm ir pretrunīgi. Ir zināms, ka *A.caliginosa* mērena kultivācija parasti ir labvēlīga, un to skaits var pat divkāršoties. Tomēr ir novērojumi, ka kultivētā augsnē var ievērojami pieaugt tādu sugu blīvums kā *L.terrestris* un *O.cyaneum*, bet samazināties *A.longa* un *A.caliginosa* skaits (Edwards, Lofty, 1973). Citi pētījumu rezultāti liecina, ka anetiskās sliekas vairāk ietekmē tādi faktori kā smilts un māla saturs augsnē, kā arī pH, nevis augsnes apstrādes veids (Debeljak et al., 2007).

Iznīcinot augāju ar herbicīdiem un sējot nekultivētā augsnē, slieku populācijas parasti ir lielākas kā tradicionāli artās zemēs. Vienreizēja kultivācija, iestrādājot augu atliekas zemē un uzirdinot augsni, var būt sliekām labvēlīga. Tomēr atkārtota bieža kultivācija traumē sliekas un izjauc to dzīves vietas (Edwards, Lofty, 1973). Savukārt T.Lewis (Lewis, 1980) norāda uz kultivācijas negatīvo ietekmi tieši uz *L.terrestris*. Nekultivētās augsnēs šī suga parasti ir 3 – 5 reizes lielākā skaitā kā kultivētās. Citām sugām tik izteikta skaita atšķirība nav novērota. Ja salīdzina slieku sugu sastāvu konvencionālās un integrētās lauksaimniecības sistēmās, tad *L.terrestris* un *L.castaneus*

pirmajās bieži ir gandrīz pilnībā izzudušas. Monokultūras, augsnes apstrāde un pesticīdi ir galvenie faktori, kas nomāc slieku populācijas konvencionālās lauksaimniecības sistēmās. Lielās slieku sugas pēc aršanas parasti nonāk augsnes virspusē un kļūst pieejamas plēsējiem – vabolēm, vārnām, kaijām u.c., kas ievērojami samazina to skaitu (Paoletti, 1999).

Saudzējošākas augsnes apstrādes metodes, piemēram, seklā aršana, frēzēšana un ecēšana vai pat augsnes nearšana tiek izmantotas, lai pasargātu augsni no ūdens un vēja erozijas. Seklās aršanas ietekme pirmo reizi tika pētīta Ungārijā. Pirmajā gadā pēc aršanas slieku skaits samazinājās līdz 83,8%, bet pie parastās aršanas, līdz 49,2%. Augsnes virskārtas apstrāde galvenokārt ietekmē epigeiskās sliekas. Pēc diviem gadiem slieku skaits attiecīgi bija pieaudzis līdz 130,8% un 68,2%. Vasaras sausumā dziļi apātās augsnēs pieauga neaktīvo slieku īpatsvars no 50% līdz 90%. Tas nozīmē, ka aršana ne tikai samazina slieku skaitu, bet arī paaugstina to jutīgumu pret mitruma izmaiņām un saīsina to aktivitātes periodu (Lee, 1985). Seklās aršanas labvēlīgo ietekmi uz sliekām atzīmē arī M.Metzeke (Metzke et al., 2007). Ilglaicīgos novērojumos Norvēģijā konstatēts, ka augsnēs, kas netiek artas, bet reizi gadā frēzētas, slieku skaits, biomasa un eju blīvums ievērojami pieaug (Riley et al., 2008).

Apartos laukos sliekām ir bīstams rudens kailsals. Vēlāk sezonā tās kļūst izturīgākas pret zemām temperatūrām. Slieku izdzīvošanai salā ir svarīgi, lai augsnes virspusē būtu izolējošs augu atlieku slānis (Hopp, 1947). Uzartās augsnēs pavasarī novēro salīdzinoši agrāku juvenīlo slieku šķīlšanos no kokoniem, kas ir saistīts ar apātās zemes ātrāku sasilšanu (Daugbjerg et al., 1988). Pētījumos Polijā ir novērots, ka pļavās vairāk ir to sugu, kas apdzīvo augsnes virsējo slāni. Intensīvi kultivētās augsnēs atrod proporcionāli vairāk juvenīlās sliekas, kas, iespējams, liecina par pastiprinātu slieku bojāeju un samazinātu dzīves ilgumu (Ryl, 1984).

Ietekmi uz slieku populācijām atstāj arī meliorācija, krūmāju izciršana, laistīšana. Kūdras purva augsnē pēc meliorēšanas samazinās sugas *E.tetraedra*, bet palielinās *O.lacteum* un *D.octaedra* blīvums. Izcērtot krūmājus, nosusinot un uzartot pamestās lauksaimniecības zemes (mālsmilts augsnes), slieku blīvums samazinās no 136 ind. m⁻² līdz 20 ind. m⁻². Tādas sugas kā *E.tetraedra*, *D.octaedra*, *O.lacteum* izzūd

pilnībā. Dominējošā suga (līdz 90%) kļūst *A.caliginosa*. Ja iekultivētās augsnes tiek regulāri laistītas, tad vērojama slieku populāciju nostiprināšanās un blīvuma pieaugšana (Атлавините, 1975).

5.2. Pesticīdu ietekme

Dažādu lauksaimniecībā izmantojamo ķīmikāliju ietekme uz sliekām var būt ļoti atšķirīga. Vistoksiskākie ir tā saucamie vermīcīdi, kas tiek pielietoti ar mērķi pilnībā iznīcināt sliekas stadionos, golfa laukumos u.c. Šādiem mērķiem biežāk izmantotie savienojumi ir amonija sulfāts (toksisks tikai skābās augsnēs, pielieto arī kā slāpekļa mēslojumu), svina arsenāts, dzīvsudraba hlorīds (abi savienojumi ļoti bīstami apkārtējai videi) un no Indonēzijā augošā *Madhuca* ģints koka iegūtie *mowrah meal*, kas ir videi un cilvēkam nekaitīgi. Arī dažādi akaricīdi, nematicīdi, fungicīdi (piemēram, vara oksihlorīds) un fumiganti (ķīmikālijas pilnīgai augsnes sterilizācijai) parasti ir ar plaša spektra toksisku iedarbību uz augsnes bezmugurkaulniekiem, tajā skaitā sliekām (Lee, 1985).

Ļoti toksiski ir dažādi hlororganiskie insekticīdi. Hlordānam, heptahloram, toksafēnam, endosulfānam, endrīnam ir graujoša iedarbība uz sliekām (Lee, 1985). Tā kā hlororganiskie savienojumi ir stabili un ilgstoši saglabājas augsnē, tad sliekas tos akumulē, un tie nonāk barības ķēdēs. Šie savienojumi uzkrājas audu taukos. Visvairāk toksīnus uzņem sugas, kas dzīvo augsnes virspusē (Lee, 1985). Novērota slieku skaita samazināšanās pēc augļu dārzos izmantoto insekticīdu vara oksihlorīda un hlorofosa izsmidzināšanas (Атлавините, 1990). Laboratorijas eksperimentos pierādīta fungicīda karbendazīma negatīvā ietekme uz augsnes dzīvnieku, tajā skaitā slieku populācijām (Burrows, Edwards, 2004). Tomēr Anglijā tūrumos divu gadu novērojumu periodā pēc insekticīdu aldikarba, hlorpirifosa, ometoāta, pirimikarba, triazofosa, fungicīdu karbendazīma, flusilazola u.c. pielietošanas netika atklātas nekādas būtiskas izmaiņas slieku populācijās (Tarrant et al., 1997).

Lielākā daļa fosfororganisko savienojumu ir toksiski sliekām, tomēr augsnē tie sadalās ātrāk un barības ķēdēs parasti nenonāk (Lee, 1985; Topoliantz et al., 2000).

Slieku audos tie var īslaicīgi uzkrāties ievērojamās koncentrācijās pat divas reizes pārsniedzot koncentrāciju augsnē. Sliēkas paātrina augsnes attīrīšanu no insekticīdiem. Novērots, ka sliēku klātbūtnē augsnē ātrāk samazinās benzofosfāta un metationīna koncentrācija (Атлавините, 1990).

Arī insekticīdiem, kas iedarbojas uz noteiktām kukaiņu dzīvības funkcijām, var būt toksiska iedarbība uz sliēkām. Piemēram, insekticīds-ferments holinesterāze ir ar iedarbību uz kukaiņu nervu centriem, kas izzauc elpošanas muskuļu paralīzi. Sliēkām elpošana nav atkarīga no muskuļu kontrakcijām, tomēr holinesterāze iedarbojas uz sliēku zarnu peristaltikas muskuļiem, rezultātā barības uzņemšana samazinās, sliēkas zaudē svaru un var aiziet bojā (Lee, 1985).

Herbicīdi, tādi kā fenazons, betanāls, simazīns, pielietoti pareizās dozās parasti sliēkām nav toksiski un arī neakumulējas to audos. Reizēm, pēc herbicīdu pielietošanas, novēro pat sliēku populācijas pieaugumu, jo palielinās to barības bāze – atmirušo nezāļu atliekas. Herbicīdus turpinot pielietot, samazinoties augu masai, arī sliēku skaits var sarukt. *L.terrestris* ir ļoti jūtīgas, ja ar herbicīdiem tiek apstrādāta augsnes virspuse, savukārt *A.caliginosa* ir jūtīgākas, ja tie tiek iestrādāti augsnē (Lee, 1985; Атлавините, 1990; Werner, 1990). Regulāra pesticīdu pielietošana var izmainīt sliēku populācijas vecuma struktūru. Pieaugušo īpatņu izdzīvotība un īpatsvars samazinās, bet jauno sliēku īpatsvars palielinās (Riley et al., 2008).

Pētījumos Lietuvā pielietojot herbicīdu TXA, sliēku skaits samazinās divas reizes. Jūtīgāk reaģē *A.rosea* un *L.rubellus*. Pēc vairākkārtējas apstrādes izdzīvo tikai *A.caliginosa*. Pētījumi ar citiem herbicīdiem nedeva skaidru atbildi par to ietekmi, jo citi faktori sliēku skaitu ietekmēja vairāk. Pielietojot pesticīdus 1 - 3 reizes gadā, sliēku populācijas būtiski netiek ietekmētas. Tomēr, laboratorijas eksperimentos herbicīdi, piemēram, simazīns un sevīns, sliēku skaitu un izdzīvošanu var ievērojami samazināt. Novērota arī to akumulēšanās sliēku audos. Sliēkas pēc herbicīdu pielietošanas labāk izdzīvo augsnēs ar augu kultūrām, nekā papuvēs. Ja augsni mēslo, tad to izdzīvotība ievērojami palielinās. Jaunās sliēkas ir daudz jūtīgākas pret herbicīdiem, un to izdzīvotība samazinās pat vairāk kā par 50%. Herbicīdi negatīvi ietekmē sliēku izdzīvotību ziemā. Pat vienreizēja pielietošana rudenī, samazina to blīvumu par 22 -

28%. Smilšmālā sliekas izdzīvo labāk kā mālsmilts augsnēs. Ja augsni noklāj ar salmiem, slieku izdzīvotība palielinās (Атлавините, 1975, 1990).

5.3. Sliekas un mēslojums

Mēslojuma iedarbība uz sliekām var būt dažāda. Ir zināms, ka organiskā mēslojuma pielietošana parasti atstāj pozitīvu ietekmi uz slieku populācijām. Attiecībā uz lauksaimniecībā un mežsaimniecībā izmantotajiem neorganiskajiem mēsliem, to ietekme nav viennozīmīga, un pētījumu rezultāti bieži ir pretrunīgi.

5.3.1. Organiskais mēslojums

Lauksaimniecībā plaši tiek izmantota augsnes mulčēšana, noklājot to ar salmiem vai mēsliem, tādējādi nodrošinot augus ar barības vielām, un pasargājot augsni no ekstremālām temperatūras un mitruma svārstībām (Lee, 1985; Werner, 1990). Ja rudenos tiek kultivēta nemulčēta augsne, tad ziemas mēnešos tā sasalst līdz lielākam dziļumam, kā rezultātā sliekas iet bojā. Mulčējot sasalšana tiek novērsta. Vācijā, salīdzinot slieku *A.caliginosa* blīvumu pavasarī mulčētā un nemulčētā augsnē, tika konstatēta ievērojama atšķirība, attiecīgi 138 un 92 ind. m⁻² (Lee, 1985). Regulāri mulčējot augsni slieku populācijas var pieaugt pat vairākkārtīgi (Jensen, 1985). Kā piemērots mulčs un, vienlaicīgi, arī kā slieku barības bāze, tiek rekomendēti rapša salmi (Daugbjerg et al., 1988). Ja uz lauka tiek atstāti rugāji, arī tie nodrošina papildus izolāciju un barības vielas. Neiesaka salmus rudenos dedzināt vai aizvākt no lauka. Tas noved pie slieku populācijas struktūras izmaiņām un blīvuma samazināšanās. Dedzinot salmus, īpaši cieš sugas, kas barojas augsnes virspusē, piemēram, *L.terrestris* (Barnes, Ellis, 1979; Lee, 1985). Vācijā augļu dārzos bieži augsne tiek mulčēta ar koka skaidām, kas atstāj labvēlīgu iespaidu uz *A.caliginosa* populāciju. Savukārt, zaļais mulčs labvēlīgi ietekmē *L.rubellus* (Kuhle, 1983).

Dānijā, lai palielinātu slieku populāciju, iesaka lietot 200 t ha⁻¹ kūstmēslu. Tādu sugu kā *L.terrestris*, *A.longa*, *A.caliginosa* skaits mēslojotās augsnēs pieaug, bet *A.rosea* un

A.chlorotica skaits nemainās (Werner, 1990). Zviedrijā, Upsalā, papuvēs novērots, ka *A.caliginosa* jauno slieku skaits palielinās, ja kūts mēsli tiek iestrādāti augsnē, bet *L.rubellus*, ja mēsli paliek virspusē. Ja papuves netiek mēslošanas, tad slieku skaits samazinās. Mēslošana, savukārt, stimulē slieku aktivitāti un labvēlīgi ietekmē to izdzīvošanu ziemā (Lofs-Holmin, 1983). Izmantojot kūts mēslus kombinācijā ar salmiem (35 t ha^{-1}), slieku populācija palielinās 3 reizes. Organiskajā mēslojumā ir relatīvi augsts olbaltumvielu un cukuru saturs, kas ir piemērota barība sliekām (Lee, 1985).

Dažāda organiskā un neorganiskā mēslojuma ietekme uz sliekām ir plaši pētīta Lietuvā. Lai panāktu slieku populācijas ievērojamu pieaugumu (no 2 – 4 reizēm), O.Atlavinite (Атлавините, 1990) iesaka mēslošanas augsni ar organisko mēslojumu ne retāk kā reizi divos gados. Vērojama arī slieku koncentrēšanās zem mēsliem un to tuvumā. Svaigi mēsli slieku attīstībai nav piemēroti. Tajos sliekas ieviešas tikai pēc 10 – 18 dienām. Sausā laikā sliekas mēslos var nebūt vispār. Kūtsmēsli ir sliekām tīkamāki kā salmi. Augsnēs, kas mēslošanas ar salmiem slieku populācija pieaug par 35%, bet augsnēs ar kūtsmēsliem vairāk kā par 50%. Iesaka salmus iestrādāt dziļāk augsnē, jo tā tiek radīti labāki apstākļi mikroorganismiem. Šķīdumēsliem var būt sākotnēji negatīvs efekts. Augsnes virspusē var parādīties beigtas sliekas. Tomēr vēlāk slieku populācija pieaug. Izmantojot kā mēslojumu pienotavas notekūdeņus, slieku skaits palielinās 2 – 4 reizes, bet tikai sākot ar sesto gadu (Атлавините, 1975, 1990). Par komposta izmantošanu lauku mēslošanai ir maz literatūras datu. Zināms, ka komposts ir labs organiskais mēslojums, tomēr, pēc mēslošanas ar kūtsmēsliem, slieku blīvums ir lielāks. Iespējams, ka cēlonis ir kūtsmēsliem lielākā barības vērtība - augstāks polisaharīdu, sēru un slāpekli saturošu organisko savienojumu un olbaltumvielu saturs (Leroy et al., 2008).

5.3.2. Neorganiskais mēslojums

Neorganiskā mēslojuma ietekme var būt gan pozitīva, gan negatīva. Lielā daudzumā minerālmēsli izsauc tūlītēju slieku populācijas samazināšanos (Werner, 1990). Bieži efektu nosaka atšķirības starp augsnes un mēslojuma pH. Pielietojot

superfosfātu $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ augsnes pH var samazināties, kas negatīvi ietekmē sliekas. Skābās augsnēs superfosfāta mēslojums var izraisīt pat slieku bojāeju. Neitrālās augsnēs reizēm efekts ir pretējs. Pēc mēslošanas parasti palielinās ganību produkcija un, rezultātā, arī slieku barības bāze – saknes, augu zaļā masa (Lee, 1985; Leroy et al., 2008).

Slovākijā iesaka minerālmēslus izmantot sliekām optimālās koncentrācijās – slāpekli - 100 kg ha^{-1} , fosforu - 60 kg ha^{-1} , kāliju - 80 kg ha^{-1} (Lee, 1985). Palielinot mēslojuma daudzumu, slieku skaits un daudzveidība var samazināties (Lee, 1985; Verhoef, Brussaard, 1990). O. Atlavinite (Атлавините, 1975) iesaka 100 kg ha^{-1} slāpekļa minerālmēslojuma. Līdzīgās devās organiskajam slāpeklim ir lielāks efekts kā neorganiskajam (Атлавините, 1975). Pēc mēslošanas ar minerālmēsliem, sliekas var palielināt minerālā slāpekļa piejamību augiem (Subler et al., 1998). Amonija nitrāts sliekas ietekmē negatīvi. Pēc mēslošanas pieaug raža un augsnes virspusē labi veidojas augu saknes, bet vienlaicīgi tiek nomākta slieku populācija un samazinās koprolītu deponēšana augsnes virspusē (Stewart et al., 1980).

Lietuvā, it īpaši tās rietumdaļā, lauki ar skābām velēnu podzolētām smilšmāla augsnēm bieži tiek kaļķoti. Tas pozitīvi ietekmē slieku populāciju, un to skaits ievērojami pieaug. Pēc trīs gadiem kaļķotajās augsnēs slieku blīvums sasniedza $148,0 \text{ ind. m}^{-2}$, bet nekaļķotajās $102,4 \text{ ind. m}^{-2}$. Ja vienlaicīgi augsnē tiek iestrādāti arī kūtsmēsli, tad slieku skaits pieaug ievērojami vairāk. Mēslojuma un kaļķošanas ietekme ātrāk izpaužas ilggadīgās ganībās kā tīrumos. Kaļķošana nomāc tādas sugas kā *D.octaedra* un *O.lacteum*, bet nekaļķotajās augsnēs neatrod *L.terrestris*. Augsnes virskārtas (5 cm) skābumam pēc kaļķošanas samazinoties līdz pH 6,7, izzūd kustīgās alumīnija savienojumu formas (Атлавините, 1975). Kaļķošana stimulē arī *A.caliginosa*, *L.rubellus*. Pieaugot augsnes pH un kalcija saturam, novērots arī koprolītu produkcijas pieaugums (Springett, Syers, 1984).

6. SLIEKAS UN MIKROORGANISMI

Slieku ietekme uz mikroorganismiem un mikrobiālajiem procesiem ir plaši pētīta. Kaut arī, salīdzinot ar mikroorganismiem, sliekas augsnē sastāda nelielu daļu no kopējās biomasas, tām ir liela nozīme šo procesu regulēšanā. Katra slieku ekoloģiskā grupa mikroorganismus ietekmē atšķirīgi. Pastāv cieša saistība starp mikrofloru dažādos augsnes horizontos un slieku ekoloģiski funkcionālajām grupām (Sheehan et al., 2008). Mikroorganismi slieku gremošanas trakta sākumā tiek stimulēti palielinoties ierītās barības mitrumam, samazinoties pH un sajaucot barību ar dziedzeru izdalītajām gļotām, kas satur daudz slāpekļa. Rezultātā jau viduszarnā novēro palielinātu mikrobiālo un gremošanas enzīmu aktivitāti. Tomēr nav zināms, cik liela nozīme gremošanas enzīmu izdalīšanā ir mikroorganismiem, bet cik pašām sliekām. Slieku zarnu sienīņās ir konstatēta celulāzes aktivitāte, bet arī gremošanas trakta mikroorganismi to aktīvi izdala (Curry, Schmidt, 2007).

Visbūtiskāk sliekas ietekmē sporas veidojošās baktērijas. To skaits var pieaugt pat vairākkārtīgi. Aktinomicētu skaits, it īpaši velēnu glejaugsnēs, palielinās līdz 2,5 reizēm. Vairākkārtīgi pieaug arī mikroskopisko sēņu skaits. Sēnes, savukārt, vairāk tiek stimulētas velēnu podzolaugsnēs augsnēs (Атлавините, 1975).

Pieaugot slieku blīvumam, samazinās aļģu skaits. Sliekas ietekmē visas aļģu grupas. Zilzaļās aļģes un diatomejas eksperimentos slieku klātbūtnē izzūd vispār. Aļģes sastāda daļu no slieku barības raciona un barības traktā tiek sagremotas. Kā barības objekti sliekām kalpo arī viensūņi Protozoa (Атлавините, 1975; Tunov, 2004). Pētījumi par slieku dzīvības procesu nodrošināšanai nepieciešamo slāpekļa daudzumu, liecina, ka ar augu barību vien ir par maz, ir nepieciešams arī mikroorganismu, tajā skaitā viensūņu, proteīns (Satchell, 1983). Amēbām var būt liela nozīme slieku barībā. Ir novērojumi, ka *A.caliginosa* aktīvi meklē vietas ar augstu kailamēbu koncentrāciju. Tomēr nav zināms vai barojoties vietās, kur daudz pūstošu augu atlieku, sliekas viensūņus ierij nejauši kopā ar barību, vai arī meklē tos speciāli (Curry, Schmidt, 2007).

Slieku gremošanas traktā parasti sastopami tie paši mikroorganismi, kas augsnē. To skaits variē un var samazināties par 90% vai palielināties pat par 570% atkarībā no tā, vai mikroorganismi tiek ātrāk sagremoti, vai arī tie pagūst savairoties (Satchell, 1983).

Slieku zarnu traktos ir atrastas gan sagremotas, gan metaboliski aktīvas šūnas. Gala zarnās koprolītos formējas īpaši bakteriāli mikroagregāti. *L.rubellus* barojas ar galvenokārt mazsadalījušos augu materiālu ar salīdzinoši nelielu mikroorganismu biomasu. *A.caliginosa* turpretī patērē labi sadalījušos detritu ar augstu mikroorganismu koncentrāciju. To saturs ievērojami samazinās *A.caliginosa* viduszarnā, kas, iespējams, liecina par mikroorganismu izmantošanu barībā (Kristufek et al., 1994; Kristufek et al., 1995).

Atšķirībā no mikroorganismiem, sliekas nespēj barībā izmantot augsnes minerālvielas. Lai iegūtu nepieciešamo slāpekli, tām ir jābarojas ar mikroorganismu kolonizētām augu atliekām vai pašiem mikroorganismiem, kā rezultātā augsnē papildus nonāk akumulētais slāpeklis augiem izmantojamās formās (Tunov, 2004).

6.1. Mikrobiālā aktivitāte koprolītos un slieku ejās

Koprolīti ir ļoti piemērota vide noārdītājiem mikroorganismiem. Noārdīšanās procesu stimulācija ir viena no nozīmīgākajām slieku funkcijām augsnē. Tādā veidā tiek nodrošināta slāpekļa transformācija mikroorganismu proteīnā un novērsta tā ieskalošanās augsnes dziļākajos slāņos. Sēņu hifas un raugi maksimālo blīvumu koprolītos sasniedz 15 – 20 dienā pēc to izvadīšanas, kad to ir 3 – 5 reizes vairāk kā svaigos koprolītos. Šajā periodā pieaug arī baktēriju skaits. Koprolītos to var būt pat 100 reizes vairāk kā apkārtējā augsnē (Lee, 1985). *A.caliginosa* koprolītos mikrobiālā elpošana palielinās par 90%. Vecākos koprolītos mikroorganismu skaits samazinās. To limitē pieejamais oglekļa un fosfora daudzums (Scheu, 1987). Augsta mikrobioloģiskā aktivitāte ir arī *L.rubellus* koprolītos. Te mikroorganismu sabiedrības veido galvenokārt baktērijas, mazāk aktinomicētes. Gan *A.caliginosa*, gan *L.rubellus* koprolītos aktīvi darbojas slāpekli fiksējošās baktērijas. To klātbūtne konstatēta arī uz slieku ķermeņa virsmas un barības vadā. Ķermeņa virspuses gļotas ir laba vide baktērijām (Kristufek et al., 1994; Šimek, Pižl, 1989; Šimek et al., 1991). Koprolītos ir vairāk celulozi un hemicelulozi noārdošās, amilolītiskās un nitrificējošās baktērijas, bet mazāk denitrificējošās baktērijas (Satchell, 1983). Novērots, ka koprolītos pieaug

denitrifikācijas procesi, tomēr tie ir relatīvi maznozīmīgi salīdzinot ar NO_3^- koncentrācijas pieaugumu (Parkin, Berry, 1994).

Slieku eju sienīgas arī ir piemērota vide mikroorganismiem. M.Bošē ir ierosinājis lietot terminu “drilosfēra”- tas ir 2 mm biezs augsnes slānis ap slieku ejām, līdz 20 – 40 cm dziļumam. Tur ir laba aerācija, koncentrēti barības resursi, zemāka C:N attiecība. Drilosfērā līdz 30 cm dziļumam aktīvi darbojas *Azotobacter*, N fiksējošās aerobās un anaerobās, denitrificējošās, amonificētājas baktērijas. Nozīmīgi, ka slieku darbības rezultātā mikroorganismu aktivitātes sfēra tiek ievērojami stimulēta un nodrošināta arī augsnes dziļākajos slāņos (Lee, 1985).

6.2. B₁₂ biosintēze augsnē

B₁₂ biosintēze ir tieši atkarīga no baktēriju aktivitātes. B grupas vitamīni augsnē palielina ražu un graudu kvalitāti. To producē baktērijas un aktinomicētes (*Streptomyces sp.*). Sliēkas pozitīvi ietekmē mikroorganismus un, rezultātā, arī B grupas vitamīnu daudzumu augsnē. B₁₂ koncentrācija pieaug proporcionāli sliēku skaitam un var palielināties pat vairāk kā 2 reizes (Атлавините, 1975). J.Valvorks (Wallwork, 1983) norāda uz sugas *L.rubellus* nozīmīgu pozitīvo ietekmi uz B₁₂ producējošiem mikroorganismiem un arī uz graudaugu ražu.

7. SLIEKAS UN AUGU KULTŪRAS

7.1. Augu kultūru ietekme uz slieku populācijām

Viens no faktoriem, kas nosaka slieku blīvumu lauksaimniecības zemēs ir augu kultūras. Ir zināms, ka daudzgadīgās kultūras sliekām ir labvēlīgākas kā viengadīgās. Lietuvā velēnu karbonātaugsnēs tika ievāktas sliekas zem daudzgadīgām un viengadīgām kultūrām. Mālsmilts augsnēs zem viengadīgām kultūrām tika atrastas sliekas blīvumā 12,0 ind. m⁻², bet zem otrā gada āboliņa 172,0 ind. m⁻². Smilšmāla augsnēs attiecīgi 21,0 un 205,9 ind. m⁻². Kopā atrastas 6 slieku sugas. Dominēja *A.caliginosa* (līdz 93%). Bieži arī *E.rosea* un *L.rubellus*. Salīdzinot ar pirmā gada āboliņu, zem otrā gada āboliņa slieku blīvums pieauga vidēji 1,6 reizes. Āboliņš ir viena no labvēlīgākajām augu kultūrām sliekām un citiem augsnes faunas pārstāvjiem. Āboliņš sekmē slāpekļa uzkrāšanos, augsnes struktūras uzlabošanos un arī augsnes faunas skaita pieaugumu. Pēc tam, kad āboliņš tiek nomainīts ar citām kultūrām, slieku blīvums vairākkārtīgi samazinās. Eksperimentālajos lauciņos pēc cukurbiešu iesēšanas sliekas samazinājās no 101 līdz 48 ind. m⁻² (Атлавините, 1975). Kā sliekām labvēlīgas kultūras tiek minētas lucerna, daudzgadīgās graudzāles un cukurbietes, bet zem kviešiem un miežiem to blīvums ir 2 - 3 reizes mazāks. Arī atrasto sugu ir mazāk (Атлавините, 1990). Iespējams, ka sliekas izvēloties barību dod priekšroku augiem ar šaurāku C:N attiecību, kāda ir āboliņam salīdzinot ar graudaugiem (Werner, 1990).

Slieku skaits samazinās arī melnajās papuvēs. Piemēram, velēnupodzolaugsnē (smilšmāls) atmatā tika atrastas sliekas 85 ind. m⁻², daudzgadīgā zālājā 75 ind. m⁻², viengadīgā zālājā 28 ind. m⁻², bet melnajā papuvē 13 ind. m⁻². Visos vākumos dominēja *A.caliginosa*. Daudzgadīgās kultūrās slieku skaits nostabilizējas ceturtajā gadā. Zem divgadīga āboliņa, daudzgadīgām kultūrām un ganībās sliekas ir 2 – 12 reizes vairāk (75 – 230 ind. m⁻²) kā zem viengadīgām kultūrām (14 – 48 ind. m⁻²), kur augsne tiek apstrādāta gan pavasarī, gan rudenī (Атлавините, 1975).

Tomēr pētījumos Igaunijā netika konstatētas būtiskas slieku cenožu atšķirības zem dažādām augu kultūrām (Ivask et al., 2006). Arī Islandē, ievācot sliekas lucernas,

rapša un daudzgadīgā āboliņa laukā, netika konstatētas statistiski būtiskas atšķirības to skaitā, biomasā, sugu sastāvā un dominances struktūrā (Daugbjerg et al., 1988).

Čehijā vismazāk slieku konstatēts zem kukurūzas un kviešiem. Zem kartupeļiem, āboliņa, zirņiem, kur daļa augu biomasas tiek atgriezta augsnē, veidojas skaitliski lielākas populācijas. Papuvē slieku skaits ievērojami pieaug sākot ar trešo gadu. Īpaši tādas sugas kā *D.octaedra* un *L.rububellus*, kas ir raksturīgas biocenožu sukcesiju agrīnajām stadijām (Pižl, 1992).

Ekspimentos ar dažādām zālieniem raksturīgām augu sugām konstatēts, ka saprofāgos organismus stimulējoši ietekmē augu sugu daudzveidība. Palielinoties augu sugu skaitam un ekosistēmas funkcionālajai daudzveidībai, pieaug arī slieku individuālais svars. Būtiska korelācija starp sakņu un dzinumu biomasu, pākšaugu klātbūtni un slieku svara un skaita pieaugumu te netika atrasta (Milcu et al., 2004).

Slieku populācijas parasti aktīvi reaģē uz augu valsts izmaiņām. Augu sugu izzušana var ietekmēt primāro barības vielu produkciju vai vides mikroklimatu, vai arī var izzust tās augu sugas, kas sliekām kā barības objekts ir atraktīvākās. Šveicē bijušās ganībās ar rendzīnām (smilšmāls, pH 6,5) tika veikts eksperiments ar mākslīgu augu sugu skaita samazināšanu 4 gadu periodā. Vienlaicīgi tika novērota arī slieku populāciju, galvenokārt endogeisko sugu, samazināšanās par 30%, un virskārtas augu sakņu samazināšanās. Ir zināms, ka rizosfēra stimulē mikroorganismu attīstību, kas var kalpot kā viens no slieku barības avotiem. Iespējams, ka tieši saknēm ir lielākā nozīme slieku populāciju ietekmēšanā. Samazinot augu sugu skaitu, attiecīgi samazinās arī slieku skaits, kas liecina, ka arī katrai augu sugai var būt noteikta loma slieku populācijas uzturēšanā (Zaller, Arnone, 1999).

7.2. Sliekas un raža

Slieku darbība pozitīvi ietekmē augu augšanu un ražu. Šādi pētījumi ir veikti Lietuvā un arī citās valstīs. ASV, slieku klātbūtnē, tika konstatēts miežu ražas pieaugums par 200%, kviešu - 300%, pļavu zāļu - 500%, pupu - 290%, zirņu - 70% (Атлавините, 1990). Lietuvā veģetācijas traukos ar dažāda tipa augsnēm tika ievietotas

slieku sugas *E.rosea*, *A.caliginos*, *L.rubellus*, *L.terrestris* un audzēti mieži. Konstatēts, ka pozitīvi kviešu augšanu ietekmē visas sugas. Vislabāk eksperimentā izdzīvo suga *A.caliginosa*, kas tika izmantota turpmākajos eksperimentos. Šī suga ir arī visizplatītākā Lietuvas lauksaimniecības zemēs sastādot apmēram 70 – 90% no kopskaita. Eksperimentā kopējā miežu raža un graudu svars palielinājās tieši proporcionāli slieku skaitam pat vairāk kā 3 reizes. Veģetācijas traukos ar 4 sliekām raža palielinājās par 53,3%, ar 60 sliekām par 366,6% salīdzinot ar kontroli. Mēslojot augsni ar salmiem, slieku ietekme palielinās. Mēslojot ar minerālmēsliem slieku ietekme ir salīdzinoši neliela. Jūtama tā ir ar fosfora un kālija mēslojumu, mazāk jūtama ar slāpekļa (urīnviela) mēslojumu. Arī āboliņa raža palielinās slieku klātbūtnē. Tā, variantā ar 10 sliekām, raža pieauga par 113,7%, bet ar 40 sliekām, par 186,4%. Novēro arī divkāršu pupiņu ražas un pupu svara pieaugumu slieku klātbūtnē (Атлавините, 1975).

Slieku pozitīvā ietekme uz graudaugu ražu novērota arī lauka eksperimentos velēnu podzolaugsnē (mālsmilts). Miežu un rudzu vārpu izmēri un graudu svars pie slieku blīvuma 400 – 500 ind. m⁻² palielinājās par 75 - 130%. Miežu dīgšanu slieku klātbūtne paātrina par 17 - 41% (Атлавините, 1975). Sliekas ietekmē arī miežu un rudzu kvalitāti. Pelnelementi samazinās, Ca saturs palielinās pat 3 reizes. Attiecībā uz slāpekļa, fosfora, kālija saturu graudos, kā arī proteīnu un cietes veidošanu, slieku ietekme ir nenozīmīga. Konstatēts, ka slieku celoma sķīdums, koprolīti un gļotas satur augu augšanas faktoros un B grupas vitamīnus, ko producē celoma amēbveida šūnas (Атлавините, 1990).

8. SLIEKU NOZĪME AUGU UN DZĪVNIEKU PATOGĒNU IZPLATĪBĀ

Sliekām ir nozīme patogēno, it īpaši sporas veidojošo, mikroorganismu izplatīšanā. Sporas nebojātas iziet cauri slieku barības vadiem un atkal nokļūst augsnē. Ir pierādīts, ka patogēno sēņu sporas slieku klātbūtnē izplatās daudz ātrāk. Arī putni, kas ēd sliekas, piedalās to tālākā izplatībā (Lee, 1985).

E.coli vai salmonellas slieku barības traktos tiek sagremotas, un to populācijas daudzkārt samazinās. Te nozīme ir arī zarnu trakta baktēriju savstarpējai konkurencei. Lielākā daļa cilvēkam patogēno baktēriju ir anaerobas. Sliekas var padarīt dažādus substrātus, piemēram, aktīvās dūņas cilvēkam mazāk kaitīgas (Satchell, 1983).

Sliekām var būt nozīme arī graudzāļu, tajā skaitā nezāļu, sēklu un augu patogēnu izplatībā. Sēklas un patogēni tiek ierīti, nebojāti iziet cauri slieku barības vadiem un kopā ar koproliem deponēti citā vietā. Pierādīts, ka šādā veidā var izplatīties patogēno sēņu sporas un kartupeļu nematožu cistas. Putni, kas barojas ar sliekām, patogēnus un sēklas var izplatīt daudz plašākā apvidū. Novērots, ka no nematožu cistām, kas izgājušas caur slieku zarnu traktam, jauno nematožu sekmīga izšķilšanās ir 2 reizes augstāka. Iespējams, ka slieku gremošanas enzīmi jau daļēji sagremo cistu sienīgas un atvieglo nematožu izšķilšanos. Tomēr pētījumos Jaunzēlandē konstatēts pretējs process. Augsnēs, kur tiek introducētas sliekas, patogēno nematožu skaits samazinās vairāk kā divas reizes. Iespējams, nematodes kalpo sliekām kā barības avots (Lee, 1985).

Sliekas ir nozīmīgi savvaļas un mājdzīvnieku parazitāri izplatītāji. Tās ir starpsaimnieki putnu, cūku, mazo zīdītāju un plēsēju parazītiem. Ar parazītiem var būt inficēta lielākā daļa populācijas, bet var arī infekciju nenovērot vispār. Tādas sugas kā *L.rubellus* un *L.terrestris* var būt nozīmīgas viensūņu, piemēram, gregarīnu *Monocystis*, izraisīto slimību izplatīšanā. Abas sugas var būt pat līdz 50% invadētas ar šiem parazītiem (Lee, 1985).

Sliekām ir liela nozīme arī lenteņu un parazitisko nematožu izplatīšanā. Nematodes pat spēj vairoties sliekās. Lietuvā vairāk kā trešā daļa slieku (*L.rubellus* un *L.terrestris* pat vairāk kā 60%) ir invadētas ar parazitiskajām nematodēm. Sliekas ir starpsaimnieki mājputnu parazītu *Porrocaecum* ģints nematodēm, kas ir nozīmīgas cūku

metastrongilēzes izplatītājas. Atsevišķās cūku fermās novērots pat līdz 100% ar nematožu kāpuriem invadētu slieku. Lielākā nozīme ir sugai *A.calliginosa*, mazāka *E.rosea*. Ir ziņas, ka *L.terrestris* var kalpot kā mutes un nagu sērgas vīrusa rezervuārs dabā (Атлавините, 1975).

Sliekas kā parazitū starpsaimnieki ir pētītas arī Latvijā. K.Lesiņas (Лесиня и др., 1974) vadībā tika pētīta slieku nozīme savvaļas un mājputnu nematodes *Syngamus trachea* izplatībā. Konstatēts, ka parazitū izplatībā Latvijā nozīmīgākās ir slieku sugas *L.terrestris*, *A.rosea*, *A.chlorotica* un *L.castaneus*.

Arī pašas sliekas cieš no parazitiskajām nematodēm un vienšūņiem. 70 - 96% slieku ir inficētas ar gregarīnām, tomēr to ietekme nav liela un parasti neizraisa mirstību. Ir zināms, ka arī kukaiņu kāpuri parazitē sliekās. Mušas *Pollenia rudis* kāpuri ieurbjās sliekās un barojas ar to audiem, izraisot to nāvi. Ērču *Histiostoma murchiei* kāpuri Ziemeļamerikā parazitē *A.chlorotica* un *E.tetraedra* kokonos, barojoties ar slieku embrijiem (Атлавините, 1975; Satchell, 1983; Lee, 1985).

9. SLIEKAS UN CITI DZĪVNIKI

Ir zināms, ka sliekas kalpo kā nozīmīgs barības objekts daudziem dzīvniekiem. Tie ir mugurkaulnieki, skudras, vaboles, kukaiņu kāpuri, daudzkāji, plēsīgie gliemji, lielās planārijas u.c. dzīvnieki. Kurmji un ciršļi sagatavo slieku krājumus ziemai. Sliekām tiek aizkosti priekšējie segmenti, tādā veidā tās paralizējot un uzglabājot. Sliekas sastāda 33 – 55%, pēc citiem pētījumiem pat 94%, no kurmju kopējā barības raciona. Putnu un abinieku barībā sliekas var būt no 6,5 - 23,3%. Sliekas ēd jenotsuņi (līdz 8,3%), mežacūkas, ciršļi, arī mājdzīvnieki. Lapsas un āpši sliekas pārtikā izmanto salīdzinoši nedaudz, bet mazuļu barošanas laikā mātītēm tās noder kā viegli pieejams enerģijas avots (Атлавините, 1975; Lee, 1985).

Pētījumos Islandē konstatēts, ka tārtiņi *Pluvialis apricaria* pavasarī, kad zāle vēl īsa, nepilna mēneša laikā var slieku populāciju samazināt uz pusi. Pētījumos Šveicē novērots, ka kaijas rudenī pēc augsnes uzāršanas noēd līdz 100 kg ha⁻¹ slieku, kas sastāda pat 90% no putnu rudens barības raciona. Holandē polderos, lai nodrošinātu agrocenozēs mītošos aizsargājamus putnus, piemēram, ķīvītes, melno puskuitalu, ar nepieciešamo barību - sliekām, lauki tiek speciāli mēsloāti. Putni ēdot sliekas piedalās arī to tālākā izplatībā (Timmerman et al., 2006).

Anglijā lapsas ēd sliekas, ja kādas slimības dēļ ir samazinājies trušu skaits. Jaungvinejā sliekas ir nozīmīga cūku barība. Ehidnām lielu barības raciona daļu sastāda sliekas. Ir zināmas vismaz divas megaskolecīdu slieku sugas no Ziloņkaula Krasta Āfrikā, kas ir plēsējas un pārtiek no citām sliekām. Tomēr šādu datu par dažādu dzīvnieku ietekmi uz slieku populāciju ir maz. Trūkst arī ziņu, ka dzīvnieki šādā veidā varētu būtiski negatīvi ietekmēt to populācijas (Lee, 1985).

Interesanti ir pētījumi par planāriju sugu *Arthurdendyus triangulatus* no Jaunzēlandes, kas 60. gados tika ievazāta Eiropā – Anglijā, Skotijā, Ziemeļīrijā, Farēru salās. Planārijas sasniedz 20 cm garumu, un Jaunzēlandē ir atrodamas mežu augsnēs. Tās pārtiek tikai no sliekām. Viena planārija gada laikā apēd apmēram 52 sliekas. Novērots, ka planārijas Eiropā var ievērojami degradēt augsnes kvalitāti, jo būtiski un ātri samazina slieku skaitu augsnē (Jones et al., 2001).

Atsevišķas augsnes faunas pārstāvju grupas var kalpot arī kā barības objekts sliekām. *L.terrestris* substrātos, kur ir daudz nematožu, barošanās laikā ierij un sagremo arī tās. Sliekas var samazināt nematožu populāciju pat par 66%. Arī mikrofauna var būt nozīmīga pārtikas sastāvdaļa (Атлавините, 1975). Nematožu kutikulas slieku gremošanas sistēmā, iespējams, liecina, ka nematodes var sastādīt daļu no slieku diētas. Kaut arī tiešu pierādījumu tam nav, tomēr slieku izdalītie enzīmi ļauj asimilēt nematožu aminoskābes un citus savienojumus (Monroy et al., 2008).

Tīrumos otrajā gadā pēc uzaršanas parasti novēro ievērojamu nematožu un enhitreīdu skaita palielināšanos, kas seko slieku skaita samazinājumam pēc aršanas (Элитис, 1954). Holandē polderos novērota enhitreīdu skaita samazināšanās pēc tam, kad tur tika ieviestas slieku sugas *L.terrestris* un *A.caliginosa* (Topoliantz, 2000).

10. SLIEKU SUGU CENOZES

Sugu kompleksi ir dzīvnieku sugu, tajā skaitā arī slieku sugu, ekoloģiskā stratēģija, lai samazinātu starpsugu konkurenci, nodrošinātu veiksmīgu reprodukciju un izdzīvotu multisugu biocenozēs. Sliekām sugu cenozes parasti veido 2 - 5 sugas, reti kad vairāk. Nabadzīgās augsnēs parasti sugu ir mazāk, piemēram, *D.octaedra* un *D.rubidus tenuis* cenozes Skandināvijas boreālo mežu skābajās augsnēs. Sliekām nav vērojams sugu daudzveidības pieaugums biocenozēs ziemeļu - dienvidu virzienā, kā tas ir daudzām citām dzīvnieku grupām, un, kas atbilstu Makartūra un Vilsona (McArthur, Wilson, 1967; Lee, 1985) likumiem. Tomēr parasti dienvidu virzienā palielinās slieku izmēri. Eiropas ziemeļu augsnēs to vidējais svars ir 1 g, Centrāleiropas mērenajos mežos 10 g, bet tropu savannās pat līdz 30 – 100 g.

Stabila vide nodrošina pastāvīgus sugu kompleksus ilgākā laika periodā, bet nestabilā vidē, piemēram aramzemēs, sugu kompleksi parasti ir mainīgi un nabadzīgi (Lee, 1985). Galvenie faktori, kas nosaka slieku cenožu veidošanos ir augsnes skābums, organisko atlieku daudzums un piemērotība barībai, kalcija karbonāta saturs augsnē, temperatūra un mitrums. Šie faktori var būt nozīmīgāki slieku cenožu struktūras ietekmēšanā kā atšķirības fitocenozēs (Lee, 1985; Lavelle, 1983).

Ir ziņojumi, ka atsevišķas slieku sugas ekoloģiski var būt savā starpā ciešāk saistītas, un var tikt aplūkotas vienas sistēmas ietvaros kā subsistēmas (Lee, 1985). Tomēr līdzšinējie pretrunīgie novērojumi neļauj droši izdalīt atsevišķu sugu subcenozes kādas lielākas cenozes ietvaros. Piemēram, ir novērojumi Somijā, ka *L.rubellus* un *A.caliginosa* pozitīvi ietekmē viena otru (Räty, Huhta, 2003). Tomēr cits skandināvu pētnieks T.Persson (Persson, 1988) ziņo par negatīvu korelāciju starp šīm sugām, kā arī starp *A.caliginosa* un *D.octaedra*. Ir ziņas par *L.rubellus* negatīvo iespaidu uz lielo sugu *L.terrestris* un *A.longa* pieaugumu, nobriešanu un kokonu producēšanu. Iespējama arī *L.terrestris* un *A.longa* konkurence. Šīs sugu savstarpējās attiecības var saistīt ar barības resursu pieejamību (Butt, 1998). Izteikta negatīva korelācija atzīmēta starp *A.caliginosa* un *L.terrestris*, kā arī *A.caliginosa* un *A.chlorotica* (Edwards, 1983). *L.terrestris* var veidot seklāku eju sistēma *A.caliginosa* klātbūtnē. Savukārt endogeisko slieku *A.chlorotica* augšanu un nobriešanu stimulē *L.terrestris* klātbūtne, kamēr citu slieku

sugu ietekme ir negatīva. Iespējams, ka *L.terrestris* producētie koprolīti ir piemērotāki barības resursi kā apkārtējā minerālā augsne. Visstabilākās slieku cenozes veidojas, ja augsnē ir pārstāvētas visas trīs funkcionāli - ekoloģiskās grupas (Sheehan et al., 2007). C.Andersons uzskata, ka iespējams slieku sugas var viena otru ietekmēt ar ekskrecijas palīdzību, izvirzot to kā vēl vienu faktoru, kas nosaka sugu sadalījumu kādā konkrētā biotopā (Andersen, 1979).

Kaut arī slieku sugas ekoloģiski atšķiras, tomēr to lielākā daļa parasti koncentrējas labvēlīgākās vietās, veidojot dažādu sugu agregācijas. Agregāciju nosaka lokālie apstākļi – mitrums, pH, organisko vielu saturs, augu sugas. Aktīvās epigeiskās sugas bieži koncentrējas ap barības avotiem, piemēram, mēslu pikučiem. Agregāciju var ietekmēt arī slieku reprodukcijas intensitāte un izplatīšanās ātrums. Pieaugušajām izplatība parasti ir vienmērīgāka, bet agregācija vairāk ir raksturīga juvenīlajām sliekām (Satchell, 1955).

11. SLIEKAS KĀ VIDES STĀVOKĻA BIOINDIKĀTORI

Pētot augsnes ekosistēmas funkcijas, ir ļoti svarīgi izdalīt sugas, kas ir nozīmīgas ekosistēmas līdzsvara uzturēšanā. Tām var būt nozīme pat ainavas līmenī. Lai vadītu un attīstītu ilgtspējīgu ekosistēmu, ir svarīgi saprast saistību starp šīm atslēgsugām, to funkcijām ekosistēmā un pašas ekosistēmas funkcijām. Šobrīd vēl nav izstrādātas ērtas, viegli pielietojamas indikatīvās metodes, kas ļautu novērtēt saistību starp ārējo faktoru radītām izmaiņām un sugu daudzveidību un funkcionālo nozīmi. Šādas indikatīvas metodes ir nozīmīgas gan no dabas aizsardzības, gan ekonomiskā viedokļa (Bardgett, Cook, 1998; Bengtsson, 1998; Paoletti, 1999; Coûteaux, Bolger, 2000).

Sliekas ietekmē vienus no svarīgākajiem augsnes procesiem – organisko vielu noārdīšanos un barības vielu apriti. Slieku fauna un tās izmaiņas faktiski atspoguļo augsnes strukturālos, mikroklimatiskos, barības apstākļus, kā arī augsnes toksiskumu (Kuhle, 1983). Izmainās slieku skaits, biomasa, ekoloģiskās grupas, sugu sastāvs un sugu dominance. Visi šie rādītāji labi atspoguļo sekas īslaicīgai antropogēno faktoru iedarbībai. Piemēram, augsnes vienreizējai apstrādei ir ļoti izteikts, bet īslaicīgs efekts uz slieku populācijām. Tomēr sliekas var būt nozīmīgas arī ilglaicīgo seku, kas saistās ar dažādām augsnes kultivēšanas metodēm, novērtēšanā un salīdzināšanā (Christensen et al., 1987; Daugbjerg et al., 1988; Bauchhenß, 2006). Piemēram, ja slieku sugu komplekā lauksaimniecības zemēs tiek atrastas arī jūtīgākas sugas, tad tas liecina par sliekām piemērotiem ekoloģiskajiem vai agrikulrālajiem faktoriem (Ivask et al., 2006).

Sliekas ir viegli identificēt pēc dažām ārējām morfoloģiskām pazīmēm. Tās ir salīdzinoši mazkustīgas, ar sezonāli stabilām taksocenozēm, kas atvieglo izmaiņu konstatēšanu populācijās. Arī nepieciešamo paraugu atkārtojumu daudzumu, lai iegūtie dati būtu statistiski reprezentatīvi, ir salīdzinoši vienkārši paņemt (Bauchhenß, 2006). Sliekas ir arī jūtīgi bioindikātori pesticīdu, dažādu ķīmikāliju un smago metālu toksiskuma pārbaudīšanai augsnē, mēslos, aktīvajās dūņās. Tām ir pietiekami garš dzīves ilgums, lai daudzi ķīmiskie savienojumi pagūtu akumulēties to audos (Paoletti, 1999; Barrera et al., 2000). V.Beiers (Beyer, 2001) gan uzskata, ka augsnes piesārņojumu pēc augsnes makrofaunas populāciju izmaiņām ir grūti novērtēt. Tomēr

piesārņojums ietekmē slietu un citu augsnes faunas pārstāvju funkcionālo darbību, kā sekas ir organisko vielu samazināšanās augsnes minerālajos slāņos un uzkrāšanās virspusē. Augsnes organiskās vielas, pēc V.Beiera domām, ir labāks, stabilāks un vieglāk nosakāms indikators kā dzīvnieku populācijas.

12. SLIEKU SUGAS LAUKSAIMNIECĪBAS ZEMĒS

Lietuvā lauksaimniecības zemēs dominē sugas *A.caliginosa*, *A.rosea* un *A.chlorotica*. Konstatēts, ka sugu izplatību lielā mērā nosaka augsnes mehāniskais sastāvs, organisko vielu saturs un izmantotie dažādie agrotehniskie pasākumi. Skābajās podzola augsnēs dominējošā suga parasti ir *D.octaedra*. Bieži sastopamas arī *D.rubidus tenuis* un *L.rubellus*. Mitrajos kūdrājos parasti dominē suga *E.tetraedra* (Атлавините, 1975; 1990).

Arī Igaunijā lauksaimniecības zemēs dominē *A.caliginosa*. Iespējams, ka šī suga Igaunijā ir parādījusies tikai attīstoties lauksaimniecībai. Otra izplatītākā suga ir *L.rubellus* (Timm, 1970). Arī pēc Tartu pētnieku datiem, kas iegūti no 58 labības laukiem Igaunijā, kā dominējošās (56 - 100%) atzīmētas endogeiskās sliekas. Visos laukos atrasta vienīgi suga *A.caliginosa*. Arī *A.rosea* ir salīdzinoši mazjūtīga pret agrotehniskajiem pasākumiem. *L.rubellus* sliekas arī ir tolerantas pret dažādu faktoru izmaiņām, bet agrotehniskie pasākumi tās ietekmē vairāk. Slieku sugas *A.caliginosa*, *A.rosea* un *L.rubellus* raksturīgas intensīvi apstrādātām lauksaimniecības zemēm. *A.chlorotica*, *L.castaneus* un anētiskās sugas ir jūtīgākas pret zemes apstrādi. To klātesamība slieku cenožēs liecina par labvēlīgākiem agrikulturālajiem apstākļiem. Slieku cenožu struktūra ir labs indikators, lai novērtētu agrotehnisko pasākumu ietekmi uz augsni (Ivask et al., 2007).

Somijas dienviddaļā kultūraugsnēs, pļavās, un auglīgās meža augsnēs sastop *A.caliginos*, *A.rosea*, *L.castaneus*, *L.rubellus*, *L.terrestris*. Ziemeļdaļā šo sugu izplatība aprobežojas tikai ar lauksaimniecībā izmantojamām zemēm (Terhivuo, Valovirta, 1978).

Čehijā, D Bohēmijā kultivētā tīrumā dominē *A.caliginosa* un *O.lacteum*, mazākā mērā *D.rubida*. Papuvē dominē *D.octaedra*, bet pļavā (pH 5,5) līdzīgi ir pārstāvētas sugas *D.octaedra*, *A.rosea*, *L.rubellus*. Vismazākais slieku blīvums ir tīrumā 14,6 ind. m⁻², lielākais pļavā - 243,8 ind. m⁻². Dažādās biocenozēs sugu skaits praktiski neatšķiras, bet sugu struktūra izmainās ievērojami (Pižl, 1992).

Apkopojot daudzo pētījumu datus par dominējošām slieku sugām lauksaimniecības zemēs Skandināvijā, Centrāleiropā un Austrumeiropā, jāsecina, ka

visbiežāk sastopama ir suga *A.caliginosa*. Turpretī skābajās augsnēs palielinās *D.octaedra* un *L.rubellus* īpatsvars.

13. SLIEKU SUGAS LAUKSAIMNIECĪBAS ZEMĒS LATVIJĀ

Atsevišķas ziņas par slieku nozīmi augsnes veidošanas procesos Latvijā parādās jau pirmskara literatūrā. Tā enciklopēdiskajā izdevumā “Latvijas zeme, daba, tauta” (1936) J.Krūmiņš min, ka Latvijā visbiežāk sastop *L.terrestris*, *L.rubellus*, *L.castaneus*, *A.rosea* un *E.foetida*. Fragmentāras ziņas sniedz arī J.Vītiņš (Vītiņš, 1922), P.Galenieks (Galenieks, 1923) un J.Ambainis (Ambainis, 1945), kuri norāda uz slieku nozīmi augsnes veidošanas procesos un kalcija karbonāta pārveidāšanā no augsnes dziļākajiem slāņiem uz augšu, tā intensīvas podzolēšanās apstākļos kompensējot kalcija izskalošanos. Tiek norādīts arī uz paaugstināta augsnes skābuma un mitruma negatīvo ietekmi uz sliekām. Tomēr, pēc J.Vītiņa (Vītiņš, 1926) uzskatiem, sliekām Latvijā augšņu procesos ir otršķirīga nozīme, jo tajos dominē kukaiņi un kāpuri.

Pirmos regulāros pētījumus augsnes faunistikā 1946. gadā uzsāka V.Eglītis, kas 1954. gadā tika apkopoti pazīstamajā grāmatā par Latvijas PSR augsnes faunu – “Фауна почв Латвийской ССР”. Grāmata tika izdota krievu valodā un vēl joprojām gan starp bijušās Padomju Savienības augsnes zoologiem, gan arī citu valstu speciālistiem, tiek ļoti augstu novērtēta. V.Eglītis (Эглитис, 1954) Latvijā lauksaimniecībā izmantojamās zemēs ir atradis 10 slieku sugas. Visparastākā, kas sastopama galvenokārt aramzemēs, ir tūrumslieka *A.caliginosa*. Šī suga ir atrasta līdz 50 cm dziļi augsnēs ar skābumu pH 3,6 – 7,8. Tā ir viena no nozīmīgākajām sugām augsnes veidošanas procesos. Blīvums velēnu karbonātaugsnēs parasti ir 100 – 300 ind. m⁻². Bieži sastopama ir arī *A.rosea*, parasti blīvumā daži desmiti kvadrātmetrā. Arī šī suga ir nozīmīga augsnes veidošanas procesos. Cita nozīmīga suga *L.terrestris*. Šī suga atrasta blīvumā 30 – 40 ind. m⁻². Zemgales augsnēs to ejas iestiepjas pat 1,5 m dziļumā. *L.terrestris* netika atrasta smilšu un kūdras augsnēs. Cita dziļi augsnē dzīvojoša suga ir *A.longa*. Ekoloģiski tā ir līdzīga dižsliekai, bet sastopama retāk. Lauksaimniecības zemēm tipiska ir *A.chlorotica*, bet parasti atrasta salīdzinoši nelielā skaitā. Plaši izplatītas dažādos biotopos, tajā skaitā agrocenozes, ir *L.rubellus* un *L.castaneus*. *L.rubellus* bieži ir dominējošā suga mežos. *L.castaneus* lielos daudzumos koncentrējas zem organiskajām atliekām. *D.octaedra* sliekas dod priekšroku nedaudz skābām pH 4,4 – 5,3 augsnēm. Tā ir atrodama kūdrā, zem sūnām uz dolomītiem un smiltīm, kas liecina

par to nozīmi sākotnējos augsnes veidošanās procesos uz iežiem. Salīdzinoši retāk atrastas sugas *D.rubidus tenuis* un *O.lacteum*. Pēdējā ir vairāk raksturīga auglīgām mazdārziņu augsnēm.

Vislielākā slieku dažādība konstatēta palieņu pļavās un Pierīgas dārzos. Tā Skangaļos palieņu pļavās vienviet atrastas 8 slieku sugas - *A.caliginosa*, *A.chlorotica*, *A.longa*, *L.rubellus*, *L.castaneus*, *L.terrestris*, *A.rosea*, *E.tetraedra*. Kopumā palieņu pļavās atrastas praktiski visas mūsu sugas. Slieku blīvums parasti 100 – 150 m². Dominē *A.caliginosa*, retāk *L.rubellus*. Dārzos atrastas 10 slieku sugas.

Aramzemēs sliekām visbagātākās ir smilšmāla velēnu karbonātaugsnes. Sliekas tīrumos parasti apdzīvo augšējos 10 cm (53 – 96%). Rudenī tās lien dziļāk augsnē. Dabiskā vertikālā izplatības robeža dziļi dzīvojošām sugām parasti ir grunts ūdeņu līmenis. Dominē *A.caliginosa*, daudz ir arī *L.terrestris*. Liela nozīme ir arī *A.rosea*. Citām sugām mazāka. Ja tiek audzēti daudzgadīgie zālāji, slieku skaits pieaug, it īpaši pirmajā gadā. Savukārt aršana atstāj nelabvēlīgu iespaidu. Smilšainās augsnes ir regulāri jākopj un jāmēslo, pretējā gadījumā slieku skaits samazinās, vai tās var pat vispār izzust (Эглитис, 1954).

14. LATVIJAS SLIEKU SUGU EKOĻOGISKAIS RAKSTUROJUMS

D.octaedra. Nelielas 20 – 60 mm garas sliekas tumši sarkani violetā krāsā. Ķermeņa forma aiz jostiņas četrstūrains. Ekoloģiski viseivalentākā no visām ziemeļu palearktiskajām sugām. Acidofīla, sastopama pat meža augsnēs ar skābumu pH 3,3 - 3,5 un zemāk (Dunger, 1983; Terhivuo, 1988). Sliekas barojas ar detritu un ir tipiski epigeiskas sliekas - augsnes humusa horizonta virspuses apdzīvotājas. Tās sastopamas pat Arktiskajos kalnos un salās. *D.octaedra* nozīme augsnes humusa veidošanā ir neliela. Nelabvēlīgos apstākļos *D.octaedra* neveic vertikālas migrācijas, un diapauze tām neiestājas. Sliekas saglabā aktivitāti arī siltās ziemās. To kokoni ir salizturīgi. Tie labi pacieš $-10 - -20^{\circ} \text{C}$ temperatūras, izdzīvojot pat pie -40°C (Terhivuo, 1989b; Holmstrup et al., 1990; Berman, et al., 2001; Leirikh, et al., 2004; Hale et al., 2006). Slieku reprodukciju nodrošina obligātā partenogēnēze un lielais producēto kokonu skaits. *D.octaedra* ir raksturīga poliploīdija. Somijā tās parasti ir heksaploīdas, bet citur atrastas arī ar kariotipu 5n, 6n, 6n-x, 6n+x, 8n (Terhivuo, 1989a).

D.rubidus tenuis. Nelielas 30 – 60 mm garas sliekas, sarkani violetā krāsā ar tumšāku dorzālo pusi. Sliekas ir eivalentas, ekoloģiski un bioloģiski ļoti tuvas *D.octaedra*. Visās augsnēs sastopama nelielā skaitā (Атлавините, 1975; Terhivuo, Valovirta, 1978). Arī šīm sliekām ir sastopamas poliploīdas un partenogēnētiskas formas. Iespējams, ka *D.rubidus tenuis* ir nevis atsevišķa pasuga, bet gan kāda no nominālsugas *D.rubidus rubidus* morfoloģiskajām formām (<http://earthworms.elte.hu>).

D.rubidus subrubicundus. Nelielas 50 – 90 mm garas sliekas, sarkani violetā krāsā ar tumšāku dorzālo pusi. Visbiežāk atrodamas komposta kaudzēs, aktīvajās dūņās, mēslos, reizēm ļoti lielā blīvumā. Dabiskajos biotopos un agrocenozēs sastopamas ļoti reti. Iespējams, ka arī *D.rubidus subrubicundus* ir nevis atsevišķa pasuga, bet gan kāda no nominālsugas *D.rubidus rubidus* morfoloģiskajām formām (<http://earthworms.elte.hu>).

L.rubellus. Vidēji lielas sliekas 33 – 150 mm. Krāsa tumši sarkana – violeta. Astes daļa nedaudz saplacināta. *L.rubellus* ir tipiska meža augšņu virskārtas suga, kas barojas ar kritušajām lapām. Sliekas ir aktīvas meža pakaišu pārstrādātājas un ir nozīmīgas augsnes veidošanās procesos. Tomēr augsnes struktūru ietekmē mazāk kā *A.caliginosa* (Huhta, Kulmala, 1985). Nelabvēlīgos klimatiskajos apstākļos sliekas migrē augsnes dziļākajos slāņos. Tām nav novērota diapauze. *L.rubellus* ir acidotolerantas un apdzīvo dažāda skābuma augsnes no pH 3,3 - 6,7 (Dunger, 1983) vai pat no pH 2,4 - 9 (Terhivuo, 1988). Attiecībā pret augsnes skābumu *L.rubellus* ir viena no eirivalentākajām sugām. Tomēr to blīvums parasti korelē ar augsnes auglību un skābumu (Terhivuo, Valovirta, 1978; Атлавините, 1975). *Mor* humusa augsnēs sliekas atrodamas nelielā blīvumā. To izplatību nabadzīgajos augšņu tipos ierobežo barības trūkums – koku un lakstaugu lapas (Huhta, Kulmala, 1985).

L.castaneus. Lapu slieka. Tipiska meža augšņu virskārtas suga, kas barībā patērē galvenokārt kritušās lapas. Ķermeņa izmēri ir mazi 30 – 60 mm, krāsa zaigojoša tumši sarkana - violeta. Kā acidotoleranta suga tā ir raksturīga lapu koku mežiem ar vāji skābām un neitrālā augsnēm. Skuju koku mežu skābajās augsnēs tās nav sastopamas. Sliekas ir salizturīgas un spēj pārziemot sasalušā augsnē gan kokonos, gan postembrionālā stadijā. Tās Somijā atrastas pat uz sniega (Terhivuo, 1988). Nelabvēlīgos apstākļos *L.castaneus* var arī migrēt uz augsnes dziļākiem slāņiem.

L.terrestris. Dižslieka. Lielākā mūsu slieku suga. Garums no 90 - 300 mm. Ķermeņa priekšdaļa tumši sarkana, aiz jostiņas kļūst gaišāka ar tumšu līniju dorsālajā pusē. Astes daļa stipri saplacināta (Перель, 1979). Sliekas ir anētiskas, tās apdzīvo dziļākos augsnes slāņus vairāku desmitu centimetru dziļumā, pēc barības, pārsvarā vecajām lapām, izlienot augsnes virspusē (Lee, 1985). *L.terrestris* ir ļoti nozīmīgas augsnes humusa un struktūras veidotājas. Tā ir parasta suga lapu koku mežos, pļavās, arī kultūraugsnēs. Nelabvēlīgos apstākļos un draudot briesmām *L.terrestris* migrē augsnes dziļākajos slāņos.

Allolobophora chlorotica chlorotica. Zaļā tīrumslieka. Nelielas, 30 – 85 mm garas sliekas vai nu zaļā, vai sārtā krāsā. Suga ir stenobionta un sastopama tikai neitrālās vai vāji skābās augsnēs. Parasta māla augsnēs tīrumos, dārzos, pļavās, kur var būt arī dominējošā suga. Sliekas ir geofāgas. Tās barojas un apdzīvo augsnes minerālos slāņus, un ir nozīmīgas augsnes veidošanas procesos (Lee, 1985; Terhivuo, 1988; Satchell, 1967). Sliekas ir ļoti sala jūtīgas pat kokonu stadijā (Hale et al., 2006). *Allolobophora chlorotica chlorotica* sastop divas krāsu formās - zaļā un sārtā. Zaļo krāsu sliekām dod bilīnu pigmenti, kas ir heterociklisko aromātisko savienojumu porfirīnu metaboliskie produkti. Zaļā forma parasti dzīvo mitrākās, sārtā – sausākās augsnēs. Zaļajai formai ir būtiski lielāks augšanas ātrums, arī kokonu producēšana ir intensīvāka. Sausums to attīstību un izdzīvošanu ievērojami nomāc. Sārtā forma ir sausumizturīgāka, un mitruma izmaiņas tās attīstību būtiski neietekmē. Formas neatšķiras pēc jūtīguma attiecībā uz UV starojumu, tām nav novērotas izdzīvošanas priekšrocības attiecībā pret putniem. Augsnes mitrums darbojas kā izolācijas barjēra, tāpēc parasti populācijas ir monomorfas. Ģenētiskie pētījumi liecina, ka sārtā forma dominē pār zaļo. Slieku heterozigotiskie pēcnācēji parasti ir vai nu pilnībā, vai daļēji sterili (Satchell, 1967; Lowe, Butt, 2007). Iespējams, ka runa ir par divām dažādām sugām – *A.chlorotica* un jau 19. gadsimtā kā atsevišķu sugu aprakstīto *Allolobophora virescens* (Savigny, 1826) (Lowe, Butt, 2008).

A.caliginosa caliginosa. Viena no Latvijas visizplatītākajām slieku sugām gan mežu augsnēs, gan aramzemēs. Tās ir vidēji lielas 50 – 170 mm, nepigmentētas ar nedaudz iesārtu galvas galu (Перель, 1979). Tās ir eirivalentas, acidotolerantas un augsnē atrodamas jau pie pH 3,6 (Эглитис, 1954). Tomēr skuju koku mežos tās ir retas, ko nosaka barības nepiemērotība un vāji attīstītais humusa horizonts (Huhta, Kulmala, 1985). Sliekas ir geofāgas un barojas augsnes humusa horizontā, pārstrādājot lielu daudzumu augsnes. Tās ir aktīvas vienīgi rudens un pavasara mēnešos. Vasarā un ziemā sliekām, neatkarīgi no klimatiskajiem apstākļiem, iestājas obligātā diapauze. *A.caliginosa* ir viena no nozīmīgākajām humusa veidotājām sugām (Стриганова, 1980). Atkarībā no sezonas sliekas ir atrodamas 0 – 40 cm dziļumā (Атлавините, 1975,

Abrahamsen, 1972). *A.caliginosa* spēj reproducēties gan partenogēnētiski, gan biparientāli. Reizēm atrod 2n, 3n, 4n poliploīdas formas (Terhivuo, 1988).

A.longa longa. Zilgalvis. Lielas, 90 – 200 mm. Krāsa zaigojoša pelnu pelēka, galvas daļa tumši violeta. Astes gals stipri saplacināts (Перель, 1979). Sinantropa, acidointoleranta suga, ko vsbiežāk atrod auglīgā augsnē dārzos, tīrumos, retāk mežos (Terhivuo, 1988). Sliekas primāri ir geofāgas un apdzīvo augsnes minerālo slāni, bet reizēm izlien augsnes virspusē, lai ievilkto alās kritušās lapas. *A.longa* barošanās ziņā ieņem starpstadiju starp geofāgajām un detritofāgajām sliekām (Lee, 1985; Satchell, 1955; <http://earthworms.elte.hu>). Pieaugušās sliekas sastopamas augsnē pat vairāku desmitu centimetru dziļumā.

A.rosea rosea. Nelielas – vidēji lielas sliekas 35 – 150 mm. Nepigmentētas vai viegli rozīgā krāsā (Перель, 1979). Acidointoleranta un sinantropa suga. Viena no parastākajām sugām pļavās, auglīgās meža augsnēs, kultivētā zemē. Sliekas reproducējas galvenokārt partenogēnētiski, bet spēj vairoties arī biparientāli. *A.rosea* veido dažādas partenogēnētiskas morfas. Sliekas ir endogeiskas. Tās dzīvo un barojas augsnes minerālajā slānī, tomēr priekšroku dod ar organiskajām vielām bagātākajam detritam (Lee, 1985; Satchell, 1955; Terhivuo, 1988; <http://earthworms.elte.hu>).

A. limicola. Nelielas - vidēji lielas sliekas, 80 – 90 mm. Nepigmentētas vai rosīgā krāsā (Christian, Zicisi, 1999). Pēc izskata viegli sajaucamas ar sugām *A.caliginosa* un *A.rosea*. Atrastas lielā blīvumā Salaspils Botāniskajā dārzā un tā apkārtnē. Dabiskais areāls aptver Centrālo un Rietumeiropu. Endogeiskas sliekas, kas barojas augsnes minerālajā slānī. Visbiežāk mitrā, pārpurvotā augsnē. Šī suga Latvijas kaimiņvalstīs līdz šim nav atrasta.

O.lacteum. Vidēji lielas sliekas 30 – 180 mm. Parasti nepigmentētas – zilgani pelēcīgas (Перель, 1979). Liela variabilitāte, jo veido daudz partenogēnētiskas formas. Endogeiskas, dzīvo augsnes minerālajā daļā. *O.lacteum* priekšroku dod mitrām, ar Ca

bagātām augsnēm. Parasti lielā blīvumā sastopamas ūdenskrātuvju palieņu augsnēs (<http://earthworms.elte.hu>).

E.tetraedra. Mazas, dzeltenīgi brūnas sliekas 20 – 70 mm. Aiz jostiņas ķermenim izteikti kvadrātiska forma (Perel, 1979). Suga ir semiakvātiska, un visbiežāk sastopama mitrās aluviālās piekrastes augsnēs. Atrod arī ūdenskrātuvēs bentosa paraugos. Barojās augsnes virsējos slāņos. Sliekas ir partenogēnētiskas un veido dažādas partenogēnētiskas morfas (Terhivuo, 1988; <http://earthworms.elte.hu>).

E.foetida. Mēslu sliekas. Nelielas – vidēji lielas 40 – 130 mm. Sārti violetas vai sarkanas ar gaišākām joslām starp segmentiem. Var būt dzeltenīga astes daļa (Перель, 1979). Vairošanās parasti biparentāla, bet iespējama arī partenogēnēze (Terhivuo, 1988). Ģints *Eisenia* sistemātika ir jārevidē, jo vairākas Aizkaukāza un Mazāzijas sugas tiek pieskaitītas *E.foetida*. Sliekas Latvijā ir ievazātas, un tās ir izteikti sinantropas. Slieku dabiskais areāls ir Kaukāzs un Krievijas meža stepju zona, kur sliekas atrod zem kritušo koku mizas un pūstošā augu materiālā. Sliekām ir savdabīgs aizsardzības mehānisms – apdraudētas tās spēj no muguras porām izspiest dzeltenu, smirdīgu šķidrumu. *E.foetida* ir augsts reproducēšanās ātrums. Tās nobriest 2,5 - 3 mēnešos, labvēlīgos apstākļos izveidojot pat 3 - 4 paaudzes gada laikā (<http://earthworms.elte.hu>). *E.foetida* tiek kultivētas vermikultūrās kā dzīvnieku barības objekts, makšķernieku vajadzībām, olbaltumvielu iegūšanai un atkritumu kompostēšanai. *E.foetida* ir selekcionētas vairākas kultūrformas.

15. SLIEKU PARAUGU IEVĀKŠANAS METODEDES

Visas metodes, kas tiek izmantotas slieku iegūšanai no augsnes paraugiem, nosacīti var iedalīt divās grupās. Tās ir metodes, kas balstās uz paša augsnes pētņieka spēju atrast un ievākt sliekas, un metodes, kurām pamatā ir slieku kairināmība un bēgšanas reakcija izvairoties no ķīmiska vai cita veida kairinātāja (Lee, 1985).

15.1. Slieku paraugu ievākšana rokot

Augsnes paraugus parasti ievāc vai nu rokot parauglaukumos noteikta izmēra bedres (25 x 25 cm, 50 x 50 cm, 100 x 100 cm), vai paņemot paraugus ar metāla rāmja vai cilindra palīdzību, to iedzenot zemē. Ieteicamais cilindra diametrs ir ap 16 cm. Ja tas ir mazāks, tad vākumos ir daudz ievainoto un sagriezto slieku (Springett, 1981).

A.Zisci (Zisci, 1958) ne pārāk akmeņainās lauksaimniecībā izmantojamās augsnēs un pļāvās iesaka ņemt 25 x 25 cm paraugus 20 cm dziļumā, kas atbilst aramkārtai. Ja paraugi ir lielāki, grūtāka kļūst to šķirošana un izskatīšana. Paņemto paraugu skaits ir atkarīgs no slieku sugas, to agregācijas pakāpes. Tomēr, lai tiktu iegūti rezultāti ar salīdzinoši nelielu aritmētiskā vidējā reprezentācijas kļūdu, jābūt vismaz 10 – 15 atkārtojumiem.

V.Eglītis (Эглитис, 1954) makrofaunas, tajā skaitā slieku, ievākšanai raka 50 x 50 cm (0,25 m²) bedres 25 cm dziļumā un pēc tam augsni rūpīgi izšķiroja ar rokām. Paraugi no dziļākiem slāņiem tika ņemti tikai augsnes dzīvnieku sezonālā vertikālā sadalījuma pētījumos. Šādā veidā divatā strādājot, atkarībā no tā vai augsne ir irdena smilšaina, vai blīva mālaina, 1 paraugu ir iespējams izskatīt 1 – 3 stundu laikā. Augsnēs ar lielāku māla saturu V.Eglītis iesaka izmantot paraugu izsijāšanu un izskalošanu caur vairākiem sietiem ar dažādu acu diametru. Paraugi tiek ņemti ar metāla rāmi platībā 0,1 m² 10 cm dziļumā, ievietoti sietos un ar ūdens strūklu skaloti vispirms sietos ar lielāku acu diametru, tad ar mazāku. Tomēr metode nav ieguvusi popularitāti, jo ir darbietilpīga, laikietilpīga un pielietojama tikai stacionāros apstākļos ar ūdensvada pievadi (Гиляров, 1987; Lee, 1985; Raw, 1960; Satchell, 1971).

Vairāki autori (Гиляров, 1987; Lee, 1985; Raw, 1960; Satchell, 1971) norāda, ka augsnes paraugus ir lietderīgi izsijāt ar sietu. Īpaši ieteicama šī metode ir ievācot sliekas no meža zemsedzes. Tādā veidā var atrast lielu daļu no sīkajām un vēl nepieaugušajām sliekām.

O. Atlavinīte (Атлавините, 1975, 1976, 1990) savos pētījumos Lietuvas augsnēs paraugus ņēma no 50 x 50 cm augsnes bedrēm, rokot tās 30 – 50 cm dziļumā. Katrā parauglaukumā tika ņemti 5 šādi paraugi. Izraktā augsne tika izbērtā uz polietilēna plēves un pēc tam rūpīgi ar rokām izšķīrota. Līdzīgu slieku ievākšanas metodi iesaka M. Giļarovs (Гиляров, 1987). Arī viņš rekomendē rakt 50 x 50 cm augsnes bedres. Vietās ar piemērotu augsnes profilu un mehānisko sastāvu, paraugu platību var samazināt līdz 25 x 25 cm, vienlaicīgi palielinot izskatīto paraugu skaitu. Tas ļauj iegūt reprezentatīvākus datus par slieku blīvumu un sugu sastāvu. Slieku maksimālās aktivitātes laikā, pavasara un rudens mēnešos, pietiek, ja paraugi tiek ņemti 30 – 50 cm dziļumā. Paraugu izšķīrošana ar rokām notiek turpat lauka apstākļos. Tas ir laikietilpīgs un nogurdinošs darbs, tāpēc šķīrošanā ir nepieciešams iesaistīt vairākus pieredzējušus darbiniekus. Augsnes paraugus var ņemt arī ar tērauda cilindra palīdzību, ievietojot tos polietilēna maisiņos un šķīrošanu veicot kamerālos apstākļos (Гиляров, 1987).

15.2. Augsnes paraugu izšķīrošana ar rokām

Paņemtais augsnes paraugs tiek rūpīgi izšķīrots sadrupinot to pirkstos un ievācot visas atrastās sliekas. Atrastās sliekas parasti tiek ievietotas stikla pudelītēs ar klāt pievienotu etiķeti. Neskatoties uz metožu pilnveidošanu un pat tehnisku līdzekļu izmantošanu, šķīrošana ar rokām joprojām ir galvenais veids kā tiek ievāktas sliekas. Tā tiek uzskatīta arī par visprecīzāko metodi (Bouche, 1969; Satchell, 1971; Springett, 1981).

Atkarībā no augsnes struktūras, augu segas, kā arī paša pētnieka pieredzes un vērtīguma, parasti izdodas atrast 50 – 90% paraugā esošo slieku, kas sastāda līdz 95% no kopējās slieku biomasas. Tomēr šādus rezultātus var iegūt vienīgi, ja augsnes paraugi tiek šķīroti labā apgaismojumā laboratorijas apstākļos. Šķīrošana ar rokām uz lauka ir

nogurdinoša un mazāk efektīva. Ievākto slieku skaits ir vairāk kā 2 reizes mazāks, kā strādājot laboratorijas apstākļos (Springett, 1981). Sliekas, kuru izmēri ir mazāki par 2 cm, šādā veidā ir samērā grūti atrast. Šī metode ir nederīga, ja darba uzdevums ir slieku populācijas vecuma struktūras pētīšana. Tā ir mazpiemērota arī tādām sugām, kuras augsnē veido dziļas ejas, piemēram, *L. terrestris* (Raw, 1960). Metodes trūkums ir arī salīdzinoši lielā laukietilpība (Springett, 1981).

15.3. Metodes, kuru pamatā ir slieku kairināmība un bēgšanas reakcija

Galvenokārt tiek pielietoti ķīmiskie repelenti, parasti - formalīna šķīdums 0,14 - 0,5% koncentrācijā, kas ir bieži pielietota metode. J.E.Satčels (Satchell, 1969) rekomendē 0,5 m² platību ar 10 minūšu intervālu apliet 3 reizes ar apmēram 9 litriem formalīna šķīduma. Metodes efektivitāte ir atkarīga no temperatūras un augsnes mitruma - galvenajiem faktoriem, kas ietekmē slieku aktivitāti. Rezultātu ietekmē arī augsnes struktūra, porainība un horizonti. Salīdzinot ar roku šķirošanu, formalīna metode ir efektīvāka dziļāko augsnes horizontu sugām, kas dzīvo vertikālās ejās, piemēram, *L. terrestris*, bet vairāk kā 2 reizes neefektīvāka citām slieku sugām, kas augsnē veido horizontālas ejas. Arī citi pētnieki atzīst formalīna metodes mazo efektivitāti salīdzinot ar roku šķirošanu (Bouche, 1969; Lee, 1985; Springett, 1981). Pēc M.Giļarova (Гиляров, 1987) novērojumiem formalīna metode ir noderīga slieku sugu kvalitatīvajos pētījumos, bet mazpiemērota kvantitatīvajiem vākumiem. Formalīns ir toksisks augsnes organismiem un sliekām. Videi daudz draudzīga ir "sinepju metode", kurā kā repelentu izmanto alilizotiociānu, vielu, ko iegūst no melno vai brūno Indijas sinepju sēklu eļļas. Metode ir ļoti efektīva dziļi dzīvojošām sugām pat sausā augsnē. Tomēr tā ir mazpiemērota endogeisko sugu ievākšanai (Eisenhauer et al., 2008).

Slieku ekstrakcijai no augsnes ir izmantotas arī citas ķīmikālijas - 0,1% HgCl₂, *mowrah* miltus, ko iegūstus no *Madhuca longifolia* koka, KMnO₄. Tomēr šīs metodes nav guvušas plašu atzinību un mūsdienās praktiski vairs netiek pielietotas. Piemēram, kālija permanganāts stipri kairina slieku epidermu, un daudzi tārpi iet bojā vēl pirms tie

sasniedz augsnes virspusi. Salīdzinot ar sijāšanu ar rokām šīs metodes ir vismaz 10 reizes neefektīvākas (Lee, 1985; Satchell, 1971).

Slieku materiāla iegūšanai tiek pielietota arī karstuma ekstrakcija. Šajā gadījumā pielieto modificētas Bērmana ekstrakcijas piltuves, kas parasti tiek izmantotas nematožu ekstrakcijai. Metodi rekomendē pielietot, ja augsnes paraugos – velēnās ir blīvs sakņu tīkls. Tā ir ļoti efektīva mazām, augsnes virspuses sugām un juvenīlajām sliekām. Ar šo metodi var iegūt 95% no slieku populācijas (Lee, 1985; Satchell, 1971).

Pazīstama ir arī metode, kur slieku izdzīšanai no augsnes tiek izmantota elektrība. Materiāla iegūšanai zinātniskajiem pētījumiem ir izveidoti pat speciāli elektriskie aparāti (Lee, 1985). Salīdzinot ar roku metodi, elektrometode ir mazefektīvāka. Tās efektivitāte variē atkarībā no augsnes tipa un mitruma. Metode ir vairāk piemērota endogeisko slieku iegūšanai (Eisenhauer et al., 2008). Tomēr makšķernieki elektrisko strāvu samērā efektīvi izmanto arī lielo (anētisko) ēsmas slieku iegūšanai.

15.4. Paraugu fiksācija

Slieku fiksācijai visbiežāk izmanto 70 – 80% etilspirtu vai arī 4% formalīnu. Ķimikāliju šķaidīšanai iesaka izmantot destilētu vai vairākkārt novārītu ūdeni. Cieta ūdens pielietošana šādiem nolūkiem var radīt nogulsnes, kas bojā fiksēto materiālu. Ilgstoši glabājot sliekas spirtā, tās kļūst mīkstas un ir ļoti grūti izmantojamas identifikācijai un morfoloģiskajos pētījumos. Formalīnā, savukārt, sliekas kļūst cietas, sakrokojas un saraujas. Arī šādas sliekas ir grūti izmantot pētījumos (Стриганова, 1987).

I.Маļēвиčс (Малевич, 1950) rekomendē sliekas vispirms nomērdēt vājā formalīna šķīdumā, tad izņemt no tā, nosusināt uz filtrpapīra, iztaisnot un tikai tad ievietot 4% formalīna šķīdumā. Šādā veidā fiksētas sliekas ilgstoši saglabā ķermeņa formu un var tikt izmantotas gan identifikācijai, gan morfoloģiskajos pētījumos.

Tiek arī ieteikts sliekas no sākuma fiksēt 10% formaldehīdā, bet pēc tam glabāt 70 - 90% spirtā. Tomēr lielākā daļa pētnieku fiksācijai lieto 4 - 10% formaldehīda šķīdumu (Lee, 1985).

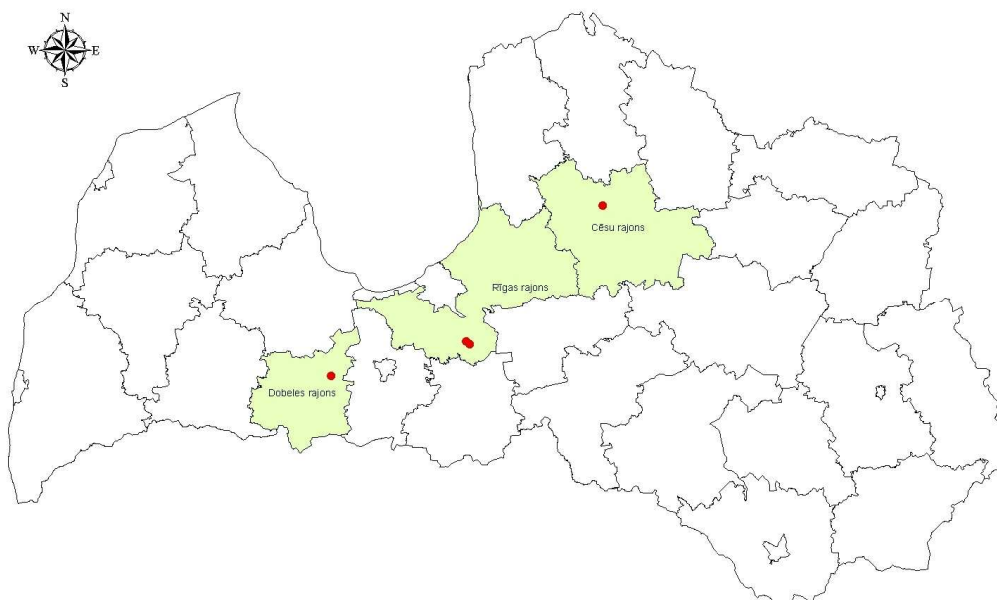
16. LAUKSAIMNIECĪBĀ IZMANTOJAMĀS ZEMES PĀRRAUDZĪBAS SISTĒMA

Lauksaimniecības zemes pārraudzība (monitorings) tika uzsākta 1992. gadā. Tā tika balstīta uz stacionāriem novērojumiem par antropogēnās slodzes ietekmi uz lauksaimniecības zemēm noteiktās novērojumu vietās. Pārraudzības mērķis bija sekmēt lauksaimniecības zemju aizsardzību un veicināt ekoloģiski pareizu un saimniecisku zemes izmantošanu. Laika periodā no 1992. - 1999. gadam tika veikti novērojumi par zemes īpašību, piesārņotības un produktivitātes izmaiņām antropogēnās slodzes ietekmē, kas kalpotu par pamatu ieteikumiem antropogēnās slodzes regulēšanai. Ar Latvijas Valsts zemes dienesta ģenerāldirektora pavēli 1994. gada 14. februārī tika apstiprināts "Nolikums par Latvijas Republikas lauksaimniecībā izmantojamās zemes pārraudzību." Kompleksie novērojumi tika veikti 12 vietās uz 20 augšņu paveidos. Lai iegūtie dati būtu pietiekami reprezentatīvi, novērojumu vietas tika izvēlētas tā, lai pēc iespējas labāk reprezentētu Latvijas lauksaimniecībā izmantojamo zemju augsnes. Novērojumi tika balstīti uz lauku vēsturi, kā arī papildus tika noteikti sekojoši parametri: augsnes ķīmiskās un fizikālās īpašības, augu barības vielu piesārņojums ar smagajiem metāliem, radionukleotīdiem un pesticīdu atliekām, raža un lauksaimniecības kultūru produktivitāte (Vucāns u.c., 1996; 2000).

Sadarbībā ar Bioloģijas institūta speciālistiem trīs novērojumu vietās septiņos augsnes paveidos laika posmā no 1992. līdz 1998. gadam tika uzskaitīta augsnes epigeiskā un makrofauna, tajā skaitā arī sliekas (16.1.att.). Augsnes faunas pētījumi tika veikti Latvijā izplatītos augšņu paveidos: smilts un mālsmilts velēnu podzolaugsnēs, smilts un mālsmilts velēnpodzolētās glejaugsnēs, smilšmāla velēnglejotās, smilšmāla velēnu karbonātaugsnēs un zemā purva kūdraugsnēs.

Sliekas tika ievāktas sekojošo komplekso pētījumu vietās iekārtotos parauglaukumos - Rīgas rajona Baldones pagastā (3 parauglaukumi), Dobeles rajona Dobeles pagastā (2 parauglaukumi) un Cēsu rajona Priekuļu pagastā (2 parauglaukumi). Parauglaukumi atradās ražošanas laukos, kas tika izmantoti atbilstoši apsaimniekošanas plāniem. Katrā novērojumu vietā, lai aptvertu uz dažādiem reljefa elementiem izvietoto augšņu kombinācijas, pēc katēnas principa tika iekārtoti 2 stacionārie parauglaukumi 10

x 10 m platībā, viens ar augstāku reljefa novietojumu, otrs ar zemāku. Parauglaukumu viena mala sakrita ar katēnas malu. Baldonē papildus vēl tika ierīkots viens parauglaukums nosusināta purva kūdras augsnē.



16.1. attēls. Lauksaimniecībā izmantojamās zemes pārraudzības sistēma slieku paraugu ņemšanas vietas (●)

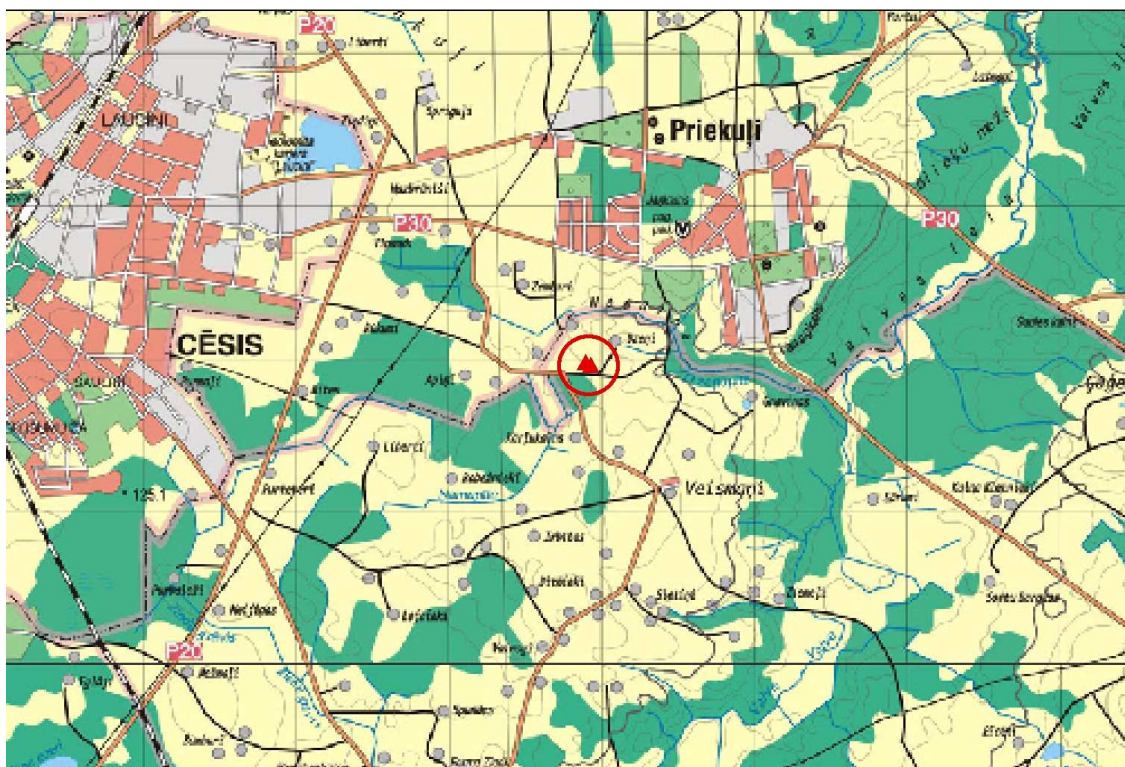
Šajos laukos katru gadu tika noteikti augsnes aramkārtas agroķīmisko īpašību rādītāji. Katrā lauciņā randomizēti ar metāla augsnes urbi ar diametru 9,6 cm (urbja atveres laukums: 72,35 cm²) tika ievākti 30 augsnes paraugi. Paraugi tika ņemti līdz 25 cm dziļumam. Viena augsnes parauga aptuvenais tilpums – 1800 cm³. Paraugi tika vākti reizi gadā rudenī – septembra beigās, oktobra sākumā, slieku rudens aktivitātes periodā.

Pēc augsnes paraugu ievākšanas, tos ievietoja polietilēna maisiņos un transportēja uz LU Bioloģijas institūta Bioindikācijas laboratoriju, kur tajā pašā dienā tie tika izskatīti. Atrastās sliekas un citi makrofaunas pārstāvji tika ievietoti stikla pudelītēs un nofiksēti formalīnā. Ievāktās slieku sugas tika identificētas un uzskaitītas laboratorijā ar binokulārās lupas palīdzību.

16.1. Parauglaukumu raksturojums

16.1.1. Komplekso novērojumu vieta Priekuļos

Priekuļu novērojumu vieta atrodas Cēsu rajona Priekuļu pagastā, Ziemeļlatvijas morēnu līdzenumā un paugurainē (16.2.att.). Priekuļos tika izdalīti divi blakus novietoti parauglaukumi – Priekuļi 1 (parauglaukuma piesaistes punkta koordinātes: 57°18'30" N; 025°20'21" E) un Priekuļi 2 (57°18'29" N; 025°20'36" E), attiecīgi ar augstāku un zemāku reljefa novietojumu. Zemes lietošanas veids – tūrums, ko intensīvi apsaimniekoja Priekuļu selekcijas stacija (Priekuļu SIS). Platība 1957. – 1960. gadā tika meliorēta.



16.2. attēls. Priekuļu novērojumu vietas parauglaukumi (“LR Satelītkarte”, Valsts zemes dienests)

▲ - paraugu ņemšanas vietas

Parauglaukuma Priekuļi 1 augsnes tips ir velēnu vidēji podzolēta mālsmilts augsne (Velēnpodzolētā glejotā augsne).

Parauglaukuma Priekuļi 2 augsnes tips – velēnu vidēji podzolēta glejota dziļa uznesuma mālsmilts augsne (Velēnpodzolētā glejotā augsne).

16.1. Tabula.

Augšņu ķīmisko īpašību rādītāji komplekso novērojumu vietās Priekuļi 1 un Priekuļi 2

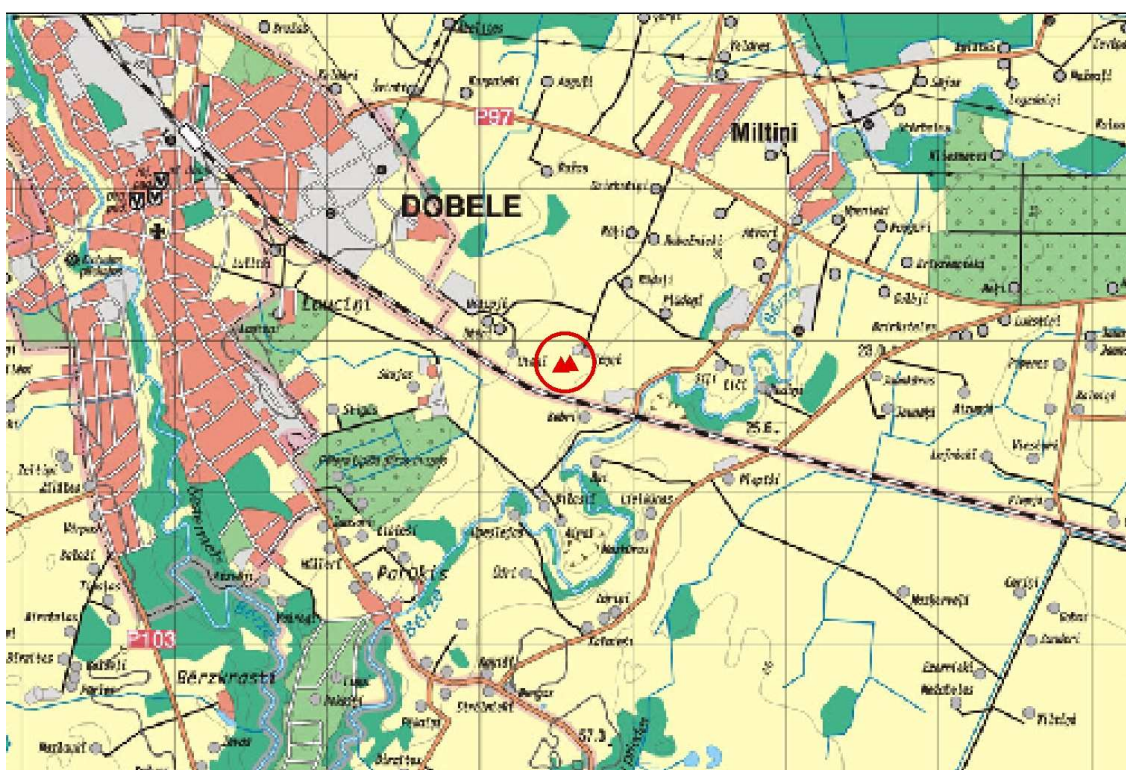
* Trūdvielu horizonta apakšējā robeža ir 30 – 37 cm

Rādītāji	Paraugu ņemšanas dziļums			
	Priekuļi 1		Priekuļi 2	
Horizonta dziļums	0 – 20cm	20 – 37cm*	0 – 20 cm	20 – 40 cm
pH _{KCl}	5,4	5,4	4,5	5,0
Org. viela %	1,9	1,7	2,0	1,9
P ₂ O ₅ mg/kg	252	195	176	109
K ₂ O mg/kg	354	293	161	78
Sakārtas blīvums g/cm ²	1,51	1,7	1,42	1,52

Dati par augšņu ķīmiskajām īpašībām ir apkopoti 16.1. tabulā, bet par audzētajām kultūrām un veiktajiem agrotehniskajiem pasākumiem ir apkopoti tabulās 1.pielikumā (Priekuļi 1) un 2. pielikumā (Priekuļi 2). Pētījumu periodā augsne abos parauglaukumos tika intensīvi apstrādāta, augsekas rotācija tika veikta katru gadu. Herbicīdi izmantoti gandrīz katru gadu, izsmidzinot tos augsnes virspusē. Pielietoti arī fungicīdi ditans un tatto 1994. un 1998. gadā un desikants 1998. gadā. Kūtsmēsli parauglaukumos tika ienesti periodā no 1993. - 1995. gadam. Augu atliekas pēc ražas novākšanas tika ieartas zemē. NPK mēslojums augsnē tika ienests katru gadu (izņemot 1997.g.).

16.1.2. Komplekso novērojumu vieta Dobeļē

Dobeles novērojumu vieta atrodas Dobeles rajona Dobeles pagasta “Ustupjos” Kurzemes morēnu pauguraines un līdzenuma apakšrajonā – Austrumkurzemes morēnu paugurainē un līdzenumā (16.3.att.). Te tika izdalīti divi blakus novietoti parauglaukumi – Dobele 1 (56°37'19" N; 023°19'30" E) un Dobele 2 (56°37'19" N; 023°19'27" E), attiecīgi ar augstāku un zemāku reljefa novietojumu. Zemes lietošanas veids – tīrums.



Platība 1974. gadā tika nosusināta ar māla cauruļu drenāžu.

16.3. attēls. Dobeles novērojumu vietas parauglaukumi (“LR Satelītkarte”, Valsts zemes dienests)

▲ - paraugu ņemšanas vietas

Parauglaukumā ar augstāku novietojumu Dobele 1 augsnes tips ir velēnu vāji podzolēta smilšmāla augsne (Velēnu podzolaugsne).

Parauglaukumā ar zemāku novietojumu Dobeļe 2 augsnes tips ir velēnu glejota smilšmāla augsne (Velēnglejotā augsne).

Dati par augsņu ķīmiskajām īpašībām ir apkopoti 16.2. tabulā, bet par audzētajām kultūrām un veiktajiem agrotehniskajiem pasākumiem abos parauglaukumos ir apkopoti tabulā 3. pielikumā. Pētījumu periodā augsne abos parauglaukumos tika intensīvi apstrādāta, augsekas rotācija veikta katru gadu, audzējot graudaugus un cukurbietes. Herbicīdi pielietoti vairākus gadus augsnes virspusē. 1993. gadā - fungicīds fundazols.

16.2. tabula
Augšņu ķīmisko īpašību rādītāji komplekso novērojumu vietās Dobeļe 1 un Dobeļe 2
*** Trūdvielu horizonta apakšējā robeža ir 30–37cm**

Rādītāji	Paraugu ņemšanas dziļums			
	Dobeļe 1		Dobeļe 2	
Horizonta dziļums	0 – 20cm	20 – 37cm*	0 – 20 cm	20 – 40 cm
pH _{KCl}	7,2	7,2	7,1	6,9
Org. viela %	2,38	0,74	1,65	0,74
P ₂ O ₅ mg/kg	124	27	124	13
K ₂ O mg/kg	67	41	97	67
Sakārtas blīvums g/cm ²	1,44	1,64	1,53	1,59

Kūtsmēsli 80 t/ha tika iestrādāti vienīgi 1993. gadā. Augu atliekas pēc ražas novākšanas tika ieartas zemē. NPK mēslojums augsnē tika ienests katru gadu (izņemot 1995.g.).

16.1.3. Komplekso novērojumu vieta Baldonē

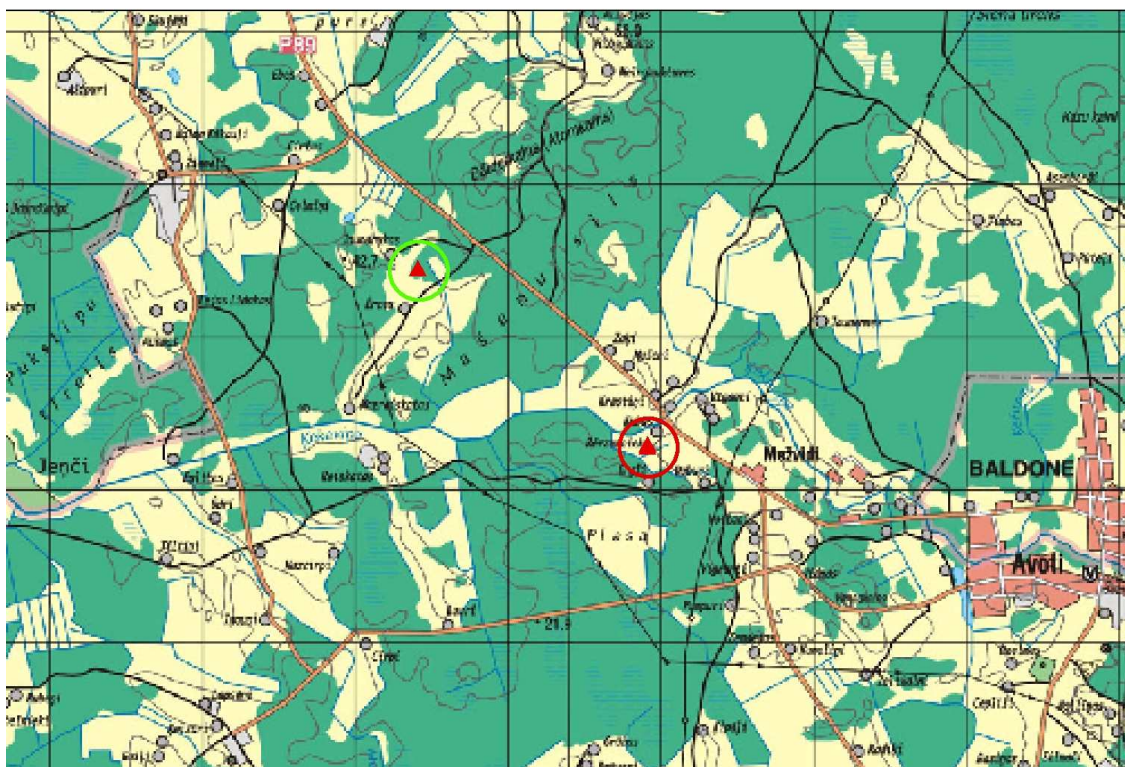
Baldones novērojumu vieta atrodas Rīgas rajona Baldones pagasta “Mašēnos” Piejūras smilšainā zemienē (16.4.att.). Baldonē tika izdalīti divi blakus novietoti parauglaukumi – Baldone 1 (56°45’11” N; 024°20’32” E) un Baldone 2 (56°45’10” N;

024°20'24" E), attiecīgi ar augstāku un zemāku reljefa novietojumu. Zemes lietošanas veids – tīrums. Platība 1970. gadā tika meliorēta.

Parauglaukumā ar augstāku novietojumu Baldone 1 augsnes tips ir velēnu vāji podzolēta smilts augsne (Velēnu podzolaugsne).

Parauglaukumā ar zemāku novietojumu Baldone 2 augsnes tips ir velēnu podzolēta glejota iluviāla dzelzs-humusa smilts augsne (Velēnpodzolētā glejotā augsne).

Dati par augšņu ķīmiskajām īpašībām ir apkopoti 16.3. tabulā. Baldones parauglaukumos novērojumu periodā tika audzētas daudzgadīgās stiebrzāles ar kamolzāles pārsvaru. Platības izmantoja ganībām un siena pļaušanai. 1992. gadā platības tika mēslošanas ar superfosfāta un kālija hlorīda mēslojumu. Lauki saņēma P_2O_5 40 kg/ha, K_2O 88,5 kg/ha. 1994. gadā lauki tika mēsloti ar šķidro amonija polifosfātu, saņemot N 28 kg/ha, P_2O_5 119 kg/ha. Pesticīdi izmantoti netika.



16.4. attēls. Baldones (apvilkts ar sarkanu aplīti) un Baldones K (apvilkts ar zaļu aplīti) novērojumu vietas parauglaukumi (“LR Satelītkarte”, Valsts zemes dienests)

▲ - paraugu ņemšanas vietas

16.3. tabula

Augšņu ķīmisko īpašību rādītāji komplekso novērojumu vietās Baldone 1 un Baldone 2

Rādītāji	Paraugu ņemšanas dziļums			
	Baldone 1		Baldone 2	
Horizonta dziļums	0 – 20cm	20 – 40cm	0 – 20 cm	20 – 40 cm
pH _{KCl}	6,1	6,3	5,5	5,0
Org. viela %	1,1	0,4	3,4	2,4
P ₂ O ₅ mg/kg	604	160	564	136
K ₂ O mg/kg	65	90	47	112
Sakārtas blīvums g/cm ²	1,43	1,43	1,24	1,25

16.1.4. Komplekso novērojumu vieta Baldone K

Baldones K novērojumu vieta atrodas Rīgas rajona Baldones pagasta “Jaunbrikās” Piejūras smilšainā zemienē (16.4.att.) (56°45’49” N; 024°19’03” E). Zemes lietošanas veids – kultivētā pļava. Platība 1930. gadā tika nosusināta.

Parauglaukumā Baldone K augsnes tips ir zemā purva kūdraugsne ar organisko vielu saturu līdz 40 cm dziļumam – 89,3 - 93,6%.

Dati par augšņu ķīmiskajām īpašībām ir apkopoti 16.4. tabulā. Parauglaukumā novērojumu perioda laikā tika audzētas daudzgadīgās stiebrzāles. Platības izmantoja ganībām un siena pļaušanai. 1992. gadā tās tika mēslojotas ar superfosfāta un kālija hlorīda mēslojumu, kā arī kaļķotas 3,5 t ha⁻¹.

16.4. Tabula.

Augšņu ķīmisko īpašību rādītāji komplekso novērojumu vietā Baldone K

Rādītāji	Paraugu ņemšanas dziļums	
	0 – 20 cm	20 – 40 cm
pH _{KCl}	5,03	5,4
Org. viela %	89,0	87,0
P ₂ O ₅ mg/kg	89	59
K ₂ O mg/kg	138	122
Sakārtas blīvums g/cm ²	0,29	0,36

17. REZULTĀTI UN DISKUSIJAS

17.1. Komplekso novērojumu vieta Priekuļos

Dati par atrastajām sugām un to blīvumu apkopoti 17.1. tabulā. Priekuļu parauglaukumos ir atrastas tikai 3 slieku sugas. Priekuļi 1 sugu skaits ir bijis mazākais no visām komplekso pētījumu vietām - tikai *A.caliginosa* un *L.rubellus*. Priekuļi 2 parauglaukumā bez abām jau minētajām sugām atrasta arī *L.terrestris*.

17.1. tabula

Slieku blīvums Priekuļu parauglaukumos ind. m⁻²

Priekuļi 1							
Suga	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
<i>A.caliginosa</i>	24,3	31,6	14,6	82,6	24,3	92,3	38,9
<i>L.rubellus</i>	4,9	4,9	4,9	0	0	0	0
Kopā	29,1	36,4	19,4	82,6	24,3	92,3	38,9
Priekuļi 2							
<i>A.caliginosa</i>	58,3	99,6	63,1	58,3	48,6	114,1	157,9
<i>L.terrestris</i>	0	0	0	9,7	0	0	0
<i>L.rubellus</i>	21,9	46,1	12,1	4,9	4,9	4,9	9,7
Kopā	80,1	145,7	75,3	72,9	53,4	119,0	167,6

Dominējošā suga ir *A.caliginosa*, kas ir raksturīgi lauksaimniecības zemēm uz šāda tipa augsnēm (8.pielikums). Priekuļi 1 *A.caliginosa* periodā no 1995. - 1998. gadam ir ar 100% dominanci. Atsevišķi *L.rubellus* eksemplāri ir atrasti tikai novērojumu perioda pirmajos trīs gados. Priekuļi 2 parauglaukumā lielākā skaitā vēl ir atrastas vienīgi *L.rubellus* (1993.g. 46,1 ind. m⁻²). *A.caliginosa* ir endogeiskas sliekas, kas barojas augsnes minerālajā horizontā ierijot augsnes daļiņas, kas satur organiskās vielas. *A.caliginosa* barošanās nav tieši saistīta ar augu atliekām, kas atrodas augsnes virspusē. Tas ir viens no iemesliem, kāpēc regulārā augsnes slāņu sajaukšana kultivācijas darbos tās ir ietekmējusi mazāk kā epigeiskās vai anētiskās sliekas, kas barojās augsnes virsējos slāņos vai pat virspusē, un tāpēc augsnes apstrādes darbos cieš vairāk. Slieku kopējais blīvums parauglaukumos ir salīdzinoši neliels. V.Eglītis (Эглитис, 1954) atbilstošos augsnes tipos ir atradis sliekas blīvumā 100 - 300 ind. m⁻².

Priekuļi 1 slieku blīvums ir zems visā novērojumu periodā. Maksimālās vērtības konstatētas 1995. un 1997. gadā, attiecīgi 82,6 un 92,3 ind. m⁻². Pārējā periodā ts svārstās vērtībās no 19,4 – 38,9 ind. m⁻². Priekuļi 2 parauglaukumā slieku skaits ir ievērojami augstāks 53,4 – 167,6 ind. m⁻². Kā redzam attēlā (6.pielikums), tad slieku blīvuma atšķirības abos parauglaukumos 1993., 1994., 1998. gadā ir būtiskas, kas, acīmredzot, ir saistīts ar dažādu reljefa novietojumu. Augstāk novietotajā Priekuļi 1 vairāk ir izpaudusies augsnes virspuses erozija, kopā ar ūdens straumēm auglīgās augsnes daļiņas nonesot nogāzes lejas daļā, kur tās uzkrājas. Šādās vietās slieku blīvums var būt pat vairākas reizes lielāks kā augšdaļā (Атлавините, 1975). Priekuļi 2 ir ar zemāku reljefa novietojumu, tāpēc arī slieku blīvums tur ir ievērojami lielāks kā Priekuļi 1. Augsnes eroziju var pastiprināt, arī ikgadējā aršana, it īpaši ja tiek audzētas viengadīgās kultūras (Lee, 1985; Атлавините, 1975). Kaut arī augsnes skābums ir viens no noteicošajiem faktoriem slieku izplatībā, tomēr Priekuļu augsnes (16.1.tab.) ir piemērota dzīves vide gan *A.caliginosa*, gan *L.rubellus*, un, jādomā, ka nav cēlonis blīvuma atšķirībām abos parauglaukumos.

Slieku blīvuma dinamika pa gadiem ir lielā mērā saistīta ar meteoroloģiskajiem apstākļiem (5.pielikums). Visbūtiskāk to ietekmē nokrišņu daudzums un gaisa temperatūra slieku aktīvās darbības periodā pavasara, vasaras un rudens mēnešos. Blīvumu ietekmē arī kailsals un augsnes sasalšanas dziļums rudens – ziemas mēnešos. Pētījumu periodā 1992. un 1996. gada vasaras mēnešos novērots izteikts sausums (4.pielikums). Tam atbilst arī slieku skaita minimums attiecīgajā periodā. 1996. gada ziemā Priekuļos ir bijis dziļš augsnes sasalums, līdz 77 cm, kas arī, neapšaubāmi, atstāja negatīvu ietekmi uz slieku populācijām parauglaukumos. Savukārt vairāk vai mazāk izteiktais slieku skaita pieaugums 1993., 1995. un 1998. gadā Priekuļi 2, sakrīt ar labvēlīgiem mitruma apstākļiem vasaras mēnešos. Krasā slieku skaita samazināšanās Priekuļi 1, iespējams, ir saistīta ar intensīvajiem agrotehniskajiem pasākumiem šajā parauglaukumā – vairākkārtēju pesticīdu pielietošanu un NPK mēslojuma lielo daudzumu (500 kg ha⁻¹) (1.pielikums). Arī 1994. gadā novērotā slieku skaita samazināšanās, iespējams, ir saistīta ar pielietoto lielo minerālmēsli (NPK mēslojums 665 kg ha⁻¹) daudzumu un fungicīdu izmantošanu. Minerālmēslojuma ietekme uz slieku

populācijām nav vērtējama viennozīmīgi. No vienas puses, pēc to pielietošanas reizē ar augu produkciju palielinās arī slieku barības bāze, bet no otras, minerālmēsli (īpaši superfosfāts un amonija savienojumi) var negatīvi ietekmēt sliekas (Lee, 1985; Stewart et al., 1980). Priekuļos mēslošanai ir izmantotas samērā lielas minerālmēsļu devas – pat līdz 665 kg ha⁻¹ NPK (1. un 2.pielikums), kamēr literatūrā ieteiktais NPK minerālmēsļu daudzums ir ne vairāk kā 100 - 260 kg ha⁻¹ (Lee, 1985; Атлавините, 1975).

Kaut arī mālsmits augsnes ir piemērota vide lielākai daļai mūsu lauksaimniecības augšņu slieku sugu, tomēr tādas izplatītas un raksturīgas sugas kā *A.rosea* un *A.chlorotica* parauglaukumos netika atrastas nevienā sezonā (17.1.tab.). Acīmredzot, intensīvi konvenciāli apstrādātos tīrumos, ar monokultūrām, regulāru aršanu, diskošanu, ecēšanu, pesticīdu un minerālmēsļu pielietošanu, tādas sugas kā *A.rosea* un *A.chlorotica* ir izzudušas vispār, bet *L.terrestris* (atrasta vienīgi 1995. gadā) blīvums ir ievērojami samazinājies. *A.caliginosa* sliekas nav tik jūtīgas. Tās bioloģiski un ekoloģiski ir vairāk adaptējušās augsnes apstrādei, mazākam augsnes organisko vielu saturam un mitrumam. Mērena kultivācija tās būtiski neietekmē (Edwards Lofty, 1973; Атлавините, 1975, 1990; Lee, 1985; Ivask et al., 2006). Tomēr regulārā augsnes kultivācija ir negatīvi ietekmējusi arī šo sugu, tāpēc slieku blīvums abos parauglaukumos ir neliels.

Tīrumi gandrīz katru gadu tika apstrādāti ar herbicīdiem un atsevišķos gados arī ar fungicīdiem (1.pielikums, 2.pielikums). Kaut arī herbicīdiem nav izteikti negatīva iedarbība uz sliekām, tomēr tāda suga kā *L.terrestris*, kas barojas virspusē, var ļoti jūtīgi reaģēt uz augsnes ķīmisko apstrādi. Arī *A.rosea* un *L.rubellus* ir jūtīgākas kā *A.caliginosa*. Pēc vairākkārtējas augsnes apstrādes ar herbicīdiem var izdzīvot vienīgi *A.caliginosa* (Атлавините, 1990; Lee, 1985; Werner, 1990). Fungicīdiem ir daudz lielāka toksiska ietekme praktiski uz visu augsnes dzīvnieku, tajā skaitā slieku, populācijām (Burrows, Edwards, 2004). 1994. gada rudenī pēc fungicīdu pielietošanas slieku skaits abos parauglaukumos ir samazinājies gandrīz divas reizes (17.1.tab.). Tomēr, kā jau tika minēts, iespējamais samazinājuma cēlonis var būt arī lielais NPK mēslojuma daudzums.

Viens no faktoriem, kas nosaka slieku blīvumu lauksaimniecības zemēs ir augu kultūras. Priekuļu parauglaukumos pētījumu periodā ir audzētas tikai viengadīgās

kultūras, kas sliekām ir daudz mazāk labvēlīgas kā daudzgadīgās (1.pielikums, 2.pielikums). Gan slieku blīvums, gan sugu skaits zem viengadīgām kultūrām parasti ir mazāks kā zem daudzgadīgām. Šādos tīrumos augsne tiek apstrādāta katru gadu gan pavasarī, gan rudenī, kas arī var būt iemesls slieku skaita sarukumam.

17.2. Komplekso novērojumu vieta Dobeļē

Dobeles parauglaukumos ir atrastas 5 slieku sugas (17.2. tabula). Dominējošā abos parauglaukumos ir *A.caliginosa* (8.pielikums). Šo slieku dominance visā novērojumu periodā ir tuva 100%. Pārējās sugas ir atrastas tikai atsevišķos eksemplāros. Augsne parauglaukumos katru gadu tika intensīvi apstrādāta, kas būtiski ir ietekmējis tur dzīvojošās sliekas. *A.caliginosa* ir vairāk piemērotāka intensīvi izmantotām lauksaimniecības zemēm, kas ir galvenais iemesls, kāpēc intensīvi apstrādātās platībās parasti neveidojas pastāvīgas, no vairākām sugām sastāvošas slieku cenozes. Agroekosistēmas ir vienkāršotas ekosistēmas, kas veidojas ap vienu vai dažām noteicošām sugām. Daudzas dabiskajām cenzēm raksturīgas augsnes funkcijas neveic vairs dzīvie organismi, bet cilvēks. Izmaiņas augsnes īpašībās atspoguļojās arī faunistiskajās izmaiņās - samazinās sugu daudzveidība. Tās sugas, kas izmaiņām spēj labāk piemēroties, kļūst dominējošās (Collins, Qualset, 1998). Agroekosistēmu kā vienkāršotu ekosistēmu var uzskatāmi novērot Dobeles (arī Priekuļu) parauglaukumos. Smilšmāla velēnu podzolaugsne un velēnu glejaugsnes ir ļoti piemērota dzīves vide daudzām slieku sugām (Эглитис, 1954; Атлавините, 1975). Arī augsnes skābums Dobeles parauglaukumos ir sliekām optimāls pH 7,1 - 7,2 (16.2.tab.), tomēr stabilu populāciju ir izveidojušas vienīgi tolerantās *A.caliginosa*. Dobeļē novērojumu perioda laikā augsne tika intensīvi izmantota - apsēta vai apstādīta ar monokultūrām, regulāri arta, diskota, ecēta, tika pielietoti arī pesticīdi. Gandrīz katru gadu tika izkaisīti NPK minerālmēsli daudzumā no 100 - 200 kg ha⁻¹, bet 1993. gadā pat 792 kg ha⁻¹ (3.pielikums). Uz tādām sugām kā *L.rubellus*, *A.rosea*, *A.chlorotica* un *L.terrestris* tik intensīva zemes izmantošana atstāj ļoti negatīvu iespaidu (Lewis, 1980; Lee, 1985; Атлавините, 1990). Tas atspoguļojas arī veikto pētījumu rezultātos – visos ievāktajos

paraugos *A.caliginosa* ir dominējošā suga, bet pārējās sugas atrastas tikai nelielā skaitā. Salīdzinoši interesanti rezultāti tika iegūti 2003. gadā, autoram ievācot slieku materiālu zem vismaz pāris gadus kultivēta zālāja (timotiņš + āboliņš) smilšmāla augsnē Jelgavas rajonā (Spuņģis, Ventiņš, 2003). Vākumos tika konstatētas 5 sugas (169,9 ind. m⁻²) ar *A.caliginosa* un *A.chlorotica* kā dominējošām. Lielais *A.chlorotica* īpatsvars, kā arī citu salīdzinoši jutīgu sugu klātbūtne, apstiprina pieņēmumu, ka intensīvās zemes apstrādes metodes ir nelabvēlīgas lielākai daļai slieku sugu.

17.2. tabula

Slieku blīvums Dobeles parauglaukumos ind. m⁻²

Dobele 1

Suga	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
<i>A.caliginosa</i>	68	136	323	276,8	48,6	182,1	80,1
<i>A.rosea</i>	4,9	2,4	0	0	0	0	0
<i>A.chlorotica</i>	0	4,9	0	0	0	0	0
<i>L.terrestris</i>	0	0	0	2,4	2,4	0	0
<i>L.rubellus</i>	0	9,7	0	0	0	12,1	4,9
Kopā	72,9	153	323	279,3	51	194,3	85

Dobele 2

<i>A.caliginosa</i>	34	153	269,6	383,7	145,7	148,1	194,3
<i>A.rosea</i>	12,1	0	0	0	0	0	0
<i>A.chlorotica</i>	2,4	0	0	0	0	0	0
<i>L.terrestris</i>	0	0	0	0	2,4	2,4	0
<i>L.rubellus</i>	0	4,9	4,9	0	4,9	7,3	0
Kopā	48,6	157,9	274,4	383,7	153	157,9	194,3

Slieku kopējais blīvums Dobeles parauglaukumos ir salīdzinoši liels (17.2.tab.). Kaut arī slieku skaits atsevišķos gados ir ļoti atšķirīgs, tomēr īpaši labvēlīgos gados tas sasniedz augstu blīvumu – 1994. gadā 323,0 ind. m⁻² Dobelē 1 un 1995. gadā 383,7 ind. m⁻² Dobele 2 ar 100% *A.caliginosa* dominanci (8.pielikums). Līdzīgi kā Priekuļu parauglaukumos, Dobele 2, parauglaukumā ar zemāku novietojumu, slieku skaits ir lielāks kā Dobele 1 (6.pielikums). Tomēr atšķirības nav tik izteiktas kā Priekuļos, kam cēlonis var būt salīdzinoši augstais gruntsūdens līmenis, kas gleja augsnēs atrodas tuvāk augšnes virspusei (Vucāns et al., 2000). Šim faktoram var būt īpaša nozīme vasaras

sausajos mēnešos. Blīvuma atšķirības par būtiskām var uzskatīt tikai 1996. un 1998. gadā.

Slieku blīvuma dinamika pa gadiem (5.pielikums) ir saistīta galvenokārt ar meteoroloģiskajiem apstākļiem, it īpaši ar 1992. un 1996. gada vasaras mēnešos novēroto sausuma periodu (4.pielikums). Šajos gados abos parauglaukumos ir konstatēts mazākais slieku blīvums, attiecīgi 72,9 un 51,0 ind. m⁻² Dobeļe 1, un 48,6 un 153 ind. m⁻² Dobeļe 2 parauglaukumā. 1993. - 1995. gada slieku skaita ievērojams pieaugums ir saistīts ar labvēlīgiem mitruma apstākļiem vasarā. Kaut arī 1998. gada vasarā arī ir reģistrēti labvēlīgi mitruma apstākļi, parauglaukumos ar augstāku novietojumu Dobeļe 1 (arī Priekuļi 1), novērota slieku skaita pazemināšanās, bet Dobeļe 2 ar zemāku novietojumu (arī Priekuļi 2) šajā pašā periodā vērojama tendence slieku skaitam pieaugt, ko var skaidrot ar tuvāk augsnes virspusei esošo gruntsūdens līmeni. Veiktie agrotehniskie pasākumi abos Dobeļē parauglaukumos šajā periodā ir identiski un tiek audzētas vienas un tās pašas kultūras (3.pielikums). Neskatoties uz intensīvo augsnes apstrādi, Dobeļē vairākas sezonas tika novērots augsts slieku blīvums (17.2. tabula). Zemgales agrocenožu smilšmāla augsnes ir viena no piemērotākajām slieku habitatēm. Jādomā, ka labvēlīgos meteoroloģiskajos apstākļos, pat pie intensīvas augsnes apstrādes, atsevišķās sezonās slieku blīvums var ievērojami pieaugt. Tomēr, ļoti krasās slieku skaita svārstības pa gadiem (5.pielikums) un ievērojamā *A.caliginosa* dominance liecina (8.pielikums) par agrotehnisko pasākumu nelabvēlīgu ietekmi uz slieku populācijām.

17.3. Komplekso novērojumu vieta Baldonē

Baldones parauglaukumos kopā tika atrastas 4 slieku sugas (17.3.tab.) - Baldone 1, ar augstāku novietojumu – 3 sugas, Baldone 2, ar zemāku novietojumu – 4 sugas. *A.caliginosa*, *L.rubellus* un *L.terrestris* ir tipiskas lauksaimniecības zemju augšņu apdzīvotājas, bet *D.octaedra* ir raksturīga skābajām meža un kūdras augsnēm. Jādomā, ka Baldone 2 parauglaukumā tās ir iemigrējušas vai ievazātas no blakus esošā meža masīva.

Baldone 1 parauglaukumā dominēja smilts augtene praktiski bez humusa horizonta. Tā ir mazpiemērota vide sliekām, tāpēc pirmajos trijos novērojuma perioda gados tur netika atrasta neviena slieka (17.3.tab.). Tomēr 1995. - 1998. gadā sliekas parauglaukumā tika konstatētas. Jādama, ka stabila slieku populācija Baldone 1 vēl nebija izveidojusies, tāpēc datu analīzē vākumi no šī parauglaukuma netika iekļauti.

17.3. tabula

Slieku blīvums Baldones parauglaukumos kvadrātmetrā (ind. m⁻²)

Baldone 1

Suga	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
<i>A.caliginosa</i>	0	0	0	4,9	4,9	19,4	0
<i>L.terrestris</i>	0	0	0	0	0	0	19,4
<i>L.rubellus</i>	0	0	0	0	9,7	0	7,3
Kopā	0	0	0	4,9	14,6	19,4	26,7

Baldone 2

<i>A.caliginosa</i>	48,6	109,3	189,4	208,9	111,7	174,9	138,4
<i>L.terrestris</i>	0	0	0	4,9	0	0	0
<i>L.rubellus</i>	0	21,9	7,3	19,4	60,7	0	9,7
<i>D.octaedra</i>	0	0	0	0	4,9	0	4,9
Kopā	48,6	131,1	196,7	233,1	177,3	174,9	153,0

Baldone 2 parauglaukumā dominējošā slieku suga ir endogeiskā *A.caliginosa* (8.pielikums). Atsevišķos gados (1993. un 1996. gadā) lielākā skaitā sastopama arī *L.rubellus*, veidojot divu sugu *A.caliginosa* - *L.rubellus* cenozi. Tomēr komplekss nav stabils, par ko liecina izteiktās *L.rubellus* skaita svārstības no 0 (1992. un 1997. gadā) līdz 60,7 ind. m⁻² 1996. gadā. *D.octaedra* un *L.terrestris* daži eksemplāri ir atrasti tikai atsevišķos gados. Parauglaukumā novērojumu periodā tika audzētas daudzgadīgās graudzāles. Agrotehniskie pasākumi tika veikti vienīgi 1992. un 1994. gadā, kad augsni mēsloja ar slāpekļa, kālija un fosfora minerālmēsliem. Nekāda augsnes mehāniskā apstrāde vai audzējamo kultūro rotācija novērojumu periodā netika veikta.

Slieku blīvums Baldones 2 parauglaukumā ir augsts gandrīz visās sezonās (16.3.tab.), maksimumu 233,1 ind. m⁻² sasniedzot meteoroloģisko apstākļu ziņā vienā no labvēlīgākajiem gadiem – 1995. gadā (4.pielikums). Salīdzinoši neliels slieku skaits

ir bijis 1993., un, jo īpaši, 1992. gadā - 48,6 ind. m⁻², kas atbilst nelabvēlīgiem meteoroloģiskajiem apstākļiem 1992. gada vasarā.

Izsekojot atsevišķu slietu sugu skaita dinamiku (17.3.tab.), redzams, ka pēc sausās 1996. gada vasaras *A.caliginosa* blīvums ir samazinājies divas reizes. Tajā pašā laikā *L.rubellus* blīvums ir pieaudzis trīs reizes. Iespējams, ka šajā gadījumā var runāt par konkurenci šo sugu starpā. Tomēr, nav izslēgts, ka vairāku slietu sugu cenožēs var darboties zināms funkcionāls kompensācijas mehānisms, kur viena suga spēj aizvietot otru, ieņemot tās nišu biocenozē.

Kopumā, kā tas redzams 5. pielikumā (6.att.), sākot ar 1995. gadu vērojama tendence slietu skaitam pakāpeniski samazināties. Tā kā augsne Baldone 2 parauglaukumā kopš 1992. gada netika saņēmusi nekādu mēslojumu, tad, iespējams, cēlonis skaita sarukumam ir pakāpeniska augsnes auglības, un, vienlaicīgi, slietu barības resursu samazināšanās.

17.4. Komplekso novērojumu vieta Baldone K

Baldone K parauglaukumā ir atrastas 4 slietu sugas (17.4.tab.). *A.caliginosa*, *L.rubellus* un *D.octaedra* ir raksturīgas skābajām kūdras augsnēm, bet *A.chlorotica* (konstatēta 1998. gadā) raksturīga lauksaimniecības zemēm ar pH neitrālu – vāji skābu reakciju. Iespējams, ka šīs suga parauglaukumā ir nonākusi nejauši.

Dominējošā suga parauglaukumā gandrīz visus gadus ir acidotolerantā *L.rubellus* (8.pielikums). Arī *A.caliginosa* šādās augsnēs var izveidot stabilas populācijas. 1998. gadā *A.caliginosa* bija dominējošā suga. Kaut arī mazākā blīvumā, tomēr praktiski katru gadu parauglaukumā ir atrastas acidofilās *D.octaedra* slietas – tipiskas skābo augšņu iemītņieces.

17.4. tabula

Slietu blīvums Baldones K parauglaukumā kvadrātmetrā (ind. m⁻²)

Suga	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
<i>A.caliginosa</i>	9,7	14,6	7,3	12,1	14,6	4,9	60,7
<i>A.chlorotica</i>	0	0	0	0	0	0	2,0
<i>L.rubellus</i>	24,3	36,4	14,6	41,3	24,3	36,4	21,9
<i>D.octaedra</i>	4,9	9,7	0,0	4,9	9,7	4,9	9,7
Kopā	38,9	60,7	21,9	58,3	48,6	46,1	94,7

Parauglaukumā visā novērojumu periodā tika audzētas daudzgadīgās graudzāles. Nekāda augsnes mehāniskā apstrāde vai audzējamo kultūro rotācija netika veikta. Baldone K ir izveidojusies stabila 3 sugu *Lrubellus* – *A.caliginosa* - *D.octaedra* slietu cenoze. Nosusinātās purvu platībās tādas sugas kā *D.octaedra* un *L.rububellus* parasti ir pioniersugas un raksturīgas tieši sukcesiju agrīnajām stadijām. *A.caliginosa* šādās augsnēs ieviešas vēlāk. Saskaņā ar T.Pereles (Перель, 1977; Lee, 1985) morfo-ekoloģisko klasifikāciju, *D.octaedra* un *L.rububellus* ir humusu veidojošas (*humus formers*) slietas, bet *A.caliginosa* ir humusēdājas (*humus feeders*), kurām kā dzīves vide ir nepieciešams A horizonts. Kūdras augsnēs tās ieviešas vēlāk, pie noteiktas kūdras sadalīšanās pakāpes (Pižl, 1992).

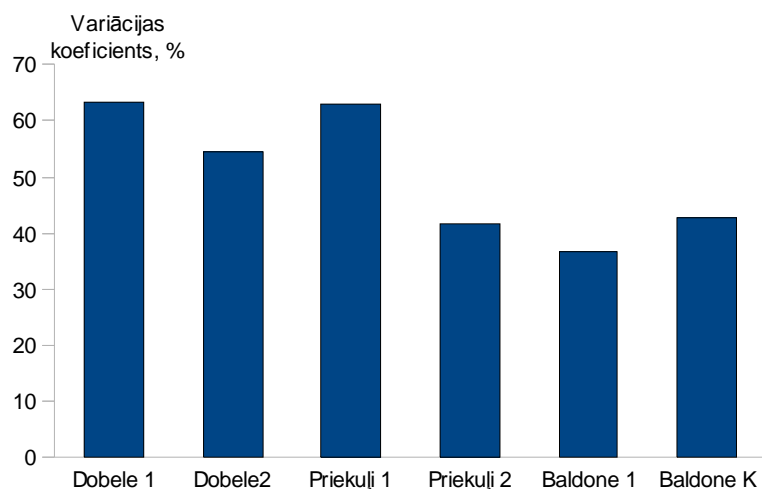
Agrotehniskie pasākumi Baldone 2 tika veikti vienīgi 1992. gadā, kad augsne tika mēslota ar kālija un fosfora minerālmēsliem, kā arī kaļķota. Minerālmēsli izmantoti nelielās devās (P₂O₅ 40 kg ha⁻¹, K₂O 88,5 kg ha⁻¹), un to negatīva ietekme uz slietām nav novērota. Savukārt skābo lauksaimniecības augšņu kaļķošana pozitīvi ietekmē slietu populāciju, īpaši stimulējot sugas *A.caliginosa* un *L.rubellus* (Атлавините, 1975; Springett, Syers, 1984).

Slietu blīvums Baldones K parauglaukumā salīdzinoši nav liels 21,9 - 94,7 ind. m⁻² (17.4.tab.), un tā dinamika novērojumu perioda laikā ir saistīta galvenokārt ar meteoroloģiskajiem apstākļiem (4.pielikums, 5.pielikums). 1992. gadā pēc sausuma perioda slietu skaits bija salīdzinoši neliels, un arī 1996. gadā rudenī novērota slietu skaita samazināšanās. Savukārt 1993., 1995. un 1998. gada vasarās bija slietām labvēlīgi mitruma apstākļi, tāpēc arī rudens vākumos to bija ievērojami vairāk. Slietu

skaita trīskārtīgu samazināšanos 1994. gadā, iespējams, var skaidrot ar salīdzinoši dziļu augsnes izsalšanu (līdz 30 cm) 1993. - 1994. gadā ziemā.

17.5. Variācijas koeficients

Lai salīdzinātu slieku populāciju sadalījuma augsnē atšķirības parauglaukumos ar dažādu agrotehnisko pasākumu intensitāti, parauglaukumiem tika aprēķināta slieku skaita variācija pa paraugiem - variācijas koeficients (17.1.att.). Koeficienta lielākās vērtības tika novērotas Priekuļu un Dobeles parauglaukumos, kas katru gadu tiek intensīvi aparti, mēsloti un apstrādāti ar pesticīdiem. Agrocenozēs, kur agrotehniskie pasākumi tiek veikti minimāli, un tiek audzētas ilggadīgās kultūras, variācijas koeficienta vērtības ir daudz mazākas. Variācijas koeficienta vērtības Baldone 2 parauglaukumā ir mazākas kā pārējos parauglaukumos, kas liecina par vienmērīgāku slieku populācijas sadalījumu ganību augsnē kā intensīvi apstrādātajās platībās. Zemas variācijas koeficienta vērtības ir arī Baldone K parauglaukumā, kur tīrums, novērojumu perioda laikā, arī tika izmantots kā ilggadējās ganības. Pastāvīgais augājs (stiebrzāles) veido augsnes virspusē tādu kā aizsargslāni, samazinot nelabvēlīgo meteoroloģisko apstākļu ietekmi, kā arī vienmērīgāk nodrošinot sliekas ar barību (atmirušās saknes un augu daļas) visā to sezonālās aktivitātes periodā, tādejādi veicinot vienmērīgāku slieku sadalījumu augsnē. Parauglaukuma Priekuļi 1 zemo variācijas koeficienta vērtību var skaidrot ar nelielo slieku skaitu – sliekas visās sezonās vidēji tika atrastas tikai katrā ceturtajā paraugā.



17.1. attēls. Slietu skaita variācija pa paraugiem Lauksaimniecības zemes pārraudzības sistēmas parauglaukumos (s%)

17.6. Kopsavilkums

Ņemot vērā visu sezonu summēto vidējo slietu blīvumu vienā paraugā, Lauksaimniecības zemes pārraudzībā (monitoringā) iegūtie dati par liecina, ka piemērotākā slietu dzīves vide lauksaimniecības augsnēs Latvijas apstākļos ir smilšmāla augsnes (7.pielikums). Slietu blīvuma dinamika parauglaukumos lielā mērā bija saistīta ar meteoroloģiskajiem apstākļiem, īpaši ar nokrišņu daudzumu un gaisa temperatūru slietu aktīvās darbības periodā. Blīvumu var ietekmēt arī augsnes sasalšanas dziļums ziemas mēnešos. 1996. gada ziemā Priekuļos tika novērots dziļš augsnes sasalums līdz 77 cm, kas bija par iemeslu ievērojamam slietu skaita samazinājumam. Arī pēc ilgstošiem sausa un karsta laika periodiem vasarā, slietu skaits var samazināties vairākas reizes. Savukārt, slietu skaita pieaugums parasti sakrīt ar labvēlīgiem mitruma apstākļiem pavasara un vasaras mēnešos. Platībās, kas ilgāku laiku nav apartas, piemēram, ganībās, meteoroloģisko faktoru ietekme nav tik izteikta. Te vērojamas mazākas un vienmērīgākas slietu skaita svārstības. Pastāvīgais augājs

samazina nelabvēlīgo klimatisko faktoru ietekmi, kā arī veicina vienmērīgāku slieku populācijas sadalījumu augsnē.

Liela ietekme uz slieku cenožēm ir augsnes mehāniskajai apstrādei. Intensīvi apstrādātās augsnēs slieku blīvums samazinās. Ja agrotehniskie pasākumi ietver arī regulāru pesticīdu un pārmērīgu minerālmēslu pielietošanu un monokultūru audzēšanu, tad vairākas lauksaimniecības zemēm raksturīgas sugas var izzust vispār, izdzīvojot tikai vienai vai divām sugām. *A.caliginosa* ir labāk kā citas sugas adaptējusies augsnes apstrādei. Tās dominance, atsevišķās sezonās pat līdz 100%, ir raksturīga lauksaimniecības zemēm novērojumu vietās. Slieku populācijas ātrāku atjaunošanos var sekmēt labi barības apstākļi, piemēram, organiskais mēslojums, kā arī ilggadīgo kultūru izmantošana.

Slieku blīvums un sugu sastāvs ir piemērots indikators lauksaimniecības augšņu “veselības” jeb auglības noteikšanai. Spriežot pēc iegūtajiem rezultātiem, optimālais slieku blīvums mālsmilts un smilšmāla augsnēs Latvijā ir virs 200 ind. m⁻², bet smilts augsnēs ne mazāk kā 100 - 150 ind. m⁻². Ilgtspējīgi apstrādātās lauksaimniecības zemēs uz smilšu augsnēm, bez sugas *A.caliginosa*, lielākā skaitā parasti ir sastopama arī *L.rubellus*. Auglīgākajās mālsmilts un smilšmāla augsnēs labvēlīgos apstākļos veidojas bagātīgas slieku cenozes ar vienu vai vairākām subdominantām sugām - *L.castaneus*, *L.rubellus* vai *A.rosea*. Vākumos regulāri būtu jāatrod vismaz 3 - 5 slieku sugas. Mazāks sugu skaits var liecināt par kādiem nevēlamiem procesiem augsnē. Iespējams, ka vairāku slieku sugu cenožēs nelabvēlīgu apstākļu ietekmē vienas sugas skaitam ievērojami samazinoties, tās vietu un funkcijas biocenozē var ieņemt cita ekoloģiski līdzīga suga. Tomēr, jāsecina, ka izmantotā slieku ievākšanas metode – paraugu ņemšana aramkārtā līdz 20 – 30 cm dziļumam, ir mazāk piemērota dziļracēju anētisko sugu *L.terrestris* un *A.longa* iegūšanai, tāpēc rezultāti par to sastopamību monitoringa parauglaukumos ir nepilnīgi.

Nosusinātās purvu platībās dominē acidotolerantās *L.rubellus*. Parastas ir arī acidofilās *D.octaedra*. Iespējams, ka tieši augsnes skābums lielā mērā nosaka slieku sugu sastāvu šādās augsnēs. Arī *A.caliginosa* kūdras augsnēs var izveidot stabilas

populācijas, tomēr parasti tā ieviešas vēlāk, raksturojot noteiktu kūdras sadalīšanās stadiju.

Slieku populācijas ietekmē arī lauka reljefs. Pauguru augšdaļā vai nogāzes vidusdaļā vairāk izpaužas augsnes virspuses erozija, un slieku blīvums var būt ievērojami mazāks kā lejasdaļā. Vērā ņemams faktors, kam īpaša nozīme var būt sausajos vasaras mēnešos, ir gruntsūdens līmenis, kas reljefa zemākajās vietās bieži atrodas tuvāk augsnes virspusei.

18. SLIEKU FAUNAS IZMAIŅAS SKĀBAJĀS PRIEŽU MEŽU AUGSNĒS

18.1. Slieku sugas mežu augsnēs Ziemeļeiropā

Lietuvā priežu audzēs atrastas 4 slieku sugas. Dominē *D.octaedra* līdz 3 ind. m⁻². Egļu mežos konstatētas 8 sugas. Skābajās podzolētajās smilšu augsnēs (pH 3,7 - 4) atrastas sliekas blīvumā 7 - 32 ind. m⁻², bet velēnu karbonātaugsnēs blīvumā vidēji 115 ind. m⁻². Dominē *A.rosea* 36%, bet arī vairākām citām sugām ir augsta dominances pakāpe: *A.caliginosa* 25%, *L.rubellus* 20%, *O.lacteum* 14%. Tiek atzīmēta skuju koku stādījumu negatīvā ietekme uz sliekām (Атлавините, 1976).

Ozolu audzēs atrastas 9 sugas, vidēji 120 ind. m⁻², dominē *A.rosea* 30%, *A.caliginosa* 33%, *L.rubellus* 19%. Uzskata, ka ozolu lapas nav piemērotā barība sliekām. Bērzu mežos 6 sugas, vidēji 109 ind. m⁻² (maksimāli 269 ind. m⁻²), dominē *A.caliginosa* 42%, *A.rosea* 28%, *O.lacteum* 14%, *L.rubellus* 11%. Apšu audzēs 6 sugas 183 ind. m m⁻², dominē *A.rosea* 56%, *A.caliginosa* 29%, *L.terrestris* 8%, *L.rubellus* 5%. Visvairāk slieku atrasts zem ošiem - 507 ind. m m⁻². Daudz slieku ir arī melnalkšņu un baltalkšņu audzēs – līdz. Kopā alkšņu audzēs atrastas 7 sugas. Audzēs ar velēnu podzolaugsnēm (pH 5) slieku blīvums nepārsniedza 108 ind. m m⁻² (dominēja *A.caliginosa* 60%), bet velēnu karbonātaugsnēs (pH 7,1) blīvums sasniedz 292 ind. m⁻² (dominē *O.lacteum* 57%) (Атлавините, 1976).

O.Atlavinīte uzskata, ka galvenie slieku blīvumu noteicošie faktori ir augsnes īpašības vai arī hidroloģiskais režīms, bet ne koku suga. Kā piemērotākās augsnes, kur sliekas sasniedz lielāko blīvumu, tiek minētas vieglās mālsmilts, velēnglejotās mālsmilts, kā arī māla augsnes. Mežos lielākais slieku blīvums ir augsnes virskārtā. Sezonālās svārstības mežos parasti ir maz izteiktas, un nav vērojamas kādas sezonālas blīvuma izmaiņas tendences. Slieku sugu sastāvs labi atspoguļo konkrētā meža tipa mikroekoloģiskos apstākļus. Mitrākās vietās biežāk atrod *O.lacteum*, zem sūnām *D.octaedra*, bet zem zālājiem un lapām *A.rosea* (Атлавините, 1976).

T.Timms (Timm, 1970, 1999) kā dominējošās sugas Igaunijas skuju koku mežos norāda *D.octaedra* un *L.rubellus*. Izplatītas arī *D.rubidus tenuis*, bet mežos ar lapu kokiem *L.castaneus*.

Pēc promocijas darba autora novērojumiem Zviedrijas centrālās daļas priežu mežu masīvos kopā ar *D.octaedra* parasti ir atrodama arī *D.rubidus tenuis*, kuras procentuālais īpatsvars pieaug kaļķotajās meža platībās.

Krievijas Ziemeļrietumu daļas skuju koku mežos dominē sugas *D.octaedra* un *L.rubellus* blīvumā 1 - 7 ind. m⁻². Sekundārajās apšu audzēs sastop arī vēl *L.rubellus*. Kopējais slieku blīvums sasniedz 80 ind. m⁻². Iespējams, ka sliekas Krievijas rietumdaļas zemienēs izplatījās no Baltijas jūras austrumu piekrastes reģioniem. Salizturība, partenogēnēze, acidotolerance, spēja izmantot zemas kvalitātes barību zemsedzē, ļāva sugām *D.octaedra*, *D.rubida*, *E.nordenskoldi* kolonizēt skābās ziemeļu augsnes (Tiunov, et al., 2006). Šīs sugas ir sastopamas dažādās vietās, arī tādās, kur nav bijusi nekāda cilvēka darbības ietekme. Šīm epigeiskajām sugām, kas dzīvo augsnes virspusē, ir atvieglota pasīvā dispersija, bez cilvēka līdzdalības (Terhivuo, 1989). Epigeiskajām slieku sugām apmetoties meža augsnēs, pamazām tika sajaukts organiskais un minerālais augsnes horizonts, padarot augsnes vidi piemērotāku arī endogeiskajām sugām un veicinot to iespējamo invāziju nākotnē (Tiunov, et al., 2006).

Mainoties klimatam postglaciālajā periodā un ieviešoties lapu koku sugām, piemēram, āra bērzam *Betula pendula*, podzols sāka nomainīties ar brūnaugsnēm. Tas sekmēja arī citu slieku sugu ieviešanos (Räty, Huhta, 2004). Lielajām endogeiskajām sliekām ir lielāka ietekme uz augsnes procesiem kā epigeiskajām sugām, tomēr to izplatību boreāleālajos priežu mežos ierobežo augsnes skābums un sals (Haimi, Einbork, 1992).

Somijā priežu mežos *D.octaedra* dominance ir apmēram 85% (50% no kopējās slieku biomasas). Tā ir suga ar visplašāko dzīvotņu spektru un ir atrasta pat purvos, tomēr lielākā blīvumā tā parasti ir bagātākos meža tipos, kaļķotā augsnē, vai mežos ar lielu lapu koku piejaukumu.

Sastopamas arī citas epigeiskās vai semiepigeiskās sugas *D.rubidus*, *L.rubellus*, *E.tetraedra*, tomēr biežāk tās atrod mežos ar bagātu augsni. Priežu mežos (*Vaccinum* tips) slieku blīvums parasti nav lielāks kā 4 – 36 ind. m⁻². Auglīgākās augsnēs, piemēram, lapu koku mežos, pļavās, apmežotajās lauksaimniecības zemēs, sastop vēl arī anetiskās un endogeiskās sugas *L.terrestris*, *A.caliginosa*, *A.rosea* blīvumā 53 - 346 ind.

m⁻². Novērots, ka slieku kopējais blīvums stipri variē viena meža tipa robežās (Terhivuo, Valovirta, 1978; Terhivuo, 1989; Huhta, et al., 1986; Huhta, et al., 1998).

Zviedrijā un Norvēģijā priežu mežos (augšnes pH 3,5 - 4,5) dominē *D.octaedra*, *D.rubidus*, retāk *L.rubellus*. Sliemas parasti uzturas augšnes virspusē līdz 5 cm dziļumam blīvumā 1,4 - 20 ind. m⁻². Citas sugas priežu mežu augsnēs atrodamas reti. Egļu mežos sliemas ir vairāk. Te parastas ir tādas sugas kā *A.caliginosa*, *A.rosea*, *L.terrestris*. *A.caliginosa* sastopama tikai bagātākos meža tipos, kur arī sliemu blīvums ir ievērojami lielāks, no 10 - 267 ind. m⁻². Izmēros mazākās sugas kā *D.octaedra* ar savu darbību var ietekmēt tikai virsējos augšnes slāņus, kāmēr lielākās *L.rubellus* un it īpaši *A.caliginosa* intensīvi sajauc augšnes minerālos un organiskos slāņus (Abrahamsen, 1972; Persson, 1988).

Bijušās Padomju Savienības Eiropas daļas mēreno reģionu mežu podzolā dominējošā suga ir *D.octaedra*, reizēm *D.rubida*. To blīvums nepārsniedz 10 ind. m⁻². Vācijā priežu mežu augsnēm tipiskas ir sugas *D.octaedra*, *L.rubellus*, *D.rubidus*. Anglijā *mor* augsnēs sastop galvenokārt sugas *D.octaedra* un *Bimastos eiseni* (Abrahamsen, 1972).

18.2. Skuju koku mežu kaļķošanas un piesārņojuma izraisītās izmaiņas

Kaut arī boreālo priežu mežu eitrofikācijas un transformācijas procesus var novērot jebkuras lielākas Ziemeļ- un Centrāleiropas pilsētas tuvumā, kā arī teritorijās ar aktīvu saimniecisko darbību, tomēr literatūrā trūkst datu par to, kādu ietekmi šāda veida izmaiņas atstāj uz augšnes dzīvniekiem, un, kāda ir iespējamā augšnes dzīvnieku ietekme uz šiem procesiem.

Rietumeiropā priežu mežu transformācijas problēmas daudz tiek aplūkotas citā aspektā, t.i. saistībā ar augšnes paskābināšanos un mežu kaļķošanu. Priežu mežu kaļķošana daudzviet tiek veikta gan, lai uzlabotu koku augšanu nabadzīgās augsnēs, gan arī kā pret darbību piesārņojuma izraisītam augšņu paskābināšanās procesam (Robinson et al., 1992a).

Priežu mežu kaļķošana var gan pozitīvi, gan negatīvi ietekmēt meža biocenozi. Tā kā eksperimentos un lauka novērojumos nav iegūti nepašaubāmi pozitīvi rezultāti, tad parasti mežu kaļķošana veic nelielās platībās. Kaļķošanai galvenokārt izmanto kalcija karbonātu CaCO_3 , retāk dzēstos kaļķus Ca(OH)_2 vai pelnus (Persson, 1988).

Augšņu kaļķošanas izraisītās pārmaiņas saglabājas daudzu gadu, pat gadu desmitu ilgā periodā. Jau dažas nedēļas pēc kaļķošanas novēro būtiskas augsnes faunas izmaiņas. Tomēr šābrīža zināšanas un pētījumi par tiešajiem cēloņiem, kas ietekmē augsnes dzīvnieku populācijas ir nepietiekami. Kaļķojot tiek izmainīti vairāki augsnes dzīvniekiem būtiski faktori - augsnes skābums, kalcija saturs, rodas izmaiņas mikroorganismu – potenciālo dzīvnieku barības objektu sastāvā u.c. (Persson, 1988; Robinson et al., 1992).

Augsnes dzīvnieku populāciju blīvums reizēm palielinās tiešā kalcija satura vai pH vērtību pieaugšanas ietekmē, tomēr parasti cēlonis ir barības bāzes uzlabošanās vai izmaiņas dzīvo organismu savstarpējā konkurencē. Priežu mežos Zviedrijas centrālajos reģionos augsnes skābums parasti ir pH 3,5 - 4,5. Te sastop vismaz 500 augsnes dzīvnieku sugu. Kaļķotajās mežu platībās pH vērtības parasti ir augstākas par pH 4 (Persson, 1988).

18.3. Augsnes skābuma un C:N izmaiņu nozīme slieku dzīvības procesos

Priežu mežu kaļķošanas rezultātā izmainās vairāki augsnes organismiem nozīmīgi ķīmiski faktori, kā arī barošanās apstākļi. Pēc kaļķošanas augsnes organiskajā horizontā samazinās C:N attiecība, būtiski tiek ietekmēts augsnes pH un palielinās mikrobiālā aktivitāte (Zelles et al., 1990). C:N izsaka augsnes organiskās vielas kā enerģijas avota kvalitāti. Ja C:N attiecība ir liela, tas liecina par abu šo vielu nesabalansētību barībā, un organismiem rodas N deficīts, kas ierobežo to attīstību. C:N attiecība ir viens no galvenajiem slieku populāciju limitējošajiem faktoriem (Lee, 1985).

Intensīva organisko vielu sadalīšanās iespējama tikai pie noteikta slāpekļa daudzuma, kas ir lielāks kā 1,5 - 1,7%. Slāpekļa mineralizācija sākas pie C:N attiecības 20, bet pie vērtībām 16,1 - 23,8 šis process tiek bremsēts. Priežu mežos C:N attiecība

var būt pat 30 – 40. Skuju koki, sūnas, ķērpji satur ievērojami mazāk N un minerālvielas kā lapu koki un lakstaugi (Аристовская, 1980). Lakstaugu atlieku klātbūtne O horizonta kritalu materiālā ievērojami palielina slieku skaita pieaugumu (McLean et al., 1996).

Skuju koku mežu augsnēs lignīni, tannīni, terpēni un sveķi kavē mineralizāciju. Šiem savienojumiem var būt arī baktericīda iedarbība. Saprofāgie dzīvnieki nelabprāt izmanto svaigu augu materiālu pirms mikroorganismi nav sadalījuši polifenolus. Sūnas un skuju koku kritalas tikai pēc 5 - 12 gadiem zaudē struktūru un saplūst ar augsni. Skujām ir bieza vaska kutikula, kas satur 20% lignīna, antibiotikas, polifenolus un ļoti stabilus olbaltumvielu kompleksus. Augsnes faunas loma sadalīšanās procesos pieaug tikai trešajā gadā. Lapu koku atliekas piemērotas bezmugurknieku pārtikā kļūst jau pēc 3 mēnešiem. 20% no lapu koku kritalu sadalīšanas veic bezmugurkaulnieki, īpaši sliekas. Sākumā mikroorganismi sadala viegli izmantojamus savienojumus, tad bezmugurkaulnieki veic augu atlieku macerāciju, un tikai pēc tam pieslēdzas celulozes noārdītāji (Аристовская, 1980). Svarīgākie faktori, kas nosaka barības piemērotību ir C:N attiecība un polifenolu koncentrācija.

Pazeminoties augsnes skābumam, slāpekļa mineralizācija noris ātrāk, un palielinās kokiem pieejamo slāpekļa formu koncentrācija augsnē (Robinson et al., 1992a). Sliekas paātrina dažādu procesu norisi augsnē, tajā skaitā arī primārās produkcijas veidošanos un slāpekļa uzņemšanu (Huhta et al., 1998). Lielbritānijā salīdzinot slieku darbības intensitāti kaļķotās un nekaļķotās Sitkas egles (*Picea sitchensis*) meža platībās tika konstatēts, ka kaļķotajās platībās slāpekļa mineralizācija norisinās pat līdz 50 reizēm ātrāk kā nekaļķotajās. Šie procesi īpaši aktivizējas pēc *A.caliginosa* slieku introdukcijas (Robinson et al., 1992b).

Barības piemērotība sliekām pozitīvi korelē ar slāpekļa un ogļhidrātu saturu. Negatīva korelācija ir ar polifenolu, īpaši tannīna koncentrāciju lapās (skujās) (Lee, 1985; Hendriksen, 1990).

Augsnes skābumam pašam par sevi arī ir liela nozīme slieku dzīvības procesos. Tas ir viens no galvenajiem faktoriem, kas nosaka slieku izplatību. Sliekām ir negatīva reakcija attiecībā pret hidrogējonu koncentrāciju. Augsnēs ar pH <4,3, dominē

D.octaedra, citu sugu tur ir maz. Sliēkas ir ļoti reti sastopamas, ja augsnes pH ir mazāks kā 3,5. Tās nelabprāt apdzīvo augsnes ar pH vērtību 4,0 - 4,5 (Satchell, 1955).

Eksperimentos *L.rubellus* ielien augsnēs tikai tad, ja skābums nav zemāks par pH 4. Sliēkas ir ļoti jūtīgas pret augstu elektrolītu koncentrāciju šķīdumā. Tās uz augsnes skābumu reaģē ar neirofizioloģiskajiem mehānismiem, kas ļauj tām izvairīties no augsnēm ar zemu pH, kaut arī šobrīd vēl nav zināms, kas tieši skābajās augsnēs sliēkas būtiskāk ietekmē, vai jonu, piemēram, kalcija zemā koncentrācija, vai augsnes skābums pats par sevi (Lee, 1985; Persson, 1988). Tomēr laboratorijas eksperimentos ar *A.caliginosa* ir noskaidrots, ka sliēkas pret pH izmaiņām ir jūtīgākas kā pret kalcija jonu izmaiņām. Koproliņu produkcija pieaug pieaugot pH un kalcija līmenim, bet nepieaug pieaugot kalcija līmenim pie nemainīga pH (Springett, Syers, 1984).

18.4. Sliēku populāciju blīvuma un struktūras izmaiņas pēc mežu kaļķošanas

Eksperimentos ir konstatēts, ka sliēku blīvums pēc kaļķošanas parasti pieaug. Švercvaldē Vācijā 3 - 4 gadus pēc kaļķošanas (CaCO_3 2000 kg ha⁻¹) sliēku skaits (galvenokārt *L.rubellus*) pieauga no 2 - 10 līdz 50 - 60 ind. m⁻². Arī vairākos citos pētījumos atzīmēts par ievērojamu *L.rubellus* blīvuma pieaugumu pēc kaļķošanas (Persson, 1988).

Zviedrijā pēc dolomīta miltu pielietošanas egļu mežos 2 gadu laikā sliēku blīvums palielinājās vairāk kā divas reizes, no 116 līdz 260 ind. m⁻² ar izteiktu *D.octaedra* dominanci. Pārējās sugas *D.rubida*, *L.rubellus*, *A.caliginosa* sastādīja 11 - 14%. Jāpiezīmē, ka pēc kaļķošanas sugu dominances struktūra netika izjaukta. Vācijā kaļķojot egļu mežus (CaCO_3 5000 kg ha⁻¹) sliēku blīvums humusa slānī 7 gadu laikā pieauga vairākkārt - līdz 215 ind. m⁻², galvenokārt sugas *D.octaedra*, *D.rubida*, *D.illyrica*. Ziemeļīrijā egļu mežos 6 gadus pēc kaļķošanas (CaCO_3 10000 kg ha⁻¹) novēroja būtisku *L.rubellus* un *D.octaedra* populāciju pieaugumu. Arī mēslojot skuju koku mežus ar amonija nitrātu, izdedžiem un dolomitu sliēku blīvums ievērojami pieaug (Persson, 1988).

Somijā tika veikti eksperimenti ar slieku *A.caliginosa* introdukciju *Oxalis-Myrtillus* egļu mežos. Nekaļķotajās meža platībās (pH 4,3) izdzīvoja maz introducēto slieku, kamēr kaļķotajās platībās, kur pH līmenis paaugstinājās līdz 6,5, *A.caliginosa* blīvums sasniedza 131 ind. m⁻². Te sliekas bija sastopamas pat augsnes minerālajā daļā. Būtiski pieauga arī *L.rubellus* populācija, kamēr *D.octaedra* skaits neizmainījās. Tika novērots, ka *A.caliginosa* klātbūtne reducē *D.octaedra* populāciju. Arī starp *A.caliginosa* un *L.rubellus* blīvumu novēroja negatīvu korelāciju (Persson, 1988).

18.5. Slieku nozīme augsnes veidošanā transformētajās mežu platībās

Endogeisko slieku populācijas ir viegli ietekmēt samazinot augsnes skābumu (kaļķošana) vai arī ļaujot lapu kokiem augt priežu mežos (Haimi, Einbork, 1992). Pēc kaļķošanas, palielinoties slieku blīvumam un ieviešoties jaunām sugām, palielinās slieku ietekme uz augsnes procesiem. Slieku darbības rezultātā tiek sajaukti augsnes horizonti, uzlabojas augsnes struktūra, aerācija, drenāža, augsnes virspuse bagātinās ar barības vielām no dziļākiem slāņiem. Sliekas un saprofāgā augsnes fauna ir būtisks faktors humusa strukturācijā. Rezultātā izmainās podzols, un sāk veidoties *mull* humuss (Lee, 1985; Deleporte, Tillier, 1999).

ASV, kur boreālajos un jauktu koku mežos nav vietējo slieku sugu, introducējot dažādas sugas no Vecās pasaules, ir veikti novērojumi par to ietekmi uz meža augsnēm un biocenozēm. *D.octaedra* izjauc robežas starp augsnes organiskajiem slāņiem, sajaucot virsējos organisko vielu horizontus. Tām ir maza ietekme uz minerālaugsnī, tāpat tās maz ietekmē augsnes fizikālo struktūru un barības vielu pieejamību augsnē. *Aporrectodea sp.* sliekas, *L.rubellus*, *L.terrestris* intensīvi sajauc virsējos zemsegas slāņus ar minerālslāņiem 25 – 30 cm dziļumā, ko zināmā mērā var salīdzināt ar aršanu. Introducējot mežu augsnēs vienlaicīgi dažādas slieku sugas, augsnes organiskajā horizontā novēro augsnes jēlhumusa (*mor*) struktūras transformēšanos par *mull* struktūru ar labi attīstītu (līdz 25 cm), organiskajām vielām bagātu A_h horizontu. Šāda augsnes struktūra ir raksturīga Eiropas lapu koku mežiem (Frelich et al., 2006).

L. terrestris un *A. caliginosa* klātbūtnē skābajās augsnēs palielinās humusa organisko vielu saturs, un samazinās skābums augsnes virspusē un humusā (Räty, 2004).

Boreālie meži uz skābajām smilšu augsnēm ir lielā mērā „rezistenti” pret slieku invāziju, jo C:N attiecība detritā ir pārāk liela. Ja tā samazinās, slieku skaits var palielināties. Lapu koku, piemēram, apšu un bērzu ar zemu C:N attiecību, klātbūtne skuju koku mežos, ļauj vairākām slieku sugām tos apdzīvot. Visbiežāk tās ir *D. octaedra*, kas ir tolerantas pret augsnes skābumu un zemu barības kvalitāti zemsegā (Frelich et al., 2006).

Laboratorijas eksperimentos Kanāda novērots, ka ieviešot *D. octaedra* nabadzīgajās priežu mežu augsnēs blīvumā 200 – 300 ind. m⁻², jau pēc 6 mēnešiem O horizonts pilnībā sastāv no slieku koprolītiem, un sāk veidoties rudimentārs A_h horizonts. Rupjā humusa horizonts reducējas vai pat pilnībā izzūd. Organisko savienojumu saturs O horizontā, kur slieku ir visvairāk, ievērojami samazinās. O horizonts pamazām tiek sajaukts ar augsnes minerālo slāni. Novērots, ka *D. octaedra* un augsnes makrofauna nomāc mikroskopisko sēņu darbību, bet stimulē baktēriālo darbību (McLean, Parkinson, 1997).

L. rubellus klātbūtnē novēro intensīvu organisko vielu mineralizāciju. *L. rubellus* intensīvi piedalās augsnes zemsegas slāņa noārdīšanā, labvēlīgi ietekmējot augsnes procesus un koku augšanu (Haimi, Boucelham, 1991). Barībai izejot cauri *L. rubellus* gremošanas sistēmai, koprolītos palielinās oglekļa šķīstošo savienojumu koncentrācija, mitruma saturs un mikrobiālā aktivitāte (Daniel, Anderson, 1992). Sliekām mežu augsnēs ir pozitīva ietekme uz mikroorganismiem. Tās sekmē mikorīzas veidošanos (Haimi, Einbork, 1992). Pētījumos Īrijas egļu mežu augsnēs konstatēts, ka *A. caliginosa*, *A. chlorotica*, *L. terrestris* koprolīti samazina augsnes mitruma svārstības, kā arī šķīstošo organisko vielu izskalošanos. Slieku ietekmē mineralizācijas process noris ātrāk kā bez sliekām (McInerney et al., 2001). *A. caliginosa* klātbūtnē būtiski pieaug apmaiņas kālija saturs (Basker et al., 1992). Konstatēts, ka bērzu stādi pieaug ievērojami ātrāk eksperimentālajos variantos ar sliekām, nekā bez. Tie veido garāku, slaidāku stumbru, lapas ir lielākas un zaļākas. Lapu, stumbra un sakņu biomasa pieaug pat divas reizes (Haimi, Einbork, 1992; Haimi et al., 1992).

18.6. Pētījumi par slieku sugām mežu augsnēs Latvijā

Latvijas mežu augšņu slieku fauna ir maz pētīta. Literatūras avotos atsevišķas ziņas var atrast V.Eglīša (Эглитис, 1954) un O.Atlavinītes (Атлавините, 1976) publikācijās, M.Šterneberga (Штернебергс, 1985) pētījumos par Brocēnu cementa rūpnīcas ietekmi uz apkārtnes mežu slieku faunu un vēl dažos zinātniskajos darbos.

Vēl pagājušā gadsimta trīsdesmitajos gados J.Krūmiņš enciklopēdiskajā izdevumā "Latvijas zeme, daba, tauta" (Krūmiņš, 1936) norāda uz sugas *A.caliginosa* un retāk *L.rubellus* klātbūtni lapu koku mežu smilšmāla augsnēs, kur tās atrodamas galvenokārt virsslānī līdz 5 cm dziļumam. Šie meži bieži ir veidojušies aizaugot aramzemēm, tāpēc raksturīga ir *A.caliginosa* dominēšana.

Plašākus pētījumus par Latvijas slieku faunu pagājušā gadsimta vidū uzsāka Viktors Eglītis (Эглитис, 1954). Kaut arī galveno vērību V.Eglītis pievērsa lauksaimniecības zemju izpētei, tomēr savā monogrāfijā viņš ir sniedzis ziņas arī par atrastajām slieku sugām mežu augsnēs. Kā dominējošā suga tiek minēta *L.rubellus*. Bieži sastopama arī *L.castaneus*. *A.caliginosa* mežos ir salīdzinoši reti. Šī suga raksturīga galvenokārt lauksaimniecības zemēm. Sliekas atrastas dažāda skābuma augsnēs no pH 3,6 - 7,8 (Эглитис, 1954).

Skābajās augsnēs gan mežos, gan pļavās ar pH 4,4 - 5,3 atrodama *D.octaedra*. Šī suga apdzīvo augsnes virsējo slāni tieši zem sūnām. *D.octaedra* ir nozīme sākotnējos augsnes veidošanās procesos uz iežiem. Arī priežu mežu sausajās smilts augsnes vienīgā slieku suga ir *D.octaedra* blīvumā līdz 10 ind. m⁻². Mitrākos egļu mežos sastop vairākas slieku sugas *D.octaedra*, *A.caliginosa* un *L.rubellus* blīvumā līdz 60 ind. m⁻² (Эглитис, 1954).

Pagājušā gadsimta 70. gados Piejūras zemienē Kurzemē pazīstamā lietuviešu lumbrikoloģe O.Atlavinīte (Атлавините, 1976) vairākos meža tipos noteica slieku sugu sastāvu un blīvumu. Tika konstatēts, ka sausos priežu mežos mētrājā un lānā tipiskā podzolā augšņu zemsegā dominē *D.octaedra* līdz 4 ind. m⁻². Ļoti reti sastop *A.caliginosa* un *L.rubellus*. Egļu vēri podzolā slieku blīvums ir līdz 40 ind. m⁻² (vidēji 7,2 ind. m⁻²). Dominē *A.caliginosa* un *L.rubellus*. Slapjo kūdraugšņu melnalkšņu audzēs

dumbrājā un lieknā sastop 6 sugas blīvumā līdz 296 ind. m⁻², dominē *A.caliginosa*, *L.rubellus*, *E.tetraedra*, *L.terrestris*, *A.chlorotica* (Атлавините, 1976).

1977 - 1979. gadā M.Šternbergs (Штернбергс, 1985), nosakot Brocēnu cementa un šīfera kombināta emisijas putekļu ietekmi uz augsni, kā indikatororganismus izmantoja sliekas. Materiāla ievākšanai tika izveidoti vairāki parauglaukumi bērzu vēra smilšmāla velēnu podzolaugsnēs dažādā attālumā no kombināta, valdošo vēju virzienā. Atbilstoši maksimālajam piesārņojumam ar cementa putekļiem, vismazāk slieku atrasts 1,5 km attālumā no kombināta. *E.rosea* izdalīta kā negatīvs bioindikātors meža augšņu piesārņojumam ar cementa rūpnīcas putekļiem. *E.rosea* blīvums atkarībā no attāluma līdz kombinātam mainījās sekojoši: 1,5 km attālumā – 5 ind. m⁻², 6,7 km – 20 ind. m⁻², 13 km – 60 m⁻². Citām sugām tik izteiktas skaita svārstības netika novērotas. Izmaiņas pēc M.Šternberga domām saistītas ar kalcija un stroncija piesārņojumu, un augsnes skābuma izmaiņām no pH 5,9 kontroles parauglaukumā līdz pH 7,7 kombināta tuvumā (Šternbergs, 1985).

1988. - 1989. gadā Bulduros tika veikti pētījumi par augsnes mulčēšanas ietekmi uz nomīdīto Jūrmalas mežu (*Vaccinio myrtilli Pinetum* meža tips) augšņu faunu. Kontroles parauglaukumā podzolā (pH_{KCl} 3,75) konstatēts attiecīgajam meža tipam neraksturīgi augsts slieku blīvums 51 ind. m⁻². Dominē sugas *L.rubellus* un *D.octaedra*. Parauglaukumā ar nomīdītu meža augsni sliekas praktiski netika atrastas, bet mulčētā augsnē (mulčēts 80. gadu sākumā ar kūdru, pH_{KCl} 4,58) atrastas 4 slieku sugas blīvumā līdz 164 ind. m⁻². Dominē sugas *A.caliginosa* un *L.rubellus* (Ventiņš, 1991).

1991. gadā promocijas darba autors (Ventiņš, npublicēti dati) vairākos meža tipos noteica slieku blīvumu un sugu sastāvu. Daugavas ielejā dižsila meža apakštipā pie Krāslavas un Pļaviņām tika atrastas attiecīgi 5 (11 ind. m⁻²) un 7 (89 ind. m⁻²) sugas. Pīloru ozolu gāršā tika konstatēts ievērojams slieku blīvums 422 ind. m⁻² ar *A.rosea* kā dominējošo sugu. Luknas skabāržu gāršā slieku blīvums sasniedza 322,5 ind. m⁻² ar *A.caliginosa* kā dominējošo sugu.

1988.g. pētījumi tika veikti Salacas ielejas krasta nogāzē (melnalkšņu audzes, smilšmāla un malsmilts augsnes) pie Rozēniem. Viens virs otra dažādos Salacas ielejas šķērsprofila elementos tika iekārtototi vairāki parauglaukumi. Melnalkšņu audzēs uz

nogāzes tika atrastas 4 slieku sugas blīvumā līdz 152 ind. m⁻², dominē *L.castaneus*, *L.terrestris*, daudz arī *D.octaedra*. Horizontālā terasē nogāzes vidū tika konstatēts augstākais līdz šim novērotais slieku blīvums Latvijā 793 ind. m⁻². Kopā tika atrastas 6 sugas ar *A.rosea* (550 ind. m⁻²) kā dominējošo. Ļoti augsts slieku blīvums tika novērots arī upes palienē - 590 ind. m⁻² ar *D.octaedra* (208 ind. m⁻²) kā dominējošo sugu (Ventiņš, 1991).

18.7. Latvijas boreālo priežu mežu eitrofikācija un transformācija

Latvijā ir ap 1700 augu sugu, no kuriem trešā daļa ir svešzemju sugas, kas ienākušas saistībā ar cilvēka darbību. Pēdējās desmitgadēs Latvijas veģetācijā novēro intensīvas izmaiņas, ko izraisa atmosfēras nosēdumi, klimatiskās parmaiņas un izmaiņas zemes lietošanā. Augu sabiedrības kļūst nestabilākas, tajās agresīvi izplatās daudzas Latvijas veģetācijai neraksturīgas svešzemju sugas (Laiviņš, 1998).

Kopumā augāja antropogēno fitocenoģenēzi priežu mežos šobrīd raksturo vairāki procesi, kuru pamatcēlonis ir augtenes trofiskuma maiņa un slāpekļa kopapjoma pieaugums vidē. Cilvēka tiešas vai netiešas darbības rezultātā notiek intensīva ruderālo un segetālo sugu ieviešanās dabiskajās augu sabiedrībās (ruderalizācija). Mežos intensīvi izplatās graudzāļu sugas (graminifikācija), kā rezultātā pastiprināti veidojas velēna. Augsnes virskārtā uzkrājas organiskās vielas, kavējot skuju koku atjaunošanos. Procesu raksturo arī bieza krūmu stāva veidošanās (frutifikācija), it īpaši piepilsētu un pilsētu priežu mežos (Laiviņš, Laiviņa, 1991; Laiviņš, 1998).

Klimatam pasiltinoties (gaisa vidējā temperatūra 100 gadu laikā Rīgā ir pieaugusi par 1° C, bet ārpusē par 0,5° C) sugu izplatības areāli pārvietojās ziemeļu virzienā. Diennakts un sezonālās temperatūru svārstības kļūst izlīdzinātākas, un būtiski palielinās augtņu mitrums. Tas izraisa boreālo mežu platību samazināšanos, un lapu koku mežu un zālāju platību pieaugumu.

Liela nozīme ir arī sārņvielu, tajā skaitā slāpekļa savienojumu, pārrobežu pārnesei un emisijai no uzņēmumiem un citiem vietējiem piesārņojuma avotiem (Laiviņš, 1998). Dolomīta un kaļķakmens intensīva izmantošana celtniecībā un augsnes kaļķošanā vairāk

kā 50 gadu ilgā periodā ir veicinājusi liela daudzuma kalcija un magnija nokļūšanu meža augtenēs. Tas ir cēlonis augsnes virskārtas skābuma samazinājumam, virskārtas struktūras un humusvielu izmaiņām, un dzīvo organismu biomasas pieaugumam (Мелецис, 1985; Laiviņš et al., 1993).

Latvijā vairums priežu mežu ir pārstāvēti ar oligotrofajiem un mesotrofajiem sausieņu mežu tiptipiem, kuros domine raksturīgais boreālo skuju koku mežu komplekss. Šādos mežu tiptos, galvenokārt piepilsētā un pilsētā, stiprāk izpaužas mežu transformācijas procesi. Zem priedēm veidojas biezs krūmu stāvs ar krūklīem, lazdām, pīlādžiem, korintēm, saussēržiem u.c. koku un krūmu sugām. Dabiskā priežu atjaunošanās šādos transformētos mežos ir niecīga. Procesī ir nelabvēlīgi priežu mežu attīstībai. Paredzams, ka to kopējā platība un īpatsvars samazināsies, dodot vietu egļu un lapu koku audzēm (Laiviņš, Laiviņa, 1991; Laiviņš, 1998).

Mežu transformācija ir tieši saistīta ar augšņu pakāpenisku eitrofikāciju, kā rezultātā palielinās augiem nepieciešamo barības vielu daudzums, un skābuma samazināšanās, kas ievērojami veicina jaunu sugu ieviešanos. Augtenei eitroficējoties veidojas savstarpēji saistītas Priežu mežu sabiedrību sukcesiju stadijas. Boreālie meži (*Vaccinio vitis idaea-Pinetum*, *Vaccinio myrtilli-Pinetum*) transformējas sabiedrībās ar daudz bagātāku zemsedzi un krūmu stāvu (*Sambuco recemosae-Pinetum*), kam ir iespējami vairāki asociāciju varianti. Sukcesiju gaitā ieviešas eitrofas sugas ar plašākām pielāgošanās spējām. Augsnes parametri – skābums un slāpekļa saturs mainās no skābām ar slāpekli nabadzīgām uz vidēji vai vājiskābām ar slāpekli bagātākām augsnēm. Vienlaicīgi meži kļūst ēnaināki un mitrāki. Tipiskais rupjais trūds sadalās, veidojot pārejas formu (*moder humuss*) starp *mor* un *mull* trūdu. Latvijā nav aprakstīta šīs sukcesijas eventuālā noslēgumstadija, bet, jādomā, ka priede mežos pilnībā tiks nomainīta ar citām koku sugām (Laiviņš, Laiviņa, 1991; Laiviņš, 1998).

Boreālo priežu mežu transformācija Latvijā pēdējos gadu desmitos norisinās aizvien straujāk. Šis process var būt gan dabisks, gan arī antropogēnās darbības izraisīts un veicināts. Rezultātā sausieņu mežos priedes masveidā nomainās ar lapu kokiem un eglēm. To sekmē augsnes bagātināšanās un oligotrofo augteņu īpatsvara samazināšanās. Uz bagātākām (mezotrofām) augtenēm parasti veidojas ražīgākas un sugām bagātākas

mežaudzes. Latvijā vietām var novērot arī pretēju procesu, augsnes paskābināšanos jeb acidifikāciju, tomēr kopumā mežos šobrīd dominē augsnes bagātināšanās jeb eitrofikācijas procesi (Laiviņš, 1998).

18.8. Parauglaukumu izvēles principi Jūrmalas un Saulkalnes priežu mežu masīvos

Pētījumi par oligotrofo priežu mežu augšņu eitrofikāciju tika veikti Jūrmalas pilsētas mežos un Saulkalnes Dolomītu pārstrādes kombināta tuvumā. Parauglaukumiem tika izvēlēts *Vaccinio myrtilli* – *Pinetum* jeb lāna meža augšanas tips. Priežu meži ar mellenēm zemsedzē ir viena no galvenajām Eirāzijas boreālā skuju koku bioma rietumu sektora augu sabiedrībām. Latvijā lāns ir viena no dominējošajām mežu sabiedrībām un kopumā aizņem ap 19% no visiem priežu mežiem. Mazpārveidotās lāna audzēs labi izdalās sīkkrūmu un sūnu stāvs, savukārt transformētās audzes ir viegli identificēt pēc neraksturīgā sugu sastāva un struktūras - biežajiem krūmiem, platlapju dzinumiem un lakstaugiem. Tas ļauj gan novērtēt priežu audžu transformācijas pakāpi, gan arī izdalīt antropogēnās sukcesijas galvenās stadijas (Laiviņš, 1998). Visvairāk transformācijas procesi skar piepilsētas priežu mežus, kam par cēloni ir apdzīvoto vietu izplešanās, industrializācija un aktīva mežu izmantošana rekrācijas vajadzībām (Laiviņš, Laiviņa, 1991; Laiviņš et al., 1998).

Gan Jūrmalā, gan Saulkalnē paraugu ievākšanas un novērojumu vietas izvēlētas ar līdzīgu reljefa novietojumu, mitruma apstākļiem, mežaudzes vecumu (vidēja vecuma un pieaugušas audzes) un augsnes sastāvu.

18.9. Paraugu ievākšana un apstrāde

Augsnes paraugi gan Jūrmalā, gan Saulkalnē tika ievākti slieku maksimālās aktivitātes laikā, pavasara un rudens mēnešos, katrā parauglaukumā rokot piecas 50 x 50 cm (0,25 cm²) augsnes bedres līdz 30 cm dziļumam. Paraugi pamatā tika izvietoti pēc konverta principa 10 x 10 m lielā platībā. Izraktā augsne tika izbērtā uz polietilēna plēves un pēc tam rūpīgi ar rokām izšķīrota. Šī ir viena no izplatītākajām paraugu

ņemšanas metodēm, kas ir ieteikta un aprakstīta daudzu autoru darbos (Эглитис, 1954; Lee, 1985; Гиляров, 1987; Атлавините 1975, 1976, 1990). Atrastās sliekas tika ievietotas stikla pudelītēs ar etiķeti, fiksētas un līdz identifikācijai uzglabātas 70% etilspirtā.

Ķīmiskās analīzes Jūrmalas parauglaukumu augsnei tika veiktas LU Bioloģijas institūtā. Ķīmiskās analīzes Saulkalnes parauglaukumu augsnei tika veiktas Latvijas Valsts Mežzinātnes institūtā "Silava". Turpat ar atomabsorbcijas spektrometru sālskābes izvilkumā tika noteiktas arī kalcija un magnija koncentrācijas augsnē.

19. SLIEKAS EITROFICĒTAJĀS JŪRMALAS PRIEŽU MEŽU AUDZĒS

Jūrmalas priežu meži pēdējos gadu desmitus tiek pakļauti arvien pieaugošai antropogēnai slodzei. Mežos tiek izjauktas dabiskās augu sabiedrības. Pieaug eitrofīlo sugu īpatsvars. Meža sugas izspiež ruderālie augi un nezāles. Izmainās augsne – samazinās augsnes skābums, intensificējās organisko vielu aprīte. Lai noteiktu urbanizācijas un industrializācijas procesu ietekmi uz Jūrmalas mežiem 1988. gadā tika veikti 77 skuju koku mežu biomu ģeobotāniskie apraksti.



19.1. attēls. Jūrmalas novērojumu vietas parauglaukumu izvietojums (“LR Satelītkarte”, Valsts zemes dienests)

▲ - paraugu ņemšanas vietas. No kreisās: Vaivari, Pumpuri, Jaundubulti, Dzintari, Bulduri 1, Bulduri 2

19.1. Jūrmalas parauglaukumu apraksts

Slietu materiāls tika ievākts 1989. gada septembrī un 1990. gada maijā un septembrī 6 parauglaukumos, kas reprezentē *Vaccinium Myrtilli* – *Pinetum* jeb lāna tipa asociāciju vairākās eitrofikācijas pakāpēs (19.1.att.). Visos Jūrmalas parauglaukumos ir tipiska vāji podzolēta smilts augsne. Zemsegas horizonts ir 9 – 11 cm biezs. Biocenožu raksturošanai tika izmantoti publicētie Jūrmalas mežu biomu ģeobotāniskie apraksti (Laiviņš, Laiviņa, 1991) un M.Laiviņa mutiskās ziņas.

Divi parauglaukumi tika iekārtoti nepārveidotos, pamatasociācijai *Vaccinium Myrtilli* – *Pinetum* atbilstošos mežos Pumpuros (parauglaukuma apzīmējums – Pumpuri; 004°83'73"E; 63°12'60"N) un Jaundubultos (Jaundubulti; 004°84'16"E; 63°12'64"N). Augsnes skābums te ir pH_{KCl} 3,5 un 3,8 attiecīgi (19.1.tab.).

Divi parauglaukumi iekārtoti Vaivaros (Vaivari; 004°79'15"E; 63°11'18"N) un Bulduros (Bulduri 1; 004°90'15"E; 63°15'25"N) – mežos ar daļējām dabiskās biocenozes eitrofikācijas pazīmēm. Parauglaukumos ir samazinājies tipam raksturīgais *Vaccinium myrtillus*, kā arī dominējošo sūnu sugu *Hylocomium splendens* un *Pleurozium schreberi* projektīvie segumi. Lakstaugu stāvā parādās *Rubus idaeus*, *Impatiens glandulifera*, *Impatiens paviflora* un *Festuca ovina*. Krūmu stāvā vērojams *Quercus robur*, *Acer platanooides*, *Sorbus aucuparia* un *Betula pendula* īpatsvara pieaugums. Augsnes skābums O horizontā pH_{KCl} 4,4 un 3,9 attiecīgi (19.1.tab.).

2 parauglaukumi reprezentē eitroficētus priežu mežus Bulduros (Bulduri 2; 004°90'16"E; 63°15'22"N) un Dzintaros (Dzintari; 004°59'94"E; 63°15'20"N), kas tika izdalīti antropogēnajā asociācijā *Sambuco racemosae* – *Pinetum*. Asociācijai raksturīga ir sūnu un mētrāju nomainīga ar graudzālēm, kā arī biezs krūmu stāvs, ko veido krūmu sugas (valdošā *Sambuco racemosa*) un jaunie lapu koki, galvenokārt platlapji. Biezajā, sūnām bagātajā zemsedzē bagātīgi pārstāvētas *R.idaeus*, *I.parviflora*, *F.rubra* un *F.ovina* u.c. lakstaugu sugas. Augsnes skābums O horizontā ir pH_{KCl} 5,2 un 4,8 attiecīgi (19.1.tab.). O horizontā palielinās lapu atlieku, koku un graudzāļu sakņu īpatsvars, sāk noārdīties rupjais *mor* humuss un veidoties mīkstais trūds.

19.1. tabula

Augsnes virsējie horizonti un to ķīmiskās īpašības Jūrmalas parauglaukumos
*** parauglaukumos Bulduri 2 un Dzintari izdalīti arī pārejas horizonti A_hE**

Parauglaukumi	Augsnes horizonts	Horizonta biezums cm	Ph KCl	Organiskā viela %	C/N
Pumpuri	O ₁	3	3,5	93,6	-
	O ₂	5	2,8	98,8	-
Jaundubulti	O ₁	6	3,8	90,1	36,4
	O ₂	5	3,2	69,1	41,2
Vaivari	O ₁	1	4,4	79,9	28,2
	O A _h	9	4,1	66,3	29,6
Bulduri 1	O ₁	3	3,9	86,1	34,5
	O ₂ (O A _h)	6	3,3	56,8	33,4
Bulduri 2*	O ₁	1	-	67,9	29,1
	O ₂ (O A _h)	5	5,2	52,4	28,5
Dzintari*	O ₁	1	-	31,6	30
	O ₂ (O A _h)	5	4,8	8,6	17,1

19.2. Rezultāti

19.2.1. Atrastās slieku sugas

Jūrmalas parauglaukumos kopā tika konstatētas 6 slieku sugas (19.2.tab.). Divas sugas *D.octaedra* un *D.rubida tenuis* ir parastas skābo augšņu iemītnieces un ir tipiskas augsnes humusa horizonta virspuses apdzīvotājas. Vākumos tās tika atrast līdz 3 cm dziļumam. *D.octaedra* atrastas visos parauglaukumos, bet *D.rubida tenuis* atsevišķi eksemplāri tikai stipri eitroficētajos Bulduri 2 un Dzintaru parauglaukumos.

Arī *L.rubellus* un *L.castaneus* ir meža augšņu virskārtas sugas. Paraugos tās tika atrastas 0 – 5 cm dziļumā. *L.rubellus* ir acidotoleranta suga, un nelielā bīvumā tā ir sastopama arī *mor* humusa augsnēs. *L.castaneus* vairāk ir raksturīga lapu koku mežiem ar vāji skābām augsnēm. *L.rubellus* atrasta visos parauglaukumos, bet *L.castaneus* tikai vidēji un stipri eitroficētajos.

A.caliginosa ir viena no nozīmīgākajām humusa veidotājām sugām, kas spēj stipri ietekmēt augsnes struktūru (Striganova, 1980). Vākumos tās tika atrastas līdz 8 cm dziļumam. Tās ir acidotolerantas un augsnē atrodamas jau pie pH 3,6 (Eglītis, 1954), tomēr skuju koku mežos tās ir retas, ko nosaka barības nepiemērotība un vāji attīstītais humusa horizonts (Huhta, Kulmala, 1985). *A.caliginosa* atrasta tikai vidēji un stipri eitroficētajos parauglaukumos.

Stipri eitroficētajos parauglaukumos Dzintari tika atrasti arī neitrālo augšņu sugas *O.lacteum* atsevišķi eksemplāri un Bulduri 2 ārpus paraugu ņemšanas vietas novērota *L.terrestris*.

19.2.2. Kopējais slieku blīvums parauglaukumos

Visvairāk slieku tika atrastas stipri eitroficētajos Dzintaru un Bulduri 2 parauglaukumos 1989. gada rudenī, attiecīgi 75,6 un 61,2 ind. m⁻² (19.2.tab.). Augsts blīvums ir bijis arī 1990. gada rudenī. 1990. gada pavasarī gandrīz visos parauglaukumos, atskaitot Bulduri 2, sliekas tika atrastas ievērojami mazākā skaitā, bet jau rudenī to blīvums atkal bija augsts (9.pielikums).

Nedaudz mazākā skaitā sliekas tika atrastas vidēji eitroficētajos Vaivaru un Bulduri 1 parauglaukumos. Tomēr arī šeit slieku skaits ir augsts un Bulduri 1 sasniedz 51,6 ind. m⁻². Visā novērojumu periodā Bulduri 1 slieku skaits bija augstāks kā parauglaukumā Vaivari. Vismazāk slieku tika ievākts parauglaukumos Pumpuri un Jaundubulti, kuri atbilst nepārveidotam lāna meža tipam. 1990. gada pavasarī šajos parauglaukumos slieku skaits salīdzinot ar rudens sezonām būtiski samazinājās, attiecīgi 1,6 un 8,8 ind. m⁻². Pārējos parauglaukumos tik krasa un būtiska skaita samazināšanās pavasarī netika novērota (9.pielikums).

Salīdzinot slieku blīvumus visās sezonās, būtiskākās atšķirības ir Dzintaru parauglaukumam ar neeitroficētajiem Pumpuru un Jaundubultu, kā arī Vaivaru parauglaukumiem. Būtiskas atšķirības gandrīz visās sezonās ir arī starp Bulduri 1, Bulduri 2 un neeitroficētajiem parauglaukumiem (10.pielikums). Visu sezonu summētais vidējais slieku blīvums vienā paraugā uzrāda būtiskas atšķirības dažādas eitrofikācijas pakāpes mežu augtenēs (11.pielikums).

19.2.3. Atsevišķu sugu blīvums un dominances struktūra parauglaukumos

Visos parauglaukumos ir atrastas *D.octaedra* un *L.rubellus*, tomēr to blīvums un dominance ir atšķirīga parauglaukumos ar dažādu eitrofikācijas pakāpi (12.pielikums). *D.octaedra* skaits ir ļoti mainīgs atkarībā no sezonas. Neeitroficētajos (Pumpuri, Jaundubulti) un vidēji eitroficētajos (Vaivari, Bulduri 1) parauglaukumos 1990. gada pavasarī tika novērota izteikta *D.octaedra* skaita samazināšanās, bet rudens sezonās pieaugums. Eitroficētajos parauglaukumos (Bulduri 2, Dzintari) šādas likumsakarības netika novērotas. Salīdzinot *D.octaedra* skaitu visos parauglaukumos redzams, ka starp tiem nav būtiskas atšķirības. Vienīgi eitroficētajā parauglaukumā Dzintaros *D.octaedra* blīvums visās sezonās ir neliels 2,8 – 8,4 ind. m⁻², un būtiski atšķiras no Bulduri 1 un Bulduri 2 parauglaukumiem (19.2.tab.).

Atšķirīga ir sugas *L.rubellus* blīvuma dinamika. 1989. gada rudenī *L.rubellus* skaits ir augsts visos parauglaukumos, vienīgi Vaivaros tās atrastas mazāk - 9,2 ind. m⁻². Neeitroficētajos parauglaukumos *L.rubellus* 1990. pavasarī netika atrastas vispār, bet

rudē atrastas nelielā blīvumā (3,2 ind. m⁻² Pumpuros un 9,2 ind. m⁻² Jaundubultos). Pārējos parauglaukumos 1990. gada pavasara sezonā novērota vai nu skaita samazināšanās (Dzintari, Bulduri 1), vai arī nelielas skaita svārstības (Vaivari, Bulduri 2). Augstākais sugas blīvums tika konstatēts Dzintaros 48,0 ind. m⁻² (19.2.tab). *L.rubellus* gandrīz visos parauglaukumos kopā ar *D.octaedra* ir viena no dominējošām sugām, bet eitroficētajā Dzintaru parauglaukumā tā ir vienīgā dominējošā suga (12.pielikums). Visu sezonu summētais vidējais *L.rubellus* blīvums vienā paraugā uzrāda būtiskas atšķirības dažādas eitrofikācijas pakāpes mežu augtenēs (11.pielikums).

19.2. tabula

Jūrmalas parauglaukumos ievāktās slieku sugas, un to blīvums kvadrātmetrā

Paraug-laukums	Suga	1989.g. rud.	1990.g. pav.	1990.g. rud.
Pumpuri	D.octaedra	12,4	1,6	25,6
	L.rubellus	22,8	-	3,2
	Kopā	35,2	1,6	28,8
Jaundubulti	D.octaedra	17,6	8,8	20,0
	L.rubellus	22,4	-	9,2
	Kopā	40,0	8,8	29,2
Vaivari	D.octaedra	19,2	5,6	16
	L.rubellus	9,2	9,6	21,6
	A.caliginosa	-	-	0,8
	Kopā	28,4	15,2	38,4
Bulduri 1	D.octaedra	20,8	11,6	25,2
	L.rubellus	23,2	12,0	20,4
	L.castaneus	-	4,8	6,0
	Kopā	44	28,4	51,6
Bulduri 2	D.octaedra	26,8	21,6	10
	L.rubellus	25,2	29,2	34,8
	L.castaneus	-	1,6	-
	A.caliginosa	9,2	2,0	7,6
	D.rubida	-	-	0,8
	Kopā	61,2	54,4	53,2
Dzintari	D.octaedra	2,8	5,6	8,4
	L.rubellus	48,0	25,2	36,0
	L.castaneus	7,2	7,2	17,6
	A.caliginosa	16,8	-	3,2
	D.rubida	0,8	-	-
	O.lacteam	-	0,8	-
	Kopā	75,6	38,8	65,2

A.caliginosa nelielā blīvumā kā subdominanta suga atrastas gandrīz vienīgi tikai stipri eitroficētajos parauglaukumos (19.2.tab., 12.pielikums). To skaits svārstās atkarībā no sezonas, minimālās vērtības saniedzot 1990. gada pavasarī (Dzintaru parauglaukumā pavasarī vispār netika atrastas), bet maksimālās 1989. gada rudenī (Dzintaros 16,8 ind. m⁻²).

L.castaneus konstatētas tikai eitroficētajos parauglaukumos (līdz 17,6 ind. m⁻² Dzintaros) un daļēji eitroficētajā Bulduri 1. Stipri eitroficētajos parauglaukumos atrasti arī atsevišķi *O.lacteum* (Dzintari) un *D.rubida tenuis* eksemplāri, kā arī ārpus paraugu ievākšanas vietām novērota *L.terrestris* (Bulduri 2).

19.3. Diskusija

19.3.1. Kopējais slieku blīvums parauglaukumos

Visos parauglaukumos tika novērots lāna meža tipam neraksturīgi augsts slieku blīvums (19.2.tab.). Visvairāk slieku tika atrastas stipri eitroficētajos parauglaukumos Dzintari un Bulduri 2 1989. gada rudenī. Augsts blīvums bija arī 1990. gada rudenī. 1990. gada pavasarī gandrīz visos parauglaukumos, atskaitot Bulduri 2, sliekas tika atrastas ievērojami mazākā skaitā, bet jau rudenī to blīvums atkal pieauga. Šāda slieku skaita dinamika ir tipiska meža augsnēm, kas parasti saistās ar daļēju tārpu populāciju bojā eju ziemas mēnešos (Атлавините, 1975; Rundgren, 1977; Lee, 1985). Ņemot vērā, ka 1989. - 1990. gada ziema, bija viena no siltākajām 20. gadsimtā un slieku populācijām labvēlīga, acīmredzot, slieku skaita samazināšanos pavasarī Jūrmalas parauglaukumos var izskaidrot ar lielo sausumu aprīlī un maijā (19.3.tab., 4.pielikums).

Nedaudz mazākā skaitā sliekas tika atrastas vidēji eitroficētajos parauglaukumos Vaivari un Bulduri 1. Tomēr arī šeit slieku skaits ir augsts. Visā novērojumu periodā Bulduri 1 slieku skaits bija augstāks kā parauglaukumā Vaivari, ko var skaidrot ar atšķirīgo parauglaukumu izvietojumu. Vaivaru parauglaukums atrodas meža masīvā apmēram 0,5 km attālumā no tuvākās apdzīvotās vietas, bet Bulduri 1 parauglaukums atrodas tiešā apdzīvotās vietas tuvumā, palielinot iespēju sliekām tur iemigrēt no blakus esošajām eitroficētajām meža platībām un dārziem. Jādomā, ka apdzīvotu vietu tuvumā

slieku ieviešanās eitroficētās meža platībās notiek ātrāk nekā mežos, kas atrodas tālāk no tām.

19.3. tabula

Ariditātes indeksa (I_{ar}) vērtības slieku aktivitātes periodos pavasarī un vasarā.

Rīgas meteostacijas dati

* marts, aprīlis, maijs

** jūnijs, jūlijs, augusts

Gads	I_{ar} pavasaris*	I_{ar} vasara**
1989	7,89	9,35
1990	5,53	12,26
1991	9,53	7,14

Vismazāk slieku tika ievākts neeitroficētajos Pumpuru un Jaundubultu parauglaukumos (19.2.tab.). Tomēr arī šajos parauglaukumos slieku blīvums ir lāna meža tipam neraksturīgi augsts. Ņemot vērā, ka abos šajos parauglaukumos fitocenotiskas izmaiņas netika novērotas (Laiviņš, Laiviņa, 1991), jādomā, ka slieku populācijas ātrāk reaģē uz augsnes izmaiņām kā veģetācija. 1990. gada pavasarī abos parauglaukumos slieku skaits ievērojami samazinājās, līdz attiecīgi 1,6 un 8,8 ind. m⁻². Pārējos parauglaukumos tik krasa skaita samazināšanās netika novērota. Tas saistās ar augsnes struktūras izmaiņām un humusa horizonta veidošanos zem O horizonta eitroficētajos parauglaukumos (19.1.tab.). Šādās augsnes kļūst sliekām apdzīvojamas ne tikai virspusē, bet arī dziļākos slāņos, kas ļauj tām tādās nelabvēlīgos meteoroloģiskajos apstākļos kā sals un sausums migrēt dziļāk augsnē. Eitroficētajās biocenozēs slieku blīvums ir mazāk pakļauts sezonālajām svārstībām kā neeitroficētajās, dabiskajiem biotopiem atbilstošajās augsnēs.

19.3.2. Augsnes skābuma izmaiņu ietekme

Viens no galvenajiem limitējošiem faktoriem sliekām ir augsnes skābums (Атлавините, 1975; Lee, 1985; Huhta, Kulmala, 1985). Tā samazināšanās eitrofikācijas rezultātā rada labvēlīgāku vidi slieku eksistencei. Tomēr, salīdzinot parauglaukumus savā starpā, lielākas atšķirības augsnes virsējo horizontu (O, O_{Ah}) skābumā tika

novērotas vienīgi eitroficētajos Bulduri 2 un Dzintari parauglaukumos salīdzinot ar pārējiem (19.1.tab.). Neeitroficētajos un daļēji eitroficētajos parauglaukumos augsnes ir vērtējamas kā ļoti skābas, bet abos eitroficētajos pH vērtības atbilst vidēji skābām augsnēm. Ņemot vērā salīdzinoši lielo slieku skaitu visos parauglaukumos (19.2.tab.), jādomā, ka augsnes skābums nav noteicošais faktors blīvuma pieaugumam.

19.3.3. Barības resursu un C:N attiecības ietekme

Augsnes eitrofikācijas procesi saistās ar barības vielu satura palielināšanos augsnē un attiecīgi arī ar augsnes organismu aktivitātes palielināšanos (17.pielikums). Par šiem procesiem Jūrmalas parauglaukumos liecina organisko vielu satura samazināšanās virsējos augsnes horizontos (19.1.tab.). Rezultātā *mor* humusa saturs samazinās, un sāk veidoties horizonti ar pārejas tipa humusu (Laiviņš, Laiviņa, 1991). Atbrīvojoties barības vielām, uzlabojas arī augu augšanas apstākļi. Šādas augsnes ir piemērotāka dzīves vide sliekām kā rupjā humusa augsnes, par ko liecina arī slieku blīvuma pieaugums eitroficētajos parauglaukumos (19.2.tab., 10.pielikums).

Skuju atliekas un sūnas ir mazpiemērota barība sliekām, tāpēc liela nozīme ir lāna tipam raksturīgā sūnu stāva nomaiņai ar slieku barībā piemērotākiem lakstaugiem, krūmiem un jaunajiem lapu kokiem. Īpaši slieku barībā ir piemērotas lakstaugu virszemes daļu atliekas un atmirušās saknes, kā arī platlapju, piemēram, kļavu lapas. Atšķirībā no skujām, lakstaugu atliekām ir bagātīgāks proteīnu un ogļhidrātu saturs, kā arī šaurāka C:N attiecība (Стриганова, 1980). Arī krūmu un lakstaugu stāva biezības palielināšanās eitroficētajos parauglaukumos uzlabo slieku barības racionu, vienlaicīgi radot labāku augsnes noēnojumu un samazinot mitruma zudumus.

Sliekas dod priekšroku augsnēm ar šaurāku C:N attiecību, kas ir viens no svarīgākajiem slieku populāciju limitējošajiem faktoriem (Lee, 1985). Sliekām piemērotāka ir barība ar augstāku slāpekļa un ogļhidrātu saturu. Skujās un sūnās ir ievērojami mazāk slāpekļa, bet sliekām nevēlamo polifenolu (tannīna) koncentrācija ir daudz augstāka kā lapu koku un lakstaugu sastāvā (Аристовская, 1980; Lee, 1985; Hendriksen, 1990). Jūrmalas parauglaukumos C:N attiecība ir augsta, tomēr

palielinoties eitrofikācijas pakāpei tā sašaurinās (19.1.tab.). Lai gan, saskaņā ar veiktajām augsnes ķīmiskajām analīzēm, nelabvēlīgas C:N vērtības saglabājas pat eitroficētajos parauglaukumos, tomēr, palielinoties eitrofikācijas pakāpei, organisko vielu satura un C:N attiecības samazināšanās liecina par aktīvu augsnes organismu darbību. Jāņem arī vērā, ka augiem pieejamās slāpekļa formas no augsnes viegli izskalojas, vai arī augi aktīvi tās uzņem (Mežals, 1980).

19.3.4. Atsevišķu sugu sastopamība parauglaukumos

Viena no dominantajām sugām gandrīz visos parauglaukumos ir *D.octaedra* (12.pielikums). Kaut arī šo slieku blīvums tika konstatēts augstāks nekā parasti lāna meža tipā, tomēr parauglaukumu starpā, neatkarīgi no eitrofikācijas pakāpes, novēro maz atšķirību (11.pielikums). Vienīgi Vaivaru parauglaukumā *D.octaedra* skaits ir ievērojami zemāks kā citos (būtiski atšķiras no abiem Bulduru parauglaukumiem), ko, iespējams, var skaidrot ar ievērojamo *L.rubellus* un *L.castaneus* skaita pieaugumu, un pastāvošo konkurenci starp šīm sugām par barības resursiem (19.2.tab.). Gan *D.octaedra*, gan *L.castaneus*, gan daļēji arī *L.rubellus*, ir epigeiskas sugas, kas barojas augsnes virsējo slāņu horizontos O un A_h (Bouche, 1977). Kā tipiskām augsnes virspuses sliekām, *D.octaedra* skaits ir sezonāli ļoti mainīgs un atkarīgs no tādiem vides faktoriem kā sals un sausums. Tomēr *D.octaedra* izdzīvošanas stratēģija ļauj nelabvēlīgos meteoroloģiskos apstākļus pārciest embrionālā stadijā kokonos (Holmstrup et al., 1990), tāpēc, pēc 1990. gada pavasara sausuma izraisītās blīvuma samazināšanās, to skaits rudenī gandrīz visos parauglaukumos atkal ievērojami pieaug.

Otra dominējošā suga ir *L.rubellus* (12.pielikums). Šai sugai var novērot būtisku blīvuma pieaugumu palielinoties vides eitrofikācijas pakāpei (11.pielikums). Literatūrā var atrast norādes par to skaita palielināšanos samazinoties augsnes skābumam (Herlitzius, 1978; Persson, 1988). Piemēram, Vācijā pēc priežu meža kaļķošanas novērota *L.rubellus* populācijas izveidošanās blīvumā līdz 20 ind. m⁻². Vienlaicīgi acidofilos augus nomainīja graudzāles, papardes un krūmi, bet *mor* humuss ieguva *mull* raksturīgās īpatnības (Makeschin, 1985). Domājams, ka Jūrmalas mežos liela nozīme

L.rubellus skaita pieaugumam ir ne tikai augsnes skābuma izmaiņām, bet arī lapu koku un lakstaugu īpatsvara pieaugumam, tādejādi gan kvantitatīvi, gan kvalitatīvi uzlabojot slieku barības bāzi.

Izsekojot *L.rubellus* sezonālajai dinamikai (19.2.tab.), redzams, ka nedegradētajos parauglaukumos Pumpuros un Jaundubultos tās atrastas vienīgi rudeņos, pārējos, visās sezonās. Iespējams, ka nedegradētajos parauglaukumos sala un arī sausuma ietekmē lielākā *L.rubellus* daļa aiziet bojā. Te slieku apdzīvotībai ir piemērota tikai augsnes plānā, virsējā kārtā. Tas ierobežo *L.rubellus* migrāciju dziļākos slāņos, lai izvairītos no nelabvēlīgo meteoroloģisko apstākļu ietekmes. Palielinoties parauglaukumu eitrofikācijas pakāpei, un vienlaicīgi arī sliekām apdzīvojamā augsnes slāņa dziļumam, sezonālās svārstības vairs nav tik izteiktas. Eitroficētajos Bulduri 2 un Dzintari *L.rubellus* blīvums ir augsts visās sezonās, būtiski atšķiroties no pārējiem parauglaukumiem.

A.caliginosa konstatētas vienīgi stipri eitroficētajos parauglaukumos (19.2.tab.). To skaits ir neliels, un tās ir atrastas gandrīz visās sezonās, kas liecina par pastāvīgas *A.caliginosa* populācijas izveidošanos. Kaut arī literatūrā ir ziņas par atsevišķu eksemplāru atrašanu nabadzīgajās priežu mežu augsnēs (Атлавините, 1976), tomēr, *A.caliginosa* ir endogeiska suga, un, lai izveidotos pastāvīga populācija, ir nepieciešams labi izveidots augsnes humusa horizonts ar labi sadalītām augu atliekām un bagātīgu augsnes mikrofluoru (*mull* humuss) (Стриганова, 1980).

L.castaneus ir tipiska mežu suga un parasti nav sastopama skābajās priežu mežu augsnēs ar pH vērtību mazāku kā 4 (Атлавините, 1976). Jūrmalā tās nelielā skaitā gandrīz visās sezonās tika konstatētas eitroficētajos parauglaukumos, kā arī daļēji eitroficētajā Bulduri 1 (19.2.tab.). Tas saistīts ar augsnes skābuma samazināšanos un barības bāzes – lapu un lakstaugu atlieku palielināšanos. *L.castaneus* ir epigeiska suga, un nelabvēlīgos meteoroloģiskos apstākļus visbiežāk pārcieš embrionālā stadijā kokonos, vai arī ielienot augsnes dziļākos slāņos (Lee, 1985).

Pārējās sugas novērotas tikai stipri eitroficētajos parauglaukumos. *O.lacteum* un *L.terrestris* ir raksturīgas galvenokārt augsnēm ar labi izveidotiem humusa horizontiem

(Lee, 1985). Tomēr atrastie atsevišķie šo sugu eksemplāri neliecina par pastāvīgu populāciju izveidošanos, un varēja parauglaukumos nokļūt no netālu esošajiem dārziem.

19.3.5. Sugu struktūras un dominances izmaiņas

Ziemeļeiropas priežu mežu *mor* humusa augšņu slieku fauna ir nabadzīga. Šādās augsnēs parasti nav vairāk kā 1 – 2 slieku sugas. Visbiežāk ir sastopama acidofīlā suga *D.octaedra*, retāk tā ir kopā ar *L.rubellus*. Šādās sugu cenzēs dominējošā parasti ir *D.octaedra* (Эглитис, 1954; Timm, 1970; Nordstrom, Rundgren, 1973; Атлавините, 1976; Terhivuo, Valovirta, 1978; Huhta et al., 1998; Tiunov et al., 2006).

Jūrmalas neitroficētajos parauglaukumos ir raksturīga divu slieku sugu cenoze (19.4.tab., 12.pielikums). Dominējošā abos parauglaukumos ir *D.octaedra* (60%). Subdominantās *L.rubellus* sastāda 40%. Priežu mežu rupjā humusa augsnēs šāds sugu dominances sadalījums varētu būt raksturīgs. Tomēr, pēc autora personīgajiem novērojumiem, līdzīga tipa dabiskos mežu masīvos Ģipkā, Rojā un Mazsalacā, kā arī pēc O.Atlavinites datiem (Атлавините, 1976), mūsu piejūras priežu mežiem ir raksturīga tikai viena slieku suga *D.octaedra*. *L.rubellus* augstā dominances pakāpe, iespējams, liecina jau par eitrofikācijas procesu sākšanos Pumpuru un Jaundubultu parauglaukumos.

Daļēji eitroficētajos Vaivaru un Bulduri 1 parauglaukumos *L.rubellus* īpatsvars pieaug (12.pielikums). Gan *D.octaedra*, gan *L.rubellus* dominance abos parauglaukumos ir līdzīga un tuva 50%. Abas sugas ir uzskatāmas par dominantām. Acīmredzot, šāda divu sugu cenoze raksturo atbilstošo meža eitrofikācijas pakāpi. Eitrofikācijas procesā mainoties veģetācijai un augsnes struktūrai, kā arī uzlabojoties slieku barības apstākļiem, parauglaukumos nelielā skaitā var parādīties arī priežu mežu augsnēm neraksturīgās sugas *A.caliginosa* un *L.castaneus*.

Stipri eitroficētajās platībās iezīmējas izteikta sugas *L.rubellus* dominance (Bulduri 2 – 53%; Dzintari – 51%) (12.pielikums). *D.octaedra* īpatsvars ir samazinājies līdz 35% Bulduri 2 un 24% Dzintaros. Pieaug arī *A.caliginosa* (11%) īpatsvars Bulduri 2, kā arī *A.caliginosa* (9%) un *L.castaneus* (15%) īpatsvars Dzintaru parauglaukumā,

veidojot savdabīgas 3 - 4 slieku sugu cenozes gan ar skuju, gan lapu koku mežiem raksturīgām sugām. Priežu mežu augsnēs šādas sugu cenozes nav konstatētas, un ir uzskatāmas par meža eitrofikācijas procesus raksturojošām pārejas tipa sugu cenzēm (19.4.tab.).

19.4. tabula

Slieku sugu cenozes Jūrmalas parauglaukumos atkarībā no mežu transformācijas (eitrofikācijas) pakāpes

*(Атлавините, 1976; autora novērojumi piejūras oligotrofajos priežu mežos Kurzemē)

Novērojumu vieta	Slieku sugu cenozes
Dabiskās piejūras priežu mežu biocenozes*	<i>D.octaedra</i>
Jūrmalas neeitroficētie parauglaukumi	<i>D.octaedra – L.rubellus</i>
Jūrmalas daļēji eitroficētie parauglaukumi	<i>D.octaedra – L.rubellus</i>
Jūrmalas eitroficētie parauglaukumi	<i>L.rubellus – D.octaedra – A.caliginosa</i> <i>L.rubellus – D.octaedra – L.castaneus - A.caliginosa</i>

20. SLIEKU CENOŽU IZMAIŅAS INDUSTRIĀLĀ PIESĀRŅŪJUMA IETEKMĒ PRIEŽU MEŽOS PIE SAULKALNES

12.1. Saulkalnes rūpnieciskās zonas raksturojums

Saulkalnes rūpnieciskajā zonā šobrīd darbojas divi uzņēmumi – SIA “Saulkalne S” piederošais dolomītu pārstrādes kombināts un SIA “A.C.B” asfaltbetona rūpnīca “Lazdiņas”. Uzņēmumi atrodas 20 km attālumā no Rīgas - Rīgas rajonā, Saulkalnē pie Rīgas – Daugavpils šosejas tikai 200 m attālumā viena no otras. Vēl pagājušā gadsimta astoņdesmitajos gados abas ražotnes darbojās ar pilnu jaudu, radot spēcīgu piesārņojošo vielu emisiju. 80. - 90. gadu mijā tās krasi samazināja ražošanas apjomus. Sākot ar 1996. gadu, rūpnīcu darbība pilnībā atjaunojās (Vaivara, 2006).

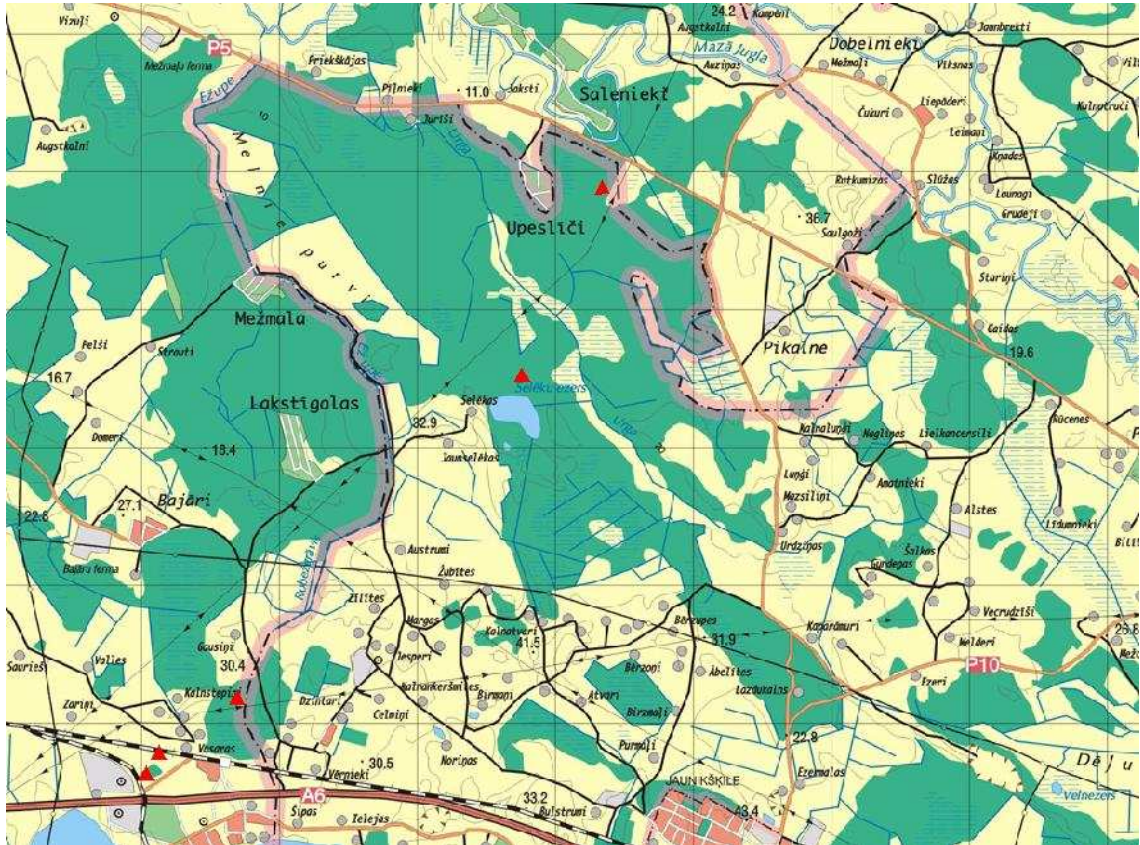
Dolomītu pārstrādes kombināts ražo būvkaļķus, dolomīta miltus, šķembas, smiltis un kvarca smiltis. Ražošanas izejvielas tiek iegūtas Kranciema dolomītu atradnē Ogres rajonā. Ik gadus atmosfērā nonāk vairāk kā 700 t piesārņojošu vielu, no kurām cietās daļiņas ir ap 58 t. Raksturīgākās piesārņojošās vielas rūpnīcas izmešos ir kalcija un magnija savienojumus saturoši putekļi. Līdz 1995. gadam, kad sāka uzstādīt mūsdienīgus attīrīšanas filtrus, uzņēmums darbojās bez stingrām prasībām vides aizsardzības jomā (Vaivara, 2006).

Asfaltbetona rūpnīca “Lazdiņas” galvenā piesārņojošā darbība saistīta ar bitumena ražošanu. Atmosfērā tiek emitētas naftas pārstrādei raksturīgās izejvielas – sēra savienojumi (SH₂), ogļūdeņraži. Abas rūpnīcas ievērojamos daudzumos emitē arī piesārņojumu, kas veidojas kurināmā sadegšanas procesā. Tie ir slāpekļa un oglekļa oksīdi, un kvēpi (Vaivara, 2006).

20.2. Saulkalnes parauglaukumu apraksts

Saulkalnes transekta parauglaukumi atrodas Rīgas rajona Salaspils lauku teritorijā Piejūras smilšainā zemienē. Dabiskie vides apstākļi parauglaukumos ir līdzīgi (Laivins et al., 1993). Lai noteiktu Saulkalnes Dolomītu pārstrādes kombināta radītā

piesārņojuma ietekmi uz priežu mežu transformācijas procesiem, 1989. gadā Saulkalnes rūpnieciskās zonas tuvumā tika uzsākti mežu dinamikas ilglaicīgi novērojumi.



20.1. attēls. Saulkalnes transekta parauglaukumu izvietojums (“LR Satelītkarte”, Valsts zemes dienests)

▲ - paraugu ņemšanas vietas. No kreisās: Saulaklne 1, Saulaklne 2, Saulaklne 3, Saulkalne 4, Saulkalne 5

Valdošo vēju virzienā 6,3 km garumā tika iekārtots transekts ar 5 parauglaukumiem dažādā attālumā no dolomīta pārstrādes rūpnīcas (20.1.tab.). Parauglaukumi tika ierīkoti *Vaccinio myrtilli* – *Pinetum* meža augšanas tipā. Novērojumu laikā tika pētītas izmaiņas augsnē, kokaudzē un veģetācijā, kā arī periodā no 1989. - 1991. gadam tika pētītas sliekas. Parauglaukumu ģeogrāfiskās kordnātes: Saulkalne 1 – 005°26'04"E, 063°00'63"N; Saulkalne 2 - 005°26'12"E, 063°00'78"N; Saulkalne 3 - 005°26'69"E, 063°01'19"N; Saulkalne 4 - 005°28'75"E, 063°03'54"N; Saulkalne 5 - 005°29'34"E, 063°04'85"N.

20.1. tabula

Saulkalnes transekta parauglaukumu novietojums (Laiviņš et al., 1993)

Objekts	Attālums, m	Augstums virs jūras līmeņa, m
Dolomīta pārstrādes rūpnīca	0	27,2
Asfaltbetona rūpnīca	200	27,5
Saulkalne 1	300	28
Saulkalne 2	370	28
Saulkalne 3	1270	25
Saulkalne 4	4370	20,2
Saulkalne 5	6270	16,5

20.2.1. Augsne

Parauglaukumos augsni veido smalkgraudaina smilts ar fizikālā māla saturu līdz 10%. Vienīgi Saulkalne 4 fizikālais māls sastāda 13%, kas, iespējams, ir saistīts ar Selēku ezera tuvumu. Organisko vielu un trūdvielu akumulācijas horizontu skaits emisijas avotam tuvākajos, pirmajos divos parauglaukumos ir lielāks (O, A_h, A_hE) (20.2.tab.). Šajos parauglaukumos organisko vielu mineralizācija, acīmredzot, noris intensīvāk kā tālākajos, par ko liecina nelielais 1 cm biežais mazsadalījušos nobiru slānis (Laivins et al., 1993; Vaivara, 2006).

Trūdvielu akumulācijas A_h horizonts šajos parauglaukumos ir labi attīstīts, un zem tā nodalās pārejas horizonts A_h E. Tālākajos, mazāk piesārņotajos parauglaukumos ir tikai 2 organisko vielu horizonti (O₁, O₂). Virsējais, mazsadalījušos nobiru slānis O₁ sasniedz 3 - 4 cm biezumu, apakšējais slānis O₂ ar labi sadalījušām nobirām ar manāmām mineralizācijas pazīmēm ir 5 – 8 cm biezs (Vaivara, 2006).

Augsnes skābums virskārtā (O, A_hE) antropogēni vairāk ietekmētajos parauglaukumos Saulkalne 1 - 3 ir bāzisks vai vāji skābs līdz neitrāls. Divos tālākajos parauglaukumos Saulkalne 4 un 5 augsnes virskārtas (O₁, O₂) reakcija ir skāba līdz vidēji skāba (20.3.tab.).

20.2. tabula

Augsnes virsējo ģenētisko horizontu biezums (cm) Saulkalnes transekta parauglaukumos (Laiviņš et.al., 1993; Vaivara, 2006)

Horizonti	Saulkalne 1	Saulkalne 2	Saulkalne 3	Saulkalne 4	Saulkalne 5
O₁	1	1	3	4	2
O₂	-	-	8	5	5
A_h	9	19	-	-	-
A_h E	12	7	11	-	-
E	-	-	-	8	6

20.3. tabula

Augsnes virsējo horizontu ķīmisko analīžu rezultāti (Laiviņš et al., 1993; Vaivara, 2006)

Paraugla ukums	Horizonts	pH KCl	C:N	Ca, ppm	Mg, ppm
1	O₁	7,1	15	56000	1800
	A_h	6,2	10	38000	1700
2	O₁	6,3	14	74000	1820
	A_h	6,2	8	14000	1450
3	O₁	6,5	14	500	90
	A_h E	6,5	9	750	380
4	O₁	5,4	19	750	280
	O₂	4,7	16	850	300
5	O₁	4,7	19	1800	350
	O₂	4,4	14	980	320

ETrūdvielas vairāk ir Saulkalne 4 un 5 augsnes virskārtas O horizontā attiecīgi 89 un 84% (20.3.tab.). C:N attiecība A_h horizontā kombinātam tuvākajos trīs parauglaukumos ir 8 - 10, kas liecina par sliekām labvēlīgu dzīves vidi (Lee, 1985) un norāda uz intensīvu organisko atlieku mineralizāciju šajos parauglaukumos. Saulkalne 4 un 5 augsnes virskārtā (O₂) C:N attiecība ir nedaudz plašāka 14 – 16 un ne tik labvēlīga

sliekām. Tomēr arī šis C:N vērtības liecina par samērā intensīvu organisko vielu noārdīšanos.

Kalcija un magnija koncentrācija augsnē ir lielāka kombināta tuvumā (20.3.tab.). Saulkalne 1 un 2 augsnes profils (O₂, A_h) ir piesārņots ar šo metālu savienojumiem augstā koncentrācijā. Saulkalne 3, 4 un 5 augstas metālu koncentrācijas ir tikai augsnes virsējās horizontos.

20.2.2. Veģetācija

Visos parauglaukumos koku stāvā dominē priede. Kokaudžu vecums 1989. gadā Saulkalnes parauglaukumos tika novērtēts 41 – 63 gadiem. Saulkalne 1 un 2 koku skaits uz hektāru bija gandrīz 2 reizes mazāks nekā normālās augšanas gaitas tabulās dotais (Laiviņš, 1998). Koku vainagu defoliācija novērota galvenokārt trīs kombinātam tuvākajos parauglaukumos (Vaivare, 2006).

Saulkalne 1 un 2 parauglaukumi raksturojas ar labi attīstītu krūmu stāvu. Te sastop sniegotu (*Symphoricarpos rivularis*), apsi (*Populus tremula*), ozolu (*Quercus robur*), pīlādzi (*Sorbus aucuparia*), ievu (*Prunus padus*), krūkli (*Fangula alnus*), kauleni (*Rubus saxatillis*). Lakstaugu stāvā dominē smiltāju ciesa (*Calamagrostis epigeios*), parastā kamolzāle (*Dactylis glomerata*), aitu auzene (*Festuca ovina*) un sarkanā auzene (*Festuca rubra*), Saulkalne 2 arī meža zemene (*Fragaria vesca*). Sūnu stāvs ir praktiski izzudis. Veģetācija pēc Elenberga skalas atbilst vidēji bagātai, neitrālai augtenei (Laiviņš et al., 1993; Laiviņš, 1998).

Saulkalne 3 krūmu stāvs ir labi izteikts. Sastop kauleni, kļavu (*Acer platanoides*), apse, ozols, ieva u.c. Lakstaugu stāva dominē aitu un sarkanā auzene, kā arī sausserdis (*Lonicera xylosteum*), niedru ciesa (*Calamagrostis arundinacea*), meža zemene u.c. Ir ievērojami samazinājušies tipam raksturīgie *Vaccinium myrtillu* un sūnu sugu *Hilocomium splendens* un *Pleurozium schreberi* projektīvie segumi. Veģetācija pēc Elenberga skalas atbilst vidēji bagātai mēreni skābai līdz neitrālai augtenei (Laiviņš et al., 1993; Laiviņš, 1998).

Saulkalne 4 un 5 pēc Elenberga skalas atbilst skābai, nabadzīgai augtenei. Saulkalne 4 krūmu stāvā dominē melnā cūcene (*Rubus nessensis*), ir daudz jauno eglīšu, bet Saulkalne 5 krūmu stāvs vispār nav attīstīts. Lakstaugu stāvā dominē mellene (*Vaccinium myrtillus*), brūklene (*Vaccinium vitis-idaea*). Saulkalne 5 sastop arī aitu auzeni un parasto nārbuli (*Melampyrum pratense*). Sūnu stāvs abos parauglaukumos ir labi attīstīts ar 95 – 99% projektīvo segumu. No emisijas avota tālākais transekta parauglaukums (6270 m) Saulkalne 5 tika izvēlēts kā kontroles laukums, jo tas pēc veģetācijas atbilst lāna pamattipam. Pārējie parauglaukumi atbilst lāna meža tipam dažādās degradācijas (vai eitrofikācijas) stadijās (Laiviņš et al., 1993; Laiviņš, 1998).

20.3. Rezultāti

20.3.1. Atrastās slieku sugas

Saulkalnes transekta parauglaukumos tika konstatētas 6 slieku sugas, ieskaitot divas vienas sugas pasugas (20.4.tab.). Kā skābajām meža augsnēm raksturīgās jāmin *D.octaedra* un *D.rubida tenuis*. Tās ir tipiski epigeiskas sugas, un vākumos tika atrastas tikai 0 – 4 cm dziļumā. *D.octaedra* ir viena no biežāk sastopamajām sugām visos parauglaukumos, bet *D.rubida tenuis* regulāri konstatēta no emisijas avota divos tālākajos parauglaukumos. Arī *L.rubellus* atrasta visos parauglaukumos 0 – 8 cm dziļumā. Cita *Lumbricus* ģints suga *L.castaneus* konstatēta tikai vienreiz. Regulāri atrasta arī endogeiskā *A.caliginosa*. Vākumos tā sastopama līdz 8 cm dziļumam. *A.caliginosa* atrasta gandrīz visos parauglaukumos, vienīgi no emisijas avota tālākajā, kontroles parauglaukumā, tā netika konstatēta. Divas atrastās sugas *D.rubida subrubicunda* un *E.foetida* ir izteikti sinantropas un brīvā dabā Latvijas apstākļos parasti nav sastopamas. Tomēr, jāatzīmē, ka daļēji transformētajā Saulkalne 3 *E.foetida* nelielā blīvumā tika konstatēta visas sezonas, kas, iespējams, liecina par dabiskas populācijas veidošanos.

20.4. tabula

Saulaklnes parauglaukumos konstatētās slieku sugas, un to blīvums kvadrātmetrā
* - parauglaukuma attālums līdz Dolomīta pārstrādes rūpnīcai

Parauglauk. attālums*	Suga	1989.g.rud.	1990.g.pav.	1990.g.rud.	1991.g.pav.	Vidēji pa gadiem
Saulaklne 1 300 m	D.octaedra	0,8	1,2	12,8	8,8	5,9
	L.rubellus	5,6	11,6	20,4	6,4	11,0
	A.caliginosa	0,8	2,8	12,4	6,0	5,5
	D.rub.ten.	1,6	0	0	0	0,4
	D.rub.subr.	0	0	0,8	0	0,2
	Kopā	8,8	16	46,4	21,2	23,1
Saulaklne 2 370 m	D.octaedra	0,8	1,2	12,4	18,4	8,2
	L.rubellus	8,0	11,6	17,6	13,6	12,7
	A.caliginosa	2,8	9,6	5,6	9,6	6,9
	D.rub.ten.	0	0	0	0,8	0,2
Kopā	11,6	22,8	35,6	42,4	28,1	
Saulaklne 3 1270 m	D.octaedra	2,4	6,0	4,8	2,4	3,9
	L.rubellus	9,2	2,8	12,8	11,2	9
	A.caliginosa	9,2	0	18,4	18,8	11,6
	L.castaneus	0,8	0	0	0	0,2
	E.foetida	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
	Kopā	22,4	9,6	36,8	33,2	25,5
Saulaklne 4 4370 m	D.octaedra	10,4	11,2	5,6	0,8	7,0
	L.rubellus	12,0	1,6	13,6	5,2	8,1
	A.caliginosa	0	0	0	0,4	0,1
	D.rub.ten.	0	1,6	2,4	0,6	1,2
	Kopā	22,4	14,4	36,8	10	20,9
Saulaklne 5 6270 m	D.octaedra	6,0	18,0	6,4	1,6	8,0
	L.rubellus	10,0	6,8	12,8	9,6	9,8
	D.rub.ten.	0	0,2	0	0,2	0,1
	Kopā	16	25,6	19,2	12	18,2

20.3.2. Kopējais slieku blīvums parauglaukumos

Slieku blīvums visos parauglaukumos ir samērā augsts (20.4.tab.). Tas attiecas ne tikai uz rūpnīcai tuvākajiem parauglaukumiem ar labi samanāmām eitrofikācijas pazīmēm, bet arī uz diviem tālākajiem, kur eitrofikācijas pazīmes veģetācijā ir maz izteiktas vai vispār nav manāmas. Lielākais blīvums konstatēts abos rūpnīcām tuvākajos parauglaukumos - Saulkalne 1 46,4 ind. m⁻² (1990. gada rudens) un Saulkalne 2 42,4 ind. m⁻² (1991. gada pavasaris). Šajos parauglaukumos novērojumu perioda laikā

blīvumam ir tendence pieaugt. Īpaši izteikti tas vērojams Saulkalne 2, kur periodā no 1989. gada rudens līdz 1991. gada pavasarim slieku skaits būtiski palielinās no 11,6 – 42,4 ind. m⁻². Arī Saulkalne 1 slieku blīvums uzrāda tendenci palielināties, bet vienīgās būtiskās atšķirības sezonu starpā konstatētas 1990. gada rudenī (13.pielikums).

Saulkalne 3 slieku blīvumi arī uzrāda tendenci novērojumu perioda laikā būtiski palielināties. Diviem tālākajiem parauglaukumiem šāda skaita palielināšanās nav konstatēta. Visiem trijiem parauglaukumiem novēro samērā izteiktas sezonālās svārstības, blīvumam palielinoties rudenī, bet samazinoties pavasarī (izņemot Saulkalne 5 1990. pavasarī) (13.pielikums).

Salīdzinot katra parauglaukuma visu sezonu summēto vidējo slieku blīvumu, redzams, ka tie parauglaukumu starpā būtiski neatšķiras (15.pielikums). Lielākās vidējās vērtības blīvums sasniedz Saulkalne 2 un Saulkalne 3 parauglaukumos, kāmēr divos tālākajos, mazāk eitroficētajos, tas ir mazāks.

20.3.3. Atsevišķu sugu blīvums parauglaukumos

D.octaedra sliekām visos parauglaukumos ir raksturīgas ievērojamas sezonālā skaita variācijas. Lielākais visu sezonu summētais vidējais blīvums konstatēts Saulkalne 2 (8,2 ind. m⁻²) un Saulkalne 5 (8,0 ind. m⁻²) parauglaukumos, tomēr parauglaukumu starpā *D.octaedra* blīvumi būtiski neatšķiras (20.4.tab., 15.pielikums).

L.rubellus skaita sezonālā dinamika arī ir samērā izteikta, tomēr parauglaukumu starpā būtiskas atšķirības nav konstatētas. *L.rubellus* visos parauglaukumos, neatkarīgi no attāluma no emisijas avota, ir visdaudzskaitlīgākā suga. Lielākais visu sezonu vidējais blīvums konstatēts Saulkalne 2 (12,7 ind. m⁻²) (15.pielikums).

A.caliginosa praktiski katru sezonu ir atrastas pirmajos trīs, emisijas avotam tuvākajos parauglaukumos. Tālākajos parauglaukumos suga konstatēta tikai vienu reizi (Saulkalne 4). Maksimālais visu sezonu vidējais blīvums konstatēts Saulkalne 3 (11,6 ind. m⁻²), kas būtiski atšķiras no *A.caliginosa* blīvuma pārējos parauglaukumos (15.pielikums).

Abos no emisijas avota tālākajos parauglaukumos regulāri ir atrastas *D.rubida tenuis* sliekas, bet Saulkalne 3 katru sezonu nelielā skaitā konstatētas mēslu sliekas *E.foetida* (20.4.tab.).

Salīdzinot slieku blīvumus dažādās sezonās parauglaukumu starpā, redzams, ka ir grūti izsekot kādām likumsakarībām, jo dažādās sezonās slieku skaita svārstības var būt ievērojamas un būtiski atšķirīgas (14.pielikums).

20.4. Diskusijas

20.4.1. Kopējais slieku blīvums parauglaukumos

Saulakalnes transekta parauglaukumu savstarpējai salīdzināšanai izvēlēts visu sezonu summētais vidējais blīvums (15.pielikums). Tā var samazināt dažādu nejaušību rezultātā (lokāli meteoroloģiskie apstākļi, konkrēta parauga ņemšanas vietas īpatnības) radušos, kā arī pētnieka subjektīvo kļūdu, kas veidojas ievācot paraugus, ietekmi uz rezultātu. Salīdzinot ar dabiskiem, līdzīga augšanas tipa mežiem (Атлавините, 1976; autora novērojumi), kopējais slieku blīvums Saulkalnes parauglaukumos ir samērā augsts. Pat kontroles parauglaukumā Saulkalne 5 ar lāna augšanas tipam atbilstošo dabisko veģētāciju, blīvums visās sezonās ir paaugstināts (20.4.tab.). Acīmredzot, arī Saulkalnes parauglaukumos izmaiņas slieku populācijās ir konstatējamas vēl pirms vērojamas izmaiņas veģētācijā.

Stipri transformētajos mežu masīvos, tuvāk emisijas avotam, slieku skaitam ir tendence pieaugt. Rūpnīcai tuvākajā Saulkalne 1 parauglaukumā blīvums ir nedaudz mazāks kā nākamajos divos, ko var izskaidrot ar abu rūpnīcu emitētā piesārņojuma ietekmi to tiešā tuvumā. Abos tālākajos parauglaukumos Saulkalne 4 un Saulkalne 5, kur augsnes piesārņojuma līmenis ir mazāks, un veģētācijas izmaiņas ir nelielas vai vispār nav novērotas, slieku blīvums ir zemāks. Tomēr jāatzīmē, ka dispesijas analīzē būtiskas atšķirības parauglaukumu starpā netika konstatētas (15.pielikums).

Salīdzinot sezonālās slieku skaita izmaiņas, redzams, ka blīvums parauglaukumos Saulkalne 1 un Saulkalne 2 pakāpeniski palielinās (20.4.tab., 13.pielikums). Šāda priežu mežu biotopiem neraksturīga slieku skaita dinamika, acīmredzot, ir saistīta ar rūpnīcu

darbības apjoma ievērojamu samazināšanos pagājušā gadsimta astoņdesmito gadu beigās un deviņdesmito gadu sākumā, un tam sekojošā piesārņojošo izmešu kopējā apjoma samazināšanos. Tā rezultātā arī augsnē nonāca mazāk piesārņojošo vielu, kam sekoja slieku populācijas kvantitatīvs pieaugums. Saulkalne 2 parauglaukumā slieku blīvums pēdējās divās sezonās ir būtiski pieaudzis, salīdzinot ar novērojumu perioda sākumu. Vairāk piesārņotajā Saulkalne 1 parauglaukumā slieku blīvuma pieaugums ir mazāk izteikts. Ievērojamais skaita pieaugums 1990. gada rudens sezonā, iespējams, saistās ar parauglaukuma novietojuma īpatnībām. Te vairākās vietās bija izbērti dārza atkritumi, veikti rakumi smilšu ieguvei, ierīkotas komposta kaudzes, kas, neveiksmīgi izvēloties paraugu ņemšanas vietu, varēja ietekmēt kopējos rezultātus. Būtiska kopējā slieku skaita palielināšanās novērojumu periodā ir konstatēta arī Saulkalne 3 parauglaukumā, tomēr te var redzēt arī raksturīgās slieku skaita svārstības ar blīvuma samazināšanos pavasarī un pieaugumu rudens sezonā (13.pielikums).

Abos tālākajos parauglaukumos Saulkalne 4 un Saulkalne 5 slieku skaita palielināšanās novērojumu periodā nav konstatēta, toties sezonālās svārstības abos ir samērā izteiktas (13.pielikums). Salīdzinot ar emisijas avotam tuvākajiem parauglaukumiem, Saulkalne 4 un 5 nav izveidojies humusa horizonts, kur, veicot vertikālās migrācijas, sliekas var izvairīties no nelabvēlīgo meteoroloģisko apstākļu ietekmes.

20.4.2. Piesārņojuma ietekme uz slieku populācijām

Izmaiņas slieku populācijās Saulkalnes transekta parauglaukumos saistās ar kompleksu rūpnīcas emitētā piesārņojuma ietekmi uz priežu meža biocenozēm. Kā liecina iegūtie dati, Saulkalne 1 un Saulkalne 2 parauglaukumos kalcija un magnija ievērojamās koncentrācijas augsnē (20.3.tab.) neatstāj tiešu negatīvu iespaidu uz slieku populācijām. Arī literatūrā trūkst datu par šo metālu piesārņojuma negatīvo ietekmi uz sliekām. Tieši otrādi, Saulkalne 2, kur konstatētas vislielākās kalcija un magnija koncentrācijas augsnes virspusē (O_1 , A_h horizonti), novērots augstākais visu sezonu summārais vidējais slieku blīvums (15.pielikums).

Metālu iedarbība uz sliekām ir sarežģīta. Tā var izpausties tiešā veidā stimulējoši vai toksiski, ietekmējot citu elementu uzņemšanu, izmainot citus augsnes parametrus (piemēram, pH), ietekmējot augsnes mikrobiālo aktivitāti un slieku barības bāzi (Huhta, 1979; Persson, 1988; Zelles et al., 1990). Iespējama pat slieku populāciju adaptācija metāla piesārņojumam (Bengtson, Rundgren, 1992; Spurgeon, Hopkin, 1999). Jādomā, ka Saulkalnes parauglaukumos slieku populācijām nozīmīgākā ir kalcija un magnija savienojumu ietekme uz augsnes skābumu. Visos transekta parauglaukumos konstatētais augsnes skābums (20.3.tab.) ir salīdzinoši neliels. Emisijas avotam tuvākajos parauglaukumos tas ir vērtējams kā vāji skābs - neitrāls vai pat bāzisks. Arī abos tālākajos parauglaukumos pH vērtības augsnes virspusē ir salīdzinoši augstas un atbilst skābām vai vidēji skābām augsnēm (Laivns et al., 1993; Vaivara, 2006).

Augsnes skābuma samazināšanās ietekmē palielinās mikroorganismu aktivitāte, uzlabojas augu augšanas apstākļi, sašaurinās C:N attiecība (Zelles et al., 1990), kā arī samazinās alumīnija savienojumu šķīdība un augsnes organismiem uzlabojas Ca un Mg uzņemšana (Аристовская, 1980; Cronan, Grigal, 1995). Emisijas avotam trīs tuvākajos parauglaukumos C:N attiecība ir augsnes organismiem labvēlīga (20.3.tab.). Abos tālākajos tās vērtības ir zem 20, kas liecina par mineralizācijas procesu aktivizēšanos. Parauglaukumos ieviešās graudzāles, sāk augt krūmi un jaunie lapu koki (Laivns et al., 1993). Augsnes virsējā organiskajā horizontā sašaurinās C:N attiecība, un augu atliekas kļūst piemērotākas slieku barībai. Ca²⁺ jonu koncentrācijas palielināšanās ir labvēlīga sugām, kurām Ca dziedzeri ir vāji attīstīti, piemēram, *A.caliginosa* (Lee, 1985).

20.4.3. Atsevišķu sugu sastopamība parauglaukumos

D.octaedra, kā jau epigeiskai sugai, Saulkalnes transekta parauglaukumos ir raksturīgas izteiktas sezonālas skaita svārstības (20.4.tab.). Abos emisijas avotam tuvākajos parauglaukumos novērojumu perioda laikā to blīvums pieauga, bet Saulkalne 3 izmainījās nedaudz. Salīdzinoši zemo *D.octaedra* blīvumu šajā parauglaukumā var skaidrot ar konkurenci ar citām sugām, piemēram, *A.caliginosa*. Siltā 1989. - 1990. gada ziema (4.pielikums) ir ietekmējusi *D.octaedra* populāciju arī abos tālākajos

parauglaukumos, un 1990. gada pavasarī ir vērojams to skaita pieaugums. Salīdzinot *D.octaedra* blīvumu parauglaukumos savā starpā, nav vērojamas būtiskas atšķirības (15.pielikums).

Tālākajos parauglaukumos ir regulāri konstatēta cita skābo augšņu epigeiskā suga *D.rubidus tenuis*. Šīs sugas skaita palielināšanās kaļķotās mežu platībās promocijas darba autors 1993. gadā novēroja Zviedrijas centrālās daļas meža masīvu augsnēs. Uz *D.rubidus tenuis* skaita palielināšanos pēc priežu mežu kaļķošanas Zviedrijā un Vācijā norāda arī T.Persons (Persson, 1988). Iespējams, ka *D.rubidus tenuis* ir viena no indikatorsugām priežu mežu augšņu piesārņošanai ar kalcija savienojumiem.

L.rubellus ir viss daudzskaitlīgākā suga parauglaukumos. To blīvums ir salīdzinoši augsts visos parauglaukumos, neuzrādot būtiskas atšķirības to starpā (15.pielikums).

A.caliginosa lielākā skaitā ir atrasta Saulkalne 3 parauglaukumā. Kaut arī emisijas avotiem tuvākajos divos parauglaukumos tās ir atrastas mazākā blīvumā (iespējams, dēļ piesārņojuma ietekmes), tomēr visos trijos parauglaukumos suga ir izveidojusi stabilas populācijas, kas saistās ar humusa horizonta A_h veidošanos (20.4.tab., 15.pielikums). Abos tālākajos parauglaukumos, kur A_h horizonta veidošanās netika novērota, ir atrasti tikai atsevišķi *A.caliginosa* eksemplāri (Saulkalne 4), vai arī suga vispār netika konstatēta (Saulkalne 5).

Interesanti ir novērojumi par mēslu sliekām *E.foetida* Saulkalne 3. Tā visās sezonās nelielā blīvumā ir atrasta augsnes paraugos, kas, iespējams, liecina par dabiskas populācijas veidošanos. Šī epigeiskā suga Latvijas apstākļos brīvā dabā nedzīvo, bet tās izplatībai ir izteikti antropogēni cēloņi. *E.foetida* ir sastopama kompostā un kūtsmēslos, veco lapu kaudzēs, notekūdeņu attīrīšanas iekārtu aktīvajās dūņās un dažādos citos organiskas izcelsmes atkritumos. Saulkalne 3 atrodas tiešā mazdārziņu tuvumā, kas varēja būt par iemeslu slieku izplatībai meža biocenozē (20.4.tab.).

20.4.4. Sugu cenožu un dominances izmaiņas

Dominējošā suga visos Saulkalnes transekta parauglaukumos ir *L.rubellus* (20.5.tab., 16.pielikums). Sugas bioloģiskās īpašības, tādas kā acidotolerance, pieticīgums barības izvēlē, spēja baroties gan augsnes virspusē, gan dziļākos slāņos, mobilitāte (salīdzinoši lielāka kā pārējām konstatētajām sugām), nodrošina tās izplatību visā transekta garumā. Subdominantās sugas emisijas avotiem tuvākajos trīs parauglaukumos ir *D.octaedra* un *A.caliginosa*, veidojot trīs sugu cenozes. Divos tālākajos parauglaukumos stabila *A.caliginosa* populācija netika novērota, un tiem raksturīga ir divu sugu *L.rubellus* - *D.octaedra* cenoze.

20.5. tabula

Slieku sugu cenozes Saulkalnes transekta parauglaukumos

Novērojumu vieta	Attālums no emisijas avota, m	Slieku sugu cenozes
Saulkalne 1	300	<i>L.rubellus</i> – <i>D.octaedra</i> – <i>A.caliginosa</i>
Saulkalne 2	370	<i>L.rubellus</i> – <i>D.octaedra</i> – <i>A.caliginosa</i>
Saulkalne 3	1270	<i>L.rubellus</i> – <i>A.caliginosa</i> – <i>D.octaedra</i>
Saulkalne 4	4370	<i>L.rubellus</i> – <i>D.octaedra</i>
Saulkalne 5	6270	<i>L.rubellus</i> – <i>D.octaedra</i>

21. Slieku iespējamā ietekme uz augsnes eitrofikācijas procesiem Jūrmalas un Saulkalnes transekta mežos

Kopējā slieku blīvuma palielināšanās ietekmē gan augsnes struktūru, gan auglību (Lee, 1985; Атлавините, 1990; Haimi, Boucelham, 1991; Deleporte, Tillier, 1999; McInerney et al., 2001; Rätty, Huhta, 2004). Slieku skaita pieaugumu var saistīt ar iespējamo mikroorganismu darbības aktivizēšanos nedegradētajos parauglaukumos Jūrmalā un Saulkalnē, pēc papildus barības vielu ienešanas meža augsnēs rekreatīvās slodzes, saimnieciskās darbības un piesārņojuma rezultātā (17.pielikums). Mikroorganismu darbība paātrina skuju nobiru sadalīšanos, un augsnē nonāk lielāks barības vielu daudzums, radot labvēlīgus apstākļus skaita pieaugumam un augu augšanai. Slieku blīvuma palielināšanās var būt cēlonis pakāpeniskām izmaiņām augsnē. Slieku barības traktos formējas humusvielas ar neitrālu reakciju, veidojot stabilus agregātus ar augsnes minerālajiem kompleksiem, kas samazina augsnes podzolācijas procesus (Аристова, 1980; Стриганова, 1980). Īpaši aktīvas meža nobiru pārstrādātājas un augsnes veidotājas ir *L.rubellus*, kuru skaita pieaugums un dominējošā loma sugu cenzēs novērota gan Jūrmalā, gan Saulkalnē. Ņemot vērā, ka nedegradētajos parauglaukumos izmaiņas meža veģetācijā vēl nebija vērojamas, un mazzsadalītās skuju koku nobiras ir mazpiemērota barība *L.rubellus*, jādomā, ka tieši mikroorganismiem ir lielākā nozīme kā *L.rubellus* barības objektam. *L.rubellus* (arī *A.caliginosa*) koprofītos aktīvi darbojas slāpekli fiksējošās baktērijas. Rezultātā augsnē palielinās slāpekļa saturs augiem uzņemamu savienojumu veidā (Šimek, Pižl, 1989; Šimek et al., 1991; Kristufek et al., 1994). Vienlaicīgi sliekas uzirdina augsni, sekmējot aerāciju un sadalot organiskos savienojumus vienmērīgāk augsnes profilā. Iespējams, tieši slieku darbība ir tā, kas veicina A_h augsnes horizontu veidošanos Jūrmalā un Saulkalnē meža eitrofikācijas rezultātā. Tas nozīmē, ka mežu transformācijas procesu virzībā gan Jūrmalā, gan Saulkalnē arvien nozīmīgāki kļūst biocenozes iekšējie faktori – mikroorganismu, slieku un augu savstarpēji stimulējošā iedarbība.

Slieku klātbūtne var kļūt par būtisku faktoru biocenozes tālākajā attīstībā. Sliekas paātrina dažādu procesu norisi augsnē, tajā skaitā arī primārās produkcijas veidošanos, slāpekļa mineralizāciju un uzņemšanu (Scheu, 1993; Huhta et al., 1998; Tiunov, Scheu,

2004). Šie procesi īpaši aktivizējas pēc endogeisko *A.caliginosa* slieku ieviešanās (Robinson et al., 1992b). *A.caliginosa* stabilas populācijas izveidošanās notiek noteiktā organisko vielu sadalīšanās stadijā, jo to barības racionu sastāda galvenokārt labi sadalījies detrits ar augstu mikroorganismu koncentrāciju (Kristufek et al., 1994; Kristufek et al., 1995). *A.caliginosa* barojas dziļākos augsnes slāņos, lielā daudzumā ierijot labi sadalījušos amorfo organisko materiālu. Arī pašu slieku darbība sekmē amorfā humusa formēšanos (Satchell, 1980; Стриганова, 1980).

22. SLIEKU NOZĪME PRIEŽU MEŽU EITROFIKĀCIJAS PROCESU BIOINDIKĀCIJĀ

Slieku faunas izmaiņas atspoguļo notiekošos augsnes procesus. Slieku cenozes jutīgi reaģē uz mežu transformācijas procesiem, veidojot augsnei un meža augšanas apstākļu tipam atbilstošus sugu kompleksus, izmainās to blīvums, ekoloģiskās grupas, sugu sastāvs un dominance (Bauchhenß, 2006). Sliēkas ir piemērota augsnes dzīvnieku grupa mežu transformācijas procesu nespecifiskajā bioindikācijā. To nosaka vairāki parametri:

1. Tās augsnē parasti ir atrodamas pietiekamā daudzumā. Materiāla ievākšana, apstrāde un sugu identificēšana ir samērā vienkārša un lēta.
2. Katra suga atiecībā uz augsnes skābumu, barības izvēli, vertikālo sadalījumu u.c. faktoriem pārstāv kādu noteiktu ekoloģisko grupējumu.
3. Par slieku bioloģiju un ekoloģiju gan pasaulē, gan arī Ziemeļeiropā ir veikti daudzi pētījumi.

Arī attiecībā uz oligotrofo priežu mežu transformācijas (eitrofikācijas) procesu bioindikāciju, slieēkas uzskatāmas kā viens no ērtākajiem bioindikātoriem. Slieku cenožu dinamika un sugu struktūras izmaiņa labi atspoguļo kompleksas biocenotiskas pārmaiņas gan pieaugot mežu rekreācijas slodzēm, gan atspoguļojot kalcija piesārņojuma ietekmi. Kā liecina pētījumi Jūrmalas un Saulkalnes transekta augsnēs, tad izmaiņas slieku cenozēs jau novērojamas pirms tiek novērotas fitocenotiskās izmaiņas. Tas ļauj identificēt augsnes eitrofikāciju jau tās sākuma stadijās. Būtiskākie kvantitatīvie rādītāji, kas šos procesus veiktajos pētījumos atspoguļo, ir slieku kopējā blīvuma pieaugums, un stabilas *L.rubellus* populācijas izveidošanās.

Eitrofikācijas procesu tālākas stadijas labi raksturo slieku cenožu dominances struktūras izmaiņas, *D.octaedra* kā dominējošo sugu dabiskajos mežos nomaina *L.rubellus*. Stipri eitroficēti biotopi raksturojas ar 3 – 4 sugu cenožu izveidošanos un slieku ekoloģisko grupu dažādošanos. Būtiska ir endogeisko sugu, it īpaši *A.caliginosa*, populāciju veidošanās, kas var notikt tikai noteiktā organisko vielu sadalīšanās stadijā (Стриганова, 1980). *A.caliginosa* ir viens no nozīmīgākajiem augsnes dzīvnieku pārstāvjiem, kas kā atslēgsuga spēj būtiski ietekmēt un paātrināt gan augsnē notiekošos,

gan arī ekosistēmas līmeņa procesus. Stabīlas *A.caliginosa* populācijas izveidošanās var liecināt par neatgriezeniskām pārmaiņām augsnē. Tomēr priežu mežu eitrofikāciju vēlākās stadijās var viegli identificēt pēc fitocenotiskajām izmaiņām. Slieku kā šo procesu bioindikātoru lielākā nozīme ir tieši sākuma stadiju indikācijā, kad fitocenotiskās izmaiņas vēl nav novērojamas.

Salīdzinot slieku cenožu izmaiņas oligotrofajos priežu mežos ar literatūrā atrodamajiem datiem par izmaiņām bērzu vērī Brocēnu cementa rūpnīcas tuvumā (Штернбергс, 1985), redzams, ka katrā meža tipā slieku cenožu reakcija ir atšķirīga. Bērzu vērī kā galvenā indikatīvā suga tika izdalīta *A.rosea*, kamēr cementa putekļu ietekme uz tādām sugām kā *A.caliginosa* un *L.rubellus* netika konstatēta. Savukārt, Jūrmalas un Saulkalnes transekta mežos kā galvenā indikatīvā suga izdalīta *L.rubellus* un, palielinoties eitrofikācijas pakāpei, arī *A.caliginosa*. Acīmredzot, slieku cenozes dažādos meža tipos uz meža transformācijas procesiem var reaģēt atšķirīgi.

SECINĀJUMI

1. Pētījumi Latvijas lauksaimniecības zemju pārraudzības monitoringa ietvaros parādīja, ka Latvijas apstākļos slieku kopējo blīvumu un sugu skaitu nosaka augsnes tips un granulometriskais sastāvs. Visaugstākais slieku blīvums raksturīgs mēreni mitrām auglīgām smilšmāla augsnēm, bet vismazākais ar organiskām vielām nabadzīgām smilts augsnēm.
2. Slieku blīvuma dinamiku ietekmē klimatiskie apstākļi, it īpaši nokrišņu daudzums un gaisa temperatūra slieku aktīvās darbības periodā. Zemes apstrāde pastiprina slieku populāciju jutību uz klimatiskajiem faktoriem. Lauksaimniecības zemēs, kas ilgāku laiku nav apstrādātas, meteoroloģisko faktoru ietekme nav tik izteikta, un slieku populācijas sadalījums augsnē ir vienmērīgāks.
3. Intensīvi apstrādātās augsnēs slieku blīvums un sugu skaits samazinās. *Aporrectodea caliginosa*, salīdzinot ar citām slieku sugām, ir vislabāk adaptējusies augsnes apstrādei. Tās dominance var sasniegt pat 100%.
4. Slieku populācijas ietekmē lauka reljefs. Pauguru augšdaļā vai nogāzes vidusdaļā, kur vairāk izpaužas augsnes erozija, slieku blīvums ir ievērojami mazāks kā lejasdaļā, kur ir augstāks trūdvielu saturs, kā arī gruntsūdens līmenis atrodas tuvāk augsnes virspusei, kas ilgstoša sausuma periodos nodrošina lielāku augsnes mitrumu.
5. Slieku blīvums un sugu sastāvs ir piemērots indikators lauksaimniecības augšņu “veselības” stāvokļa un auglības noteikšanai. Optimālais slieku blīvums mālsmilts un smilšmāla augsnēs Latvijā ir vismaz 200 ind. m⁻², bet smilts augsnēs ne mazāks kā 100 - 150 ind. m⁻². Auglīgās augsnēs labvēlīgos apstākļos veidojas bagātīgas slieku cenozes ar 3 – 5 sugām, no kurām viena ir dominanta, bet 2 – 3 subdominantās. Slieku sugu skaita samazināšanās liecina par degradatīvu procesu pastiprināšanos augsnēs.
6. Pētījumos par oligotrofo priežu mežu augšņu eitrofikāciju rekreācijas slodzes apstākļos Jūrmalā un industriālā kalciju saturošā piesārņojuma apstākļos pie

Saulkalnes dolomītmiltu malšanas rūpnīcas kopumā konstatētas 8 slieku sugas un viena pasuga. Abās novērojumu vietās slieku cenožu izmaiņās iezīmējas līdzīgas tendences - eitrofikācijas rezultātā ievērojami pieaug slieku blīvums, parādās jaunas, lāna meža tipam neraksturīgas slieku sugas. Galvenais cēlonis tam ir slieku barības apstākļu uzlabošanās. Augsnes skābuma izmaiņām (samazināšanās), jādoma, ka ir pakārtota nozīme.

7. Eitroficētajām augsnēm ir raksturīga humusa horizonta veidošanās, radot sliekām papildus dzīves telpu gan ar piemērotiem barošanās apstākļiem, gan iespēju nelabvēlīgos meteoroloģiskos apstākļos migrēt dziļākos augsnes slāņos.
8. Slieku darbība eitroficētajās meža augsnēs kļūst par būtisku biocenozes iekšējo faktoru un iniciē augšņu tālākās transformācijas procesu. Sliekas uzlabo augsnes fizikālās īpašības, aktivizē organisko vielu noārdīšanos un to izplatību augsnes profilā, veicinot biezāka humusa horizonta veidošanos. Apdzīvotu vietu tuvumā jaunu slieku sugu ieviešanās notiek ātrāk kā izolētās meža platībās, tādēļ šādās vietās meža eitrofikācijas procesi paātrinās.
9. Sliekas uzskatāmas par labiem oligotrofo priežu mežu eitrofikācijas procesu indikatoriem. Slieku cenožu dinamika un sugu struktūras izmaiņas atspoguļo biocenotiskās izmaiņas gan rekreācijas slodzes pieauguma, gan kalciju saturoša industriālā piesārņojuma palielināšanās apstākļos. Būtiskākie bioindikatīvie rādītāji eitrofikācijas procesu sākuma stadijām ir slieku kopējā blīvuma pieaugums, un stabilas *Lumbricus rubellus* populācijas izveidošanās. Eitrofikācijai pastiprinoties izmainās sugu dominances struktūra, lāna augsnēm raksturīgo sugu *Dendrobaena octaedra* nomaina *Lumbricus rubellus*. Stipri eitroficētiem biotopiem ir raksturīga endogeiskās *Allolobophora caliginosa* populācijas izveidošanās. Stipri eitroficēti biotopi raksturojas ar 3 – 4 sugu asociācijām un ekoloģisko grupu spektra paplašināšanos. Apdzīvotās vietās jaunu slieku sugu ieviešanās var notikt ātrāk kā izolētākās meža platībās, tādēļ te meža eitrofikācijas procesi var noritēt ātrāk.

10. Izmaiņas slieku cenzēs eutrofikācijas sākuma stadijās mūsu pētītajos meža tipos ir novērojamas vēl pirms vizuāli redzamām izmaiņām meža fitocenozē. Tas ļauj identificēt augsnes eutrofikāciju jau tās sākuma stadijās.

IZMANTOTĀ LITERATŪRA

Abrahamsen, G. 1972. Ecological study of Lumbricidae (Oligochaeta) in Norwegian coniferous forest soils. *Pedobiologia*, 12, 267-281.

Ambainis J. 1945. Augšnes mācība. Rīga, 180. lpp

Andersen, C. 1979. Cadmium, lead and calcium content, number and biomass, in earthworms (Lumbricidae) from sewage treated soil. *Pedobiologia*, 19, 309-319.

Andersen, C. 1980. The influence of climatic conditions on activity and vertical distribution of earthworms in a Danish arable soil. *Kgl. Vet.-og Landbohøjsk. Årsskr.*, 57-68.

Barrera, I., Andres, P., Alcañiz, J.M. Sewage sludge application on soil: effects on two earthworm species. *Water, Air and Soil Pollution*, 129 (1-4), 319-332.

Barnes, B., Ellis, F. 1979. Effects of different methods of cultivation and direct drilling and disposal of straw residues on populations of earthworms. *Journal of Soil Science*, 30, 669-679.

Bardgett, R., Cook, R. 1998. Functional aspects of soil animal diversity in agricultural grasslands. *Applied Soil Ecology*, 10, 263-276.

Basker, A., Macgregor, A.N., Kirkman, J.H. 1992. Influence of soil ingestion by earthworms on the availability of potassium in soil: An incubation experiment. *Biol. fertil. Soils*, 14, 300-303.

Bauchheß, J. 2006. Regenwürmer als Bioindikatoren Bodenzoologische Untersuchungen auf BDF. Bodenbiologische Bewertung von Bodendauerbeobachtungsflächen (BDF) anhand von Lumbriciden. Workshop in Weimar, 22-32.

Bengtsson, J. 1998. Which species? What kind of diversity? Which ecosystem function? Some problems in studies of relations between biodiversity and ecosystem function. *Applied Soil Ecology*, 10, 191 – 199.

Bengtsson, G., Gunnarson, T., Rundgren, S. 1986. Effects of metal pollution on the earthworm *Dendrobaena rubida* (Sav.) in acidified soils. *Water, Air and Soil Pollution*, 28, 361-383.

Bengtson, G.Ek.H., Rundgren, S. 1992. Evolutionary response of worms to long-term metal exposure. *Oikos*, 63, 289-297.

Bens, O., Wahl, N., Fisher, H., Huttli, R. 2007. Water infiltration and hydraulic conductivity in sandy cambisols: impacts of forest transformation on soil hydrological properties. *Eur. J. Forest Res.*, 126, 101-109.

Berman, D., Meshcheryakova, E., Alfimov, A., Leirikh, A. 2001. Spread of the Earthworm *Dendrobaena octaedra* (Lumbricidae: Oligochaeta) from Europe to Northern Asia is restricted by its insufficient frost resistance. *Doklady Biological Sciences*, 377, 145–148.

Beyer, W.N. 2001. Estimating toxic damage to soil ecosystems from soil organic matter profiles. *Ecotoxicology*, 10, 273-283.

Beyer, W.N., Cromartie, E.J. 1987. A survey of Pb, Cu, Zn, Cd, Cr, As and Se in earthworms and soil from diverse sites. *Environmental Monitoring and Assessment*, 8, 27-36.

Bezkorovainaya, I., Klimentenok, L., Efvgrafova, S. 2001. Dynamics of the biological activity of litter as it is transformed by earthworm. *Biology Bulletin*. 28 (2), 188–190.

Blakemore, R.J., Ito, M.T., Kaneko, N. 2007. Alien earthworms in the Asia/Pacific region with a checklist of species and the first records of *Eukerria saltensis* (Oligochaeta: Ocnerodrilidae) and *Eiseniella tetraedra* (Lumbricidae) from Japan, and *Pontoscolex corethrurus* (Glossoscolecidae) from Okinawa. *Summary of YNU COE earthworm project (2003-2007)*. 173-181.

Bohlen, P.J., Edwards, C. 1995. Earthworm effects on N dynamics and soil respiration in microcosms receiving organic and inorganic nutrients. *Soil Biol. Biochem.* 27 (3), 341-348.

Bohlen, P.J., Groffman, P.M., Fahey, T.J., Fisk, M.C., Suarez, E., Pelletier, D.M., Fahey, R.T. 2004. Ecosystem consequences of exotic earthworm invasion of north temperate forests. *Ecosystems*, 7, 1-12.

Bohlen, P., Pelletier, D.M., Groffman, P.M., Fahey, T.J., Fisk, M.C. 2004. Influence of earthworm invasion on redistribution and retention of soil carbon and nitrogen in Northern temperate forests. *Ecosystems*, 7, 13-27.

Boruks, A., Kārklīņš, A., Nikodemuss, O. 2002. Augšnes izpētes un zemes novērtējuma metodikas pilnveidošanas problēmas. Izstrādātas uz Skrīveru zinātnes centra bāzes. Skrīveri, LLU. Skrīveru Zinātnes centrs, LR VZD, 148. lpp.

Bostrom, U., Lofs, A. 1996. Annual population dynamics of earthworms and cocoon production by *Aporrectodea caliginosa* in a meadow fescue ley. *Pedobiologia*, 40, 32 – 42.

- Bouche, M.B. 1969. Comparaison critique de methodes d'evaluation des populations de Lombricides. *Pedobiologia*, 9, 26-34.
- Bouche, M.B. 1972. *Lombriciens de France. Ecologie et Systematique*. INRA, Paris, 671 p.
- Burrows, L.A., Clive, A. 2004. The use of integrated soil microcosms to assess the impact of carbendazim on soil ecosystems. *Ecotoxicology*, 13, 143 –161.
- Carcamo, H.A., Parkinson, D., Bargshoon, D. 1998. Distribution of earthworms along a sharp acidification gradient. *Pedobiologia*, 42, 88-95.
- Carter, A., Kenny, E.A., Guthrie, T.F., Timmenga, H. 1983. Heavy metals in earthworms in non-contaminated and contaminated agricultural soil from near Vancouver, Canada. In: *Earthworm Ecology, from Darwin to Vermiculture*. Satchell, J.E. (ed.). Chapman and Hall, pp. 267-274.
- Christensen, O., Daugbjerg, P., Hinge, J., Jensen, J.P., Sigurdardottir, H. 1987. Effekten af dyrkningspraksis pa regnorme og deres mulige rolle som bioindikatorer. *Særtryk af Tidsskrift for Planteavl*, 91, 15-32.
- Christian, E., Zicsi, A. 1999. Ein synoptischer bestimmungsschlüssel der Regenwürmer Österreichs (Oligochaeta: Lumbricidae). *Die Bodenkultur*, 50, 121-131.
- Collins, W., Qualset, C. 1998. *Biodiversity in Agroecosystems*. CRC Press, Boca Raton. 334 pp.
- Coûteaux, M.M., Bolger, T. 2000. Interactions between atmospheric CO₂ enrichment and soil fauna. *Plant and Soil*, 224, 123–134.
- Cronan, C.S., Grigal, D.F. 1995. Use of calcium/aluminum ratios as indicators of stress in forest ecosystems. *Journal of Environmental Quality*. 24, 209-226.
- Curry, J. 1988. The ecology of earthworms in reclaimed soils and their influence on soil fertility. In: *Earthworms in Waste and Environmental Management*. Clive, A.E., Neuhauser, E.F. (ed.). The Hague: SPB Academic Publishing, 251-261.
- Curry, J.P., Schmidt, O. 2007. The feeding ecology of earthworms – A review. *Pedobiologia*, 50, 463 – 477.
- Daniel, O., Anderson, J.M. 1992. Microbial biomass and activity in contrasting soil materials after passage through the gut of the earthworm *Lumbricus rubellus* Hoffmeister. *Soil Biol. Biocmem*, 24 (5), 465-470.

- Darwin, C.R. 1881. *The Formation of Vegetable Mould through the Action of Worms, with Observations on Their Habits*. Murray, London. 326 pp.
- Daugbjerg, P., Hinge, J., Jensen, J., Sigurdardottir, H. 1988. Earthworms as bioindicators of cultivated soils? *Ecological Bulletins*, 39, 45–47.
- Debeljaka, M., Cortet, J., Demšara, D., Kroghd, P., Džeroskia, S. 2007. Hierarchical classification of environmental factors and agricultural practices affecting soil fauna under cropping systems using Bt maize. *Pedobiologia*, 51, 229-238.
- Deleporte, S., Tillier, P. 1999. Long-term effects of mineral amendments on soil fauna and humus in an acid beech forest floor. *Forest Ecology and Management*, 118, 245-252.
- Dogels, V. 1986. Posmtārpi (Annelida). *Bezmugurkaulnieku zooloģija*. Rīga, Zvaigzne, 225.-261. lpp.
- Doerr, A.B. De Martonne's Index of Aridity and Oklahoma's climate. 1962, Universit. of Oklahoma. *Proc. of the Ocla. Acad. of Sci.*, 311-313.
- Dominiguez, J., Bohlen, P.J., Parmelee, R.W. 2004. Earthworms increase nitrogen leaching to greater soil depths in row crop agroecosystems. *Ecosystems*, 7, 672-685.
- Dunger, W. 1974. *Tiere im Boden*. Die Neue Brehm-Bucherei. A.Ziemsen Verlag. Wittenberg, Lutherstadt. 265 S
- Easton, E.G. 1983. A guide to the valid names of Lumbricidae (Oligochaeta). In: *Earthworms Ecology*. Satchell, J.E (ed.). Chapman and Hall, pp. 475-485.
- Edwards, C. 1983. Earthworm ecology in cultivated soils. In: *Earthworms Ecology*. Satchell, J.E (ed.). Chapman and Hall, pp. 123-137.
- Edwards, C., Lofty, J. 1975. The influence of cultivations on soil animal populations. *Progress in Soil Zoology*. Proc. 5th International Colloquium on Soil Zoology, Prague, 1973. Vanek, J. (ed.). pp. 399-407.
- Edwards, C., Lofty, J. 1977. The influence of invertebrates on root growth of crops with minimal or zero cultivation. In: *Soil Organisms as Components of Ecosystems*. Proc. 6th International Colloquium of Soil Zoology, Stockholm. Lohm, U., Persson, T. (ed.). *Ecol. Bull.*, 25, 348-356.
- Edwards, C.A., Reichle, D.E., Crossley, D.A. 1970. The role of soil invertebrates in turnover of organic matter and nutrients. In: *Analysis of Temperate Forest Ecosystems*. Reichle, D.E. (ed.). Springer-Verlag, pp. 147-172.

Eisenhauer, N., Straube, D., Scheu, S. 2008. Efficiency of two widespread non-destructive extraction methods under dry soil conditions for different ecological earthworm groups. *European Journal of Soil Biology*. 44, 141-145.

Evans, A., Guild, W. 1948. Studies on the relationships between earthworms and soil fertility. *Ann. appl. Biol.*, 35, 485-493.

Frelich, L., Hale, C., Scheu, S., Holdsworth, A., Heneghan, L., Bohlen, P., Reich, P. 2006. Earthworm invasion into previously earthworm-free temperate and boreal forests. *Biol Invasions*, 8, 1235-1245.

Galenieks, P. 1923. Zemes dzīve. Ievads zemes bioloģijā. Rīga, 57 lpp.

Gemste, I., Smilga, H., Ventiņš, J. 2009. *Notekūdeņu dūņas un augsne*. Jelgava, LLU, 272 lpp.

Gregory, T.R., Hebert, P.D.N. 2002. Genome size estimates for some oligochaete annelids. *Canadian Journal of Zoology*. 80 (8), 1485-1489.

Guild, W.J.McL. 1948. Studies on the relationship between earthworms and soil fertility. III. The effect of soil type on the structure of earthworm populations. *Ann. appl. Biol.* 35, 181-192.

Gullvag, B.M. 1979. Pollution registered in lumbricid earthworms. In: *The Use of Ecological Variables in Environmental Monitoring*, Uppsala. Hytteborn, H. (ed.). The National Swedish Environment Protection Board. Report PM 1151, 225-264.

Haimi, J., Boucelham, M. 1991. Influence of a litter feeding earthworm, *Lumbricus rubellus*, on soil processes in a simulated coniferous forest floor. *Pedobiologia* 38, 247-256.

Haimi, J., Einbork, M. 1992. Effects of endogeic earthworms on soil processes and plant growth in coniferous forest soil. *Biol.Fertil Soils*,13, 6-10.

Haimi, J., Huhta, V., Boucelham, M. 1992. Growth increase of birch seedlings under the influence of earthworms – a laboratory study. *Soil Biol. Biochem.* 24 (12), 1525-1528.

Hale, T.C., Holdsworth, C., Vsevolodova-Perel, T. 2006. Invasion patterns of Lumbricidae into the previously earthworm-free areas of northeastern Europe and the western Great Lakes region of North America. *Biol Invasions*, 8, 1223-1234.

Heine, O., Larink, O. 1993. Food and cast analyses as a parameter of turn-over of materials by earthworms (*Lumbricus terrestris* L.). *Pedobiologia*, 37, 245-256.

- Hendriksen, N.B. 1990. Leaf litter selection by detritivore and geophagous earthworms. *Biol. Fertil. Soils*, 10, 17-21.
- Herlitzius, H. 1985. Streuabbau als Indikator biotischer und abiotischer Faktoren. *Mitteilungen der Deutschen bodenkundlichen Gesellschaft*. 43, 569-574.
- Hopp, H. 1947. The ecology of earthworms in cropland. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, 12, 503-507.
- Huhta, V., Hyvonen, R., Kaasalainen, P., Koskenniemi, A., Muona, J., Makela, I., Sulander, M., Vilkkamaa, P. 1986. Soil fauna of Finnish coniferous forests. *Ann. Zool. Fennici*, 23, 345-360.
- Huhta, V., Persson, T., Setälä. 1998. Functional implications of soil fauna diversity in boreal forest. *Applied Soil Ecology*, 10, 277-288.
- Hyvonen, R., Andersson, S., Clarholm, M., Persson, T. 1994. Effects of lumbricids and enchytraeids on nematodes in limed and unlimed coniferous mor humus. *Biol. Fertil. Soils*, 17, 201-205.
- Ireland, M.P. 1979. Metal accumulation by the earthworms *Lumbricus rubellus*, *Dendrobaena veneta* and *Eiseniella tetraedra* living in heavy metal polluted sites. *Environmental Pollution*, 19, 201-206.
- Ireland, M.P. 1983. Heavy metal uptake and tissue distribution in earthworms. In: *Earthworm Ecology, from Darwin to Vermiculture*. Satchell, J.E. (ed.). Chapman and Hall, pp. 267-274.
- Ireland, M.P., Richards, K.S. 1997. The occurrence and localisation of heavy metals and glycogen in the earthworms *Lumbricus rubellus* and *Dendrobaena rubida* from a heavy metal site. *Histochemistry*, 51, 153-166.
- Ivask, M., Kuu, A. 2006. Earthworm communities in Estonian arable soils. Poster. The 8th International Symposium on Earthworm Ecology, Krakow, Poland, 4th-9th September, pp. 37.
- Ivask, M., Kuu, A., Sizov, E. 2007. Abundance of earthworm species in Estonian arable soils. *Eur. J. Soil Biol.*, 43, 39-42.
- Ivask, M., Kuu, A., Truu, M., Truu, J. 2006. The effect of soil type and soil moisture on earthworm communities. *Agraarteadus*, XVII (1), 3-33.
- Jegou, D., Cluzeau, D., Balesdent, J., Trehen, P. 1998. Effects of four ecological categories of earthworms on carbon transfer in soil. *Applied Soil Ecology*, 9, 249-255.

Jegou, D., Schrader, S., Diestel, H., Cluzeau, D. 2001. Morphological, physical and biochemical characteristics of burrow walls formed by earthworms. *Applied Soil Ecology*, 17 (2), 165-174.

Jensen, M.B. 1985. Interactions between soil invertebrates and straw in arable soil. *Pedobiologia*, 28 (1), 59-69.

Jones, H.D., Santoro, G., Boag, B., Neilson, R. 2001. The diversity of earthworms in 200 Scottish fields and possible effect of New Zealand land flatworms (*Arthurdendyus triangulatus*) on earthworm population. *Annals of Applied Biology*, 139 (1), 75-92.

Karklins, A., Vucans, A., Gemste, I. 1998. The three level agricultural land monitoring in Latvia. In: 16th World Congress of Soil Science, August 20-26, 1998, Summaries of Symposiums, 1, 226.

Kirsch, S., Streit, B. 1989. Cadmiumkonzentration und – akkumulation bei *Lumbricus rubellus* in Abhängigkeit von verschiedenen Bodenparametern in Waldgebieten. *Poster zu Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie (Essen 1988)*, XVIII, 403-407.

Khalil, M.A., Abdel-Lateif, H.M., Bayoumi, B.M., van Stralen, N.M., van Gestel, C.A.M. 1996. Effects of metals and metal mixtures on survival and cocoon production of the earthworm *Aporrectodea caliginosa*. *Pedobiologia*, 40, 548-556.

Kladivko-Eileen, J. 2001. Tillage systems and soil ecology. *Soil and Tillage Research*, 61 (1-2), 61-76.

Kristufek, V., Pižl, V., Ravasz, K. 1995. Epifluorescent microscopy of earthworms intestinal bacteria. *Acta Microbiologica et Immunologica Hungarica*, 42 (1), 39-44.

Kristufek, V., Tajovsky, K., Pižl, V. 1994. Ultrastructural analysis of the intestinal content of earthworm *Lumbricus rubellus* Hoffm. (Annelida, Lumbricidae). *Acta Microbiologica et Immunologica Hungarica*, 41 (3), 283-290.

Krūmiņš, K. 1936. Latvijas augsnes. *Latvijas zeme, daba, tauta*. Rīga, 361.-445. lpp.

Kuhle, J. 1983. Adaption of earthworm populations to different soil treatments in apple orchard. In: *Proc. VIII. Int. Colloq. Soil Zool., Louvain-la-Neuve, Belgium, 1982*. Andre, H.M., De Medts, A., Gregoire-Wibo, C., Wauthy, G. (eds.), 487-501.

Lahner, G., Streit, B. 1989. Untersuchungen zur Variation der Konzentration und Akkumulation von Blei bei *Lumbricus rubellus*. *Poster zu Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie (Essen 1988)*, XVIII, 415-418.

Laiviņš, M. 1998. Latvijas boreālo priežu mežu sinantropizācija un eitrofikācija. *Latvijas Veģetācija*, 1, 137. lpp.

- Laiviņš, M., Henriņa, E., Kraukle, M., Ventiņš, J. 1993. The impact of the Saulkalne lime processing facilities on the biotic diversity of pine forest. *Proceedings of the Latvian Academy of Sciences*, B, 7 (552), 63-69.
- Laiviņš, M., Laiviņa, S. 1991. Jūrmalas mežu sinantropizācija. *Jaunākais Mežsaimniecībā*, 33, 67-83.
- Lavelle, P. 1983. The structure of earthworm communities. In: *Earthworm Ecology*. Satchell, J.E. (ed.). Chapman and Hall. pp. 449-446.
- Lee, K. E. 1985. *Earthworms. Their Ecology and Relationships with Soil and Land Use*. Sydney, Orland, London, Academic Press, pp. 411.
- Leirikh, N., Meshcheryakova, E. N., Berman, D. I. 2004. The mechanism of cold hardiness of egg cocoons of the earthworm *Dendrobaena octaedra* (Sav.) (Lumbricidae: Oligochaeta). *Doklady Biological Sciences*, 398, 385–387.
- Leroy, B.L.M., Schmidt, O., Van den Bossche, A., Reheul, D., Moens, M. 2008. Earthworm population dynamics as influenced by the quality of exogenous organic matter. *Pedobiologia*, 52, 139-150.
- Lewis, T. 1980. Faunal change and potential pests associated with direct drilling. *EPPO Bull.*, 10 (2): 187-193.
- Liepa, J. 1944. Slieku *L.rubellus* ietekme uz augsnes struktūru, tās auglību un ražību. Rīga, Diplomdarbs.
- Lock, K., Janssen, C.R. 2001. Cadmium toxicity for terrestrial invertebrates: taking soil parameters affecting bioavailability into account. *Ecotoxicology*, 10, 315–322.
- Lofs-Holmin, A. 1983. Earthworm population dynamics in different agricultural rotations. In: *Earthworms Ecology*. Satchell, J.E. (ed.), Chapman and Hall, pp. 151-160.
- Lowe, C.N., Butt, K.R. 2007. Life-cycle traits of the dimorphic earthworm *Allolobophora chlorotica* (Savigny, 1826) under controlled laboratory conditions. *Biology and Fertility of Soil*, 43 (4), 495-499.
- Lowe, C.N., Butt, K.R. 2008. *Allolobophora chlorotica* (Savigny, 1826): Evidence for classification as two separate species. *Pedobiologia*, 52, 81-84.
- Mc Artur, R.H., Wilson, E.O. 1967. *The Theory of Island Biogeography*. Princeton University press, pp. 203.

- McDonnell, M.J., Pickett, S.T.A., Groffman, P., Bohlen, P., Pouyat, R.V., Zipperer, W.C., Parmelee, R.W., Carreiro, M.M., Medley, K. 1997. Ecosystem processes along an urban-to-rural gradient. *Urban Ecosystems*, 1, 21–36.
- McInerney, M., Little, D., Bolger, T. 2001. Effect of earthworm cast formation on the stabilization of organic matter in fine soil fractions. *Eur. J. Soil Biol.*, 37, 251-254.
- McLean, M.A., Kolodka, D.U., Parkinson, D. 1996. Survival and growth of *Dendrobaena octaedra* (Savigny) in pine forest floor materials. *Pedobiologia*, 40, 281-288.
- McLean, M.A., Parkinson, D. 1997. Changes in structure, organic matter and microbial activity in pine forest soils following the introduction of *Dendrobaena octaedra* (Oligochaeta, Lumbricidae). *Soil Biol. Biochem.*, 29 (3/4), 537-540.
- Mariño, F., Ligeró, A., Cosin, D.J.D. 1992. Heavy metals and earthworms on the border of a road next to Santiago (Galicia, Northwest of Spain). Initial results. *Soil Biol. Biochem.*, 24. (12), 1705-1709.
- Makeschin, F. 1987. Effects of amelioration procedures on Lumbricids in acidis forest soils under *Pinus silvestris*. *Proc. of the 9th Intern. Colloquium on Soil Zoology*. Moscow, August 1985, pp. 392 – 397.
- Matzeke, M., Potthoff, M., Quintern, M., Hess, J., Jorgensen, R.G. 2007. Effect of reduced tillage systems on earthworms communities in a 6-year organic rotation. *Eur. J. Soil Biol.*, 43, 209-215.
- Mežals, G. 1980. *Meža augsnes zinātne*. Rīga, Zvaigzne. 174. lpp.
- Milcu, A., Partsch, S., Scheu, S. 2004. Effects of grassland plant species diversity on soil animal food web components. Poster, 14. International Conference of Soil Zoology and Ecology (ICSZ), Rouen, France.
- Milcu, A., Partsch, S., Langel, R., Scheu, S. 2006. The response of decomposers (earthworms, springtails and microorganisms) to variations in species and functional group diversity of plants. *OIKOS*, 112, 513-524.
- Miura, F., Nakamoto, T., Kaneda, S., Okano, S., Nakajima, M., Murakami, T. 2008. Dynamic of soil biota at different depths under two contrasting tillage practices. *Soil Biology and Biochemistry*, 40 (2), 406-414.
- Monroy, F., Aira, M., Dominguez, J. 2008. Changes in density of nematodes, protozoa and total coliforms after transit through the gut of four epigeic earthworms (Oligochaeta). *Applied Soil Ecology*, 39, 127-132.

Morgan, J.E., Morgan, A.J. 1992. Heavy metal concentrations in the tissues, ingesta and faeces of ecophysiologicaly different earthworm species. *Soil Biology and Biochemistry*, 24 (12), 1691-1697.

Nelson Beyer, W. 2001. Estimating Toxic Damage to Soil Ecosystems from Soil Organic Matter Profiles. *Ecotoxicology*, 10, 273–283.

Nikodemuss, O., Kārklīņš, A., Kļaviņš, M., Melecis, V. 2008. *Augsnes ilgtspējīga izmantošana un aizsardzība*. Rīga: LU Akadēmiskais apgāds, 256. lpp.

Nolikums par Latvijas Republikas lauksaimniecībā izmantojamās zemes pārraudzību (sagatavojuši A.Vucāns, I.Gemste). Apstiprinājis LR Zemes dienesta ģenerāldirektors G.Grūbe 1994. g. 14. februārī.

Nordstrom, S. 1975. Seasonal activity of lumbricids in southern Sweden. *OIKOS*, 26, 307-315.

Paoletti, M. 1999. The role of earthworms for assessment of sustainability and as bioindicators. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 74, 137-155.

Parkin, T., Berry, E. 1994. Nitrogen transformations associated with earthworm casts. *Soil Biol. Biochem.* 26 (9), 1233-1238.

Parmelee, R.W., Beare, M.H., Cheng, W., Hendrix, P.F., Rider, S.J., Crossley Jr., D.A., Coleman, D.C. 1990. Earthworms and enchytraeids in conventional and no-tillage agroecosystems: A biocide approach to assess their role in organic matter breakdown. *Biol. Fertil. Soils*, 10, 1-10.

Peles, J.D., Towler, W.I., Guttman, S.I. 2003. Population genetic structure of earthworms (*Lumbricus rubellus*) in soils contaminated by heavy metals. *Ecotoxicology*, 12, 379 – 386.

Persson, T. 1988. *Effects of liming on the soil fauna in forest – a literature review*. Statens naturvårdsverk, Rapport 3418, pp. 92.

Persson, T., Lohm, U. 1977. Energetical significance of the Annelids and Arthropods in a Swedish Grassland Soil. *Ecological Bulletins*, 23, pp. 211.

Pearce, T.G. 1984. Earthworm Populations in Soils Disturbed by trampling. *Biological Conservation*, 29, 241-252.

Pižl, V. 1992. Succession of earthworm populations in abandoned fields. *Soil Biol. Biochem.*, 24 (12), 1623-1628.

- Pižl, V., Josens, G. 1995. The influence of traffic pollution on earthworms and their heavy metal contents in an urban ecosystem. *Pedobiologia*, 39, 442-453.
- Pižl, V., Schlaghamersky, J. 2007. The impact of pedestrian activity on soil annelids in urban greens. *Eur. J. Soil Biol.*, 43, 68-71.
- Pop, V. 1941. Zur Phylogenie und Systematik der Lumbriciden. *Zool.Jahrb.Abt.3.*, 74, S 487-522.
- Potthoff, M., Asche, N., Stein, B., Muhs, A., Beese, F. 2008. Earthworm communities in temperate beech wood forest soils affected by liming. *Eur. J. Soil Biol.*, 44, 247-254.
- Poier, K., Richter, J. 1992. Spatial distribution of earthworms and soil properties in an arable loess soil. *Soil biol. Biochem.*, 24 (12), 1601-1608.
- Pulliainen. E., Lajunen, L.H.J., Itämies, J. 1986. Lead and cadmium in earthworms (Oligochaeta, Lumbricidae) in northern Finland. *Ann. Zool. Fennici*, 23, 303-306.
- Räty, M., Huhta, V. 2003. Earthworms and pH affect communities of nematodes and enchytraeids in forest soil. *Biol Fertil Soils*, 38, 52-58.
- Räty, M., Huhta, V. 2004. Earthworm communities in birch stands with different origin in central Finland. *Pedobiologia*, 48 (3), 283-291.
- Raw, F. 1960. Earthworm population studies: A comparison of sampling methods. *Nature* (London), 187, 257.
- Riley, H., Pommeresche, R., Eltun, R., Hansen, S., Korsæth, A. 2008. Soil structure, organic matter and earthworm activity in a comparison of cropping systems with contrasting tillage, rotations, fertilizer levels and manure use. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 124 (3-4), 275-284.
- Robinson, C.H., Pearce, T.G., Ineson, P., Dickson, D.A., Nys, C. 1992a. Earthworm communities of limed coniferous soils: field observations and implications for forest management. *Forest Ecology and Management*, 55, 117-134.
- Robinson, C.H., Ineson, P., Pearce, T.G., Rowland, A.P. 1992b. Nitrogen mobilization by earthworms in limed peat soils under *Picea sitchensis*. *Journal of Applied Ecology*, 29, 226-237.
- Rombke, J., Jansch, S., Didden, W. 2005. The use of earthworms in ecological soil classification and assessment concepts. *Ecotoxicology and environmental safety*, 62 (2), 249-265.

- Roth, M. 1993. Investigation om lead in the soil invertebrates of a forest ecosystem. *Pedobiologia*, 37, 270-279.
- Rundgren, S. 1975. Vertical distribution of lumbricids in southern Sweden. *OIKOS*, 26, 299-306.
- Rundgren, S. 1977. Seasonality of emergence in lumbricids in southern Sweden. *OIKOS*, 28, 49-55.
- Ruz-Jerez, B., Roger, B., Tillman, R. 1992. Laboratory assessment of nutrient release from pasture soil receiving grass or clover residues, in the presence or absence of *Lumbricus rubellus* or *Eisenia fetida*. *Soil Biol. Biochem.*, 24 (12), 1529-1534.
- Ryl, B. 1984. Comparision of communities of earthworms (Lumbricidae) occuring in different ecosystems of agricultural landscape. *Ekologia Polska*, 32 (1), 155-165.
- Safwat, H., Shakir, H., Weaver, R.W. 2002. Earthworm survival in oil contaminated soil. *Plant and Soil*, 240, 127–132.
- Salminen, J., Anh, B.T., Van Gestel, C. 2001. Enchytraeids and microbes in Zn polluted soil: no link between organism-level stress responses and ecosystem functioning. *Ecotoxicology*, 10, 351-361.
- Satchell, J.E. 1955. Some aspects of earthworm ecology. In: *Soil Biology*. (Burges, A., Raw, F. (eds.), Academic Press, London, pp. 259-322
- Satchell, J.E. 1969. Methods of sampling earthworm populations. I. Studies on methodical and taxonomical questions. *Pedobiologia*, 9, 20-25.
- Satchell J.E. 1967. Colour dimorphism in *Allolobophora chlorotica* Sav. (Lumbricidae). *The Journal of Animal Ecology*, 36 (3), 623-630.
- Satchell, J.E. 1980. r worms and K worms: A Basis for classifying lumbricid earthworms strategies. In: *Soil Biology as Related to Land Use Practicies*. Dindal, D.L. (ed.) Proc. VII Internatinal Soil Zoology Colloquium, EPA, Washington, D.C., pp. 848 – 854.
- Satchell, J.E. 1983. Earthworm microbiology. In: *Earthworm Ecology*. Satchell, J.E. Chapman and Hall, pp. 351-364.
- Scheu, S. 1987. Microbial activity and nutrient dynamics in earthworm casts (Lumbricidae). *Biol. Fertil. Soils*, 5, 230-234.
- Scheu, S. 1993. There is an earthworm mobilizable nitrogen pool in soil. *Pedobiologia*, 37, 243-249.

- Schmidt, O., Dyckmans, J., Black, K. 2003. Bodenalgeln als C-Quelle für Bodentiere. *Mitteilung der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft*, 102 (2), 397-398.
- Schrader, S., Seibel, C. 2001. Impact of cultivation management in an agroecosystem on hot spot effects of earthworm middens. *Eur. J. Soil Biol.*, 37, 309-313.
- Schrader, S., Seibel, C. 2001. Impact of cultivation management in agroecosystem. *Eur. J. Soil Biol.*, 37, 309-313
- Sims, R.W. 1983. The scientific names of earthworms. In: *Earthworm Ecology*. Satchell, J.E. (ed.). Chapman and Hall, pp. 467-474.
- Sheehan, C., Kirwan, L., Conolly, J., Bolger, T. 2006. The effects of earthworm functional group diversity on nitrogen dynamics in soils. *Soil Biol. Biochem.*, 38, 2629-2636.
- Sheehan, C., Kirwan, L., Conolly, J., Bolger, T. 2007. The effects of earthworm functional group diversity on earthworm community structure. *Pedobiologia*, 50, 479-487.
- Sheehan, C., Kirwan, L., Conolly, J., Bolger, T. 2008. The effects of earthworm functional diversity on microbial biomass and the microbial community level physiological profile of soils. *Eur. J. Soil Biol.*, 44, 65-70.
- Sims, R.W., Gerard, B.M. 1985. Earthworms. Keys and notes to the identification and study of the Species. *Synopsis of the British Fauna (New series)*. E.J.Brill, Leiden, 31, 171 pp.
- Springett, J.A. 1981. A new method for extracting earthworms from soil cores, with a comparison of four commonly used methods for estimating earthworm populations. *Pedobiologia*, 21, 217 – 222.
- Springett, J., Syers J. 1984. Effect of pH and calcium content of soil on earthworms cast production in the laboratory. *Soil Biol. Biochem.*, 16 (12), 185-189.
- Spurgeon D.J., Hopkin S.P. 1999. Life-history patterns in reference and metal-exposed earthworm populations. *Ecotoxicology*, 8, 133-141.
- Steinberg, D.A., Pouyat, R.V., Parmelee, R.W., Parmelee, R.W. 1997. Earthworm abundance and nitrogen mineralization rates along an urban-to-rural gradient. *Soil Biol. Biochem.*, 29 (3), 427-430.
- Stewart, B.W. 2001. Earthworm, infiltration, and tillage relationships in a dryland pea-wheat rotation. *Applied Soil Ecology*, 18, 187-192.

- Stewart, V., Salih R., Al-Bakri, K., Strong, J. 1980. Earthworms and soil structure. *Welsh Soils Discussion Group Report*, 21, 103-114.
- Subler, S., Parmelee, R., Allen, M. 1998. Earthworms and nitrogen mineralization in corn agroecosystems with different nutrient amendments. *Applied Soil Ecology*, 9, 295-301.
- Syers, J., Springett, J. 1984. Earthworms and soil fertility. *Plant and Soil*, 76, 93-104.
- Šimek, M., Pižl, V. 1989. The effect of earthworms (Lumbricidae) on nitrogenase activity in soil. *Biol. Fertil. Soils*, 7, 370-373.
- Šimek, M., Pižl, V., Chalupsky, J. 1991. The effect of some terrestrial oligochaeta on nitrogenase activity in the soil. *Plant and Soil*, 137, 161-165.
- Tarrant, K., Field, S., Langton, S., Hart, A. 1997. Effects on earthworm populations of reducing pesticide use in arable crop rotations. *Soil Biol. Biochem.*, 29 (3/4), 657-661.
- Tereshchenko, N.N., Naplekova, N.N. 2002. Influence of different ecological groups of earthworms on the intensity of nitrogen fixation. *Biology Bulletin*, 29 (6), 628–632.
- Terhivuo, J. 1982. Relative efficiency of hand-sorting, formalin application and combination of both methods in extracting Lumbricidae from Finnish soils. *Pedobiologia*, 23, 175-188.
- Terhivuo, J. 1989. The Lumbricidae (Oligochaeta) in eastern Fennoscandia: species assemblages, ecology and zoogeography with particular reference to genetic and morphological variation in *Dendrobaena octaedra* (Sav.). Academic dissertation. Department of Zoology, University of Helsinki, Finland.
- Terhivuo, J. 1989. The Lumbricidae (Oligochaeta) of southern Finland: species assemblages, numbers, biomass and respiration. *Ann. Zool. Fennici*, 26, 1-23.
- Terhivuo, J., Valovirta, I. 1978. Habitat spectra of the *Lumbricidae* (Oligochaeta) in Finland. *Ann Zool Fennici*, 15, 202-209.
- Timm, T.A. 1970. On the fauna of the Estonian Oligochaeta. *Pedobiologia*, 10, 52-78.
- Timm, T. A. 1999. *Guide to the Estonian Annelida*. Estonian Academy Publishers. Tartu-Tallin, 208 pp.
- Timmerman, A., Bos, D., Ouwehand, J., de Goede, R.G.M. 2006. Long-term effects of fertilisation regime on earthworm abundance in a semi-natural grassland area. *Pedobiologia*, 50, 427-432.

- Tiunov, A., Hale, C., Holdsworth, A., Vsevolodova-Perel, T. 2006. Invasion patterns of Lumbricidae into the previously earthworm-free areas of northeastern Europe and the western Great Lakes region of North America. *Biol. Invasions*, 8, 1223-1234.
- Tiunov, A., Scheu, S. 2004. Carbon availability controls the growth of detritivores (Lumbricidae) and their effect on nitrogen mineralization. *Oecologia*, 138, 83-90.
- Topoliantz, S., Ponge, J.-F., Viaux, P. 2000. Earthworm and enchytraeid activity under different arable farming systems, as exemplified by biogenic structures. *Plant and Soil*, 225, 39-51.
- Vaivara, E. 2006. Priežu mežu struktūra un dinamika Saulkalnes rūpnīcu piesārņojuma zonā. Maģistra darbs, Rīga, LU ĢZFF, 109. lpp.
- Van Stralen, N.M., Bergema, W.F. 1995. Ecological risk of increased bioavailability of metals under soil acidification. *Pedobiologia*, 39, 1-9.
- Van Vliet, P., R.de Goede. 2004. Effects of slurry application methods on soil fauna communities in permanent grassland. Poster, 14. International Conference of Soil Zoology and Ecology (ICSZ), Rouen, France.
- Ventiņš, J. 1991. Latvijas meža augšņu lumbricīdu fauna. *Jaunākais Mežsaimniecībā*, 33, 105-109.
- Verhoef, H., Brussaard, L. 1990. Decomposition and nitrogen mineralization in natural and agroecosystems: the contribution of soil animals. *Biogeochemistry*, 11 (17), 175-211.
- Vītiņš, J. 1922. *Par Latvijas zemēm*. Rīga, 52. lpp.
- Vītiņš, J. 1926. *Zemju īpašības, izveidošanās faktori un klasifikācija*. Rīga, 239. lpp.
- Vucāns, A., Gemste, I., Līvmanis, J., Ventiņš, J., Ivbulis, P. 2000. Slieku izplatība lauksaimniecībā izmantojamo platību augsnēs. *LLU Raksti*, 6, 22-29.
- Vucāns, A., Gemste, I., Kārklīš, A. 1996. Lauksaimniecībā izmantojamās zemes pārraudzības komplekso novērojumu pirmo gadu (1992-1995) rezultāti. *LLU Raksti*, 6, 42-54.
- Wallwork, J.A. 1983. *Earthworm Biology*. Edwards Arnold Publishers Ltd, London, England, 58 pp.
- Waters, R. 1955. Numbers and weights of earthworms under a highly productive pasture. *N.Z. J. Sci. Technol.* 36, 516-525.

Wurst, S., Dugassa-Gobena, D., Scheu, S. 2004. Earthworms and litter distribution affect plant-defensive chemistry. *Journal of Chemical Ecology*, 30 (4), 691-701.

Zaller, J.G., Arnone, J.A. 1999. Earthworm responses to plant species loss and elevated CO₂ in calcareous grassland. *Plant and Soil*, 208, 1-8.

Zelles, L., Stepper, K., Zsolnay, A. 1990. The effect of lime on microbial activity in spruce (*Picea abies* L.) forest. *Biol. Fertil. Soils*, 9, 78-82.

Zicsi, A. 1958. Determination of number and size of sampling unit for estimating lumbricid populations of arable soils. In: *Progress in Soil Zoology*. Murphy, P.W., (ed.), Butterworth, London, 68-71 pp.

Аристовская, Т.В.1980. *Микробиология процессов почвообразования*. Ленинград. Наука, 187 с.

Атлавините, О. 1975. *Экология дождевых червей и их влияние на плодородие почвы в Литовской ССР*. Вильнюс, Мокслас, 202 с.

Атлавините, О. 1976. Lumbricidae. В кн.: *Фауна почвенных беспозвоночных морского побережья Прибалтики*. Вильнюс, Мокслас, 49-52 с

Атлавините, О. 1990. *Влияние дождевых червей на агроценозы*. Вильнюс, Мокслас, 179 с.

Эглитис. В.1954. *Фауна почв Латвийской ССР*. АН ЛССР. 261 с.

Гиляров. М.С. 1987. Учет крупных беспозвоночных (мезофауна). В кн.: *Количественные методы в почвенной зоологии*. Москва, Наука, 9-26 с.

Малевич, И.И.1950. *Собирание и изучение дождевых червей - почвообразователей*. Москва, Издательство Академии Наук, 40 с.

Перель, Т.С. 1979. *Распространение и закономерности распределение дождевых червей в фауне СССР*. Москва, Наука, 272 с.

Стриганова. Б.Р. 1980. *Питание почвенных сапрофагов*. Москва, Наука, 243 с.

Штернбергс, М. 1985. Воздействие выбросов цементного завода на дождевых червей (Lumbricidae) березняков-кисличников. В. Кн.: *Загрязнение природной среды кальцийсодержащей пылью*. Рига, Зинатне, 96-100 с.

Мелецис. В. 1985. Биоиндикационное значение коллембол (*Collembola*) при загрязнении почвы березняка-кисличника индустриальной кальцийсодержащей

пылю. В. Кн.: *Загрязнение природной среды кальцийсодержащей пылью*. Рига, Зинатне,

Interneta resursi un nepublicētie materiāli:

Earthworms of Hungary: <http://earthworms.elte.hu/Hungary/>, 23. jūlijs 2008.

International Code of Zoological Nomenclature: www.iczn.org, 01. jūnijs 2008.

Lunbricidae: <http://Zipcodezoo.com/Animals/L/Lumbricus>, 01. jūnijs 2008.

Werner, M.R. 1990. Earthworm ecology and sustaining agriculture: www.sarep.ucdavis.edu/worms/werner.htm, 23. jūlijs 2008.

Spuņģis, V., Ventiņš, J. 2003. Pļavu un lauksaimniecības zemju sugu un biotopu monitoringa materiāli.

PATEICĪBAS

Promocijas darba autors izsaka pateicību darba vadītājam prof. Dr. biol. Viesturam Melecim par veltīto laiku un sniegtajiem padomiem. Tāpat, autors izsaka pateicību prof. Dr. habil. geogr. Mārim Laiviņam par saņemto informāciju, sniegtajām konsultācijām un lielo praktisko palīdzību saistībā ar Jūrmalas un Saulkalnes parauglaukumu izvēli un aprakstiem; Dr. agr. Intai Gemstei un Dr. agr. A Vucānam par konsultācijām un kopīgo darbu Lauksaimniecības zemju pārraudzības monitoringā. Autors izsaka pateicību LU ĢZZF fakultātes dekānam prof. Dr. geogr. Oļģertam Nikodemus un Vides zinātnes nodaļas vadītājam prof. Dr. habil. ķīm. Mārim Kļaviņam un nodaļas darbinieku kolektīvam, fakultātes lietvedēm un citiem darbiniekiem par konsultācijām, sapratni un izrādīto atbalstu darba tapšanas laikā. Autors izsaka pateicību visiem, kuri piedalījās paraugu vākšanā un apstrādē – prof. Dr. biol. Voldemāram Spuņģim, Inetai Salmanei, Florianam Savičam, Ligitai Liepiņai, Dr. biol. Ainai Karpai, LU Bioloģijas institūta šoferim Jurim Voitānam; par palīdzību ķīmisko analīžu veikšanā – Dacei Purviņai, kartogrāfiskā materiāla veidošanā – Lindai Mangalei; konsultācijām darba noformēšanā – Inesei Silamiķelei; par konsultācijām meteoroloģijas jautājumos prof. Dr. geogr. Agritai Briedei; par konsultācijām saistībā ar augšņu klasifikāciju Raimondam Kasparinskim; par palīdzību darba noformēšanā un rediģēšanā dzīves biedrei Gundegai Ventiņai un Pāvilam Silniekam; krustmeitai Dagnei Ventiņai par slietu zīmējumiem, un daudziem citiem, kuri kaut kādā veidā bija iesaistīti darba tapšanā.

PIELIKUMS

1. pielikums. Komplekso pētījumu vietā Priekuļi 1 audzētie lauksaimniecības kultūraugi un veiktie agrotehniskie pasākumi

Agrotehniskie pasākumi	Novērojumu periods						
	1992.	1993.	1994.	1995.	1996.	1997.	1998.
Kultūraugi	Daudzgad. stiebrzāles	Ziemas rudzi	Kartupeļi	Ziemas kvieši	Mieži	Bastarda āboliņš	Kartupeļi
Organiskais mēslojums	-	50 t/ha	40 t/ha	40 t/ha	-	-	-
Salmi, laksti	Ieari	Ieari	Ieari	Ieari	Ieari	Ieari	Ieari
NPK mēslojums	55 kg/ha (tikai N)	665 kg/ha	370 kg/ha	440 kg/ha	200 kg/ha	-	500 kg/ha
Herbicīdi	-	Kampazans	Zenkors	Amīnsāls	MCPA	Stomps Baragrans	Zenkors Reglons
Fungicīdi	-	-	Ditans	-	-	-	Ditans Tatto
Desikanti	-	-	-	-	-	-	Reglons

2. pielikums. Komplekso pētījumu vietā Priekuļi 2 audzētie lauksaimniecības kultūraugi un veiktie agrotehniskie pasākumi

Agrotehniskie pasākumi	Novērojumu periods						
	1992.	1993.	1994.	1995.	1996.	1997.	1998.
Kultūraugi	Daudzgad. stiebrzāles	Ziemas rudzi	Kartupeļi	Ziemas kvieši	Mieži + āboliņš	Sarkanais āboliņš	Mieži + zirņi
Organiskais mēslojums	-	50 t/ha	40 t/ha	40 t/ha	-	-	-
Salmi, laksti	Ieari	Ieari	Ieari	Ieari	Ieari	Ieari	Ieari
NPK mēslojums	55 kg/ha (tikai N)	665 kg/ha	370 kg/ha	440 kg/ha	200 kg/ha	-	250 kg/ha
Herbicīdi	-	Kampazans	Zenkors	Amīnsāls	MCPA	-	Stomps, Baragrans
Fungicīdi	-	-	Ditans	-	-	-	-

3. pielikums. Komplekso pētījumu vietā Dobeles 1 un Dobeles 2 audzētie lauksaimniecības kultūraugi un veiktie agrotehniskie pasākumi

Agrotehniskie pasākumi	Novērojumu periods						
	1992.	1993.	1994.	1995.	1996.	1997.	1998.
Kultūraugi	Daudzgad. zāles	Ziemas kvieši	Ziemas kvieši	Mieži	Cukurbietes	Cukurbietes	Kvieši
Organiskais mēslojums	-	80 t/ha	-	-	-	-	-
Salmi, laksti	Ierti	Ierti	Ierti	Ierti	Ierti	Ierti	Ierti
NPK mēslojums	173 kg/ha	792 kg/ha	100 kg/ha	-	250 kg/ha	450 kg/ha	200 kg/ha
Herbicīdi	-	2,4 D amīna sāls	-	-	MCPA Bonils	Biešu herbicīdi	MCPA
Fungicīdi	-	Fundazols	-	-	-	-	-

4. pielikums. Mēneša vidējās temperatūras un nokrišņu daudzums. Rīgas, Dobeles un Priekuļu meteostaciju dati. 1 – Rīgas m-stac.; 2 – Dobeles m-stac.; 3 - Priekuļu m-stac.

1

Temp.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1992	1,0	0,5	3,1	4,7	13,5	18,4	19,4	18,5	13,5	3,9	1,5	0,9
1993	-0,2	-0,2	0,7	7,4	16,6	14,3	17,1	15,3	9,4	6,3	-3,7	-0,5
1994	-0,5	-8,1	0,0	8,5	10,8	14,1	21,2	17,9	13,7	5,9	2,1	-0,4
1995	-2,6	1,7	1,9	6,7	11,8	17,9	18,5	18,4	12,9	9,5	0,4	-5,4
1996	-6,1	-7,9	-1,2	7,7	12,7	15,1	16,6	20,2	10,9	8,4	4,5	-4,9
1997	-1,7	0,2	1,3	4,1	10,2	17,1	19,6	20,4	12,4	5,4	2,2	-3,4
1998	0,8	0,4	-0,1	7,7	12,7	16,8	16,7	15,1	12,9	7,1	-4,0	-2,6
Nokrišņi	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1992	62	54	44	57	40	36	52	48	92	80	85	44
1993	70	61	29	18	14	53	159	95	78	65	9	55
1994	51	20	54	56	45	63	7	76	81	61	62	51
1995	66	51	53	28	64	104	29	63	39	83	55	33
1996	37	51	14	24	73	42	72	6	21	96	62	61
1997	38	34	27	48	66	69	37	24	82	164	63	49
1998	22	45	16	16	41	60	106	100	27	65	15	41

Temp.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1992	0,6	0,4	2,3	4,5	12,3	16,4	18,1	17,7	12,7	3,4	1,6	0,5
1993	-0,5	-1,2	-0,1	6,5	15,0	13,5	16,2	14,6	8,6	5,8	-4,5	-0,8
1994	-0,7	-9,4	-0,4	7,9	10,1	13,7	20,1	17,2	12,9	5,4	1,9	-0,4
1995	-3,3	1,6	1,6	6,0	10,8	16,9	17,1	17,1	12,0	9,1	0,0	-5,8
1996	-7,5	-9,6	-4,1	6,0	11,9	14,3	15,3	18,1	9,9	8,1	4,0	-5,2
1997	-2,2	0,5	0,8	3,4	10,2	16,1	18,3	19,4	12,0	5,6	1,9	-4,0
1998	0,6	0,8	-0,9	7,3	12,4	15,6	15,9	14,6	12,0	6,5	-4,4	3,1
Nokrišņi	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1992	52	43	40	58	22	53	29	32	92	31	54	27
1993	54	37	33	26	16	57	92	98	70	54	9	61
1994	56	21	45	48	53	47	2	73	54	66	49	49
1995	52	35	55	35	78	126	51	82	60	37	29	21
1996	39	32	10	19	69	85	85	8	53	76	66	28
1997	19	25	20	70	60	86	38	6	73	80	49	56
1998	46	41	34	28	65	73	145	96	34	90	13	39

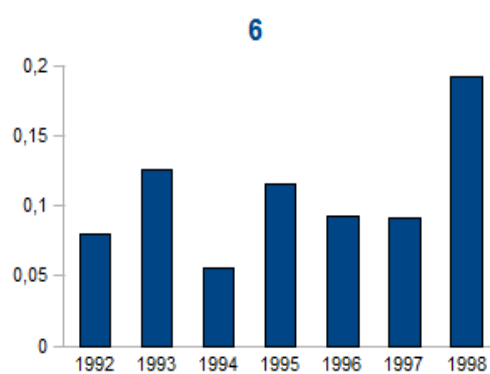
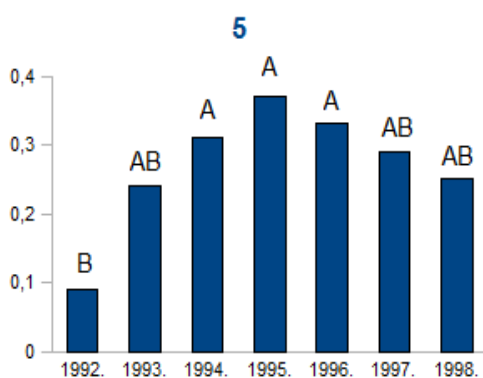
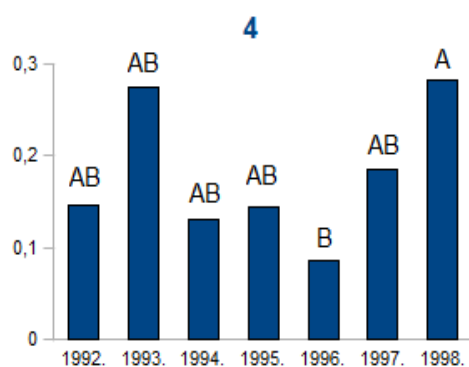
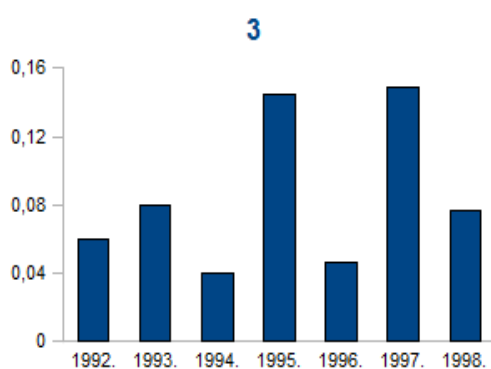
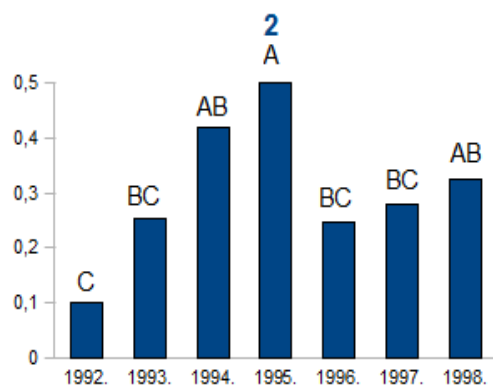
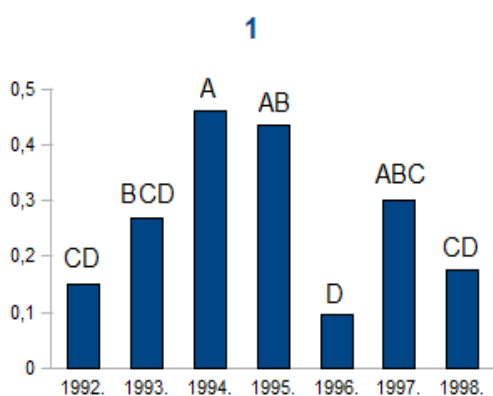
2

3

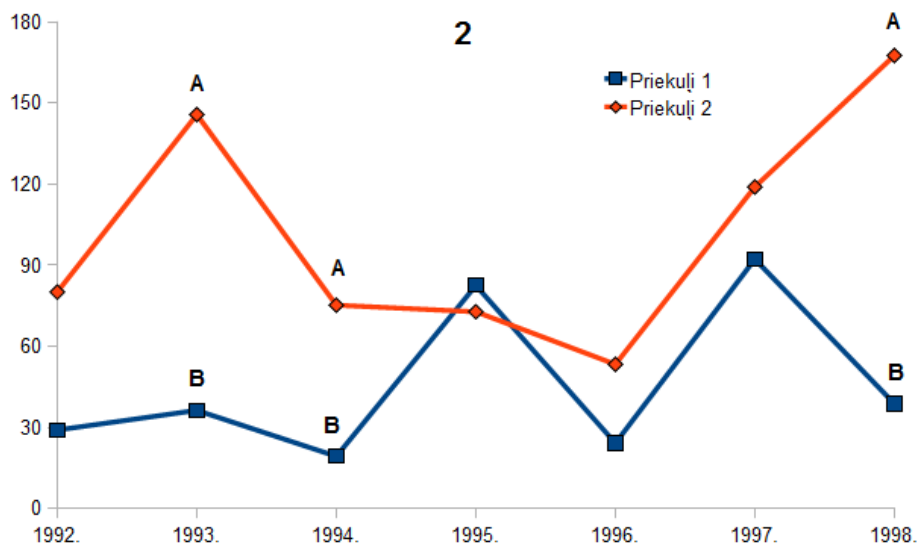
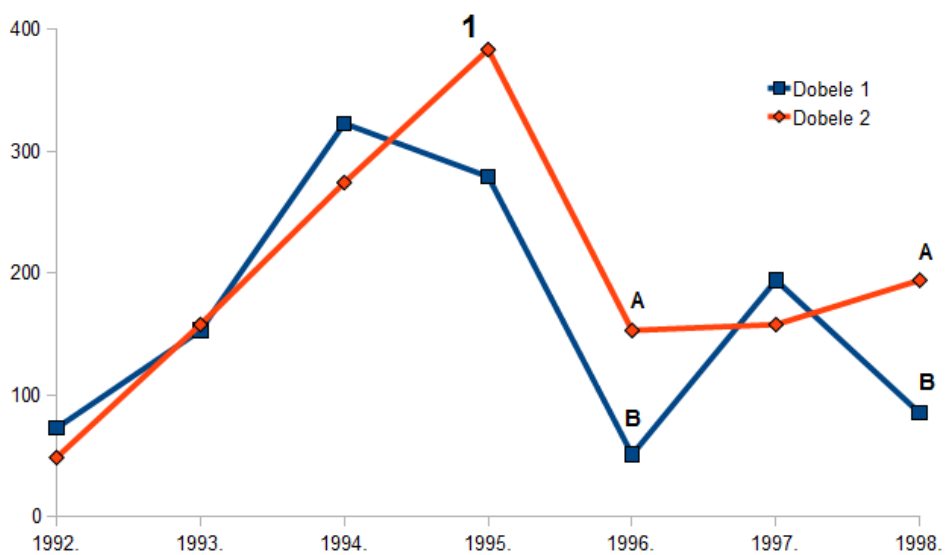
Temp.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1992	-1,0	-1,4	2,0	3,6	12,0	16,2	17,7	17,3	12,4	6,7	-0,7	0,5
1993	-1,7	-2,0	-3,2	6,1	15,1	12,6	15,8	14,1	7,0	4,8	5,2	1,6
1994	2,2	-10,4	-1,5	7,5	9,7	12,8	19,3	16,3	12,6	5,0	0,5	1,8
1995	-4,0	0,6	0,9	5,3	10,8	17,6	16,6	16,2	11,4	8,4	-1,4	-6,8
1996	-7,6	-9,7	-2,7	6,1	13,8	14,0	14,7	18,1	9,3	7,4	3,7	-6,2
1997	-3,8	-1,3	-0,3	2,9	9,1	16,0	18,2	19,0	10,8	4,5	1,0	-4,3
1998	-0,6	-1,6	-1,8	7,0	12,4	15,8	15,8	14,2	11,4	6,0	-5,3	-3,8
Nokrišņi	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1992	90	40	39	53	46	13	49	50	72	45	57	27
1993	91	36	43	29	20	67	195	90	76	66	10	54
1994	44	12	75	50	57	99	5	79	64	71	94	55
1995	63	71	63	44	94	113	46	63	44	85	20	35
1996	33	39	9	29	58	71	85	11	46	71	84	32
1997	27	58	14	53	109	92	56	6	81	130	64	35
1998	53	51	21	39	121	104	101	92	57	108	8	60

5. pielikums. Slietu blīvuma svārstības pa gadiem komplekso pētījumu parauglaukumos. Būtiski atšķirīgās blīvumu vērtības atzīmētas ar burtiem A, B, C, D ($\alpha = 0,05$)

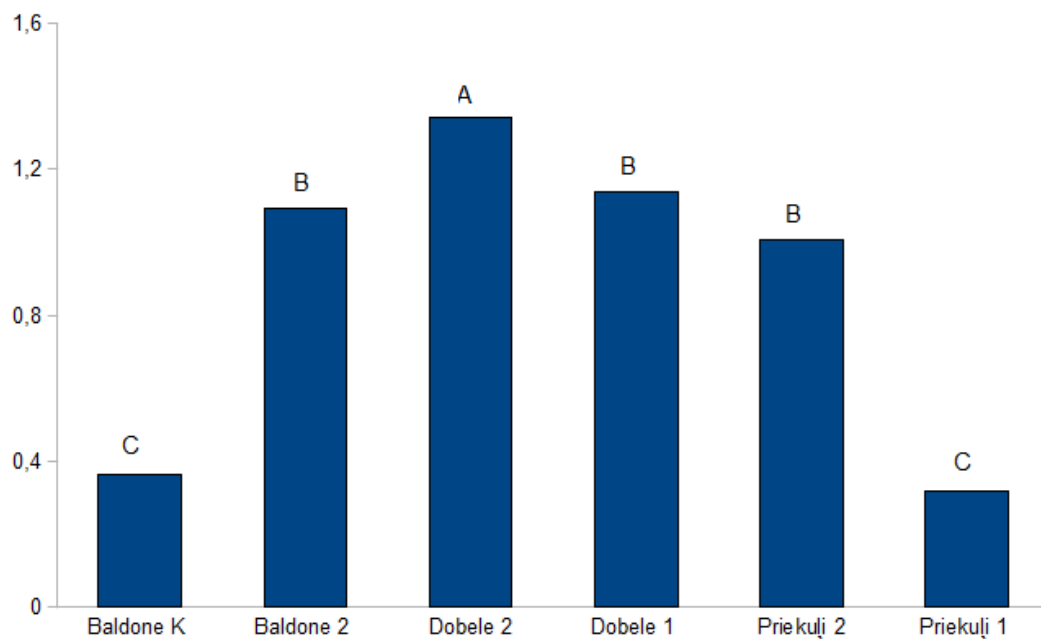
1 – Dobeles augša; 2 – Dobeles apakša; 3 – Priekuļi augša; 4 – Priekuļi apakša; 5 – Baldone apakša; 6 – Baldone kūdra;



6. pielikums. Slietu kopējā blīvuma kvadrātmetrā svārstības Dobeles (1) un Priekuļu (2) parauglaukumos periodā no 1992.-1998. gadam. Būtiski atšķirīgās blīvumu vērtības parauglaukumu starpā atzīmētas ar burtiem A un B ($\alpha = 0,05$)

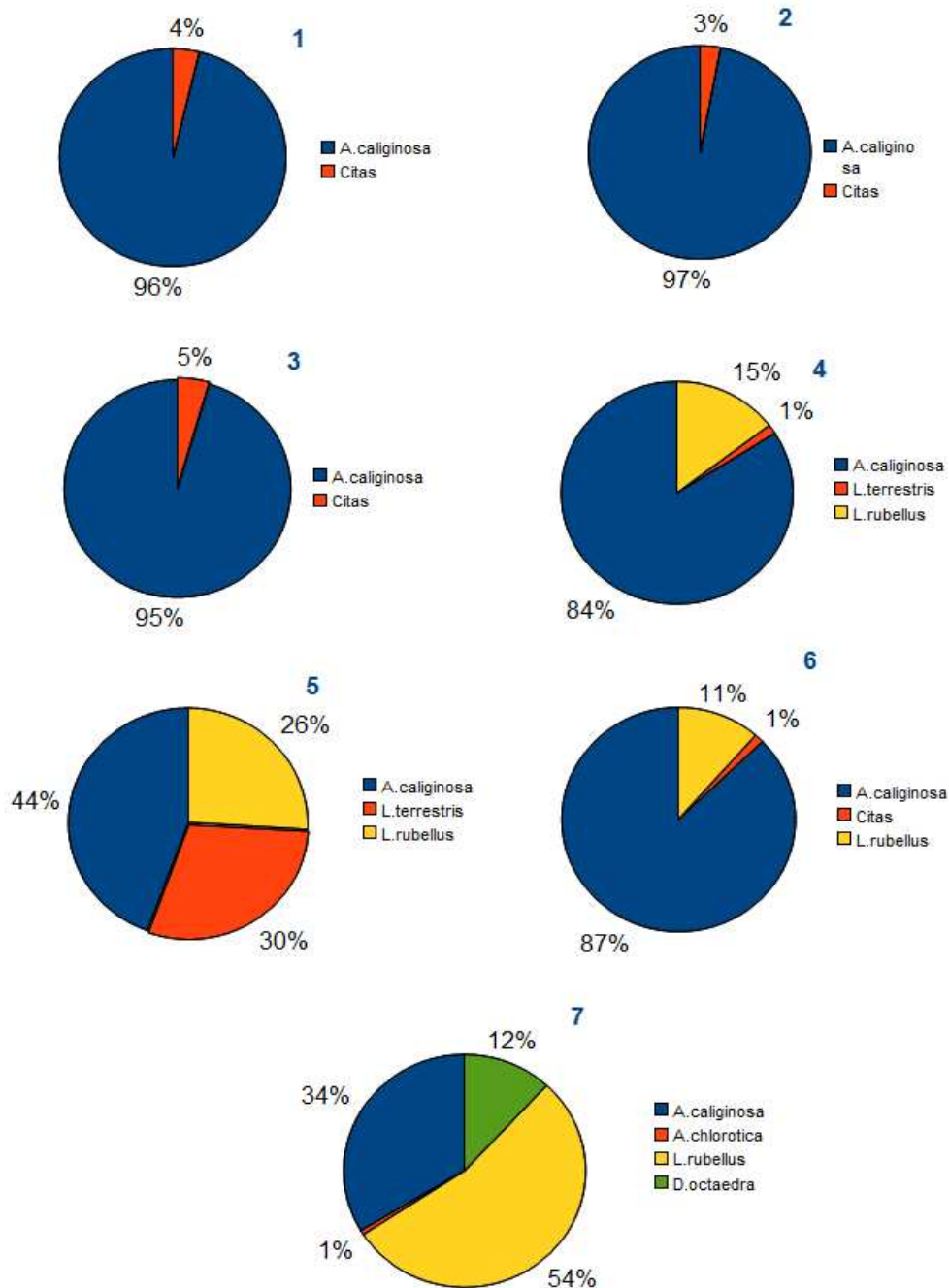


7.pielikums. Visu sezonu summētais vidējais slieku blīvums vienā paraugā komplekso pētījumu parauglaukumos. Būtiski atšķirīgās blīvumu vērtības parauglaukumu starpā atzīmētas ar burtiem A, B un C ($\alpha = 0,05$)



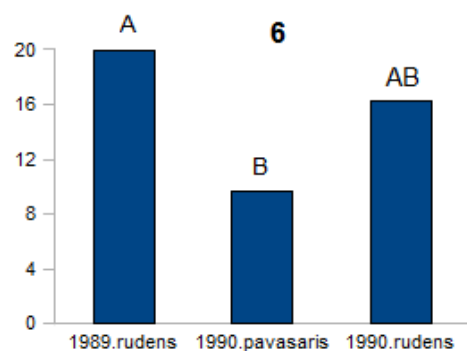
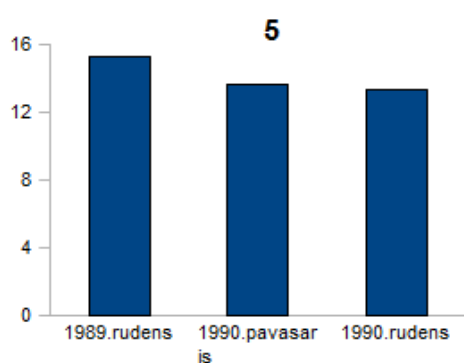
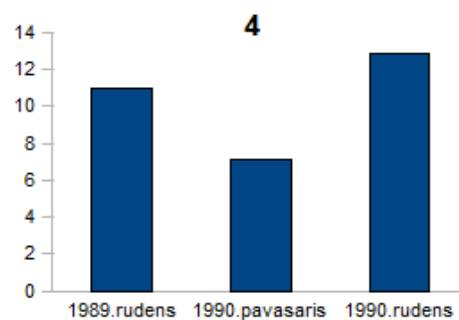
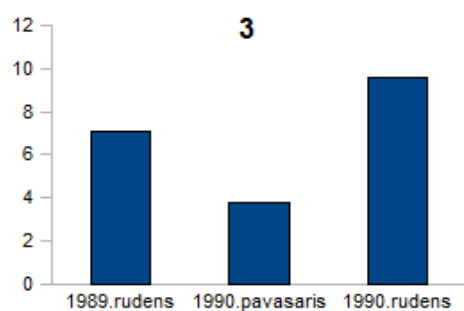
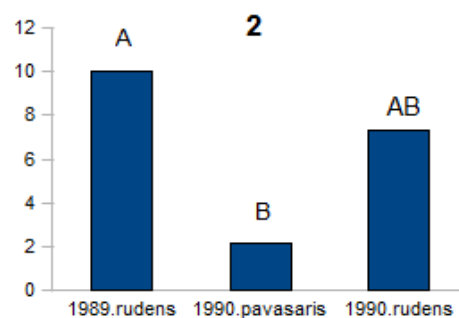
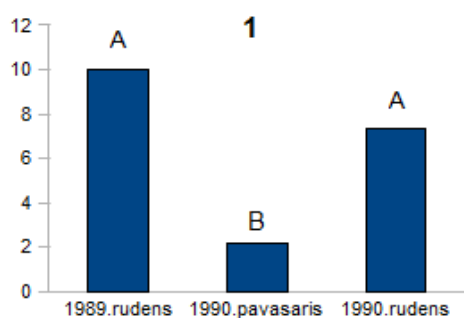
8.pielikums. Slietu sugu relatīvais blīvums Lauksaimniecības zemju monitoringa parauglaukumos

1 – Dobeles augša; 2 – Dobeles apakša; 3 – Priekuļi augša; 4 – Priekuļi apakša; 5 – Baldone augša; 6 – Baldone apakša; 7 – Baldone kūdra



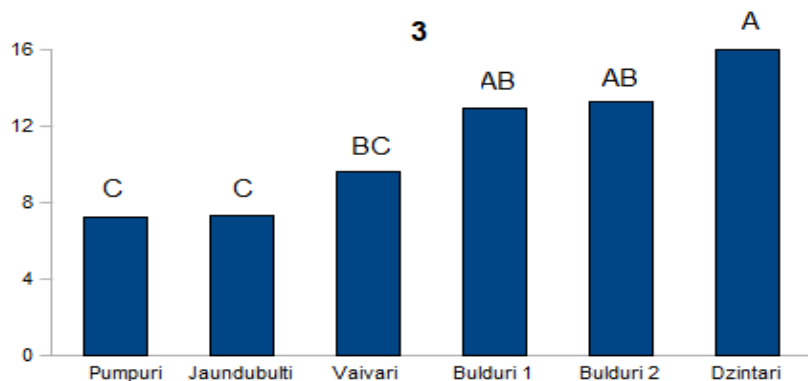
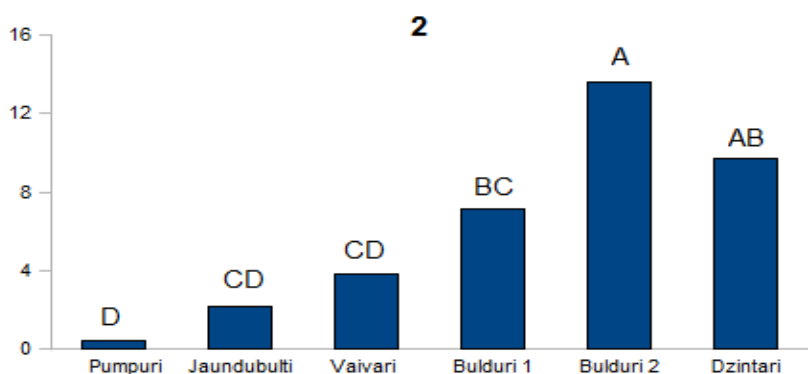
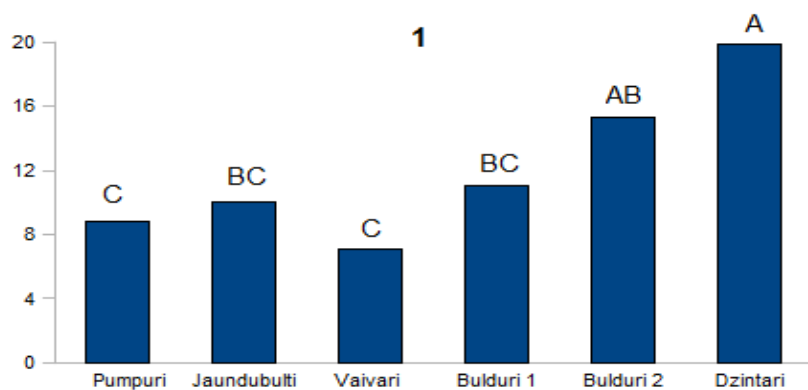
9.pielikums. Vidējais slieku blīvums dažādās sezonās vienā paraugā Jūrmalas parauglaukumos. Būtiski atšķirīgās blīvumu vērtības parauglaukumu starpā atzīmētas ar burtiem A un B ($\alpha = 0,05$)

1 - Pumpuri; 2 - Jaundubulti; 3 - Vaivari; 4 – Bulduri 1; 5 – Bulduri 2; 6 - Dzintari

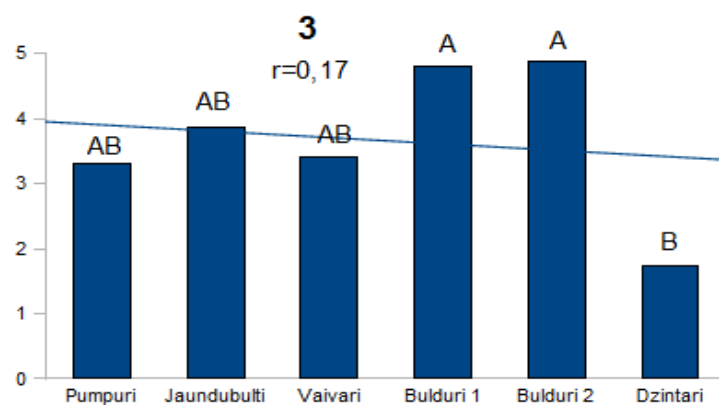
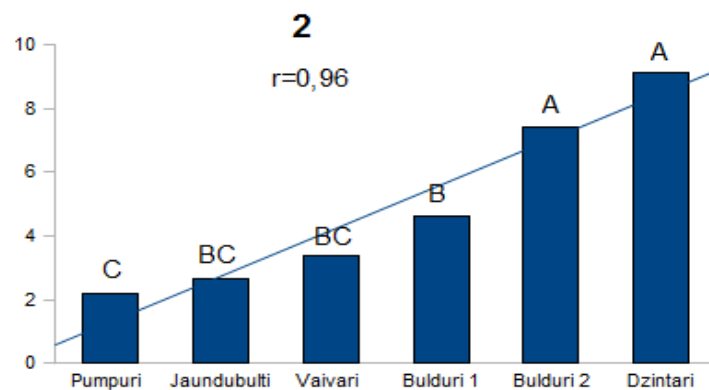
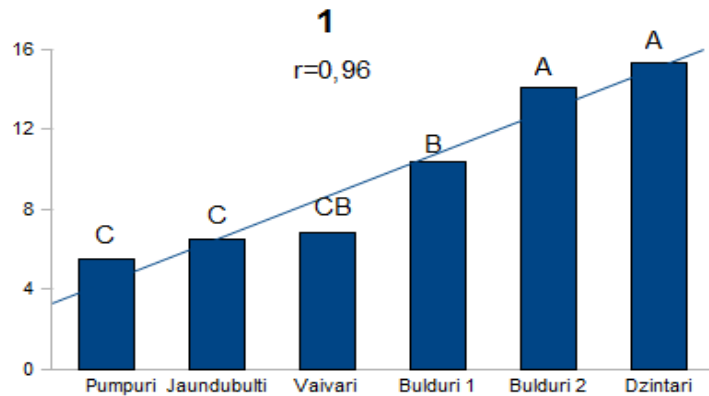


10.pielikums. Vidējais slieku blīvums vienā paraugā atsevišķās sezonās Jūrmalas parauglaukumos. Būtiski atšķirīgās blīvumu vērtības parauglaukumu starpā atzīmētas ar burtiem A, B un C ($\alpha = 0,05$)

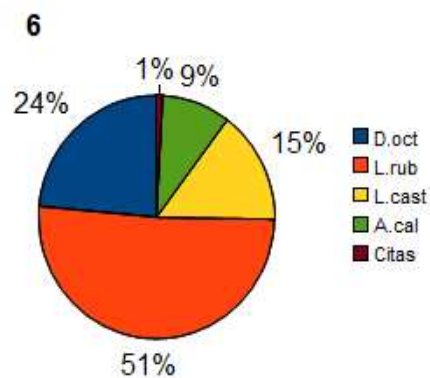
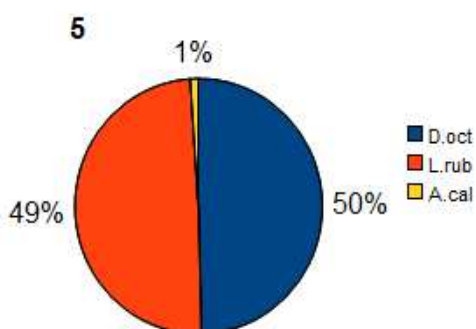
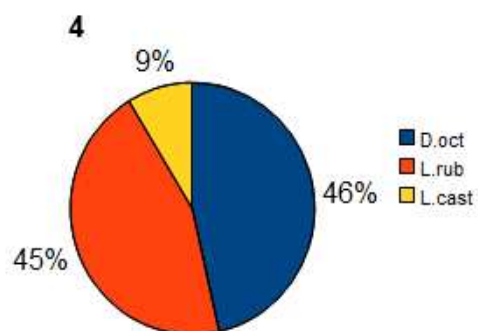
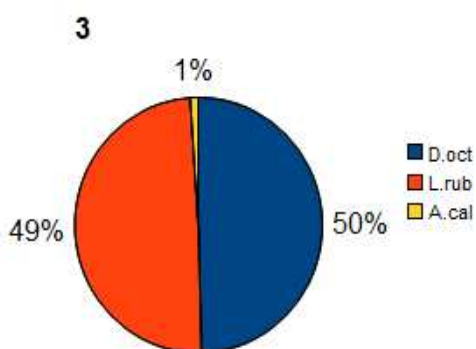
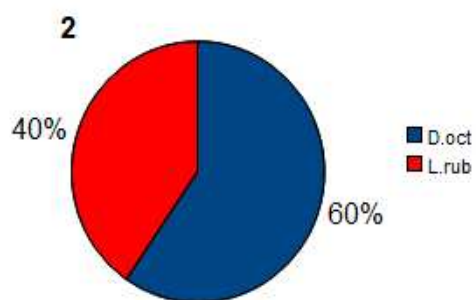
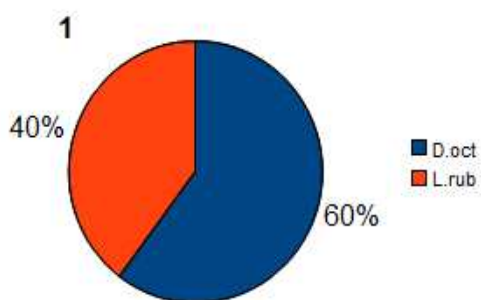
1 – 1989.g. rudens; 2 – 1990.g. rudens; 3 - 1990.g. rudens



**11.pielikums. Visu sezonu summētais vidējais slieku blīvums vienā paraugā Jūrmalas parauglaukumos. Būtiski atšķirīgās blīvumu vērtības parauglaukumu starpā atzīmētas ar burtiem A, B un C ($\alpha = 0,05$)
 1 – kopējais blīvums, 2 – *L.rubellus*, 3 – *D.octaedra***

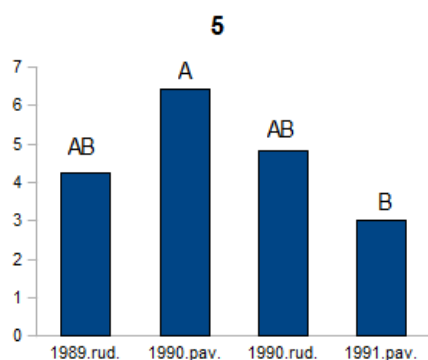
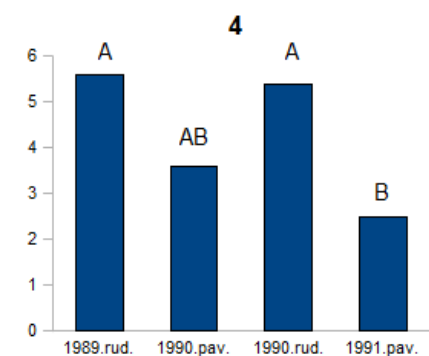
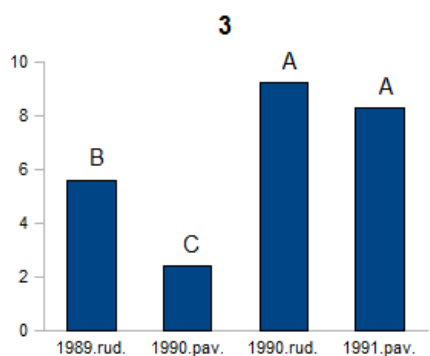
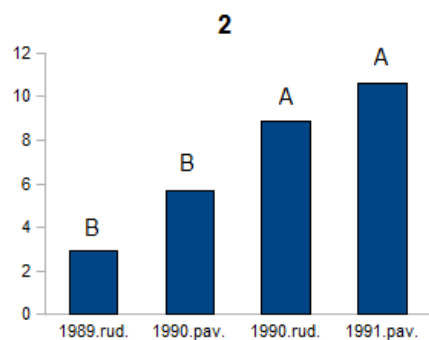
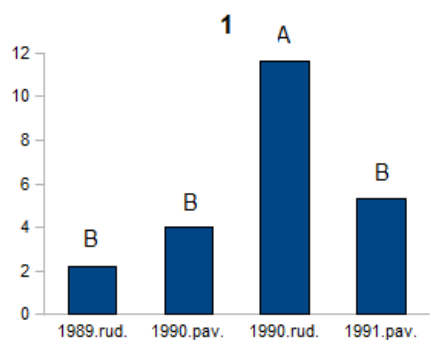


**12.pielikums. Slieku sugu relatīvais blīvums Jūrmalas parauglaukumos
 1 - Pumpuri; 2 - Jaundubulti; 3 - Vaivari; 4 – Bulduri 1; 5 – Bulduri 2; 6 -
 Dzintari**



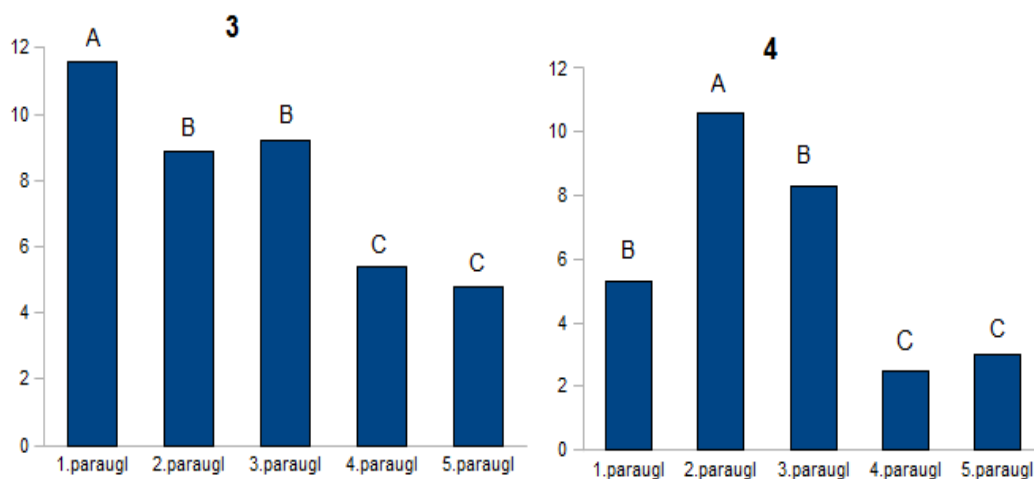
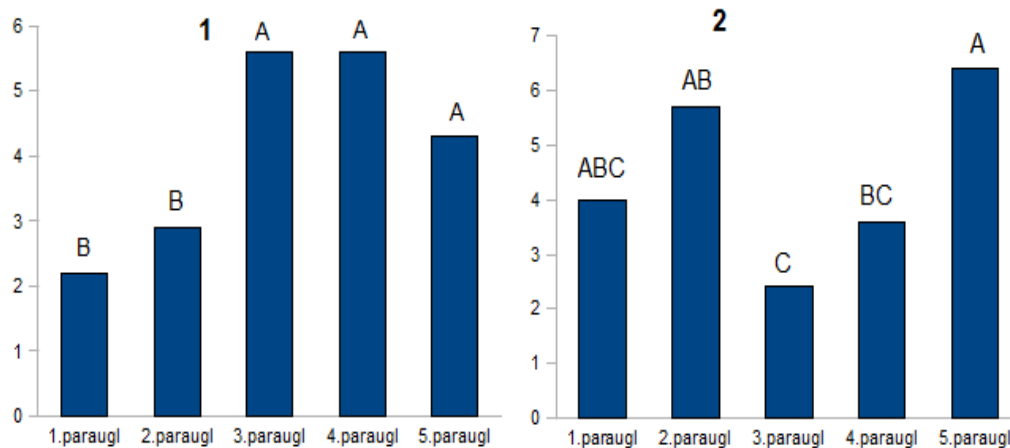
13.pielikums. Vidējais slieku blīvums dažādās sezonās vienā paraugā Saulkalnes transekta parauglaukumos. Būtiski atšķirīgās blīvumu vērtības parauglaukumu starpā atzīmētas ar burtiem A, B un C ($\alpha = 0,05$)

1 – Saulkalne 1; 2 – Saulkalne 2; 3 – Saulkalne 3; 4 – Saulkalne 4; 5 – Saulkalne 5

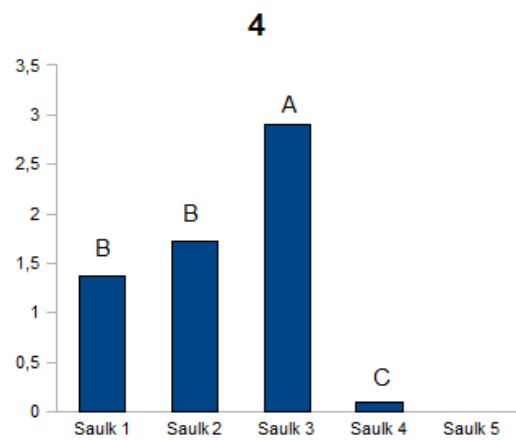
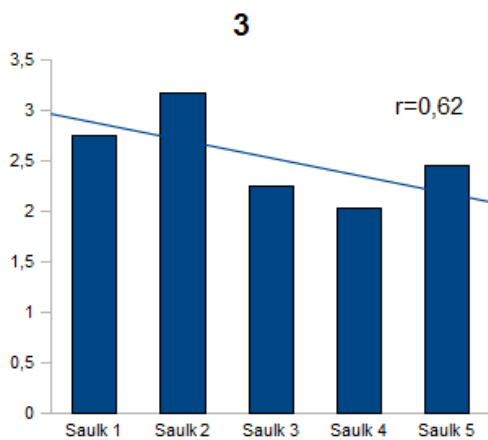
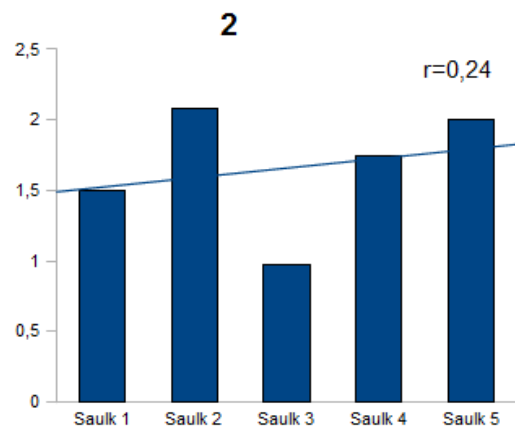
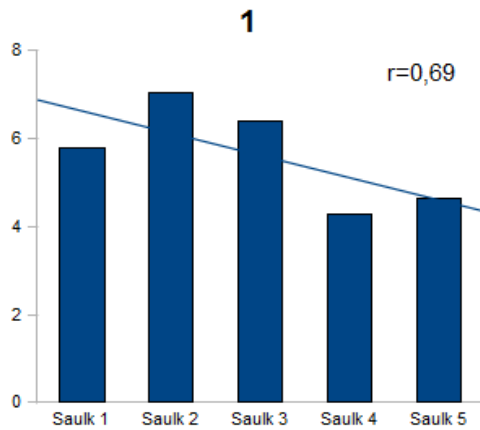


14.pielikums. Vidējais slieku blīvums vienā paraugā atsevišķās sezonās Saulkalnes transekta parauglaukumos. Būtiski atšķirīgās blīvumu vērtības parauglaukumu starpā atzīmētas ar burtiem A, B un C ($\alpha = 0,05$)

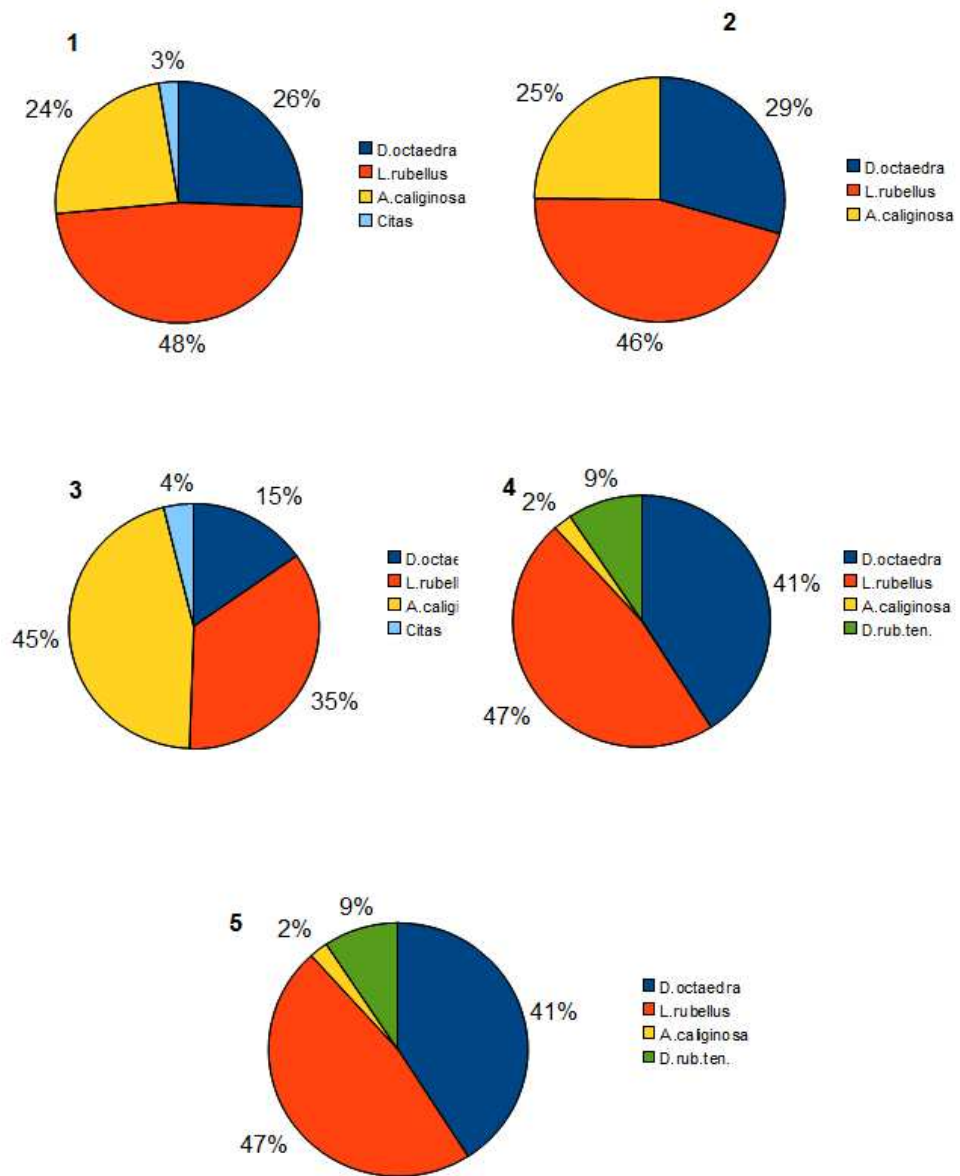
1 – 1989.g. rudens; 2 – 1990.g. rudens; 3 - 1990.g. rudens; 4 – 1991. pavasaris



15.pielikums. Visu sezonu summētais vidējais slieku blīvums vienā paraugā Saulkalnes transekta parauglaukumos. Būtiski atšķirīgās blīvumu vērtības parauglaukumu starpā atzīmētas ar burtiem A, B un C ($\alpha = 0,05$)
1 – kopējais blīvums, 2 – *L.rubellus*, 3 – *D.octaedra*, 4 – *A.caliginosa*



**16.pielikums. Slietu sugu relatīvais blīvums Saulkalnes transekta parauglaukumos
1 – Saulkalne 1; 2 – Saulkalne 2; 3 – Saulkalne 3; 4 – Saulkalne 4; 5 – Saulkalne 5**



17. pielikums. Iespējamā priežu mežu eitrofikācijas norise un slieku nozīme dažādu eitrofikācijas pakāpju bioindikācijā

