

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

**SLIEKU (OLIGOCHAETA, LUMBRICIDAE) CENOŽU  
IZMAIŅAS UZ ANTROPOĢĒNO 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:** Lumbricidae, augsnes apstrāde, augsnes īpašības, eitrofikācija, bioindikācija

## ANNOTATION

The aim of the study was a bioindicative assessment of soil ecosystem condition based on the earthworm (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 react 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 properties, soil eutrophication, bioindication

# SATURS

<b>IEVADS</b> .....	<b>6</b>
<b>1. SLIEKU VISPĀRĒJS RAKSTUROJUMS</b> .....	<b>12</b>
<b>1.1. SLIEKU TAKSONOMISKĀ STRUKTŪRA</b> .....	<b>12</b>
<b>1.2. SLIEKU ĀRĒJĀ UN IEKŠĒJĀ UZBŪVE</b> .....	<b>14</b>
<b>1.3. SLIEKU DZIMUMSISTĒMA, VAIROŠANĀS UN ATTĪSTĪBA</b> .....	<b>17</b>
<b>1.4. SLIEKU MORFOEKOĻISKAIS IEDALĪJUMS</b> .....	<b>18</b>
<b>2. VIDES FAKTORU IETEKME UZ SLIEKĀM</b> .....	<b>20</b>
<b>2.1. DABISKIE FAKTORI</b> .....	<b>20</b>
2.1.1. <i>Augsnes faktors</i> .....	20
2.1.2. <i>Koprolīti</i> .....	28
<b>2.2. ANTROPOGĒNIE FAKTORI</b> .....	<b>30</b>
2.2.1. <i>Augsnes mehānisko apstrādes metožu ietekme uz slieku populāciju</i> .....	30
2.2.2. <i>Pesticīdu ietekme uz sliekām</i> .....	34
2.2.3. <i>Augsnes mēslošanas ietekme uz slieku populācijām</i> .....	36
<b>2.3. SLIEKU UN MIKROORGANISMU SAVSTARPĒJĀ MIJATTIECĪBA</b> .....	<b>38</b>
<b>2.4. AUGU KULTŪRU IETEKME UZ SLIEKU POPULĀCIJĀM</b> .....	<b>41</b>
<b>2.5. SLIEKU POZITĪVĀ IETEKME UZ AUGU AUGŠANU UN RAŽU</b> .....	<b>43</b>
<b>2.6. SLIEKU NOZĪME AUGU UN DZĪVNIĒKU PATOGĒNU IZPLATĪBĀ</b> .....	<b>44</b>
<b>2.7. SLIEKAS KĀ BARĪBAS OBJEKTS CITIEM DZĪVNIĒKIEM</b> .....	<b>45</b>
<b>2.8. SLIEKU SUGU CENOZES</b> .....	<b>47</b>
<b>2.9. SLIEKAS KĀ VIDES STĀVOKĻA BIOINDIKĀTORI</b> .....	<b>48</b>
<b>2.10. SLIEKU CENOŽU IZPĒTES METODES</b> .....	<b>49</b>
2.10.1. <i>Augsnes paraugu ievākšana slieku izpētei</i> .....	50
2.10.2. <i>Augsnes paraugu izšķirošana ar rokām</i> .....	51
2.10.3. <i>Uz slieku kairināmību un bēgšanas reakciju balstītās metodes</i> .....	52
2.10.4. <i>Slieku paraugu fiksācija uzglabāšanai</i> .....	53
<b>3. SLIEKU SUGAS LAUKSAIMNIECĪBAS UN MEŽA ZEMĒS</b> .....	<b>54</b>
<b>3.1. SLIEKU SUGAS LAUKSAIMNIECĪBAS ZEMĒS</b> .....	<b>54</b>
<b>3.2. SLIEKU SUGAS LAUKSAIMNIECĪBAS ZEMĒS LATVIJĀ</b> .....	<b>55</b>
<b>3.3. SLIEKU SUGAS MEŽA ZEMĒS</b> .....	<b>57</b>
<b>3.4. SLIEKU SUGAS MEŽA ZEMĒS LATVIJĀ</b> .....	<b>59</b>
<b>3.5. SKUJU KOKU MEŽU KAĻĶOŠANAS UN PIESĀRŅOJUMA IZRAISĪTĀS IZMAIŅAS</b> .....	<b>62</b>
<b>3.6. PRIEŽU MEŽU EITROFIKĀCIJA UN TRANSFORMĀCIJA</b> .....	<b>65</b>
<b>3.7. SLIEKU NOZĪME AUGSNES VEIDOŠANĀ TRANSFORMĒTAJĀS MEŽU PLATĪBĀS</b> .....	<b>67</b>
<b>3.8. LATVIJAS SLIEKU SUGU EKOĻISKAIS RAKSTUROJUMS</b> .....	<b>69</b>
<b>4. PĒTIJUMA MATERIĀLS UN METODES</b> .....	<b>75</b>
<b>4.1. LIETOTĀS PĒTIJUMU METODES LAUKSAIMNIECĪBĀ IZMANTOJAMĀS ZEMES PĀRRAUDZĪBAS SISTĒMAS IETVAROS</b> .....	<b>75</b>
4.1.1. <i>Lauksaimniecībā izmantojamās zemes pārraudzības sistēmas parauglaukumu raksturojums</i> .....	76
4.1.2. <i>Paraugu ievākšana un rezultātu apstrāde lauksaimniecībā izmantojamās zemes pārraudzības sistēmas parauglaukumos</i> .....	83
<b>4.2. LIETOTĀS PĒTIJUMU METODES ATMOSFĒRAS PIESĀRŅOJUMA UN REKREĀCIJAS IETEKMES IZPĒTEI UZ SLIEKU CENOŽĒM OLIGOTROFO PRIEŽU MEŽU AUGSNĒS</b> .....	<b>85</b>
4.2.1. <i>Parauglaukumu izvēles principi Jūrmalas un Saulkalnes priežu mežu masīvos</i> .....	85
4.2.2. <i>Jūrmalas mežu parauglaukumu raksturojums</i> .....	85
4.2.3. <i>Saulkalnes mežu parauglaukumu raksturojums</i> .....	89
4.2.4. <i>Paraugu ievākšana un rezultātu apstrāde Jūrmalas un Saulkalnes mežu parauglaukumos</i> ..	96

<b>5. REZULTĀTI UN DISKUSIJA .....</b>	<b>98</b>
<b>5.1. LAUKSAIMNIECISKĀS DARBĪBAS IETEKME UZ SLIEKU SUGU CENOZĒM .....</b>	<b>98</b>
5.1.1. Komplekso novērojumu vieta Priekuļos .....	98
5.1.2. Komplekso novērojumu vieta Dobelē .....	105
5.1.3. Komplekso novērojumu vieta Baldonē .....	108
5.1.4. Komplekso novērojumu vieta Baldone K .....	110
5.1.5. Slieku vidējā blīvuma un sadalījuma atšķirības parauglaukumos .....	112
5.1.6. Slieku cenožu reakcija uz faktoru kompleksu .....	113
5.1.7. Nodaļas par lauksaimnieciskās darbības ietekmi uz slieku cenozēm kopsavilkums .....	115
<b>5.2. SLIEKU SUGU CENOŽU IZMAIŅAS JŪRMALAS MEŽA AUGŠŅU TRANSFORMĀCIJAS REZULTĀTĀ .....</b>	<b>117</b>
5.2.1. Jūrmalas parauglaukumos konstatētās slieku sugas .....	117
5.2.2. Kopējais slieku blīvums Jūrmalas parauglaukumos .....	118
5.2.3. Konstatēto slieku sugu blīvums un dominances struktūra Jūrmalas parauglaukumos .....	124
5.2.4. Slieku cenožu izmaiņas Jūrmalas parauglaukumos .....	127
<b>5.3. SLIEKU CENOŽU IZMAIŅAS INDUSTRIĀLĀ PIESĀRŅOJUMA IETEKMĒ PRIEŽU MEŽOS PIE SAULKALNES .....</b>	<b>129</b>
5.3.1. Saulkalnes parauglaukumos konstatētās slieku sugas .....	129
5.3.2. Kopējais slieku blīvums Saulkalnes parauglaukumos .....	130
5.3.3. Konstatēto slieku sugu blīvuma dinamika Saulkalnes parauglaukumos .....	134
5.3.4. Saulkalnes rūpniecisko uzņēmumu emitētā piesārņojuma ietekme uz slieku populācijām .....	136
5.3.5. Slieku sugu cenožu un dominances struktūras izmaiņas Saulkalnes parauglaukumos .....	137
<b>5.4. SLIEKU IESPĒJAMĀ IETEKME UZ AUGSNES EITROFIKĀCIJAS PROCESIEM JŪRMALAS UN SAULKALNES TRANSEKTA MEŽOS .....</b>	<b>138</b>
<b>5.5. SLIEKU NOZĪME PRIEŽU MEŽU EITROFIKĀCIJAS PROCESU BIOINDIKĀCIJĀ .....</b>	<b>141</b>
<b>SECINĀJUMI .....</b>	<b>143</b>
<b>IZMANTOTĀ LITERATŪRA .....</b>	<b>145</b>

## 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. Slieku lielo nozīmi šajos procesos uzsvēra jau Č.Darvins (Darwin, 1881). 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 and Bolger, 2000). Sliekas bieži tiek dēvētas par „ekosistēmu 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 bioindikators, 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 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 un izvērtēt slieku bioindikātīvo nozīmi.

**Darba uzdevumi:**

- Noskaidrot slieku sugu cenožu struktūras īpatnības izplatītākajās lauksaimniecības augsnēs;
- Noskaidrot agrotehnisko pasākumu, meteoroloģisko faktoru un to mijiedarbības ietekmi uz slieku sugu sastāvu un skaita dinamiku lauksaimniecības zemēs;
- 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 bioindikatīvā nozīme augsnes eitrofikācijas procesu novērtēšanā. Izpētīta agrotehnisko pasākumu un meteoroloģisko faktoru specifiskā mijiedarbība uz slieku kopskaitu un sugu struktūru dažādos lauksaimniecības augšņu paveidos.

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

Iegūti jauni dati par kalciju saturošā industriālā piesārņojuma ietekmi uz slieku kopskaita un sugu struktūras izmaiņām skabās mežu augsnēs. Formulēta hipotēze par sliekām 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 slieku sugu cenozes, kas raksturīgas mežiem dažādās eitrofikācijas pakāpēs un tīrumiem ar dažādu apstrādes intensitāti.

Pētījumu laikā pirmo reizi Latvijā konstatēta slieku suga *Aporectodea limicola*.

## **Promocijas rezultātu aprobācija**

Darba rezultāti apkopoti 1 monogrāfijā, 5 zinātniskajās publikācijās un apspriesti 5 starptautiskās un vairākās vietējās konferencēs.

Pētījumu rezultāti izmantoti akadēmiskajos bakalaura studijuursos Latvijas Universitātes Ģeogrāfijas un Zemes zinātņu fakultātē, kā arī vadot vairākus bakalaura un maģistra darbus.

## **Promocijas darba galvenie rezultāti publicēti:**

### **Monogrāfija**

Gemste I., Smilga H., Ventiņš J. 2009. *Notekūdeņu dūņas un augsne*. Jelgava; LLU Ūdenssaimniecības un zemes zinātniskais institūts, 272 lpp.

### **Zinātniskās publikācijas**

Ventiņš, J. 1991. Latvijas meža augšņu lumbricīdu fauna. *Jaunākais Mežsaimniecībā*. 33. 105-109

Ventiņš J. 1994. Earthworms (Lumbricidae) and some other groups of soil mesofauna as bioindicators of eutrophication of dune soils in Jurmala. In: Proc. of Int. Conf. "Coastal Conservation and Management in the Baltic Region", Klaipeda (Lithuania), May 2-8.

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

Vucāns A., Gemste I., Līvmanis J., Ventiņš J., Ivbulis P. 2000. Slietu izplatība lauksaimniecībā izmantojamo platību augsnēs. *LLU Raksti*, 6, 22-29

Ventiņš J. 2011. Formation of earthworm (Oligochaeta, Lumbricidae) communities in the most common soil types under intensive agricultural practice in Latvia. *Proceedings of the Latvian Academy of Sciences*. B. (Pieņemts publicēšanai)

## **Par promocijas darba rezultātiem ziņots starptautiskās konferencēs:**

Ventiņš J. 1995. Earthworms (Lumbricidae) as bioindicators of eutrophication of oligotrophic pine forest soils in Latvia. In: Proc. of 8th International Bioindicators Symposium, Ceske Budejovice.

Ventiņš J., Gemste I., Vucāns A. 1999. Population dynamic of the earthworms (Lumbricidae) in different agricultural soils in Latvia. In: Proc. of International conference "Biodiversity of Terrestrial and Soil invertebrates in the North", Syktyvkar, Russia.

Ventins J. 2009. The main factors affecting earthworm (Lumbricidae) community in most common types of agricultural soils in Latvia. In: Proc. of 12<sup>th</sup> Nordic Soil Zoology Symposium and PhD Course. Tartu, Estonia, August 28-31, 2009, pp. 111-113.

Ventins J. 2010. Earthworm population dynamics under the impact of agricultural practices and meteorological factors in the most common soil types in Latvia. The 9<sup>th</sup> International Symposium on Earthworm Ecology 5<sup>th</sup> to 10<sup>th</sup> September 2010, Xalapa, Mexico. Book of Abstracts, p. 118

## 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 – Dr. geogr. Inetai Grīnei un Lindai Mangalei; konsultācijām darba noformēšanā – Inesei Silamiķelei; par palīdzību dokumentu formēšanā prof. Dr. biol. Guntai Sprinģei; par konsultācijām meteoroloģijas jautājumos prof. Dr. geogr. Agritai Briedei; par konsultācijām saistībā ar augšņu klasifikāciju Raimondam Kasparinskim; par palīdzību darba noformēšanā un rediģēšanā mammai Elgai Ventiņai, dzīves biedrei Gundegai Ventiņai un Pāvilam Silniekam; krustmeitai Dagnei Ventiņai par slietu zīmējumiem, kā arī visiem tiem, kuri kaut kādā veidā bija iesaistīti darba tapšanā.

Promocijas darbs izstrādāts Latvijas Universitātes Ģeografijas un Zemes zinātņu fakultātes Vides zinātnes nodaļā. Darba izstrādāšanai saņemts Eiropas Sociālā fonda projekta „Doktorantu un jauno zinātnieku pētniecības atbalsts Latvijas Universitātē” atbalsts.



# 1. SLIEKU VISPĀRĒJS 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, daudzсарu тārpu Polichaeta klasi un vairākas nelielas тārpu grupas ar neskaidru sistemātisko statusu. Tipam pieder apmēram 15000 sugas. Mazzartārpu klasē ietilpst 3 kārtas ar vairāk kā 6000 sugām: saldūdens тārpi 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 тās мēdz дēvēт arī par *megadriles*, kas gan nav taksonomisks termins (Sims and Gerard, 1985). Sliekas ir tipiskas augšnes apdzīvotājas. Тās arī ir sastopamas atmirušu augu atlieku uzkrāšanās vietās, piemēram, komposta un мēslu kaudzēs, zem mizas trūdošā koksнē un тamlīdzīgos substrātos. Salīdzinoši nedaudz sugām dzīves vide ir pārmitras augšnes vai ūdenstilpnes (Lee, 1985).

Lumbricidae dzimtā 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. Mūsdienās tiek izmantoti salīdzinoši vienkāršie un ērtie V.Popa izstrādātie slieku taksonomijas principi (Pop, 1941), kam pamatā ir slieku ārējās morfoloģiskās pazīmes. Tomēr šāda pieeja tiek uzskatīta par novecojušu un neatbilstošu jaunākajiem filoģenētiskajiem pētījumiem.

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

1.1. tabula

R.V.Simsa (Sims, 1983; Sims and Gerard, 1985) un Starptautiskās Zooloģiskās nomenklatūras komisijas ICZN ([www.iczn.org](http://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	-
Class	Oligochaeta	Class	Clitellata/Oligochaeta
Order	Haplotaxida	Order	Haplotaxida
Suborder	Lumbricina	Suborder	Lumbricina
Superfamily	Lumbricoidea	Superfamily	Lumbricoidea
Family	Lumbricidae	Family	Lumbricidae
Subfamily	Lumbricinae	Subfamily	-

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

*Dendrodrilus* Omodeo, 1956 (sensu Perel, 1976)

*D.rubidus subrubicundus* (Eisen, 1874)

*D.rubidus tenuis* (Eisen, 1874)

*Eisenia* Malm, 1877 (sensu Perel, 1974)

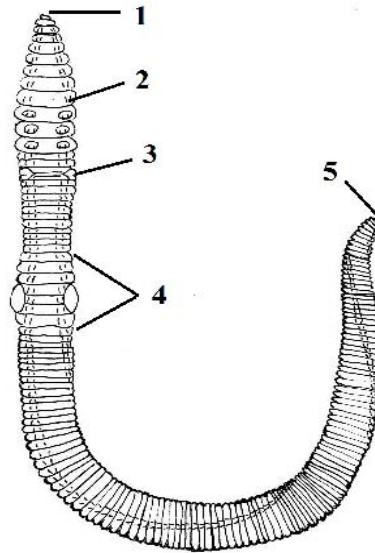
*E.foetida* (Savigny, 1826)

*Eiseniella* Michaelsen, 1900  
*E.tetraedra tetraedra* (Savigny, 1826)  
*Lumbricus* Linnaeus, 1758  
*L.terrestris* Linnaeus, 1978  
*L.castaneus* (Savigny, 1826)  
*L.rubellus rubellus* Hoffmeister, 1843  
*Octolasion* Orley, 1885  
*O.lacteum* (Orley, 1885)

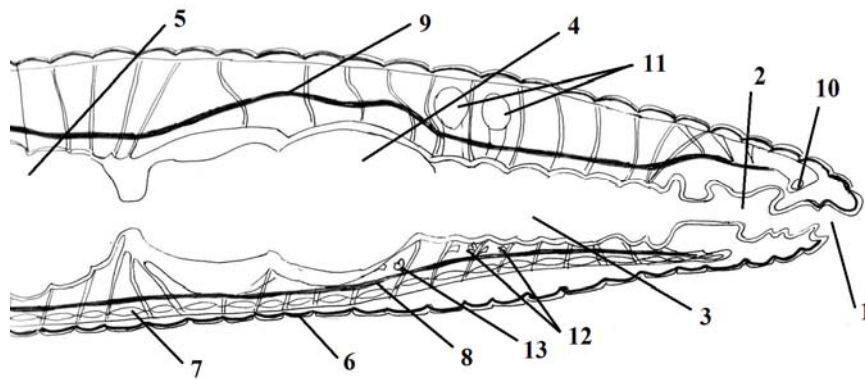
## 1.2. Slieku ārējā un iekšējā uzbūve

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 veidojas gredzenveida uzbiezinājums, 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 olbaltumdziedzeršūnu. 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. Slieku ārējā uzbūve: 1 - mutes atvere ar prostomiju; 2 – sariņi; 3 – vīrišķās dzimumporas; 4 – jostiņa; 5 – anuss. Zīmēja D.Ventiņa (pēc Handreck and Lee, 1979)

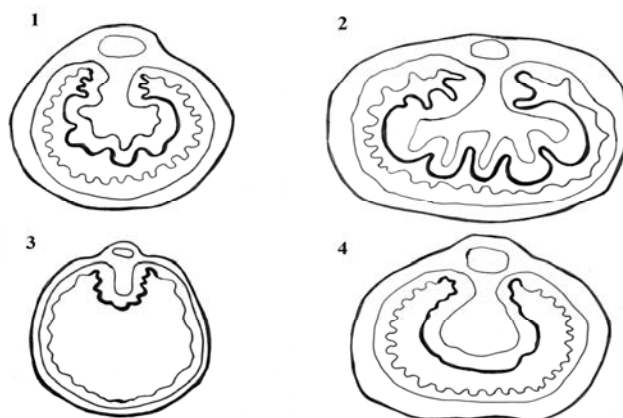


1.2. attēls. Slieku iekšējā uzbūve: 1 – mutes atvere; 2 – rīkle; 3 – barības vads; 4 – kuņģis (guza); 5 – viduszarna; 6 – epitēlijs; 7 – muskuļu slānis; 8 – ventrālais asinsvads; 9 – dorsālais asinsvads; 10 – virsrīkles nervu ganglijs; 11 – sēklas maisiņi; 12 – sēklinieki; 13 – olnīcas. Zīmēja D.Ventiņa (pēc Handreck and 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 humusskābju neitralizāciju, 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 dorsālā siena veido zarnu dobumā iegrimušo kroku – tiflozolu, kas palielina zarnu uzsūcošo virsmu. Sugām, kas barojas ar organiskām vielām bagātu substrātu (kritušās lapas un mazzadalījušās 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 - *Aporrectodea rosea*; 2 – *Aporrectodea caliginosa*; 3 – *Dendrobaena octaedra*; 4 – *Lumbricus terrestris*. Zīmēja D.Ventiņa (pēc Перель, 1979)**

Izvadfunkcijas pilda nefrīdiji. Urīna ekskrecija 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 dorsālajām 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, taustes, hemoreceptorās un proprioceptorās šūnas (Lee, 1985; Перель, 1977).

### **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 tiek 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. Ziemā parasti izdzīvo tikai kokoni. No Latvijā sastopamajām sugām tādas ir *Dendrobaena octaedra*, *Lumbricus castaneus*, *Eisenia foetida* un abas *Dendrodrilus* 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 *Lumbricus terrestris* un *Aporrectodea longa*.

**Endogeiskās sugas.** Apdzīvo augsnes minerālos horizontus. Sliekas barojas ar stipri sadalītām augsnes organiskajām vielām, ko iegūst lielos daudzumos ierijot minerālaugšni. 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 *Aporrectodea caliginosa*, *A.rosea*, *Allolobophora*

*chlorotica*, *Octolasion lacteum*. *Lumbricus rubellus* ieņem starpstāvokli starp epigeiskām un endogeiskām sugām.

Krievu lumbrikoloģe T.Perele (Перель, 1979) atkarībā no slieku barošanās veida piedāvā to morfo-ekoloģisko klasifikāciju. Kaut arī sliekas ir saprofāgi dzīvnieki, tomēr dažādām sugām barošanās var būt atšķirīga. T.Perele sliekas iedala humusa formētājās (*humus formers*) un humusēdājās (*humus feeders*). Pirmās barībā patērē mazzsadalījušās augu atliekas, kamēr otrās grupas sliekas 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. Tās 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, *Aporrectodea 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, *Dendrobaena octaedra* un *Lumbricus terrestris*, tiflozols ir daudz mazāk attīstīts, bez papildus krokojuma (Перель, 1979). Humusa ēdājām sliekām (*Aporrectodea caliginosa*) ir raksturīga zema barības asimilācijas efektivitāte - ap 2,5%, bet humusa formētājām (*Lumbricus terrestris*) tā ir ievērojami augstāka, pat līdz 45% (Curry and Schmidt, 2007).

## 2. VIDES FAKTORU IETEKME UZ SLIEKĀM

### 2.1. Dabiskie faktori

#### 2.1.1. Augsnēs faktors

Slieku saistība ar augšņu īpašībām ir daudz pētīta Lietuvā (Атлавините, 1975). Saskaņā ar O.Atlavinītes datiem, vispiemērotākās sliekām ir velēnu karbonātu, podzolētās purva, velēnu – gleja un aluviālās augsnēs (promocijas darbā atrodami augšņu tipu un apakštipu nosaukumi iespēju robežās pielīdzināti Latvijas augšņu ģenētiskajai klasifikācijai (Boruks u.c., 2002; Nikodemus u.c., 2009)). Visvairāk slieku ir smilšmālā (dominējošās sugas *Aporrectodea caliginosa* un *A.rosea*), mazāk mālsmiltī (dominē *Aporrectodea caliginosa*), vismazāk smilts augsnēs (dominē *Aporrectodea caliginosa*) un kūdrājos (dominē *Eiseniella tetraedra*). Lielākā daļa slieku dod priekšroku vāji skābām, neitrālām augsnēm, maksimālo blīvumu sasniedzot pie vērtībām pH 6 - 8. *Dendrobaena octaedra* un *Octolasion lacteum* blīvumu augsnēs skābums ietekmē maz.

Igaunijā izplatītākajos augšņu tipos - velēnu karbonātu, brūnaugsnēs un pseidopodzolētajās lauksaimniecības augsnēs (pH 6,2 - 7,1) atrastas 6 slieku sugas. Dominē endogeiskās sliekas, *Aporrectodea caliginosa* (līdz 75%). Arī sugas *Aporrectodea rosea*, *Lumbricus rubellus* un *L.terrestris* ir bieži sastopamas. Kā sliekām piemērotākās tiek minētas brūnaugsnēs, tomēr lielākais blīvums (līdz 107 ind. m<sup>-2</sup>) 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 *Aporrectodea caliginosa*, *A.longa*, *A.rosea*, *Lumbricus castaneus*, *L.terrestris*. Dominē (92%) *Aporrectodea caliginosa*. Vidējais slieku blīvums ir 60,1 ind. m<sup>-2</sup> (Bostrom and 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 *Allolobophora chlorotica*. Skābās ganību augsnēs dominē *Dendrodrilus rubidus*, bet kūdras augsnēs - *Lumbricus rubellus*. Nesen iekultivētās

ganībās slieku skaits ievērojami pieaug un palielinās sugu *Aporrectodea caliginosa*, *A.longa*, *A.rosea*, *Lumbricus rubellus*, *Allolobophora chlorotica* īpatsvars. Tomēr lielā daļā Skotijas augšņu parasti dominē suga *Aporrectodea caliginosa* (Guild, 1948).

Arī Vācijā aramzemēs visbiežāk sastop sugas *Lumbricus terrestris*, *Aporrectodea caliginosa*, *A.rosea*. Vidējais blīvums 172 ind. m<sup>-2</sup>. Izņemot *Aporrectodea caliginosa*, pārējām sugām, īpaši *Aporrectodea rosea*, vērojama izteikta agregācija (Poier and Richter, 1992).

*Aporrectodea 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).

### **Augsnes mitrums un sezonālie meteoroloģiskie apstākļi**

Lietuvā slieku sezonālais skaita maksimums parasti ir maijā un septembrī/oktobrī, ko nosaka galvenokārt pietiekams augsnes mitrums. 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<sup>-2</sup>. Turpretī mākslīgi apūdeņotos laukos, kur absolūtais augsnes mitrums nav zemāks par 20%, slieku skaits saglabājās augsts visu sezonu – līdz 220 ind. m<sup>-2</sup>. Lauksaimniecības zemēs vasaras sausajos mēnešos slieku skaits var būt 3 - 6 reizes mazāks kā pavasarī vai rudenī (Атлавините, 1975).

Adaptācija augsnes temperatūrai ir atšķirīga katrai sugai vai pat var atšķirties populāciju starpā vienas sugas robežās. Mērenajās klimata joslās augsnes temperatūra parasti nerasniedz sliekām kritiskas vērtības, bet var būtiski ietekmēt ūdens iztvaikošanu no augsnes. Sezonālos sausuma periodus sliekas pavada relatīvā miera

fāzē. Daudzām sugām, izņemot tām, kas spēj ielīst dziļākos augsnes slāņos, aktivitātes periodi ir sezonās ar pietiekošu augsnes mitruma saturu (Lee, 1985).

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 and Lofs, 1996).

### **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 *Lumbricus terrestris*, kas augsnē sastopams 60 - 100 cm dziļumā. *Dendrobaena octaedra*, *Octolasion lacteum* un *Allolobophora chlorotica* apdzīvo augsnes virskārtu līdz 20 cm dziļumam. *Aporrectodea caliginosa*, *A.rosea* un *Lumbricus 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 sliakas sastopamas galvenokārt pavasara un rudens mēnešos, kā arī vasaras sausuma periodā. Vertikālās migrācijas dažādām sugām ir atšķirīgas. *Aporrectodea rosea*, *A.caliginosa* un *Lumbricus rubellus* parasti apdzīvo virsējos 10 cm, bet vasaras sausuma periodā tās atrodas dziļāk. *Allolobophora chlorotica* sastop tikai līdz 10 cm dziļumam. Nelabvēlīgos apstākļos tās nelielā skaitā atrodas līdz 20 cm dziļumam. *Lumbricus terrestris* augsnes virspusē uzturas tikai pavasara un rudens mēnešos, bet citā laikā tās migrē līdz 1 m un vēl dziļāk. Smilšmāla un māla augsnēs sliakas migrē dziļāk kā smilts augsnēs (Атлавините, 1975).

### **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 ( $200 \text{ g m}^{-2}$ ) poras aizņem 60 - 70%. 25 cm dziļumā atrastas ap 200 slieku ejas kvadrātmetrā. Slieku darbības rezultātā augsnes poru skaits palielinās līdz 2 reizēm. Francijā ganībās tika uzskaitītas pat 800 slieku ejas kvadrātmetrā. 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 dziļumā līdz 30 cm 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 ganību augsnēs sliekas atrastas dziļumā līdz 2 m. Vienā kvadrātmetrā kopējais eju garums sasniedz 380 m, tilpums – 5 l, eju kopējā virsma – līdz  $5 \text{ m}^2$ . Divas trešdaļas eju augsnē ir dziļumā līdz 40 cm. 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 nogrūzumus (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 (Атлавините, 1990). Augsne, kurā sliekas ir iznīcinātas, sablīvējas un virspusē kļūst slapja. Vērojama augu apsākņošanās virskārtā, uzkrājas organiskās atliekas, pieaug sēnīšu slimību un sausuma izraisīti postījumi (Lee, 1985). Sliekas spēj augsnē iespieties labāk kā augu saknes. Tāpēc slieku ejas veicina arī augu sakņu iestiepšanos dziļāk augsnē (Springett and Syers, 1984).

Pēc sugas *Aporrectodea caliginosa* introdukcijas ganību augsnē Jaunzēlandē, 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<sup>-2</sup>, 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 *Aporrectodea longa* un *Lumbricus 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). Erozija 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).

### **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 veicina augsnes aerobos procesus (Lee, 1985).

**Augsnes skābums.** Augsnes skābums ir viens no galvenajiem faktoriem, kas nosaka slieku izplatību. Vairums slieku dod priekšroku vāji skābām, neitrālām augsnēm. Augsnēs, kur pH vērtība ir lielāka par 7, slieku ir maz. Arī skābās augsnēs ar pH vērtību zem 4 - 5 slieku izplatība ir ierobežota. Tikai atsevišķas slieku sugas, kā *Dendrobaena*

*octaedra*, var uzskatīt par acidofilām. Augsnēs ar pH <4,3, dominē *Dendrobaena octaedra*. Citu sugu tur ir maz. Daļa slieku, piemēram, *Aporrectodea caliginosa* un *Lumbricus rubellus*, ir acidotolerantas un var būt sastopamas jau samērā skābās augsnēs. Slieku izplatību augsnēs ar pH vērtībām zem 4 ierobežo palielinātais  $Al^{3+}$  jonu daudzums, kam ir toksiska iedarbība uz sliekām (Satchell, 1955; Lee, 1985). Slieku klātbūtne ietekmē augsnes skābumu – caur kalcija dziedzeriem notiek kalcija karbonāta ekskrēcija slieku zarnu traktā. O. Atlavinite (Атлавините, 1990) atzīmē augsnes  $pH_{KCl}$  paaugstināšanos par 0,2 slieku darbības rezultātā. Samazināts skābums, salīdzinot ar apkārtējo augsni, ir arī slieku koprolītiem.

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

**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. Slieku metabolismam ir liela nozīme slāpekļa apritē. Paaugstināts slāpekļa saturs ir slieku 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 and Springett, 1984; Lee, 1985).

Lietuvā velēnu podzolētā mālsmilts augsnē ar sliekām ( $150\ ind.\ m^{-2}$ )  $NH_4^+$  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  $\text{NO}_3^-$  formā vairāk kā 1,5 un  $\text{NH}_4^+$  formā 1,3 – 4 reizes (Bohlen and 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* sp., darbību visaktīvāk stimulē suga *Aporrectodea 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 and Naplekova, 2002). Savukārt, kā liecina pētījumi kukurūzas laukos Ohio štātā 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).

**Fosfors.** Slieku kaprolītos fosfors augiem uzņemamās formās ir 5 – 10 reizes augstāks kā apkārtējā augsnē (Lee, 1985). Eksperimentos bez augu kultūrām ir pierādīts, ka palielinoties slieku blīvumam, palielinās arī fosfora daudzums augsnē. Ja substrāts papildus vēl tiek mulčēts ar salmiem, fosfors pieaug par 68 - 75%. Intensīvi kultivētās

augsnēs to nenovēro, jo palielinoties ražai, palielinās arī savienojumu iznese no augsnes (Атлавините, 1975; 1990).

**Kalcijs.** Slieku darbības rezultātā augsnē nonāk arī palielināts kalcijs daudzums. Kalcijs tiek izdalīts slieku gremošanas traktā no kalcijs dziedzeriem. Zarnu sienās kalcijs 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 CO<sub>2</sub> absorbēšanā no asinīm, uzņemtās barības skābuma samazināšanā, barības vielu absorbcijā no barības vada, skābekļa absorbcijā, asiņu pH regulācijā, liekā Ca ekskrēcijā 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).

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

**C:N attiecība.** Sliekas spēj ietekmēt C:N attiecību. Slieku darbības rezultātā augsnē pieejamā slāpekļa daudzums parasti pieaug, rezultātā C:N attiecība augsnē nedaudz sašaurinās. 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 and 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 and Naplekova, 2002; Tiunov and 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. *Lumbricus rubellus* un *Dendrobaena octaedra* pārsvarā apdzīvo organiskās augsnes ar C:N attiecību lielāku par 8, bet *Aporrectodea caliginosa*, *A. rosea*, *Lumbricus 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 kļūst piemērotas slieku barībai tikai noteiktā sadalīšanās stadijā, kad atliekās ir noārdījušies fenola savienojumi un samazinājusies C:N attiecība (Curry and Schmidt, 2007).

### 2.1.2. Kopolīti

Sliekas barojoties ierīj augsnes organiskās vielas un minerālās daļas. Gremošanas traktā organiskās vielas tiek sadrupinātas, macerētas, sajauktas ar minerālajām daļiņām. Šī masa tiek bagātināta ar  $\text{Ca}^{2+}$  joniem no kalcija dziedzeriem, un pēc tam sfērisku lodīšu formā ar diametru 1 – 10 mm tiek izvadīta ārā kopolītu veidā (Stewart et al., 1980). Kopolītu klātbūtne augsnē būtiski uzlabo tās auglību. Kopolīti 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. Kopolītos 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 kopolītos un to tiešā tuvumā var būt 2 - 3 reizes lielākā blīvumā nekā apkārtējā augsnē (Schrader and Seibel, 2001). Kā liecina laboratorijas pētījumi, kopolīti parasti ir stabilāki kā citi augsnes agregāti. To stabilitāte ir atkarīga no organiskajām vielām un mikrobiālās aktivitātes. Slieku dziedzeru izdalītais kalcijs savienojas ar organiskajām vielām, veidojot kalcija humātus, kas sacementē kopolītus. Notiek arī mehāniska augsnes daļiņu sajaukšana ar augu

šķiedrām. Koprolioti pēc to ekskrecijas, baktēriju un sēņu darbības rezultātā, kļūst vēl stabilāki. Baktērijas producē polisaharīdu molekulas, kas saista augsnes minerālās daļiņas kopā. Koproliotos polisaharīdu koncentrācija ir vairākas reizes augstāka nekā augsnē. Pieaug sēņu hīfu un rauga šūnu skaits. Maksimālo stabilitāti koprolioti iegūst apmēram 15. dienā, kas atbilst laikam, kad sēņu hīfas sasniedz maksimālo garumu. Pēc tam koproliotu stabilitāte samazinās (Jegou et al., 2001; Lee, 1985). Konstatēts, ka suga *Lumbricus terrestris* veido visstabilākos un ar oglekli bagātākos koproliotus (Jegou et al., 1998). Mineralizācijas procesi koproliotos norit ātrāk kā apkārtējā augsnē. Koprolioti samazina augsnes mitruma svārstības un šķīstošo organisko vielu iznesi. Organiskās vielas koproliotos tiek stabilizētas, kā rezultātā tās mazāk tiek ietekmētas izmainoties laika apstākļiem (McInerney et al., 2001).

Slieku sugas, kas veido horizontālas ejas, koproliotus parasti atstāj ejās vai arī apkārtējā augsnē. Sugas, kas veido vertikālās ejas, koproliotus izstumj augsnes virspusē. Tādā veidā sliekas sekmē pedoģenēzes procesus - augsnes profila un struktūras veidošanos (Lee, 1985). Koprolioti veido starpposmu starp augu atliekām un augsni. Pilnīga augu atlieku transformācija notiek ārpus slieku gremošanas trakta (Bezkorovainaya et al., 2001). Pētījumos Lielbritānijā konstatēts, ka koproliotus augsnes virspusē deponē galvenokārt sugas *Aporrectodea longa*, *A. caliginosa* un *Lumbricus terrestris*, reizēm arī *Aporrectodea rosea*. Blīvākās augsnēs koproliotu ir vairāk virspusē, bet irdenākās, telpā starp augsnes daļiņām. Akmeņi u.c. priekšmeti iegrimst augsnē par apmēram 0,5 mm gadā tieši dēļ slieku koproliotiem (Edwards and Lofty, 1977). *Lumbricus terrestris* augsnes virspusē var izveidot koproliotu kaudzes pat 12 cm diametrā (Schrader and Seibel, 2001).

Vācijā ganībās sliekas blīvumā 100 ind. m<sup>-2</sup> sezonā producē apmēram 25 kg koproliotu (Lee, 1985). Sliekas gada laikā spēj pārstrādāt augsni līdz 40 t/ha jeb 1/50 daļu visas aramkārtas. Mull tipa augsnēs viss A<sub>h</sub> horizonts sastāv no koproliotiem. Ja augsnē trūkst organisko vielu vai augsne sastāv gandrīz tikai no tām, tad koprolioti parasti nav ūdens izturīgi (Stewart et al., 1980). Koproliotu kaudzītes aramzemē aizņem vidēji 3 - 16% no kopējās platības jeb 5 - 31 gab. m<sup>-2</sup>, bet neapstrādātā graudaugu laukā to aizņemtā platība var būt pat 25%. Koproliotu kaudzītes lielā mērā nosaka dzīvo

organismu izplatības telpisko heterogenitāti lauksaimniecības augsnēs. Lai palielinātu to deponēšanu, virspuses slieku sugām ir jāuzlabo barošanās apstākļi, augsni mulčējot vai stādot starpkultūras, piemēram, *Sinapis alba* (Schrader and Seibel, 2001).

Oglekļa saturs koprolītos ir līdz 2 reizēm, bet slāpekļa 1,2 - 1,7 reizes augstāks kā augsnē (Heine and Larink, 1993; Lee, 1985). Slāpekļlis galvenokārt ir nitrātu un amonija jonu formā. Attiecība C:N koprolītos parasti ir nedaudz augstāka kā augsnē, tā kā sliekas nespēj sagremot lielāko daļu uzņemto augu atlieku, bet slāpekļlis aktīvi tiek patērēts proteīnu, mukoproteīnu un urīna producēšanā (Lee, 1985; Атлавините, 1990). Starpkultūru stādīšana un lauku mulčēšana ievērojami palielina slāpekļa saturu koprolītos. Arī oglekļa saturs un enzimatiskā aktivitāte šādos koprolītos ir ievērojami augstāka (Schrader and Seibel, 2001). Fosfors koprolītos ir līdz 10 reizēm lielākā koncentrācijā kā apkārtējā augsnē gan organisko, gan neorganisko savienojumu veidā un ir viegli pieejams augiem (Heine and Larink, 1993; Lee, 1985). Koprolītos ir paaugstināta arī fosfatāzes aktivitāte, ko, iespējams, nosaka slieku enzīmi (Satchell, 1983).

Koprolītos izmainās arī augsnes pH. Parasti tas ir par 0,3 – 0,6 vienībām augstāks kā apkārtējā augsnē. Tā kā slieku 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 slieku 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 and Syers, 1984).

## **2.2. Antropogēnie faktori**

### **2.2.1. Augsnes mehānisko apstrādes metožu ietekme uz slieku populāciju**

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 slietu sugas, kas ir adaptējušās augsnes apstrādei, zemam organisko vielu saturam, samazinātam augsnes mitrumam un virspuses pakaišu iztrūkumam (Werner, 1990). Anglijā ilgstoši kultivētā aramzemē atrasts tikai 11 - 16% no slietu skaita, kāds tika konstatēts līdzīgās pļavu augsnēs. Pēc pļavas uzāršanas un iekultivēšanas, slietu skaits samazinājās par 50%. Vairāk kā 100 gadus vecās ganībās slietu blīvums bija 180 ind. m<sup>-2</sup>, līdzīgā aramzemē – 20 ind. m<sup>-2</sup> (Lee, 1985). Slietu populācijas samazināšanās 5 gadu periodā par 80% tika novērota iekultivējot vecas ganības Anglijā (Evans and Guild, 1948). Lietuvā, pēc vecu ganību uzāršanas (20 cm dziļumā) vai frēzēšanas (10 cm dziļumā), pirmajos divos gados slietu skaits samazinājās. Tādas sugas kā *Aporrectodea rosea* un *Allolobophora chlorotica* var izzust vispār. Turpmākajos divos gados slietu skaits atkal pieauga un sugas atjaunojās. Populācijas visātrāk atjaunojas velēnu gleja augsnēs (Атлавините, 1990). Galvenie skaita samazināšanās cēloņi ir slietu mehāniska traumēšana un augsnes organisko vielu samazināšanās (Lee, 1985). *Aporrectodea rosea* dziļāršanu 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 slietu tiek ievainotas, un tās aiziet bojā (Topoliantz et al., 2000). Igaunijā konstatēts, ka *Aporrectodea caliginosa*, *A.rosea* un *Lumbricus rubellus* ir tolerantas pret augsnes kultivēšanas pasākumiem (Ivask et al., 2006).

Iekultivējot pļavas, augsnes saprotrofo organismu, tajā skaitā slietu, 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 dzīvnieku skaita pieaugums vērojams tieši pirmajā gadā pēc zālāju iesēšanas (Эглитис, 1954). Augsnes regulāri mēslojot var saglabāties augsts slietu 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 slietu ejas. Ja augsne tiek kultivēta regulāri, tad tādas vertikālas ejas

veidojošas sugas kā *Aporrectodea longa* un *Lumbricus 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 sakņu augu kultūras, aršanas negatīvā ietekme ir lielāka, jo uz lauka paliek mazāk augu sakņu un virszemes daļu atlieku (Edwards and Lofty, 1973). Saknes kalpo sliiekām kā kvalitatīvs barības avots. Palielinoties sakņu daudzveidībai un biomasai, var sagaidīt slieku, īpaši *Aporrectodea 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 *Aporrectodea 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 *Lumbricus terrestris* un *Octolasion cyaneum*, bet samazināties *Aporrectodea longa* un *A.caliginosa* skaits (Edwards and Lofty, 1973). Citi pētījumu rezultāti liecina, ka anetiskās sliiekas 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 sliiekām labvēlīga. Tomēr atkārtota bieža kultivācija traumē sliiekas un izjauc to dzīves vietas (Edwards and Lofty, 1973). Savukārt T.Levis (Lewis, 1980) norāda uz kultivācijas negatīvo ietekmi tieši uz *Lumbricus 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 *Lumbricus 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 slietu skaits samazinājās līdz 83,8%, bet pie parastās aršanas, līdz 49,2%. Augsnes virskārtas apstrāde galvenokārt ietekmē epigeiskās slietas. Pēc diviem gadiem slietu skaits attiecīgi bija pieaudzis līdz 130,8% un 68,2%. Vasaras sausumā dziļi apartās augsnēs pieauga neaktīvo slietu īpatsvars no 50% līdz 90%. Tas nozīmē, ka aršana ne tikai samazina slietu skaitu, bet arī paaugstina to jutīgumu pret mitruma izmaiņām un saīsina to aktivitātes periodu (Lee, 1985). Seklās aršanas labvēlīgo ietekmi uz slietām atzīmē arī M.Metzeke (Metzke et al., 2007). Ilglaicīgos novērojumos Norvēģijā konstatēts, ka augsnēs, kas netiek artas, bet reizi gadā frēzētas, slietu skaits, biomasa un eju blīvums ievērojami pieaug (Riley et al., 2008).

Apartos laukos slietām ir bīstams rudens kailsals. Vēlāk sezonā tās kļūst izturīgākas pret zemām temperatūrām. Slietu izdzīvošanai salā ir svarīgi, lai augsnes virspusē būtu izolējošs augu atlieku slānis (Hopp, 1947). Uzartās augsnēs pavasarī novēro salīdzinoši agrāku juvenīlo slietu šķīlšanos no kokoniem, kas ir saistīts ar apartās 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 slietas, kas, iespējams, liecina par pastiprinātu slietu bojāeju un samazinātu dzīves ilgumu (Ryl, 1984).

Ietekmi uz slietu populācijām atstāj arī meliorācija, krūmāju izciršana, laistīšana. Kūdras purva augsnē pēc meliorēšanas samazinās sugas *Eiseniella tetraedra*, bet palielinās *Octolasion lacteum* un *Dendrobaena octaedra* blīvums. Izcērtot krūmājus, nosusinot un uzarot pamestās lauksaimniecības zemes (mālsmits augsnes), slietu blīvums samazinās no 136 ind. m<sup>-2</sup> līdz 20 ind. m<sup>-2</sup>. Tādas sugas kā *Eiseniella tetraedra*, *Dendrobaena octaedra*, *Octolasion lacteum* izzūd pilnībā. Dominējošā suga (līdz 90%) kļūst *Aporrectodea caliginosa*. Ja iekultivētās augsnes tiek regulāri laistītas, tad vērojama slietu populāciju nostiprināšanās un blīvuma pieaugšana (Атлавините, 1975).

### 2.2.2. Pesticīdu ietekme uz sliekām

Dažādu lauksaimniecībā izmantojamo ķīmikāliju ietekme uz sliekām var būt ļoti atšķirīga. Vistoksiskākie ir tā saucamie vermicīdi, 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. Hloridānam, 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 and 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. Sliekas paātrina augsnes attīrīšanu no insekticīdiem. Novērots, ka slieku klātbūtnē augsnē ātrāk samazinās benzofosfāta un metationīna koncentrācija (Атлавините, 1990).

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

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

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

### 2.2.3. Augsnes mēslošanas ietekme uz slieku populācijām

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.

**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 *Aporrectodea caliginosa* blīvumu pavasarī mulčētā un nemulčētā augsnē, tika konstatēta ievērojama atšķirība, attiecīgi 138 un 92 ind. m<sup>-2</sup> (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, *Lumbricus terrestris* (Barnes and Ellis, 1979; Lee, 1985). Vācijā augļu dārzos bieži augsne tiek mulčēta ar koka skaidām, kas atstāj labvēlīgu iespaidu uz *Aporrectodea caliginosa* populāciju. Savukārt, zaļais mulčs labvēlīgi ietekmē *Lumbricus rubellus* (Kuhle, 1983).

Dānijā, lai palielinātu slieku populāciju, iesaka lietot 200 t ha<sup>-1</sup> kūtsmēsli. Tādu sugu kā *Lumbricus terrestris*, *Aporrectodea longa*, *A. caliginosa* skaits mēslojot augsnēs pieaug, bet *Aporrectodea rosea* un *Allolobophora chlorotica* skaits nemainās (Werner, 1990). Zviedrijā, Upsalā, papuvēs novērots, ka *Aporrectodea caliginosa* jauno slieku skaits palielinās, ja kūtsmēsli tiek iestrādāti augsnē, bet *Lumbricus rubellus*, ja mēsli paliek virspusē. Ja papuves netiek mēslojotas, tad slieku skaits samazinās. Mēslošana, savukārt, stimulē slieku aktivitāti un labvēlīgi ietekmē to izdzīvošanu ziemā (Lofs-

Holmin, 1983). Izmantojot kūtsmēslus kombinācijā ar salmiem ( $35 \text{ t ha}^{-1}$ ), 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 mēslojot 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 mēšlos var nebūt vispār. Kūtsmēsli ir sliekām tīkamāki kā salmi. Augsnēs, kas mēslojas 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. Šķidrmēsliem 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).

**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 skābumu. Pielietojot superfosfātu augsnes skābums 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 -  $100 \text{ kg ha}^{-1}$ , fosforu -  $60 \text{ kg ha}^{-1}$ , kāliju -  $80 \text{ kg ha}^{-1}$  (Lee, 1985). Palielinot

mēslojuma daudzumu, slieku skaits un daudzveidība var samazināties (Lee, 1985; Verhoef and Brussaard, 1990). O.Atlavinite (Атлавините, 1975) iesaka 100 kg ha<sup>-1</sup> slāpekļa minerālmēslojuma. Līdzīgās devās organiskajam slāpeklim ir lielāks efekts kā neorganiskajam (Атлавините, 1975). Pēc mēslošanas ar minerālmēsliem, sliekas var palielināt minerālā slāpekļa pieejamību 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 sasniedz 148,0 ind. m<sup>-2</sup>, bet nekaļķotajās 102,4 ind. m<sup>-2</sup>. 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 *Dendrobaena octaedra* un *Octolasion lacteum*, bet nekaļķotajās augsnēs neatrod *Lumbricus terrestris*. Augsnes virskārtas (5 cm) skābumam pēc kaļķošanas samazinoties līdz pH 6,7, izzūd kustīgās alumīnija savienojumu formas (Атлавините, 1975). Kaļķošana stimulē arī *Aporrectodea caliginosa*, *Lumbricus rubellus* populācijas. Pieaugot augsnes pH un kalcija saturam, novērots arī koprolītu produkcijas pieaugums (Springett and Syers, 1984).

### **2.3. Slieku un mikroorganismu savstarpējā mijattiecība**

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 sienīnās ir konstatēta celulāzes aktivitāte, bet arī gremošanas trakta mikroorganismi to aktīvi izdala (Curry and Schmidt, 2007).

Visbūtiskāk sliekas ietelmē 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 ietelmē 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 viēnšūņi Protozoa (Tiunov and Scheu, 2004; Атлавините, 1975). Pētījumi par slieku dzīvības procesu nodrošināšanai nepieciešamo slāpekļa daudzumu, liecina, ka ar augu barību vien ir par maz, ir nepieciešams arī mikroorganismu un viēnšūņu proteīns (Satchell, 1983). Amēbām var būt liela nozīme slieku barībā. Ir novērojumi, ka *Aporrectodea caliginosa* aktīvi meklē vietas ar augstu kailamēbu koncentrāciju. Tomēr nav zināms vai barojoties vietās, kur daudz pūstošu augu atlieku, sliekas viēnšūņus ierij nejauši kopā ar barību, vai arī meklē tos speciāli (Curry and 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. *Lumbricus rubellus* barojas ar galvenokārt mazsadalījušos augu materiālu ar salīdzinoši nelielu mikroorganismu biomasu. *Aporrectodea caliginosa* turpretī patērē labi sadalījušos detritu ar augstu mikroorganismu koncentrāciju. To saturs ievērojami samazinās *Aporrectodea 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. Tā rezultātā augsnē papildus nonāk akumulētais slāpeklis augiem izmantojamās formās (Tiunov and Scheu, 2004).

Mikroorganismiem ļoti piemērota vide ir koprolīti. Sliekām stimulējot noārdītāju mikroorganismu darbību 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). *Aporrectodea 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 *Lumbricus rubellus* koprolītos. Te mikroorganismu sabiedrības veido galvenokārt baktērijas, mazāk aktinomicētes. Gan *Aporrectodea caliginosa*, gan *Lumbricus 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 and 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  $\text{NO}_3^-$  koncentrācijas pieaugumu (Parkin and Berry, 1994).

Slieku eju sienīņas arī ir piemērota vide mikroorganismiem. M.Bošē ir ierosinājis lietot terminu “drilosfēra”- 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).

B<sub>12</sub> biosintēze ir tieši atkarīga no baktēriju aktivitātes. B grupas vitamīni augsnē palielina ražu un graudu kvalitāti. Sliēkas pozitīvi ietekmē mikroorganismus un, rezultātā, arī B grupas vitamīnu daudzumu augsnē. B<sub>12</sub> koncentrācija pieaug proporcionāli sliēku skaitam un var palielināties pat vairāk kā 2 reizes (Атлавините, 1975). J.Valvorks (Wallwork, 1983) norāda uz sugas *Lumbricus rubellus* nozīmīgu pozitīvo ietekmi uz B<sub>12</sub> producējošiem mikroorganismiem un arī uz graudaugu ražu.

#### 2.4. Augu kultūru ietekme uz sliēku populācijām

Viens no faktoriem, kas nosaka sliēku blīvumu lauksaimniecības zemēs ir augu kultūras. Ir zināms, ka daudzgadīgās kultūras sliēkām ir labvēlīgākas kā viengadīgās. Lietuvā velēnu karbonātaugsnēs tika ievāktas sliēkas zem daudzgadīgām un viengadīgām kultūrām. Mālsmilts augsnēs zem viengadīgām kultūrām tika atrastas sliēkas blīvumā 12,0 ind. m<sup>-2</sup>, bet zem otrā gada āboliņa 172,0 ind. m<sup>-2</sup>. Smilšmāla augsnēs attiecīgi 21,0 un 205,9 ind. m<sup>-2</sup>. Kopā atrastas 6 sliēku sugas. Dominēja *Aporrectodea caliginosa* (līdz 93%). Bieži arī *Aporrectodea rosea* un *Lumbricus rubellus*. Salīdzinot ar pirmā gada āboliņu, zem otrā gada āboliņa sliēku blīvums pieauga vidēji 1,6 reizes. Āboliņš ir viena no labvēlīgākajām augu kultūrām sliēkām un citiem augsnes faunas pārstāvjiem. Āboliņš sekmē slāpekļa uzkrāšanos, augsnes struktūras uzlabošanu un arī augsnes dzīvnieku skaita pieaugumu. Pēc tam, kad āboliņš tiek nomainīts ar citām kultūrām, sliēku blīvums vairākkārtīgi samazinās. Eksperimentālajos lauciņos pēc cukurbiešu iesēšanas sliēkas samazinājās no 101 līdz 48 ind. m<sup>-2</sup> (Атлавините, 1975). Kā sliēkām 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 sliēkas, izvēloties barību, dod priekšroku augu atliekām ar šaurāku C:N attiecību, kāda ir āboliņam salīdzinot ar graudaugiem (Werner, 1990).

Sliēku skaits samazinās arī melnajās papuvēs. Piemēram, velēnupodzolaugsnē (smilšmāls) atmatā tika atrastas sliēkas 85 ind. m<sup>-2</sup>, daudzgadīgā zālājā 75 ind. m<sup>-2</sup>, viengadīgā zālājā 28 ind. m<sup>-2</sup>, bet melnajā papuvē 13 ind. m<sup>-2</sup>. Visos vākumos dominēja

*Aporrectodea 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<sup>-2</sup>) kā zem viengadīgām kultūrām (14 – 48 ind. m<sup>-2</sup>), 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 *Dendrobaena octaedra* un *Lumbricus rubellus*, kas ir raksturīgas biocenožu sukcesiju agrīnajām stadijām (Pižl, 1992).

Eksperimentos 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 svāra 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, kuri var kalpot kā viens no slieku barības avotiem. Iespējams, ka tieši saknēm ir lielākā nozīme slieku populāciju ietekmēšanā. Samazinot augu sugu skaitu, samazinās arī slieku skaits, kas liecina, ka arī katrai augu sugai var būt noteikta loma slieku populācijas uzturēšanā (Zaller and Arnone, 1999).

## 2.5. Slieku pozitīvā ietekme uz augu augšanu un ražu

Slieku darbība pozitīvi ietekmē augu augšanu un ražu. Šādi pētījumi ir veikti Lietuvā un arī citās valstīs. Pētījumos ASV tika konstatēts miežu ražas pieaugums slieku klātbūtnē par 200%, kviešu - 300%, pļavu zāļu - 500%, pupu - 290%, zirņu - 70% (Атлавините, 1990). Lietuvā veģetācijas traukos ar dažāda tipa augsnēm tika ievietotas slieku sugas *Aporrectodea rosea*, *A.caliginosa*, *Lumbricus rubellus*, *L.terrestris* un audzēti mieži. Konstatēts, ka pozitīvi kviešu augšanu ietekmē visas sugas. Vislabāk eksperimentā izdzīvo suga *Aporrectodea 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<sup>-2</sup> palielinājās par 75 - 130%. Miežu dīgšanu slieku klātbūtne paātrina par 17 - 41% (Атлавините, 1975). Sliēkas 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).

## 2.6. Slieku nozīme augu un dzīvnieku patogēnu izplatībā

Sliekām ir nozīme patogēno, it īpaši sporu 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).

*Escherichia 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 koprolītiem 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 cauri 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 parazitārie izplatītāji. Tās ir starpsaimnieki putnu, cūku, mazo zīdītāju un plēsēju parazītiem. Ar parazītiem var būt inficēta lielākā daļa populācijas, bet var arī infekcijas nebūt vispār. Tādas sugas kā *Lumbricus rubellus* un *L. terrestris* var būt nozīmīgas vienšūņu, 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 (*Lumbricus 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 *Aporrectodea caliginosa*, mazāka *Aporrectodea rosea*. Ir ziņas, ka *Lumbricus terrestris* var kalpot kā mutes un nagu sērgas vīrusa rezervuārs dabā (Атлавините, 1975).

Sliekas kā parazitāru 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 parazitāru izplatībā Latvijā nozīmīgākās ir slieku sugas *Lumbricus terrestris*, *L.castaneus*, *Aporrectodea rosea* un *Allolobophora chlorotica*.

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

## 2.7. Sliekas kā barības objekts citiem dzīvniekiem

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 paralizējas un uzglabājas. 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 (Lee, 1985; Атлавините, 1975).

Pētījumos Islandē konstatēts, ka tārtiņi 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<sup>-1</sup> slieku, kas sastāda pat 90% no putnu rudens barības raciona. Holandē polderos, lai nodrošinātu agrocenozēs mītošos

aizsargājamos putnus, piemēram, ķīvītes, melno puskuitalu, ar nepieciešamo barību - sliekām, lauki tiek speciāli mēsloti. Putni ēdot sliekas piedalās arī to tālākā izplatībā (Timmerman et al., 2006).

Anglijā lapsas ēd sliekas, ja 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 populāciju (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. *Lumbricus 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 uzāršanas parasti novēro ievērojamu nematožu un enhitreīdu skaita palielināšanos, kas seko slieku skaita samazinājumam pēc aršanas (Эглитис, 1954). Holandē polderos novērota enhitreīdu skaita samazināšanās pēc tam, kad tur tika ieviestas slieku sugas *Lumbricus terrestris* un *Aporrectodea caliginosa* (Тополиантц, 2000).

## 2.8. 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, *Dendrobaena octaedra* un *Dendrodrilus 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 and 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 (Lee, 1985).

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 *Lumbricus rubellus* un *Aporrectodea caliginosa* pozitīvi ietekmē viena otru (Räty and Huhta, 2003). Tomēr cits skandināvu pētnieks T. Persons (Persson, 1988) ziņo par negatīvu korelāciju starp šīm sugām, kā arī starp *Aporrectodea caliginosa* un *Dendrobaena octaedra*. Ir ziņas par *Lumbricus rubellus* negatīvo iespaidu uz lielo sugu *Lumbricus terrestris* un *Aporrectodea longa* pieaugumu, nobriešanu un kokonu producēšanu. Iespējama arī *Lumbricus terrestris* un *Aporrectodea longa* konkurence. Šīs sugu savstarpējās attiecības var saistīt ar barības resursu pieejamību (Butt, 1998). Izteikta negatīva korelācija atzīmēta starp *Aporrectodea caliginosa* un *Lumbricus terrestris*, kā

arī *Aporrectodea caliginosa* un *Allolobophora chlorotica* (Edwards, 1983). *Lumbricus terrestris* var veidot seklāku eju sistēmu *Aporrectodea caliginosa* klātbūtnē. Savukārt endogeisko slieku *Allolobophora chlorotica* augšanu un nobriešanu stimulē *Lumbricus terrestris* klātbūtne, kamēr citu slieku sugu ietekme ir negatīva. Iespējams, ka *Lumbricus 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).

## 2.9. Sliemas 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 būtu nozīmīgas gan no dabas aizsardzības, gan ekonomiskā viedokļa (Bardgett and Cook, 1998; Bengtsson, 1998; Paoletti, 1999; Coûteaux and Bolger, 2000).

Sliemas ietekmē vienus no svarīgākajiem augsnes procesiem – organisko vielu noārdīšanos un barības vielu apriti. Sliemu 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 cenožē 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 bioindikatori 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 slieku 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.

## **2.10. Slieku cenožu izpētes metodes**

Šajā nodaļā ir apkopota informācija par pētījumu metodēm, kuras dažādi pētnieki izmanto slieku cenožu izpētē. Visas metodes, kas tiek izmantotas slieku iegūšanai no augsnes paraugiem, nosacīti var iedalīt divās grupās. Tās ir metodes, kas balstās uz paša augsnes pētnieka spēju atrast un ievākt sliekas, un metodes, kurām pamatā ir slieku kairināmība un bēgšanas reakcija, izvairoties no ķīmiska vai cita veida kairinātāja (Lee, 1985).

### 2.10.1. Augsnis paraugu ievākšana slieku izpētei

Augsnis 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 sagrieztu 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 iesaka rakt 50 x 50 cm (0,25 m<sup>2</sup>) bedres 25 cm dziļumā un pēc tam augsni rūpīgi izšķirot ar rokām. Paraugi no dziļākiem slāņiem tika ņemti tikai augsnis 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 m<sup>2</sup> 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 (Raw, 1960; Satchell, 1971; Lee, 1985; Гиляров, 1987).

Vairāki autori norāda, ka augsnis 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 (Raw, 1960; Satchell, 1971; Lee, 1985; Гиляров, 1987).

O.Atlavinite (Атлавините, 1975; 1976; 1990) savos pētījumos Lietuvas augsnēs paraugus ņēma no 50 x 50 cm augsnis 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 izšķirotā. 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 izšķirošana ar rokām notiek turpat lauka apstākļos. Tas ir laikietilpīgs un nogurdinošs darbs, tāpēc šķirošanā ir nepieciešams iesaistīt vairākus pieredzējušus darbiniekus. Augsnes paraugus var ņemt arī ar tērauda cilindra palīdzību, ievietojot tos polietilēna maisiņos un šķirošanu veicot laboratorijas apstākļos (Гиляров, 1987).

### **2.10.2. Augsnes paraugu izšķirošana ar rokām**

Paņemtais augsnes paraugs tiek rūpīgi izšķirots sadrupinot to pirkstos un ievācot visas atrastās sliemas. Atrastās sliemas parasti tiek ievietotas stikla pudelītēs ar klāt pievienotu etiķeti. Neskatoties uz metožu pilnveidošanu un pat tehnisku līdzekļu izmantošanu, šķirošana ar rokām joprojām ir galvenais veids kā tiek ievāktas sliemas. 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 vērīguma, parasti izdodas atrast 50 – 90% paraugā esošo sliemu, kas sastāda līdz 95% no kopējās sliemu biomasas. Tomēr šādus rezultātus var iegūt vienīgi, ja augsnes paraugi tiek šķiroti labā apgaismojumā laboratorijas apstākļos. Šķirošana ar rokām uz lauka ir nogurdinoša un mazāk efektīva. Ievākto sliemu skaits ir vairāk kā 2 reizes mazāks, kā strādājot laboratorijas apstākļos (Springett, 1981). Sliemas, kuru izmēri ir mazāki par 2 cm, šādā veidā ir samērā grūti atrast. Šī metode ir nederīga, ja darba uzdevums ir sliemu populācijas vecuma struktūras pētīšana. Tā ir mazpiemērota arī tādām sugām, kuras augsnē veido dziļas ejas, piemēram, *Lumbricus terrestris* (Raw, 1960). Metodes trūkums ir arī salīdzinoši lielā laikietilpība (Springett, 1981).

### 2.10.3. Uz slieku kairināmību un bēgšanas reakciju balstītās metodes

Galvenokārt tiek pielietoti ķīmiskie repelenti, parasti - formalīna šķīdums 0,14 - 0,5% koncentrācijā. J.E.Setčels (Satchell, 1969) rekomendē 0,5 m<sup>2</sup> 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, *Lumbricus 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; Springett, 1981; Lee, 1985). 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% HgCl<sub>2</sub>, *mowrah* miltus, ko iegūst no *Madhuca longifolia* koka un KMnO<sub>4</sub>. 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 (Satchell, 1971; Lee, 1985).

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 (Satchell, 1971; Lee, 1985).

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 slietu iegūšanai (Eisenhauer et al., 2008). Tomēr maksšķernieki elektrisko strāvu samērā efektīvi izmanto arī lielo (anētisko) ēsmas slietu iegūšanai.

#### **2.10.4. Slietu paraugu fiksācija uzglabāšanai**

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

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

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

### 3. SLIEKU SUGAS LAUKSAIMNIECĪBAS UN MEŽA ZEMĒS

#### 3.1. Slieku sugas lauksaimniecības zemēs

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

Arī Igaunijā lauksaimniecības zemēs dominē *Aporrectodea caliginosa*. Otra izplatītākā suga ir *Lumbricus rubellus* (Timm, 1970). Pēc datiem, kas iegūti no 58 labības laukiem Igaunijā, kā dominējošās (56 - 100%) atzīmētas endogeiskās sliekas. Visos laukos atrasta vienīgi suga *Aporrectodea caliginosa*. Arī *Aporrectodea rosea* ir salīdzinoši mazjūtīga pret agrotehniskajiem pasākumiem. *Lumbricus rubellus* sliekas arī ir tolerantas pret dažādu faktoru izmaiņām, bet agrotehniskie pasākumi tās ietekmē vairāk. Slieku sugas *Aporrectodea caliginosa*, *A.rosea* un *Lumbricus rubellus* raksturīgas intensīvi apstrādātām lauksaimniecības zemēm. *Allolobophora chlorotica*, *Lumbricus castaneus* un anētiskās sugas ir jūtīgākas pret zemes apstrādi. To klātesamība slieku cenožēs liecina par labvēlīgākiem agrikulturnālajiem 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 *Aporrectodea caliginosa*, *A. rosea*, *Lumbricus castaneus*, *L.rubellus*, *L.terrestris*. Ziemeļdaļā šo sugu izplatība aprobežojas tikai ar lauksaimniecībā izmantojamām zemēm (Terhivuo and Valovirta, 1978).

Čehijā, D Bohēmijā kultivētā tīrumā dominē *Aporrectodea caliginosa* un *Octolasion lacteum*, mazākā mērā *Dendrodrilus rubidus tenuis*. Papuvē dominē *Dendrobaena octaedra*, bet pļavā (pH 5,5) līdzīgi ir pārstāvētas sugas *Dendrobaena octaedra*, *Aporrectodea rosea*, *Lumbricus rubellus*. Vismazākais slieku blīvums ir

tīrumā - 14,6 ind. m<sup>-2</sup>, lielākais pļavā - 243,8 ind. m<sup>-2</sup>. 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 *Aporrectodea caliginosa*. Turpretī skābajās augsnēs palielinās *Dendrobaena octaedra* un *Lumbricus rubellus* īpatsvars.

### 3.2. 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 *Lumbricus terrestris*, *Lumbricus rubellus*, *Lumbricus castaneus*, *Aporrectodea rosea* un *Eisenia 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 tīrumslieka *Aporrectodea 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. To blīvums velēnu karbonātaugsnēs var sasniegt 100 – 300 ind. m<sup>-2</sup>. Bieži sastopama ir arī *Aporrectodea rosea*, parasti blīvumā daži

desmiti kvadrātmetrā. Arī šī suga ir nozīmīga augsnes veidošanas procesos. Nozīmīga suga ir arī dižslika *Lumbricus terrestris*. Šī suga atrasta blīvumā 30 – 40 ind. m<sup>-2</sup>. Zemgales augsnēs to ejas iestiepjas pat 1,5 m dziļumā. *Lumbricus terrestris* netika atrasta smilšu un kūdras augsnēs. Cita dziļi augsnē dzīvojoša suga ir *Aporrectodea longa*. Ekoloģiski tā ir līdzīga dižslielai, bet sastopama retāk. Lauksaimniecības zemēm tipiska ir *Allolobophora chlorotica*, bet parasti atrasta salīdzinoši nelielā skaitā. Plaši izplatītas dažādos biotopos, tajā skaitā agrocenozēs, ir *Lumbricus rubellus* un *Lumbricus castaneus*. *Lumbricus rubellus* bieži ir dominējošā suga mežos. *Lumbricus castaneus* lielos daudzumos koncentrējas zem organiskajām atliekām. *Dendrobaena octaedra* sliemas 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 *Dendrodrilus rubidus tenuis* un *Octolasion lacteum*. Pēdējā ir vairāk raksturīga auglīgām mazdārziņu augsnēm.

Vislielākā sliemu dažādība konstatēta palieņu pļavās un Pierīgas dārzos. Tā Skangaļos palieņu pļavās vienviet atrastas 8 sliemu sugas - *Aporrectodea caliginosa*, *A.rosea*, *A.longa*, *Allolobophora chlorotica*, *Lumbricus rubellus*, *Lumbricus castaneus*, *Lumbricus terrestris*, *Eiseniella tetraedra*. Kopumā palieņu pļavās atrastas praktiski visas mūsu sugas. Dominē *Aporrectodea caliginosa*, retāk *Lumbricus rubellus*. Dārzos atrastas 10 sliemu sugas.

Aramzemēs ar sliemām visbagātākās ir smilšmāla velēnu karbonātaugsnes. Sliemas tīrums 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 *Aporrectodea caliginosa*, daudz ir arī *Lumbricus terrestris*. Liela nozīme ir arī *Aporrectodea rosea*. Citām sugām mazāka. Ja tiek audzēti daudzgadīgie zālāji, sliemu skaits pieaug, it īpaši pirmajā gadā. Savukārt aršana atstāj nelabvēlīgu iespaidu. Smilšainās augsnes ir regulāri jākopj un jāmēslo, pretējā gadījumā sliemu skaits samazinās, vai tās var pat vispār izzust (Эглитис, 1954).

### 3.3. Slieku sugas meža zemēs

Lietuvā priežu audzēs atrastas 4 slieku sugas. Dominē *Dendrobaena octaedra*, līdz 3 ind. m<sup>-2</sup>. Egļu mežos konstatētas 8 sugas. Skābajās podzolētajās smilšu augsnēs (pH 3,7 - 4) atrastas sliiekas blīvumā 7 - 32 ind. m<sup>-2</sup>, bet velēnu karbonātaugsnēs blīvumā vidēji 115 ind. m<sup>-2</sup>. Dominē *Aporrectodea rosea* - 36%, bet arī vairākām citām sugām ir augsta dominances pakāpe: *Aporrectodea caliginosa* 25%, *Lumbricus rubellus* 20%, *Octolasion lacteum* 14%. Tiek atzīmēta skuju koku stādījumu negatīvā ietekme uz sliiekām (Атлавините, 1976).

Ozolu audzēs atrastas 9 sugas, vidēji 120 ind. m<sup>-2</sup>, dominē *Aporrectodea rosea* 30%, *A.caliginosa* 33%, *Lumbricus rubellus* 19%. Uzskata, ka ozolu lapas nav piemērota barība sliiekām. Bērzu audzēs - 6 sugas, vidēji 109 ind. m<sup>-2</sup> (maksimāli 269 ind. m<sup>-2</sup>), dominē *Aporrectodea caliginosa* 42%, *A.rosea* 28%, *Octolasion lacteum* 14%, *Lumbricus rubellus* 11%. Apšu audzēs - 6 sugas, vidēji 183 ind. m<sup>-2</sup>, dominē *Aporrectodea rosea* 56%, *A.caliginosa* 29%, *Lumbricus terrestris* 8%, *L.rubellus* 5%. Visvairāk slieku atrasts zem ošiem - 507 ind. m<sup>-2</sup>. Daudz slieku ir arī melnalkšņu un baltalkšņu audzēs. Kopā alkšņu audzēs atrastas 7 sugas. Audzēs ar velēnu podzolaugsnēm (pH 5) slieku blīvums nepārsniedz 108 ind. m<sup>-2</sup> (dominē *Aporrectodea caliginosa* 60%), bet velēnu karbonātaugsnēs (pH 7,1) blīvums sasniedz 292 ind. m<sup>-2</sup> (dominē *Octolasion 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 sliiekas 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 *Octolasion lacteum*, zem sūnām *Dendrobaena octaedra*, bet zem zālājiem un lapām *Aporrectodea rosea* (Атлавините, 1976).

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

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

Krievijas Ziemeļrietumu daļas skuju koku mežos dominē sugas *Dendrobaena octaedra* un *Lumbricus rubellus* blīvumā 1 - 7 ind. m<sup>-2</sup>. Sekundārajās apšu audzēs sastop arī *Aporrectodea caliginosa*. Kopējais slietku blīvums sasniedz 80 ind. m<sup>-2</sup>. Iespējams, ka slietkas Krievijas rietumdaļas zemienēs izplatījās no Baltijas jūras austrumu piekrastes reģioniem. Salizturība, partenogēnēze, acidotolerance, spēja izmantot zemas kvalitātes barību zemsedzē, ļāva sugām *Dendrobaena octaedra*, *Dendrodrilus rubidus tenuis*, *Eisenia 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 slietku 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 slietku sugu ieviešanos (Räty and Huhta, 2004). Lielajām endogeiskajām slietkām ir lielāka ietekme uz augsnes procesiem kā epigeiskajām sugām, tomēr to izplatību boreāleālajos priežu mežos ierobežo augsnes skābums un sāls (Haimi and Einbork, 1992).

Somijā priežu mežos *Dendrobaena octaedra* dominance ir apmēram 85% (50% no kopējās slietku 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 *Dendrodrilus rubidus tenuis*, *Lumbricus rubellus*, *Eiseniella tetraedra*, tomēr biežāk tās atrod mežos ar bagātu augsni. Priežu mežos (*Vaccinum* tips) slieku blīvums parasti nav lielāks kā 4 – 36 ind. m<sup>-2</sup>. Auglīgākās augsnēs, piemēram, lapu koku mežos, pļavās, apmežotajās lauksaimniecības zemēs, sastop vēl arī anetiskās un endogeiskās sugas *Lumbricus terrestris*, *Aporrectodea caliginosa*, *A.rosea* blīvumā 53 - 346 ind. m<sup>-2</sup>. Novērots, ka slieku kopējais blīvums stipri variē viena meža tipa robežās (Terhivuo and Valovirta, 1978; Terhivuo, 1989; Huhta et al., 1986; Huhta et al., 1998).

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

Bijušās Padomju Savienības Eiropas daļas mēreno reģionu mežu podzolā dominējošā suga ir *Dendrobaena octaedra*, reizēm *Dendrodrilus rubidus tenuis*. To blīvums nepārsniedz 10 ind. m<sup>-2</sup>. Vācijā priežu mežu augsnēm tipiskas ir sugas *Dendrobaena octaedra*, *Lumbricus rubellus*, *Dendrodrilus rubidus tenuis*. Anglijā *mor* augsnēs sastop galvenokārt sugas *Dendrobaena octaedra* un *Bimastos eiseni* (Abrahamsen, 1972).

### 3.4. Slieku sugas meža zemēs Latvijā

Latvijas mežu augšņu slieku fauna ir maz pētīta. Literatūras avotos atsevišķas ziņas var atrast V.Eglīša (Эглитис, 1954) un O.Atlavinītes (Атлавините, 1976)

publicācijās, 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 *Aporrectodea caliginosa* un retāk *Lumbricus 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 *Aporrectodea 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 *Lumbricus rubellus*. Bieži sastopama arī *Lumbricus castaneus*. *Aporrectodea caliginosa* mežos ir salīdzinoši reti. Šī suga raksturīga galvenokārt lauksaimniecības zemēm. Sliekas atrastas dažāda skābuma - pH 3,6 - 7,8, augsnēs (Эглитис, 1954).

Skābajās augsnēs gan mežos, gan pļavās ar pH 4,4 - 5,3 atrodama *Dendrobaena octaedra*. Šī suga apdzīvo augsnes virsējo slāni tieši zem sūnām. *Dendrobaena octaedra* ir nozīme sākotnējos augsnes veidošanās procesos uz iežiem. Arī priežu mežu sausajās smilts augsnēs vienīgā slieku suga ir *Dendrobaena octaedra* blīvumā līdz 10 ind. m<sup>-2</sup>. Mitrākos egļu mežos sastop vairākas slieku sugas *Dendrobaena octaedra*, *Aporrectodea caliginosa* un *Lumbricus rubellus* blīvumā līdz 60 ind. m<sup>-2</sup> (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 *Dendrobaena octaedra* līdz 4 ind. m<sup>-2</sup>. Ļoti reti sastop *Aporrectodea caliginosa* un *Lumbricus rubellus*. Egļu vērī podzolā slieku blīvums ir līdz 40 ind. m<sup>-2</sup> (vidēji 7,2 ind. m<sup>-2</sup>). Dominē *Aporrectodea caliginosa* un *Lumbricus rubellus*. Slapjo kūdraugšņu melnalkšņu audzēs dumbrājā un liekņā sastop 6 sugas blīvumā līdz 296 ind. m<sup>-2</sup>, dominē *Aporrectodea caliginosa*, *Lumbricus rubellus*, *Eiseniella tetraedra*, *Lumbricus terrestris*, *Allolobophora 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. *Aporrectodea rosea* izdalīta kā negatīvs bioindikators meža augšņu piesārņojumam ar cementa rūpnīcas putekļiem. *Aporrectodea rosea* blīvums atkarībā no attāluma līdz kombinātam mainījās sekojoši: 1,5 km attālumā – 5 ind. m<sup>-2</sup>, 6,7 km – 20 ind. m<sup>-2</sup>, 13 km – 60 ind. m<sup>-2</sup>. 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 (Штернбергс, 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<sub>KCl</sub> 3,75) konstatēts attiecīgajam meža tipam neraksturīgi augsts slieku blīvums - 51 ind. m<sup>-2</sup>. Dominē sugas *Lumbricus rubellus* un *Dendrobaena octaedra*. Parauglaukumā ar nomīdītu meža augsni sliekas praktiski netika atrastas, bet mulčētā augsnē (mulčēts 80. gadu sākumā ar kūdru, pH<sub>KCl</sub> 4,58) atrastas 4 slieku sugas blīvumā līdz 164 ind. m<sup>-2</sup>. Dominē sugas *Aporrectodea caliginosa* un *Lumbricus 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<sup>-2</sup>) un 7 (89 ind. m<sup>-2</sup>) sugas. Piloru ozolu gāršā tika konstatēts ievērojams slieku blīvums - 422 ind. m<sup>-2</sup> ar *Aporrectodea rosea* kā dominējošo sugu. Luknas skabāržu gāršā slieku blīvums sasniedza 323 ind. m<sup>-2</sup> ar *Aporrectodea caliginosa* kā dominējošo sugu.

1988.g. pētījumi tika veikti Salacas ielejas krasta nogāzē (melnalkšņu audzes, smilšmāla un malsmilts augsnes) pie Rozēniem. Dažādos Salacas ielejas šķērsprofila elementos tika iekārtototi vairāki parauglaukumi. Melnalkšņu audzēs uz nogāzes tika atrastas 4 slieku sugas blīvumā līdz 152 ind. m<sup>-2</sup>, dominē *Lumbricus castaneus*,

*Lumbricus terrestris*, kā arī *Dendrobaena octaedra*. Horizontālā terasē nogāzes vidū tika konstatēts augstākais līdz šim novērotais slieku blīvums Latvijā 793 ind. m<sup>-2</sup>. Kopā tika atrastas 6 sugas ar *Aporrectodea rosea* (550 ind. m<sup>-2</sup>) kā dominējošo. Ļoti augsts slieku blīvums tika novērots arī upes palienē - 590 ind. m<sup>-2</sup> ar *Dendrobaena octaedra* (208 ind. m<sup>-2</sup>) kā dominējošo sugu (Ventiņš, 1991).

### 3.5. 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 augsnes dzīvniekiem, un kāda ir iespējamā augsnes dzīvnieku ietekme uz šiem procesiem.

Rietumeiropā priežu mežu transformācijas problēmas daudz tiek aplūkotas citā aspektā, t.i. saistībā ar augsnes paskābināšanos un mežu kaļķošanu. Priežu mežu kaļķošana daudzviet tiek veikta lai uzlabotu koku augšanu nabadzīgās augsnēs, gan arī kā pretdarbība 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 neapašaubāmi pozitīvi rezultāti, tad parasti mežu kaļķošanu veic nelielās platībās. Kaļķošanai galvenokārt izmanto kalcija karbonātu CaCO<sub>3</sub>, retāk dzēstos kaļķus Ca(OH)<sub>2</sub> vai pelnus (Persson, 1988).

Augšņu kaļķošanas izraisītās pārmaiņas saglabājas daudzu gadu, pat gadu desmitu ilgā periodā. Jau dažas nedēļas pēc kaļķošnas 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).

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). Attiecība 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 slietu 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 slietu 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 bezmugurklnieku pārtikā kļūst jau pēc 3 mēnešiem. 20% no lapu koku kritalu sadalīšanas veic bezmugurkaulnieki, īpaši slietas. 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). Sliēkas paātrina dažādu procesu norisi augsnē, tajā skaitā arī primārās produkcijas veidošanos un slāpekļa uzņemšanu (Huhta et al., 1998). Lielbritānijā, salīdzinot sliēku 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 *Aporrectodea caliginosa* sliēku introdukcijas (Robinson et al., 1992b).

Barības piemērotība sliēkām 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 sliēku dzīvības procesos. Tas ir viens no galvenajiem faktoriem, kas nosaka sliēku izplatību. Augsnēs ar pH <4,3, dominē *Dendrobaena 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 *Lumbricus rubellus* ielien augsnēs tikai tad, ja skābums nav zemāks par pH 4. Sliēkas ir ļoti jutīgas 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 *Aporrectodea caliginosa* ir noskaidrots, ka sliēkas pret pH izmaiņām ir jutīgākas kā pret kalcija jonu izmaiņām. Koprolītu produkcija pieaug, pieaugot pH un kalcija līmenim, bet nepieaug, pieaugot kalcija līmenim pie nemainīga pH (Springett and Syers, 1984).

Eksperimentos ir konstatēts, ka sliēku blīvums pēc kaļķošanas parasti pieaug. Švercvaldē Vācijā 3 - 4 gadus pēc kaļķošanas ( $\text{CaCO}_3$ , 2000 kg ha<sup>-1</sup>) sliēku skaits

(galvenokārt *Lumbricus rubellus*) pieauga no 2 - 10 līdz 50 - 60 ind. m<sup>-2</sup>. Arī vairākos citos pētījumos atzīmēts par ievērojamu *Lumbricus rubellus* blīvuma pieaugumu pēc kaļķošanas (Persson, 1988).

Zviedrijā pēc dolomīta miltu pielietošanas egļu mežos 2 gadu laikā slieku blīvums palielinājās vairāk kā divas reizes, no 116 līdz 260 ind. m<sup>-2</sup> ar izteiktu *Dendrobaena octaedra* dominanci. Pārējās sugas *Dendrodrilus rubidus tenuis*, *Lumbricus rubellus*, *Aporrectodea caliginosa* sastādīja 11 - 14%. Jāpiezīmē, ka pēc kaļķošanas sugu dominances struktūra netika izjaukta. Vācijā pēc egļu mežu kaļķošanas (CaCO<sub>3</sub> 5000 kg ha<sup>-1</sup>), slieku blīvums humusa slānī 7 gadu laikā pieauga vairākkārt - līdz 215 ind. m<sup>-2</sup>, galvenokārt sugas *Dendrobaena octaedra*, *D.illyrica*, *Dendrodrilus rubidus tenuis*. Ziemeļīrijā egļu mežos 6 gadus pēc kaļķošanas (CaCO<sub>3</sub> 10000 kg ha<sup>-1</sup>) novēroja būtisku *Lumbricus rubellus* un *Dendrobaena octaedra* populāciju pieaugumu. Arī mēslojot skuju koku mežus ar amonija nitrātu, izdedžiem un dolomīta miltiem slieku blīvums ievērojami pieaug (Persson, 1988).

Somijā tika veikti eksperimenti ar slieku *Aporrectodea 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, *Aporrectodea caliginosa* blīvums sasniedza 131 ind. m<sup>-2</sup>. Te sliekas bija sastopamas pat augsnes minerālajā daļā. Būtiski pieauga arī *Lumbricus rubellus* populācija, kamēr *Dendrobaena octaedra* skaits neizmainījās. Tika novērots, ka *Aporrectodea caliginosa* klātbūtne reducē *Dendrobaena octaedra* populāciju. Arī starp *Aporrectodea caliginosa* un *Lumbricus rubellus* blīvumu novēroja negatīvu korelāciju (Persson, 1988).

### 3.6. Priežu mežu eitrofikācija un transformācija

Pēdējās desmitgadēs Latvijas veģetācijā novēro intensīvas izmaiņas, ko izraisa atmosfēras nosēdumi, klimatiskās pārmaiņas un izmaiņas zemes lietošanā. Augu sabiedrības kļūst nestabilākas, tajās agresīvi izplatās daudzas Latvijas veģetācijai neraksturīgas svešzemju sugas (Laiviņš, 1998).

Kopumā augāja antropogēno fitocenogēni priežu mežos šobrīd raksturo vairāki procesi, kuru pamatcēlonis ir augtēnes 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 un Laiviņa, 1991; Laiviņš, 1998).

Klimatam pasiltinoties sugu izplatības areāli pārvietojās ziemeļu virzienā. Diennakts un sezonālās temperatūru svārstības kļūst izlīdzinātākas, un būtiski palielinās augtēņu 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 augtēnēs. Tas ir cēlonis augsnes virskārtas skābuma samazinājumam, virskārtas struktūras un humusvielu izmaiņām, un dzīvo organismu biomasas pieaugumam (Laiviņš et al., 1993; Мелецис, 1985).

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

Mežu transformācija ir tieši saistīta ar augšņu pakāpenisku eitrofikāciju, kā rezultātā palielinās augiem nepieciešamo barības vielu daudzums, un skābuma samazināšanos, kas ievērojami veicina jaunu sugu ieviešanos. Augtēnei 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, jādoma, ka priede mežos pilnībā tiks nomainīta ar citām koku sugām (Laiviņš un 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 augtņu 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).

### **3.7. 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 and 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. Sliemas un saprofāgā augsnes fauna ir būtisks faktors humusa strukturācijā. Rezultātā izmainās podzols, un sāk veidoties *mull* humuss (Lee, 1985; Deleporte and 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. *Dendrobaena octaedra* izjauc robežas starp augsnes organiskajiem slāņiem, sajaucot virsējos organisko vielu horizontus. Tām ir maza ietekme uz minerālaugsni, tāpat tās maz ietekmē augsnes fizikālo struktūru un barības vielu pieejamību augsnē. *Aporrectodea sp.* sliekas, *Lumbricus rubellus*, *L. terrestris* intensīvi sajauc virsējos zemsegas slāņus ar minerālslāņiem 25 – 30 cm dziļumā. To 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<sub>h</sub> horizontu. Šāda augsnes struktūra ir raksturīga Eiropas lapu koku mežiem (Frelich et al., 2006). *Lumbricus terrestris* un *Aporrectodea caliginosa* klātbūtnē skābajās augsnēs palielinās humusa organisko vielu saturs, un samazinās skābums augsnes virspusē un humusā (Ráty, 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 (apeses, bērzi) klātbūtne skuju koku mežos sekmē vairāku slieku sugu ieviešanos. Parasti tās ir tolerantas pret augsnes skābumu un zemu barības kvalitāti zemsegā (piemēram, *Dendrobaena octaedra*) (Frelich et al., 2006).

Laboratorijas eksperimentos Kanādā novērots, ka ieviešot *Dendrobaena octaedra* nabadzīgajās priežu mežu augsnēs blīvumā 200 – 300 ind. m<sup>-2</sup>, jau pēc 6 mēnešiem O horizonts pilnībā sastāv no slieku koprolītiem, un sāk veidoties rudimentārs A<sub>h</sub> 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 *Dendrobaena octaedra* un augsnes makrofauna nomāc mikroskopisko sēņu darbību, bet stimulē baktēriālo darbību (McLean and Parkinson, 1997).

*Lumbricus rubellus* klātbūtnē novēro intensīvu organisko vielu mineralizāciju. *Lumbricus rubellus* intensīvi piedalās augsnes zemsegas slāņa noārdīšanā, labvēlīgi ietekmējot augsnes procesus un koku augšanu (Haimi and Boucelham, 1991). Barībai

izejot cauri *Lumbricus rubellus* gremošanas sistēmai, koprolītos palielinās oglekļa šķīstošo savienojumu koncentrācija, mitruma saturs un mikrobiālā aktivitāte (Daniel and Anderson, 1992). Sliiekām mežu augsnēs ir pozitīva ietekme uz mikroorganismiem. Tās sekmē miorīzas veidošanos (Haimi and Einbork, 1992). Pētījumos Īrijas egļu mežu augsnēs konstatēts, ka *Aporrectodea caliginosa*, *Allolobophora chlorotica*, *Lumbricus terrestris* koprolīti samazina augsnes mitruma svārstības, kā arī šķīstošo organisko vielu izskalošanos. Sliieku ietekmē mineralizācijas process noris ātrāk kā bez sliiekām (McInerney et al., 2001). *Aporrectodea caliginosa* klātbūtnē būtiski pieaug apmaiņas kālija saturs (Basker et al., 1992). Konstatēts, ka eksperimentālajos variantos ar sliiekām bērzu stādi pieaug ievērojami ātrāk. Tie veido garākus, slaidākus stumbrus, lapas ir lielākas un zaļākas. Lapu, stumbra un sakņu biomasa pieaug pat divas reizes (Haimi and Einbork, 1992; Haimi et al., 1992).

### 3.8. Latvijas sliieku sugu ekoloģiskais raksturojums

*Dendrobaena octaedra*. Nelielas 20 – 60 mm garas sliiekas tumši sarkani violetā krāsā. Ķermeņa forma aiz jostiņas četrstūraina. Ekoloģiski eirivalentākā no visām ziemeļu palearktiskajām sugām. Acidofīla, sastopama pat meža augsnēs ar skābumu pH 3,3 - 3,5 un zemāk (Dunger, 1983; Terhivuo, 1988). Sliiekas barojas ar detritu un ir tipiski epigeiskas sliiekas - augsnes humusa horizonta virspuses apdzīvotājas. Tās sastopamas pat Arktiskajos kalnos un salās. *Dendrobaena octaedra* nozīme augsnes humusa veidošanā ir neliela. Nelabvēlīgos apstākļos *Dendrobaena octaedra* neveic vertikālas migrācijas, un diapauze tām neiestājas. Sliiekas saglabā aktivitāti arī siltās ziemās. To kokoni ir salizturīgi. Tie labi pacieš  $-10^{\circ}$  -  $-20^{\circ}$  C temperatūras, izdzīvojot pat pie  $-40^{\circ}$  C (Terhivuo, 1989b; Holmstrup et al., 1990; Berman et al., 2001; Leirikh et al., 2004; Hale et al., 2006). Sliieku reprodukciju nodrošina obligātā partenogēze un lielais producēto kokonu skaits. *Dendrobaena octaedra* ir raksturīga poliploīdija (Terhivuo, 1989a).

*Dendrodriilus rubidus tenuis*. Nelielas 30 – 60 mm garas sliiekas, sarkani violetā krāsā ar tumšāku dorzālo pusi. Sliiekas ir eirivalentas, ekoloģiski un bioloģiski ļoti tuvas

*Dendrobaena octaedra*. Visās augsnēs sastopama nelielā skaitā (Terhivuo and Valovirta, 1978; Атлавините, 1975). Arī šīm sliekām ir sastopamas poliploīdas un partenogēnētiskas formas. Iespējams, ka *Dendrodrilus rubidus tenuis* ir nevis atsevišķa pasuga, bet gan kāda no nominālsugas *Dendrodrilus rubidus rubidus* morfoloģiskajām formām (<http://earthworms.elte.hu>).

*Dendrodrilus 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 *Dendrodrilus rubidus subrubicundus* ir nevis atsevišķa pasuga, bet gan kāda no nominālsugas *Dendrodrilus rubidus rubidus* morfoloģiskajām formām (<http://earthworms.elte.hu>).

*Lumbricus rubellus*. Vidēji lielas sliekas 33 – 150 mm. Krāsa tumši sarkana – violeta. Astes daļa nedaudz saplacināta. *Lumbricus 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 *Aporrectodea caliginosa* (Huhta and Kulmala, 1985). Nelabvēlīgos klimatiskos apstākļos sliekas migrē augsnes dziļākajos slāņos. Tām nav novērota diapauze. *Lumbricus 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 *Lumbricus rubellus* ir viena no eirivalentākajām sugām. Tomēr to blīvums parasti korelē ar augsnes auglību un skābumu (Terhivuo and Valovirta, 1978; Атлавините, 1975). *Mor* humusa augsnēs sliekas atrodamas nelielā blīvumā. To izplatību nabadzīgajos augšņu tipos ierobežo barības trūkums – koku un lakstaugu lapas (Huhta and Kulmala, 1985).

*Lumbricus 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 neitrālām 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 *Lumbricus castaneus* var arī migrēt uz augsnes dziļākiem slāņiem.

*Lumbricus terrestris*. Dižslika. 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). *Lumbricus terrestris* ir ļoti nozīmīgas augsnes humusa un struktūras veidotājas. Tā ir parasta suga lapu koku mežos, pļavās, arī kultūraugsnēs. Nelabvēlīgos apstākļos un draudot briesmām *Lumbricus terrestris* migrē augsnes dziļākajos slāņos.

*Allolobophora chlorotica chlorotica*. Zaļā tūrumslieka. 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 tūrumos, dārzos, pļavās, kur var būt arī dominējošā suga. Sliekas ir geofāgas. Tās barojas un apdzīvo augsnes minerālos slāņus, un ir nozīmīgas augsnes veidošanās procesos (Lee, 1985; Terhivuo, 1988; Satchell, 1967). Sliekas ir ļoti sala jūtīgas pat kokonu stadijā (Hale et al., 2006). *Allolobophora chlorotica chlorotica* sastop divās krāsu formās - zaļā un sārtā. Zaļo krāsu sliekām dod bilīnu pigmenti, kas ir heterociklisko aromātisko savienojumu porfirīnu metaboliskie produkti. Zaļā formas sliekas parasti dzīvo mitrākās, sārtās – sausākās augsnēs. Zaļajām sliekām ir būtiski lielāks augšanas ātrums, arī kokonu producēšana ir intensīvāka. Sausums to attīstību un izdzīvošanu ievērojami nomāc. Sārtās formas sliekas ir sausumizturīgākas, un mitruma izmaiņas to 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 monomorfās. Ģenētiskie pētījumi liecina, ka sārtā forma dominē pār zaļo. Slieku heterozigotiskie pēcnācēji parasti ir vai nu pilnībā, vai daļēji

sterīli (Satchell, 1967; Lowe and Butt, 2007). Iespējams, ka runa ir par divām dažādām sugām – *Allolobophora chlorotica* un jau 19. gadsimtā kā atsevišķu sugu aprakstīto *Allolobophora virescens* (Lowe and Butt, 2008).

*Aporrectodea 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 and Kulmala, 1985). Sliēkas 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. *Aporrectodea caliginosa* ir viena no nozīmīgākajām humusa veidotājām sugām (Стриганова, 1980). Atkarībā no sezonas sliekas ir atrodamas 0 – 40 cm dziļumā (Abrahamsen, 1972; Атлавините, 1975). *Aporrectodea caliginosa* spēj reproducēties gan partenogēnētiski, gan bipariētāli. Var veidot arī poliploīdas formas (Terhivuo, 1988).

*Aporrectodea 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). Sliēkas pārsvarā ir geofāgas un apdzīvo augsnes minerālo slāni, bet reizēm izlien augsnes virspusē, lai ievilkto alās kritušās lapas. *Aporrectodea 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.

*Aporrectodea 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. Sliēkas reproducējas galvenokārt partenogēnētiski, bet spēj vairoties arī bipariētāli.

*Aporrectodea rosea* veido dažādas partenogēnētiskas morfas. Sliēkas ir endogēiskas. Tās dzīvo un barojas augsnes minerālajā slānī, tomēr priekšroku dod ar organiskām vielām bagātākajam detritam (Lee, 1985; Satchell, 1955; Terhivuo, 1988; <http://earthworms.elte.hu>).

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

*Octolasion lacteum*. Vidēji liēlas sliēkas 30 – 180 mm. Parasti nepigmentētas – zilgani pelēcīgas (Перель, 1979). Liēla variabilitāte, jo veido daudz partenogēnētiskas formas. Endogēiskas, dzīvo augsnes minerālajā daļā. *Octolasion lacteum* priekšroku dod mitrām, ar Ca bagātām augsnēm. Parasti lielā blīvumā sastopamas ūdenskrātuvju palieņu augsnēs (<http://earthworms.elte.hu>).

*Eiseniella tetraedra*. Mazas, dzeltenīgi brūnas sliēkas 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. Sliēkas ir partenogēnētiskas un veido dažādas partenogēnētiskas formas (Terhivuo, 1988; <http://earthworms.elte.hu>).

*Eisenia foetida*. Mēslu sliēkas. Neliēlas – vidēji liēlas 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 *Eisenia foetida*. Sliēkas Latvijā ir ievazātas, un to izplatība šeit ir saistīta ar apdzīvotām vietām. Sliēku dabiskais areāls ir Kaukāzs un Krievijas meža stepju zona, kur sliēkas atrod zem kritušo koku mizas un pūstošā augu

materiālā. Sliekām ir savdabīgs aizsardzības mehānisms – apdraudētas, tās spēj no muguras porām izspiest dzeltenu, smirdīgu šķidrumu. *Eisenia foetida* ir augsts vairošanās ātrums. Tās nobriest 2,5 - 3 mēnešos, labvēlīgos apstākļos izveidojot pat 3 - 4 paaudzes gada laikā (<http://earthworms.elte.hu>). *Eisenia foetida* tiek kultivētas kā dzīvnieku barības objekts, makšķernieku vajadzībām, olbaltumvielu iegūšanai un atkritumu kompostēšanai. *Eisenia foetida* ir selekcionētas vairākas kultūrformas.

## 4. PĒTIJUMA MATERIĀLS UN METODES

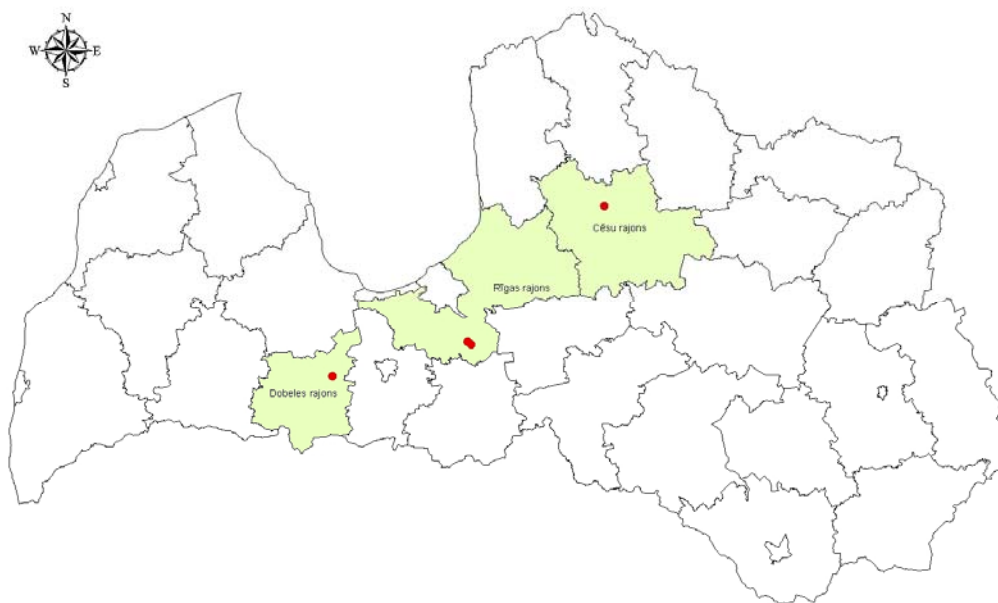
### 4.1. Lietotās pētījumu metodes lauksaimniecībā izmantojamās zemes pārraudzības sistēmas ietvaros

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 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, kā arī 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 (4.1.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. Šajos laukos katru gadu tika noteikti augsnes aramkārtas agroķīmisko īpašību rādītāji.



**4.1. attēls. Lauksaimniecībā izmantojamās zemes pārraudzības sistēmas ietvaros izvēlētās slietu paraugu ņemšanas vietas (●)**  
(ORTOFOTO 3. LĢIA Latvijas 3. etapa ortofoto karšu mozaīka. LU ĢZZF WMS. Skatīts 01.01.2010. Pieejams <http://kartes.geo.lu.lv/wms.html>)

#### **4.1.1. Lauksaimniecībā izmantojamās zemes pārraudzības sistēmas parauglaukumu raksturojums**

**Novērojumu vieta Priekuļos.** Novērojumu vieta atrodas Cēsu rajona Priekuļu pagastā, Ziemeļlatvijas morēnu līdzenumā un paugurainē (4.1.att.). Priekuļos tika izdalīti divi blakus novietoti parauglaukumi – Priekuļi 1 (parauglaukuma piesaistes punkta koordinātes: 57°18'29" Z. pl.; 25°20'26" A. gar.) un Priekuļi 2 (57°18'26" Z. pl.; 25°20'25" A. gar.), attiecīgi ar augstāku un zemāku reljefa novietojumu. Zemes

lietošanas veids – tīrums, ko intensīvi apsaimniekoja Priekuļu selekcijas stacija (Priekuļu SIS). Platība 1957. – 1960. gadā tika meliorēta.

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).

**4.1. tabula**

**Augšņu ķīmisko īpašību rādītāji komplekso novērojumu vietās Priekuļi 1 un Priekuļi 2 dažādos augsnes horizonta dziļumos**  
\* Trūdvielu horizonta apakšējā robeža ir 30 – 37 cm

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

Dati par augšņu ķīmiskajām īpašībām ir apkopoti 4.1. tabulā, bet par audzētajām kultūrām un veiktajiem agrotehniskajiem pasākumiem ir apkopoti tabulās 5.2. tabulā (Priekuļi 1) un 5.3. tabulā (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.).



**4.2. attēls. Priekulju novērojumu vietas parauglāukumi**  
 (ORTOFOTO 3. LĢIA Latvijas 3. etapa ortofoto karšu mozaīka. LU ĢZZF WMS. Skatīts 01.01.2010. Pieejams <http://kartes.geo.lu.lv/wms.html>)

**Novērojumu vieta Dobeļē.** Novērojumu vieta atrodas Dobeles rajona Dobeles pagasta “Ustupjos” Kurzemes morēnu pauguraines un līdzenuma apakšrajonā – Austrumkurzemes morēnu paugurainē un līdzenumā (4.2.att.). Te tika izdalīti 2 blakus novietoti parauglāukumi – Dobele 1 ( $56^{\circ}37'12''$  Z. pl.;  $23^{\circ}19'16''$  A. gar.) un Dobele 2

(56o37'12" Z. pl.; 23o19'18" A. gar.), attiecīgi ar augstāku un zemāku reljefa novietojumu. Zemes lietošanas veids – tīrums. Lauks 1974. gadā ir nosusināts ar māla cauruļu drenāžu.

**4.2. tabula**

**Augšņu ķīmisko īpašību rādītāji komplekso novērojumu vietās Dobeļe 1 un Dobeļe 2  
dažādos augsnes horizonta dziļumos  
\* Trūdvielu horizonta apakšējā robeža ir 30 – 37 cm**

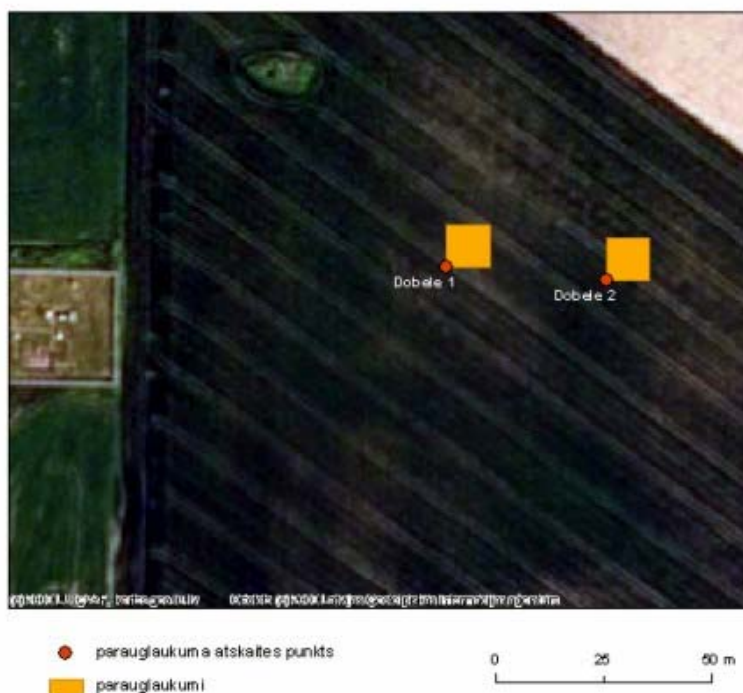
Rādītāji	Dobeļe 1		Dobeļe 2	
	0 – 20cm	20 – 37cm*	0 – 20 cm	20 – 40 cm
<b>pH<sub>KCl</sub></b>	7,2	7,2	7,1	6,9
<b>Org. viela %</b>	2,38	0,74	1,65	0,74
<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> mg/kg</b>	124	27	124	13
<b>K<sub>2</sub>O mg/kg</b>	67	41	97	67
<b>Sakārtas blīvums g/cm<sup>2</sup></b>	1,44	1,64	1.53	1,59

Parauglaukumā ar augstāku novietojumu Dobeļe 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 augšņu ķīmiskajām īpašībām ir apkopoti 4.2. tabulā, bet par audzētajām kultūrām un veiktajiem agrotehniskajiem pasākumiem abos parauglaukumos ir apkopoti tabulā 5.5. tabulā. 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.

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.).



**4.3. attēls. Dobeles novērojumu vietas parauglāukumi**  
 (ORTOFOTO 3. LĢIA Latvijas 3. etapa ortofoto karšu mozaika. LU ĢZZF WMS. Skatīts 01.01.2010. Pieejams <http://kartes.geo.lu.lv/wms.html>)

**Novērojumu vieta Baldonē.** Novērojumu vieta atrodas Rīgas rajona Baldones pagasta “Mašēnos” Piejūras smilšainā zemienē (4.4.att.). Baldonē tika izdalīti divi blakus novietoti parauglāukumi – Baldone 1 ( $56^{\circ}45'6''$  Z. pl.;  $24^{\circ}20'16''$  A. gar.) un Baldone 2 ( $56^{\circ}45'4''$  Z. pl.;  $24^{\circ}20'12''$  A. gar.), 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).

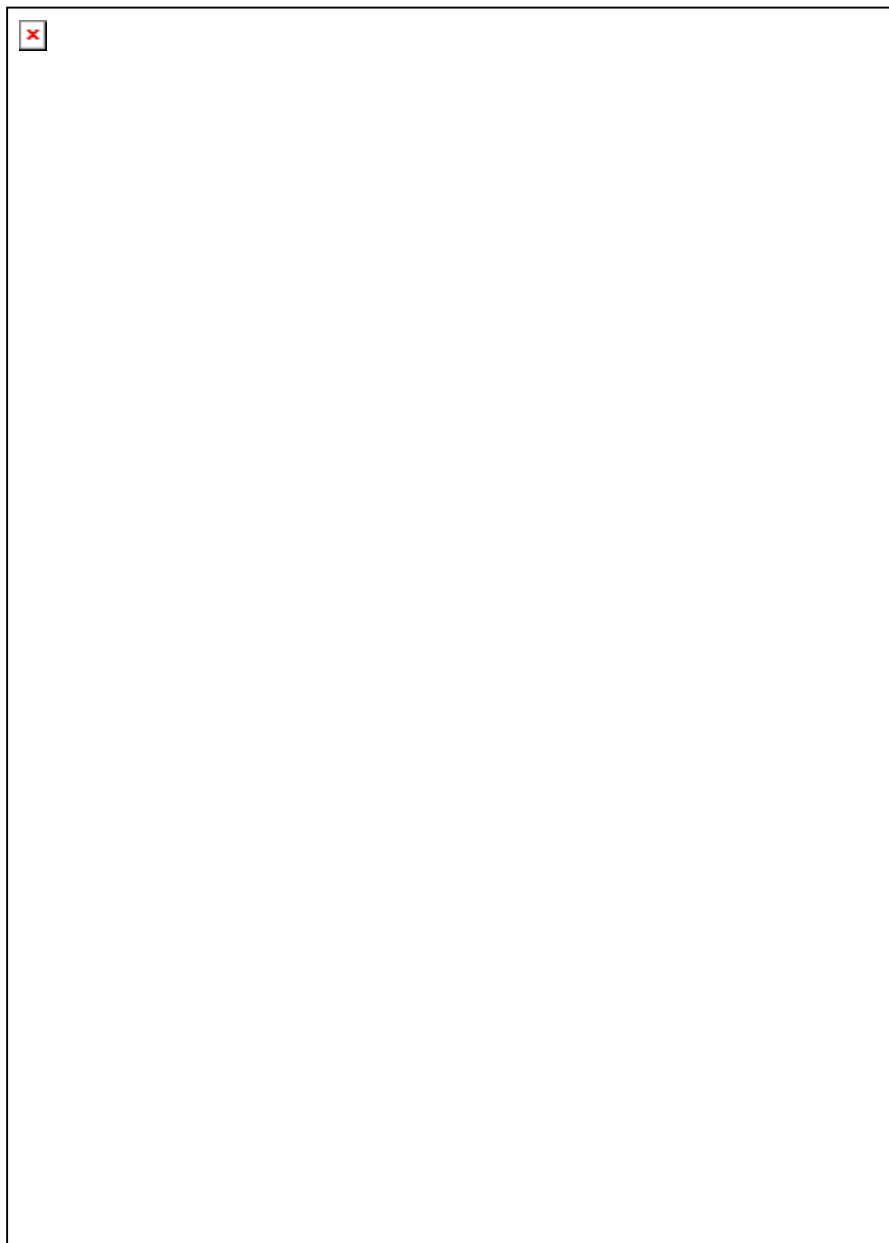
Parauglaukumā ar zemāku novietojumu Baldone 2 augsnes tips ir velēnu podzolēta glejota iluviāla dzelzs-humusa smilts augsne (Velēnpodzolētā glejotā augsne).

Dati par augšņu ķīmiskajām īpašībām ir apkopoti 4.3. tabulā. Baldones parauglaukumos novērojumu periodā tika audzētas daudzgadīgās stiebrzāles ar kamolzāles pārsvaru. Platības izmantoja ganībām un siena pļaušanai. 1992. gadā platības tika mēslotas 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.

**4.3. tabula**

**Augšņu ķīmisko īpašību rādītāji komplekso novērojumu vietās Baldone 1 un Baldone 2 dažādos augsnes horizonta dziļumos**

Rādītāji	Baldone 1		Baldone 2	
	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
$P_2O_5$ mg/kg	604	160	564	136
$K_2O$ mg/kg	65	90	47	112
Sakārtas blīvums $g/cm^2$	1,43	1,43	1,24	1,25



**4.4. attēls. Baldones 1, Baldones 2 un Baldones K novērojumu vietas parauglaukumi**  
(ORTOFOTO 3. LĢIA Latvijas 3. etapa ortofoto karšu mozaika. LU ĢZZF WMS. Skatīts  
01.01.2010. Pieejams <http://kartes.geo.lu.lv/wms.html>)

**Novērojumu vieta Baldone K.** Novērojumu vieta atrodas Rīgas rajona Baldones pagasta “Jaunbrikās” Piejūras smilšainā zemienē (4.4.att.) ( $56^{\circ}45'44''$  Z. pl.;  $24^{\circ}18'51''$  A. gar.). 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 4.4. tabulā. Parauglaukumā novērojumu perioda laikā tika audzētas daudzgadīgās stiebrzāles. Platības izmantoja ganībām un siena pļaušanai. 1992. gadā tās tika mēslootas ar superfosfāta un kālija hlorīda mēslojumu, kā arī kaļķotas 3,5 t ha<sup>-1</sup>.

**4.4. tabula**

**Augšņu ķīmisko īpašību rādītāji komplekso novērojumu vietā Baldone K dažādos augsnes horizonta dziļumos**

Rādītāji	0 – 20 cm	20 – 40 cm
pH <sub>KCl</sub>	5,03	5,4
Org. viela %	89,0	87,0
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> mg/kg	89	59
K <sub>2</sub> O mg/kg	138	122
Sakārtas blīvums g/cm <sup>2</sup>	0,29	0,36

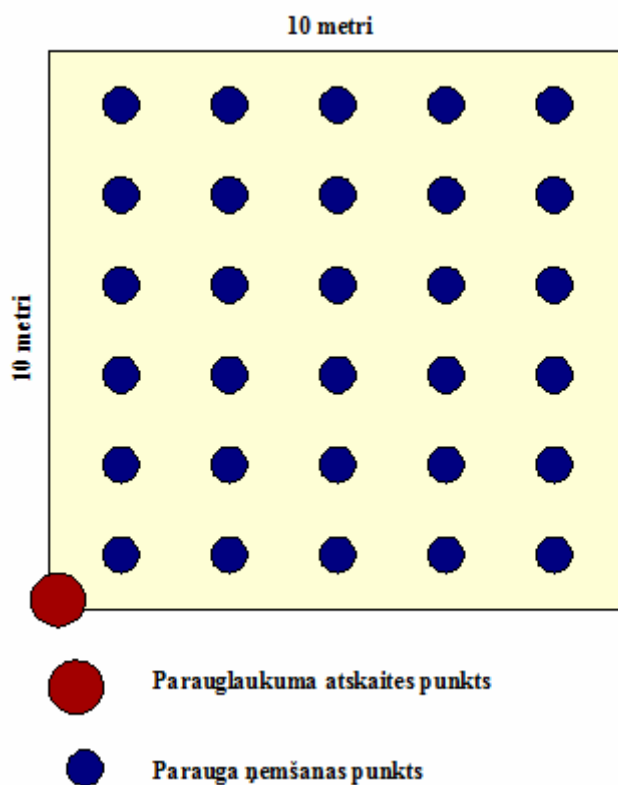
#### 4.1.2. Paraugu ievākšana un rezultātu apstrāde lauksaimniecībā izmantojamās zemes pārraudzības sistēmas parauglaukumos

Katrā parauglaukumā ar metāla augsnes urbi ar diametru 9,6 cm (urbja atveres laukums: 72,35 cm<sup>2</sup>) randomizēti tika ievākti 30 augsnes paraugi (4.5.att.). Paraugi tika ņemti līdz 25 cm dziļumam. Viena augsnes parauga aptuvenais tilpums – 1800 cm<sup>3</sup>. 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 (pēc noteicēja - E.Tauriņš, E.Ozols „Latvijas PSR dzīvnieku noteicēja 1: Bezmugurkaulnieki” 1957; saskaņots ar

R.V.Sima slietu taksonomisko sarakstu (Sims, 1983; Sims and Gerard, 1985)) un uzskaitītas laboratorijā ar binokulārās lupas palīdzību.

Iegūto rezultātu būtiskums pārbaudīts ar dispersijas analīzi izmantojot *Microsoft Excel* programmatūru. Lai salīdzinātu slietu sadalījuma vienmērīgumu parauglaukumos, katra parauglaukuma slietu vākumiem tika aprēķināts variācijas koeficients.



4.5. attēls. Paraugu ievākšanas shēma Lauksaimniecībā izmantojamās zemes pārraudzības sistēmas parauglaukumos

## **4.2. Lietotās pētījumu metodes atmosfēras piesārņojuma un rekreācijas ietekmes izpētei uz slietu cenzēm oligotrofo priežu mežu augsnēs**

### **4.2.1. 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 rekreācijas vajadzībām (Laiviņš un Laiviņa, 1991; Laiviņš et al., 1998).

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

### **4.2.2. Jūrmalas mežu parauglaukumu raksturojums**

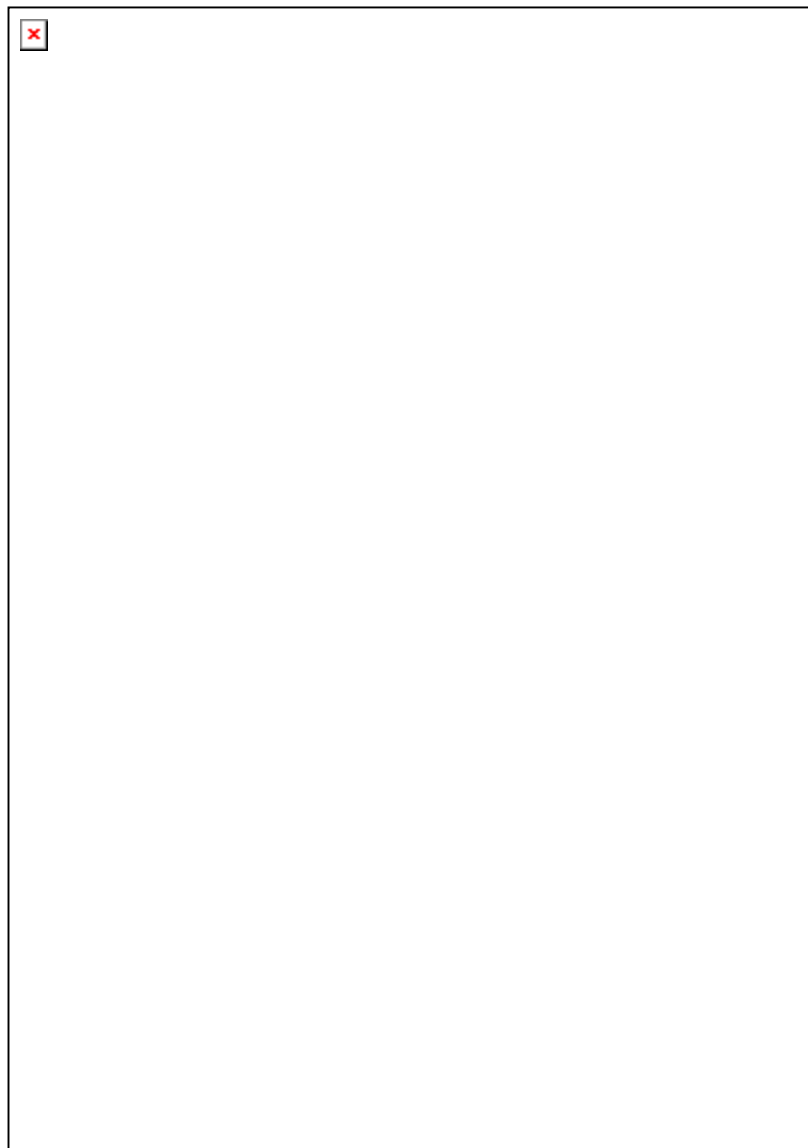
Jūrmalas priežu meži pēdējos gadu desmitus tiek pakļauti arvien pieaugošai antropogēnai slodzei. Mežos tiek izjauktas dabiskās augu sabiedrības. Pieaug eitrofilo sugu īpatsvars. Meža sugas izspiež ruderālie augi un nezāles. Izmainās augsne – samazinās augsnes skābums, intensificējās organisko vielu aprīte. Lai noteiktu urbanizācijas un industrializācijas procesu ietekmi uz Jūrmalas mežiem 1988. gadā tika veikti 77 skuju koku mežu biomu ģeobotāniskie apraksti (Laiviņš un Laiviņa, 1991).

Slieku 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 (4.6. un 4.7.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 un Laiviņa, 1991) un M.Laiviņa mutiskās ziņas.

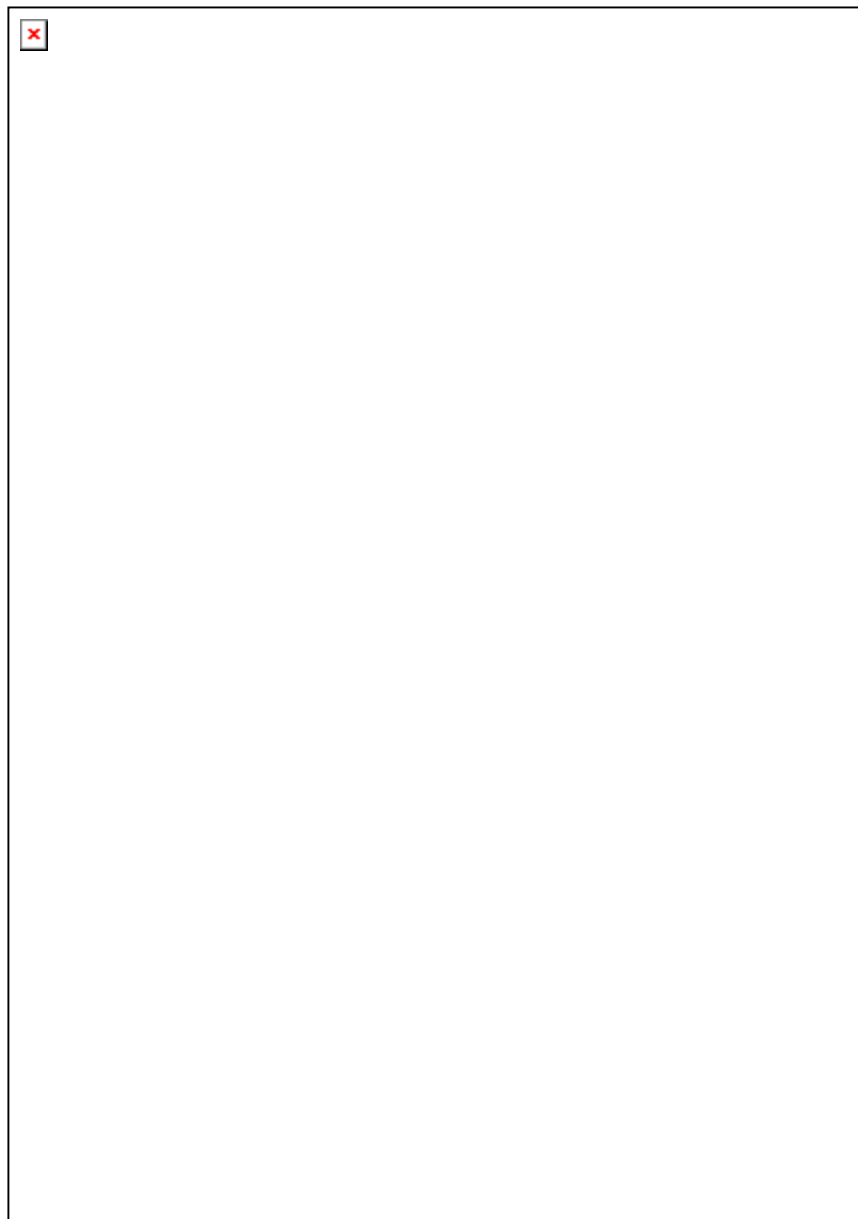
Divi parauglaukumi tika iekārtoti nepārveidotos, pamatasociācijai *Vaccinium Myrtilli* – *Pinetum* atbilstošos mežos Pumpuros (parauglaukuma apzīmējums – Pumpuri; 56°57'20"Z. pl.; 23°44'9"A. gar.) un Jaundubultos (Jaundubulti; 56°57'19"Z. pl.; 23°44'35"A. gar.). Augsnes skābums - pH<sub>KCl</sub> 3,5 un 3,8 attiecīgi (4.5.tab.).

Divi parauglaukumi iekārtoti Vaivaros (Vaivari; 56°56'38"Z. pl.; 23°39'26"A. gar.) un Bulduros (Bulduri 1; 56°58'51"Z. pl.; 23°50'18"A. gar.) – 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*, *I.paviflora* un *Festuca ovina*. Krūmu stāvā vērojams *Quercus robur*, *Acer platanoides*, *Sorbus aucuparia* un *Betula pendula* īpatsvara pieaugums. Augsnes skābums O horizontā pH<sub>KCl</sub> 4,4 un 3,9 attiecīgi (4.5.tab.).

2 parauglaukumi, kas reprezentē eitroficētus priežu mežus Bulduros (Bulduri 2; 56°58'50"Z. pl.; 23°50'19"A. gar.) un Dzintaros (Dzintari; 56°58'47"Z. pl.; 23°49'49"A. gar.), tika izdalīti antropogēnajā asociācijā *Sambuco racemosae* – *Pinetum*. Tai raksturīga sūnu un mētrāju nomaiņa 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 *Rubus idaeus*, *Impatiens parviflora*, *Festuca rubra* un *F.ovina* u.c. lakstaugu sugas. Augsnes skābums O horizontā ir pH<sub>KCl</sub> 5,2 un 4,8 attiecīgi (4.5.tab.). O horizontā palielinās lapu atlieku, koku un graudzāļu sakņu īpatsvars, sāk noārdīties rupjais *mor* humuss un veidoties mīkstais trūds.



**4.6. attēls. Jūrmalas novērojumu vietas parauglaukumu izvietojums  
(ORTOFOTO 3. LĢIA Latvijas 3. etapa ortofoto karšu mozaīka. LU ĢZZF WMS. Skatīts  
01.01.2010. Pieejams <http://kartes.geo.lu.lv/wms.html>)**



**4.7. attēls. Jūrmalas novērojumu vietas parauglāukumu izvietojums**  
(ORTOFOTO 3. LĢIA Latvijas 3. etapa ortofoto karšu mozaīka. LU ĢZZF WMS. Skatīts  
01.01.2010. Pieejams <http://kartes.geo.lu.lv/wms.html>)

4.5. tabula

Augsnes virsējie horizonti un to ķīmiskās īpašības Jūrmalas parauglaukumos  
\* parauglaukumos Bulduri 2 un Dzintari izdalīti arī pārejas horizonti A<sub>h</sub>E

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

#### 4.2.3. Saulkalnes mežu parauglaukumu raksturojums

Saulkalnes transekta parauglaukumi atrodas Rīgas rajona Salaspils lauku teritorijā Piejūras smilšainā zemienē. Dabiskie vides apstākļi parauglaukumos ir līdzīgi (Laiviņš 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.

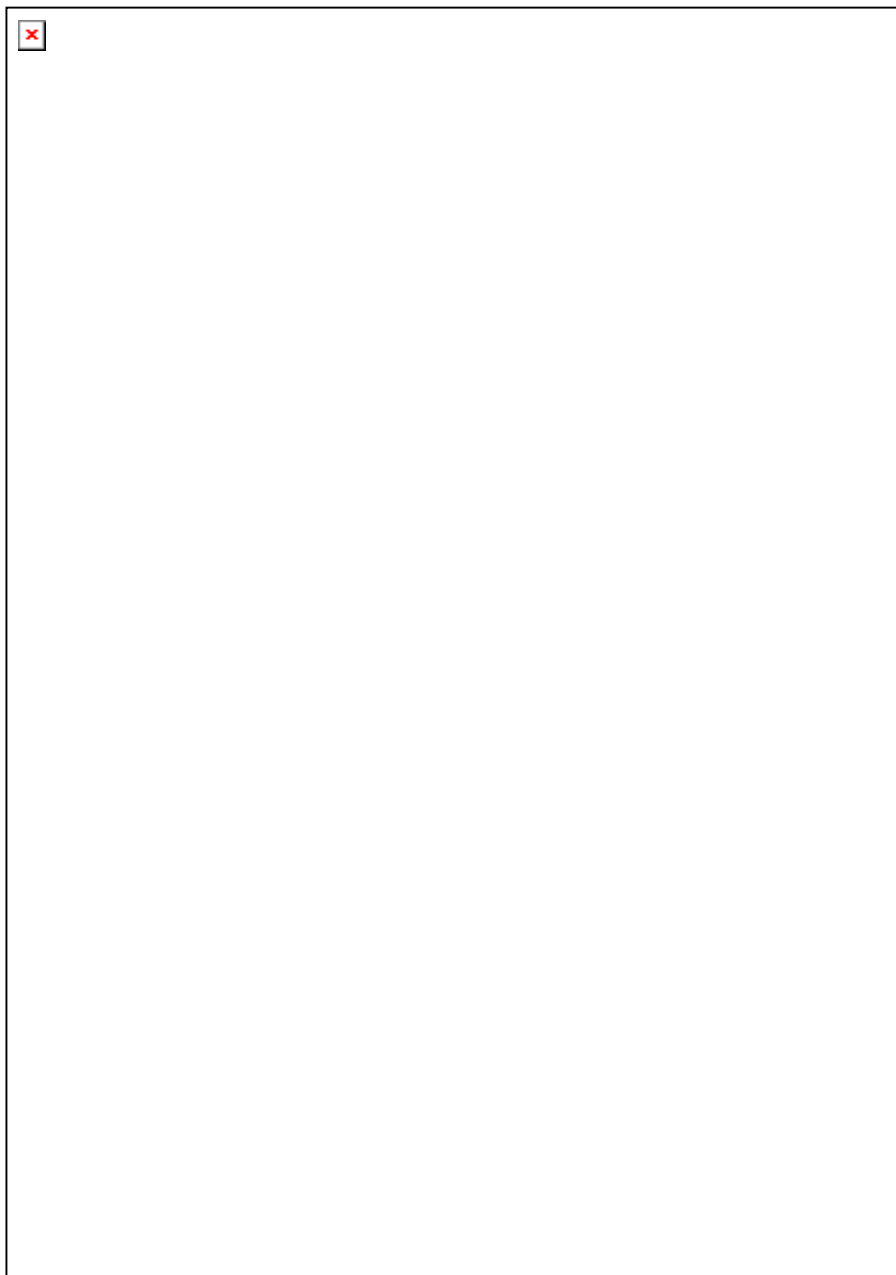
Saulkalnes rūpnieciskajā zonā šobrīd darbojas divi uzņēmumi – SIA “Saulkalne S” piederošais dolomītu pārstrādes kombināts un SIA “A.C.B” asfaltbetona rūpnīca “Lazdiņas”. Uzņēmumi atrodas 20 km attālumā no Rīgas - Rīgas rajonā, Saulkalnē pie

Rīgas – Daugavpils šosejas tikai 200 m attālumā viena no otras. Vēl pagājušā gadsimta astoņdesmitajos gados abas ražotnes darbojās ar pilnu jaudu, radot spēcīgu piesārņojošu vielu emisiju. 80. - 90. gadu mijā tās krasi samazināja ražošanas apjomus. Sākot ar 1996. gadu, rūpnīcu darbība pilnībā atjaunojās (Vaivara, 2006).

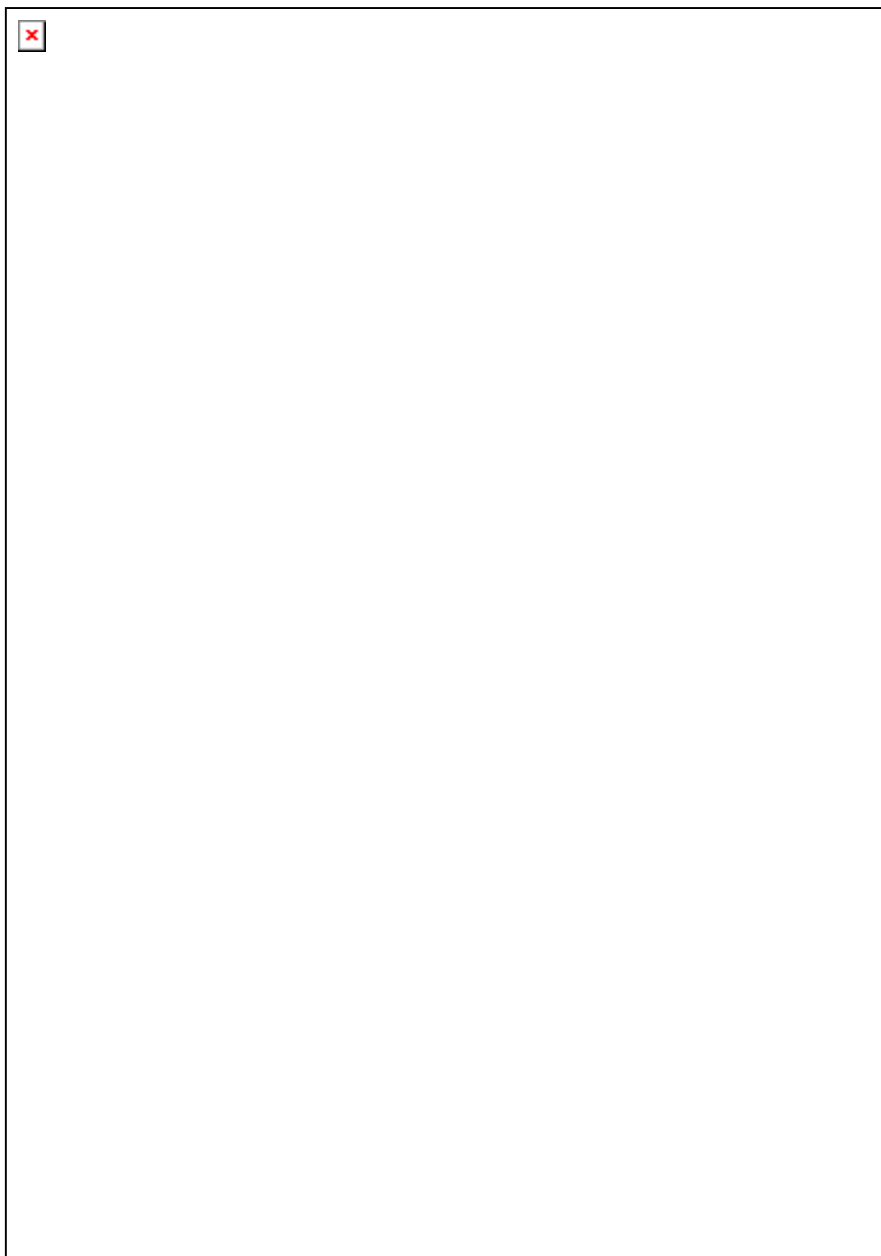
Dolomītu pārstrādes kombināts ražo būvkaļķus, dolomīta miltus, šķembas, smiltis un kvarca smiltis. Ražošanas izejvielas tiek iegūtas Kranciema dolomītu atradnē Ogres rajonā. Ik gadus atmosfērā nonāk vairāk kā 700 t piesārņojošu vielu, no kurām cietās daļiņas ir ap 58 t. Raksturīgākās piesārņojošās vielas 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 (SH<sub>2</sub>), ogļūdeņraži. Abas rūpnīcas ievērojamos daudzumos emitē arī piesārņojumu, kas veidojas kurināmā sadegšanas procesā. Tie ir slāpekļa un oglekļa oksīdi un kvēpi (Vaivara, 2006).

Valdošo vēju virzienā 6,3 km garumā tika iekārtots transekts ar 5 parauglaukumiem dažādā attālumā no dolomīta pārstrādes rūpnīcas (4.6.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 – 56°50'56''Z. pl., 24°25'37''A. gar.; Saulkalne 2 - 56°50'58''Z. pl., 24°50'40''A. gar.; Saulkalne 3 - 56°51'13''Z. pl., 24°26'16''A. gar.; Saulkalne 4 - 56°52'28''Z. pl., 24°28'24''A. gar.; Saulkalne 5 - 56°53'11''Z. pl., 24°28'53''A. gar.



**4.8. attēls. Saulkalnes transekta rūpnieciskajiem uzņēmumiem trīs tuvāko parauglaukumu izvietojums (ORTOFOTO 3. LĢIA Latvijas 3. etapa ortofoto karšu mozaīka. LU ĢZZF WMS. Skatīts 01.01.2010. Pieejams <http://kartes.geo.lu.lv/wms.html>)**



**4.9. attēls. Saulkalnes transekta rūpnieciskajiem uzņēmumiem tālāko parauglaukumu izvietojums (ORTOFOTO 3. LĢIA Latvijas 3. etapa ortofoto karšu mozaīka. LU ĢZZF WMS. Skatīts 01.01.2010. Pieejams <http://kartes.geo.lu.lv/wms.html>)**

**4.6. tabula**

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

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

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 ( $O$ ,  $A_h$ ,  $A_hE$ ) (4.7.tab.). Šajos parauglaukumos organisko vielu mineralizācija norit intensīvāk kā tālākajos, par ko liecina nelielais 1 cm biežais mazsadalījušos nobiru slānis (Laiviņš 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 ( $O_1$ ,  $O_2$ ). Virsējais, mazsadalījušos nobiru slānis  $O_1$  sasniedz 3 - 4 cm biežumu, apakšējais slānis  $O_2$  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 ( $O_1$ ,  $O_2$ ) reakcija ir skāba līdz vidēji skāba (4.8.tab.).

Trūdvielas vairāk ir Saulkalne 4 un 5 augsnes virskārtas  $O$  horizontā (4.8.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 (O<sub>2</sub>) C:N attiecība ir nedaudz plašāka 14 – 16 un ne tik labvēlīga sliekām. Tomēr arī šīs C:N vērtības liecina par samērā intensīvu organisko vielu noārdīšanos.

**4.7. 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
<b>O<sub>1</sub></b>	1	1	3	4	2
<b>O<sub>2</sub></b>	-	-	8	5	5
<b>A<sub>h</sub></b>	9	19	-	-	-
<b>A<sub>h</sub> E</b>	12	7	11	-	-
<b>E</b>	-	-	-	8	6

**4.8. tabula**

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

Paraug-laukums	Horizonts	pH <sub>KCl</sub>	C:N	Ca, ppm	Mg, ppm
1	<b>O<sub>1</sub></b>	7,1	15	56000	1800
	<b>A<sub>h</sub></b>	6,2	10	38000	1700
2	<b>O<sub>1</sub></b>	6,3	14	74000	1820
	<b>A<sub>h</sub></b>	6,2	8	14000	1450
3	<b>O<sub>1</sub></b>	6,5	14	500	90
	<b>A<sub>h</sub> E</b>	6,5	9	750	380
4	<b>O<sub>1</sub></b>	5,4	19	750	280
	<b>O<sub>2</sub></b>	4,7	16	850	300
5	<b>O<sub>1</sub></b>	4,7	19	1800	350
	<b>O<sub>2</sub></b>	4,4	14	980	320

Kalcija un magnija koncentrācija augsnē ir lielāka kombināta tuvumā (4.8.tab.). Saulkalne 1 un 2 augšnes profils (O<sub>2</sub>, A<sub>h</sub>) ir piesārņots ar šo metālu savienojumiem augstā koncentrācijā. Saulkalne 3, 4 un 5 augstas metālu koncentrācijas ir tikai augšnes virsējos horizontos.

Visos parauglaukumos koku stāvā dominē priede. 1989. gadā tika novērtēts, ka kokaudžu vecums ir ap 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 (Vaivara, 2006).

Saulkalne 1 un 2 parauglaukumi raksturojas ar labi attīstītu krūmu stāvu. Te sastop sniegogu (*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, apsi, ozolu, ievu u.c. Lakstaugu stāvā 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) Saulaklne 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).

#### **4.2.4. Paraugu ievākšana un rezultātu apstrāde Jūrmalas un Saulkalnes mežu parauglaukumos**

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 m<sup>2</sup>) augsnes bedres līdz 30 cm dziļumam. Paraugi pamatā tika ņemti pēc konverta principa 10 x 10 m vai 10 x 5 m (atkarībā no parauglaukuma mikroreljefa) lielā platībā. Saulkalnē kā piesaistes punkts parauglaukumam kalpoja iezīmēts koks parauglaukuma centrā (4.10.att.)

Izraktā augsne tika izbērta uz polietilēna plēves un pēc tam rūpīgi ar rokām izšķirotā. Šī ir viena no izplatītākajām paraugu ņemšanas metodēm, kas ir ieteikta un aprakstīta daudzu autoru darbos (Lee, 1985; Эглитис, 1954; Гиляров, 1987; Атлавините 1975; 1976; 1990). Atrastās sliekas tika ievietotas stikla pudelītēs ar etiķeti, fiksētas un līdz identifikācijai uzglabātas 70% etilspirtā. Ievāktās slieku sugas tika identificētas (pēc noteicēja - E.Tauriņš, E.Ozols „Latvijas PSR dzīvnieku noteicēja 1: Bezmugurkaulnieki” 1957; saskaņots ar R.V.Sima slieku taksonomisko sarakstu (Sims, 1983; Sims and Gerard, 1985)) un uzskaitītas laboratorijā ar binokulārās lupas palīdzību.

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 izvilkmā tika noteiktas arī kalcija un magnija koncentrācijas augsnē.

Iegūto rezultātu būtiskums pārbaudīts ar dispersijas analīzi izmantojot *Microsoft Excel* programmatūru.



## 5. REZULTĀTI UN DISKUSIJA

### 5.1. Lauksaimnieciskās darbības ietekme uz slieku sugu cenozēm

#### 5.1.1. Komplekso novērojumu vieta Priekuļos

Dati par atrastajām sugām un to blīvumu apkopoti 5.1. tabulā. Priekuļu parauglaukumos ir atrastas tikai 3 slieku sugas. Priekuļi 1 sugu skaits ir bijis mazākais no visām komplekso pētījumu vietām - tikai *Aporrectodea caliginosa* un *Lumbricus rubellus*. Priekuļi 2 parauglaukumā atrasta arī vēl *Lumbricus terrestris*.

5.1. tabula

#### Slieku blīvums (ind. m<sup>-2</sup>) Priekuļu parauglaukumos

Priekuļi 1							
Suga	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
<i>Aporrectodea caliginosa</i>	24,3	31,6	14,6	82,6	24,3	92,3	38,9
<i>Lumbricus rubellus</i>	4,9	4,9	4,9	0	0	0	0
<b>Kopā</b>	29,2	36,5	19,5	82,6	24,3	92,3	38,9
Priekuļi 2							
<i>Aporrectodea caliginosa</i>	58,3	99,6	63,1	58,3	48,6	114,1	157,9
<i>Lumbricus terrestris</i>	0	0	0	9,7	0	0	0
<i>Lumbricus rubellus</i>	21,9	46,1	12,1	4,9	4,9	4,9	9,7
<b>Kopā</b>	80,2	145,7	75,2	72,9	53,5	119,0	167,6

Dominējošā suga ir *Aporrectodea caliginosa*, kas ir raksturīgi lauksaimniecības zemēm uz šāda tipa augsnēm (5.1.att.). Priekuļi 1 periodā no 1995. - 1998. gadam tā ir ar 100% dominanci. Atsevišķi *Lumbricus rubellus* eksemplāri ir atrasti tikai novērojumu perioda pirmajos 3 gados. Priekuļi 2 parauglaukumā lielākā skaitā vēl ir atrastas vienīgi *Lumbricus rubellus*. *Aporrectodea caliginosa* barojas augsnes minerālajā horizontā ierijot augsnes daļiņas, kas satur organiskās vielas (Boche, 1977; Перель, 1979). Tās barošanās nav tieši saistīta ar augu atliekām, kas atrodas augsnes virspusē. Tas ir viens no iemesliem, kāpēc regulārā augsnes slāņu sajaukšana kultivācijas darbos tās ietekmē mazāk nelabvēlīgi kā epigeiskās vai anētiskās sliekas,

kas barojās augsnes virsējos slāņos vai pat virspusē. Slietu kopējais blīvums Priekuļu parauglaukumos ir salīdzinoši neliels.

**5.2.tabula**

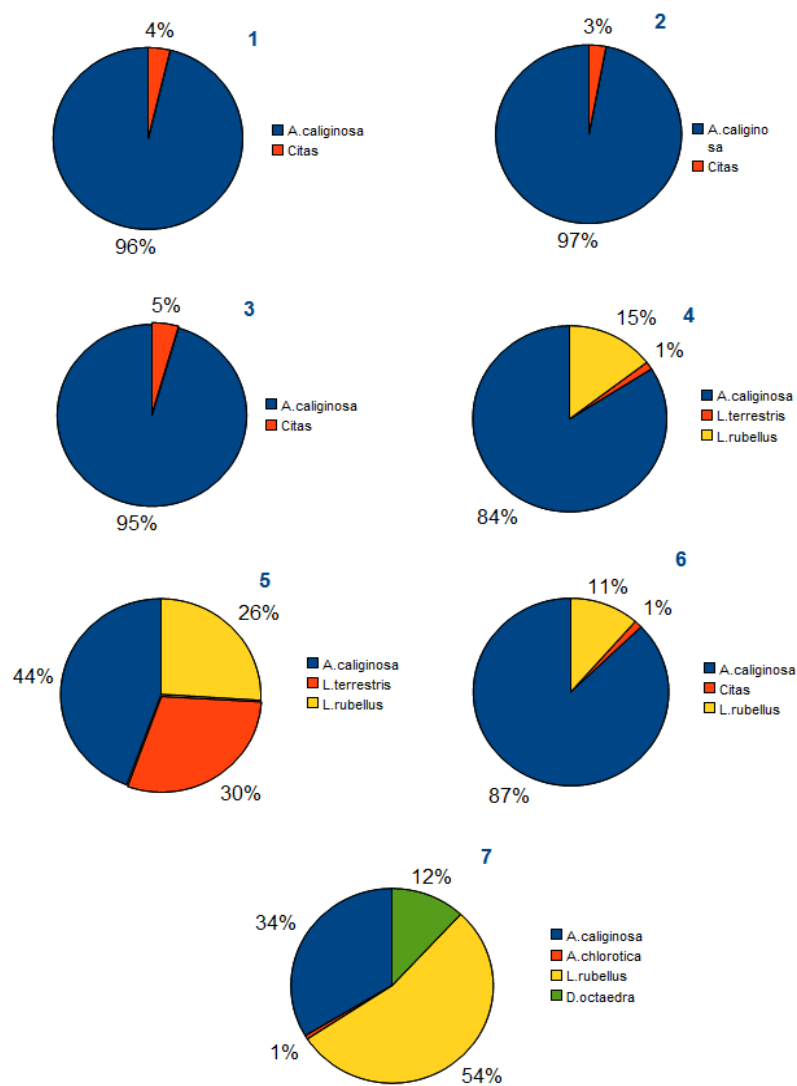
**Priekuļi 1 audzētie lauksaimniecības kultūraugi un veiktie agrotehniskie pasākumi**

Agrotehniskie pasākumi	Novērojumu periods						
	1992.	1993.	1994.	1995.	1996.	1997.	1998.
<b>Kultūraugi</b>	Daudzgad. stiebrzāles	Ziemas rudzi	Kartupeļi	Ziemas kvieši	Mieži	Bastarda āboliņš	Kartupeļi
<b>Organiskais mēslojums</b>	-	50 t/ha	40 t/ha	40 t/ha	-	-	-
<b>Salmi, laksti</b>	Ieari	Ieari	Ieari	Ieari	Ieari	Ieari	Ieari
<b>NPK mēslojums</b>	55 kg/ha (tikai N)	665 kg/ha	370 kg/ha	440 kg/ha	200 kg/ha	-	500 kg/ha
<b>Herbicīdi</b>	-	kampazans	metribuzīns	amīnsāls	MCPA	pendimetalīns bentazons	metribuzīns dikvats
<b>Fungicīdi</b>	-	-	Ditans	-	-	-	mankocebs propamokarbs
<b>Desikanti</b>	-	-	-	-	-	-	divāts

**5.3. tabula**

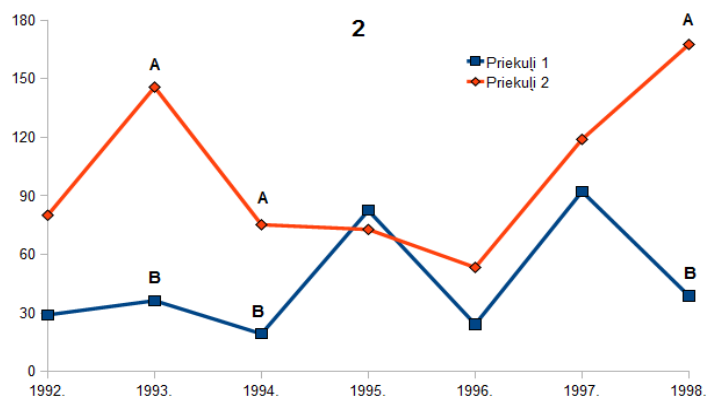
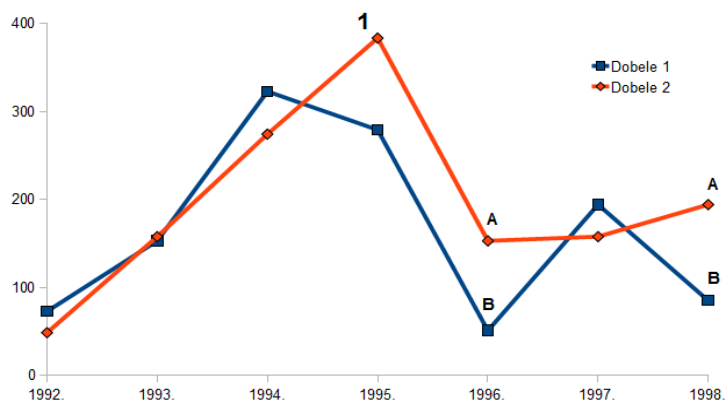
**Priekuļi 2 audzētie lauksaimniecības kultūraugi un veiktie agrotehniskie pasākumi**

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



**5.1. attēls. Slietu sugu relatīvais blīvums lauksaimniecības zemju monitoringa parauglaukumos**

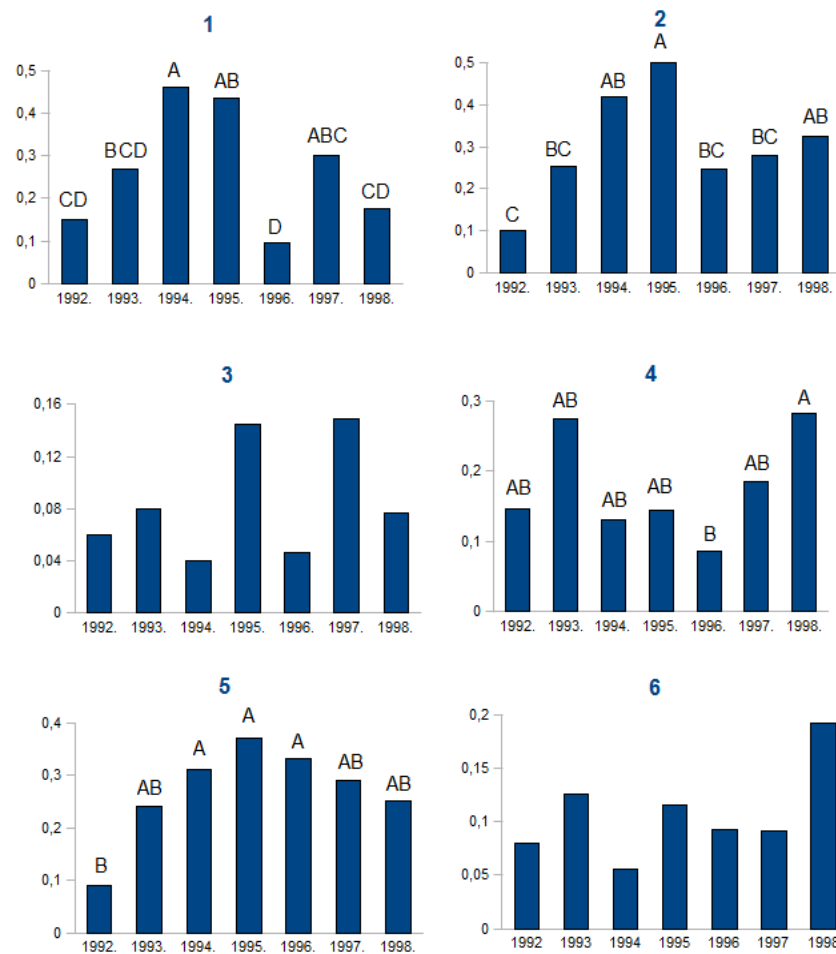
1 – Dobeles augša; 2 – Dobeles apakša; 3 – Priekuļi augša; 4 – Priekuļi apakša; 5 – Baldones augša; 6 – Baldones apakša; 7 – Baldones kūdra



**5.2. attēls. Slietu kopējā blīvuma (ind. m<sup>2</sup>) svārstības Dobeles (1) un Priekuļu (2) parauglaukumos periodā no 1992.-1998. gadam. Būtiski atšķirīgās blīvumu vērtības parauglaukumu starpā atzīmētas ar burtiem A un B ( $\alpha = 0,05$ )**

Priekuļi 1 slietu blīvums ir zems visā novērojumu periodā. Maksimālās vērtības konstatētas 1995. un 1997. gadā. Priekuļi 2 parauglaukumā slietu skaits ir ievērojami augstāks (5.1.tab.). Kā redzams 5.2. attēlā, tad slietu 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 slietu blīvums var būt pat vairākas reizes lielāks kā augšdaļā (Атлавините, 1975). Priekuļi 2 ir ar zemāku reljefa

novietojumu, tāpēc arī slietu blīvums tur ir ievērojami lielāks. 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 slietu izplatībā, tomēr Priekuļu augsnes (4.1.tab.) ir piemērota dzīves vide gan *Aporrectodea caliginosa*, gan *Lumbricus rubellus*, un, jādoma, ka nav cēlonis blīvuma atšķirībām abos parauglaukumos.



**5.3. attēls. Slietu blīvuma svārstības vienā paraugā pa gadiem lauksaimniecības zemju monitoringa parauglaukumos. Būtiski atšķirīgās blīvumu vērtības atzīmētas ar burtiem A, B, C, D ( $\alpha = 0,05$ )**  
**1 – Dobele augša; 2 – Dobele apakša; 3 – Priekuļi augša; 4 – Priekuļi apakša; 5 – Baldone apakša; 6 – Baldone kūdra**

**5.4. tabula**

**Mēneša vidējais nokrišņu daudzums novērojumu perioda laikā no 1992. – 1998. gadam  
(LVGMC dati)**

	Periods	Janv.	Febr.	Marts	Apr.	Maijs	Jūn.	Jūl.	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dec.
	<b>Rīgas meteostacija</b>	1992	62	54	44	57	40	36	52	48	92	80	85
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
<b>Dobeles meteostacija</b>	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
<b>Priekuļu meteostacija</b>	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

Slieku blīvuma dinamika pa gadiem (5.3.att.) ir lielā mērā saistīta ar meteoroloģiskajiem apstākļiem. Visbūtiskāk to ietekmē nokrišņu daudzums slieku aktīvās darbības periodā pavasara, vasaras un rudens mēnešos. Blīvumu ietekmē arī kailsals un augsnes sasalšanas dziļums rudens – ziemas mēnešos. Pētījumu periodā 1992. jūnijā (Priekuļu meteostac.) novērots ilgstošs sausums. Arī 1994. gada jūlija un 1996. gada septembra mēneši ir bijuši sausi (5.4.tab.). Tam atbilst arī slieku skaita samazināšanās attiecīgā gada vākumos (5.1.tab.). 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 1998. gadā Priekuļi 1, iespējams, ir saistīta ar intensīvajiem agrotehniskajiem pasākumiem šajā parauglaukumā – vairākkārtēju pesticīdu pielietošanu un NPK mēslojuma lielo daudzumu (500 kg ha<sup>-1</sup>) (5.2.tab.). Arī 1994. gadā novērotā slieku skaita samazināšanās, acīmredzot ir saistīta ar pielietoto lielo minerālmēsli (NPK mēslojums 665 kg ha<sup>-1</sup>) 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<sup>-1</sup> NPK (5.2. un 5.3.tab.), kamēr literatūrā ieteiktais NPK minerālmēsļu daudzums ir ne vairāk kā 100 - 260 kg ha<sup>-1</sup> (Lee, 1985; Атлавините, 1975).

Kaut arī mālsmilts augsnes ir piemērota vide lielākai daļai mūsu lauksaimniecības augšņu slieku sugu, tomēr tādas izplatītas un raksturīgas sugas kā *Aporrectodea rosea* un *Allolobophora chlorotica* parauglaukumos netika atrastas nevienā sezonā (5.1.tab.). Acīmredzot intensīvi konvenciāli apstrādātos tīrumos, ar monokultūrām, regulāru aršanu, diskošanu, ecēšanu, pesticīdu un minerālmēsļu pielietošanu, tādas sugas kā *Aporrectodea rosea* un *Allolobophora chlorotica* ir izzudušas vispār, bet *Lumbricus terrestris* (atrasta vienīgi 1995. gadā) blīvums ir ievērojami samazinājies. *Aporrectodea 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 and Lofty, 1973; 1990; Lee, 1985; Ivask et al., 2006; Атлавините, 1975). 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 (5.2. un 5.3.tab.). Kaut arī herbicīdiem nav izteikti negatīva iedarbība uz sliekām, tomēr tāda suga kā *Lumbricus terrestris*, kas barojas virspusē, var ļoti jūtīgi reaģēt uz augsnes ķīmisko apstrādi. Arī *Aporrectodea rosea* un *Lumbricus rubellus* ir jūtīgākas kā *Aporrectodea caliginosa*. Pēc vairākkārtējas augsnes apstrādes ar herbicīdiem var izdzīvot vienīgi *Aporrectodea caliginosa* (Lee, 1985; Werner, 1990; Атлавините, 1990). Fungicīdiem ir daudz lielāka toksiska ietekme praktiski uz visu augsnes dzīvnieku, tajā skaitā slieku, populācijām (Burrows and Edwards, 2004). 1994. gada rudenī pēc fungicīdu pielietošanas slieku skaits abos parauglaukumos ir samazinājies gandrīz divas reizes (5.1.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 (5.2. un 5.3.tab.). 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.

### 5.1.2. Komplekso novērojumu vieta Dobelē

Dobeles parauglaukumos ir atrastas 5 slieku sugas (5.5.tab.). Dominējošā abos parauglaukumos ir *Aporrectodea caliginosa* (5.1.att.). 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. 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 atspoguļojas arī faunistiskajās izmaiņās - samazinās sugu daudzveidība. Tās sugas, kas izmaiņām spēj labāk piemēroties, kļūst dominējošās (Collins and 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 (4.2.tab.), tomēr stabilu populāciju ir izveidojušas vienīgi tolerantās *Aporrectodea caliginosa*. Dobelē 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<sup>-1</sup>, bet 1993. gadā pat 792 kg ha<sup>-1</sup> (5.6.tab.). Uz tādām sugām kā *Lumbricus rubellus*, *Aporrectodea rosea*, *Allolobophora chlorotica* un *Lumbricus terrestris* tik intensīva zemes izmantošana atstāj ļoti negatīvu iespaidu (Lewis, 1980; Lee, 1985; Атлавините, 1990). Tas atspoguļojas arī veikto pētījumu rezultātos – visos ievāktajos paraugos *Aporrectodea 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 un Ventiņš, 2003). Vākumos tika konstatētas 5 sugas (169,9 ind. m<sup>-2</sup>) ar *Aporrectodea caliginosa* un *Allolobophora chlorotica* kā dominējošām. Lielais *Allolobophora chlorotica* īpatsvars, kā arī citu salīdzinoši jūtīgu sugu klātbūtne, apstiprina pieņēmumu, ka intensīvās zemes apstrādes metodes ir nelabvēlīgas lielākai daļai slieku sugu.

5.5. tabula

Slieku blīvums (ind. m<sup>-2</sup>) Dobeles parauglaukumos

Dobele 1

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

Dobele 2

<i>Aporrectodea caliginosa</i>	34	153	269,6	383,7	145,7	148,1	194,3
<i>Aporrectodea rosea</i>	12,1	0	0	0	0	0	0
<i>Allolobophora chlorotica</i>	2,4	0	0	0	0	0	0
<i>Lumbricus terrestris</i>	0	0	0	0	2,4	2,4	0
<i>Lumbricus rubellus</i>	0	4,9	4,9	0	4,9	7,3	0
<b>Kopā</b>	48,5	157,9	274,5	383,7	153	157,8	194,3

Slieku kopējais blīvums Dobeles parauglaukumos ir salīdzinoši liels (5.5.tab.). Atsevišķos gados tas sasniedz augstu blīvumu – 1994. gadā 323,0 ind. m<sup>-2</sup> Dobelē 1 un 1995. gadā 383,7 ind. m<sup>-2</sup> Dobelē 2 ar 100% *Aporrectodea caliginosa* dominanci (5.5.tab.; 5.1.att.). Līdzīgi kā Priekuļu parauglaukumos, Dobele 2 parauglaukumā ar

zemāku novietojumu, slieku skaits ir lielāks kā Dobeļe 1 (5.2.att.). Tomēr atšķirības nav tik izteiktas kā Priekuļos, kam cēlonis var būt salīdzinoši augstais gruntsūdens līmenis, kas gleja augsnēs atrodas tuvāk augsnes virspusei (Vucāns et al., 2000). Šim faktoram var būt īpaša nozīme vasaras sausajos mēnešos. Blīvuma atšķirības būtiskas ir tikai 1996. un 1998. gadā.

**5.6. tabula**

**Komplekso pētījumu vietā Dobeļe 1 un Dobeļe 2 audzētie lauksaimniecības kultūraugi un veiktie agrotehniskie pasākumi**

Agrotehniskie pasākumi	Novērojumu periods						
	1992.	1993.	1994.	1995.	1996.	1997.	1998.
<b>Kultūraugi</b>	Daudzgad. zāles	Ziemas kvieši	Ziemas kvieši	Mieži	Cukurbietes	Cukurbietes	Kvieši
<b>Organiskais mēslojums</b>	-	80 t/ha	-	-	-	-	-
<b>Salmi, laksti</b>	Ieari	Ieari	Ieari	Ieari	Ieari	Ieari	Ieari
<b>NPK mēslojums</b>	173 kg/ha	792 kg/ha	100 kg/ha	-	250 kg/ha	450 kg/ha	200 kg/ha
<b>Herbicīdi</b>	-	amīnsāls	-	-	MCPA dikamba	Biešu herbicīdi	MCPA
<b>Fungicīdi</b>	-	Fundazols	-	-	-	-	-

Slieku blīvuma dinamika pa gadiem (5.3.att.) ir saistīta galvenokārt ar meteoroloģiskajiem apstākļiem, it īpaši ar 1992. un 1996. gada vasaras mēnešos novēroto sausuma periodu (5.4.tab.). Šajos gados abos parauglaukumos ir konstatēts mazākais slieku blīvums (5.5.tab.). 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 samazināšanās, 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.

Interesanti ir novērojumi par slieku dinamiku 1994. gadā, kad jūlijā Dobeles meteostacijā tika reģistrēti tikai 2 mm nokrišņu, bet tā paša gada rudenī tika konstatēts viens no lielākajiem slieku blīvumiem abos parauglaukumos. Ilgstošais sausums netika atstājis nekādu negatīvu iespaidu uz slieku populāciju. Vienlaikus jānorāda, ka šajā gadā Dobeles 1 sugas *Aporrectodea caliginosa* dominance ir 100%, bet Dobeles 2 tā sasniedz 98%. Iemesls šiem pretrunīgajiem rezultātiem ir *Aporrectodea caliginosa* slieku izdzīvošanas stratēģija vasaras karstākajā un sausākajā periodā. Jūlija sākumā šīs sugas sliekām iestājas miera periods jeb obligātā diapauze, kas ilgst apmēram 1,5 mēnešus, un kuras laikā sliekas patverās dziļākos augsnes slāņos (Lee, 1985). Ja ilgstoši sasuma periodi ir vasaras sākumā vai beigās, kad *Aporrectodea caliginosa* netarodas diapauzē, tad tās tiek ietekmētas daudz būtiskāk. Savukārt, Priekuļu un Baldones K parauglaukumos 1994. gadā novēro slieku skaita samazināšanos (5.1. un 5.8.tab.), kā iemesls var būt Dobeles smilšmāla glejoto augsņu lielāka piemērotība slieku dzīves videi.

Veiktie agrotehniskie pasākumi abos Dobeles parauglaukumos šajā periodā ir identiski un tiek audzētas vienas un tās pašas kultūras (5.6.tab.). Neskatoties uz intensīvo augsnes apstrādi, Dobeles vairākas sezonas tika novērots augsts slieku blīvums (5.5.tab.). Zemgales agrocenožu smilšmāla augsnes ir viena no piemērotākajām slieku habitatēm. Jādomā, ka labvēlīgos meteoroloģiskos apstākļos, pat pie intensīvas augsnes apstrādes, atsevišķās sezonās slieku blīvums var ievērojami pieaugt. Tomēr, ļoti krasās slieku skaita svārstības pa gadiem (5.5.tab.; 5.3.att.) un ievērojamā *Aporrectodea caliginosa* dominance liecina (5.1.att.) par agrotehnisko pasākumu nelabvēlīgu ietekmi uz slieku populācijām.

### 5.1.3. Komplekso novērojumu vieta Baldonē

Baldones parauglaukumos kopā tika atrastas 4 slieku sugas (5.7.tab.) - Baldone 1, ar augstāku novietojumu – 3 sugas, Baldone 2, ar zemāku novietojumu – 4 sugas. *Aporrectodea caliginosa*, *Lumbricus rubellus* un *L. terrestris* ir tipiskas lauksaimniecības zemju augsņu apdzīvotājas, bet *Dendrobaena octaedra* ir raksturīga

skābjām meža un kūdras augsnēm. Jādomā, ka Baldone 2 parauglaukumā tās ir iemigrējušas vai ievazātas no blakus esošā meža masīva.

Baldone 1 parauglaukumā smilts augsne ir praktiski bez humusa horizonta. Tā ir mazpiemērota vide sliekām, tāpēc pirmajos trijos novērojuma perioda gados tur netika atrasta neviena slieka (5.7.tab.). Tomēr 1995. - 1998. gadā sliekas parauglaukumā tika konstatētas. Jādomā, ka stabila slieku populācija Baldonē 1 vēl nebija izveidojusies, tāpēc datu analīzē vākumi no šī parauglaukuma netika iekļauti.

5.7. tabula

**Slieku blīvums (ind. m<sup>-2</sup>) Baldones parauglaukumos**

**Baldone 1**

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

**Baldone 2**

<i>Aporrectodea caliginosa</i>	48,6	109,3	189,4	208,9	111,7	174,9	138,4
<i>Lumbricus terrestris</i>	0	0	0	4,9	0	0	0
<i>Lumbricus rubellus</i>	0	21,9	7,3	19,4	60,7	0	9,7
<i>Dendrobaena octaedra</i>	0	0	0	0	4,9	0	4,9
<b>Kopā</b>	48,6	131,2	196,7	233,2	177,3	174,9	153,0

Baldone 2 parauglaukumā dominējošā slieku suga ir endogeiskā *Aporrectodea caliginosa* (5.1.att.). Atsevišķos gados (1993. un 1996. gadā) lielākā skaitā sastopama arī *Lumbricus rubellus*, veidojot divu sugu *Aporrectodea caliginosa* - *Lumbricus rubellus* cenozi. Tomēr komplekss nav stabils, par ko liecina izteiktās *Lumbricus rubellus* skaita svārstības no 0 (1992. un 1997. gadā) līdz 60,7 ind. m<sup>-2</sup> 1996. gadā. Tika atrasti arī dažī *Dendrobaena octaedra* un *Lumbricus terrestris* eksemplāri. 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, maksimumu 233,2 ind. m<sup>-2</sup> sasniedzot meteoroloģisko apstākļu ziņā vienā no labvēlīgākajiem gadiem – 1995. gadā (5.4.tab.). Salīdzinoši neliels slieku skaits ir bijis 1993. gadā, kas atbilst nelabvēlīgiem meteoroloģiskajiem apstākļiem vasarā (5.7.tab.).

Izsekojot atsevišķu slieku sugu skaita dinamikai (5.7.tab.), redzams, ka pēc sausās 1996. gada vasaras *Aporrectodea caliginosa* blīvums ir samazinājies divas reizes. Tajā pašā laikā *Lumbricus rubellus* blīvums ir pieaudzis trīs reizes. Iespējams, ka šajā gadījumā var runāt par konkurenci šo sugu starpā. Tomēr, nav izslēgts, ka vairāku slieku sugu cenožēs var darboties zināms funkcionāls kompensācijas mehānisms, kur viena suga spēj aizvietot otru, ieņemot tās nišu biocenozē.

Kopumā, kā tas redzams 5.3. attēlā, sākot ar 1995. gadu Baldone 2 parauglaukumā vērojama tendence slieku skaitam pakāpeniski samazināties. Tā kā lauks kopš 1992. gada netika mēslojts, tad cēlonis skaita sarukumam ir augsnes auglības, un, vienlaicīgi, slieku barības resursu samazināšanās.

#### 5.1.4. Komplekso novērojumu vieta Baldone K

Baldone K parauglaukumā ir atrastas 4 slieku sugas (5.8.tab.). *Aporrectodea caliginosa*, *Lumbricus rubellus* un *Dendrobaena octaedra* ir raksturīgas skābajām kūdras augsnēm, bet *Allolobophora 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 *Lumbricus rubellus* (5.1.att.). Arī *Aporrectodea caliginosa* šādās augsnēs var izveidot stabilas populācijas. 1998. gadā *Aporrectodea caliginosa* bija dominējošā suga. Kaut arī mazākā blīvumā, tomēr praktiski katru gadu parauglaukumā ir atrastas *Dendrobaena octaedra* sliekas – tipiskas skābo augšņu iemītnieces.

5.8. tabula

Slieku blīvums (ind. m<sup>-2</sup>) Baldones K parauglaukumā

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

Parauglaukumā visā novērojumu periodā tika audzētas daudzgadīgās graudzāles. Nekāda augsnes mehāniskā apstrāde vai audzējamo kultūro rotācija netika veikta. Baldonē K ir izveidojusies stabila 3 sugu *Lumbricus rubellus* – *Aporrectodea caliginosa* – *Dendrobaena octaedra* slieku cenoze. Nosusinātās purvu platībās tādas sugas kā *Dendrobaena octaedra* un *Lumbricus rubellus* parasti ir pioniersugas un raksturīgas tieši sukcesiju agrīnajām stadijām. *Aporrectodea caliginosa* šādās augsnēs ieviešas vēlāk. Saskaņā ar T.Pereles (Перель, 1977) morfo-ekoloģisko klasifikāciju, *Dendrobaena octaedra* un *Lumbricus rubellus* ir humusu veidojošas (*humus formers*) sliekas, bet *Aporrectodea 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 Baldonē 2 tika veikti vienīgi 1992. gadā, kad augsne tika mēslota ar kālija un fosfora minerālmēsliem, kā arī kaļķota. Minerālmēsli izmantoti nelielās devās (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 40 kg ha<sup>-1</sup>, K<sub>2</sub>O 88,5 kg ha<sup>-1</sup>), un to negatīva ietekme uz sliekām nav novērota. Savukārt skābo lauksaimniecības augšņu kaļķošana parasti pozitīvi ietekmē slieku populāciju, īpaši stimulējot sugas *Aporrectodea caliginosa* un *Lumbricus rubellus* (Springett and Syers, 1984; Атлавините, 1975).

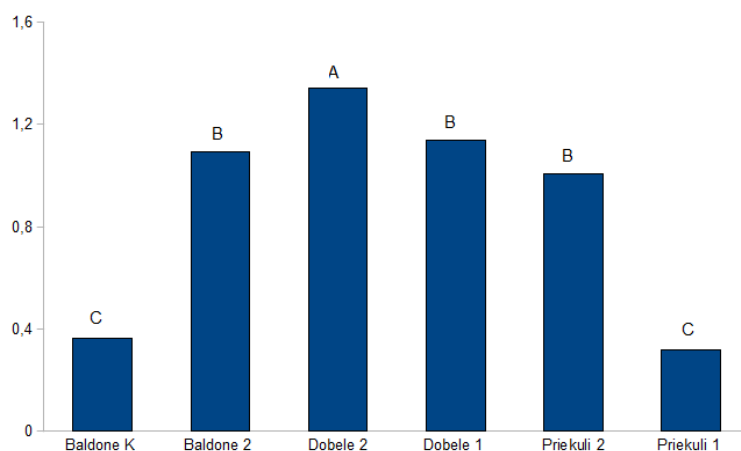
Slieku blīvums Baldones K parauglaukumā salīdzinoši nav liels (5.8.tab.), un tā dinamika novērojumu perioda laikā ir saistīta galvenokārt ar meteoroloģiskajiem apstākļiem (5.4.tab.; 5.3.att.). 1992. gadā slieku skaits bija salīdzinoši neliels, un arī

1996. gadā rudenī pēc sausuma perioda novērota slieku skaita samazināšanās. Savukārt 1993., 1995. un 1998. gada vasarās bija sliekām labvēlīgi mitruma apstākļi, tāpēc arī rudens vākumos to bija ievērojami vairāk. Slieku skaita trīskārtīgu samazināšanos 1994. gadā, iespējams, var skaidrot ar salīdzinoši dziļu augsnes izsalšanu (līdz 30 cm) 1993. - 1994. gadā ziemā.

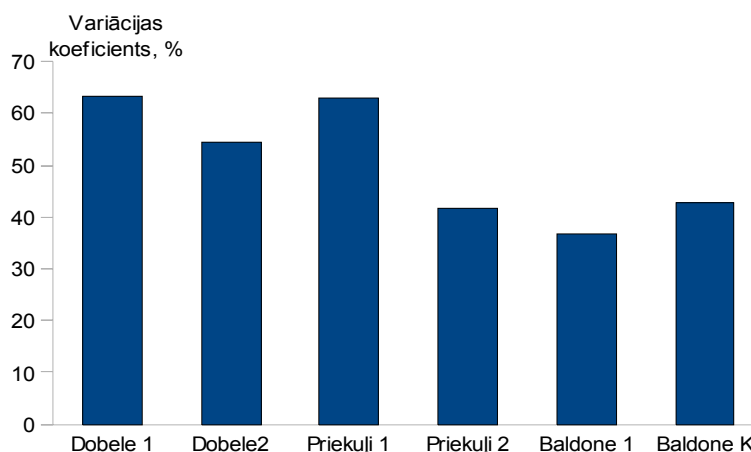
#### **5.1.5. Slieku vidējā blīvuma un sadalījuma atšķirības parauglaukumos**

Lauksaimniecības zemju monitoringa parauglaukumu savstarpējai salīdzināšanai izvēlēts visu sezonu summētais vidējais blīvums. Tā var samazināt dažādu nejaušību rezultātā (lokāli meteoroloģiskie apstākļi, konkrēta parauga ņemšanas vietas īpatnības) radušos kļūdu, kā arī pētnieka subjektīvo kļūdu, kas veidojas ievācot paraugus. Ņemot vērā visu sezonu summēto vidējo slieku blīvumu vienā paraugā, iegūtie dati liecina, ka piemērotākā slieku dzīves vide lauksaimniecības augsnēs Latvijas apstākļos ir smilšmāla augsnes (5.4.att.).

Lai salīdzinātu slieku sadalījuma vienmērīgumu (variāciju) parauglaukumos atkarībā no dažādu agrotehnisko pasākumu intensitātes, katra parauglaukuma slieku vākumiem tika aprēķināts variācijas koeficients (5.5.att.). Koeficienta lielākās vērtības tika novērotas Priekuļi 1 un Dobelē, kur tūrumi katru gadu tika intensīvi aparti, mēsloji un apstrādāti ar pesticīdiem. Baldonē ilggadīgajās ganībās, kur agrotehniskie pasākumi tika veikti minimāli, variācijas koeficienta vērtības ir daudz mazākas, kas liecina par vienmērīgāku slieku populācijas sadalījumu. Zemas variācijas koeficienta vērtības ir arī Baldone K parauglaukumā, kur tūrums arī tika izmantots kā ilggadīgās ganības. Pastāvīgais augājs (stiebrzāles) veido augsnes virspusē aizsargslāni, samazinot nelabvēlīgo meteoroloģisko apstākļu ietekmi, kā arī vienmērīgāk nodrošinot sliekas ar barību (atmirušās saknes un augu daļas) visā to sezonālās aktivitātes periodā, vienlaicīgi veicinot vienmērīgāku slieku sadalījumu augsnē. Parauglaukuma Priekuļi 2 zemo variācijas koeficienta vērtību var skaidrot ar nelielu slieku skaitu – sliekas visās sezonās vidēji tika atrastas tikai katrā ceturtajā paraugā.



**5.4. attēls. Visu sezonu summētais vidējais slieku blīvums vienā paraugā lauksaimniecības zemju monitoringa parauglaukumos. Būtiski atšķirīgās blīvumu vērtības parauglaukumu starpā atzīmētas ar burtiem A, B un C ( $\alpha = 0,05$ )**



**5.5. attēls. Slieku skaita variācija pa paraugiem lauksaimniecības zemju monitoringa parauglaukumos (%)**

### 5.1.6. Slieku cenožu reakcija uz faktoru kompleksu

Augsnes mehāniskais sastāvs, kā arī lauka orogrāfiskais novietojums ir noteicošie faktori, kas nosaka slieku populācijas veidošanos attiecīgajā agrocenozē. Savukārt, populācijas blīvuma sezonālās svārstības nosaka attiecīgās sezonas nokrišņu daudzums

un augsnes apstrādes metodes. Ja nelabvēlīgi meteoroloģiskie apstākļi summējās ar intensīvām lauksaimniecības metodēm, tad slieku blīvums var ievērojami samazināties.

Maksimālais slieku skaits parasti atbilst labvēlīgiem, ar nokrišņiem bagātiem meteoroloģiskajiem apstākļiem, savukārt, minimālais – nelabvēlīgiem (5.9.tab.). Saskaņā ar literatūras ziņām (Атлавините, 1975), sliekām labvēlīgākās ir smilšmāla augsnes. Šādās augsnēs sliekas parasti ir lielākā blīvumā kā mālsmilts vai smilts augsnēs. Kā sliekām pozitīvs faktors jāuzskata arī lauku novietojums pazeminājumos. Papildus negatīvie faktori ir intensīvās augsnes apstrādes metodes – aršana, monokultūras, mākslīgo mēsļu un pesticīdu izmantošana.

Ja sezonas laikā meteoroloģiskie apstākļi ir sliekām labvēlīgi, tad smilšmāla augsnēs (Dobele 1 un 2) slieku skaits var pieaugt un ievērojami pārsniegt vidējās datu vērtības, neskatoties uz lauka orogrāfisko novietojumu un intensīvo augsnes apstrādi. Savukārt mālsmilts augsnēs (Priekuļi 1 un Priekuļi 2) augsnes apstrādes metodēm ir daudz lielāka negatīvā ietekme, un tur slieku skaita pieaugums salīdzinot ar literatūras datiem ir neliels vai tā vispār nav. Ja augsne netiek apstrādāta (Baldone 1), tad labvēlīgās sezonās sliekas var sasniegt lielu blīvumu pat smilts augsnēs.

Neatkarīgi no augsnes apstrādes metodēm, pēc ilgstoša sausuma perioda slieku skaits ievērojami samazinās visos parauglaukumos. Augsnes apstrāde ir papildus stresa faktors slieku populācijām, it īpaši nelabvēlīgās sezonā. Tomēr, pie labvēlīgiem meteoroloģiskajiem apstākļiem smilšmāla augsnēs nav novērota agrotehnisko pasākumu negatīva ietekme uz sliekām. Jādomā, ka sliekām labvēlīgajās smilšmāla augsnēs pēc blīvuma izmaiņām ne vienmēr ir iespējams konstatēt augsnes apstrādes metožu negatīvo ietekmi. Šādā gadījumā labāks rādītājs ir sugu komplekss un dominances struktūra. Intensīvi apstrādātos tīrumos raksturīga augsnes apstrādei labāk adaptētās *Aporrectodea caliginosa* dominance. Tīrumos ar saudzīgu vai minimālu augsnes apstrādi palielinās jūtīgāko sugu īpatsvars, un veidojas sarežģītāki kompleksi ar vairākām dominantām sugām.

5.9. tabula

Lauksaimniecības zemju monitoringa parauglaukumus raksturojošie faktori, un iespējamā slietu cenožu reakcija uz attiecīgo faktoru; minimālais/maksimālais slietu blīvums ind. m<sup>2</sup> reģistrēts sezonās ar labvēlīgiem/nelabvēlīgiem meteoroloģiskajiem apstākļiem, un vidējais blīvums no literatūras avotiem atbilstošos augsnes tipos Baltijā.

(+) - slietām labvēlīgi faktori; (-) - slietām nelabvēlīgi faktori

\* Literatūras dati (Ivask et al., 2006; Ivask and Kuu, 2006; Эглитис, 1954; Атлавините, 1975; 1990)

Paraugl.	Augsnes tips	Orogrāfiskais novietojums	Intensīva kultivācija	Daudzgad. zāles	Maks. blīvums, labvēlīgi meteoroloģiskie apstākļi	Min. blīvums, nelabvēlīgi meteoroloģiskie apstākļi	Vidējais blīvums *
Priekuļi 1	+	-	-	-	92,3	24,3	~150
Priekuļi 2	+	+	-	-	167,6	80,1	~150
Dobele 1	+	-	-	-	323,0	51,0	>200
Dobele 2	+	+	-	-	383,7	48,6	>200
Baldone 1	-	+	+	+	233,1	48,6	100-150
Baldone K	-	+	+	+	94,7	38,9	~100

### 5.1.7. Nodaļas par lauksaimnieciskās darbības ietekmi uz slietu cenožēm kopsavilkums

Slietu blīvuma dinamika parauglaukumos lielā mērā ir saistīta ar nokrišņu daudzumu slietu aktīvās darbības periodā. Blīvumu var ietekmēt arī augsnes sasalšanas dziļums ziemas mēnešos. 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. Vasaras vidus (jūlijs) sasuma periodi maz ietekmē sugu *Aporrectodea caliginosa*, kas šajā periodā atrodas diapauzē.

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 slietu populācijas sadalījumu augsnē.

Liela ietekme uz slieku cenzēm ir augsnes mehāniskajai apstrādei. Intensīvi apstrādātās augsnēs slieku blīvums samazinās. Ja agrotehniskie pasākumi ietver arī regulāru pesticīdu un pārmērīgu minerālmēsļu pielietošanu un monokultūru audzēšanu, tad vairākas lauksaimniecības zemēm raksturīgas sugas var izzust vispār, izdzīvojot tikai vienai vai divām sugām. *Aporrectodea caliginosa* ir labāk kā citas sugas adaptējusies augsnes apstrādei. Tās dominance, atsevišķās sezonās pat līdz 100%, ir raksturīga lauksaimniecības zemēm novērojumu vietās. Tomēr, smilšmāla augsnēs labvēlīgos meteoroloģiskajos apstākļos agrotehnisko pasākumu negatīva ietekme uz slieku blīvumu nav novērota.

Slieku blīvums un sugu sastāvs ir piemērots indikators lauksaimniecības augšņu “veselības” jeb auglības noteikšanai. Piemērotākās sliekām Latvijas apstākļos ir smilšmāla augsnes. Spriežot pēc iegūtajiem rezultātiem, optimālais slieku blīvums mālsmilts un smilšmāla augsnēs Latvijā ir virs 200 ind. m<sup>-2</sup>, bet smilts augsnēs ne mazāk kā 100 - 150 ind. m<sup>-2</sup>. Ilgtspējīgi apstrādātās lauksaimniecības zemēs uz smilšu augsnēm, bez sugas *Aporrectodea caliginosa*, lielākā skaitā parasti ir sastopama arī *Lumbricus rubellus*. Auglīgākajās mālsmilts un smilšmāla augsnēs labvēlīgos apstākļos veidojas bagātīgas slieku cenozes ar tādām sugām kā - *Lumbricus castaneus*, *L. rubellus* vai *Aporrectodea 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 cenzēs 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 *Lumbricus terrestris* un *Aporrectodea longa* iegūšanai, tāpēc rezultāti par to sastopamību monitoringa parauglaukumos ir nepilnīgi.

Nosusinātās purvu platībās dominē acidotolerantās *Lumbricus rubellus*. Bieži sastop arī acidofilās *Dendrobaena octaedra*. Jādomā, ka tieši augsnes skābums lielā mērā nosaka slieku sugu sastāvu šādās augsnēs. Arī *Aporrectodea 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.

## 5.2. Slieku sugu cenožu izmaiņas Jūrmalas meža augšņu transformācijas rezultātā

### 5.2.1. Jūrmalas parauglaukumos konstatētās slieku sugas

Jūrmalas parauglaukumos kopā tika konstatētas 6 slieku sugas (5.10.tab.). Divas sugas *Dendrobaena octaedra* un *Dendrodrilus rubidus tenuis* ir parastas skābo augšņu iemītnieces un ir tipiskas augsnes humusa horizonta virspuses apdzīvotājas. Vākumos tās tika atrastas līdz 3 cm dziļumam. *Dendrobaena octaedra* atrastas visos parauglaukumos, bet *Dendrodrilus rubidus tenuis* atsevišķi eksemplāri tikai stipri eitroficētajos Bulduri 2 un Dzintaru parauglaukumos.

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

*Lumbricus rubellus* atrasta visos parauglaukumos, bet *Lumbricus castaneus* tikai vidēji un stipri eitroficētajos. *Aporrectodea caliginosa* ir viena no nozīmīgākajām humusa veidotājām sugām, kas spēj stipri ietekmēt augsnes struktūru (Стриганова, 1980). Vākumos tās tika atrastas līdz 8 cm dziļumam. Tās ir 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 and Kulmala, 1985). *Aporrectodea caliginosa* atrasta tikai vidēji un stipri eitroficētajos parauglaukumos. Stipri eitroficētajā parauglaukumā Dzintari atrasta arī neitrālo augšņu suga *Octolasion lacteum* un Bulduri 2 ārpus paraugu ņemšanas vietas novērota *Lumbricus terrestris*.

5.10. tabula

Jūrmalas parauglaukumos ievāktās slieku sugas, un to blīvums (ind. m<sup>-2</sup>)

Parauglaukums	Suga	1989.g. rud.	1990.g. pav.	1990.g. rud.
Pumpuri	<i>Dendrobaena octaedra</i>	12,4	1,6	25,6
	<i>Lumbricus rubellus</i>	22,8	-	3,2
	Kopā	35,2	1,6	28,8
Jaundubulti	<i>Dendrobaena octaedra</i>	17,6	8,8	20,0
	<i>Lumbricus rubellus</i>	22,4	-	9,2
	Kopā	40,0	8,8	29,2
Vaivari	<i>Dendrobaena octaedra</i>	19,2	5,6	16
	<i>Lumbricus rubellus</i>	9,2	9,6	21,6
	<i>Aporrectodea caliginosa</i>	-	-	0,8
	Kopā	28,4	15,2	38,4
Bulduri 1	<i>Dendrobaena octaedra</i>	20,8	11,6	25,2
	<i>Lumbricus rubellus</i>	23,2	12,0	20,4
	<i>Lumbricus castaneus</i>	-	4,8	6,0
	Kopā	44	28,4	51,6
Bulduri 2	<i>Dendrobaena octaedra</i>	26,8	21,6	10
	<i>Lumbricus rubellus</i>	25,2	29,2	34,8
	<i>Lumbricus castaneus</i>	-	1,6	-
	<i>Aporrectodea caliginosa</i>	9,2	2,0	7,6
	<i>Dendrodrilus rubidus ten.</i>	-	-	0,8
	Kopā	61,2	54,4	53,2
Dzintari	<i>Dendrobaena octaedra</i>	2,8	5,6	8,4
	<i>Lumbricus rubellus</i>	48,0	25,2	36,0
	<i>Lumbricus castaneus</i>	7,2	7,2	17,6
	<i>Aporrectodea caliginosa</i>	16,8	-	3,2
	<i>Dendrodrilus rubidus ten.</i>	0,8	-	-
	<i>Octolasion lacteum</i>	-	0,8	-
	Kopā	75,6	38,8	65,2

## 5.2.2. Kopējais slieku blīvums Jūrmalas parauglaukumos

Visos parauglaukumos tika novērots lāna meža tipam neraksturīgi augsts slieku blīvums. Visvairāk slieku tika atrastas stipri eitroficētajos Dzintaru un Bulduri 2 parauglaukumos 1989. gada rudenī (5.10.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 (5.6.att.). Šāda slieku skaita dinamika ir tipiska meža augsnēm, kas parasti saistās ar daļēju populāciju bojā eju ziemas mēnešos (Rundgren, 1977; Lee, 1985; Атлавините, 1975). 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 (5.11.tab.).

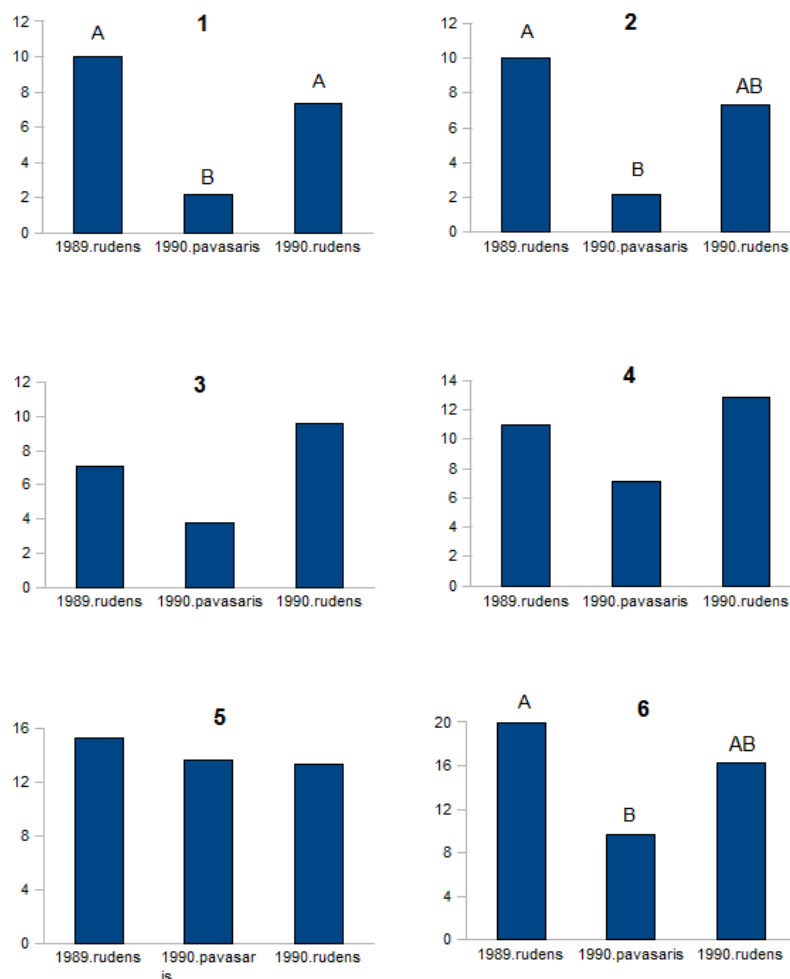
**5.11. tabula**

**Rīgas meteostacijā reģistrētais mēneša vidējais nokrišņu daudzums novērojumu perioda laikā no 1989. – 1990. gadam (LVĢMC dati)**

Periods	Janv.	Febr.	Marts	Apr.	Maijs	Jūn.	Jūl.	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dec.
<b>1989</b>	18	27	51	78	17	70	69	121	48	112	86	66
<b>1990</b>	83	47	43	8	53	76	156	97	140	79	71	34
<b>1991</b>	35	48	34	29	91	94	27	75	181	52	66	45

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<sup>-2</sup> (5.10.tab.). 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.

Vismazāk slieku tika ievākts parauglaukumos Pumpuri un Jaundubulti, kuri atbilst nepārveidotam lāna meža tipam. Tomēr arī šajos parauglaukumos slieku blīvums ir lāna meža tipam neraksturīgi augsts. Ņemot vērā, ka abos šajos parauglaukumos fitocenotiskas izmaiņas netika novērotas (Laiviņš un Laiviņa, 1991), jādomā, ka slieku populācijas ātrāk reaģē uz augsnes izmaiņām kā veģetācija. 1990. gada pavasarī abos parauglaukumos slieku skaits ievērojami samazinājās (5.10.tab.). Pārējos parauglaukumos tik krasa skaita samazināšanās netika novērota. Tas saistās ar augsnes struktūras izmaiņām un humusa horizonta veidošanos zem O horizonta vairāk eitroficētajos parauglaukumos (4.5.tab.). Šādas augsnes kļūst sliekām apdzīvojamas arī dziļākos slāņos, kas ļauj tām tādās nelabvēlīgos meteoroloģiskajos apstākļos kā sals un sausums migrēt dziļāk augsnē. Eitroficētajās platībās slieku blīvums ir mazāk pakļauts sezonālajām svārstībām kā dabiskajiem biotopiem atbilstošajās augsnēs.

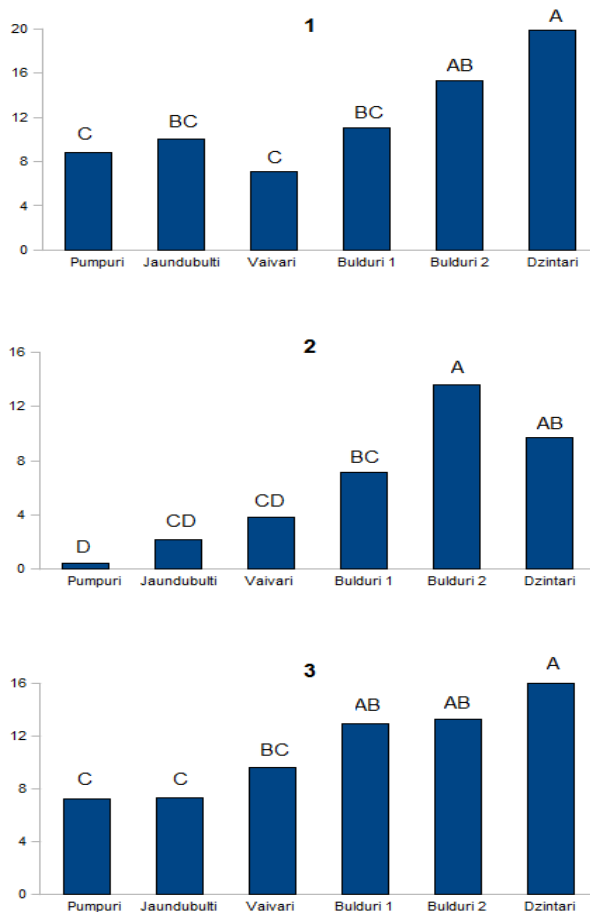


**5.6. attēls. Vidējais slieku blīvums dažādās sezonās vienā paraugā Jūrmalas parauglaukumos. Būtiski atšķirīgās blīvumu vērtības parauglaukumu starpā atzīmētas ar burtiem A un B ( $\alpha = 0,05$ )**

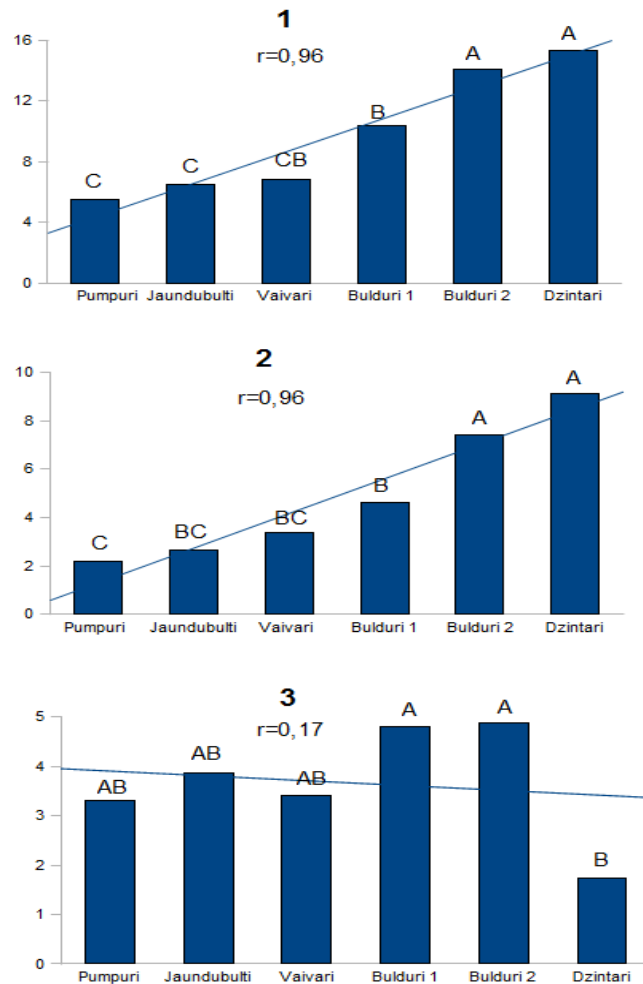
**1 - Pumpuri; 2 - Jaundubulti; 3 - Vaivari; 4 – Bulduri 1; 5 – Bulduri 2; 6 – Dzintari**

Nosakot slieku blīvumus visās sezonās, būtiskākās atšķirības konstatētas Dzintaru parauglaukumam ar neitroficētajiem Pumpuru un Jaundubultu, kā arī Vaivaru parauglaukumiem. Būtiskas atšķirības gandrīz visās sezonās ir arī starp Bulduri 1, Bulduri 2 un neitroficētajiem parauglaukumiem (5.7.att.). Visu sezonu summētais

vidējais slieku blīvums vienā paraugā uzrāda būtiskas atšķirības dažādas eutrofikācijas pakāpes mežu augtenēs (5.8.att.).



**5.7. attēls.** 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. pavasaris; 3 - 1990.g. rudens



**5.8. attēls.** 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 – *Lumbricus rubellus*, 3 – *Dendrobaena octaedra*

Viens no galvenajiem limitējošiem faktoriem sliekām ir augsnes skābums (Lee, 1985; Huhta and Kulmala, 1985; Атлавините, 1975). Tā samazināšanās eitrofikācijas rezultātā rada labvēlīgāku vidi slieku eksistencei. Tomēr, salīdzinot parauglaukumus

savā starpā, lielākas atšķirības augsnes virsējo horizontu (O, O<sub>Ah</sub>) skābumā tika novērotas vienīgi eitroficētajos Bulduri 2 un Dzintari parauglaukumos, salīdzinot ar pārējiem (4.5.tab.). Neeitroficētajos un daļēji eitroficētajos parauglaukumos augsnes ir vērtējamās kā ļoti skābas, bet abos eitroficētajos pH vērtības atbilst vidēji skābām augsnēm. Ņemot vērā salīdzinoši lielo slieku skaitu visos parauglaukumos (5.10.tab.), jādomā, ka augsnes skābums nav noteicošais faktors blīvuma pieaugumam.

Augsnes eitrofikācijas procesi saistās ar barības vielu satura palielināšanos augsnē un attiecīgi arī ar augsnes organismu aktivitātes palielināšanos. Par to Jūrmalas parauglaukumos liecina organisko vielu satura samazināšanās virsējos augsnes horizontos (4.5.tab.). Rezultātā *mor* humusa saturs samazinās, un sāk veidoties horizonti ar pārejas tipa humusu (Laiviņš un 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 (5.10.tab., 6.7. att.).

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 biežības palielināšanās eitroficētajos parauglaukumos uzlabo slieku barības racionu, vienlaicīgi radot labāku augsnes noēnojumu un samazinot mitruma zudumus.

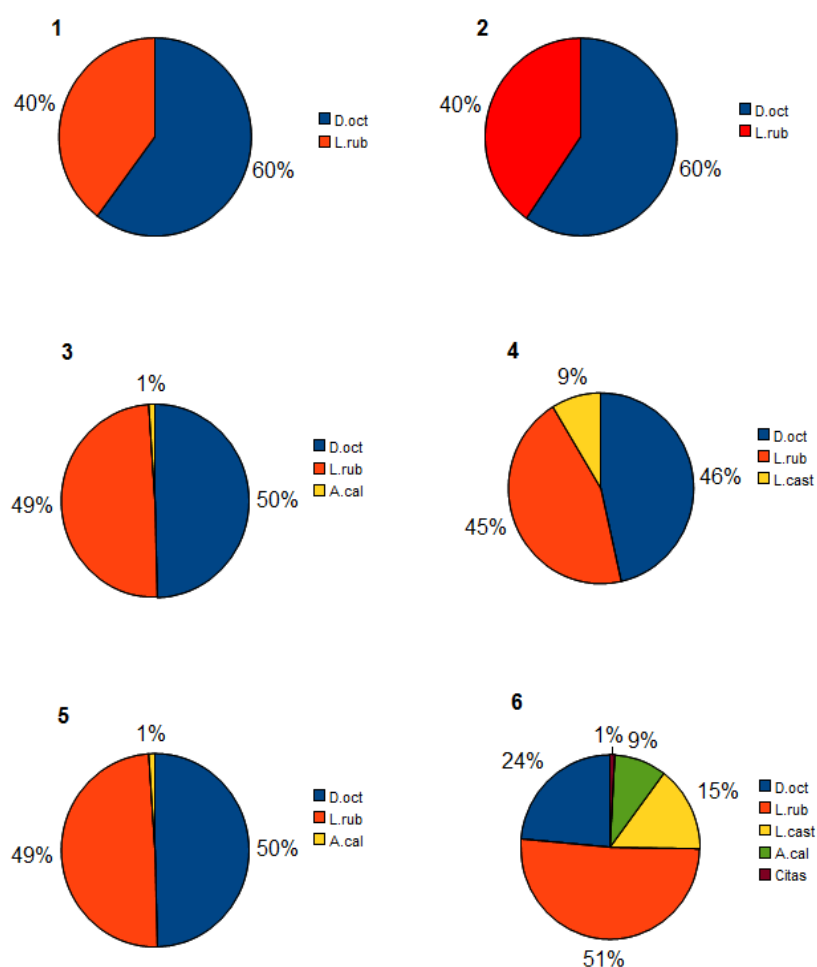
Sliekas dod priekšroku augsnēm ar šaurāku C:N attiecību, kas ir viens no svarīgākajiem slieku populāciju limitējošajiem faktoriem (Lee, 1985). Sliekām piemērotāka ir barība ar augstāku slāpekļa un ogļhidrātu saturu. Skujās un sūnās ir ievērojami mazāk slāpekļa, bet sliekām nevēlamo polifenolu (tannīna) koncentrācija ir daudz augstāka kā lapu koku un lakstaugu sastāvā (Lee, 1985; Hendriksen, 1990; Аристовская, 1980). Jūrmalas parauglaukumos C:N attiecība ir augsta, tomēr, palielinoties eitrofikācijas pakāpei, tā sašaurinās (4.5.tab.). Lai gan, saskaņā ar veiktajām augsnes ķīmiskajām analīzēm, nelabvēlīgas C:N vērtības saglabājas pat

eutroficētajos parauglaukumos, tomēr, palielinoties eutrofikācijas 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).

### 5.2.3. Konstatēto slietu sugu blīvums un dominances struktūra Jūrmalas parauglaukumos

Visos parauglaukumos ir atrastas *Dendrobaena octaedra* un *Lumbricus rubellus*, tomēr to blīvums un dominance ir atšķirīga parauglaukumos ar dažādu eutrofikācijas pakāpi (5.10.tab.; 5.9.att.). *Dendrobaena octaedra* skaits ir ļoti mainīgs atkarībā no sezonas. Neeutroficētajos (Pumpuri, Jaundubulti) un vidēji eutroficētajos (Vaivari, Bulduri 1) parauglaukumos 1990. gada pavasarī tika novērota izteikta *Dendrobaena octaedra* skaita samazināšanās, bet rudens sezonās pieaugums. Eutroficētajos parauglaukumos (Bulduri 2, Dzintari) šādas likumsakarības netika novērotas. Salīdzinot *Dendrobaena octaedra* skaitu visos parauglaukumos redzams, ka starp tiem nav būtiskas atšķirības. Vienīgi eutroficētajā parauglaukumā Dzintaros *Dendrobaena octaedra* blīvums visās sezonās ir neliels, un būtiski atšķiras no Bulduri 1 un Bulduri 2 parauglaukumos iegūtajiem datiem (5.10.tab.). Kaut arī šo slietu blīvums tika konstatēts augstāks nekā parasti lāna meža tipā, tomēr parauglaukumu starpā, neatkarīgi no eutrofikācijas pakāpes, novēro maz atšķirību (5.8.att.). Vienīgi Vaivaru parauglaukumā *Dendrobaena octaedra* skaits ir ievērojami zemāks kā citos (būtiski atšķiras no abiem Bulduru parauglaukumiem). To, iespējams, var skaidrot ar ievērojamo *Lumbricus rubellus* un *Lumbricus castaneus* skaita pieaugumu un pastāvošo konkurenci starp šīm sugām par barības resursiem. Gan *Dendrobaena octaedra*, gan *Lumbricus castaneus*, gan daļēji arī *Lumbricus rubellus*, ir epigeiskas sugas, kas barojas augsnes virsējo slāņu horizontos O un A<sub>h</sub> (Bouche, 1977). Kā tipiskām augsnes virspuses sliedēm, *Dendrobaena octaedra* skaits ir sezonāli ļoti mainīgs un atkarīgs no tādiem vides faktoriem kā sals un sausums. Tomēr *Dendrobaena 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.



**5.9. attēls. Slietu sugu relatīvais blīvums Jūrmalas parauglaukumos**  
**1 - Pumpuri; 2 - Jaundubulti; 3 - Vaivari; 4 – Bulduri 1; 5 – Bulduri 2; 6 - Dzintari**  
**D.oct - *Dendrobaena octaedra*, L.rub - *Lumbricus rubellus*, L.cast – *Lumbricus castaneus*,  
A.cal - *Aporrectodea caliginosa***

Atšķirīga ir otras dominējošās sugas *Lumbricus rubellus* blīvuma dinamika. 1989. gada rudenī *Lumbricus rubellus* skaits ir augsts visos parauglaukumos, vienīgi Vaivaros tās atrastas mazāk - 9,2 ind. m<sup>-2</sup>. Neitroficētajos parauglaukumos *Lumbricus rubellus*

1990. pavasarī netika atrastas vispār, bet rudenī atrastas nelielā blīvumā (5.10.tab.). Pārējos parauglaukumos 1990. gada pavasara sezonā novērota vai nu *Lumbricus rubellus* skaita samazināšanās (Dzintari, Bulduri 1), vai arī nelielas to skaita svārstības (Vaivari, Bulduri 2). Augstākais sugas blīvums tika konstatēts Dzintaros (5.10.tab.). Iespējams, ka nedegradētajos parauglaukumos sala un arī sausuma ietekmē lielākā *Lumbricus rubellus* daļa aiziet bojā. Te slieku apdzīvotībai ir piemērota tikai augsnes plānā, virsējā kārtā. Tas ierobežo *Lumbricus 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 *Lumbricus rubellus* blīvums ir augsts visās sezonās, būtiski atšķiroties no pārējiem parauglaukumiem.

*Lumbricus rubellus* gandrīz visos parauglaukumos kopā ar *Dendrobaena octaedra* ir viena no dominējošām sugām, bet eitroficētajā Dzintaru parauglaukumā tā ir vienīgā dominējošā suga (5.9.att.). Visu sezonu summētais vidējais *Lumbricus rubellus* blīvums vienā paraugā uzrāda būtiskas atšķirības dažādas eitrofikācijas pakāpes mežu augtenēs (5.8.att.). Šai sugai var novērot būtisku blīvuma pieaugumu, palielinoties vides eitrofikācijas pakāpei (5.8.att.). Literatūrā var atrast norādes par to skaita palielināšanos, samazinoties augsnes skābumam (Herlitzius, 1978; Persson, 1988). Piemēram, Vācijā pēc priežu meža kalķošanas novērota *Lumbricus rubellus* populācijas izveidošanās blīvumā līdz 20 ind. m<sup>-2</sup>. Vienlaicīgi acidofilos augus nomainīja graudzāles, papardes un krūmi, bet *mor* humuss ieguva *mull* raksturīgās īpatnības (Makeschin, 1985). Domājams, ka Jūrmalas mežos nozīme *Lumbricus rubellus* skaita pieaugums galvenokārt saistās ar slieku barības bāzes kvantitatīvu un kvalitatīvu uzlabošanos - lapu koku un lakstaugu īpatsvara pieaugumu, iespējamām izmaiņām mikroorganismu cenožēs.

*Aporrectodea caliginosa* nelielā blīvumā konstatētas pārsvarā tikai stipri eitroficētajos parauglaukumos (5.10.tab.; 5.9.att.). To skaits ir neliels, un tās ir atrastas gandrīz visās sezonās, kas liecina par pastāvīgas *Aporrectodea caliginosa* populācijas izveidošanos. Kaut arī literatūrā ir ziņas par atsevišķu eksemplāru atrašanu nabadzīgajās

priežu mežu augsnēs (Атлавините, 1976), tomēr, *Aporrectodea caliginosa* ir endogeiska suga, un, lai izveidotos pastāvīga populācija, ir nepieciešams labi izveidots augsnes humusa horizonts ar labi sadalītām augu atliekām un bagātīgu augsnes mikrofloru (*mull* humuss) (Стриганова, 1980). *Aporrectodea caliginosa* skaits svārstās atkarībā no sezonas, minimālās vērtības saniedzot 1990. gada pavasarī (Dzintaru parauglaukumā pavasarī vispār netika atrastas), bet maksimālās 1989. gada rudenī.

*Lumbricus castaneus* konstatētas tikai eitroficētajos parauglaukumos un daļēji eitroficētajā Bulduri 1. Stipri eitroficētajos parauglaukumos atrasti arī atsevišķi *Octolasion lacteum* (Dzintari) un *Dendrodrilus rubidus tenuis* eksemplāri, kā arī ārpus paraugu ievākšanas vietām novērota *Lumbricus terrestris* (Bulduri 2). *Lumbricus 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 (5.10.tab.). Tas saistīts ar augsnes skābuma samazināšanos un barības bāzes – lapu un lakstaugu atlieku palielināšanos. *Lumbricus 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. *Octolasion lacteum* un *Lumbricus terrestris* ir raksturīgas galvenokārt augsnēm ar labi izveidotiem humusa horizontiem (Lee, 1985). Tomēr atrastie atsevišķie šo sugu eksemplāri neliecina par pastāvīgu populāciju izveidošanos. Tie varēja parauglaukumos nokļūt no netālu esošajiem dārziem.

#### 5.2.4. Slieku cenožu izmaiņas Jūrmalas parauglaukumos

Ziemeļeiropas priežu mežu *mor* humusa augšņu slieku fauna ir nabadzīga. Šādās augsnēs parasti nav vairāk kā 1 – 2 slieku sugas. Visbiežāk ir sastopama acidofilā suga *Dendrobaena octaedra*, retāk tā ir kopā ar *Lumbricus rubellus*. Šādās sugu cenzēs dominējošā parasti ir *Dendrobaena octaedra* (Timm, 1970; Nordstrom and Rundgren,

1973; Terhivuo and Valovirta, 1978; Huhta et al., 1998; Tiunov et al., 2006; Эглитис, 1954; Атлавините, 1976).

Jūrmalas neeitroficētajos parauglaukumos ir raksturīga divu slieku sugu cenoze (5.12.tab.; 5.9.att.). Dominējošā abos parauglaukumos ir *Dendrobaena octaedra* (60%). *Lumbricus rubellus* sastāda ap 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 *Dendrobaena octaedra*. *Lumbricus rubellus* augstā dominances pakāpe, iespējams, liecina jau par eitrofikācijas procesu sākšanos Pumpuru un Jaundubultu parauglaukumos.

Daļēji eitroficētajos Vaivaru un Bulduri 1 parauglaukumos *Lumbricus rubellus* īpatsvars pieaug (5.9.att.). Gan *Dendrobaena octaedra*, gan *Lumbricus 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 *Aporrectodea caliginosa* un *Lumbricus castaneus*.

#### 5.12. 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>Dendrobaena octaedra</i>
Jūrmalas neeitroficētie parauglaukumi	<i>Dendrobaena octaedra</i> – <i>Lumbricus rubellus</i>
Jūrmalas daļēji eitroficētie parauglaukumi	<i>Dendrobaena octaedra</i> – <i>Lumbricus rubellus</i>
Jūrmalas eitroficētie parauglaukumi	<i>Lumbricus rubellus</i> – <i>Dendrobaena octaedra</i> – <i>Aporrectodea caliginosa</i> <i>Lumbricus rubellus</i> – <i>Dendrobaena octaedra</i> – <i>Lumbricus castaneus</i> – <i>Aporrectodea caliginosa</i>

Stipri eitroficētajās platībās iezīmējas izteikta sugas *Lumbricus rubellus* dominance (Bulduri 2 – 53%; Dzintari – 51%) (5.9.att.). *Dendrobaena octaedra* īpatsvars ir samazinājies līdz 35% Bulduri 2 un 24% Dzintaros. Pieaug arī *Aporrectodea caliginosa* (11%) īpatsvars Bulduri 2, kā arī *Aporrectodea caliginosa* (9%) un *Lumbricus castaneus* (15%) īpatsvars Dzintaru parauglaukumā, veidojot savdabīgas 3 - 4 slietu 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 (5.12.tab.).

### **5.3. Slietu cenožu izmaiņas industriālā piesārņojuma ietekmē priežu mežos pie Saulkalnes**

#### **5.3.1. Saulkalnes parauglaukumos konstatētās slietu sugas**

Saulkalnes transekta parauglaukumos tika konstatētas 6 slietu sugas, ieskaitot divas vienas sugas pasugas (5.12.tab.). Kā skābajām meža augsnēm raksturīgās jāmin *Dendrobaena octaedra* un *Dendrodrilus rubidus tenuis*. Tās ir tipiski epigeiskas sugas, un vākumos tika atrastas tikai 0 – 4 cm dziļumā. *Dendrobaena octaedra* ir viena no biežāk sastopamajām sugām visos parauglaukumos, bet *Dendrodrilus rubidus tenuis* regulāri konstatēta no emisijas avota divos tālākajos parauglaukumos. Arī *Lumbricus rubellus* atrasta visos parauglaukumos 0 – 8 cm dziļumā. Cita *Lumbricus* ģints suga *Lumbricus castaneus* konstatēta tikai vienreiz. Regulāri atrasta arī endogeiskā *Aporrectodea caliginosa*. Vākumos tā sastopama līdz 8 cm dziļumam. *Aporrectodea caliginosa* atrasta gandrīz visos parauglaukumos, vienīgi no emisijas avota tālākajā, kontroles parauglaukumā, tā netika konstatēta. Divas atrastās sugas *Dendrodrilus rubidus subrubicundus* un *Eisenia foetida* ir izteikti sinantropas un brīvā dabā Latvijas apstākļos parasti nav sastopamas. Tomēr jāatzīmē, ka daļēji transformētajā Saulkalne 3 *Eisenia foetida* nelielā blīvumā tika konstatēta visas sezonas, kas, iespējams, liecina par dabiskas populācijas veidošanos.

### 5.3.2. Kopējais slieku blīvums Saulkalnes parauglaukumos

Slieku blīvums visos parauglaukumos ir samērā augsts. 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 un Saulkalne 2 (5.12.tab.). 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. Arī Saulkalne 1 slieku blīvums uzrāda tendenci palielināties, bet vienīgās būtiskās atšķirības sezonu starpā konstatētas 1990. gada rudenī (5.10.att.). Saulkalne 3 slieku blīvumi arī uzrāda tendenci novērojumu perioda laikā būtiski palielināties. Diviem tālākajiem parauglaukumiem šāda skaita palielināšanās nav konstatēta. Visiem trijiem tālākajiem parauglaukumiem novēro samērā izteiktas sezonālās svārstības, blīvumam palielinoties rudenī, bet samazinoties pavasarī (izņemot Saulkalne 5 1990. gada pavasarī) (5.10.att.).

Saulkalnes transekta parauglaukumu savstarpējai salīdzināšanai izvēlēts visu sezonu summētais vidējais blīvums. Salīdzinot katra parauglaukuma visu sezonu summēto vidējo slieku blīvumu, redzams, ka tie parauglaukumu starpā būtiski neatšķiras (5.11.att.). Lielākās vidējās vērtības blīvums sasniedz Saulkalne 2 un Saulkalne 3 parauglaukumos, kā arī divos tālākajos, mazāk eitroficētajos, tas ir mazāks.

Salīdzinot ar dabiskiem, līdzīga augšanas tipa mežiem (Атлавините, 1976; autora nepublicēti novērojumi), kopējais slieku blīvums Saulkalnes parauglaukumos ir samērā augsts. Pat kontroles parauglaukumā Saulkalne 5 ar lāna augšanas tipam atbilstošu dabisko veģetāciju, blīvums visās sezonās ir paaugstināts (5.13.tab.). Acīmredzot arī Saulkalnes parauglaukumos izmaiņas slieku populācijās ir konstatējamas vēl pirms vērojamas izmaiņas veģetācijā.

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 veģetācijas izmaiņas ir nelielas vai

vispār nav novērotas, slieku blīvums ir zemāks. Tomēr jāatzīmē, ka dispesijas analizē būtiskas atšķirības parauglaukumu starpā netika konstatētas (5.11.att.).

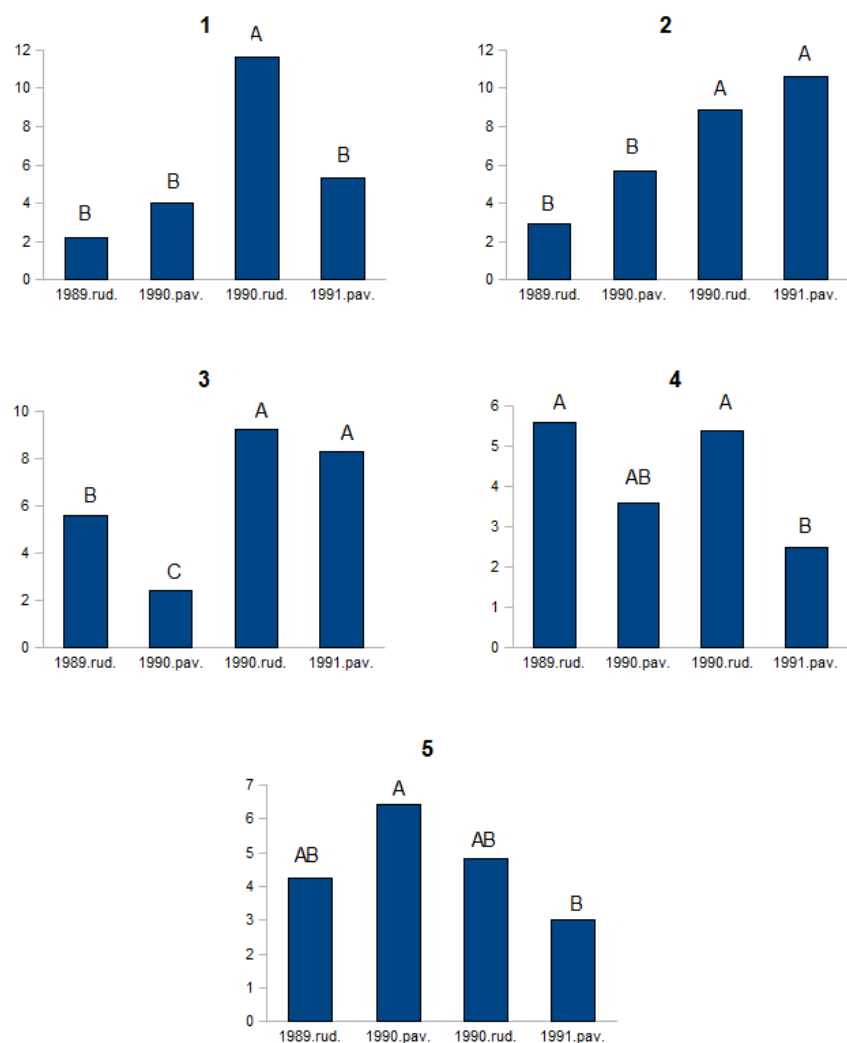
**5.13. tabula**

**Saulaklne parauglaukumos konstatētās slieku sugas un to blīvums (ind. m<sup>-2</sup>)**  
\* - parauglaukuma attālums līdz Dolomīta pārstrādes rūpnīcai

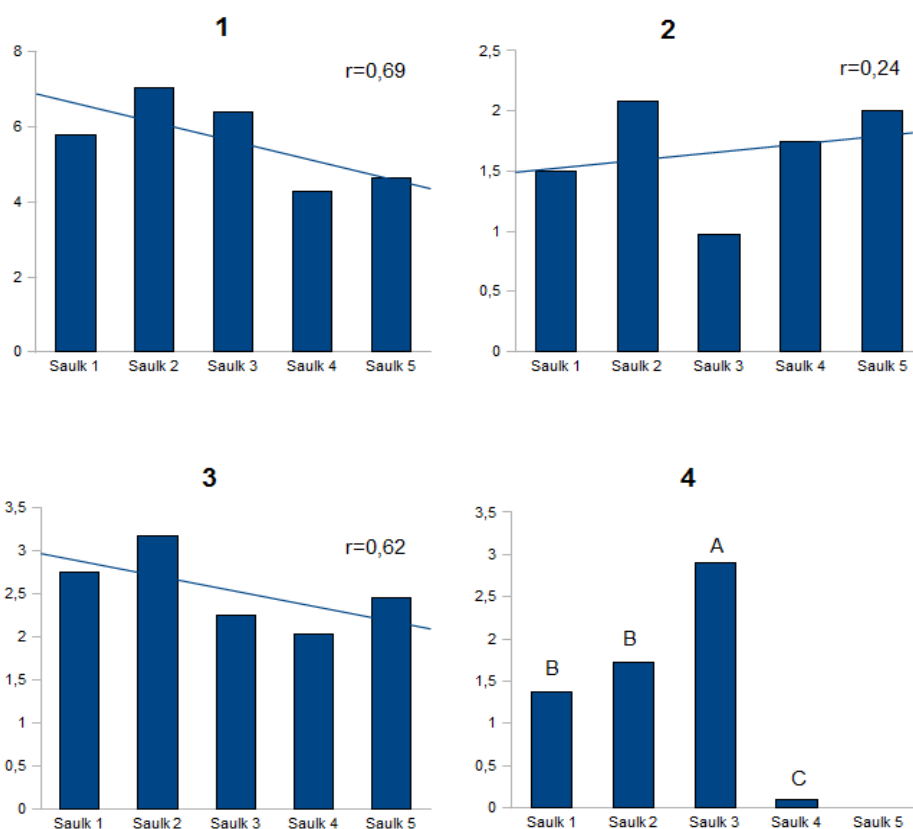
Parauglauk. attālums*	Suga	1989.g.rud.	1990.g.pav.	1990.g.rud.	1991.g.pav.	Vidēji pa gadiem
<b>Saulkalne 1 300 m</b>	<i>Dendrobaena octaedra</i>	0,8	1,6	12,8	8,8	6
	<i>Lumbricus rubellus</i>	5,6	11,6	20,4	6,4	11,0
	<i>Aporrectodea caliginosa</i>	0,8	2,8	12,4	6,0	5,5
	<i>Dendrodriilus rubidus ten.</i>	1,6	0	0	0	0,4
	<i>Dendrodriilus rubidus subr.</i>	0	0	0,8	0	0,2
	Kopā	8,8	16	46,4	21,2	23,1
<b>Saulaklne 2 370 m</b>	<i>Dendrobaena octaedra</i>	0,8	1,6	12,4	18,4	8,3
	<i>Lumbricus rubellus</i>	8,0	11,6	17,6	13,6	12,7
	<i>Aporrectodea caliginosa</i>	2,8	9,6	5,6	9,6	6,9
	<i>Dendrodriilus rubidus ten.</i>	0	0	0	0,8	0,2
	Kopā	11,6	22,8	35,6	42,4	28,1
<b>Saulaklne 3 1270 m</b>	<i>Dendrobaena octaedra</i>	2,4	6,0	4,8	2,4	3,9
	<i>Lumbricus rubellus</i>	9,2	2,8	12,8	11,2	9
	<i>Aporrectodea caliginosa</i>	9,2	0	18,4	18,8	11,6
	<i>Lumbricus castaneus</i>	0,8	0	0	0	0,2
	<i>Eisenia foetida</i>	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
	Kopā	22,4	9,6	36,8	33,2	25,5
<b>Saulaklne 4 4370 m</b>	<i>Dendrobaena octaedra</i>	10,4	11,2	5,6	0,8	7,0
	<i>Lumbricus rubellus</i>	12,0	1,6	13,6	5,2	8,1
	<i>Aporrectodea caliginosa</i>	0	0	0	1,6	0,4
	<i>Dendrodriilus rubidus ten.</i>	0	1,6	2,4	2,4	1,6
	Kopā	22,4	14,4	21,6	10	17,1
<b>Saulaklne 5 6270 m</b>	<i>Dendrobaena octaedra</i>	6,0	18,0	6,4	1,6	8,0
	<i>Lumbricus rubellus</i>	10,0	6,8	12,8	9,6	9,8
	<i>Dendrodriilus rubidus ten.</i>	0	0,8	0	0,8	0,4
		Kopā	16	25,6	19,2	12

Salīdzinot sezonālās slieku skaita izmaiņas, redzams, ka blīvums Saulkalne 1 un Saulkalne 2 pakāpeniski palielinās (5.10.att.; 5.13.tab.). 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 sekojošo izmešu kopējā apjoma samazināšanos. Tā rezultātā arī augsnē nonāca mazāk piesārņojošo vielu. Saulkalne 2 slieku blīvums pēdējās divās sezonās ir būtiski pieaudzis, salīdzinot ar novērojumu perioda sākumu. Vairāk piesārņotajā Saulkalne 1 blīvuma pieaugums ir mazāk izteikts. Ievērojamais

skaita pieaugums 1990. gada rudenī, iespējams, saistās ar parauglaukuma novietojuma īpatnībām. Te vairākās vietās bija izbērti dārza atkritumi, veikti rakumi smilšu ieguvei, ierīkotas komposta kaudzes, kas, varēja ietekmēt rezultātus. Būtiska kopējā slieku skaita palielināšanās novērojumu periodā ir konstatēta arī Saulkalne 3, ar tipisku slieku skaita dinamiku - blīvuma samazināšanos pavasarī un pieaugumu rudenī (5.10.att.).



**5.10. attēls. 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**



**5.11. attēls.** 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** – *Lumbricus rubellus*, **3** – *Dendrobaena octaedra*, **4** – *Aporrectodea caliginosa*

Abos tālākajos parauglaukumos Saulkalne 4 un Saulkalne 5 slieku skaita palielināšanās novērojumu periodā nav konstatēta, toties sezonālās svārstības abos ir samērā izteiktas (5.10.att.). Salīdzinot ar emisijas avotam tuvākajiem parauglaukumiem, Saulkalnē 4 un 5 nav izveidojies humusa horizonts, kurā ielienot dziļāk sliekas var izvairīties no nelabvēlīgo meteoroloģisko apstākļu ietekmes.

### 5.3.3. Konstatēto slieku sugu blīvuma dinamika Saulkalnes parauglaukumos

*Dendrobaena octaedra*, kā epigeiskai sugai, Saulkalnes transekta parauglaukumos ir raksturīgas ievērojamas sezonālā skaita variācijas. Lielākais visu sezonu summētais vidējais blīvums konstatēts Saulkalne 2 un Saulkalne 5 parauglaukumos (5.11.att., 5.13.tab.). Abos emisijas avotam tuvākajos parauglaukumos novērojumu perioda laikā to blīvums pieaug, bet Saulkalne 3 izmainās nedaudz. Salīdzinoši zemo *Dendrobaena octaedra* blīvumu šajā parauglaukumā, iespējams, var skaidrot ar konkurenci ar citām sugām, piemēram, *Aporrectodea caliginosa*. Siltā 1989. - 1990. gada ziema (5.11.tab.) ir ietekmējusi *Dendrobaena octaedra* populāciju arī abos tālākajos parauglaukumos, un 1990. gada pavasarī ir vērojams to skaita pieaugums. Salīdzinot *Dendrobaena octaedra* blīvumu parauglaukumu starpā, nav vērojamas būtiskas atšķirības (5.11.att.).

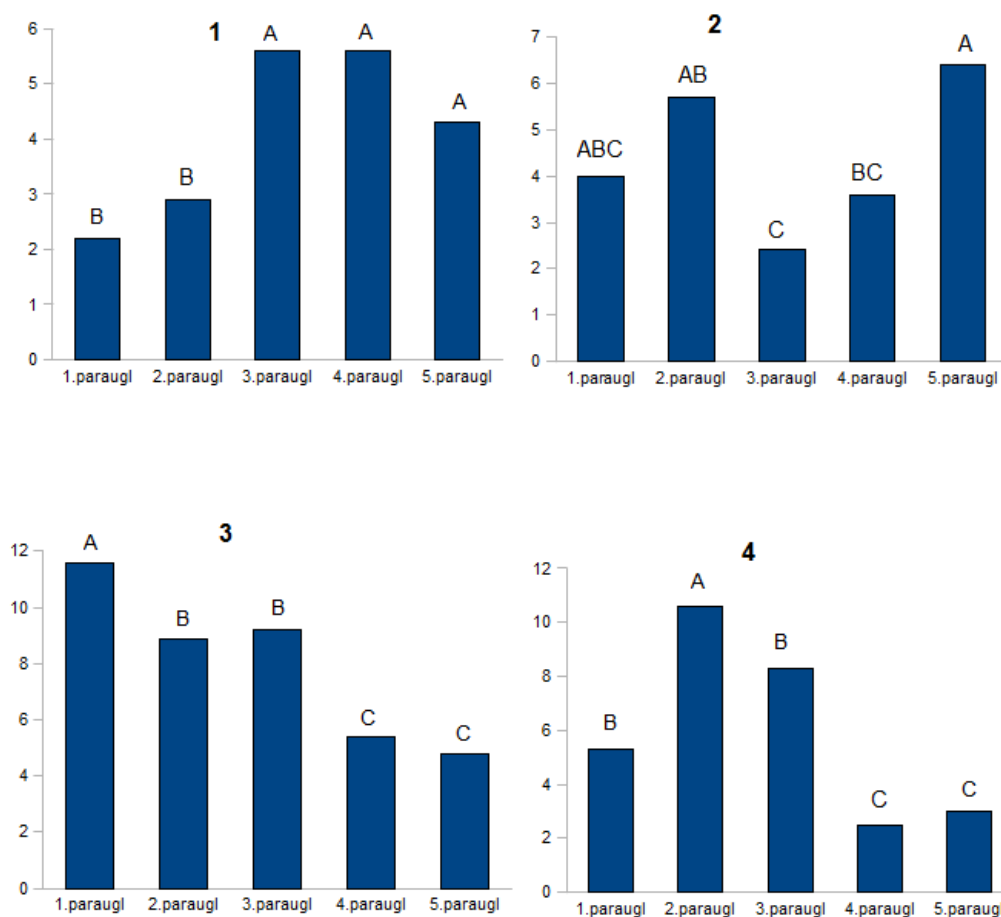
*Lumbricus rubellus* visos parauglaukumos, neatkarīgi no attāluma no emisijas avota, ir visdaudzskaitlīgākā suga. Tās skaita sezonālā dinamika arī ir samērā izteikta. Lielākais visu sezonu vidējais blīvums konstatēts Saulkalne 2 (5.13.tab.). *Lumbricus rubellus* blīvums ir salīdzinoši augsts visos parauglaukumos, neuzrādot būtiskas atšķirības to starpā (5.11.att.).

*Aporrectodea caliginosa* sliekas gandrīz katru sezonu ir atrastas pirmajos trīs, emisijas avotam tuvākajos parauglaukumos. Maksimālais visu sezonu vidējais blīvums konstatēts Saulkalne 3, kas būtiski atšķiras no *Aporrectodea caliginosa* blīvuma pārējos parauglaukumos (5.11.att.; 5.13.tab.). Kaut arī emisijas avotiem tuvākajos divos parauglaukumos tā ir atrasta mazākā skaitā (iespējams piesārņojuma ietekmē), tomēr visos trijos parauglaukumos suga ir izveidojusi stabilas populācijas, kas saistās ar humusa horizonta  $A_h$  veidošanos (4.7.tab., 5.11.att.). Abos tālākajos parauglaukumos, kur  $A_h$  horizonta veidošanās netika novērota, ir atrasti tikai atsevišķi *Aporrectodea caliginosa* eksemplāri, vai arī suga vispār netika konstatēta (5.13.tab.).

Abos no emisijas avota tālākajos parauglaukumos regulāri ir atrasta skābo augšņu epigeiskā suga *Dendrodriilus rubidus tenuis* (5.13.tab.). Šīs sugas skaita palielināšanos kaļķotās mežu platībās promocijas darba autors 1993. gadā novēroja Zviedrijas centrālās daļas meža masīvu augsnēs. Uz *Dendrodriilus rubidus tenuis* skaita palielināšanos pēc priežu mežu kaļķošanas Zviedrijā un Vācijā norāda arī T.Persons

(Persson, 1988). Iespējams, ka *Dendrodrilus rubidus tenuis* ir piemērota indikatorsuga, novērtējot priežu mežu augšņu piesārņošanu ar kalcija savienojumiem.

Saulkalne 3 parauglaukumā visās sezonās nelielā blīvumā ir atrastas mēslu sliekas *Eisenia foetida*, kas liecina par dabiskas to populācijas veidošanos. Šī epigeiskā suga Latvijas apstākļos brīvā dabā nedzīvo, bet tās izplatība ir saistīta ar antropogēno darbību. *Eisenia foetida* ir sastopama kompostā, kūsmēslos, lapu kaudzēs, notekūdeņu aktīvajās dūņās un citos organiskas izcelsmes atkritumos. Saulakalne 3 atrodas mazdārziņu tuvumā, kas var būt iemesls sugas sastopamībai meža biocenozē (5.13.tab.).



**5.12. attēls.** 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

#### 5.3.4. Saulaklnes rūpniecisko uzņēmumu emitētā 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, Saulaklne 1 un Saulkalne 2 parauglaukumos kalcija un magnija ievērojamās koncentrācijas augsnē (4.8.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 (5.11.att.).

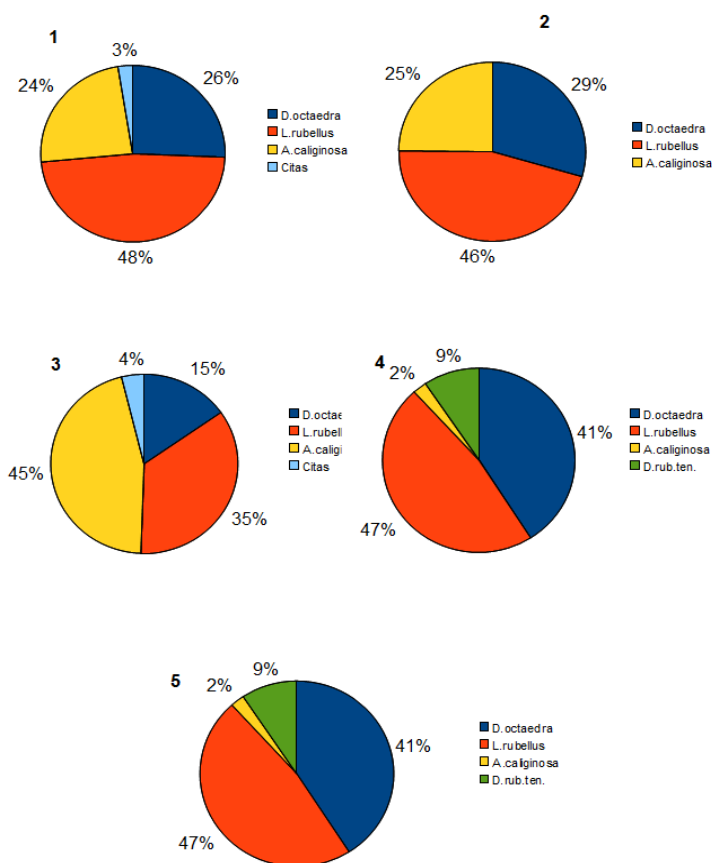
Metālu iedarbība uz sliekām ir sarežģīta. Tā var izpausties tiešā veidā stimulējoši vai toksiski, ietekmējot citu elementu uzņemšanu, izmainot augsnes parametrus (piemēram, pH), ietekmējot augsnes mikrobiālo aktivitāti un slieku barības bāzi (Huhta, 1979; Persson, 1988; Zelles et al., 1990). Iespējama pat slieku populāciju adaptācija metāla piesārņojumam (Bengtson and Rundgren, 1992; Spurgeon and Hopkin, 1999). Jādomā, ka Saulkalnes parauglaukumos slieku populācijām nozīmīga ir kalcija un magnija savienojumu ietekme uz augsnes skābumu. Visos transekta parauglaukumos konstatētais augsnes skābums (4.8.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 (Laivņš et al., 1993; Vaivara, 2006).

Samazinoties augsnes skābumam 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 (Cronan and Grigal, 1995; Аристовская, 1980). Emisijas avotam trīs tuvākajos parauglaukumos C:N attiecība ir augsnes organismiem labvēlīga (4.8.tab.). Abos tālākajos C:N vērtības ir zem 20, kas arī liecina par mineralizācijas procesu aktivizēšanos. Parauglaukumos ieviešās graudzāles, sāk augt krūmi un jaunie lapu koki (Laivņš et al., 1993). Augsnes virsējā organiskajā horizontā sašaurinās C:N attiecība, un augu atliekas kļūst piemērotākas slieku barībai.  $Ca^{2+}$  jonu koncentrācijas palielināšanās

ir īpaši labvēlīga tādām slieku sugām, kurām kalcijs dziedzeri ir vāji attīstīti, piemēram, *Aporrectodea caliginosa* (Lee, 1985).

### 5.3.5. Slieku sugu cenožu un dominances struktūras izmaiņas Saulkalnes parauglaukumos

Dominējošā suga visos Saulkalnes transekta parauglaukumos ir *Lumbricus rubellus* (5.13.att.; 5.14.tab.). Tās bioloģiskās īpašības - acidotolerance, pieticīgums barības izvēlē, spēja baroties dažādos augsnes slāņos, mobilitāte (salīdzinoši lielāka kā pārējām konstatētajām sugām), ļauj tai sekmīgi ieviesties un izdzīvot atšķirīgās biocenozēs gar Saulkalnes transektu.



5.13. attēls. Slieku sugu relatīvais blīvums Saulkalnes transekta parauglaukumos

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

D.rub.ten. - *Dendrodriilus rubidus tenuis*

Subdominantās sugas emisijas avotiem tuvākajos trīs parauglaukumos ir *Dendrobaena octaedra* un *Aporrectodea caliginosa*, tādejādi izveidojot trīs sugu cenozes. Divos tālākajos parauglaukumos stabila *Aporrectodea caliginosa* populācija netika novērota, un tiem raksturīgas ir divu sugu *Lumbricus rubellus* - *Dendrobaena octaedra* cenozes (5.14.tab.).

#### 5.14. tabula

##### Slieku sugu cenozes Saulkalnes transekta parauglaukumos

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

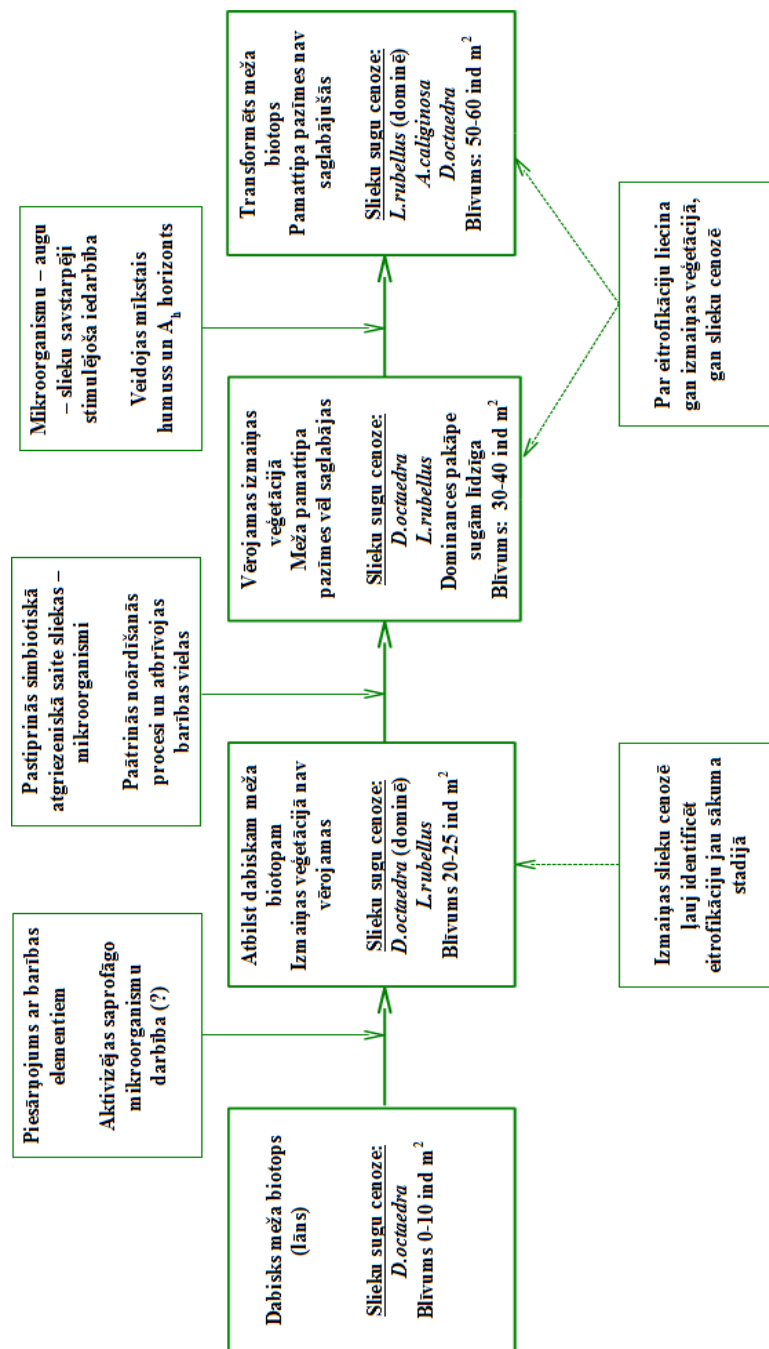
#### 5.4. Slietu iespējamā ietekme uz augsnes eitrofikācijas procesiem Jūrmalas un Saulkalnes transekta mežos

Kopējā slietu blīvuma palielināšanās ietekmē gan augsnes struktūru, gan auglību (Lee, 1985; Haimi and Boucelham, 1991; Deleporte and Tillier, 1999; McInerney et al., 2001; Rätty and Huhta, 2004; Атлавините, 1990). Slietu 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 (5.14.att.). Mikroorganismu darbība paātrina skuju nobiru sadalīšanos, un augsnē nonāk lielāks barības vielu daudzums, radot labvēlīgus apstākļus slietu skaita pieaugumam un augu augšanai. Slietu blīvuma palielināšanās var būt cēlonis pakāpeniskām izmaiņām augsnē. Slietu 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 *Lumbricus 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 *Lumbricus rubellus*, jādomā, ka tieši mikroorganismiem ir lielākā nozīme kā *Lumbricus rubellus* barības objektam. *Lumbricus rubellus* (arī *Aporrectodea caliginosa*) koprolītos aktīvi darbojas slāpekli fiksējošās baktērijas. Rezultātā augsnē palielinās slāpekļa saturs augiem uzņemamu savienojumu veidā (Šimek and 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 and Scheu, 2004). Šie procesi īpaši aktivizējas pēc endogeisko *Aporrectodea caliginosa* slieku ieviešanās (Robinson et al., 1992b). *Aporrectodea caliginosa* stabilas populācijas izveidošanās notiek noteiktā organisko vielu sadalīšanās stadijā, jo to barības racionu sastāda galvenokārt labi sadalīties detrits ar augstu mikroorganismu koncentrāciju (Kristufek et al., 1994; Kristufek et al., 1995). *Aporrectodea 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).



5.14. attēls. Iespējamā priežu mežu eitrofikācijas norise un slieku nozīme dažādu eitrofikācijas pakāpju bioindikācijā

### 5.5. 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). Sliekas 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, sliekas 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 kalcijs piesārņojuma ietekmi. Kā liecina pētījumi Jūrmalas un Saulkalnes transekta augsnēs, tad izmaiņas slieku cenzēs 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 *Lumbricus rubellus* populācijas izveidošanās.

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

Stabilas *Aporrectodea caliginosa* populācijas izveidošanās var liecināt par neatgriezeniskām pārmaiņām augsnē. Tomēr priežu mežu eitrofikāciju vēlākās stadijas 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 *Aporrectodea rosea*, kamēr cementa putekļu ietekme uz tādām sugām kā *Aporrectodea caliginosa* un *Lumbricus rubellus* netika konstatēta. Savukārt, Jūrmalas un Saulkalnes transekta mežos kā galvenā indikatīvā suga izdalīta *Lumbricus rubellus* un, palielinoties eitrofikācijas pakāpei, arī *Aporrectodea 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 populāciju ietekmē lauka reljefs. Pauguru augšdaļā, kur vairāk izpaužas augsnes erozija, slieku blīvums ir mazāks kā lejasdaļā, kur ir augstāks trūdvielu saturs, kā arī gruntsūdens līmenis atrodas tuvāk augsnes virspusei, ilgstoša sausuma periodos nodrošinot lielāku augsnes mitrumu.
3. Intensīvi apstrādātās augsnēs slieku blīvums un sugu skaits samazinās. Izzūd jūtīgākās sugas. *Aporrectodea caliginosa*, salīdzinot ar citām sugām, ir labāk adaptējusies augsnes apstrādei. Tās dominance var sasniegt pat 100%.
4. Slieku blīvuma dinamiku ietekmē nokrišņu daudzums slieku aktīvās darbības periodā. Zemes apstrāde pastiprina slieku populāciju jutību pret meteoroloģiskajiem faktoriem. Lauksaimniecības zemēs, kas ilgāku laiku nav apstrādātas, meteoroloģisko faktoru ietekme nav tik izteikta, un slieku populācijas sadalījums augsnē ir vienmērīgāks.
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<sup>-2</sup>, bet smilts augsnēs ne mazāks kā 100 - 150 ind. m<sup>-2</sup>. Auglīgās augsnēs labvēlīgos apstākļos veidojas slieku cenozes ar 3 – 5 sugām, no kurām 1 vai 2 ir dominantas. Slieku sugu skaita samazināšanās liecina par degradatīvu procesu pastiprināšanos augsnēs.
6. Pētījumos par oligotrofo priežu mežu augšņu eitrofikāciju rekreācijas slodzes apstākļos Jūrmalā konstatētas 6 slieku sugas. Eitrofikācijas rezultātā ievērojami pieaug slieku blīvums, izmainās sugu dominance, parādās jaunas, lāna meža tipam neraksturīgas slieku sugas.

7. Industriālā kalciju saturošā piesārņojuma apstākļos pie Saulkalnes dolomītmiltu malšanas rūpnīcas kopumā konstatētas 6 slieku sugas un viena pasuga. Arī te eitrofikācijas rezultātā ievērojami pieaug slieku blīvums, daudzveidība un izmainās sugu dominances.
8. Gan Jūrmalā, gan Saulkalnē slieku cenožu izmaiņās iezīmējas līdzīgas tendences. Galvenais cēlonis tam ir slieku barības apstākļu uzlabošanās. Izmainās sugu dominances struktūra, palielinās sugu skaits, lāna augsnēm raksturīgo sugu *Dendrobaena octaedra* nomaina *Lumbricus rubellus*. Stipri eitroficētajās biocenozēs veidojas endogeiskās *Allolobophora caliginosa* populācija.
9. Slieku darbība eitroficētajās meža augsnēs kļūst par būtisku biocenozes iekšējo faktoru un sekmē 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.
10. Humusa horizonta veidošanās eitroficētajās augsnēs rada sliekām papildus dzīves telpu gan ar piemērotākiem barošanās apstākļiem, gan ar iespēju nelabvēlīgos meteoroloģiskos apstākļos migrēt dziļākos augsnes slāņos.
11. Sliekas uzskatāmas par labiem oligotrofo priežu mežu eitrofikācijas procesu indikatoriem. Būtiskākie bioindikatīvie rādītāji ir eitrofikācijas procesu sākuma stadijām ir slieku kopējā blīvuma pieaugums, 3 – 4 sugu asociācijas un stabilas *Lumbricus rubellus* populācijas izveidošanās, ekoloģisko grupu spektra paplašināšanās.
12. Izmaiņas slieku cenozēs eitrofikācijas sākuma stadijās lāna meža tipa augsnē ir novērojamas vēl pirms vizuāli redzamām izmaiņām meža fitocenozē. Tas ļauj identificēt augsnes eitrofikāciju 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. *Augsnes 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 Landbohojsk. 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.
- Bauchhenß, 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.E.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: Ocneroдрilidae) 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. Augsnis 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'évaluation 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 på 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 CO<sub>2</sub> 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., Cortetb, 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, University 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.Ziemsens 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. 6<sup>th</sup> 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.
- Latvijas PSR Dzīvnieku noteicējs 1: bezmugurkaulnieki*. 1957. Tauriņa E. un Ozola E. redakcijā. Latvijas Valsts izdevniecība. Rīgā. 872 lpp.
- 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 *Lumbricus 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 9<sup>th</sup> 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., Kārklīš, 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 on 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. Comparison of communities of earthworms (Lumbricidae) occurring 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*. (Burgess, 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 *Allobophora 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., Naplekova, 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. Slietu izplatība lauksaimniecībā izmantojamo platību augsnēs. *LLU Raksti*, 6, 22-29.

Vucāns, A., Gemste, I., Kārklīšs, 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 CO<sub>2</sub> 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 пылю*. 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](http://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](http://www.sarep.ucdavis.edu/worms/werner.htm), 23. jūlijs 2008.

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