

LATVIJAS UNIVERSITĀTE
ĢEOGRĀFIJAS UN ZEMES ZINĀTŅU FAKULTĀTE
VIDES ZINĀTNES NODAĻA

**VIDES FAKTORU IETEKME UZ
MAKROFĪTU SUGU SASTĀVU UN
SASTOPAMĪBU VIDĒJI LIELĀS UPĒS
LATVIJĀ**

Promocijas darbs

Autore: **Laura Grīnberga**
Darba zinātniskā vadītāja:
Dr. biol. **Gunta Sprinģe**

RĪGA, 2011

ANOTĀCIJA

Grīnberga L. 2011. Vides faktoru ietekme uz makrofitu sugu sastāvu un sastopamību vidēji lielās upēs Latvijā. Promocijas darbs. Rīga, Latvijas Universitāte, 87.lpp.

Makrofīti jeb augstākie augi ir būtisks lotisku ekosistēmu komponents, kuru attīstība ir cieši saistīta un tieši atkarīga no dažādiem vides apstākļiem un raksturo ilggadīgas izmaiņas upēs. Tai pat laikā pēdējo gadu desmitu laikā arvien biežāk zinātniskajos pētījumos tiek atzīmēts datu un zināšanu trūkums par faktoru mijiedarbību, kas ietekmē un nosaka makrofitu sugu sastāvu un to sastopamību upēs.

Promocijas darba mērķis ir noskaidrot makrofitu sugu sastāvu un sastopamību, kā arī to ietekmējošos vides faktorus Latvijā vidēji lielās upēs.

Promocijas darbā veikti upju veģetācijas un to ietekmējošo vides faktoru (grunts sastāvs, straumes ātrums, apēnojums, upes platums un dziļums, sateces baseina platība un zemes lietojuma veids, augstums virs jūras līmeņa) pētījumi, apsekojot 132 upju posmus 83 vidēja lieluma upēs visā Latvijas teritorijā. Pētījumā izmantota Latvijā pieņemtā upju klasifikācija un starptautiskā upju ekoloģiskās kvalitātes novērtēšanas sistēma. Iegūtie dati apkopoti un analizētas sakarības starp vides faktoriem un ūdensaugu sugu sastāvu, to sastopamību un aizauguma pakāpi.

Promocijas darbā analizēta makrofitu sugu daudzveidība vidēja lieluma upēs un sugu saistība ar pētītajiem vides faktoriem. Veikta ūdensaugu sabiedrību klasifikācija, izmantojot programmu TWINSPAN, rezultātā izdalot trīs sugu grupas. Sugu grupu ekoloģijas analizē izmantotas DCA un CCA ordinācijas metodes.

Pētījuma rezultāti liecina, ka primārie makrofitu sugu skaita un aizauguma pakāpes ietekmējošie faktori Latvijā vidēji lielās upēs ir apēnojums un grunts sastāvs. Upēm ar grants-olū grunti raksturīgs mazāks dziļums, lielāks straumes ātrums, kas līdztekus stabiliem gultnes apstākļiem rada labvēlīgu vidi makrofitu augšanai. Savukārt ātri tekošām smilšainām upēm raksturīgs mainīgs dziļums un gultne, makrofitu attīstība iespējama galvenokārt tikai upes seklākajos posmos. Te ir salīdzinoši mazākais sugu skaits, sugu sastāvā dominē sugas ar dziļu sakņu sistēmu vai spēju ātri iesakņoties. Ātri tekošas, smilšainas upes straumes mehāniskās ietekmes un substrāta nestabilitātes dēļ ir mazāk pakļautas aizaugšanai, tomēr jāsecina, šādās upēs veģetācijas sastāvs precīzi neatspoguļos ūdens ekoloģisko kvalitāti nelielā sugu skaita dēļ.

Promocijas darba apjoms ir 87 lappuses, to papildina 12 tabulas, 45 attēli un 9 pielikumi.

Atslēgas vārdi: vidēji lielas upes, makrofitu sugu sastāvs, makrofitu sastopamība, vides faktori

ANNOTATION

Grīnberga L. 2011. Environmental factors influencing the species composition and diversity in middle-sized streams in Latvia. Dissertation. Riga, University of Latvia, 87 pp.

Macrophytes in streams are closely related and dependent of different environmental factors. Over the last decades different studies worldwide have emphasized lack of data and knowledge on impacting processes determining species composition and abundance of macrophytes in streams. Macrophytes are permanent indicators for characterizing long-term changes in waters, however, bioindication methods still are under development.

The aim of this study was to investigate the macrophyte species composition and abundance in middle-sized streams in Latvia, as well as environmental factors influencing macrophyte species diversity.

Vegetation and environmental variables were investigated at 132 stream sites in 83 streams in the entire territory of Latvia. Each surveyed site was supplemented by description of environmental factors (substrate type, flow velocity, shading, stream width and water depth, catchment area, landuse and altitude).

Results of investigation summarized and analyzed relationships among environmental factors and species composition, species number and macrophyte cover of stream stretch.

Correlation between macrophyte species abundance and investigated environmental factors were analyzed. Classification of species communities by TWINSPLAN was done, dividing them into three species groups. In analysis of ecological differences among the species groups, DCA and CCA ordination methods were applied.

Results of this study demonstrate that primary factors influencing the number of species and macrophyte cover in middle-sized streams of Latvia are shading and substrate type. Substrate stability is a significant controlling factor, because a stable substrate allows rooting and establishment of macrophyte communities. Frequency of submerged macrophytes was higher in streams with gravely substrate, where water depths varied from 0.25 – 0.5 m.

Water velocity has stronger impact on vegetation in sandy streams, therefore, sand particles are more easily eroded, whereas larger particles require faster current speeds to initiate movement.

Insufficient data on the macrophyte vegetation and its species composition in the Latvian streams hinder both establishment of suitable assessment method and implementation of a proper assessment.

If certain plant quantity is not found in the stream, assessment of water quality is impossible. Results of this study indicate that in fast flowing sandy streams in Latvia, macrophytes are not a suitable component for quality assessment methods.

The volume of the dissertation is 87 pages. The dissertation is supplemented by 12 tables, 45 figures and 9 appendices.

Keywords: middle-sized streams, macrophyte diversity, environmental factors.

SATURS

ANOTĀCIJA	2
ANNOTATION	3
SATURS	4
1. Literatūras apskats	10
1.1. Makrofitu vispārīgs raksturojums	10
1.2. Makrofitu loma upju ekosistēmās	13
1.3. Makrofitu attīstību ietekmējošie vides faktori upēs	14
1.3.1. Straume un straumes ātrums	15
1.3.2. Grunts sastāvs	17
1.3.3. Ūdens temperatūra	18
1.3.4. Gaisma un apēnojums	19
1.3.5. Upes platums un dziļums	19
1.3.6. Upes baseina lielums	20
1.3.7. Ūdens ķīmiskais sastāvs	21
1.4. Makrofitu izmantošana ūdens kvalitātes novērtēšanā	23
1.5. Latvijas upes un to veģetācijas izpētes vēsture	24
2. Materiāls un metodes	26
2.1. Pētījuma laiks, vietu izvēle un raksturojums	26
2.2. Vides faktoru un makrofitu pētījumu metodika	27
2.3. Datu statistiskās apstrādes metodes	28
3. Rezultāti un diskusija	30
3.1. Makrofitu sugu sastāvs un sastopamība	30
3.2. Aizauguma pakāpe	33
3.3. Vides faktoru ietekme uz upju makrofītiem	35
3.3.1. Straumes ātruma ietekme uz makrofītiem vidēja lieluma upēs	35
3.3.2. Grunts sastāva ietekme uz makrofītiem vidēja lieluma upēs	38
3.3.3. Apēnojuma pakāpes ietekme uz makrofītiem vidēja lieluma upēs	41
3.3.4. Upes platuma ietekme uz upju makrofītiem vidēja lieluma upēs	44
3.3.5. Upes dziļuma ietekme uz makrofītiem vidēja lieluma upēs	47
3.3.6. Upes sateces baseina lieluma ietekme uz makrofītiem vidēja lieluma upēs	50
3.3.7. Augstuma virs jūras līmeņa ietekme uz makrofītiem vidēja lieluma upēs ...	51
3.3.8. Zemes lietojuma veida ietekme uz makrofītiem vidēja lieluma upēs	53
3.4. Makrofitu sugu sastāva un sastopamības saistība ar vides faktoriem upēs	57
3.4.1. Makrofitu sugu sastāva saistība ar vides faktoriem upēs	57
3.4.2. Makrofitu sugu skaita un aizauguma pakāpes saistība ar vides faktoriem ...	67
3.5. Upju tipoloģiskā klasifikācija pēc ar vides faktoriem saistītajām makrofītu grupām	69
SECINĀJUMI	75
Literatūras saraksts	76

PIELIKUMI

- 1.pielikums. Pētīto upju saraksts, pētījuma vietu koordinātes
- 2.pielikums. Pētījumā izmantotās metodes paraugs, pētījuma vietas apraksts
- 3.pielikums. Pētījumā izmantotās metodes paraugs, pētījuma vietas attēlojums
- 4.pielikums. Konstatēto sugu saraksts, to akronīmi
- 5.pielikums. Konstatēto sugu sadalījums pēc straumes ātruma
- 6.pielikums. Konstatēto sugu sadalījums pēc grunts sastāva
- 7.pielikums. Konstatēto sugu sadalījums pēc apēnojuma pakāpes
- 8.pielikums. Konstatēto sugu sadalījums pēc upes platuma
- 9.pielikums. Konstatēto sugu sadalījums pēc upes dziļuma

IEVADS

Darba aktualitāte

Upes kā lotiskas ekosistēmas ir cieši saistītas ar apkārtējo vidi, tajā notiekošajiem dabiskajiem un antropogēnajiem procesiem. Gadsimtu gaitā upēm ir bijusi nozīmīga loma cilvēces attīstībā, tādēļ tās ir būtiski ietekmētas un izmainītas, pielāgojot cilvēku vajadzībām. Pēdējos gadu desmitos visā pasaulē arvien lielāka uzmanība tiek pievērsta bioloģisko procesu pētniecībai upēs, upju aizsardzībai un rekultivācijai.

Pētot ilggadīgās izmaiņas saldūdeņu ekosistēmās, augstāko ūdensaugu jeb makrofītu sastāvs un daudzveidība ir atzīti par vienu no nozīmīgākajiem ūdeņu ekoloģiskās kvalitātes rādītājiem, jo ūdensaugi salīdzinoši lēni reaģē uz vides izmaiņām, parādot vides ilgtermiņa ietekmi. Makrofītu loma ūdens vidē un iespējas to izmantošanai vides kvalitātes raksturošanai ir aktuāls pētījumu objekts gan Eiropā, gan citur pasaulē. Atzīts, ka svarīgi ir izpētīt veģetācijas un vides faktoru reģionālās īpatnības un atšķirības, jo dažādās vietās ir atšķirīga arī makrofītu sugu bioindikatīvā nozīme (Onaindia et al., 2005).

Lai nodrošinātu ūdens resursu ilgtspējīgu izmantošanu Eiropas Savienības valstīs, izveidojot kopīgus ūdens vides aizsardzības principus un visaptverošu pamatu darbībai, pieņemta Eiropas Parlamenta un Padomes 2000.g. 23.oktobra direktīva 2000/60/EC (Ūdens struktūrdirektīva). No Ūdens struktūrdirektīvas izrietošais Latvijā pieņemtais Ūdens apsaimniekošanas likums (12.09.2002., ar grozījumiem, kas izsludināti līdz 2010.g. 28.aprīlim) un Ministru kabineta noteikumi Nr. 858 "Par virszemes ūdensobjektu tipu raksturojumu, klasifikāciju, kvalitātes kritērijiem un antropogēno slodžu noteikšanas kārtību", kuru ietvaros izstrādātie ekoloģiskās kvalitātes kritēriji virszemes ūdensobjektu klasifikācijai, ietver arī makrofītu sugu sastāva un sastopamības novērtējumu. Tai pat laikā Latvijā ir ļoti maz pētījumu par upju veģetāciju, tādēļ datu daudzums ir nepietiekams, lai izstrādātu piemērotu metodiku šo mērķu īstenošanai. Jāatzīst, ka pilnvērtīgi izmantojamas upju ekoloģiskās kvalitātes metodes ieviešana nav iespējama bez detalizētas to faktoru izpētes, kas nosaka makrofītu sugu sastāvu un sastopamību dažāda tipa Latvijas upēs.

Pētījumi gan Eiropā, gan citur pasaulē pierāda, ka makrofīti upēs ir cieši saistīti un tieši atkarīgi no vides apstākļiem. Vairāki pētnieki uzsver, ka upju ūdens kvalitātes novērtējums, izmantojot makrofītus, prasa zināšanas gan par upes hidroloģisko režīmu, gan ģeoloģisko un ģeomorfoloģisko uzbūvi, kā arī par antropogēnām un dabas procesu ietekmēm, kas notiek un notikušas upē (Riis & Biggs, 2003; Paal et al., 2007; Tremp, 2007).

Ir ierosinājums ieviest jaunu pieeju upju veģetācijas pētījumos, kas būtu balstīta uz upju morfoloģijas izpēti (Dawson, 1999; Daniel et al., 2006). Vienkārša upju klasifikācija pēc morfoloģiskām īpašībām ļautu jau iepriekš noteikt tipiskās augu sabiedrības upei vai tās posmiem, balstoties uz atziņu, ka sugu sabiedrību veido sugas ar līdzīgām prasībām pret vides apstākļiem (Kent & Coker, 1992; Harper et al., 2000). Šis fakts apliecina nepieciešamību lielāku uzmanību pievērst augu izplatības saistībai ar vides faktoriem (Bornette et al., 1994; Ali et al., 1999; Dawson & Szoszkiewicz, 1999; Willby et al., 2000).

Arvien biežāk tiek veikti makrofītu pētījumi dažādos aspektos visas Eiropas vai mazāku reģionu mērogā. Attīstot ūdeņu kvalitātes novērtēšanas sistēmas, secināts, ka makrofītu sugu sabiedrības Eiropas mērogā (Bastrup-Pedersen et al., 2006), kā arī Baltijas provinces ekoreģiona upēs (Bastrup-Pedersen et al., 2008) ir atšķirīgas. Tā kā Latvijas

upes ir samērā maz ietekmētas, iegūtie rezultāti var būt nozīmīgi arī Eiropas kontekstā (Baatrup-Pedersen et al., 2006).

Pētījums balstīts uz Latvijā pieņemto upju tipoloģisko klasifikāciju un starptautiski atzītiem upju ekoloģiskās kvalitātes novērtēšanā paredzētajiem makrofitu parametriem. Pētījuma pamatā ir Latvijas vidēji lielo upju veģetācijas un to ietekmējošo vides faktoru (grunts sastāvs, straumes ātrums, apņojums, upes platums un dziļums, sateces baseina lielums, tā zemes lietojuma veids, augstums virs jūras līmeņa) izpēte. Vidēja lieluma upes izvēlētas tādēļ, ka tajās makrofitu audzes ir ļoti nozīmīga ekosistēmas sastāvdaļa, turpretī lielajās upēs augu josla veidojas galvenokārt piekrastē, bet mazajās nereti neveidojas vispār.

Darba mērķis ir noskaidrot makrofitu sugu sastāvu un sastopamību, kā arī tos ietekmējošos vides faktorus Latvijas vidēji lielās upēs.

Darba uzdevumi:

- apkopot esošo datu materiālu par augstāko ūdensaugu veģetāciju vidēja lieluma upēs Latvijas teritorijā un informāciju par makrofitus ietekmējošajiem faktoriem;
- veikt lauka pētījumus vidēji lielās upēs visā Latvijas teritorijā, aprakstot makrofitu sugu sastāvu un sastopamību, kā arī nosakot upes vidi raksturojošos parametrus;
- apkopot rezultātus un izvērtēt makrofitu sugu sastāva un sastopamības saistību ar vides faktoriem vidēji lielās upēs Latvijā;
- izvērtēt makrofitu izmantošanas iespējas vidēji lielu upju ekoloģiskā stāvokļa novērtēšanā.

Darba novitāte

- Darba ietvaros izveidota upju makrofitu datu bāze, kas saistāma ar citu Eiropas valstu veģetācijas datiem. Izveidotā datu bāze izmantojama kā bāze turpmākiem makrofitu sastopamības un izplatības pētījumiem Latvijā.
- Pirmoreiz Latvijā izpētīta makrofitu sugu sastāva un sastopamības saistība ar vides faktoriem vidēji lielās upēs. Rezultāti liecina, ka būtiskākā ietekme uz makrofitu sugu sastopamību un sugu sastāvu vidēji lielās upēs ir apņojumam un grunts sastāvam.
- Iegūtie rezultāti ir izmantojami Latvijas apstākļiem piemērotu ūdens ekoloģiskās kvalitātes metožu izveidošanai vidēji lielās upēs sistēmas izstrādei.

Pētījuma rezultātu aprobācija:

Pētījuma rezultāti publicēti:

1. Grīnberga L. 2011. Macrophyte species composition in streams of Latvia under different flow and substrate conditions. *Estonian Journal of Ecology*. Publikācija recenzēta un pieņemta publicēšanai žurnālā.
2. Grīnberga L. 2011. Environmental factors influencing the vegetation in middle-sized streams in Latvia. *Annali di Botanica (Coenology and Plant Ecology)* (Roma): *Iespiešanā, pievienots raksta makets*.
3. Grīnberga L. 2011. Aquatic vegetation distribution in relation to environmental factors in middle-sized streams in Latvia. *Latvijas Universitātes Raksti* 762: 26 – 34.
4. Grīnberga L. 2010. Environmental factors influencing the species diversity of macrophytes in middle-sized streams in Latvia. *Hydrobiologia* 656: 233 – 241.

5. Springe G., Grinberga L., Briede A. 2010. Role of the hydrological and hydromorphological factors in ecological quality of the medium-sized lowland streams. *Hydrology Research* 41 (3-4): 330 – 337.
6. Grīnberga L., Priede A. 2010. *Elodea canadensis* in Latvia. *Acta Biologica Universitatis Daugavpiliensis* 10 (1): 43 – 50.

Citas publikācijas:

1. Grīnberga L., Sprīņģe G. 2008. Potential impact of climate change on aquatic vegetation of River Salaca, Latvia. *Proceedings of the Latvian Academy of Sciences, Section B*, 62 – 1/2 (654/655): 34 – 39.
2. Sprīņģe G., Kļaviņš M., Birzaks J., Briede A., Druvietis I., Eglīte L., Grīnberga L., Skuja A. 2007. Climate change and its impacts in inland surface waters/ In: *Climate change of Latvia*, University of Latvia, 123-143.
3. Druvietis I., Briede A., Gīnberga L., Parele E., Rodinovs V., Sprīņģe G. 2007. Long term assessment of hydroecosystem of the River Salaca/ In: *Climate change of Latvia*, University of Latvia, 173-185.

Par pētījuma rezultātiem ziņots starptautiskās konferencēs:

1. 19th International Workshop of European Vegetation Survey, Pecs, Ungārija, 29.04.-02.05.2010., mutisks ziņojums sekcijā „Vegetation of European rivers and floodplains”. Referāta nosaukums „Environmental factors influencing the formation of vegetation in middle sized streams in Latvia”. Tēzes publicētas: *Book of Abstracts „Flora, vegetation, environment and land-use at large scale”*, 2010: 31.
2. 3rd International Conference „Environmental Science and Education in Latvia and Europe: Education and science for climate change mitigation”, Rīga, 23.10.2009. Stenda referāts: Including aquatic vegetation as bioindicators in educational process on environmental studies. Tēzes publicētas konferences rakstu krājumā: 33-34.
3. 12th EWRS International Symposium on Aquatic Weeds, Jiveskila, Somija, 24.-28.08.2009. Mutisks ziņojums: Environmental factors influencing the distribution of macrophytes in middle-sized streams in Latvia. Paplašinātas tēzes publicētas: *Reports of Finnish Environmental Institute 15/2009*: 154.
4. 5th International Conference „Research and Conservation of Biological Diversity in Baltic Region”, Daugavpils, 22-24.04.2009. Mutisks ziņojums „Invasion of *Elodea canadensis* in Latvia”. Līdzautors – Priede A. Tēzes publicētas: *Book of Abstracts, „Saule”, Daugavpils, 2009*: 50.
5. 22nd Expedition of the Baltic Botanists, Daugavpils, 14.-17.07.2008. Mutisks ziņojums: Impact of physical features on the distribution of aquatic plants in medium-sized rivers in Latvia. Tēzes publicētas: *Abstracts and excursion guides, 2008*: 18.

6. 16th European Vegetation Survey, Roma, Itālija, 22.-26. 03.2007. Stenda referāts: Impacts on aquatic vegetation under climate changes in Latvia: case study of the river Salaca.
7. 5th Symposium for European Freshwater Sciences 8.-13.07.2007. Palermo, Itālija. Stenda referāts: Aquatic macrophytes in high quality lowland streams in Latvia. Līdzautori: Urtāns A., Sprinģe G., Eņģele L. Tēzes publicētas: *SEFS-5 Symposium for European Freshwater Sciences. Abstracts, 2007*: 208.

Ziņojumi vietējās konferencēs:

Latvijas Universitātes 68. zinātniskā konference, 03.02.2010. Mutisks ziņojums sekcijā „Biotas un augšņu ģeogrāfija”: Kuprainais ūdensziņš *Lemna gibba* Latvijā.

Latvijas Universitātes 68. zinātniskā konference, 19.02.2010. Sprinģe G., Birzaks J., Briede A., Druvietis I., Eglīte L., Grīnberga L., Kokorīte I., Konošonoka I., Ozoliņš D., Parele E., Rodinovs V. & Skuja A. Klimata izmaiņu ietekme uz virszemes saldūdeņiem. Stāsti par Salacu un Engures ezeru. Tēzes publicētas: *Klimata mainība un ūdeņi. Rakstu krājums LU, 2009*: 112 – 113 .

Latvijas Universitātes 67. zinātniskā konference, 04.02.2009. Mutisks ziņojums sekcijā „Biotas un augšņu ģeogrāfija”: Makrofīti un to sastopamību ietekmējošie vides faktori Latvijas vidēji lielās upēs. Tēzes publicētas: *Ģeogrāfija. Ģeoloģija. Vides zinātne: Referātu tēzes. Latvijas Universitāte, Rīga, 2009*: 48-49.

Latvijas Universitātes 67. zinātniskā konference, 20.02.2009. Mutisks ziņojums sekcijā „Klimata mainība un ūdeņi”: Makrofīti kā ūdens kvalitātes indikatori Salacā. Tēzes publicētas: *Klimata mainība un ūdeņi. Rakstu krājums, Latvijas Universitāte, Rīga, 2009*: 65-67.

Latvijas Universitātes 66. zinātniskā konference, 28.01.-01.02.2008. Mutisks ziņojums sekcijā "Vides zinātne": Augstākās veģetācijas īpatnības vidēji lielās upēs Latvijā. Tēzes publicētas: *Ģeogrāfija. Ģeoloģija. Vides zinātne: Referātu tēzes. Latvijas Universitāte, Rīga, 2008*: 257-258.

Latvijas Universitātes 66. zinātniskā konference, 28.01.-01.02.2008. Mutisks ziņojums sekcijā "Klimata mainība un ūdeņi": Izmaiņas Salacas austāko ūdensaugu sugu sastāvā un aizauguma pakāpē (1996 - 2007). Tēzes publicētas: *Klimata mainība un ūdeņi. Rakstu krājums, Latvijas Universitāte, Rīga, 2008*: 49-50.

Latvijas Universitātes 65. zinātniskā konference, 29.01.-02.02.2007. Mutisks ziņojums sekcijā "Klimata mainība un ūdeņi": Klimata izmaiņu ietekme uz iekšzemes ūdeņu veģetācijas sugu sastāvu un daudzveidību: Eiropas pētījumu pieredze. Tēzes publicētas: *Ģeogrāfija. Ģeoloģija. Vides zinātne: Referātu tēzes. Latvijas Universitāte, Rīga, 2007*: 272-276.

Latvijas Universitātes 65. zinātniskā konference, 29.01.-02.02.2007. Mutisks ziņojums sekcijā "Vides zinātne": Līdzšinējie Latvijas ezeru un upju makrofītu pētījumi. Tēzes publicētas: *Ģeogrāfija. Ģeoloģija. Vides zinātne: Referātu tēzes. Latvijas Universitāte, Rīga, 2007*: 226-228.

PATEICĪBAS

Vislielākā pateicība par atbalstu, iedvesmu un padomiem visā darba tapšanas gaitā Agnesei Priedei. Sirsnīgs paldies par padomiem un uzmundrinājumu darba vadītājai Guntai Sprinģei, kā arī par visa veida palīdzību Agnijai Skujai, Laumai Gustiņai, Ģertrūdei Gavrilovai, Leldei Eņģelei un Uvim Suško.

Sirsnīgākais paldies daudzajiem ekspedīciju dalībniekiem, šoferiem un vienkārši ceļa biedriem – Marijai Grīnbergai, Dzintaram Priedem, Lindai Pomerei, Jānim Irbem, Ievai Rūrānei, Sarmai Krautmanei, Andrim Čeirānam, Vjačeslavam Kuļikovam, Kristapam Stērstem un Egitai Zviedei par kompāniju, pacietību un naktsmājām! Mīļš paldies arī visiem citiem kolēģiem, draugiem un ģimenes locekļiem!

Promocijas darbs izstrādāts ar Eiropas Sociālā fonda projekta „Atbalsts doktora studijām Latvijas Universitātē” Nr.2009/0138/1DP/1.1.2.1.2/09/IPIA/VIAA/004 un Latvijas Universitātes Ģeogrāfijas un Zemes zinātņu fakultātes finansiālu atbalstu.

1. LITERATŪRAS APSKATS

1.1. Makrofītu vispārīgs raksturojums

Augstākie ūdensaugi jeb makrofīti ir vaskulārie augi, sporaugi, makroskopiskās aļģes un ūdens sūnaugi, kas pilnīgi vai daļēji piemērojušies dzīvei ūdenī un saskatāmi ar neapbruņotu aci (Hynes, 1970). Ekoloģiskos pētījumos makrofīti biežāk tiek klasificēti pēc to augšanas veida un īpatnībām, nekā taksonomiski. Ir izveidotas un tiek lietotas vairākas klasifikācijas sistēmas, piemēram, vadoties pēc tā, cik dziļi augs ir iegrimis, kādā veidā tas piestiprināts gruntij, pēc lapu un ziedkopu atrašanās vietas ūdens slānī (Arber, 1920). Visplašāk tiek lietota sekojoša ūdensaugu klasifikācija (Arber, 1920; Sculthorpe, 1967), kas atzīta arī par piemērotāko augu morfoloģijas, fizioloģijas un ekoloģijas studijām:

1. Makrofīti, kas sakņojas gruntī
 - 1.1. Virsūdens makrofīti – sastopami ūdens piesātinātos vai ar ūdenī klātos substrātos. Visām sugām reproduktīvās daļas ir virs ūdens. Heterofilajām sugām iegrimušās un/vai peldošās lapas attīstās pirms virsūdens lapām, iegrimušās lapas attīstās vairākām sugām.
 - 1.2. Peldlapu makrofīti – sastopami ūdenī no 0.5 – 3 m dziļumam. Reproduktīvās daļas ir peldošas vai virsūdens. Heterofilajām sugām pirms vai vienlaicīgi ar peldošajām lapām attīstās arī iegrimušās lapas.
 - 1.3. Iegrimušie makrofīti – augu sastopamību limitējošais faktors ir ūdens caurredzamība. Lapu morfoloģija ir ļoti daudzveidīga, augu reproduktīvās daļas ir virsūdens, gan arī peldošas vai iegrimušas. Šajā grupā bez segsēkļiem ietvertas arī atsevišķas sporaugu sugas (ezerenes *Isoetes sp.*), vairākas sūnu sugas un mieturalģes.
2. Brīvi peldošie makrofīti – dažādi ūdensaugi, kas nepiestiprināti aug ūdens slānī vai uz tā. Sugas atšķiras pēc to formas – no samērā liela izmēra augiem ar rozetē augošām lapām un ar labi attīstītu sakņu sistēmu (piemēram, peldošais ezerrieksts *Trapa natans*, parastā mazlēpe *Hydrocharis morsus-ranae*), līdz sīkiem, virs ūdens peldošiem vai iegrimušiem augiem, kuriem attīstījušās dažas saknes vai vispār nav sakņu (ūdensziedi *Lemna sp.*, raglapes *Ceratophyllum sp.*). Reproduktīvās daļas ir peldošas vai virsūdens, bet reti iegrimušas.

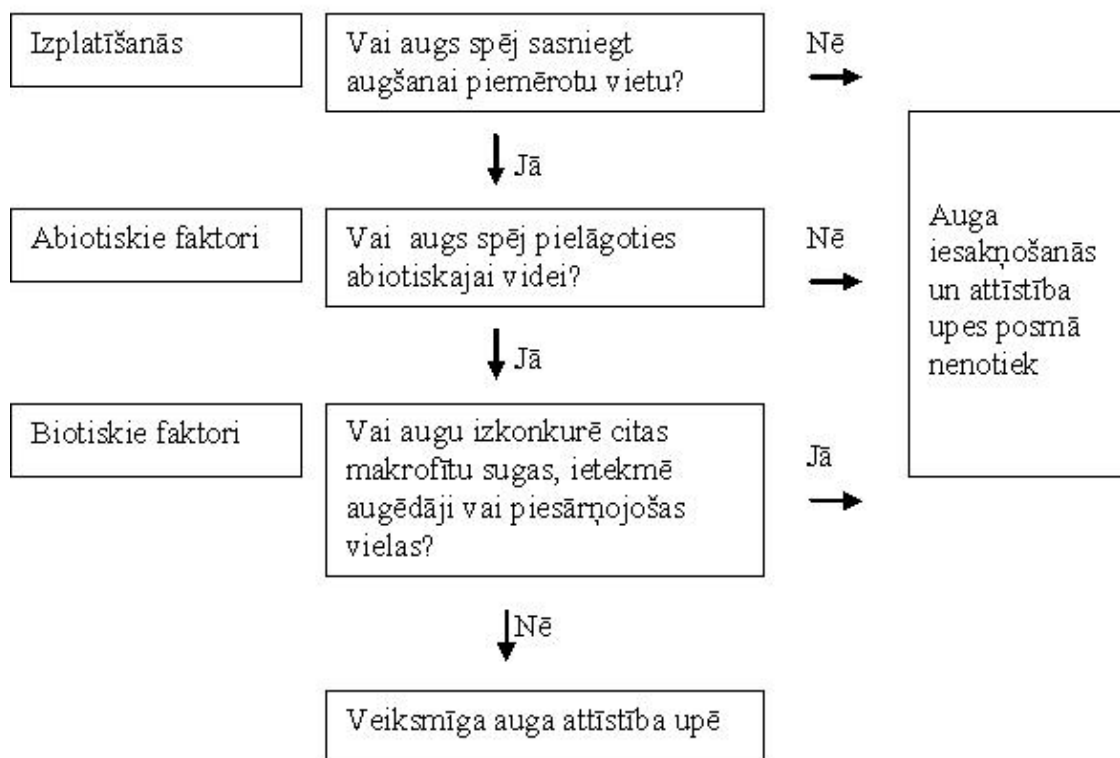
Lai gan šī klasifikācija kopumā ir veiksmīga, atkarībā no vides apstākļiem vai augšanas stadijas dažas sugas pilnībā neatbilst nevienai kategorijai. Daudzas ūdensaugu sugas ir ļoti plastiskas – spējīgas gan strukturāli, gan morfoloģiski pielāgoties mainīgai videi (Wetzel, 1983). Līdz ar to bieži novērojama ūdensaugu heterofilija, kad vienam augam var būt gan zemūdens, gan peldošas un virsūdens lapas, kas atšķiras pēc formas un uzbūves. Heterofilija līdztekus ar piekrastes biotopu nevienmērīgiem vides apstākļiem rada grūtības izveidot precīzu ūdensaugu ekoloģisko klasifikāciju (Wetzel, 1983).

Makrofīti ir attīstījušies no sauszemes augu sugām, pielāgojoties ūdens videi. Būtiskākās atšķirības starp sauszemi un ūdens vidi ir daudz lēnāks gāzu izplatīšanās ātrums un mazāks augiem pieejamās gaismas daudzums. Atbilstoši šiem specifiskajiem vides apstākļiem, makrofītiem ir virkne pielāgojumu dzīvei ūdenī: maz attīstīti balstaudi, vājas vai pat reducējušās saknes, labi attīstīta aerenhīma jeb vēdinātājaudi, pārsvarā veģetatīva vairošanās. Gandrīz visi ūdensaugi ir daudzgadīgi (Fox, 1992).

Makrofītu augšanas sekmes ūdenstecēs nosaka trīs galvenie faktori: izplatīšanās spēja, mijiedarbība ar abiotiskajiem un biotiskajiem vides faktoriem (1.1.att.).

Izplatīšanās galvenokārt notiek pa straumi, to nosaka vairošanās orgānu izmēri un masa, ka arī straumes ātrums. Mazāk sekmīgi izplatās sugas, kam raksturīga sarežģīta vairošanās sistēma. Augu vairošanos ierobežo arī lokālie klimatiskie un ģeoloģiskie faktori.

Makrofītu tolerance pret abiotiskajiem faktoriem ir kompleksa, jo makrofīti nereaģē uz katru faktoru neatkarīgi. Augu iesakņošanās un augšanu tieši ietekmē grunts substrāta daļiņu izmēri, bet šī ietekme nav atdalāma no straumes ātruma, kas ne tikai ietekmē augus tieši, bet arī nosaka substrāta daļiņu izmēru. Bez tam jāņem vērā, ka konkrētā biotopā abiotiskie faktori laika gaitā nav nemainīgi, kas rada grūtības izprast šo dinamisko sistēmu. Sezonālas, īslaicīgas vai ilglaicīgas izmaiņas (plūdi, sausums, uzduļķojums) var uzlabot vai pasliktināt biotopa stabilitāti un makrofītu noturību un augšanas vietu kontinuitāti (Fox, 1992).



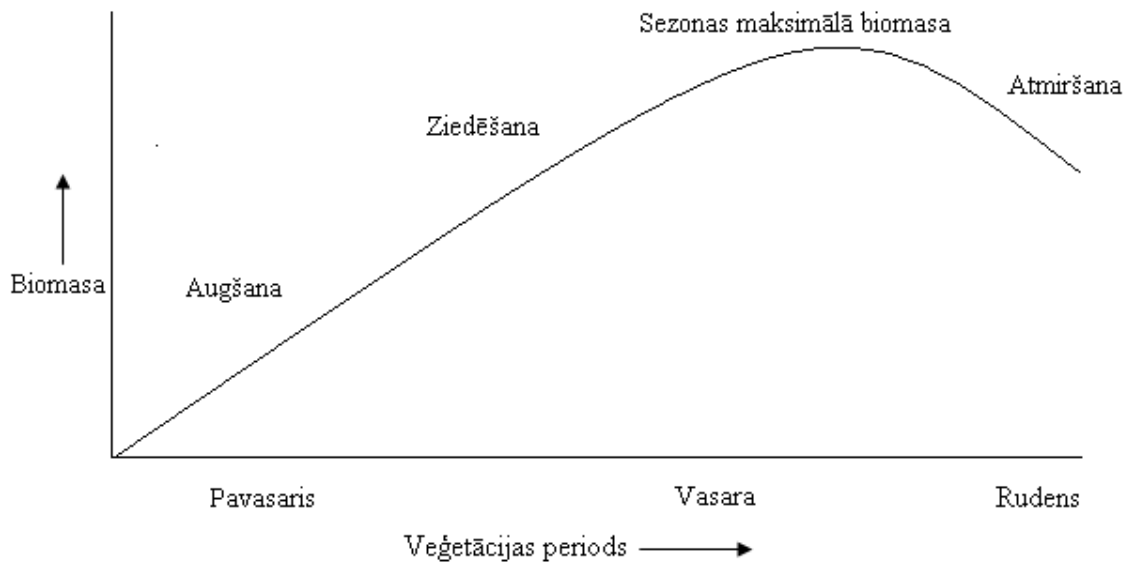
1.1.att. Faktori, kas nosaka makrofītu sugas sastopamību upes posmos (pēc Fox, 1992).

Makrofītiem sezonāli ir raksturīga divu veidu vairošanās:

1. sezonāla vairošanās pavasarī, dīgstot sēklām, augu fragmentiem dzenot saknes upes gultnē, attīstoties no vairumpuriem (purva sermulīte *Hottonia palustris*, daudzlapes *Myriophyllum sp.*, raglapes *Ceratophyllum sp.*);
2. izplatīšanās un jaunu audžu veidošanās upēs, kas notiek pēc spēcīgiem plūdiem un citiem traucējumiem, tai skaitā upes izplaušanas, ko nodrošina dažādi augu veģetatīvie orgāni no izrautajiem augiem un to daļām (Riis et al., 2009).

Fragmentācija un pumpurošanās ieņem daudz nozīmīgāku lomu makrofītu vairošanās procesā nekā izplatīšanās ar sēklām. Jaunā auga iesakņošanās sekmes ir atkarīgas no atrautās auga daļas un tās izmēra - veiksmīgāka iesakņošanās un jaunas audzes izveidošana novērojama lielākiem augu fragmentiem. Vairošanās notiek arī, atdaloties auga stublāja daļām, kad tas sasniedzis maksimālo biomasu (Riis et al., 2009).

Ekosistēmās, kuras bieži ietekmē plūdu darbība, sastopamas ekoloģiski plastiskas augu sabiedrības, kurās ir sugas ar augstām veģetatīvās vairošanās (piemēram, Kanādas elodeja *Elodea canadensis*) un atjaunošanās spējām un spēju augt barības vielām nabadzīgā substrātā. Sugu reģenerācijas spēja lielākajā daļā gadījumu ir atkarīga no gadalaika, veiksmīgāka tā vienmēr ir pavasara mēnešos (1.2.att.). Atjaunošanās spēja un plūdu stiprums nosaka sugu cenotisko struktūru upēs. Sugas, kam ir zemāka reģenerācijas spēja, aug mazākos apjomos straumes mazāk ietekmētās upes daļās (Henry et al., 1996).



1.2.att. Makrofītu sezonālās attīstības cikls (pēc Clarke (2002)).

Kopumā, atšķirībā no stāvošiem ūdeņiem, upēm raksturīgs salīdzinoši neliels sugu skaits, bieža vienas sugas monodominance un vienkārša sugu sabiedrības struktūra (Butcher, 1933; Gessner, 1955; Muotka & Virtanen, 1955; Kumsāre, 1958; Wiegleb, 1981; Feoli & Gerdol, 1982), ko galvenokārt nosaka ūdensaugiem piemērota substrāta trūkums (Gessner, 1955; Sinkeviciene, 1992; Willby, 2002).

1.2. Makrofītu loma upju ekosistēmās

Makrofīti ir pirmproducenti, kas fotosintēzes procesā producē organiskās vielas, nodrošinot barības vielas vienkāršiem, dažādiem ūdens bezmugurkaulniekiem, zivīm un ūdensputniem, kā arī nodrošina dzīves vietas un paslēptuves citiem ūdens organismiem. Augstākie ūdensaugi ir svarīgs ūdeņu ekosistēmas komponents, tie palielina vides daudzveidību, ietekmē straumes raksturu un ātrumu, sekmē sedimentācijas procesus, kā arī barības vielu apriti (Engelhardt & Ritchie, 2001). Ūdensaugu saknes, stublāji un lapas ir strukturāli elementi viendabīgajā ūdens slānī, tie palielina telpisko daudzveidību ūdens ekosistēmā (Janauer & Dokulil, 2006).

Makrofītiem bagātās upēs to nozīme ekosistēmā notiekošajos procesos ir daudz lielāka nekā ezeros (izņemot ļoti seklos ezeros), kur augu josla raksturīga tikai piekrastē (Harper, 1992). Tekošos ūdeņos vislielākā makrofītu sugu daudzveidība un to sastopamība novērojama vidēji lielās upēs. Lielajās upēs veģetācijas attīstībai piemērota ir seklūdens zona piekrastē, bet mazajās upēs sugu skaits ir neliels (Minshall, 1978; Clarke, 2002).

Izmaiņas upju ekosistēmās nosaka upes tecējums – augštecē un vidustecē raksturīgs mazāks planktonisko aļģu īpatsvars, tādēļ lielāka nozīme ir makrofītu ietekmei uz sedimentēšanās procesiem (Clarke, 2002).

Makrofīti ir nozīmīgs biofiltrs, jo tie asimilē daudzas ūdeņos nonākušās vielas, kā arī fotosintēzes procesā palielina skābekļa daudzumu ūdenī. Tomēr pārmērīgs aizaugums rada skābekļa deficītu, jo naktīs un makrofītu sadalīšanās procesā pēc veģetācijas perioda beigām augi intensīvi patērē ūdenī izšķīdušo skābekli. Upēs ar nelielu aizaugumu piekrastēs ūdensaugu audzes nostiprina krastus, pasargājot tos no izskalošanas. Turpretī upēs ar lielu makrofītu aizaugumu tie var samazināt straumes ātrumu un kopējo caurplūdi, tādējādi veicinot sedimentu izgulsnēšanos un izmainot barības vielu apriti. Makrofītu, īpaši virsūdens augu sugu, atmiršana un sadalīšanās veģetācijas sezonas beigās palielina skābekļa patēriņu ūdenī. Ietekme uz straumes ātrumu un raksturu ir atkarīga no augu morfoloģiskās uzbūves un audzes blīvuma. (Watson, 1987; Vereecken et al., 2006).

Ūdensaugi var būtiski ietekmēt ūdeņu ķīmisko sastāvu, jo, tiem attīstoties, tiek intensīvi patērēti slāpekļa un fosfora savienojumi, kā arī kālija savienojumi, tādēļ ūdensaugus iesaka izmantot kā ūdens attīrītājus, izvēcot tos no ūdenstilpes, beidzoties veģetācijas sezonai (Comin et al., 1997).

Lai samazinātu upju aizaugumu, daudzās Eiropas valstīs ierasta prakse ir upju izpļaušana (Best, 1994; Baatrup-Pedersen & Riis, 1999; Riis et al., 2001), tomēr tā pārmērīga aizauguma situācijā parasti dod īslaicīgu efektu. Meklējot ilgtspējīgas integrālas metodes, nepieciešams izvēlēties piemērotāko periodu upes izpļaušanai, nodrošināt barības vielu pieplūdes kontroli un samazināšanu, kā arī palielināt apņemojumu no krastiem (Vereecken et al., 2006).

Upes vides daudzveidība nosaka upes noturību pret iespējamo piesārņojuma ievadīšanu un upes bioloģiskās pašattīrīšanās spējas. Raksturojot upi un tās kvalitāti, jāņem vērā gan ietekmes ilgākā laika posmā (piemēram, zemes lietojuma veids), gan arī nesenas izmaiņas (piemēram, upes regulēšana, aizsprostu ierīkošana) (Dawson et al., 1999).

Makrofītu loma ūdens vidē un iespējas to izmantošanai biotopa un vides kvalitātes raksturošanai pēdējos gadu desmitos ir izraisījusi pastiprinātu interesi daudzās pasaules (piemēram, Grasmück et al., 1995; Best, 1995; Dawson & Szoszkiewicz, 1999; Baatrup-Pedersen et al., 2003). Liela uzmanība tiek pievērsta ūdensaugu saistībai ar vides aizsardzību un atjaunošanu, koncentrējoties uz atsevišķām izzūdošām vai invazīvām sugām (Fox, 1992).

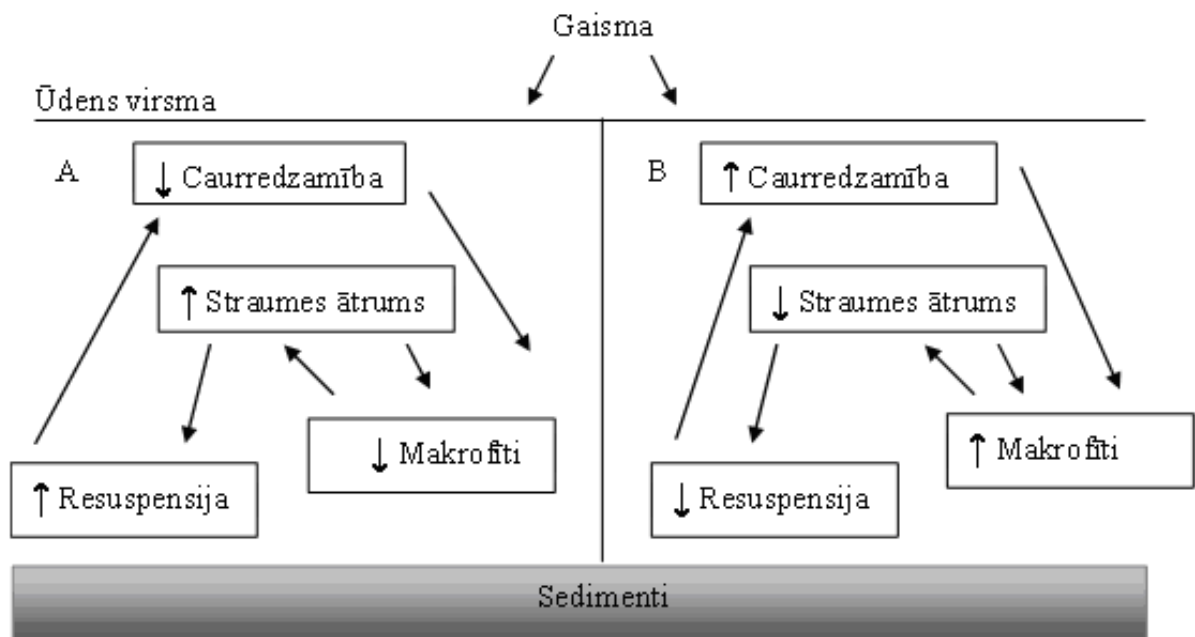
1.3. Makrofitu attīstību ietekmējošie vides faktori upēs

Makrofiti upēs ir ļoti cieši saistīti un tieši atkarīgi no dažādiem vides apstākļiem. Pēdējo gadu desmitu laikā arvien biežāk literatūrā tiek atzīmēts datu un zināšanu trūkums par procesiem, kas ietekmē un nosaka makrofitu sugu sastāvu un aizauguma pakāpi upēs (Riis & Biggs, 2001). Atzīts, ka upēs nevar skaidri izdalīt vienu vai divus makrofitu attīstību un izplatību nosakošos dominējošos faktoros (Barendregt & Bio, 2003).

Makrofitu sugu bagātību un aizauguma pakāpi saldūdeņos ietekmē virkne fizikālo un ķīmisko faktoru, kas nosaka vides piemērotību augu attīstībai. Upes ūdens ķīmisko sastāvu galvenokārt nosaka baseina ģeoloģiskās īpašības. Upe savā tecējumā plūst cauri ģeoloģiski atšķirīgiem reģioniem, un tāpēc upju ūdens ķīmiskais sastāvs visā upes garumā var būt ļoti mainīgs. Ūdens ķīmisko sastāvu ietekmē upju grunts sastāvs, bet vielu koncentrāciju ietekmē upes caurplūdums (Madsen et al., 2001).

Makrofitus ietekmējošos vides faktoros būtu jāvērtē gan katru atsevišķi, gan tos kombinējot, jo katrs faktors zināmā mērā ietekmē augu sugas atsevišķi, bet tajā pašā laikā biotopā vienmēr notiek vairāku faktoru savstarpēja iedarbība. Ūdensaugu sugu sastāvs upē lielā mērā norāda uz optimālo apstākļu kopumu šo sugu attīstībai konkrētā vietā (Haslam, 2006).

Makrofiti upes ekosistēmā atrodas nemitīgā mijiedarbībā ar straumi un upes nogulumiem (1.3.att.).



1.3.att. Straumes, sedimentu un makrofitu mijiedarbība upē. **A** situācija – makrofitu audzes ir skrajas, straumes ātrums tās neietekmē, notiek regulāra resuspensija, līdz ar to samazinās ūdens caurredzamība; **B** situācija – blīvas makrofitu audzes, kas būtiski samazina straumes ātrumu, nenotiek resuspensija, ūdens caurredzamība ir augsta (pēc Madsen et al., 2001).

Plašā pētījumā, kas veikts dažāda lieluma Igaunijas upēs, secināts, ka makrofitu sugu sastāvu nosaka upes lielums, jo primāri ietekmējošie vides faktori būtiski atšķiras (Paal & Trei, 2006; Paal et al., 2007).

Pētījumā, kurā analizētas makrofitu sugu sabiedrības mazietekmētās upēs Eiropā, uzsvērts, ka makrofitu sastopamība visvairāk atkarīga no augu attīstībai piemērotiem

vides apstākļiem (Baatrup-Pedersen et al., 2006). Arī Amerikas Savienoto valstu pētnieki apliecina, ka sugu bagātība ir cieši saistīta ar augšanai piemērotu biotopu (Vannote et al., 1980). Cieša sakarība starp vides parametriem (grunts sastāvu, straumes ātrumu, apēnojumu, upes dziļumu u.c.) un makrofitiem atrasta, veicot pētījumus Lielbritānijas upēs (Holmes et al., 1998).

Veģetācijas attīstība upēs parasti ir stipri dinamiska, jo upes ir mainīgas ekosistēmas un augu attīstībai piemēroti biotopi staumes iedarbībā pastāvīgi tiek gan veidoti, gan iznīcināti (Riis, 2008). Vairāki zinātnieki ierosina ieviest jaunu pieeju upju veģetācijas pētījumos, kas būtu balstīta uz upju morfoloģijas izpēti (Dawson, 1999; Daniel et al., 2006). Vienkārša upju klasifikācija pēc morfoloģiskām īpašībām ļautu jau iepriekš noteikt tipisko augu sabiedrību upei vai tās posmam, balstoties uz atziņu, ka sugu sabiedrību veido sugas ar līdzīgām vides apstākļu prasībām (Kent & Coker, 1992; Harper et al., 2000). Šādas atziņas apliecina nepieciešamību lielāku uzmanību pievērst augu izplatības saistībai ar vides faktoriem (Bornette et al., 1994; Ali et al., 1999; Dawson & Szoszkiewicz, 1999; Willby et al., 2000). Tam lielāku uzmanība būtu jāpievērš arī, izmantojot makrofitus kā bioindikatorus (Kelly & Whitton, 1998).

Turpmāk apskatīti nozīmīgākie makrofitus ietekmējošie vides faktori upēs.

1.3.1. Straume un straumes ātrums

Upes straumes raksturu un ātrumu nosaka upes kritums, klimatiskie un ģeoloģiskie apstākļi, nereti arī antropogēnā ietekme (Gordon et al., 1992).

Lielākoties upēs ūdens plūsma ir nevienmērīga, jo ūdens dziļums, straumes ātrums, aktīvā šķērsriezuma laukums un citi hidrauliskie lielumi plūsmas virzienā mainās. Ūdens plūsma upēs parasti ir turbulenta. Izņēmums ir ūdensaugiem aizaugušās piekrastes joslas un aizaugušas, lēni tekošas mazas upes, kur plūsma var būt lamināra. Turbulentai plūsmai raksturīgi mikrovirpuļi un nepārtraukta ūdens strūkļu sajaukšanās. Tādēļ turbulentas plūsmas katrā punktā ūdens ātrums ir mainīgs kā pēc virziena, tā lieluma, t.i., straumes ātrumam katrā tās punktā ir pulsējošs raksturs. Straumes ātrums upes šķērsgriezumā ir sadalīts nevienmērīgi: pie dibena un krastiem tas ir mazāks, bet centrālajā daļā lielāks. Turbulences rezultātā upes ūdens sajaucas. Jo lielāks straumes ātrums, jo intensīvāka ir sajaukšanās, kā rezultātā izlīdzinās ūdens temperatūra, izšķīdušo gāzu un sāļu koncentrācija. Pateicoties turbulencei notiek suspendēto sāļu transports. Upes straumes un zemes virskārtu veidojošo ielu mijiedarbības rezultātā veidojas gan upes gultne, gan ieleja (Ziverts, 1995).

Straume ir viens no svarīgākajiem un specifiskākajiem abiotiskajiem faktoriem, kas ietekmē makrofitu sugu sastāvu un audžu veidošanos upēs, un daudzi pētnieki apraksta straumes ātruma un grunts sastāva izšķirošo nozīmi makrofitu attīstībā un izplatībā upēs (Butcher, 1933; Chambers et al., 1991; Biggs, 1996; Baatrup-Pedersen et al., 2003; Riis & Biggs 2003).

Straumes ietekme uz veģetācijas attīstību var būt gan tieša, gan netieša – straumes ātrums, tās izraisītā ūdens uzduļķošanās un grunts erozija. Bez tam straumes ātrums nosaka arī grunts daļiņu un sedimentu izmēru (Janauer, 2001). Tiešā straumes darbība ietekmē fotosintēzes procesu, barības vielu un CO₂ izkļiedēšanu, mehānisko bojājumu radīšanu un vairošanās orgānu izplatīšanu (Madsen et al., 2001).

Straumes ātrums upes šķērsgriezumā ir sadalīts nevienmērīgi. Piemēram, taisnā upes posmā bez šķēršļiem ūdens kustība ātrāka ir upes centrālajā daļā, bet daudz lēnāka pie krastiem. Tādiem šķēršļiem kā lielāki un mazāki akmeņi, augi un tiltu balsti ir divējāda ietekme uz straumi – tie palielina turbulenci un samazina gan vidējo straumes ātrumu, gan straumes ātrumu pie šķēršļiem (Haslam, 2006).

Upes līkumā ūdens plūsma virsējos slāņos ir vērsta ieslīpi pret ieliekto krastu, bet pie dibena ieslīpi uz izliekto krastu. Līdz ar to ieliektais krasts tiek izskalots un tā piekāpē veidojas padziļinājums – iedzelme. Sanešus, kas tiek izskaloti ieliektajā krastā straume transportē uz leju un izgulsnē pretējā krastā malassēru veidā. Vietā, kur straume pāriet no līkuma, kas vērsts uz vienu pusi, līkumā, kas vērsts uz pretējo pusi, šķērsšūnās pārrūkst un notiek pastiprināta sanešu izgulsnēšanās (Zīverts, 1995).

Lielākā daļa makrofītu sugu sastopamas gan stāvošos, gan tekošos ūdeņos. Augiem nav īpašu pielāgojumu augšanai spēcīgā strāvē, tādēļ tie vairāk sastopami upēs ar lēnāku strāvi un mierīgākos upju līčos. Jo lielāks strāves ātrums, jo mazāks sugu skaits spēj iesakņoties gruntī. Daļa no augiem, kas piemērojušies augšanai straujās upēs, sastopami subtropu un tropu joslās, bet mērenajos platuma grādos strauji tekošās upēs sastopamas galvenokārt dažādas sūnu sugas (Westlake, 1975).

Strauji tekošā ūdenī ātrāk tiek sadalītas barības vielas, lielāks ir vielmaiņas ātrums makrofītiem, straujāk noritot fotosintēzei. Tā kā makrofīti pieder dažādām taksonomiskajām grupām, tie pielāgojas mainīgiem strāves apstākļiem, attīstot strāvei pielāgotas lapas un ātri iesakņojošos dzinumus (Dawson, 1988).

Samazinoties strāves ātrumam blīvās makrofītu audzēs, šeit palielinās strāves nesto organisko un neorganisko daļiņu uzkrāšanās un nogulsnēšanās. Pētījumos (Sand-Jensen et al., 1989; Petticrew & Kalff, 1992) pierādīts, ka augu lapu izmērs ir cieši saistīts ar šo augu audzēs uzkrāto sedimentu daļiņu izmēriem. Līdztekus sedimentācijai, pieaug augiem pieejamais barības vielu daudzums nogulumos (French & Chambers, 1996).

Ātra strāve erodē upes gultni un izmaina krastus, smilšainās upēs spēcīga erozija notiek jau pie strāves ātruma 0.2 m/s, bet upēs ar rupjas grants vai akmeņu grunti tikai daudz lielāki strāves ātrumi izraisa iežu pārvietošanos. Arī upēs ar dūņainu un mālainu grunti eroziju izraisa ātrāka strāve, jo šīm gruntīm ir raksturīgs lielāks saistīgums (Madsen et al., 2001). Likumsakarīgi, ka upēs ar mālainu, dūņainu grunti parasti nav raksturīga ātra strāve, bet strauji tekošās upēs grunts sastāvā ir maz organisko vielu un barības vielām bagātu nogulumu (French, 1995).

Makrofītu sugām ir atšķirīga jutības pakāpe pret strāves ātrumu, tādēļ atbilstoši strāves raksturam veidojas arī sugu sabiedrības (Sirjola, 1969). Lēni tekošās upēs veidojas augu sabiedrības, kas pēc sugu sastāva ir līdzīgas dīķu un ezeru veģetācijai. Lēni un mēreni ātri tekošās upēs ūdensaugiem ir iespējas sasniegt arī vislielāko biomasu. Visvairāk strāve ietekmē brīvi peldošās augu sugas, tās var attīstīties tikai upēs un upju posmos ar lēnu strāves ātrumu vai ātrāk tekošu upju līčos (Dawson, 1988).

Bez tam nelielām upēm ar lielu kritumu raksturīgas lielas ūdenslīmeņa svārstības, un šādiem apstākļiem spēj pielāgoties tikai nedaudzas augu sugas, galvenokārt sūnaugi, kas spēj augt arī spēcīgā strāvē, ko rada spēcīgas lietusegāzes (Franklin et al., 2008), kā arī augt apēnotās vietās, izturēt izžūšanu un salu (Dawson, 1988, Westlake, 1975).

Tā kā ūdensaugu izplatīšanās parasti notiek veģetatīvi, ļoti lēna strāvi būtiski samazina izplatīšanās areālu, bet dod priekšrocības augiem, kas izplatās ar sēklām, kā arī augiem, kuri sakņojas piekrastes zonā. Lai arī virsūdens augu izplatība ir mazāk atkarīga no strāves ātruma, iegrūmušie augi spēj aizņemt lielākas platības – visā upes šķērsgrīzumā, ja vien ir piemērots dziļums un gaismas apstākļi (Gantes & Caro, 2001). Strāve īpaši ietekmē iegremdēto makrofītu sugu vielmaiņu caur izšķīdušā oglekļa dioksīda un skābekļa apmaiņu, kā arī skābekļa apmaiņu caur ūdens virsmu. Ritrāla tipa upēs skābekļa daudzumu nodrošina ūdens bagātināšanās ar atmosfēras skābekli, strāvei veidojot lielākas vai mazākas krāces. Turpretim potamāla tipa upēs skābekļa daudzumu nosaka galvenokārt augi (Makkay et al., 2008).

Upes pārveidošana cilvēku darbības rezultātā, kas izraisa straumes ātruma samazināšanos, veicina sedimentu izsēšanos, kā arī bieži izraisa izmaiņas veģetācijā ne tikai pārveidotajā posmā, bet arī lejpus tā (Haslam, 2006).

Lai gan straumes ātruma ietekme uz makrofītu attīstību un sugu sastāvu upēs ir apskatīta daudzos pētījumos, lielākajā daļā no tiem straumes ātrumi variē daudz plašāk nekā Latvijas upēs. Par kritisko straumes ātrumu augu attīstībai dažādās valstīs ir atšķirīgi rezultāti, bet kopumā ir atzīts, ka līdzenumu upēs makrofītu iesakņošanās un augšanu kavē straume, kuras ātrums pārsniedz 0.3 - 0.4 m/s (Biggs, 1996; French & Chambers, 1996; Nilsson, 1987), un lielākais aizaugums ir novērojams lēni tekošās upēs ar straumes ātrumu, kas mazāks par 0.1 m/s (Chambers et al., 1991; Gantes & Caro, 2001). Vidēji ātrās straumēs bieži veidojas mazākas, blīvākas audzes, kuras atdala straumes izveidoti koridori (Gantes & Caro, 2001).

1.3.2. Grunts sastāvs

Līdzīgi kā straumes ātrums, grunts sastāvs atzīmējams kā nozīmīgs faktors, kas ietekmē makrofītu augšanas sekmes upēs (Grasmück et al., 1995; Haslam, 2006). Grunts sastāvs atkarīgs no apvidus ģeoloģiskā sastāva, caur kuru tek upe, kā arī to tieši ietekmē upes kritums un straumes ātrums. Upes grunts struktūra un blīvums nosaka augu iesakņošanās iespējas (Denny, 1980), un augšanas sekmes ir cieši saistītas ar straumes raksturu, ņemot vērā, ka makrofītu sugām, kas sakņojas gruntī, nepieciešams zināms daudzums barības vielu sedimentos (Haslam, 2006).

Smilšainas un rupji strukturētas (akmeņainas) gruntis ir barības vielām nabadzīgas, jo nespēj akumulēt barības vielas, uzkrājot tās sedimentos (Sand-Jensen & Søndergaard, 1979), savukārt organisko vielu uzkrāšanās sedimentos veicina makrofītu attīstību (Barko & Smart, 1983).

Smilts un smalka granulometriskā sastāva iežu nogulumu vērtējami kā vismazāk piemērotākais grunts tips makrofītu attīstībai, šādai videi spēj piemēroties tikai neliels skaits ūdensaugu un bezmugurkaulnieku sugu. Lielākā sugu daudzveidība un blīvums raksturīgs upēm ar grants, oļu grunti (Odum, 1966). Grunts sastāvs arī lielā mērā nosaka sugu sabiedrību sastāvu upē – akmeņainās upēs raksturīgs lielāks sūnu sugu īpatsvars, dūņainās upēs, kam nereti raksturīga zemāka ūdens caurredzamība – peldlapu sugu īpatsvars, plašākas iegrimušo augu audzes spēj izveidoties upēs ar stabilu gultni un pietiekošu sedimentu slāni (Barko & Smart, 1993).

Upes gultnē, kurā aug iegremdētie makrofīti, grunts daļiņas ir mazākas nekā blakus esošā neapaugušā gultnes daļā. Ja iegremdētie makrofīti aug ļoti smalkgraudainā, mālainā gruntī, samazinās apakšējo un augšējo ūdens slāņu sajaukšanās, kā rezultātā upes gultnē palielinās barības vielu daudzums. Turpretī, ja šie makrofīti aug rupjas smilts gruntī, zemāko un augstāko ūdens slāņu apmaiņa ir daudz intensīvāka un barības vielu sastopamība nogulumos ir mazāka (Koch, 2001).

Upē notiek nemitīga organiskā un neorganiskā materiāla piense no mazākām pietiekām, krasta erozijas un atmirušā organiskā materiāla uzkrāšanās. Posmos ar lielāku straumes ātrumu smalkākās daļiņas tiek aiznestas lejup pa straumi un uzkrājas upju attekās, līčos vai lēnākos posmos. Sedimentu izsēšanos veicina arī blīvu makrofītu audžu izveidošanās, kas aiztur straumes nestās organisko vielu daļiņas, līdztekus arī stabilizējot nogulumus un samazinot resuspensiju (Gregg & Rose, 1982), tomēr pārmērīgi bieža sedimentu slāņa uzkrāšanās rada makrofītu atmiršanu un esošo sugu izzušanu, kā arī sugu nomaiņu konkrētajā upes posmā (Barko & Smart, 1986).

1.3.3. Ūdens temperatūra

Temperatūra ir viens no nozīmīgākajiem abiotiskajiem faktoriem, kas ietekmē ūdensaugu augšanu, izplatību un sugu sastāvu cenožē (Kanlaala et al., 2002). Tā ietekmē bioloģiskos un ķīmiskos procesus, izšķīdušā skābekļa daudzumu ūdenī, kā arī iespaido upes un ezera ekoloģiskās īpašības. Siltumu ūdenstilpe saņem ar saules radiāciju, no atmosfēras, nokrišņiem un pietekošajām ūdens masām. Turpretī siltums ūdenstilpē tiek zaudēts, izstarojot garos viļņus, iztvaikojot vai kondensējot ūdens tvaikus, aiztekot ūdens masām un atdodot siltumu atmosfērai (Arnell, 2002).

Upju ūdens temperatūras diennakts svārstības atkarīgas no upes ūdenīguma: jo upes caurplūdums lielāks, jo temperatūru diennakts svārstību amplitūda ir mazāka. Mazo upju ūdens temperatūra lielā mērā ir atkarīga no pieplūstošo ūdeņu temperatūras (Zīverts, 1995).

Sezonālā aspektā ūdens temperatūrai ir cieša saistība arī ar gaismas daudzumu, jo šie abi faktori tieši ietekmē makrofītu augšanu, to morfoloģiju, fotosintēzi (Barko et al., 1982) un vairošanās procesus (Chambers, 1982). Latvijā vasaras pirmajā pusē ūdens vidējā temperatūra parasti atpaliek no gaisa vidējās temperatūras, bet vasaras otrajā pusē un rudenī ūdens temperatūra bieži vien pārsniedz gaisa temperatūru (Zīverts, 1995). Lai gan zināms, ka augiem fotosintēzes procesa nodrošināšanai ir līdzīga optimālā temperatūra ($> 20^{\circ}\text{C}$), atšķirīga ir to spēja pielāgoties un veikt fotosintēzi zemākās temperatūrās ($10 - 15^{\circ}\text{C}$) (Titus & Adams, 1979; Barko & Smart, 1981).

Mazās un vidēji lielās upēs temperatūra ir vienmērīga visā ūdens slānī, tāpat kā ūdenī izšķīdušo vielu koncentrācija (Vannote et al., 1980).

Veģetācijas sezonas garums – agrāki vai vēlāki pavasari un rudenī var samazināt vai palielināt makrofītu attīstību. Piemēram, ziemās, kad neveidojas ledus sega, novērots aizauguma pieaugums ar Kanādas elodeju *Elodea canadensis* (Haag & Gorham, 1977). Ātrāka ūdens sasilšana un augstāka ūdens temperatūra ietekmē fotosintēzes un iztvaikošanas procesus un stimulē fitoplanktona biomasas pieaugumu (Hughes, 2000).

Temperatūra ir cieši saistīta ar gaismas pieejamību augiem un ir viens no galvenajiem faktoriem, kas nosaka augu konkurētspēju sugu starpā. Ja rudenī vēlāk izveidojas ledus sega un pavasaros ledus ātrāk izkūst, nepieciešamais gaismas daudzums augiem ir pieejams ilgāku laika periodu. Atsevišķas iegremdēto ūdensaugu sugas ir spējīgas saglabāt aktīvus vielmaiņas procesus arī ziemā zem plānas ledus segas, bet nav novērota to augšana, kaut arī ir pietiekams gaismas daudzums (Haslam, 2006).

Ūdens temperatūra un tās mainīgums ir atkarīgi no upes barošanās veida, plūsmas apjoma un upes ielejas aizauguma. Upēs, kuras galvenokārt barojas no gruntsūdeņiem, parasti ūdens ir vēsāks nekā upēs, kurām gruntsūdeņu pieplūde ir neliela. Lielākās, ūdeņiem bagātākās upēs ūdens temperatūras svārstības ir mazākas nekā mazajās upēs. Noēnojums, kuru rada upes piekrastē augošie augi, samazina ūdens temperatūru (Walling & Webb, 1996).

Potamāla tipa upēs straumes ātrums reti pārsniedz $0,2\text{ m/s}$ un ūdens temperatūra vasaras mēnešos pārsniedz 20 grādus, turpretī ritrāla tipa upēs straumes ātrums visā to garumā reti ir mazāks par $0,2\text{ m/s}$, un ūdens temperatūra vasaras mēnešos nepārsniedz 20 grādus (Cimdiņš, 2001).

1.3.4. Gaisma un apēnojums

Gaismas pieejamību limitē ūdens dziļums, ūdens duļķainība un krāsainība. Salīdzinot ar citiem makrofītu ietekmējošajiem faktoriem, gaismas pieejamība visvairāk ir saistīta ar dienas un gada ritumu (Kirk, 1994). Savukārt ūdens krāsu nosaka upes sateces baseina īpašības. Upēs, kuras tek cauri mežiem vai kurām liela daļa noteces ir no purviem, var būt brūns, humīnvielu iekrāsots ūdens, kas ievērojami samazina gaismas iespiešanos pat tad, ja nav duļķainības (Fox, 1992).

Ūdens caurredzamība ir īpaši svarīga pavasara periodā, augu attīstības sākumposmā, kamēr tie augot sasniedz ūdens virsējo slāni. Lielāka nozīme ūdens caurredzamībai ir ezeros un dziļās upēs, bet vidēji lielās un mazās upēs daudz lielāka loma ir gultnes apēnojumam. Apēnojums no krastā augošajiem kokiem un lakstaugiem, kā arī no krastu klintīm ir viens no faktoriem, kas tieši ietekmē sukcesijas procesus upē (Dawson & Kern-Hansen, 1977). Apēnojums no krastmalā augošajiem kokiem kā būtiskākais augšanu limitējošais faktors minēts pētījumā, kas veikts 17 upēs Floridā (Canfield & Hoyer, 1988). Samazinoties gaismas daudzumam ūdenī, proporcionāli samazinās ūdensaugu augšanas dziļums, augiem attīstās garāki un vairāk dzinumus, garākas lapas (Barko et al., 1986).

Lēni tekošās upēs un barības vielām bagātās upēs gaismas daudzuma samazināšanos var izraisīt brīvi peldošo augu, īpaši ūdensziedu *Lemna sp.* un parasto spirodelu *Spirodela polyrhiza*, savairošanās. Augu veidotais slānis neļauj gaismai piekļūt dziļākajiem ūdens slāņiem, līdz ar to izmainās augu sabiedrības struktūra, saglabājoties tikai tām sugām, kuras spēj pielāgoties nelielai gaismas intensitātei (Fox, 1992).

Visbūtiskāk pieejamais gaismas daudzums ietekmē iegremdētās makrofītu sugas. Pavasarī ātrāk izaugušās iegremdētās augu sugas nereti vēlāk, kad attīstās virsūdens augi, tiek apēnotas. Viens no raksturīgākajiem piemēriem ir ūdenišu *Callitriche sp.* un ūdensgundegu *Batrachium sp.* sugas (Westlake, 1982).

Stipri apēnotos upju posmos, kur grunts sastāvā ir akmeņi, bieži sastopamas dažādas sūnu sugas, kas mazāk raksturīgas atklātos posmos (Haury & Aïdara, 1999).

Nozīmīgs ir upes tecēšanas virziens un novietojums pret sauli. Upe, kura plūst ziemeļu – dienvidu virzienā un kuras krastus noēno garī koki, saņem daudz vairāk saules gaismas nekā upe, kas plūst austrumu – rietumu virzienā (Haslam, 2006).

1.3.5. Upes platums un dziļums

Upes platums un dziļums saistībā ar citiem vides faktoriem var būtiski ietekmēt makrofītu attīstību upē. Upes platums ir cieši saistīts ar grunts sastāvu, straumes ātrumu, upes dziļumu un apēnojumu no krastiem. Upes to augštecēs, kur upes platums ir neliels, bieži apēno krastā augošie koki un lakstaugi. Upes tecējumā, tai kļūstot platākai un parasti arī dziļākai, apēnojuma ietekme būtiski samazinās un tas nav limitējošais faktors makrofītu attīstībai (Haslam, 2006).

Ūdenstilpes dziļums visbūtiskāk ierobežo to virsūdens makrofītu augšanu, kuri spēj attīstīties tikai nelielā dziļumā; arī iegremdēto peldlapu augu sugas nav sastopamas ūdeņos, kas dziļāki par 2 – 3 m. Mazāk dziļums ietekmē brīvi peldošās augu sugas, kas attīstās uz ūdens virsmas vai virsējā slānī. Seklas upes bieži izzūst vasaras periodā, tādēļ šādi apstākļi nav piemēroti iegremdēto un peldlapu makrofītu sugām. Tomēr īslaičīgu upes gultnes izzūšanu šīs augu sugas spēj pārciest, jo gruntī saglabājas saknes un dzinumus. Vislabāk seklās upēs ar mainīga ūdenslīmeņa apstākļiem spēj attīstīties virsūdens makrofītu sugas (Sculthorpe, 1967).

Lēnos un dziļos ūdeņos makrofitu augšanu spēj ietekmēt izšķīdušo gāzu daudzums, kas dziļākajos slāņos mēdz būt ļoti nelielās koncentrācijās. Lielbritānijā makrofīti visplašāk izplatīti un sasniedz vislielāko aizaugumu upēs, kurās dziļums nepārsniedz 1,25 m dziļumu. Ūdens dziļums ietekmē arī augu izmēru, jo seklākos posmos attīstās augi ar mazākām lapām, veidojās mazāki ceri un audzes. Dziļākās upēs un upju posmos augi, kuriem raksturīga heterofolija, spēj attīstīt visas auga lapu formas. Virsūdens augus ūdens dziļums ietekmē visvairāk, piemēram, parastās niedres *Phragmites australis* lapas nespēj zem ūdens veikt fotosintēzes procesu. Dziļas un lēni tekošas upes ir piemērotas brīvo peldošo ūdensaugu attīstībai, jo tie nav atkarīgi no ūdens dziļuma (Haslam, 2006). Igaunijā veiktā pētījumā secināts, ka upes platums ir saistāms ar vairākām makrofitu sugām, nereti nosakot biotopa veidu upē. Upes platums negatīvi korelē ar sūnu sugu *Fontinalis antipyretica* un *Amblystegium riparium* sastopamību. Pētījuma rezultāti parāda, ka pastāv cieša korelācija starp upes dziļumu un platumu, nereti platākas upes ir arī dziļākas (Paal & Trei, 2004).

Siltā klimata zonās vasaras sausuma periods, kad upes izzūst pat vairāk kā trīs mēnešus gadā, ir ekvivalenta mērenā klimata ziemas periodam un makrofitu attīstību veģetācijas periodā tas neietekmē (Andrews, 1945).

Salīdzinot ar citiem vides faktoriem, upes platumam ir minimāla ietekme uz makrofītiem, bet tas ir viens no galvenajiem rādītājiem, kas nosaka upes caurplūdumu. Daudz lielāka nozīme makrofitu attīstībā ir upes dziļumam, bet tā kā dziļums ir sezonāli mainīgs, tā ietekmi nevar novērtēt precīzi un izmantot kā raksturīgu lielumu sezonai kopumā (Haslam, 2006).

1.3.6. Upes baseina lielums

Upes ir ūdens plūsma dabiskā gultnē, ko baro baseina virszemes un pazemes notece. Upes baseins ir zemes virsmas, augšnes un iežu daļa, no kuras satek attiecīgās upes ūdens un ko atdala ūdensšķirtne. Katrai upei ir savs sateces baseins - virszemes daļa, no kuras upju sistēma savāc ūdeni. Baseina virsmas apstākļus raksturo reljefs, ģeoloģiskā uzbūve, augšnes, kā arī augu sega. Uz upes hidroloģisko režīmu lielu ietekmi atstāj baseina mežainība (%), purvainība (%) un ezerainums (%). Katrai upei ir izteka un ieteka, iztekas lielākoties ir avoti vai retāk – ezeri. Upes parasti ietek kādā lielākā upē, ezerā vai jūrā. Galvenā upe kopā ar pietekām veido upju sistēmu (Zīverts, 1995; Dingman, 2002).

Baseinu robežās upes lielums ir primārais faktors, kas nosaka makrofitu sugu sastāvu un aizaugumu (Demars & Harper, 1998).

Veicot plašu upju, tostarp arī makrofitu, pētījumu Igaunijā, secināts, ka nav novērojamas būtiskas atšķirības sugu sabiedrībās starp dažādiem upju lielbaseiniem. Netika atrastas sakarības starp augu sabiedrībām un upju sateces baseina platību, kas tiek skaidrots ar salīdzinoši kopējām nelielām vides parametru atšķirībām (Paal & Trei, 2004; Paal & Trei, 2006; Paal et al., 2007). Tai pat laikā upēm ar nelielu sateces baseinu raksturīgas zemākas barības vielu koncentrācijas ūdenī (Haslam, 2006).

Latvijā ūdensobjektu izdalīšanas kārtība aprakstīta Ministru kabineta 2004. gada 19. oktobra noteikumos Nr. 858 "Noteikumi par virszemes ūdensobjektu tipu raksturojumu, klasifikāciju, kvalitātes kritērijiem un antropogēno slodžu noteikšanas kārtību". Šī kārtība izstrādāta, pamatojoties uz Eiropas Savienības Ūdens struktūrdirektīvas 2000/60/EK B sistēmu. Latvijā upju tipi noteikti, par pamatu ņemot sateces baseina platību un vidējo kritumu, kas nosaka straumes ātrumu.

Pēc Ministru kabineta 2004. gada 19. oktobra noteikumiem Nr. 858 „Noteikumi par virszemes ūdensobjektu tipu raksturojumu, klasifikāciju, kvalitātes kritērijiem un

antropogēno slodžu noteikšanas kārtību”, ņemot vērā sateces baseina laukumu un kritumu, upes iedala sešos tipos – ritrāla un potamāla tipa mazas upes, ritrāla un potamāla tipa vidējas upes un ritrāla un potamāla tipa lielas upes. Ritrālām upēm raksturīgs, ka upes kritums (1 – 3 km garā posmā) ir liels (>1 m/km), straumes ātrums lielāks par 0,2 m/s, gultnes substrātu veido smilts, grants un akmeņi. Potamālām upēm raksturīgs, ka upes kritums ir mazs (<1 m/km), straumes ātrums mazāks par 0,2 m/s, gultnes substrātu veido smilts, kas ir klāta ar organiskas izcelsmes detritu un dūņām. Par lielām tiek sauktas dziļas upes ar sateces baseinu, kas lielāks par 1000 km², par vidēji lielām – vidēji dziļas upes ar sateces baseinu 100 – 1000 km², bet par mazām sauc seklas upes, kuru sateces baseina laukums nepārsniedz 100 km² (MK noteikumi Nr. 858, 2004).

1.3.7. Ūdens ķīmiskais sastāvs

Ūdensaugu attīstībai nepieciešamas dažādas ķīmisko elementu formas – neorganiskais ogleklis, nitrāti, fosfāti un kālijs kopā ar citiem ķīmiskajiem savienojumiem, ko tie uzņem gan no ūdens, gan no sedimentiem (Barko & Smart, 1981; Thiébaud & Muller, 2003). Dabas ūdeņos izšķīdušas ne vien minerālvielas, bet arī organiskās vielas. Barības vielas ir elementi, kas ļoti svarīgi augu un dzīvnieku augšanai un attīstībai. Galvenie organisko vielu sastāvā esošie elementi ir slāpeklis (N), fosfors (P) un organiskais ogleklis. Tomēr pārāk liels barības vielu daudzums ūdenī var izraisīt eitrofikāciju vai pārmērīgu aļģu savairošanos. Ūdenstilpju, tostarp upju aizaugšanas novēršana ir viena no aktuālākajām ūdeņu aizsardzības problēmām mūsdienās (Arnell, 2002).

Slāpekli un fosforu saturošo jonu saturs upju ūdeņos ir stipri atkarīgs no sezonas – to daudzumi samazinās ūdensaugu veģetācijas periodā, jo tos intensīvi izmanto dzīvnie organismi. Rudens laikā šo jonu saturs pieaug un sasniedz maksimumu ziemā, kad to patēriņš ir minimāls, bet lieli šo jonu daudzumi atbrīvojušies, sadaloties organiskajām vielām (Kļaviņš & Cimdiņš, 2004).

Lai gan barības vielu daudzums bieži tiek atzīmēts kā makrofītu augšanu limitējošs faktors, tomēr to attīstība veiksmīgi notiek arī apstākļos, kad gan ūdenī, gan sedimentos ir zems nitrātu daudzums. Turpretim upēs ar ļoti mainīgiem vides apstākļiem arī liels barības vielu daudzums nespēj izraisīt pastāvīgu makrofītu audžu izveidošanos (Dawson, 1988). Pētījumā, kas veikts Floridas upēs ar lēnu straumi un līdžīgu substrātu, secināts, ka ūdensaugu bagātība upē nav saistīta ar barības vielu daudzumu ūdenī (Canfield & Hoyer, 1988).

Makrofītu apgāde ar barības vielām lielā mērā notiek caur sakņu sistēmu. Pētījumi, kas veikti Eiropas upēs un ezeros, neuzrāda korelāciju starp ūdensaugu biomasu, nitrātu koncentrāciju augu audos un nitrātu daudzumu ūdenī, parādot, ka lielāka nozīme ir sedimentos esošajam nitrātu daudzumam (Demars & Harper, 1998). Turpretī pētījumi, kas veikti Dānijas upēs (Kern-Hansen & Dawson, 1978), liecina, ka augu biomasā, to audos esošais nitrātu daudzums nekorelē ne ar ūdens, ne sedimentu nitrātu daudzumu, liekot domāt, ka šajās upēs ūdensaugu augšanu ietekmē citi faktori.

Lai arī daudzas publikācijas ir veltītas pētījumiem par grunts kā ūdensaugu barības vielu avotu (Chambers et al., 1989; Barko & Smart, 1991; Pelton et al., 1998; Clarke & Wharton, 2001; Kohler & Schneider, 2003; Schneider & Melzer, 2004), vēl nav skaidri izprasta ūdenī un sedimentos esošo barības vielu nozīme augu attīstībā.

Tai pat laikā, kaut arī ir atšķirīgi pētījumu rezultāti un pētnieku viedokļi, ir vairākas ūdensaugu sugas, kas ir cieši saistītas ar palielinātu barības vielu daudzumu ūdenī. Tomēr eitrofiem ūdeņiem raksturīgu sugu pieaugums upē zināmā laika periodā var

liecināt gan par biogēno elementu palielinātu ieplūdi, gan arī par plūdu darbības samazināšanos (Riis & Biggs, 2001).

Makrofītu jutīgums pret ūdeņu ķīmisko sastāvu un īpaši - barības vielu daudzumu tekošos ūdeņos ir analizēts daudzos pētījumos (Kolher, 1971; Haslam, 1987; Trémolières et al., 1994; Daniel & Haury, 1995 u.c.).

Pētījumā, kas veikts Francijas upēs, secināts, ka makrofītu sugām ir atšķirīga jutības pakāpe pret fosfora koncentrāciju pieaugumu ūdenī atkarībā no straumes ātruma. Sugas, kas aug stāvošos vai lēni tekošos ūdeņos un iesakņojušās vāji, ātrāk reaģē uz fosfora koncentrācijas pieaugumu nekā tās, kas aug strauji tekošās upēs (Baldy et al., 2007).

Jāņem vērā, ka biogēno elementu koncentrācijām raksturīga izteikta sezonālā mainība. Visus biogēnos elementus raksturo to koncentrāciju pazemināšanās veģetācijas periodā, kad attīstoties (vai attiecīgi atmirstot) ūdensaugiem, noteikti elementi vai to atrašanās formas var tikt vairāk vai mazāk intensīvi patērētas. Izteikts biogēno elementu koncentrāciju pieaugums vērojams pavasara palu laikā un mazākā mērā rudens palu laikā. Arī ziemas sezonā biogēno elementu koncentrācijas ir paaugstinātas, ko nosaka organisko vielu sadalīšanās ūdenstilpē (Kļaviņš & Cimdiņš, 2004).

1.4. Makrofitu izmantošana ūdens kvalitātes novērtēšanā

Ūdeņu kvalitātes novērtēšanai un vides izmaiņu konstatēšanai bieži tiek izmantoti dažādi dzīvie organismi, tostarp – ūdensaugi. Ūdens kvalitāte atspoguļojas gan sugu bagātībā, gan sugu sabiedrību struktūrā un daudzveidībā. Ekoloģiski ūdensaugu pētījumi ir balstīti uz ūdensaugu kā vides indikatoru spēju raksturot vides apstākļus. Makrofitu sugas var iedalīt atšķirīgās kategorijās, kas raksturo oligotrofus līdz eitrofos ūdeņus atkarībā no to barības vielu daudzuma. Augu sugas un to augšanas formas atšķirīgi reaģē uz ūdens līmeņa izmaiņām un citiem fizikālajiem faktoriem, piemēram, salu, ledus iešanu, paliem utt. Jāņem vērā, ka katrai sugai ir atšķirīga ekoloģiskā amplitūda, un lielāks sugu skaits - vismaz sešas un vairāk - pētāmajā vietā sniedz precīzāku ūdeņu kvalitātes raksturojumu (Haslam, 2006).

Ir pierādīts, ka augstākie ūdensaugi ir ļoti piemēroti indikatori, lai raksturotu ilggadīgas izmaiņas ūdenstilpēs, tomēr ūdeņu bioindikācijā makrofitu pielietošanas metodes joprojām ir attīstības stadijā. Svarīgi ir izpētīt veģetācijas un vides faktoru reģionālās īpatnības un atšķirības, jo dažādās vietās ir atšķirīga arī makrofitu sugu bioindikatīvā nozīme (Onaindia et al., 2005).

Pēdējo gadu desmitu laikā daudzās pasaules, t.sk. Eiropas valstīs attīstītas dažādas metodes, kas balstītas uz makrofitu sugu sastāva un sastopamības izmantošanu ūdens kvalitātes novērtēšanā. Var izdalīt vairākas pieejas metodēm, kurās makrofitu sugu sastāvs un sastopamība tiek pielietoti:

1. klasiskā fitosocioloģiskā pieeja, kas tiek pielietota galvenokārt Vācijā (Oberdorfer, 1990), Francijā (Haury et al., 1994), Lielbritānijā (Rodwell et al., 1995);
2. biomasas aprēķini (Westlake, 1982);
3. ūdensaugu tipoloģijas izstrāde atbilstoši dažādām ūdenstilpēm (Carbiener et al., 1990; Thiébaud & Muller, 1999; Robach et al., 1996; Tremp & Kohler, 1995);
4. ūdeņu kvalitātes novērtējums, lietojot indeksus, kuri izveidoti uz indikatorsugu pamata (Newbold & Palmer, 1979; Holmes & Newbold, 1984; Kelly & Whiton, 1994; Schneider et al., 2000; u.c.).

Eiropas valstīs visplašāk tiek pielietots makrofitu indekss, kas izveidots Lielbritānijā (Holmes, 1996) un domāts Lielbritānijas Vides aģentūras vajadzībām (Dawson et al., 2000), lai atspoguļotu ūdeņu trofisko stāvokli.

Lai arī kopumā ir vērojamas acīmredzamas likumsakarības makrofitu reakcijā uz vides izmaiņām un piesārņojumu, nereti atšķirīgiem upju posmiem var būt vienāds veģetācijas sastāvs, turpretī vairākās upēs ar līdzīgiem vides apstākļiem – visai atšķirīgs (Wiegand, 1984). Vairāki pētnieki uzsver, ka upju ūdens kvalitātes novērtējumos, izmantojot makrofitus, nepieciešamas zināšanas gan par upes hidroloģisko režīmu, gan ģeoloģisko un ģeomorfolģisko uzbūvi, kā arī par ietekmēm, kas notiek un notikušas upē (Riis & Biggs, 2003; Paal et al., 2007; Tremp, 2007; Springe et al., 2010).

1.5. Latvijas upes un to veģetācijas izpētes vēsture

Reljefa formu dažādība, relatīvi mitrais klimats un ģeoloģiskie faktori uzskatāmi par galvenajiem iemesliem, kāpēc Latvijā izveidojies blīvs upju tīkls (588 m/km^2). Kopējais upju skaits ir ~12500, no tām 880 (7%) ir garākas par 10 km. Latvijas upju kopgarums veido 37950 km. No ģeoloģiskās izcelsmes viedokļa upes Latvijā ir uzskatāmas par jaunām, jo tās ir izveidojušās pēdējo apledojumu laikā (Kļaviņš, Cimdiņš, 2004). Upju tīkls tagadējā Latvijas teritorijā sācis veidoties pirms 20 miljoniem gadu un bijis visai atšķirīgs no tagadējā. Tagadējās mazās upes radušās pirms 14 – 10 tūkstošiem gadu un pēdējo četrus gadsimtus laikā nemitīgi bijušas pakļautas cilvēka ietekmei (Zīverts, 1995). Latvijas upēm ir jaukta ūdensguve – tās ņem ūdeni gan no pazemes ūdeņiem, gan no lietus un sniega kušanas ūdeņiem. Pazemes ūdeņu pieplūde ir vienmērīga, turpretī lietus ūdens pieplūde atšķiras dažādos gados. Latvijas upju ūdens režīmam raksturīgi pavasari palī un mazūdens periodi.

Organiskās vielas Latvijas upēs var veidoties gan eitrofikācijas, gan antropogēnā piesārņojuma rezultātā, gan ieplūstot purvu ūdeņiem. Pēc ķīmiskā sastāva Latvijas upes pieder pie hidroģēnkarbonātu ūdeņiem. Tie ir maz mineralizēti (līdz 200 mg/l) vai vidēji mineralizēti ($200 - 500 \text{ mg/l}$). Visvairāk mineralizēts ūdens ir Lielupes baseina upēs. No purviem plūstošo upju ūdeņi parasti ir ar ļoti zemu mineralizāciju, augstu organisko vielu saturu un dabiski skābu pH reakciju (Kļaviņš & Cimdiņš, 2004).

Lielākā Latvijas upju notece ir pavasarī sniega kušanas laikā, sasniedzot 45 – 55% no kopējās gada noteces, bet ziemā tā ir tikai 15 – 20%. Rudenī Latvijas upēs ir novērojams otrs noteces apjoma pieaugums, bet tas ir mazāks par pavasarī novērojamo. Vasarā un ziemā upes galvenokārt barojas no pazemes ūdeņu noteces (Kļaviņš et al., 2002).

Līdzīgi citām Eiropas valstīm, arī Latvijā liela daļa upju ir tikušas ietekmētas, veicot padziļināšanu, taisnošanu vai gultnes novirzīšanu. Latvijā mazo upju padziļināšanas un iztaisnošanas darbi izsākti jau 17.gs. hercoga Jēkaba laikā. 18.gs. beigās mēģināja regulēt un pārrakt vairākas upes, bet plašāk upju regulēšana aizsākās 19.gs. sākumā. 1973.g. regulēto upju kopgarums sasniedza 2,5 tūkst. km jeb 13% no visu upju kopgaruma (Šķiņķis, 1992).

Sākotnējie pētījumi par Latvijas upēm un ezeriem fiksēti 18.gs., kad minēta arī fragmentāra informācija par ūdeņu floru un faunu (Fischer, 1791). 19.gs. atrodami vairāku autoru (Bienenstamm, 1826; Rathlef, 1852 u.c.) Rīgas apkaimes ezeru apraksti, kuros sniegtas īsas ziņas arī par aizaugumu ar ūdensaugiem, minētas atsevišķas sugas.

Laika posmā no 20.gs. 50. līdz 90.gadiem periodiski makrofitu pētījumi veikti daudzos Latvijas ezeros un upēs. Veģetācijas novērtējums izdarīts saskaņā ar bijušās Padomju Savienības teritorijā lietoto metodoloģiju, sugu sastāvs un izplatība novērtēta 5 – 7 pakāpju skalā, raksturota ūdeņu kvalitāte. 1957. gadā Bioloģijas institūts kopā ar Latvijas Universitātes Bioloģijas fakultāti uzsāka plašus Latvijas lielāko upju pētījumus, lai noskaidrotu to piesārņojuma pakāpi un bioloģiskās pašattīrīšanās iespējas, noskaidrotu hidrobiontu sugu sastāvu, skaitu un dinamiku, upju biogēno un bioloģisko noteci. 1959.-1975. g. pētījumus ezeros un upēs veicis T. Cukurs (Cukurs, 1980).

Sākot ar 1980.g., ūdensaugu pētījumus galvenokārt upēs veicis A. Urtāns Latvijas Zinātņu akadēmijas (tagad – Latvijas Universitātes) Bioloģijas institūta Hidrobioloģijas laboratorijas ikgadējo ekspedīciju ietvaros (Urtāns, 1995), izmantojot iepriekš praktizētās metodikas, kā arī Vīgleba izstrādāto maršruta metodi (Wiegleb, 1986).

Līdztekus ar saprobioloģisko pētījumu attīstību Eiropā, tie uzsākti arī Latvijā 20. gs. 60.-70.gados, bet it īpaši plaši attīstījušies 80.gados, aptverot dažāda lieluma upes un tur mītošās tipiskākās ūdens organismu grupas. Pētījumu rezultātā apkopojot datus par 174

Latvijas upēm, atbilstoši Latvijas apstākļiem tika papildināts un pārstrādāts Rietumeiropā lietotais V. Sladačeka sugu-bioindikatoru saraksts un izveidots Latvijas saldūdeņu indikatorsugu katalogs, kurā minētas arī 58 augstāko ūdensaugu sugas (Cimdiņš et.al., 1995).

Līdz ar Latvijas iestāšanos Eiropas Savienībā, aktuāls kļuvis jautājums par datu salīdzināšanu un interkalibrāciju starp valstīm, lai sasniegtu Eiropas Savienības Ūdeņu struktūrdirektīvas (2000/60/EC) izvirzītos mērķus. Eiropas Savienība pieprasa dalībvalstīm kategorizēt ūdenstilpju kvalitāti, izdalot ekoloģiskās kvalitātes klases un norādot references apstākļus. Problēmas rada iepriekš Latvijā izmantoto metodiku neatbilstība šīm prasībām, iegūtie rezultāti prasa papildu interpretāciju, lai savstarpēji varētu salīdzināt dažādu gadu datus Latvijas mērogā, un pēc tam tos salīdzināt ar citu Eiropas valstu datiem. Arī jaunu metodiku meklējumos vērojama liela dažādība - vairākas metodikas, kas balstītas uz Eiropas valstu praksi, izmantojusi Latvijas Vides aģentūra ezeru pētījumos. Latvijas Vides, ģeoloģijas un meteoroloģijas centrs veic ūdeņu stāvokļa monitoringu, izmantojot metodiku EN 14184:2002 - Makrofītu cenozes novērtēšana tekošos ūdeņos (Water quality..., 2003).

Eiropas Savienības pētījumu projekta STAR (Standardization of River Classification) ietvaros izveidota jauna metodika Eiropas upju novērtēšanai, kura balstās uz Lielbritānijā lietotās standartmetodikas principiem (Holmes et al., 1999). Izmantojot šo metodi, Latvijas Universitātes Bioloģijas institūta Hidrobioloģijas laboratorija 2006.g. ievākusi datu materiālu vairākās vidēji lielās upēs, kas analizēts līdztekus citu Eiropas valstu iegūtajiem rezultātiem (Springe et al., 2006). Strauji paplašinoties starptautiskajai sadarbībai, ir nepieciešams iegūt viegli interpretējamus datus, ilggadīgi darbojoties pēc vienotiem principiem.

2. MATERIĀLS UN METODEDES

2.1. Pētījuma laiks, vietu izvēle un raksturojums

Šim pētījumam, izmantojot Ūdens saimniecisko iecirkņu klasifikatoru (ŪSIK, 2005), tika izvēlētas vidēja lieluma ritrālas un potamālas zemieņu upes, kuru sateces baseina laukums atbilst vidēju lielu upju kategorijai.

Lauka pētījumi veikti veģetācijas sezonā (20.jūnijs – 15.septembris) laika posmā no 2007.-2010.gadam.

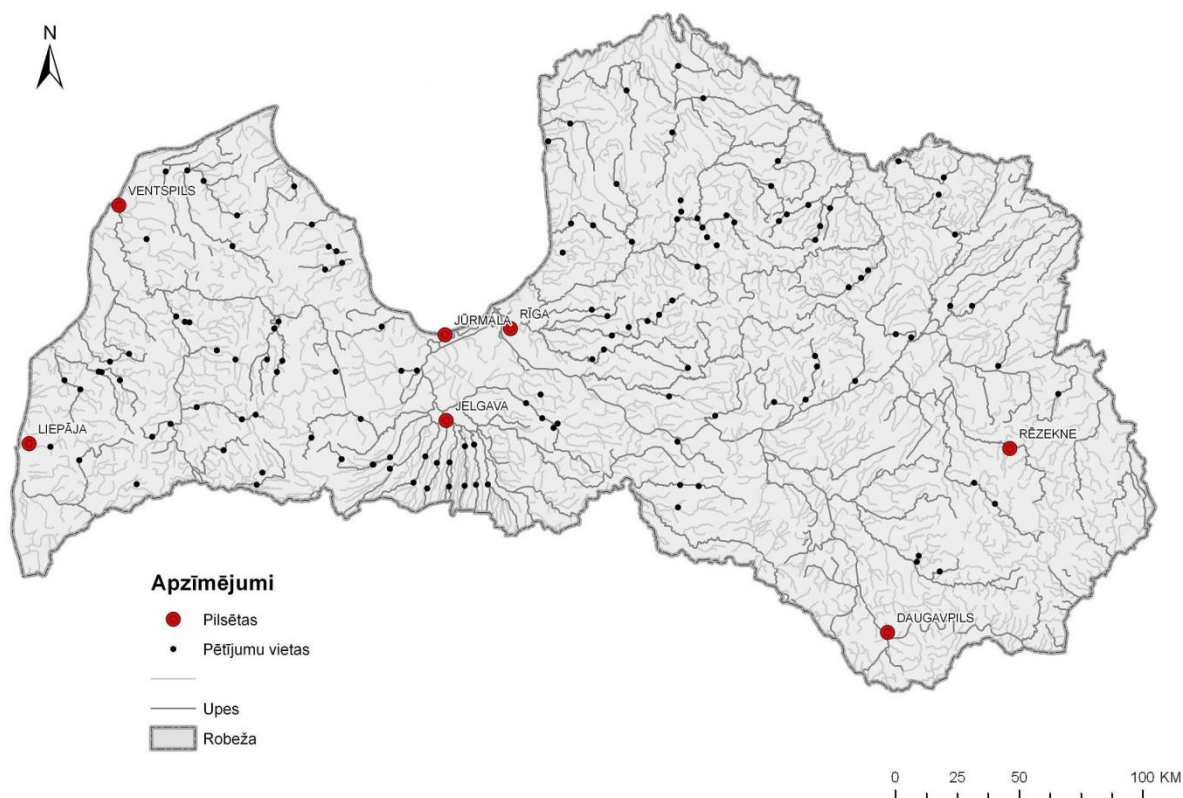
Visā Latvijas teritorijā apsekoti 132 upju posmi 83 upēs (2.1.att., 1.pielikums). Vadoties pēc iepriekšējas kartogrāfiskā materiāla izpētes (topogrāfiskās kartes mērogā 1: 50 000) un situācijas izpētes dabā, katrā upē izvēlēti 100 m gari upes posmi, kas ir tipiski upes tecējumam, kā arī iespējami mazāk apēnoti.

Upju posmu sateces baseinu platību aprēķināšana, augstuma noteikšana virs jūras līmeņa un zemes lietojuma veidu platību noteikšana tika veikta Latvijas Universitātes Ģeodēzijas un Ģeoinformātikas institūtā, izmantojot digitālos kartogrāfiskos datu slāņus ar datubāzēm: upes.shp, upju_baseini.shp, augstuma_punkti.shp, horizontales.shp, zemeslietojuma_veids.shp.

Microsoft Office Excel tabulas tika integrētas ArcGIS programmatūras vidē, izveidojot datubāzi, kura pēc punktu koordinātēm savietota ar digitālajiem datu slāņiem, lai izdalītu detalizētākas baseinu robežas (132 baseini) un veidotu jaunu slāni.

Ar kartogrāfiskās un telpiskās statistikas metožu palīdzību izskaitļotas upju baseinu platības m². Ar telpiskās analīzes metodes pārklājuma veidošanas funkcijas palīdzību tika noteikta mērījumu punkta augstuma atzīme (m) kļūdu robežās 2-5 m.

Zemes lietojuma veida platību aprēķināšanai konkrētajā upju baseinā izmantoti digitālie datu slāņi: mazoupju_baseini.shp un zemeslietojuma_veids.shp, kas papildināts ar diviem tipiem – tīrums un krūmājs. Izmantojot telpiskās statistikas metodi, izskaitļotas platības septiņiem zemes lietojuma veida tipiem: apdzīvota vieta, atklāta teritorija, tīrums, mežs, krūmājs, purvs, ūdenstilpe. Kļūdu izvērtēšana un koriģēšana veikta tabulās, izmantojot Microsoft Office Excel programmu.



2.1.att. Pētījuma vietu izvietojums Latvijas teritorijā (karte autores sagatavota, izmantojot SIA Envirtotech datu slāni).

2.2. Vides faktoru un makrofitu pētījumu metodika

Pētījuma veikšanai izmantota Eiropas Savienības pētījumu projektā „Standardization of River Classification: Framework method for calibrating different biological survey results against ecological quality classifications to be developed for the Water Framework Directive” (STAR) (Furse et al., 2006) izveidotā metodika (Dawson, 2002) Eiropas upju makrofitu sugu sastāva un sastopamības novērtēšanai (2., 3. pielikums), kura balstās uz Lielbritānijā izmantotās standartmetodikas principiem (Holmes et al., 1999).

Atbilstoši šai metodei katrā pētāmajā posmā tika novērtēti šādi vides parametri: grunts sastāvs, apēnojums, straumes ātrums, mērīts upes platums un dziļums.

Grunts sastāvs novērtēts vizuāli, lauka protokolā procentuāli atzīmējot grunts sastāvu: akmeņi un oļi (>64 mm), grants (2-64 mm), smilts (0.06-2 mm), dūņas.

Upes posma apēnojums tika novērtēts vadoties pēc 3 kategorijām: 1 = ūdens virsma nav apēnota, 2 = apēnojums ir neliels (<33%) un 3 = būtisks (>33%).

Pētījumā izmantotā STAR metodikā netiek paredzēta straumes ātruma mērīšana. Vizuāli novērtē tikai straumes raksturu (vienmērīga, virpuļojoša u.tml.). Lai precīzāk novērtētu straumes ietekmi uz ūdensaugiem, šajā pētījumā tika mērīts straumes ātrums 10 m garā posmā, izmantojot hronometru un hidroloģijas praksē pieņemto vienkāršoto smago pludiņu metodi. Mērījumi tika veikti trīs reizes pētāmajā posmā un aprēķināts vidējais straumes ātrums. Straumes ātrums novērtēts četrās kategorijās: 1 = ātra (>0.4 m/s), 2 = vidēji ātra (0.2-0.4 m/s), 3 = lēna (<0.2 m/s), 4 = straume nav redzama.

Upes platums un dziļums atkarībā no posma viendabības tika mērīts trīs līdz piecās vietās pētāmajā posmā ar mērlentes palīdzību, pēc tam aprēķināts vidējais platums un

dziļums. Upes dziļums pēc mērījumu veikšanas tika iedalīts četrās klasēs: 1 = <0.25 m; 2 = 0.25-0.5 m; 3 = 0.5-1 m; 4 = >1m, bet upes platums piecās klasēs: 1 = < 1 m, 2 = 1-5 m; 3 = 5-10 m; 4 = 10-15 m; 5 = 15-20 m.

Ūdensaugu sugu sastopamība novērtēta pēc skalas, kur: 1: <0.1%, 2: 0.1-1%, 3: 1-2.5, 4: 2.5-5%, 5: 5-10%, 6: 10-25%, 7: 25-50%, 8: 50-75%, 9: >75%.

Aprakstot veģetāciju un attēlojot lauku protokolā tās izvietojumu pētījuma vietā (3.pielikums), noteikts upes posma kopējais aizaugums. Makrofitu sugu apsekojums lielākajā daļā upju veikts, brienot pret straumi, bet dziļākajās upēs makrofīti noteikti, ievācot tos ar grābekli garā kātā.

Pētījumā ietverti virsūdens, iegremdētie, peldlapu un brīvi peldošie vaskulārie augi, kā arī briofīti un harofīti.

Makrofitu sugas galvenokārt tika noteiktas pētījuma vietā. Augu noteikšanai izmantoti noteicēji "Latvijas PSR augu noteicējs" (Pētersone & Birkmane, 1980), „Süßwasserflora von Mitteleuropa” (Casper & Krausch 2008a; Casper & Krausch, 2008b), „Den nya nordiska floran” (Mossberg & Stenberg, 2003), „Rosliny wodne i bagienne” (Klosowscy, 2007). Ežgalvīšu dzimtas suga *Sparganium erectum* noteikta *sensu lato*, neizdalot pasugas. Nepazīstamās un grūti nosakāmās augu sugas tika ievāktas herbārijā, un Potamogetonaceae dzimtu noteica Latvijas Universitātes Bioloģijas institūta botāniķe Dr.biol. Ģ.Gavrilova, mieturaļģu sugas - Latvijas Dabas muzeja vecākā botāniķe Dr.biol. E. Zviedre. Augu sugu zinātniskie nosaukumi un floras sistemātiskā struktūra lietota, vadoties pēc taksonu saraksta „Latvijas vaskulāro augu flora” (Gavrilova & Šules, 1999; Āboliņa, 2001; Zviedre, 2007).

Pētījuma laikā ievāktie herbāriji nodoti Latvijas Universitātes Bioloģijas institūta Botānikas laboratorijai (LATV) un Latvijas Dabas muzeja herbārijam (LDM), kā arī izveidots personīgais herbārijs.

2.3. Datu statistiskās apstrādes metodes

Lauka pētījumos iegūtie 132 veģetācijas apraksti uzkrāti TURBOVEG (Hennekens, 1995) datu bāzē un izmantoti tālākai apstrādei.

Augu sabiedrību klasifikācija veikta, izmantojot TWINSpan (Two-way indicator species analysis) programmu (Hill, Šmilauer, 2005). Apraksti grupēti pēc sugu sastāva līdzības atbilstoši TWINSpan dalījumam grupās, kā rakstursugas izvēloties sugas ar augstāku konstantumu un biežāku sastopamību nodalītajā grupā. Par konstantām sugām uzskatāmas tās, kuras ir bieži sastopamas veģetācijas vienībā (konstanta suga – ar sastopamību virs 40%, augsti konstanta suga – ar sastopamību virs 80%) (Chytrý, 2007).

Datu apstrāde tika veikta, izmantojot Microsoft Excel programmu. Analizējot sugu īpatsvaru saistībā ar vides faktoriem, izvēlētas tikai tās sugas, kas sastopamas vismaz desmit un lielākā skaitā parauglaukumu un izslēdzot arī ģints līmenī noteiktās glīveņu *Potamogeton sp.* sugas. Datu analīzē tika lietoti sugu akronīmi, pilni sugu nosaukumi līdz ar akronīmiem redzami pielikumā (4.pielikums).

Sakarības starp vides faktoriem un ūdensaugu sugu daudzumu un aizaugumu tika novērtētas, aprēķinot Pīrsona korelācijas koeficientus ar programmu SPSS 12.0.1. (SPSS, 2000). Korelācijas koeficientiem aprēķināts statistiskais būtiskums, kā robežvērtību izvēloties $p < 0,05$ un $p < 0,01$.

Lai veiktu korelāciju analīzi, vairākiem vides faktoriem tika piešķirtas kategoriālas vērtības, vadoties pēc lauku protokolā izstrādātā iedalījuma: upes platumam 1 = < 1 m, 2 = 1-5 m; 3 = 5-10 m; 4 = 10-15 m; 5 = 15-20 m, dziļumam 1 = <0.25 m; 2 = 0.25-0.5

m; 3 = 0.5-1 m; 4 = >1m, grunts sastāvam 1 = grants, oļi; 2 = smilts; 3 = dūņas, un apēnojumam 1 = 0% apēnojums; 2 = <33%; 3 = >33%.

Sakarība starp veģetācijas parametriem (kopējo sugu skaitu posmā un aizauguma pakāpi) un vides faktoriem noteikta, izmantojot vienfaktora regresijas analīzi programmā SPSS, ar Fišera kritēriju pārbaudot katra faktora ietekmes būtiskumu.

Sakarība starp kopējo sugu skaitu un aizaugumu pētītajos upju posmos un aizaugumu un zemes lietojuma veidiem un baseina platības analizēta, izmantojot daudzfaktoru regresijas analīzi.

Sākotnēji veikta visu noteiktu faktoru (zemes lietojuma veidu) un baseina platības un kopējā sugu skaitu upēs un aizauguma (posmos) korelācija, lai pārbaudītu, vai starp tiem nepastāv cieša lineāra sakarība (multikolinearitāte).

Sugu sabiedrību grupu un sugu ordinācija veikta, izmantojot detrendēto korespondences analīzi (DCA), izmantojot programmu CANOCO for Windows (Lepš, Šmilauer, 2003). Datu analīzes objektivitātei, veicot parauglaukumu ordināciju, no datu kopas izņemtas sugas, kas konstatētas tikai vienā un divos upes posmos. Indikatorsugu analīzei un Šenona indeksu aprēķiniem izmantota programmu pakete PC-ORD for Windows (McCune & Mefford, 1999). Lai noteiktu sugu izplatības un vides faktoru saistību, izmantota kanoniskā korespondentanalīze (CCA).

Pētījuma vietu izvietojuma karte, aizauguma un sugu skaita izplatības attēlojums Latvijas teritorijā sagatavots, izmantojot SIA Envirotech datu slāni ESRI ArcGIS programmā.

3.REZULTĀTI UN DISKUSIJA

3.1. Makrofitu sugu sastāvs un sastopamība

Apsekojot 132 posmus 83 Latvijas vidēji lielās upēs (2.1.att.), kopumā konstatēti 58 augstāko augu, mieturaļģu un sūnu taksoni (līdz sugai noteikts 51 taksons, līdz ģintij noteikti 7 taksoni) (3.1.tab.).

3.1.tabula. Konstatētie makrofitu taksoni un to sastopamība pētījos upju posmos

	Sastopamība (N)		Sastopamība (N)
Viršūdens augi		Iegremdētie augi	
<i>Sparganium emersum</i>	78	<i>Fontinalis antipyretica</i>	48
<i>Sparganium erectum</i>	65	<i>Elodea canadensis</i>	44
<i>Phalaroides arundinacea</i>	64	<i>Veronica beccabunga</i>	43
<i>Alisma plantago-aquatica</i>	55	<i>Potamogeton alpinus</i>	23
<i>Sium latifolium</i>	40	<i>Potamogeton perfoliatus</i>	22
<i>Mentha aquatica</i>	37	<i>Callitriche</i> sp.	19
<i>Sagittaria sagittifolia</i>	36	<i>Batrachium</i> sp.	16
<i>Phragmites australis</i>	30	<i>Potamogeton praelongus</i>	12
<i>Scirpus lacustris</i>	30	<i>Potamogeton lucens</i>	11
<i>Veronica anagallis-aquatica</i>	23	<i>Myriophyllum spicatum</i>	11
<i>Butomus umbellatus</i>	22	<i>Potamogeton</i> sp.	10
<i>Rorippa amphibia</i>	22	<i>Chara globularis</i>	6
<i>Glyceria fluitans</i>	16	<i>Batrachium trichophyllum</i>	5
<i>Iris pseudacorus</i>	15	<i>Chara</i> sp.	4
<i>Equisetum fluviatile</i>	14	<i>Potamogeton berchtoldii</i>	3
<i>Glyceria maxima</i>	11	<i>Amblystegium riparium</i>	3
<i>Typha latifolia</i>	10	<i>Potamogeton crispus</i>	2
<i>Berula erecta</i>	9	<i>Potamogeton gramineus</i>	2
<i>Hippuris vulgaris</i>	7	<i>Hottonia palustris</i>	2
<i>Cicuta virosa</i>	4	<i>Chara contraria</i>	2
<i>Acorus calamus</i>	3	<i>Potamogeton pectinatus</i>	2
<i>Sparganium minimum</i>	2	<i>Utricularia vulgaris</i>	1
<i>Sparganium</i> sp.	1	<i>Callitriche stagnalis</i>	1
Peldlapu augi		<i>Callitriche cophocarpa</i>	1
<i>Nuphar lutea</i>	79	<i>Batrachium circinatum</i>	1
<i>Potamogeton natans</i>	10	<i>Utricularia</i> sp.	1
<i>Nymphaea</i> sp.	1		
<i>Nymphaea candida</i>	1		
Brīvi peldošie augi			
<i>Lemna minor</i>	46		
<i>Lemna trisulca</i>	25		
<i>Spirodela polyrhiza</i>	24		
<i>Lemna gibba</i>	6		
<i>Hydrocharis morsus-ranae</i>	3		

Vairāk kā pusē apsekoto posmu konstatēta dzeltenā lēpe *Nuphar lutea* un vienkāršā ežgalvīte *Sparganium emersum*, kā arī ļoti bieži ir sastopamas viršūdens augu sugas zarainā ežgalvīte *Sparganium erectum*, parastais miežubrālis *Phalaroides arundinacea*

un parastā cirvene *Alisma plantago-aquatica*. Biežāk izplatītās sugas un to procentuālā sastopamība apsekotajos upju posmos redzama tabulā (3.2.tab.).

3.2.tabula. Biežāk sastopamo makrofitu sugu sastopamība (%) apsekotajos upju posmos.

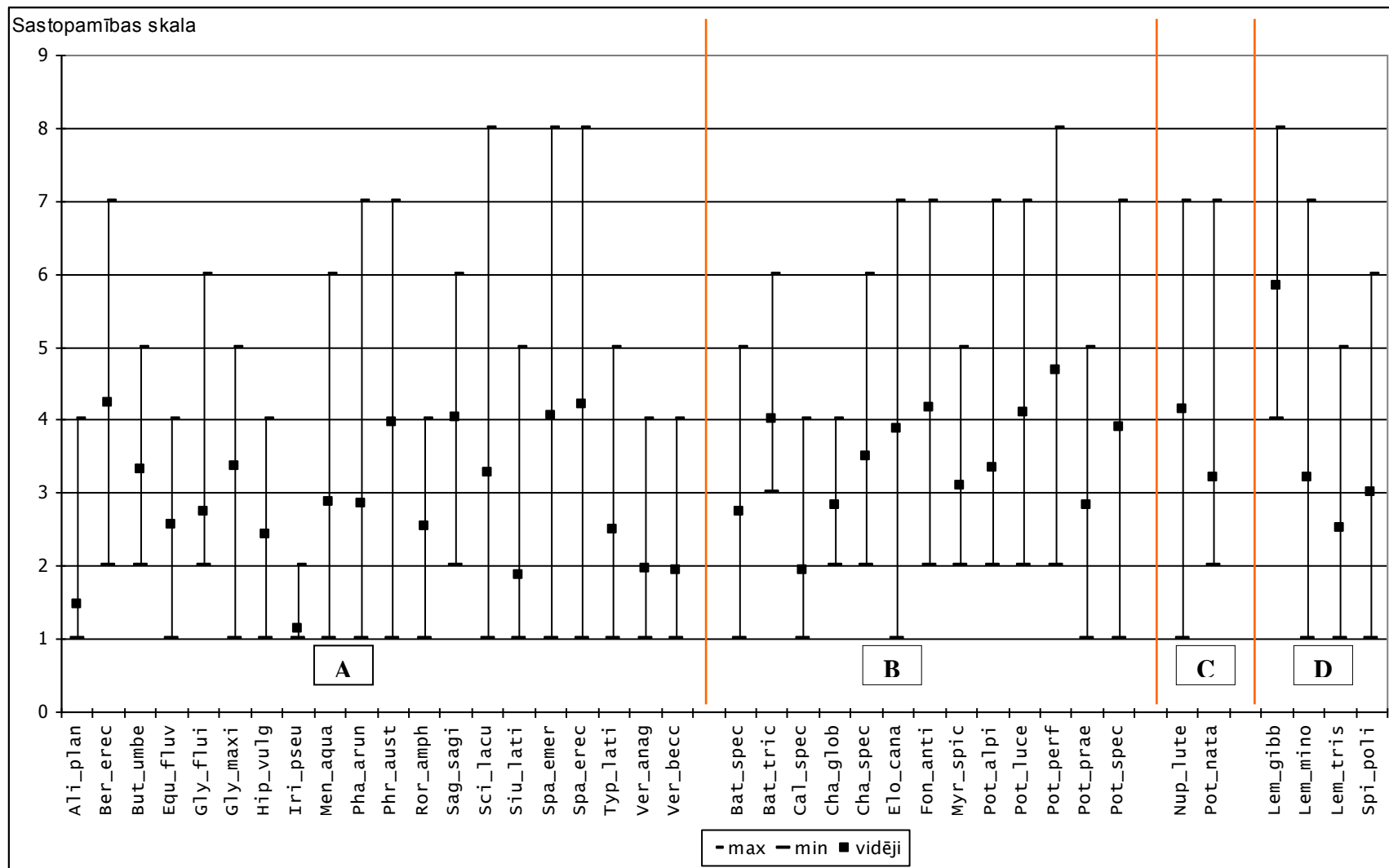
Suga	Sastopamība pētītajos posmos (%)
<i>Nuphar lutea</i>	60
<i>Sparganium emersum</i>	59
<i>Sparganium erectum</i>	49
<i>Phalaroides arundinacea</i>	48
<i>Alisma plantago-aquatica</i>	42
<i>Fontinalis antipyretica</i>	36
<i>Lemna minor</i>	35
<i>Elodea canadensis</i>	33
<i>Veronica beccabunga</i>	32
<i>Sium latifolium</i>	30
<i>Mentha aquatica</i>	28
<i>Sagittaria sagittifolia</i>	27
<i>Phragmites australis</i>	23
<i>Scirpus lacustris</i>	23

Vairākas sugas konstatētas tikai vienā vai dažos apsekotajos posmos, retāk novērotās sugas ir parastā pūslene *Utricularia vulgaris*, daudziedu ūdenīte *Callitriche cophocarpa*, dumburu ūdenīte *C.stagnalis*, apaļlapu ūdensgundega *Batrachium circinatum*, kā arī sniegbaltā ūdensroze *Nymphaea candida*.

Sugu sastopamība posmos variē, 3.1. attēlā redzamas 39 biežāk sastopamo sugu sastopamības amplitūda. Augstāka sastopamība raksturīga iegremdētajām makrofitu sugām, kas parasti veido lielākas audzes un aizņem vismaz 5% no parauglaukuma. Vairākas sugas, lai arī sastopamas lielā daļā pētīto upju posmu, veido nelielas audzes, piemēram, parastā cirvene *Alisma plantago-aquatica* (konstatēta 42% posmu), avotu veronika *Veronica beccabunga* (konstatēta 32% upju posmu), platlapu cemere *Sium latifolium* (konstatēta 30% posmu), vidēji aizņem tikai 1%, nepārsniedzot 5% no parauglaukuma.

Lielāko īpatsvaru sugu sastāvā sastāda iegremdētie makrofīti – kopumā konstatēti 26 taksoni. No virsūdens makrofītiem konstatēti 23 taksoni, peldlapu un brīvi peldošie augiem - attiecīgi 4 un 5 taksoni.

Ņemot vērā vairāku sugu heterofiliju, rodas grūtības atsevišķas sugas klasificēt noteiktā grupā. Vidēji lielās upēs samērā reti novērotas ezera meldra *Scirpus lacustris* iegremdētās formas audzes, turpretim bieži ežgalvītes *Sparganium emersum* iegremdētā forma, šīs sugas virsūdens augi aug upju piekrastēs, neveidojot blīvas audzes. Ņemot vērā, ka šīs sugas iespējams noteikt, vadoties pēc virsūdens augu daļām, abas sugas analizējot rezultātus, ietvertas virsūdens augu grupā.



3.1.att. Biežāk sastopamo makrofitu sugu sastopamības amplitūda. A – virsūdens, B – iegremdētās, C – peldlapu, D – brīvi peldošās makrofitu sugas. Sugu nosaukumu akronīmi 4. pielikumā.

Izteikta vienas sugas dominance novērojama reti, no aprakstītajām sugām blīvas vienlaidus audzes raksturīgas kuprainajam ūdensziedam *Lemna gibba*, kas vidēji sedz 20% un līdz pat 60% no upes posma.

Starp biežāk sastopamajām sugām dominē virsūdens makrofīti, starp tiem sugu skaita ziņā visplašāk pārstāvēta ežgalvīšu dzimta Sparganiaceae – līdztekus dominējošajām *Sparganium emersum* un *S. erectum*, vienā posmā atrasta arī retāk sastopamā mazā ežgalvīte *S. minimum*.

Starp iegremdētajiem makrofītiem visplašāk – ar 8 sugām, pārstāvēta glīveņu dzimta Potamogetonaceae. Tā kā upēs vērojama bieža glīveņu sugu krustošanās, kā arī straumes ietekmē neveidojas ziedi, nereti to identifikācija līdz sugas līmenim nav iespējama. Biežāk pārstāvētās glīveņu sugas ir Alpu glīvene *Potamogeton alpinus* (14% posmu), skaujošā glīvene *P. perfoliatus* (12% posmu) un visgarā glīvene *P. praelongus* (6% posmu).

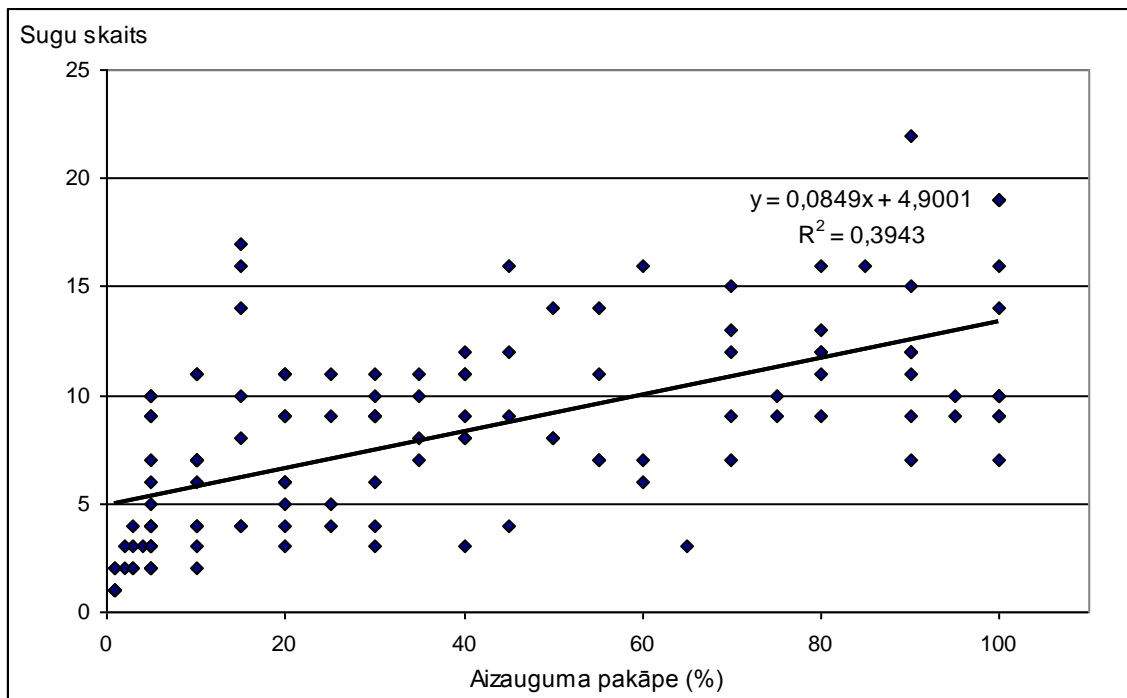
Sugu skaits upju posmos variē, vidēji konstatēti astoņi makrofītu taksoni pomā, lielākais taksonu skaits konstatēts Misā (22 taksoni), kā arī divos apsekotajos posmos Džūkstē (Kauguru kanālā) un Svitenes lejteces rajonā (konstatēti 19 taksoni).

Veidojot Latvijā uz indikatorsugām balstītu ūdeņu ekoloģiskās kvalitātes metodi, jāņem vērā, ka pašlaik Eiropā izmantotajās metodēs (Holmes et al., 1999; Haury et al., 2002) lielu īpatsvaru sugu sastāvā aizņem ūdenīšu Callitrichaceae un gundegu Ranunculaceae dzimtas sugas, bet Latvijas vidēji lielās upēs to sastopamība ir neliela un šiem augiem nav tendences veidot lielas audzes.

3.2. Aizauguma pakāpe

Aizauguma pakāpe pētītajos upju posmos variē no 1 – 100%, vairāk kā pusē (54%) posmu aizauguma pakāpe ir līdz 30% (tai skaitā 25% posmu līdz 10%), bet stipri aizauguši (70 – 100%) ir 26% pētīto posmu.

Kopumā konstatēta statistiski nozīmīga pozitīva sakarība starp sugu skaitu un aizauguma pakāpi (3.2.att.). Tomēr nereti vērojama liela sugu skaita bagātība arī posmos ar nelielu (5 – 30%) aizauguma pakāpi. Likumsakarīgi, ka minimāls aizaugums (1 – 2%) ir upēs, kur arī sugu skaits ir vismazākais (1 – 3 sugas). Reti konstatēta dažu sugu dominance aizaugušās upēs, lielākais sugu skaits konstatēts upēs ar 90-100% aizauguma pakāpi.



3.2.att. Makrofitu aizauguma pakāpes saistība ar sugu skaitu Latvijas vidēja lieluma upēs.

Pētījumā kopumā nav novērota plašu, monodominātu vienas sugas audžu veidošanās. Arī Latvijai invazīvā suga Kanādas elodeja *Elodea canadensis*, kas daudzu Eiropas valstu ūdenstilpēs, tostarp upēs, veidojot blīvas audzes, izspiež vietējās sugas (Preston & Croft, 2001), nav raksturojama kā agresīva suga Latvijas upēs (Grīnberga & Priede, 2010).

3.3. Vides faktoru ietekme uz upju makrofitiem

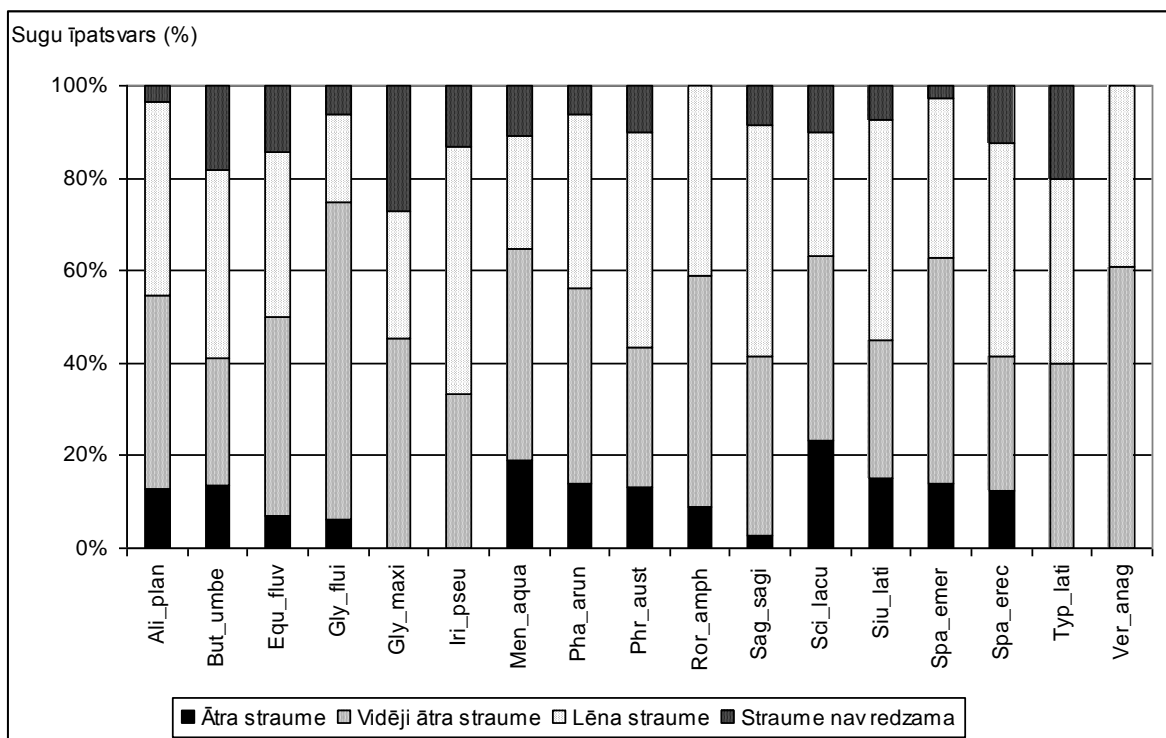
3.3.1. Straumes ātruma ietekme uz makrofitiem vidēja lieluma upēs

Straumes ātrums novērtēts četrās kategorijās: ātra (>0.4 m/s), vidēji ātra (0.2-0.4 m/s), lēna (<0.2 m/s), straume nav redzama. Ātra straume konstatēta 11% upju posmu, - vidēji ātra - 40%, lēna straume - 39%, bet 10% upju posmu straume nav redzama.

Pielikumā parādīts visu sugu sadalījums pēc straumes ātruma (5. pielikums). Sugu sastopamība analizēta, izdalot makrofitus pēc augšanas formas.

Lēni tekošām un upēm bez straumes kopumā raksturīgs lielāks virsūdens augu īpatsvars (3.3.att). Vairākas no virsūdens augu sugām – dižā ūdenszāle *Glyceria maxima*, purva skalbe *Iris pseudocarus*, platlapu vilkvāļīte *Typha latifolia*, upmalu veronika *Veronica anagallis-aquatica* nav sastopamas upēs ar ātru straumi, lēnām upēm raksturīgs arī lielāks parastās bultenes *Sagittaria sagittifolia*, čemurainā puķumeldra *Butomus umbellatus*, parastās niedres *Phragmites australis* un zarainās ežgalvītes *Sparganium erectum* īpatsvars.

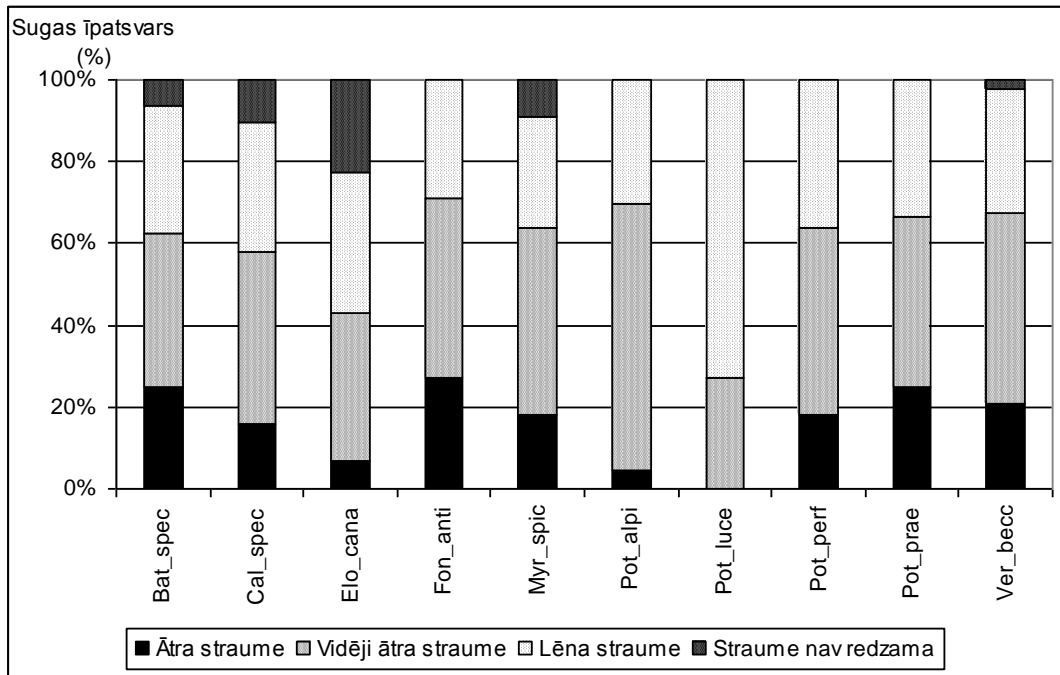
Ātri un vidēji ātri tekošās upēs lielāks ūdeņu mētras *Mentha aquatica*, peldošās ūdenszāles *Glyceria fluitans*, ezera meldra *Scirpus lacustris* un vienkāršās ežgalvītes *Sparganium emersum* īpatsvars. Ātri tekošām upēm raksturīgs aizaugums ar *Scirpus lacustris* zemūdens lapu audzēm.



3.3.att. Virsūdens makrofitu sugu īpatsvars upēs atkarībā no straumes ātruma.

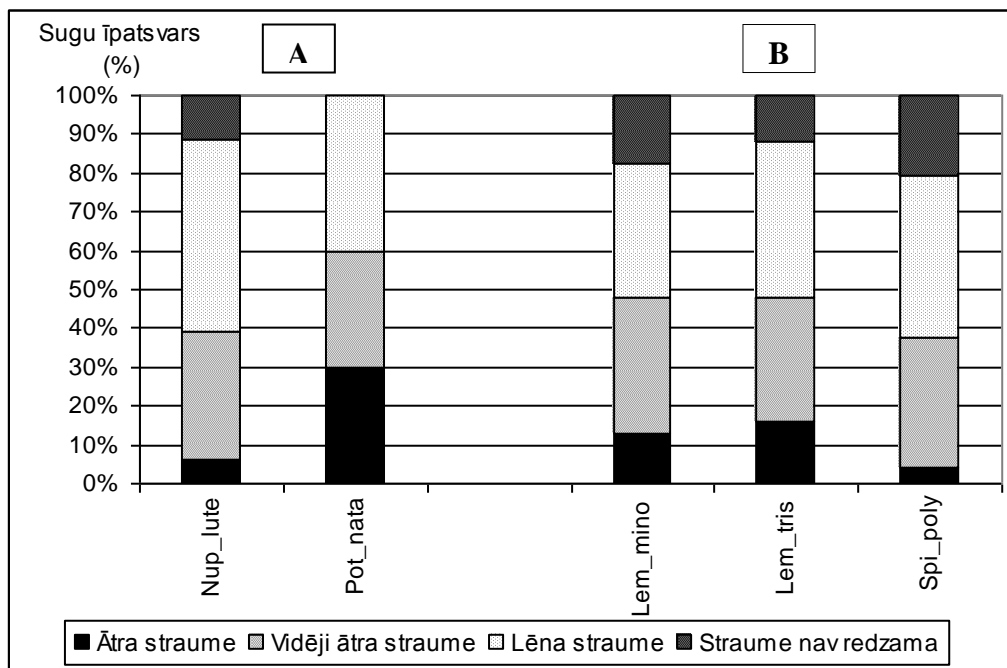
Ir zināms, ka iegremdētie augi aug visā ūdens slānī un ir tieši atkarīgi no straumes ātruma (Gantes & Caro, 2001). Ātrām un vidēji ātrām upēm ir raksturīgs aizaugums ar ūdensgundegām *Batrachium sp.*, parasto avotsūnu *Fontinalis antipyretica*, visgario glīveni *Potamogeton praelongus*, skaujošo glīveni *Potamogeton perfoliatus*, avotu veroniku *Veronica beccabunga* un Alpu glīveni *Potamogeton alpinus* (3.4.att).

Kopumā iegremdēto makrofitu īpatsvars ir lielāks upēs ar ātru un vidēji ātru straumi. Lēnās upēs vairāk sastopamas spožās glīvenes *Potamogeton lucens*, bet posmos, kur nav novērota straumes kustība – Kanādas elodejas *Elodea canadensis*.



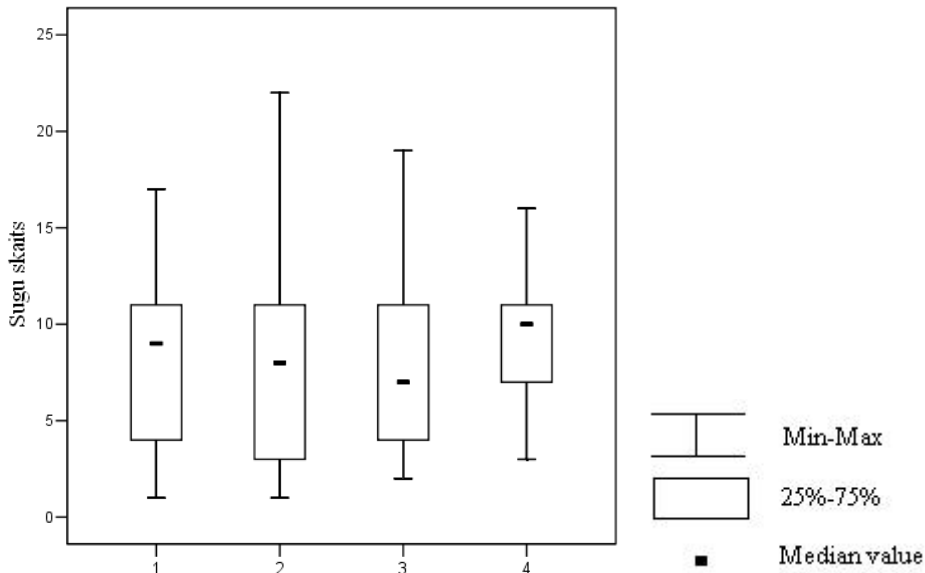
3.4.att. Iegremdēto makrofitu sugu īpatsvars upēs atkarībā no straumes ātruma.

Upēs ar ātru un vidēji ātru straumi biežāk konstatēta peldošā glīvene *Potamogeton natans*, turpretim lēni tekošās un upēs bez straumes raksturīgas ar lielāku brīvi peldošo makrofitu sugu – mazā ūdensziēda *Lemna minor*, trejdaivu ūdensziēda *L. trisulca*, parastās spirodelas *Spirodela polyrhiza*, kā arī dzeltenās lēpes *Nuphar lutea* īpatsvaru (3.5.att.).



3.5.att. A – peldlapu makrofitu, B – brīvi peldošo makrofitu sugu īpatsvars upēs atkarībā no straumes ātruma.

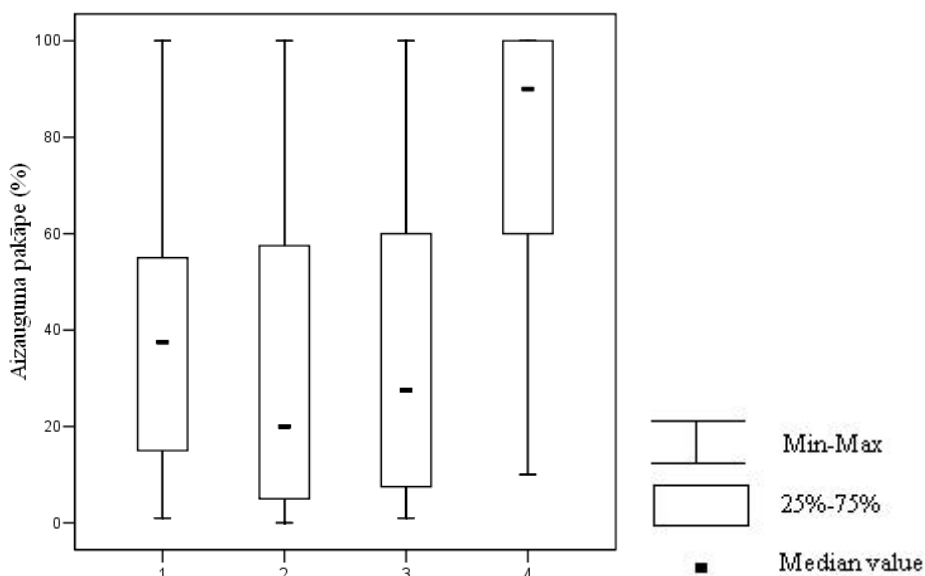
Regresijas analīzes rezultāti liecina, ka nepastāv saistība starp sugu skaitu un straumes ātrumu ($F = 0.01$, $p = 0.979 > 0.05$; $t = 0.027$, $p = 0.979 > 0.05$) pētītajos upju posmos. Vidējais makrofitu sugu skaits būtiski neatšķiras upēs ar dažādu straumes ātrumu (3.6.att.). Lielākais sugu skaits raksturīgs upēs bez straumes, bet mazākais – lēni tekošās upēs.



3.6.att. Makrofitu sugu skaita sadalījums upēs atbilstoši straumes ātrumam (1 = ātra, 2 = vidēji ātra, 3 = lēna, 4 = straume nav redzama) kastveida diagrammā.

Arī attiecībā uz aizauguma pakāpi regresijas analīzes rezultāti parāda, ka nepastāv būtiska saistība ar straumes ātrumu ($F = 3.46$, $p = 0.065 > 0.05$; $t = 1.86$, $p = 0.065 > 0.05$).

Tomēr iezīmējas tendence, ka augstāka aizauguma pakāpe raksturīga upju posmos, kur straumes kustība nav redzama (3.7.att.).



3.7.att. Aizauguma pakāpes sadalījums upēs atbilstoši straumes ātrumam (1 = ātra, 2 = vidēji ātra, 3 = lēna, 4 = straume nav redzama) kastveida diagrammā.

3.3.2. Grunts sastāva ietekme uz makrofītiem vidēja lieluma upēs

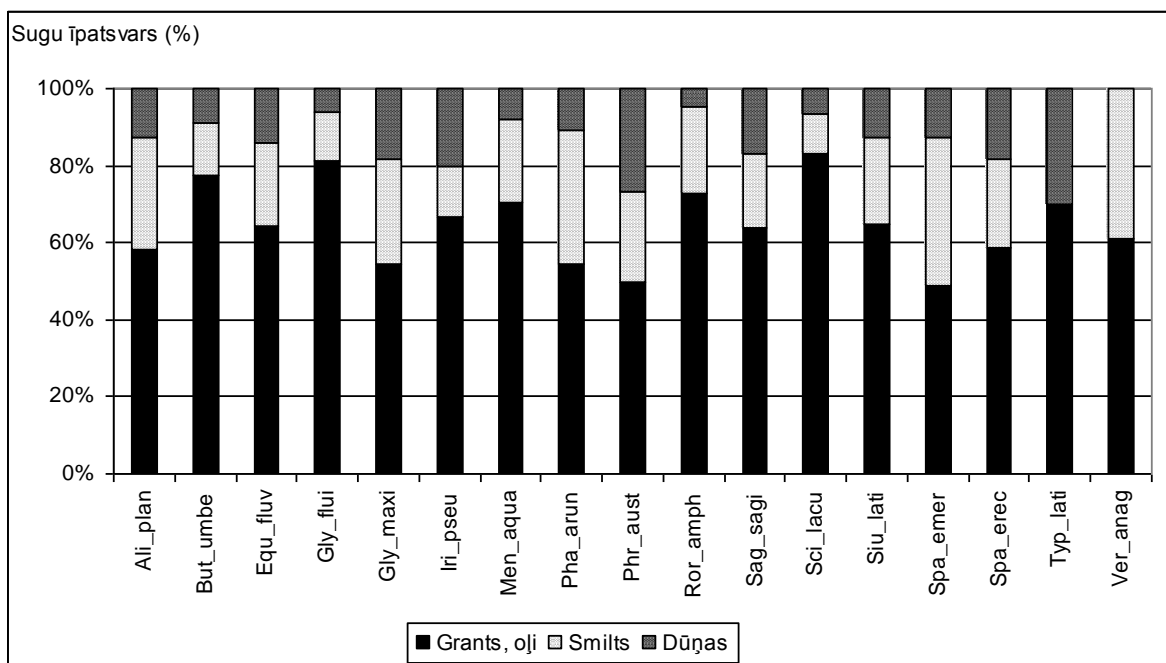
Grunts sastāvs novērtēts trīs kategorijās: grants-oli, smilts un dūņas. Upēs, kurās gultni segtu akmeņi, pētījuma gaitā netika konstatētas. Grants-oli grunts sastāvā dominēja 55% apsekoto upju posmu, smilts un dūņas attiecīgi 29% un 16% posmu.

Pielikumā parādīta visu pētījumā konstatēto sugu sadalījums pēc grunts sastāva (6.pielikums). Sugu sastopamība analizēta, izdalot makrofītus pēc augšanas formas.

Upēs, kur grunts sastāvā dominē grants un oli, sugu sastāvam raksturīgs lielāks *Glyceria fluitans*, *Butomus umbellatus*, *Scirpus lacustris*, *Mentha aquatica* un ūdeņu paķērsa *Rorripa amphibia* īpatsvars (3.8.att.).

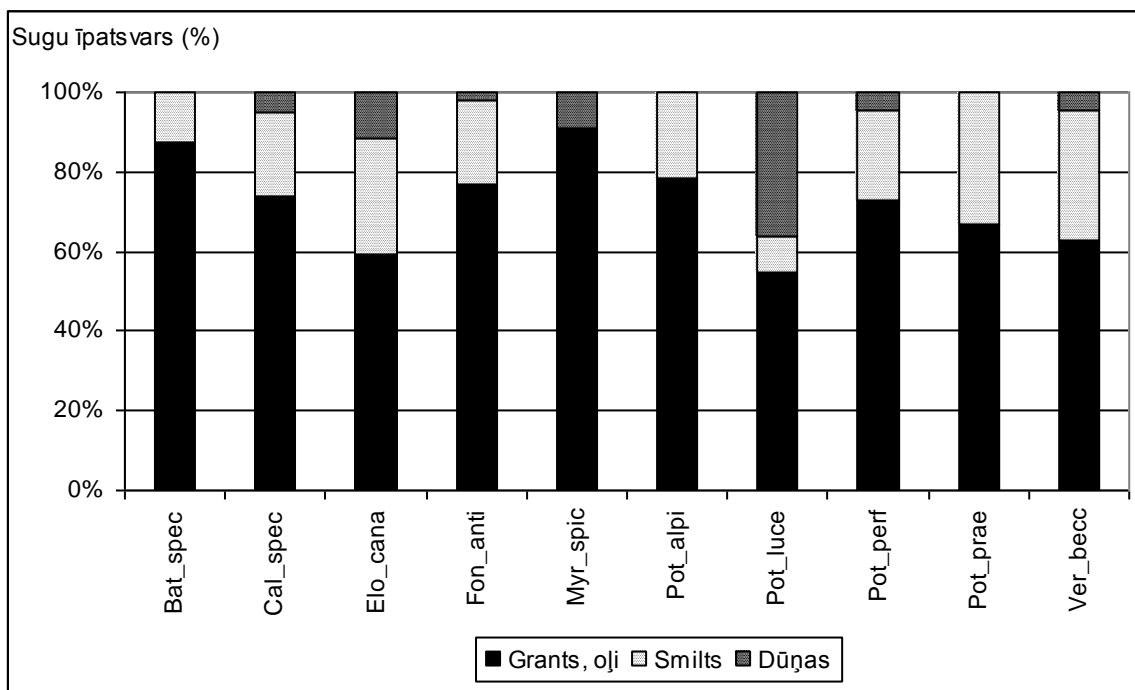
Smilšainās upēs sugu sastāvā dominē *Sparganium emersum*, *Veronica anagallis-aquatica*, parastais miežubrālis *Phalaroides arundinacea*.

Dūņainām upēm raksturīgs lielāks *Phragmites australis* un *Typha latifolia* īpatsvars.



3.8.att. Virsūdens makrofītu sugu īpatsvars upēs atkarībā no grunts sastāva.

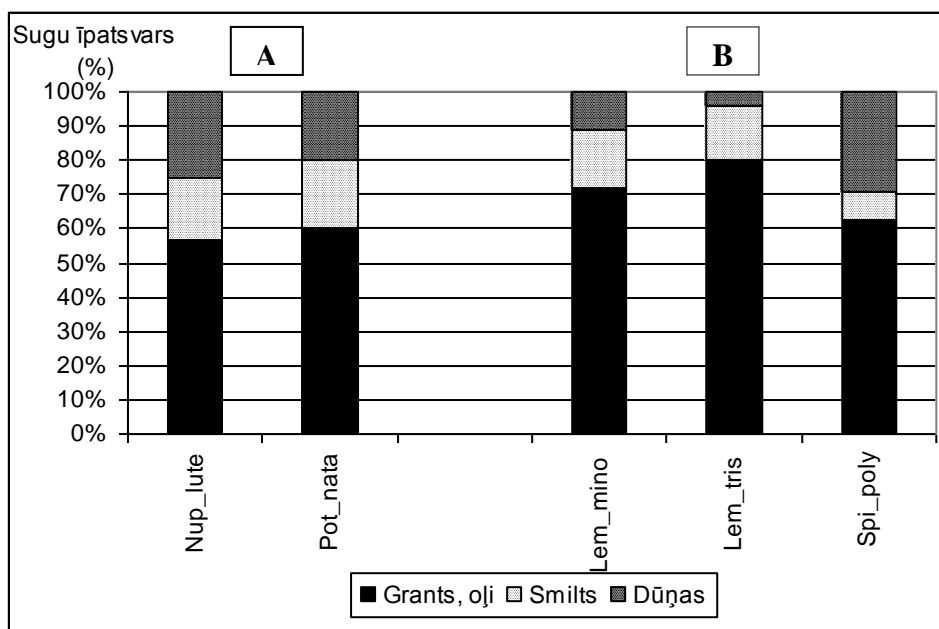
Iegremdētās makrofītu sugas (3.9.att.) kopumā vairāk sastopamas upēs, kur grunts sastāvā dominē grants un oli. Smilšainām upēm raksturīgas šādas sugas: *Elodea canadensis*, *Potamogeton praelongus*, *Veronica beccabunga*. Dūņainās upēs lielāks īpatsvars ir *Potamogeton lucens*.



3.9.att. Iegremdēto makrofitu sugu īpatsvars upēs atkarībā no grunts sastāva.

Upēs, kur grunts sastāvā dominē grants un oļi, vērojams mazāks peldlapu un lielāks brīvi peldošo makrofitu sugu īpatsvars. No brīvi peldošo makrofitu sugām šai upju grupai īpaši raksturīga *Lemna trisulca*, kā arī *L. minor*.

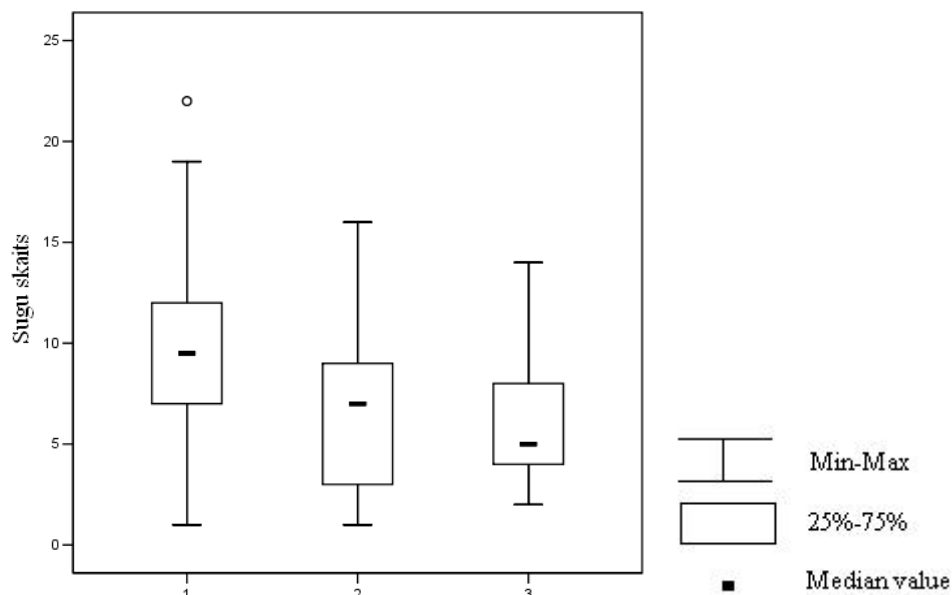
Dūņainās upēs vērojams samērā liels *Nuphar lutea*, *Potamogeton natans* un *Spirodela polyrhiza* (3.10.att.).



3.10.att. A – peldlapu makrofitu, B – brīvi peldošo makrofitu sugu īpatsvars upēs atkarībā no grunts sastāva.

Regresijas analīzes rezultāti liecina, ka pastāv statistiski nozīmīga saistība starp sugu skaitu un grunts sastāvu ($F = 16.7$, $p = 0.000 < 0.05$; $t = - 4.1$, $p = 0.000 < 0.05$) pētītajos upju posmos.

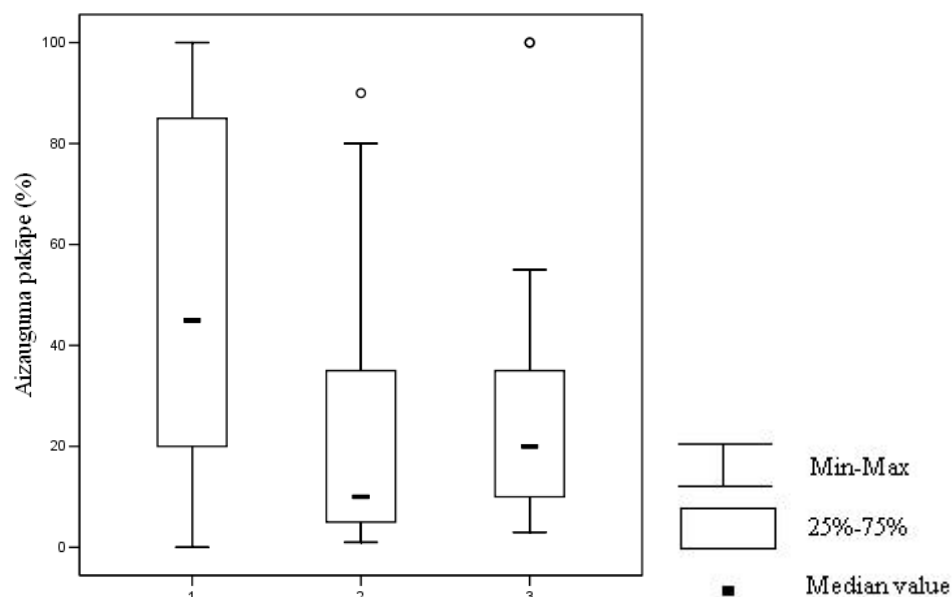
Lielākais sugu skaits raksturīgs upēm, kuru grunts sastāvā dominē grants un oļi. Mazāks sugu skaits raksturīgs smilšainām upēm un vismazākais – dūņainās upēs (3.11.att.).



3.11.att. Makrofitu sugu skaita sadalījums upēs atbilstoši grunts sastāvam (1 = grants-oļi, 2 = smilts, 3 = dūņas) kastveida diagrammā.

Statistiski nozīmīga saistība konstatēta arī starp aizauguma pakāpi un grunts sastāvu ($F = 14.03$, $p = 0.00 < 0.05$; $t = - 3.75$, $p = 0.00 < 0.05$).

Izteikti lielākā aizauguma pakāpe raksturīga upēm, kuru grunts sastāvā dominē grants un oļi. Ļoti neliela aizauguma pakāpe novērojama smilšainām upēm un tikai nedaudz lielāka - dūņainām upēm (3.12.att.).



3.12.att. Aizauguma pakāpes sadalījums upēs atbilstoši grunts sastāvam (1 = grants-oļi, 2 = smilts, 3 = dūņas) kastveida diagrammā.

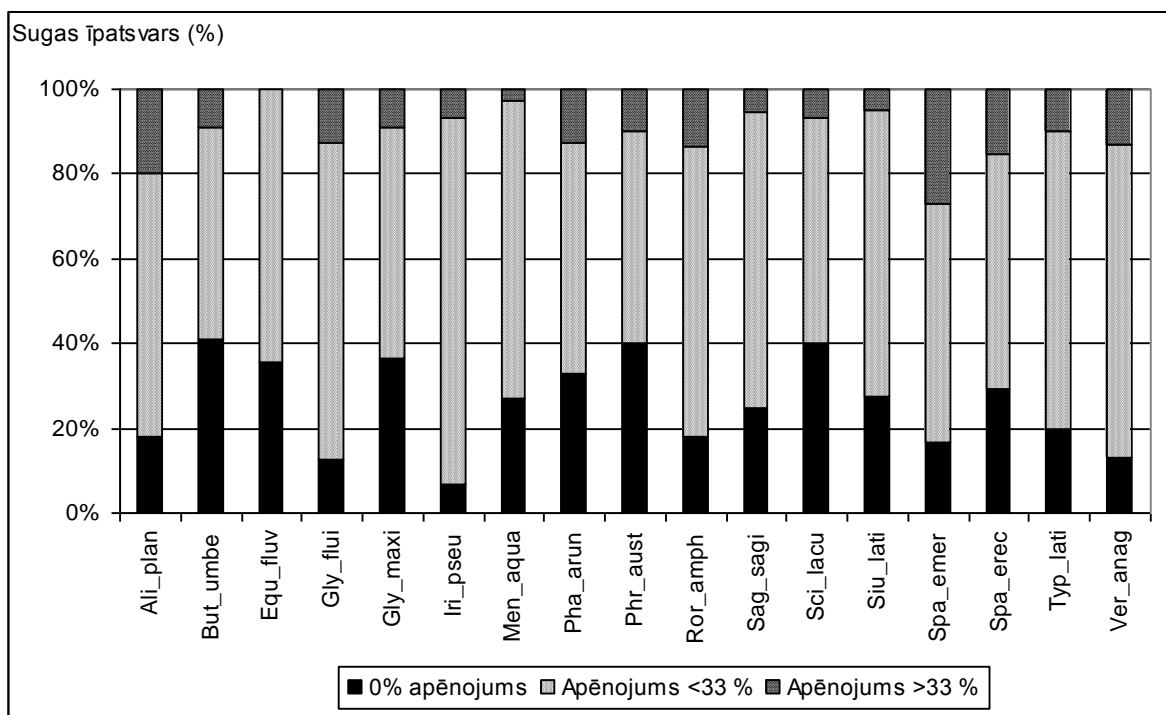
3.3.3. Apēnojuma pakāpes ietekme uz makrofītiem vidēja lieluma upēs

Pētījumā upju posmi tika izvēlēti pēc iespējas ar mazāku apēnojuma ietekmi, kas varētu kavēt veģetācijas attīstību. Lielākā daļā apsekoto posmu (55%) apēnojums nepārsniedza 33%, daļā posmu (23%) upes netika apēnotas nemaz, bet 22% apsekoto posmu apēnojums pārsniedza 33%.

Pielikumā parādīta visu sugu sadalījums pēc apēnojuma pakāpes. Sugu sastopamība analizēta, izdalot makrofītus pēc augšanas formas (7. pielikums).

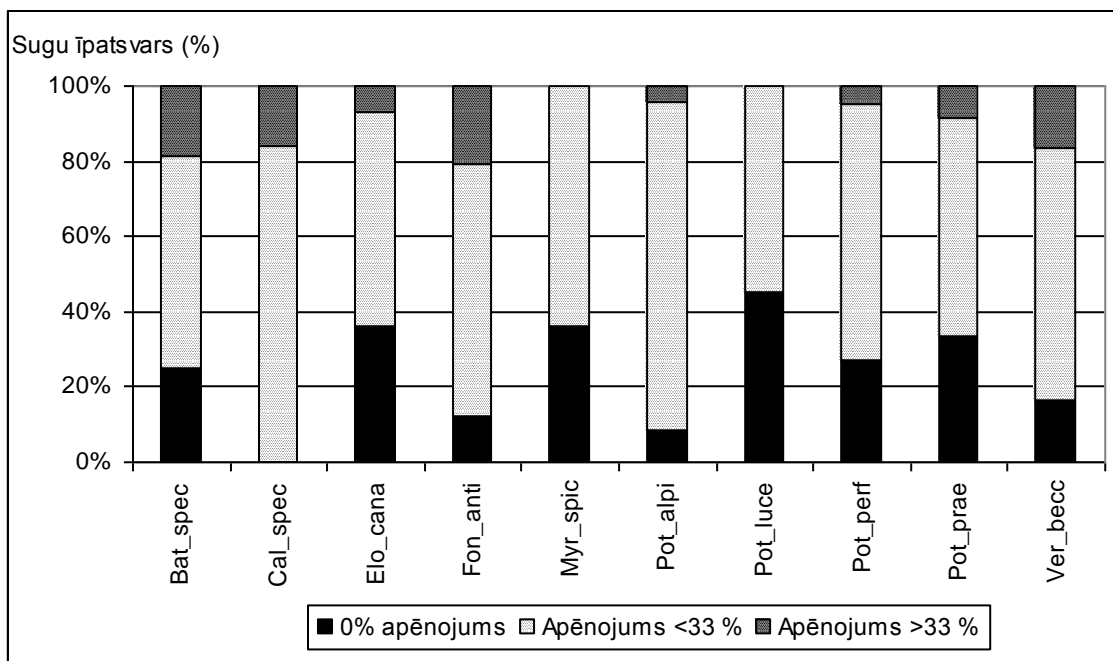
Neapēnotos posmos raksturīgs lielāks virsūdens makrofītu sugu īpatsvars, raksturīgākās sugas – *Butomus umbellatus*, upes kosa *Equisetum fluviatile*, *Glyceria maxima*, *Phragmites australis*, *Scirpus lacustris*.

Upēs, kur apēnojums pārsniedz 33%, vērojams lielāks *Sparganium emersum* un parastās cirvenes *Alisma plantago-aquatica* īpatsvars (3.13.att.).



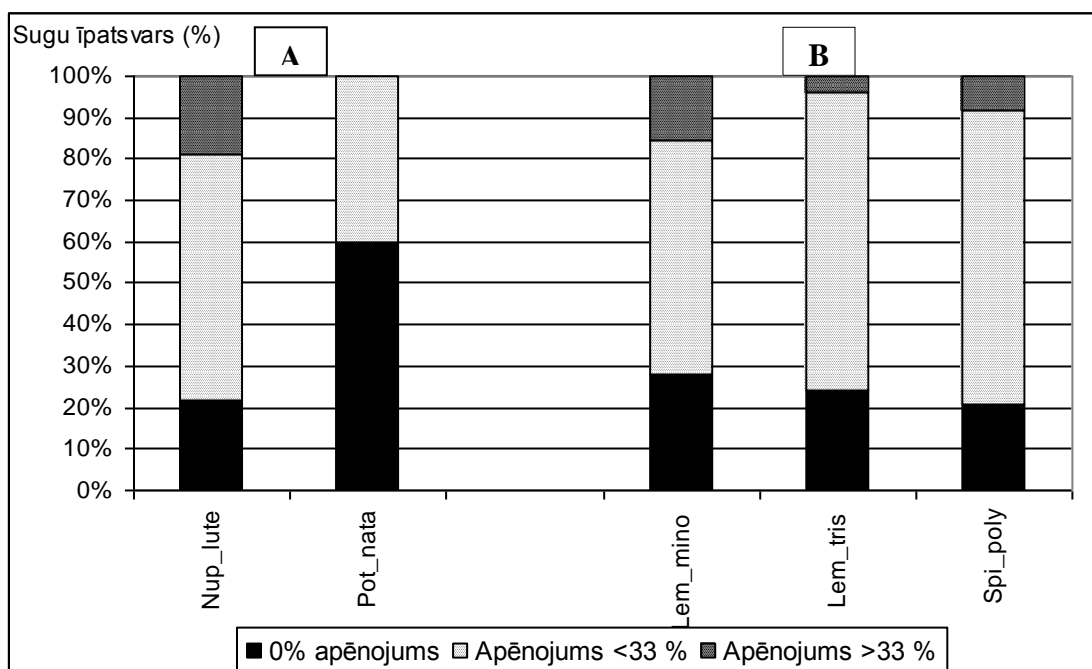
3.13.att. Virsūdens makrofītu sugu īpatsvars upēs atkarībā no apēnojuma pakāpes.

No iegremdētajām augu sugām neapēnotiem un maz apēnotiem posmiem raksturīga vārpainā daudzslāņveidīga *Myriophyllum spicatum*, *Elodea canadensis*, *Potamogeton lucens*, *P.perfoliatus*. Pret apēnojumu tolerantas sugas ir *Fontinalis antipyretica*, *Veronica beccabunga*, kā arī ūdensgundegu *Batrachium sp.* un ūdenīšu *Callitriche sp.* sugas (3.14.att.).



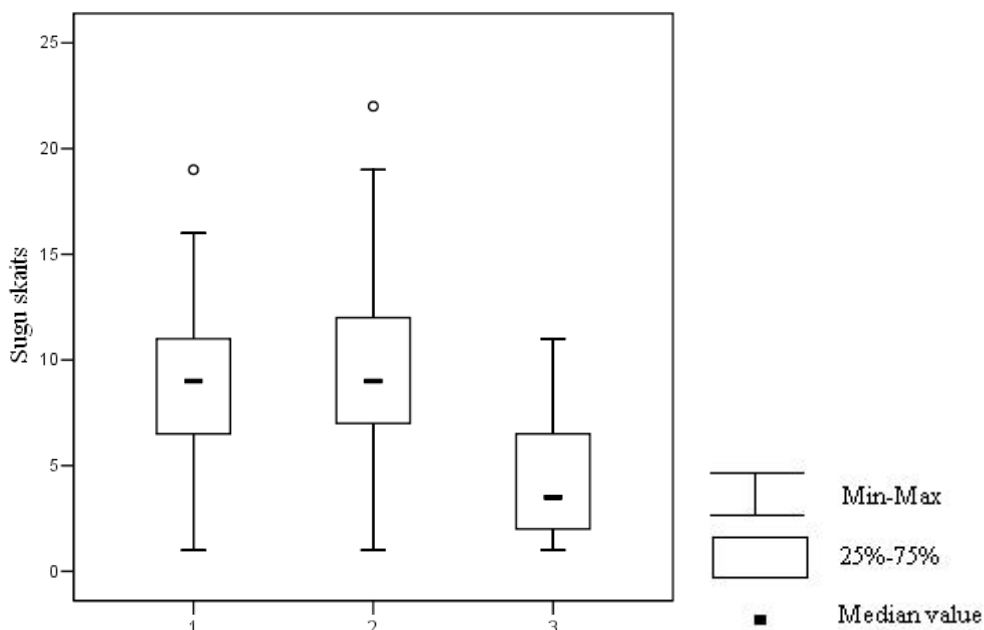
3.14.att. Iegremdēto makrofitu sugu īpatsvars upēs atkarībā no apēnojuma pakāpes.

Neapēnotos posmos izteikti dominē peldošā glīvene *Potamogeton natans*, bet posmos ar nelielu apēnojumu raksturīgs lielāks brīvi peldošo makrofitu sugu – *Lemna minor*, *Lemna trisulca* un *Spirodela polyrhiza* īpatsvars (3.15.att.).



3.15.att. A – peldlapu makrofitu, B – brīvi peldošo makrofitu sugu īpatsvars upēs atkarībā no apēnojuma pakāpes.

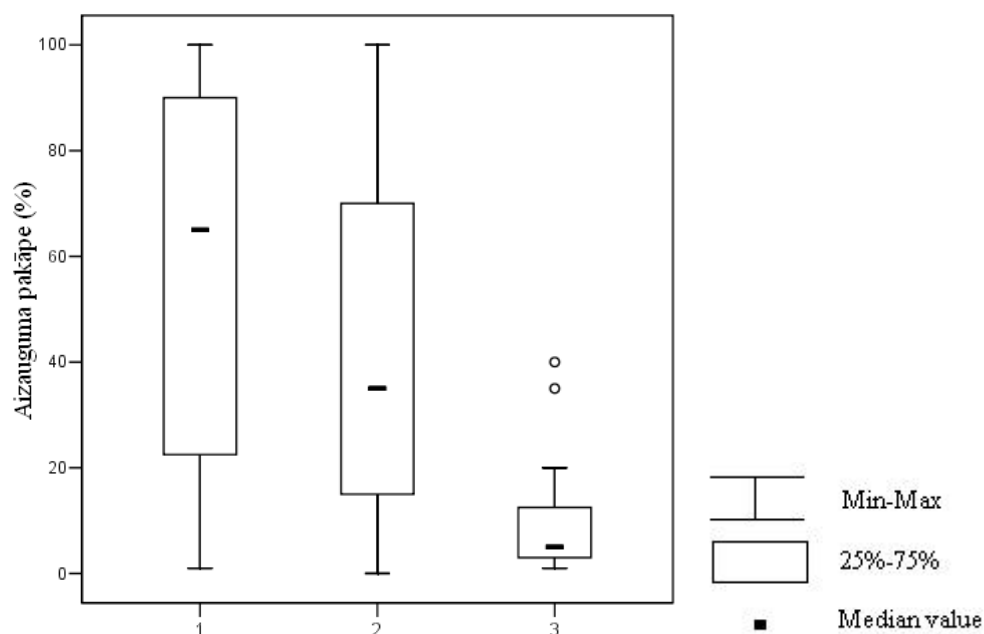
Regresijas analīzes rezultāti liecina, ka pastāv saistība starp sugu skaitu un apēnojuma pakāpi ($F = 12.32$, $p = 0.001 < 0.05$; $t = -3.5$, $p = 0.001 < 0.05$) pētītajos upju posmos. Kopējais sugu skaits izteikti mazāks ir upju grupā ar apēnojumu, kas pārsniedz 33%, bet būtiski neatšķiras pilnīgi neapēnotos un daļēji apēnotos posmos (3.16.att.).



3.16.att. Makrofitu sugu skaita sadalījums upēs atbilstoši apņojuma pakāpei (1 = 0% apņojums, 2 = <33% apņojums, 3 = >33% apņojums) kastveida diagrammā.

Regresijas analīzes rezultāti liecina, ka pastāv cieša saistība starp apņojumu un aizauguma pakāpi ($F = 32.3$, $p = 0.001 < 0.05$; $t = -5.7$, $p = 0.001 < 0.05$) pētītajos upju posmos.

Aizauguma pakāpe ir ļoti augsta pilnīgi neapņētos upju posmos, bet samazinās, palielinoties apņojumam, un posmos ar apņojumu lielāku par 33% ir ļoti zema (3.17.att.).



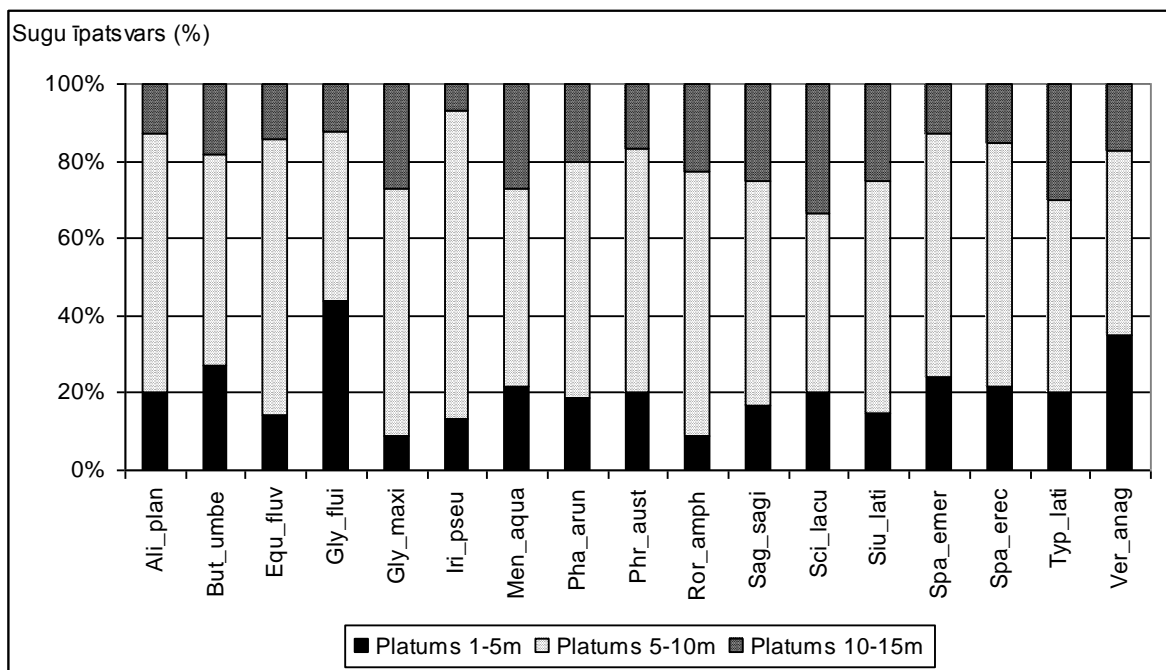
3.17.att. Aizauguma pakāpes sadalījums upēs atbilstoši apņojuma pakāpei (1 = 0% apņojums, 2 = <33% apņojums, 3 = >33% apņojums) kastveida diagrammā.

3.3.4. Upes platuma ietekme uz makrofītiem vidēja lieluma upēs

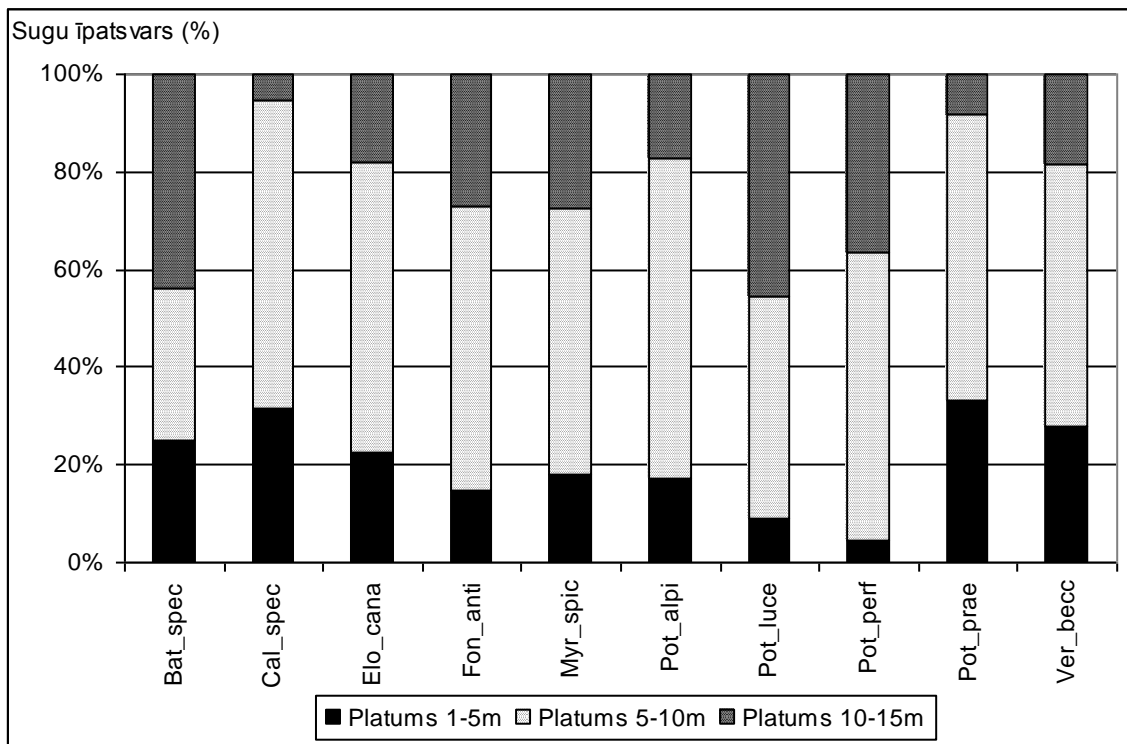
Upes platums novērtēts piecās kategorijās: 1 = < 1 m, 2 = 1-5 m; 3 = 5-10 m; 4 = 10-15 m; 5 = 15-20 m. Tā kā tikai vienā upes posmā tās platums bija mazāks par 1 m, turpmākai analīzei tā tika pievienota otrajai kategorijai. Arī upju posmi ar platumu 15-20 m aprakstīti tikai divos posmos un turpmākai analīzei pievienoti ceturtajai kategorijai. Rezultātā upes platums 1-5m konstatēts 24%, 5-10m - 62% un 10-15m – 14% apsekoto upju posmu.

Pielikumā parādīta visu sugu sadalījums pēc upes platuma. Sugu sastopamība apskatīta, izdalot makrofītus pēc augšanas formas (8.pielikums).

Šaurās upēs, kur platums nepārsniedz 5 m, biežāk sastopamas virsūdens augu sugas *Glyceria fluitans*, *Veronica anagallis-aquatica* (3.18.att.) un iegremdētās augu sugas *Potamogeton praelongus*, *Veronica beccabunga* (3.19.att.), bet mazs ir peldlapu un brīvi peldošo makrofītu sugu īpatsvars (3.20.att.).

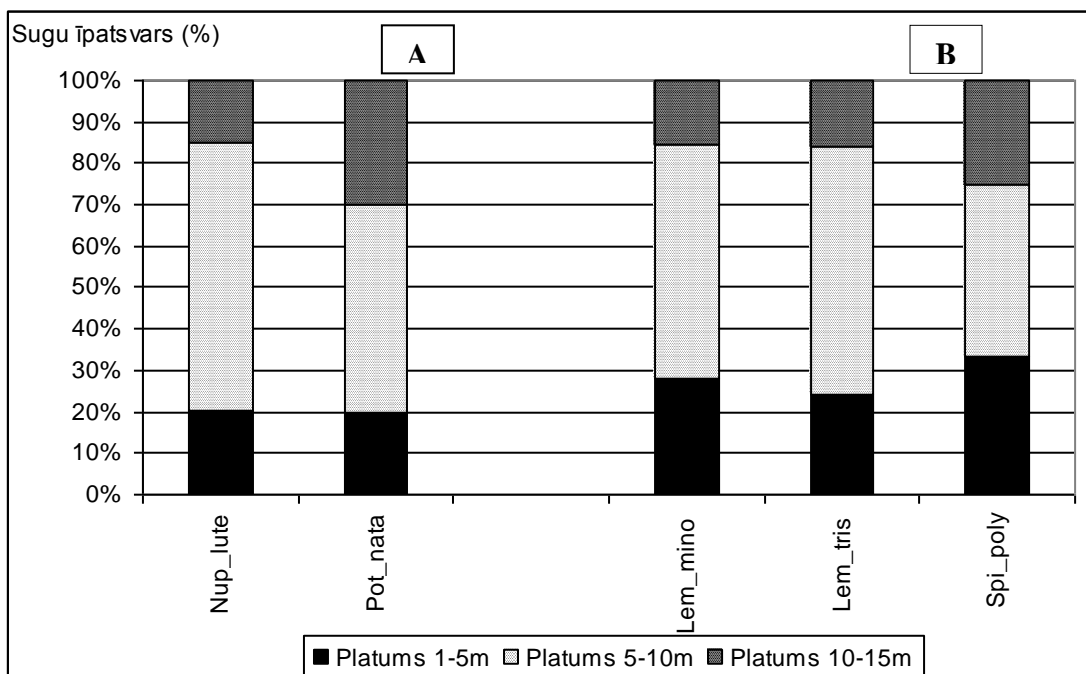


3.18.att. Virsūdens makrofītu sugu īpatsvars atkarībā no upes platuma.



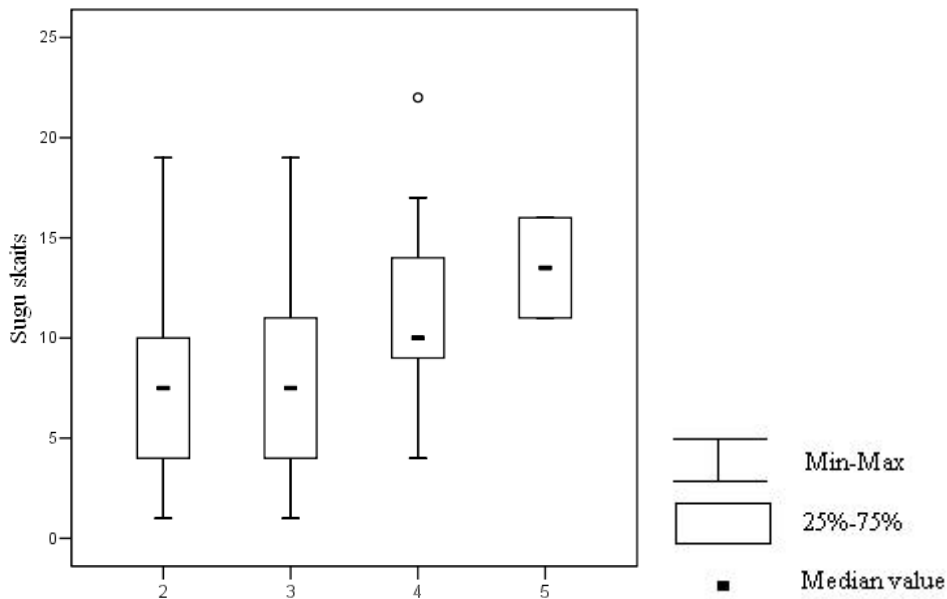
3.19.att. Iegremdēto makrofitu sugu īpatsvars atkarībā no upes platuma.

5-10m platās upēs grūti izdalīt raksturīgās sugas, bet platākām upēm (15-20 m) raksturīgs lielāks glīveņu sugu *Potamogeton lucens*, *P. perfoliatus* un *P. natans* īpatsvars.



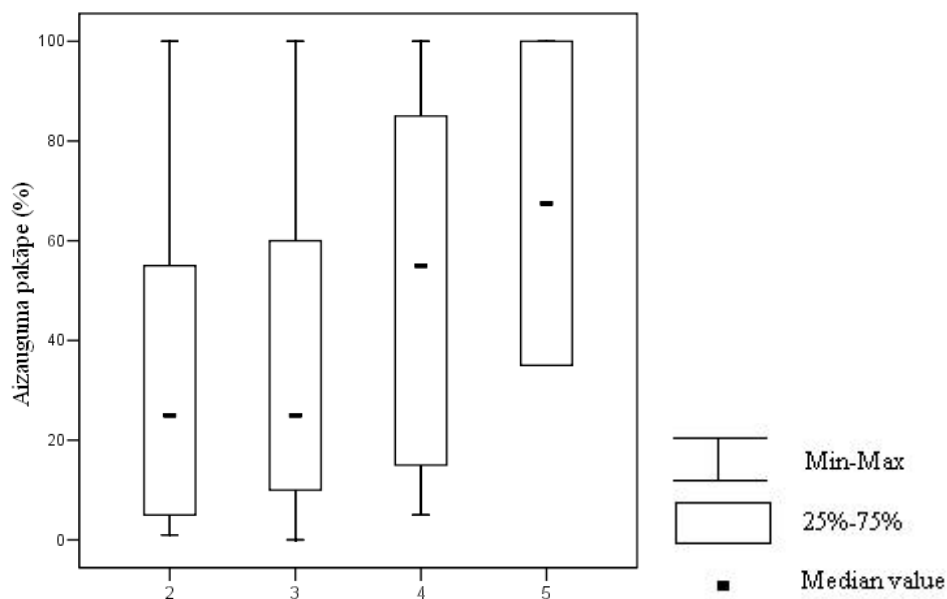
3.20.att. A – peldlapu makrofitu, B – brīvi peldošo makrofitu sugu īpatsvars atkarībā no upes platuma.

Regresijas analīzes rezultāti liecina, ka pastāv vāja saistība starp sugu skaitu un upes platumu ($F = 8.7$, $p = 0.004 < 0.05$; $t = 2.9$, $p = 0.004 < 0.05$) pētītajos upju posmos (3.21.att.).



3.21.att. Makrofitu sugu skaita sadalījums atbilstoši upes platumam (2 = 1-5 m, 3 = 5-10 m, 4 = 10-15 m, 5 = 15-20 m) kastveida diagrammā.

Regresijas analīzes rezultāti liecina, ka nepastāv saistība starp aizauguma pakāpi un upes platumu ($F = 2.47$, $p = 0.119 > 0.05$; $t = 1.6$, $p = 0.119 > 0.05$) pētītajos upju posmos (3.22.att.). Kaut arī regresijas analīze neparāda saistību starp upes platumu un aizauguma pakāpi, tomēr iezīmējas tendence, ka salīdzinoši lielāks sugu skaits, kā arī lielāka aizauguma pakāpe raksturīga upēm, kas platāks par 10 m.



3.22.att. Aizauguma pakāpes sadalījums atbilstoši upes platumam (2 = 1-5 m, 3 = 5-10 m, 4 = 10-15 m, 5 = 15-20 m) kastveida diagrammā.

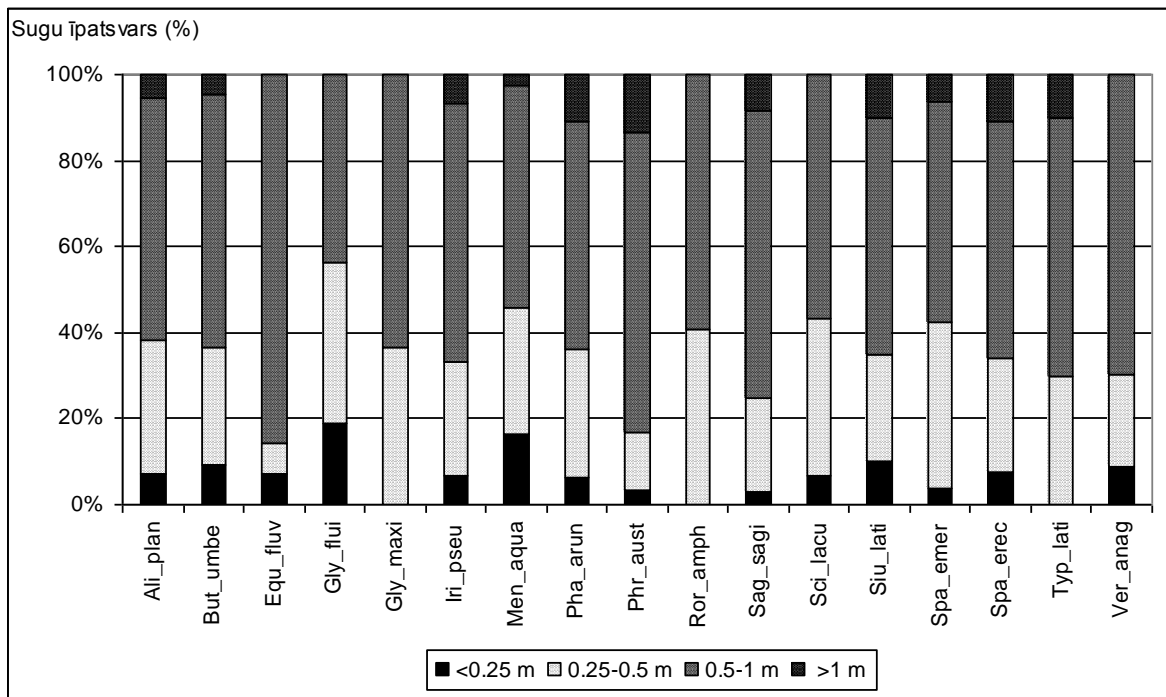
3.3.5. Upes dziļuma ietekme uz makrofitiem vidēja lieluma upēs

Upes dziļums novērtēts četrās kategorijās: 1 = <0.25 m; 2 = 0.25-0.5 m; 3 = 0.5-1 m; 4 = >1 m.

Vairāk kā puse apsekoto posmu ir 0.5-1 m dziļi (52% no kopējā posmu skaita), lielā daļā – 34% posmu dziļums ir 0.25-0.5 m, ļoti seklas upes (<0.25 m) sastāda tikai 6%, bet dziļākas par 1 m – 8% no visu apsekoto posmu skaita.

Pielikumā parādīta visu sugu sadalījums pēc upes dziļuma. Sugu sastopamība apskatīta, izdalot makrofitus pēc augšanas formas (9. pielikums).

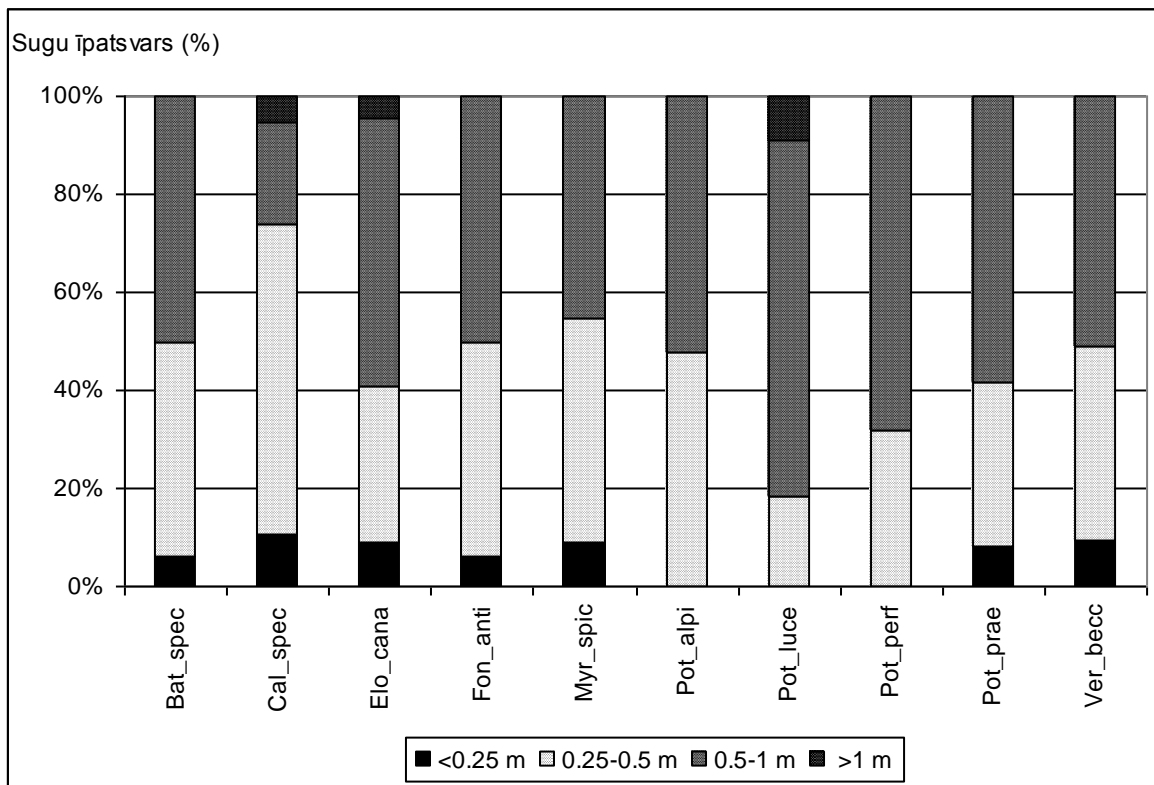
Sugu sastāvā izdalās atsevišķas sugas, kas raksturīgas ļoti seklām un seklām (<0.25 m un 0.25-0.5 m) upēm – *Glyceria fluitans*, *Mentha aquatica*, ūdeņu paķērsa *Rorripa amphibia* (3.23.att.).



3.23.att. Virsūdens makrofitu sugu īpatsvars atkarībā no upes dziļuma.

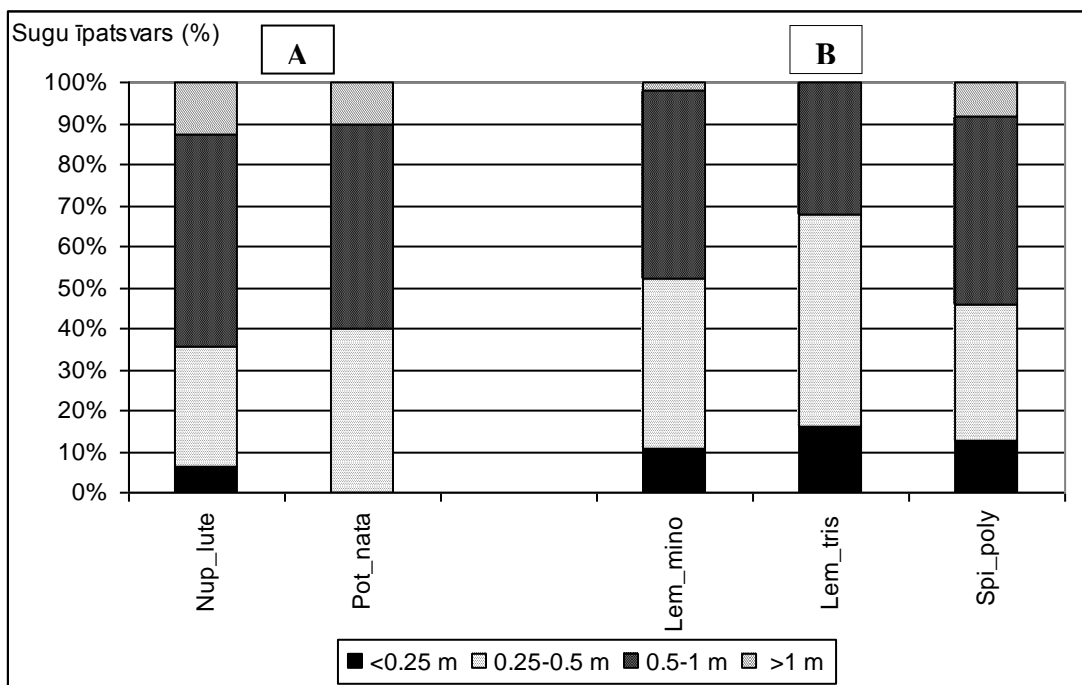
Upēm ar dziļumu 0.5-1 m raksturīgas sugas ir *Equisetum fluviatile*, *Veronica anagallis-aquatica*, *Glyceria maxima*, *Scirpus lacustris*, parastā bultene *Sagittaria sagittifolia*.

Dziļākos (0.5-1 m un >1 m) upju posmos sugu sastāvā pieaug *Phragmites australis*, *Sparganium erectum*, platlapu cemeris *Sium latifolium*, *Potamogeton lucens*, *P. natans* un *Nuphar lutea* īpatsvars (3.24.att.).



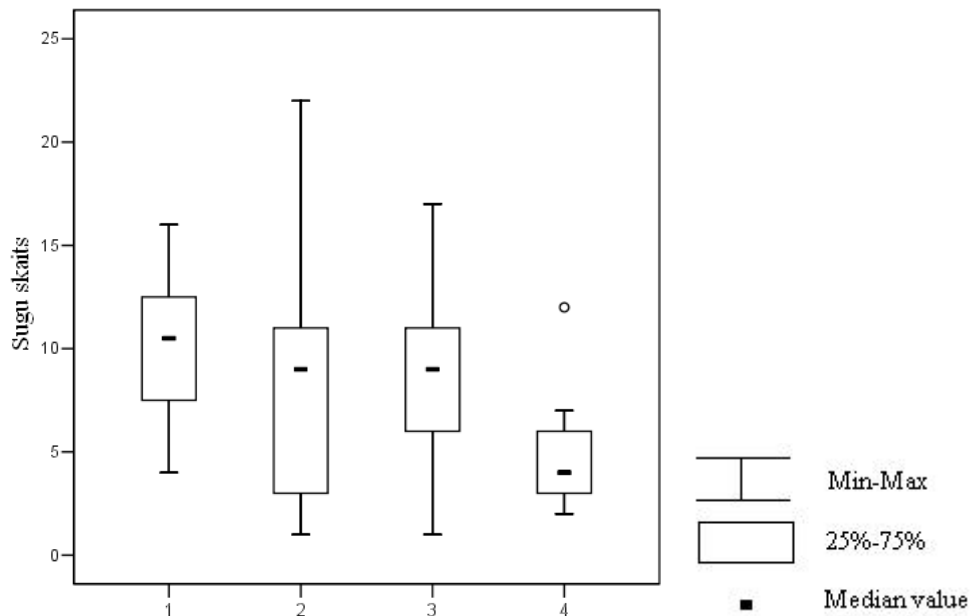
3.24.att. Iegremdēto makrofitu sugu īpatsvars atkarībā no upes dziļuma.

Seklās upēs ar dziļumu 0.25-0.5 m, raksturīgs samērā liels brīvi peldošo makrofitu sugu, īpaši, *Lemna minor* un *L. trisulca* īpatsvars (3.25.att.).



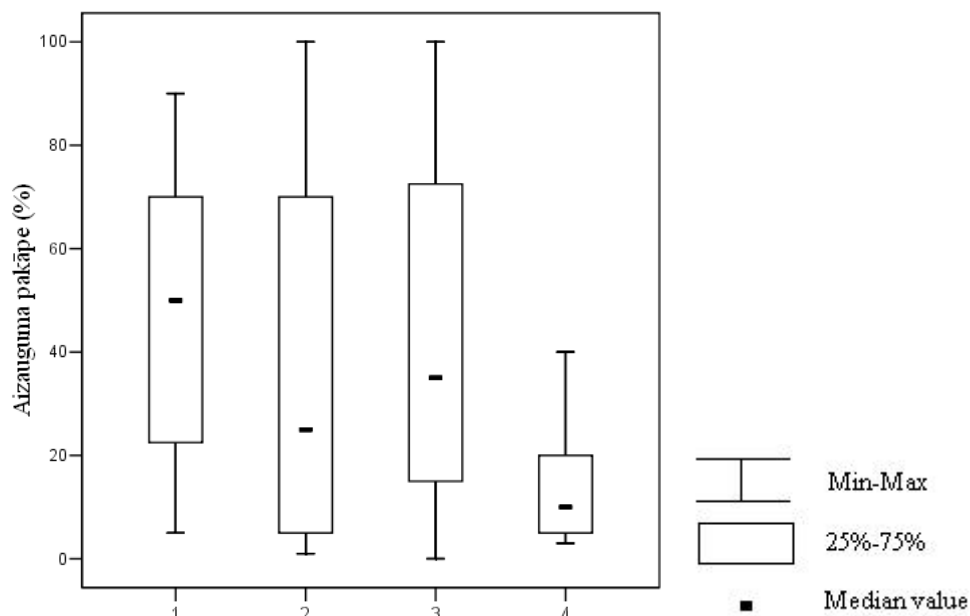
3.25.att. A – peldlapu makrofitu, B – brīvi peldošo makrofitu sugu īpatsvars atkarībā no upes dziļuma.

Regresijas analīzes rezultāti liecina, ka nepastāv statistiski ticama saistība starp sugu skaitu un upes dziļumu ($F = 2.6$, $p = 0.107 > 0.05$; $t = -1.62$, $p = 0.107 > 0.05$) pētītajos upju posmos, tomēr lielāks kopējais sugu skaits ir raksturīgs seklākām (<0.25 un 0.25-0.5 m) upēm (3.26.att.).



3.26.att. Makrofitu sugu skaita sadalījums atbilstoši upes dziļumam (1 = <0.25 m, 2 = 0.25-0.5 m, 3 = 0.5-1 m, 4 = >1 m) kastveida diagrammā.

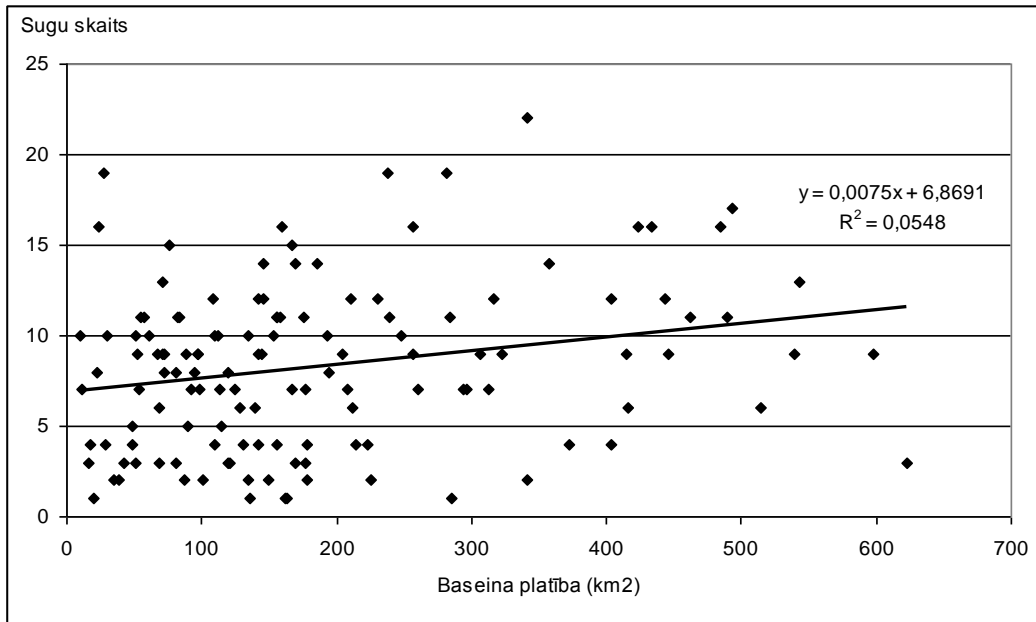
Tāpat regresijas analīzes rezultāti neparāda statistiski ticamu saistību starp aizauguma pakāpi un upes dziļumu ($F = 1.17$, $p = 0.282 > 0.05$; $t = -1.08$, $p = 0.282 > 0.05$) pētītajos upju posmos. Vienlaicīgi redzams, ka aizauguma pakāpe salīdzinoši augstāka ir ļoti seklās (<0.25) upēs, bet upēs, kas dziļākas par metru, raksturīga ļoti zema aizauguma pakāpe (3.27.att.).



3.27.att. Aizauguma pakāpes sadalījums atbilstoši upes dziļumam (1 = <0.25m, 2 = 0.25-0.5m, 3 = 0.5-1m, 4 = >1m) kastveida diagrammā.

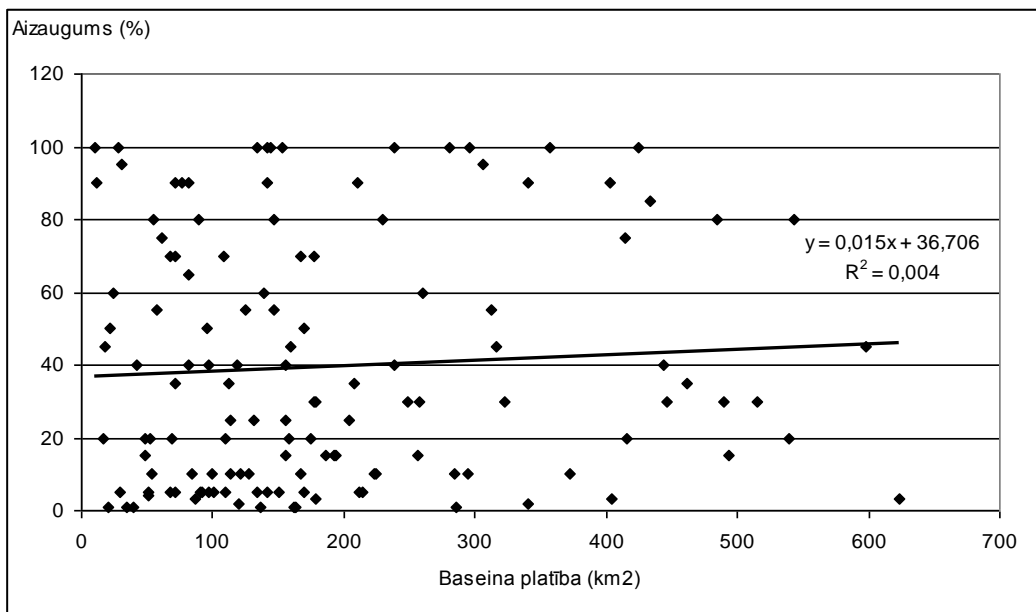
3.3.6. Upes sateces baseina lieluma ietekme uz makrofītiem vidēja lieluma upēs

Upes sateces baseina lielums pētītajos upju posmos variē no 10 līdz 623 km². Regresijas analīzes rezultāti liecina, ka pastāv vāja pozitīva saistība (3.28.att.) starp upju sateces baseina lielumu un sugu skaitu ($F = 7.42$, $p = 0.007 < 0.05$; $t = 2.72$, $p = 0.007 < 0.05$).



3.28.att. Makrofītu sugu skaita saistība ar upju sateces baseina lielumu (km²).

Savukārt regresijas analīze neparāda tendenci, ka upes sateces baseina ietekme nosaka upes aizauguma pakāpi ($F = 0.51$, $p = 0.476 > 0.05$; $t = 0.715$, $p = 0.476 > 0.05$) (3.29.att.).

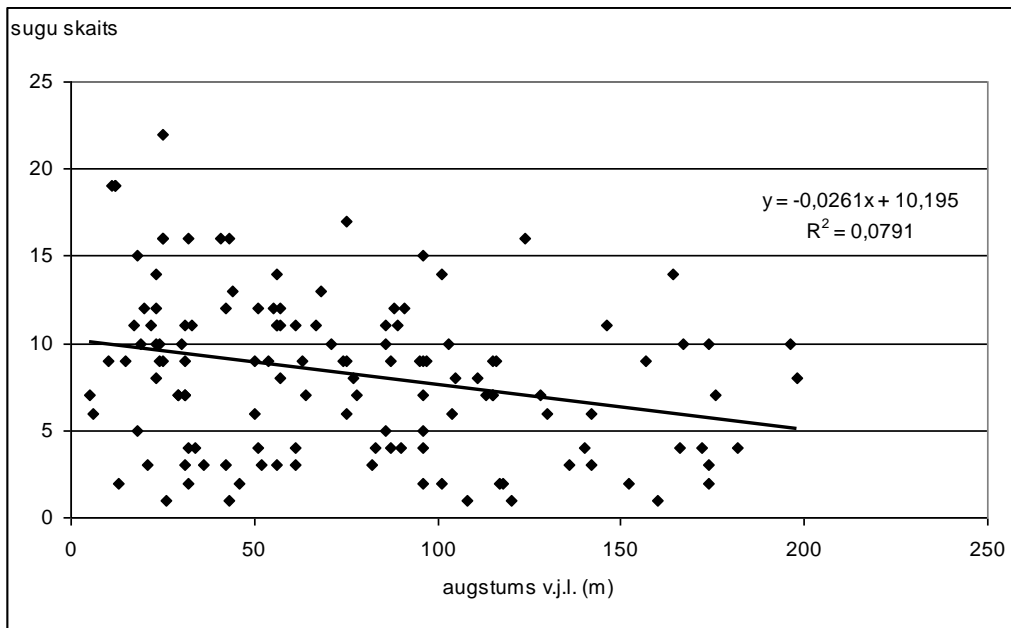


3.29.att. Aizauguma pakāpes saistība ar upju sateces baseina lielumu (km²).

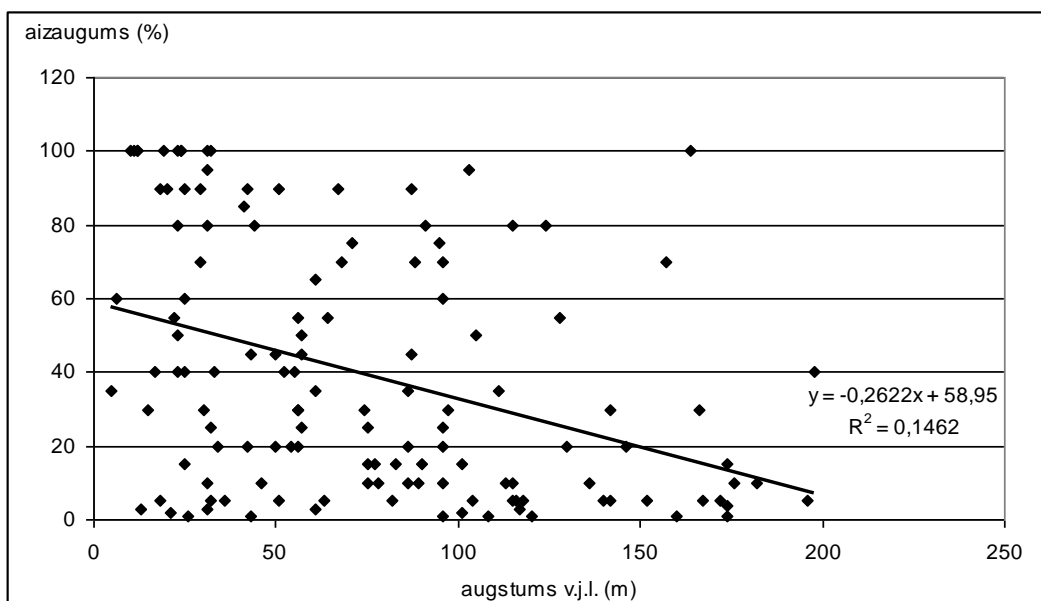
3.3.7. Augstuma virs jūras līmeņa ietekme uz makrofītiem vidēja lieluma upēs

Augstums virs jūras līmeņa pētītajos punktos variē no 5 līdz 198 m virs jūras līmeņa. Regresijas analīzes rezultāti liecina, ka pastāv saistība starp sugu skaitu un pētāmā posma augstumu v.j.l. ($F = 11.1$, $p = 0.001 < 0.05$; $t = -3.32$, $p = 0.001 < 0.05$) – sugu skaits ir lielāks posmos, kuri atrodas zemāk par 50 m v.j.l. (3.30.att.).

Topogrāfiskajā kartē atspoguļota sugu skaita un aizauguma pakāpes izvietojums. Pētītie posmi ar mazāko kopējo sugu skaitu un aizauguma pakāpi koncentrējas augstieņu reģionos. Lielākā aizauguma pakāpe raksturīga upēm Zemgales līdzenumā (3.32.att.).



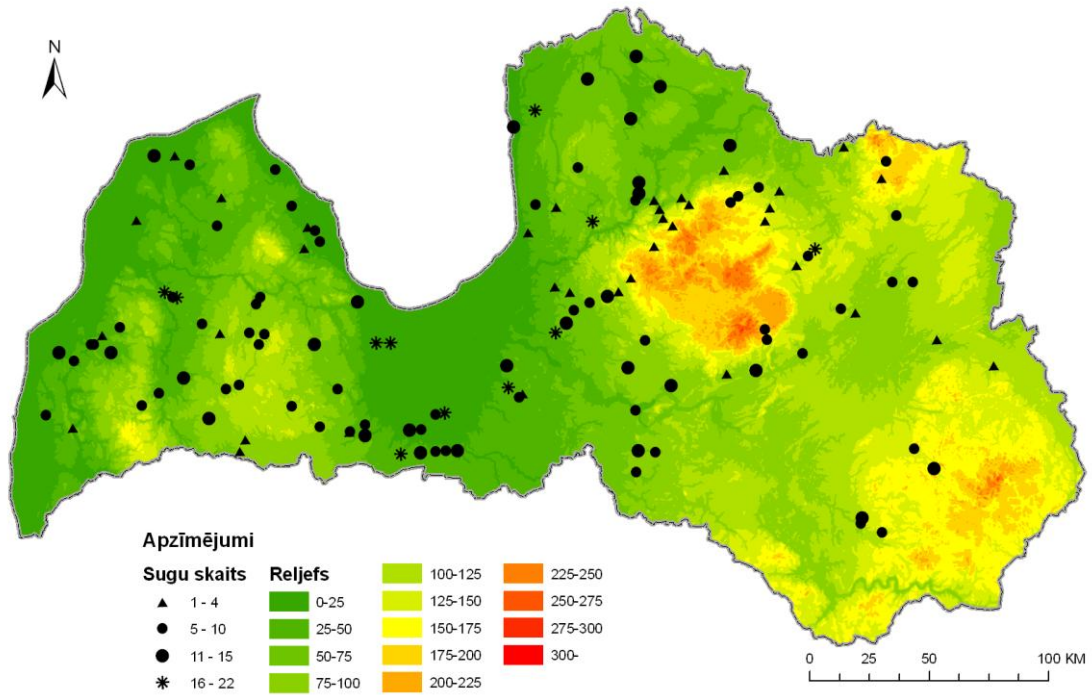
3.30.att. Makrofītu sugu skaita saistība ar pētāmā upes posma augstumu virs jūras līmeņa (m).



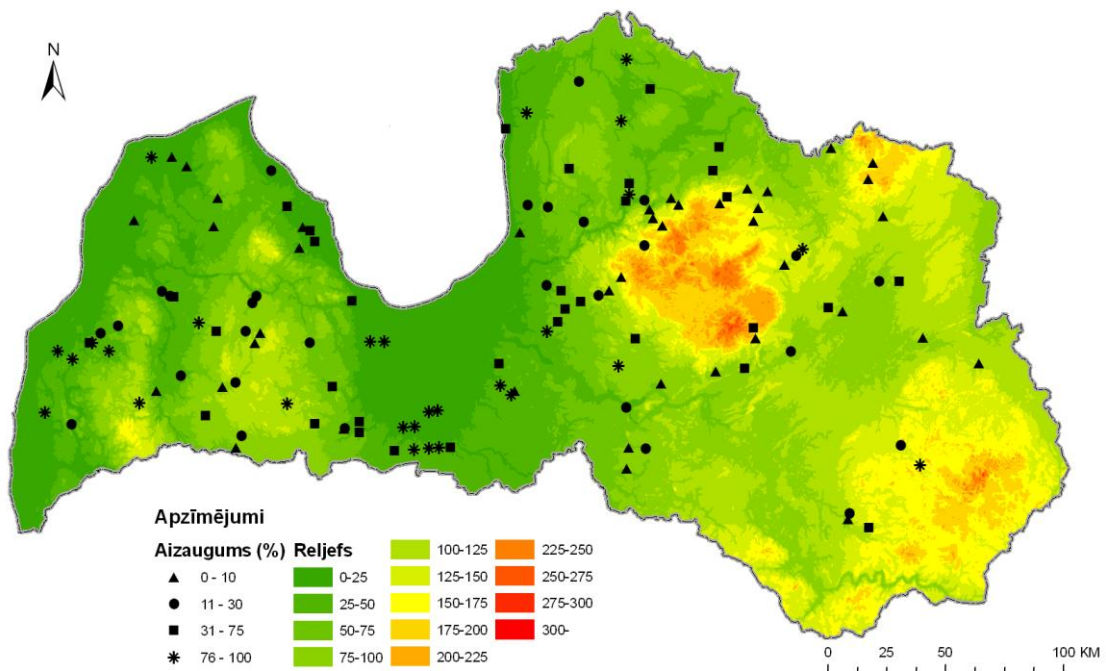
3.31.att. Aizauguma pakāpes saistība ar pētāmā posma augstumu virs jūras līmeņa (m).

Cieša saistība konstatēta starp aizauguma pakāpi un pētāmā posma augstumu v.j.l. ($F = 22.1, p = 0.000 < 0.05; t = -4.7, p = 0.000 < 0.05$). Aizauguma pakāpei ir tendence būt augstākai posmos, kas ir zemāk v.j.l. (3.31.att.).

Topogrāfiskajā kartē atspoguļota sugu skaita un aizauguma pakāpes izvietojums Latvijas topogrāfiskajā kartē (att.). Pētītie posmi ar mazāko kopējo sugu skaitu un aizauguma pakāpi koncentrējas augstieņu reģionos, bet lielākā aizauguma pakāpe raksturīga upēm Zemgales līdzenumā.



3.32.att. Sugu skaita pētītajos upju posmos izvietojums Latvijas topogrāfiskajā kartē.



3.33.att. Aizauguma pakāpes pētītajos upju posmos izvietojums Latvijas topogrāfiskajā kartē.

3.3.8. Zemes lietojuma veida ietekme uz makrofītiem vidēja lieluma upēs

Apsekotajos upju posmu baseinu zemes lietojuma veidā dominē ar mežu klātas platības (51%), trešo daļu (33%) sastāda tīrumi, samērā nelielu daļu aizņem klajumi (9%), ļoti nelielas platības aizņem purvi, krūmāji, ūdeņi un apdzīvotas vietas.

Tika veikta sakarību analīze starp kopējo sugu skaitu posmā un visiem noteiktajiem zemes lietojuma veidiem. Veicot sākotnējo visu faktoru korelāciju, tika iekļauti visi faktori (zemes lietojuma veidi un baseina platība, kas aprēķināta katram upes posmam, kur aprakstīta veģetācija), taču rezultāti (3.3.tab.) parāda, ka vairāku neatkarīgo faktoru starpā pastāv cieša lineāra sakarība, tātad pastāv multikolinearitāte.

Sugu izvietojumu ordinācijas telpā izskaidro 1. un 2. DCA ass ar īpašvērtībām 0.38 un 0.25, 3. DCA ass īpašvērtība ir 0.2. Konstatēta makrofītu izplatības saistība ar tīrumu īpatsvaru baseina teritorijā, pārējo teritoriju ietekme ir mazāk nozīmīga (3.4.tab.).

3.4.tabula. Korelācijas koeficienti starp DCA asīm un zemes lietojuma veidiem pētīto upju posmu sateces baseinu teritorijās.

	1.DCA ass	2.DCA ass	3.DCA ass
Aizauguma pakāpe	-0.49	0.17	-0.18
Sugu skaits	-0.29	0.28	-0.16
Apdzīvotas vietas	-0.07	0.3	-0.11
Klajumi	-0.07	0.23	0.08
Meži	-0.13	0.27	0.05
Tīrumi	-0.23	0.38	-0.13
Ūdeņi	-0.19	0.22	0.09
Purvi	-0.14	0.05	0.08
Krūmāji	-0.13	0.05	0.04

Arī daudzfaktoru regresijas analīze, izmantojot soļu metodi, parāda, ka sugu skaits būtiski korelē tikai ar tīrumu platībām, bet pārējie faktori (zemes lietojuma veidi – klajumi, meži, ūdeņi, purvi, krūmāji, un baseina platība) izslēgti kā nebūtiski. Determinācijas koeficients $R=0,248$ norāda, ka 24,8% kopējās izkliedes izskaidrojami ar astoņu regresoru lineāro ietekmi, bet pārējie 75,2 % atbilst fona ietekmei. Tas norāda, ka zemes lietojuma veidu un baseina platības ietekme nav liela. Analīzes rezultātā atlasīts statistiski nozīmīgs faktors (tīrumi), kam p vērtība ir vismazākā ($p=0,035$). Pārējie statistiski nenozīmīgie faktori ir izslēgti, jo $p>0,05$ (3.5.tab.).

3.5.tabula. Daudzfaktoru regresijas analīzes rezultāts.

Faktori	Daļēja korelācija (galvenie faktori izslēgti)	Statistiskais būtiskums (p)
Tīrumi	0.24*	*
Apdzīvotas vietas	-0,069	0,570
Klajumi	-0,044	0,716
Meži	0,001	0,997
Ūdeņi	-0,034	0,778
Purvi	0,096	0,427
Krūmāji	0,172	0,152
Baseina platība	0,012	0,924

* $p>0,05$.

3.3.tabula. Korelācijas koeficienti starp zemes lietojuma veidiem, makrofitu sugu skaitu un aizauguma pakāpi

	Aizaugums (%)	Sugu skaits	Apdzīvota vieta	Klajums	Mežs	Tīrums	Ūdens	Krūmājs
Aizaugums (%)	1							
Sugu skaits	,628(**)	1						
Apdzīvota vieta	,042	,149	1					
Klajums	-,102	,068	,324(**)	1				
Mežs	-,054	,149	,422(**)	,733(**)	1			
Tīrums	,259(**)	,347(**)	,567(**)	,324(**)	,602(**)	1		
Ūdens	,067	,058	,324(**)	,532(**)	,363(**)	,263(**)	1	
Krūmājs	,091	,169	,226(*)	-,012	,086	,144	,090	1
Purvs	,053	,133	,082	,224(*)	,466(**)	,325(**)	,077	-,113

Korelācija būtiska pie *) $p < 0.05$; **) $p < 0.01$

Aizauguma pakāpe un sugu skaits pozitīvi korelē ar tūrumu platībām. Veicot daudzfaktoru regresijas analīzi, lai noskaidrotu aizauguma saistību ar zemes lietojuma veidiem un baseina platību, konstatēts, ka determinācijas koeficients $R=0,427$ norāda, ka 42,7% kopējās izkliedes izskaidrojami ar astoņu regresoru lineāro ietekmi, bet pārējie 67,3% atbilst fona ietekmei. Pēc Fišera kritērija ($F=1,76$), multiplās regresijas modelis ar septiņiem regresoriem nav būtisks ($p=0,102$). Tas norāda, ka zemes lietojuma veidu un baseina platības ietekme uz aizaugumu nav būtiska.

Arī ārvalstīs veikto pētījumu rezultāti liecina, ka upes morfoloģijai ir lielāka nozīme uz makrofitu sugu sastāvu un izplatību nekā zemes lietojuma veidam upes sateces baseinā (Moss, 1998; Makkay et al., 2008).

Standartizētie koeficienti raksturo, kā katra regresora variabilitāte ietekmē faktora variabilitāti un norāda uz pazīmes svarīgumu. Jo lielāks beta koeficients, jo svarīgāka ir pazīme (3.6.tab.). Lielākā beta vērtība aprēķināta ūdeņiem un klajumiem, taču arī šie koeficienti nav statistiski būtiski.

3.6.tabula. Daudzfaktoru regresijas analīzē aprēķinātie koeficienti.

	Nestandardizētie koeficienti		Standartizētie koeficienti	Stūjdenta kritērijs (t)	Statistiskais būtiskums (p)
	B	Standartklūda	Beta		
Konstante	31,279	7,750		4,036	0,000
Klajumi	-2,459	1,325	-0,299	-1,856	0,068
Meži	-0,368	0,404	-0,193	-0,911	0,366
Tūrumi	-0,116	0,197	-0,285	-0,591	0,557
Ūdeņi	0,225	0,188	0,366	1,199	0,235
Purvi	0,943	1,031	0,133	0,914	0,364
Krūmāji	0,047	0,459	0,015	0,103	0,918
Baseina platība	0,566	0,441	0,161	1,284	0,204
Aizaugums	0,053	0,161	0,228	0,330	0,742

* $p>0,05$.

Analizējot aizauguma saistību ar zemes lietojuma veidiem un baseina platībām, konstatēts, ka nevienam faktoram nav statistiski būtiskas nozīmes.

Mūsdienās, tāpat kā citās zinātnes nozarēs, arī makrofitu pētījumos strauji pieaug starptautiskās sadarbības nozīme, tādēļ ir nepieciešams iegūt viegli interpretējamus datus, darbojoties pēc vienotiem pētniecības principiem. Šim pētījumam izvēlētā metodika ir balstīta uz ilggadīgiem pētījumiem Lielbritānijā un izstrādāta izmantošanai visās Eiropas valstīs. Kopumā tā izmantojama arī Latvijas apstākļos, tomēr salīdzinot ar Lielbritāniju, straumes ātruma amplitūda Latvijas upēs ir mazāka, tādēļ ieteicams veikt precīzākus straumes rakstura mērījumus. Šinī pētījumā tika sīkāk iedalītas arī upes platuma kategorijas, jo vidēji lielas upes ļoti reti pārsniedz 20 m platumu, tādēļ tika izdalītas atsevišķi 10-15 m un 15-20 m platās upes.

Metodē pētāmā posma garums tika ieteikts 100 m. Optimāli pētījuma posmā vajadzētu būt vairāk vai mazāk vienādam straumes ātrumam, grunts sastāvam un gaismas intensitātei (Léglize et al., 1990). Praktiski veicot pētījumus, var piekrist viedoklim, ka atkarībā no upes rakstura, iespējams izmantot arī īsāku posmu - ņemot vērā grūtības atrast 100 m garu homogēnu posmu, reprezentatīvus rezultātus iespējams iegūt 50 m

garā posmā (Wiegand, 1981a). Ideālā gadījumā posms būtu analizējams atsevišķu mikrobiotopu līmenī (Symes et al., 1997).

Kopumā pētījuma metode ir izmantojama turpmākiem upju veģetācijas pētījumiem Latvijā, taču, ja homogēnajos upju posmos ir mikrobiotopiski atšķirīgi veidojumi, piem., sēres, ieteicams veidot detalizētākus veģetācijas aprakstus, izdalot šos mikrobiotopus.

3.4. Makrofītu sugu sastāva un sastopamības saistība ar vides faktoriem upēs

3.4.1. Makrofītu sugu sastāva saistība ar vides faktoriem vidēja lieluma upēs

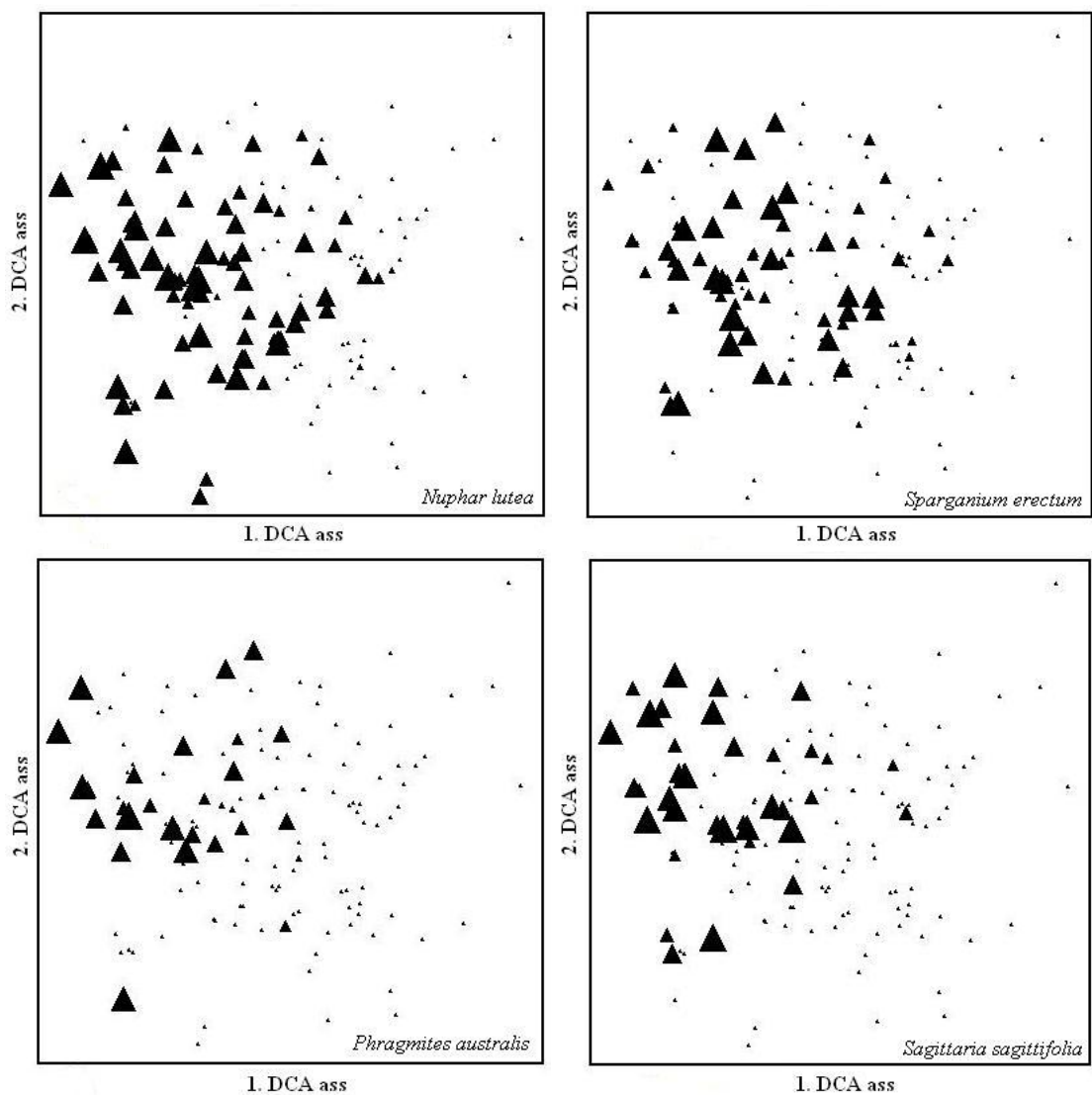
Pētot ilggadīgās izmaiņas saldūdeņu ekosistēmās, augstāko ūdensaugu sastāvs un daudzveidība ir atzīti par vienu no nozīmīgākajiem ūdeņu ekoloģiskās kvalitātes rādītājiem, jo salīdzinot ar citiem bioloģiskajiem elementiem, augstākie ūdensaugi jeb makrofīti lēnāk reagē uz vides izmaiņām, parādot vides ilgtermiņa ietekmi.

Visu analizēto posmu sugu aprakstu kopa grupēta atbilstoši TWINSPAN dalījumam grupās, kā rakstursugas izvēloties sugas ar augstāku konstantumu un biežāku sastopamību nodalītajā grupā. Pēc sugu sastāva līdzības, izmantojot TWINSPAN dalījumu, izdalītas 3 sugu sabiedrību grupas (3.7.tab.).

1. grupa – ar dominējošo sugu *Nuphar lutea* (56 apraksti). Šai grupai raksturīgās sugas dzeltenā lēpe *Nuphar lutea*, zarainā ežgalvīte *Sparganium erectum*, parastā niedre *Phragmites australis*, parastā bultene *Sagittaria sagittifolia*, ezera meldrs *Scirpus lacustris*, čemurainais puķumeldrs *Butomus umbellatus*, skaujošā glīvene *Potamogeton perfoliatus*, spožā glīvene *P. lucens* (3.7.tab.).

Pēc literatūras (Dierssen, 1996) šī grupa atbilst *Phragmitetea* klasei, *Phragmitetalia* rindai ar tām raksturīgajām sugām (tuvākā savienība – *Sparganietum erecti*). Šīs sugu sabiedrības raksturīgas vidēji ātri līdz lēni tekošiem un stāvošiem ūdeņiem, upēs veidojot audzes gar krastmalām samērā dziļās un lēnās upēs (galvenokārt dziļākās par 0.5 m), kā arī visā upes šķērsgrīzumā seklākās un straujākās upēs un to posmos (raksturīga ierimusī forma *Scirpus lacustris*, *Butomus umbellatus*, *Sagittaria sagittifolia*). Literatūrā atzīmēta arī šo sugu tolerance pret nitrātu daudzumu ūdenī un ūdens pH līmeni (Dawson & Szoszkiewicz, 1999).

Sugu ordinācijas grafikā šīs grupas raksturīgās sugas koncentrējas pārsvarā diagrammas kreisajā pusē (3.34.att.). Arī sastopamība sugām ir augstāka 1.ass kreisajā pusē, kas parāda, ka šai grupai raksturīgās sugas sastopamas nelielākā apjomā arī citās sugu grupās.



3.34.att. 1.grupas raksturīgo sugu ordinācija DCA asīs. Katrs trīsstūris atbilst makrofitu sugu sastāva aprakstam konkrētā upes posmā. Trīsstūra lielums ir proporcionāls sugas sastopamībai posmā.

3.7.tabula. Sugu sabiedrību grupas atbilstoši TWINSPAN dalījuma

	1.grupa		2. grupa		3. grupa	
	N = 56	% *	N = 69	% *	N = 9	% *
<i>Alisma plantago-aquatica</i>	19	34	35	50	1	
<i>Fontinalis antipyretica</i>	14	25	34	49	-	
<i>Veronica beccabunga</i>	5		38	55	1	
<i>Sparganium emersum</i>	15	27	60	87	4	44
<i>Phalaris arundinacea</i>	33	59	31	45	2	
<i>Scirpus lacustris</i>	20	35	8		3	
<i>Sium latifolium</i>	28	50	10	14	3	
<i>Phragmites australis</i>	23	41	6		1	
<i>Sagittaria sagittifolia</i>	28	50	6		3	
<i>Sparganium erectum</i>	43	77	18	26	5	55
<i>Nuphar lutea</i>	49	87	22	32	9	100
<i>Lemna minor</i>	22	39	19	27	6	66
<i>Elodea canadensis</i>	20	35	19	27	7	77
<i>Spirodela polyrhiza</i>	12	21	5		8	88
<i>Mentha aquatica</i>	17	30	16	23	4	44
<i>Lemna gibba</i>	2		-		5	55
<i>Butomus umbellatus</i>	17	30	3		2	
<i>Potamogeton perfoliatus</i>	15	27	7		-	
<i>Iris pseudocarus</i>	12	21	2		2	
<i>Rorripa amphibia</i>	10	18	12	17	-	
<i>Potamogeton lucens</i>	10	18	1		-	
<i>Glyceria fluitans</i>	4		11	16	1	
<i>Callitriche sp.</i>	4		14	20	1	
<i>Lemna trisulca</i>	8		14	20	3	
<i>Batrachium sp.</i>	6		9	13	1	
<i>Veronica anagallis-aquatica</i>	4		19	27	-	
<i>Potamogeton alpinus</i>	4		19	27	-	
<i>Potamogeton prealongus</i>	3		10	14	-	
<i>Typha latifolia</i>	6		3		2	
<i>Glyceria maxima</i>	7		2		3	
<i>Chara globularis</i>	3		1		2	
<i>Equisetum fluviatile</i>	8		5		2	
<i>Berula erecta</i>	3		5		1	
<i>Potamogeton sp.</i>	6		4		-	
<i>Potamogeton berchtoldii</i>	1		1		1	
<i>Hippuris vulgaris</i>	5		2		1	
<i>Myriophyllum spicatum</i>	7		4		-	
<i>Potamogeton natans</i>	8		2		-	
<i>Chara sp.</i>	1		3		-	
<i>Cicuta virosa</i>	3		1		-	
<i>Potamogeton crispus</i>	1		1		-	
<i>Acorus calamus</i>	3		-		-	
<i>Hydrocharis morsus-ranae</i>	3		-		-	
<i>Hottonia palustris</i>	2		-		-	
<i>Sparganium minimum</i>	2		-		-	
<i>Potamogeton gramineus</i>	2		-		-	
<i>Potamogeton pectinatus</i>	2		-		-	
<i>Scirpus sylvaticus</i>	-		3		-	
<i>Amblistegium riparium</i>	-		3		-	
<i>Batrachium trichophyllum</i>	-		5		-	
<i>Chara contraria</i>	-		-		1	
Sugu skaits grupā	47		43		29	

* sastopamība % no kopējā aprakstu skaita šajā grupā

2. grupa atbilstoši dominējošajai sugai ir *Sparganium emersum* grupa (69 apraksti). Šai grupai raksturīgās sugas ir vienkāršā ežgalvīte *Sparganium emersum*, avotu veronika *Veronica beccabunga*, parastā cirvene *Alisma plantago-aquatica*, parastā avotsūna *Fontinalis antipyretica*. Šai grupai raksturīgas arī glīveņu sugas *Potamogeton alpinus* un *P. praelongus*, ūdenītes *Callitriche sp.*, spilvlapu ūdensgundega *Batrachium trichophyllum* (3.7.tab.).

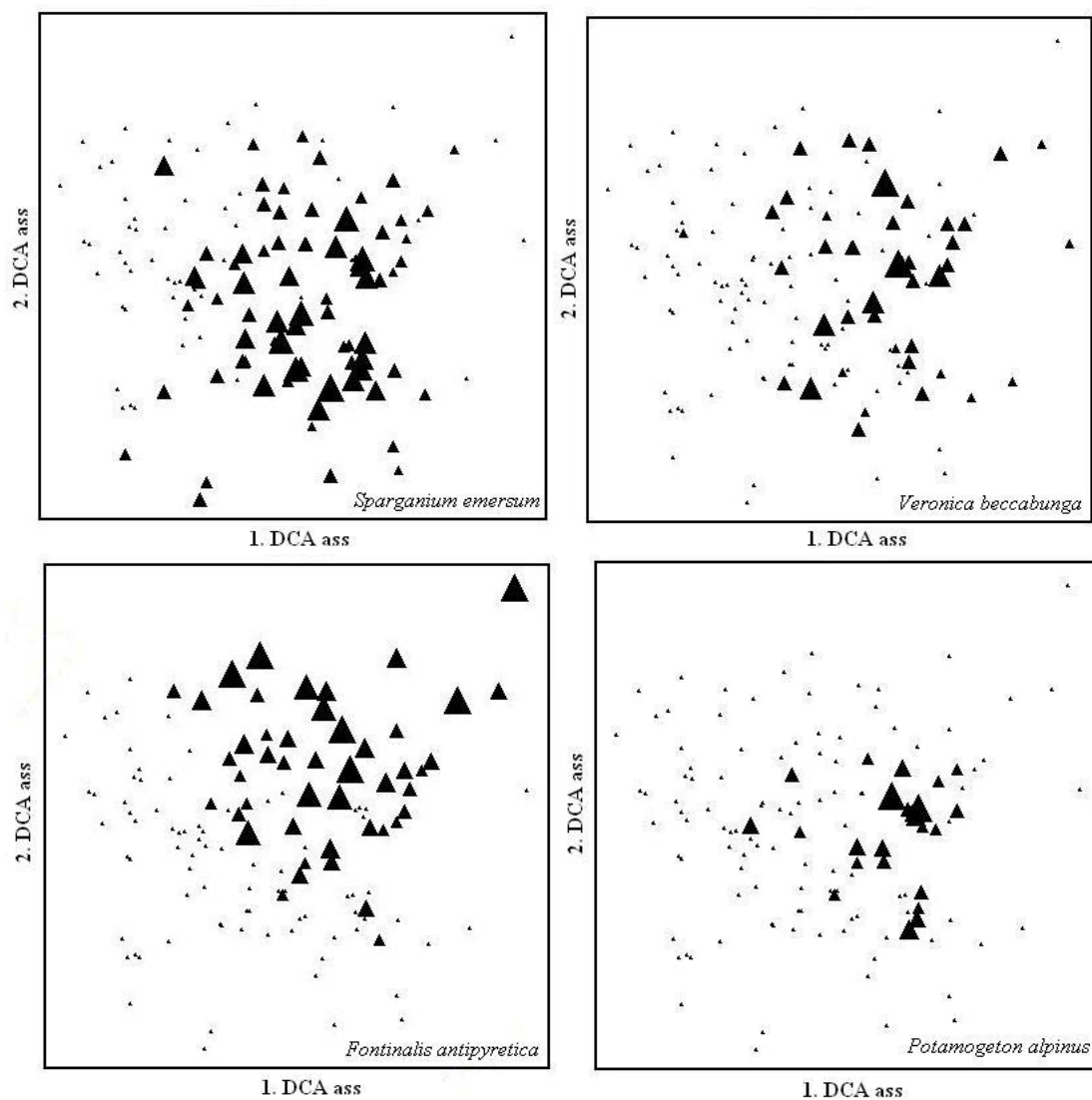
Tomēr vadoties pēc literatūras datiem (Dierssen, 1996), šī grupa precīzi neatbilst nevienai no aprakstītajām upju sugu sabiedrībām. Analizējot grupai raksturīgo sugu ordināciju, var izvirzīt pieņēmumu, ka sīkāk izdalāmas akmeņainu, granšainu upju sugu sabiedrība, kas atbilst klasei *Fontinaletea antipyreticea*, un sugu sabiedrība, kas atbilstu klasei *Potamogetonetea*, rindai *Potamogetonetalia*.

Klases *Fontinaletea antipyreticea* sugu sabiedrības veidojas daļēji apēnotu un apēnotu, strauji tekošu upju centrālajā daļā, un ir raksturīgas upēm, kas tek caur dziļām gravām un to dziļums kopumā nepārsniedz 0,5 m. Literatūrā atzīmēta šo sugu tolerance pret zemu ūdens pH līmeni, kā arī pozitīva korelācija ar zemu nitrātu daudzumu ūdenī (Dawson & Szoszkiewicz, 1999).

Klases *Potamogetonetea*, rindas *Potamogetonetalia* sugu sabiedrības sastopamas mezotrofās līdz eitrofās upēs, galvenokārt to dziļākajās daļās. Šai rindā tiek izdalīta *Sparganium emersum* sugu sabiedrība, ar tai raksturīgu lielu iegrimušās formas īpatsvaru audzēs (Dierssen, 1996). Latvijas upēs šāda sugu sabiedrība raksturīga vidēji ātri un ātri tekošās upēs ar grunti, kuras sastāvā dominē smilts.

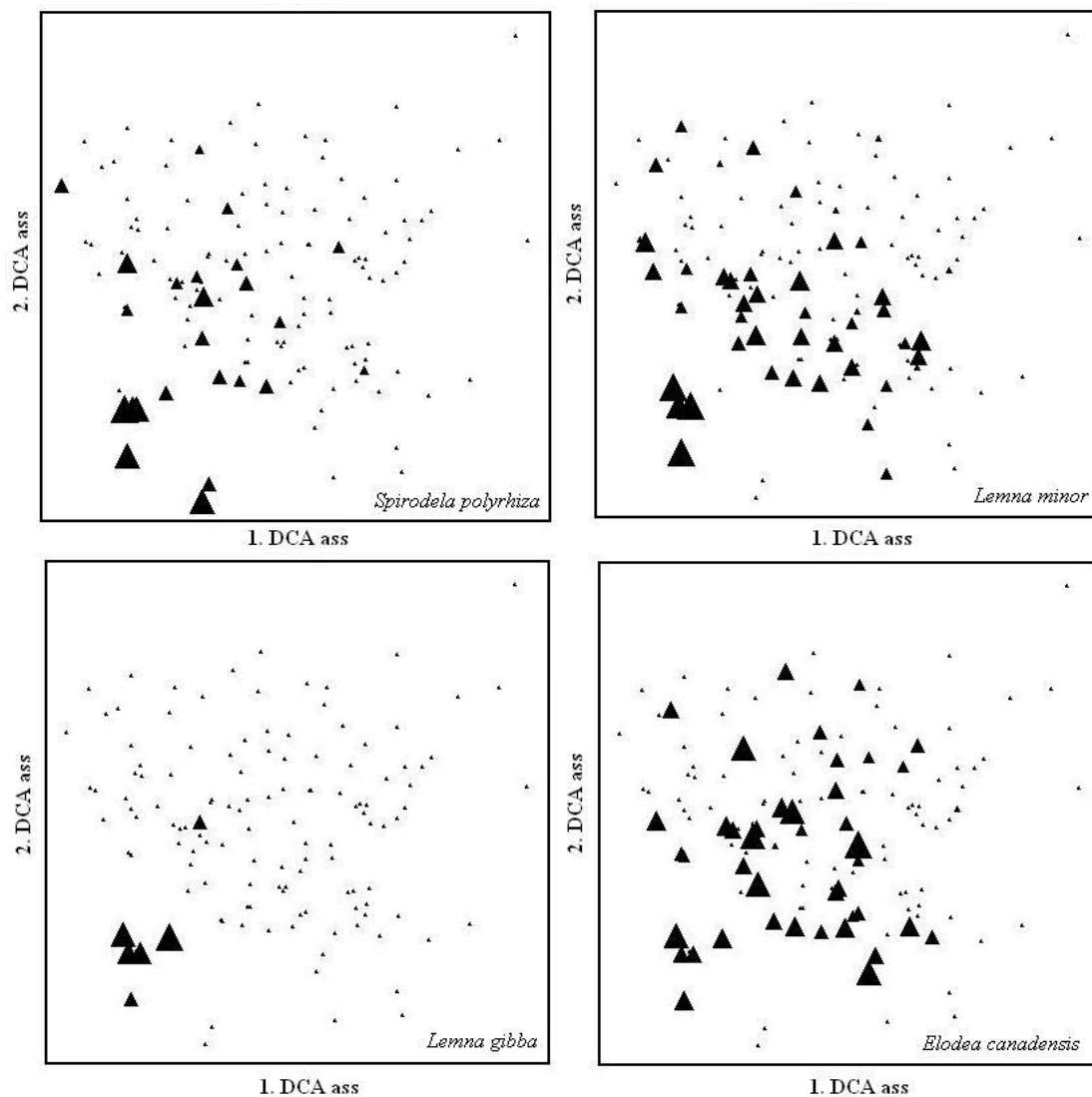
Abas sugu sabiedrības raksturīgas ūdeņiem ar labu caurredzamību (Dawson & Szoszkiewicz, 1999).

Sugu ordinācijas grafikā šīs grupas raksturīgās sugas koncentrējas pārsvarā diagrammas vidū - labajā pusē (3.35.att.). Tomēr redzama tendence, ka *Fontinalis antipyretica* koncentrējas attēla augšējā daļā, bet *Sparganium emersum* apakšējā daļā, līdztekus glīveņu sugām un sugām, kuras nelielā daudzumā sastopama visās sugu grupās (piem., *Alisma plantago-aquatica*, *Phalaris arundinacea*).

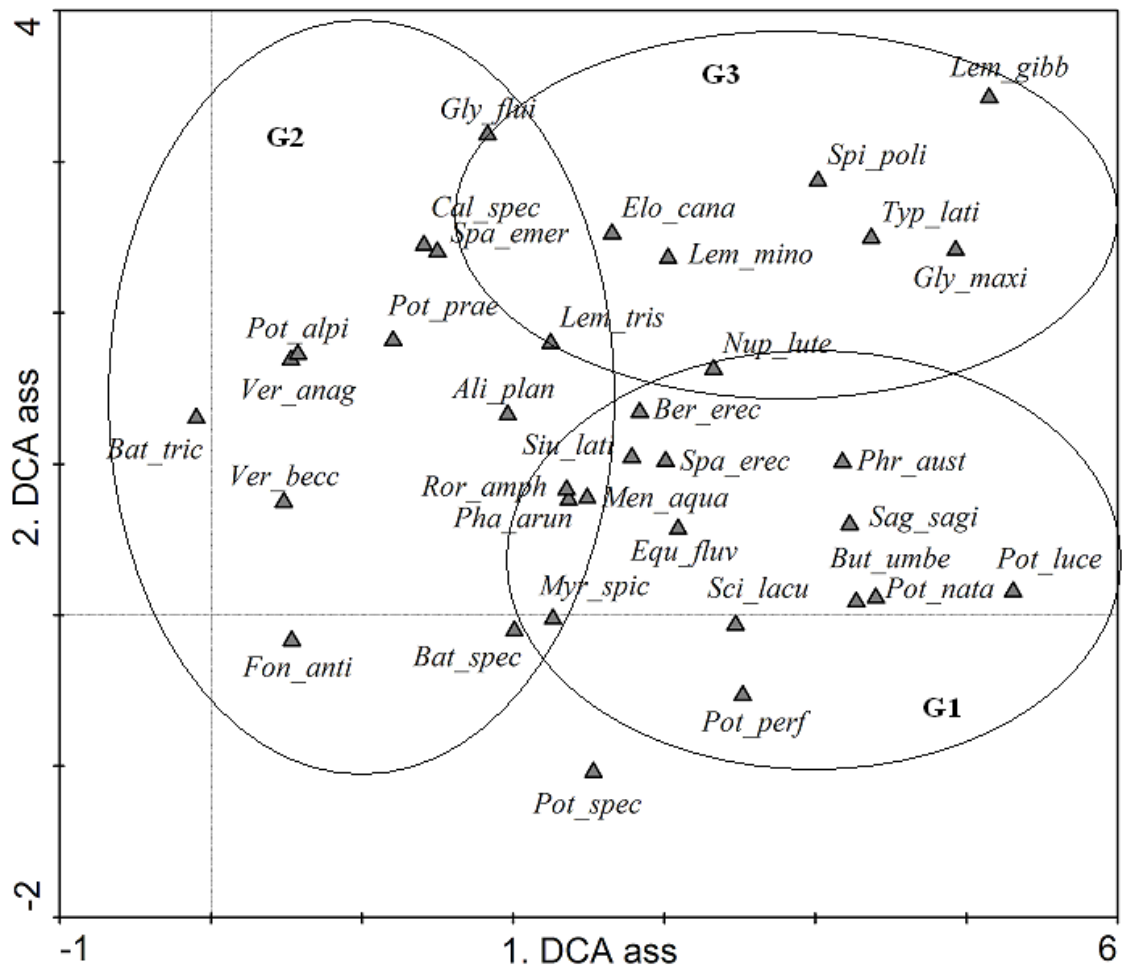


3.35.att. 2.grupas raksturīgo sugu ordinācija DCA asīs. Katrs trīsstūris atbilst makrofitu sugu sastāva aprakstam konkrētā upes posmā. Trīsstūra lielums ir proporcionāls sugas sastopamībai posmā.

3. grupa ir *Lemna sp.* grupa (9 apraksti). Šai grupai raksturīgās sugas – *Nuphar lutea*, parastā spirodela *Spirodela polyrhiza*, Kanādas elodeja *Elodea canadensis*, mazais ūdenszieds *Lemna minor*, kuprainais ūdenszieds *L. gibba*, ežgalvīte *Sparganium erectum*, trejdaivu ūdenszieds *L. trisulca* un dižā ūdenszāle *Glyceria maxima* (3.7.tab). Pēc literatūras (Dierssen, 1996) šī grupa atbilst *Lemnetea* klasei, *Lemnetalia minoris* rindai ar tai raksturīgajām sugām – *L. minor*, *L. trisulca*, *L. gibba*. Šī sugu sabiedrība raksturīga sekliem un vidēji dziļiem, stāvošiem vai lēni tekošiem ūdeņiem. Grunts sastāvā dominē dūņas, detrits, kas nereti sedz granti vai smilti. Sugu ordinācijas grafikā šīs grupas raksturīgās sugas koncentrējas pārsvarā diagrammas kreisajā pusē (3.36.att.).

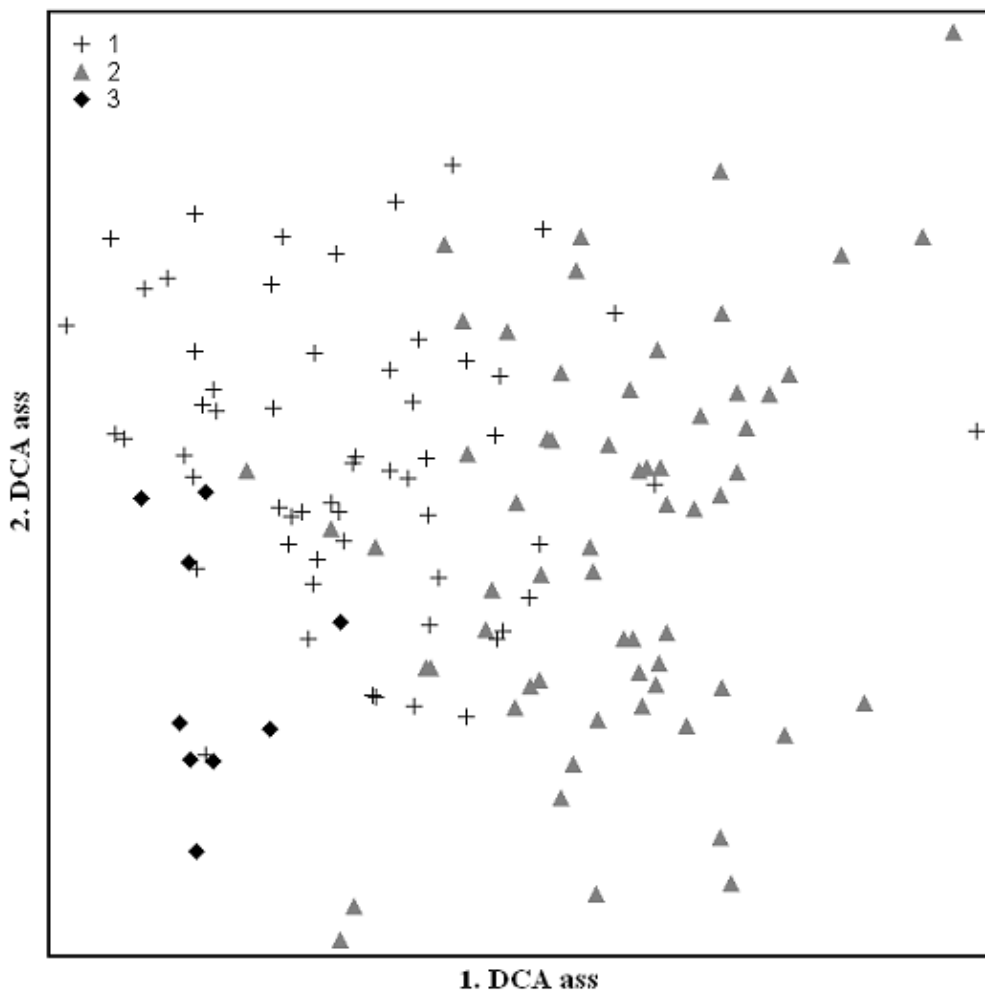


3.36.att. 3.grupas raksturīgo sugu ordinācija DCA asīs. Katrs trīsstūris atbilst makrofītu sugu sastāva aprakstam konkrētā upes posmā. Trīsstūra lielums ir proporcionāls sugas sastopamībai posmā.



3.37.att. Markofītu sugu ordinācija DCA asīs (trijstūri simbolizē sugu izvietojumu) G1 – *Nuphar lutea* sugu grupa, G2 – *Sparganium emersum* sugu grupa, G3 – *Lemna* sugu grupa (1. ass izskaidro 38.4 %, 2. ass 23.9 %, bet 3. ass 20% no datu kopējās dispersijas). Sugu nosaukumu akronīmi 4.pielikumā.

DCA analīze parāda sugu ordināciju, kurā var izdalīt visas trīs pēc TWINSPLAN analīzes iegūtās sugu grupas (3.37.att.).



3.38.att. TWINSpan izdalīto 3 sugu sabiedrību grupu ordinācija DCA asīs 1 - *Nuphar lutea* grupa, 2 - *Sparganium emersum* grupa, 3 - *Lemna* grupa.

Pētīto upju posmu izvietojumu ordinācijas asīs izskaidro 1. un 2. DCA asis (3.38.att.) 1.ass izskaidro 36.1 %, 2.ass 20.4 %, bet 3.ass 14.8 % no datu kopējās dispersijas).

Otro DCA asi var interpretēt kā straumes ātruma gradientu, jo diagrammas apakšējā daļā koncentrējas pārsvarā sugas, kuras raksturīgas lēni tekošiem un stāvošiem ūdeņiem, bet diagrammas augšējā daļā – strauji tekošiem, kā arī sekliem ūdeņiem. Šai asij ir arī korelācija ar apēnojuma pakāpi, kopumā attēla augšējā daļā, labajā pusē lielāks īpatsvars ir sugām, kas ir tolerantas pret apēnojumu (*Fontinalis antipyretica*, *Amblystegium riparium*). Diagrammas kreisajā malā, apakšējā daļā koncentrējas pārsvarā sugas, kuras raksturīgas dūņainām gruntīm.

3.8.tabula. Korelācijas koeficienti starp DCA asīm un vides faktoriem

	1. DCA ass	2. DCA ass	3. DCA ass
Grunts sastāvs	- 0.24	- 0.29	- 0.02
Straumes ātrums	- 0.42	- 0.33	- 0.19
Upes dziļums	- 0.32	0.09	0.08
Upes platums	- 0.1	0.34	- 0.01
Apēnojuma pakāpe	0.32	- 0.12	- 0.15
Sateces baseina lielums	- 0.18	0.32	- 0.12
Augstums v.j.l.	0.39	0.03	- 0.24

DCA analīzes rezultāti parāda, ka ar 1.un 2. asi cieši korelē grunts sastāvs, straumes ātrums, ar 1.DCA asi negatīvi korelē upes dziļums, bet pozitīvi korelē apēnojuma pakāpe un augstums virs jūras līmeņa. Ar 2.DCA asi pozitīvi korelē upes platums un sateces baseina lielums (3.8.tab.).

Kanoniskās korespondentanalīzes (CCA) rezultāti parāda upes sateces baseina lieluma un augstuma virs jūras līmeņa noteicošo nozīmi uz makrofitu sugu sastāvu (3.39.att.). Augstums virs jūras līmeņa ietekmē sugas, kuras raksturīgas sekliem ūdeņiem (piem., *Callitriche cophocarpa*, *Potamogeton berchtoldii*, *Amblystegium riparium*). Sateces baseina lielums nosaka dziļākām un lielākām upēm raksturīgo sugu izplatību (piem., *Nymphaea candida*, *Acorus calamus*, *Potamogeton natans*, *Hydrocharis morsus-ranae*). Straumes ātrums izteikti būtisks faktors ir brīvo peldošo sugu izplatībai, piem., *Spirodela polyrhiza*, *Lemna gibba*, *L. minor*, *L. trisulca*.

Plašu Lielbritānijas upēs pētījumu rezultāti likuši secināt, ka daudzu makrofitu sugu kā vides apstākļu bioindikatoru izmantošana upēs ir ierobežota, jo šīs sugas ir izplatītas ļoti dažādos ekoloģiskos apstākļos, ko nenosaka tik daudz vides faktori, cik katras sugas izplatīšanās un atjaunošanās spējas (Demars & Harper, 2005).

Tai pat laikā konkrētas sugu sabiedrības izveidošanos nosaka vairāku augu sugu vienādās prasības pret vides apstākļiem. Piemēram, brīvi peldošās un peldlapu makrofitu sugas būtiskāk ietekmē straumes ātrums, to izplatība lielāka raksturīga upēs un upju posmos ar lēnu straumi (Makay et al., 2008). Šī atziņa saskan ar pētījuma rezultātiem Latvijas upēs, jo labi izdalās sugu grupas, kuras raksturīgas noteiktiem vides apstākļiem upē. Līdz ar to turpmākajos Latvijas upju makrofitu pētījumos būtu jāpievērš uzmanība ne tikai sugu sastāvam un aizauguma pakāpei, bet arī sugu sabiedrību analīzei un iespējai veikt upju klasifikācijas izstrādi, balstoties uz šo sabiedrību struktūru.



3.39.att. Kanoniskās korespondentanalīzes grafiks, kas atspoguļo likumsakarības starp makrofitu sugu sastāvu un vides faktoriem pētītajiem upju posmiem (1. ass izskaidro 19.6 %, 2. ass 11.7 %, bet 3. ass 10.6 % no datu kopējās dispersijas). Sugu nosaukumu akronīmi 4. pielikumā.

3.4.2. Makrofitu sugu skaita un aizauguma pakāpes saistība ar vides faktoriem

Lai novērtētu vides faktoru ietekmi uz makrofitu kopējo sugu skaitu upju posmos un aizauguma pakāpi, aprēķināti Pīrsona korelācijas koeficienti (3.9.tab.).

Upēs starp vides faktoriem pastāv vairākas likumsakarīgas korelācijas. Grunts sastāvam ir cieša saistība ar straumes ātrumu un upes dziļumu – dziļākās upes ir dūņainas, smilšainās upēs raksturīga lēna straume. Straumes ātrums negatīvi korelē ar upes sateces baseina lielumu. Upes platumam ir būtiska pozitīva korelācija ar sateces baseina lielumu, kā arī ar upes dziļumu.

Būtiskākā ietekme uz makrofitu sugu skaitu un aizauguma pakāpi Latvijas vidēji lielās upēs ir grunts sastāvam, apēnojuma pakāpei, kā arī augstumam virs jūras līmeņa. Starp šiem parametriem konstatēta būtiska negatīva korelācija. Būtiska pozitīva korelācija konstatēta starp sugu skaitu un upes platumu, kā arī sugu skaitu un baseina lielumu.

Šī pētījuma rezultāti liecina, ka primāri nozīmīgākais makrofitus ietekmējošais faktors vidēji lielās upēs, īpaši to augšteces posmos, ir apēnojums. Raksturīgi, ka 22% apsekoto posmu apēnojums pārsniedza 33% no upes gultnes.

Arī grunts sastāvs ir vērtējams kā viens no nozīmīgākajiem makrofitus ietekmējošajiem faktoriem, īpaši tas attiecas uz sugu skaitu un aizauguma pakāpi. Ātri tekošās smilšainās upēs ir vismazākais sugu skaits, sugu sastāvā dominē sugas ar dziļu sakņu sistēmu vai spēj ātri iesakņoties. Nelabvēlīgi apstākļi augu attīstībai smilšainās upēs ir arī mainīgs dziļums un gultne, makrofitu attīstība iespējama galvenokārt tikai upes seklākajos posmos. Tas saskan ar pētījumu rezultātiem Dānijā, kur smilšainās upēs makrofitu sugu daudzveidība un sastopamība bija viszemākā (Riis et al., 2000).

Stabila grunts ir viens no svarīgākajiem faktoriem, jo ļauj upē iesakņoties daudzām makrofitu sugām (Riis & Biggs, 2003; Haslam, 2006). Grunts sastāvs ir cieši saistīts ar straumes ātruma ietekmi, jo lielākas un smagākas grunts daļiņas ir grūti pārvietot pat ātrai straumei, tādēļ upēs ar grants-oļu grunti straumes ātrumam ir mazāk ierobežojoša loma veģetācijas attīstībā (Madsen et al., 2001).

Kā jau atzīts līdzšinējos pētījumos daudzās pasaules valstīs, ir grūti atsevišķi izvērtēt katra faktora lomu uz veģetāciju. Jāņem vērā faktoru savstarpējās kopsakarības un arī tiešās un netiešās ietekmes uz veģetāciju.

3.9.tabula. Korelācijas koeficienti starp vides faktoriem, makrofitu sugu skaitu un aizauguma pakāpi

	Grunts sastāvs	Straumes ātrums	Dziļums (m)	Platums (m)	Apēnojums (%)	Baseina lielums (km ²)	Augstums v.j.l. (m)	Aizaugums (%)
Grunts sastāvs	1							
Straumes ātrums	,232(**)	1						
Dziļums (m)	,475(**)	,134	1					
Platums (m)	-,037	-,147	,297(**)	1				
Apēnojums (%)	,108	-,044	-,136	-,054	1			
Baseina lielums (km ²)	-,022	-,260(**)	,129	,494(**)	-,086	1		
Augstums v.j.l. (m)	,015	-,014	,024	,044	,097	-,063	1	
Aizaugums (%)	-,312(**)	,161	-,094	,136	-,446(**)	,063	-,382(**)	1
Sugu skaits	-,339(**)	,002	-,141	,251(**)	-,294(**)	,234(**)	-,281(**)	,628(**)

Korelācija būtiska pie ** p < 0.01

Liela nozīme ir palu un plūdu darbībai upē. Pētītajās upēs acīmredzama palu ietekme bija redzama smilšainās upēs, kur tiek noskaloti krasti, katru gadu veidojoties jaunai gultnei. Pētījuma gaitā novērots, ka zemieņu upēs ar grants, oļu grunti, nav izveidojies dūņu slānis, lai arī upēs ir pilnībā aizaugušas ar makrofītiem un straumes kustība vasarā nenotiek vai arī ļoti neliela. Acīmredzot palu laikā organiskais materiāls tiek iznests piekrastes teritorijās un par spīti apstākļiem, kas varētu veicināt dūņu uzkrāšanos, šis process nav novērojams. Lielāka ietekme tam ir lēnās upēs ar dziļām gravām, padziļinātām upēm, kurās plūdu darbības ietekme samazinās.

Latvijā pagaidām nav izveidota upju ūdens kvalitātes novērtēšanas sistēma, izmantojot makrofītus. Šādas sistēmas izveidošanai var izmantot citu Eiropas valstu izstrādātās metodes, tomēr nepieciešama informācija par vietējo upju veģetāciju, sugu sastāvu, sastopamību un arī to ietekmējošos faktorus. Ārvalstu pētījumu rezultāti nav tieši piemērojami Latvijas apstākļiem, jo attīstot ūdeņu kvalitātes novērtēšanas sistēmas Eiropā, secināts, ka makrofītu sugu sabiedrības ir visai atšķirīgas Eiropas mērogā (Baatrup-Pedersen et al., 2006).

3.5. Upju tipoloģiskā klasifikācija pēc ar vides faktoriem saistītajām makrofītu grupām

Lai novērtētu galveno makrofītus ietekmējošo faktoru lomu makrofītu attīstībai Latvijas vidēji lielās upēs, vadoties pēc esošās upju tipoloģijas un iepriekš veikto vides faktoru analīzes, tika izdalītas piecas upju grupas – ātri un vidēji ātri tekošas upes ar grants-oļu grunti (1. grupa), lēni tekošas upes ar grants-oļu grunti (2. grupa), ātri un vidēji ātri tekošas upes ar smilšainu grunti (3. grupa), lēni tekošas upes ar smilšainu grunti (4. grupa), upes ar mīkstu, dūņainu grunti (5. grupa).

Lielākā sugu daudzveidība, augstākais sugu skaits posmā un augstāka aizauguma pakāpe raksturīga upēm ar grants-oļu grunti (1. un 2. grupa). Zemākā sugu daudzveidība, vadoties pēc Šenona daudzveidības indeksa rezultātiem, ir ātri tekošām smilšainām upēm (3. grupa) (3.10.tab.).

Augsta aizauguma pakāpe raksturīga lēni tekošām upēm ar grants-oļu grunti (2. grupa), mazāks aizaugums vērojams ātri tekošās upēs ar grants-oļu grunti (1. grupa). Krietni mazāka aizauguma pakāpe ir raksturīga smilšainām, kā arī dūņainām upēm (4. un 5. grupa) (3.10.tab.).

3.10.tabula. Sugu skaita, Šenona daudzveidības indeksa un aizauguma pakāpes vērtību amplitūda, vidējās vērtības un to standartnovirzes upju grupās.

	Rezultātu amplitūda	Vid.vērtība un standartnovirze
Sugu skaits		
1.grupa	1 - 22	9.5 ± 4.6
2.grupa	2 - 19	9.9 ± 4.3
3.grupa	1 - 16	6.2 ± 4.6
4.grupa	2 - 11	6.8 ± 3.2
5.grupa	2 - 14	6.3 ± 3.5
Šenona indekss		
1.grupa	0 - 3.01	1.98 ± 0.66
2.grupa	0.61 - 2.89	2.08 ± 0.52
3.grupa	0 - 2.67	1.41 ± 0.85
4.grupa	0.56 - 2.35	1.69 ± 0.57
5.grupa	0.69 - 2.57	1.64 ± 0.52
Aizaugums (%)		
1.grupa	1 - 100	43 ± 31.8
2.grupa	1 - 100	60 ± 36.2
3.grupa	1 - 90	22 ± 26.5
4.grupa	2 - 80	23 ± 26.8
5.grupa	3 - 100	30 ± 27.9

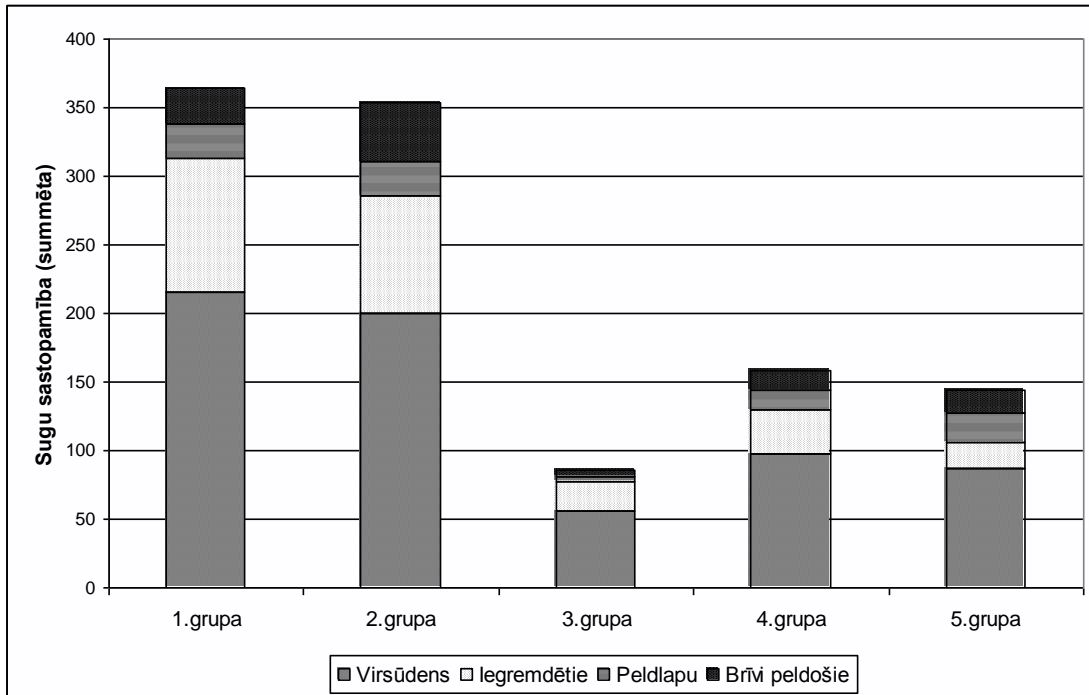
Upēm ar grants-oļu grunti raksturīgs mazāks dziļums, kas līdztekus stabiliem gultnes apstākļiem rada labvēlīgu vidi makrofitu augšanai (3.11.tab.). Turpretim smilšainās un dūņainās upēs makrofitu attīstību nereti ierobežo upes dziļums - lielākais dziļu upju īpatsvars ir upju grupā ar dūņainu grunti, kas nereti mēdz būt arī šauras un apēnotas.

3.11.tabula. Upes platuma, upes dziļuma un apēnojuma pakāpes sadalījums upju grupās

	1.grupa (n = 43)	2.grupa (n = 31)	3.grupa (n = 26)	4.grupa (n = 12)	5.grupa (n = 20)
Upes platums (m)					
< 5	0	1	0	0	0
5 - 10	9	9	8	1	3
10 - 15	22	19	18	7	16
15 - 20	11	2	0	3	1
> 20	1	0	0	1	0
Upes dziļums (m)					
< 0.25	3	5	0	0	0
0.25 - 0.5	21	11	10	2	1
0.5 - 1	19	15	15	8	11
> 1	0	0	1	2	8
Apēnojums (%)					
0	11	8	4	3	5
> 33	25	18	14	5	10
< 33	7	5	8	4	5

Analizēts arī makrofitu sastopamības īpatsvars upju grupās, izdalot augus pēc augšanas formas (3.40.att). Visās upju grupās nozīmīgāko daļu sastāda virsūdens augu sugas, iegremdētie augi lielākā īpatsvarā raksturīgi upēm ar grants-oļu grunti. Peldlapu un brīvi

peldošo augu attīstība ir ierobežota strauji tekošās smilšainās upēs. Lielāko īpatsvaru sugu sastāvā brīvi peldošie augi veido lēni tekošās upēs ar grants-oļu grunti.

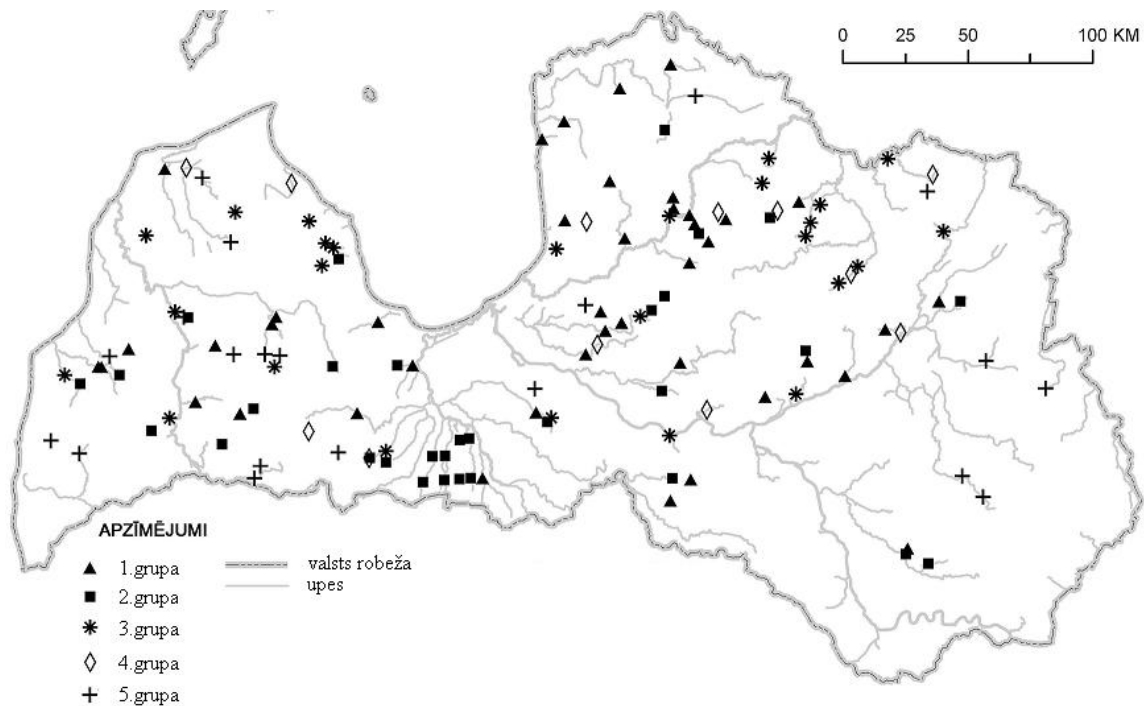


3.40.att. Dažādu augšanas formu makrofītu sastopamība upju grupās.

Analizējot dominējošo sugu sastāvu upju grupās, redzams, ka ātri un vidēji ātri tekošām upēm ar grants-oļu grunti raksturīgs liels parastās avotsūnas *Fontinalis antipyretica*, ežgalvīšu *Sparganium emersum* un *S. erectum* un dzeltenās lēpes *Nuphar lutea* īpatsvars. Lēni tekošās upēs ar grants-oļu grunti līdztekus šīm sugām dominējošo sugu sastāvā ir mazais ūdenszieds *Lemna minor* un Kanādas elodeja *Elodea canadensis*. Ātri tekošās smilšainās upēs sugu sastāvā izteikti dominē vienkāršā ežgalvīte *Sparganium emersum*, kas šādās upēs veido galvenokārt skrajās iegremdēto lapu audzes. Ātri tekošās smilšainās upēs raksturīgas arī *Elodea canadensis* audzes, kas mainīgajā substrātā spēj ātri iesakņoties (3.12.tab.).

Lēni tekošās smilšainās upēs galvenokārt dominē piekrastē augošās makrofītu sugas (*Phalaris arundinacea*, *Sparganium erectum*), kā arī lēpes *Nuphar lutea* (3.12.tab.).

Šī pētījuma rezultāti ļauj secināt, ka smilšainās upēs izšķiroša nozīme makrofītu attīstībā ir straumes ātrumam, tādēļ strauji tekošās smilšainās upēs ūdens ekoloģiskās kvalitātes novērtējums nebūs iespējams. Ātri tekošās, smilšainās upes straumes mehāniskās ietekmes un substrāta nestabilitātes dēļ ir mazāk pakļautas aizaugšanai, tomēr jāsecina, šādās upēs veģetācijas sastāvs precīzi neatspoguļos ūdens ekoloģisko kvalitāti nelielā sugu skaita dēļ.



3.41.att. Piecu upju grupu izvietojumu Latvijas teritorijā.

Izdalīto upju grupu attēlojums parāda saistību starp upju grupām, augsnes cilmiežiem, un reljefu (3.41.att.).

3.12.tabula. Dominējošās makrofitu sugas piecās upju grupās (konstatējumu skaits % no posmu skaita grupā)

1. grupa		2. grupa	
Suga	%	Suga	%
<i>Fontinalis antipyretica</i>	78	<i>Nuphar lutea</i>	66
<i>Nuphar lutea</i>	70	<i>Sparganium emersum</i>	55
<i>Sparganium emersum</i>	70	<i>Sparganium erectum</i>	53
<i>Alisma plantago-aquatica</i>	65	<i>Lemna minor</i>	50
<i>Sparganium erectum</i>	60	<i>Elodea canadensis</i>	47
3. grupa		4. grupa	
Suga	%	Suga	%
<i>Sparganium emersum</i>	94	<i>Phalaris arundinacea</i>	78
<i>Alisma plantago-aquatica</i>	41	<i>Sparganium erectum</i>	72
<i>Elodea canadensis</i>	41	<i>Nuphar lutea</i>	67
<i>Phalaris arundinacea</i>	33	<i>Sparganium emersum</i>	56
<i>Veronica beccabunga</i>	33	<i>Alisma plantago-aquatica</i>	50
5. grupa			
Suga	%		
<i>Nuphar lutea</i>	86		
<i>Sparganium erectum</i>	59		
<i>Sparganium emersum</i>	50		
<i>Phalaris arundinacea</i>	41		
<i>Lemna minor</i>	36		

Latvijā upju tipi noteikti, par pamatu ņemot sateces baseina platību un vidējo kritumu. Pavisam Latvijā noteikti seši upju tipi, pēc baseina lieluma upes iedalītas trīs grupās: < 100 km² jeb mazas upes, 100 – 1000 km² jeb vidējas upes, > 1000 km² jeb lielas upes. Šis grupējums atšķiras no Ūdens struktūrdirektīvā piedāvātā dalījuma četrās grupās (10 – 100 km² jeb mazas upes, 100 – 1000 km² jeb vidējas upes, 1000 – 10 000 km² jeb lielas upes un > 10 000 km² jeb ļoti lielas upes). Neizdalot kā atsevišķu grupu ūdensteces ar sateces baseina platību 10 – 100 km², jo nav konstatētas būtiskas atšķirības starp upēm, kam sateces baseins ir < 10 km², un tām upēm, kurām tas ir 10 – 100 km².

Šis sadalījums tomēr rada grūtības, kad jāsalīdzina vairāku upju bioloģiskie parametri, jo upēm kas garākas par 10-20 km uzkrājas krietni lielāks straumes nestais materiāls, straume lejtecē ir platāka, upe ir paspējusi uzņemt lielāku ūdens apjomu no pietekām un tas rada priekšnoteikumus izteiktākai veģetācijas attīstībai. Jāņem vērā, ka platāku upi daudz mazāk ietekmē krastu apēnojums (meži, krūmāji), kas pilnībā nosedz mazās upes. Upju veģetācija ir saistāma arī ar izmaiņām kopējā ainavā Latvijā, ko kopumā nevar raksturot kā pozitīvu. Latvijas upes būtiski ietekmējusi iztaisnošana, pārrakšana, bebru darbība, aktīvā meliorācija. Pētījumā netika izvēlēti upju posmi, kuros ir ierīkotas mazās hidroelektrostacijas (HES), vai raksturīgi bebru uzpludinājumi, bet tam nenoliedzami ir būtiska ietekme uz upēm mūsdienās. Uzpludinājumi būtiski ietekmē upes dziļumu, grunts sastāvu, straumes ātrumu, līdz ar to ietekmējot visus dzīvus organismus upē. Pēc rezultātiem redzams, ka novērojama aizauguma palielināšanās daudzās Latvijas upēs, ko izraisa gan piesārņojums saimniecisko darbību rezultātā, gan arī saimnieciskās darbības intensitātes samazināšanās rezultātā. Šim procesam ir negatīva ietekme, jo makrofitu lielās biomasas dēļ tie traucēta gaismas piekļuve dziļākiem ūdens slāņiem, līdz ar to tiek traucēta arī fotosintēzes procesu norise, tādējādi zemākajos ūdens slāņos esošie ūdensaugi sāk nīkuļot, noris strauja trūdvielu veidošanās, kas izsauc skābekļa daudzuma samazināšanos ūdenstilpē (Harrison, 1996).

Upju piekrastēs, īpaši agrāko pļavu un ganību teritorijās notiek strauja apmežošanās un pārkrūmošanās. Upēs ar nelielu platumu, tā ietekmē palielinās apēnojums, samazinot iespējas attīstīties ūdensaugiem. Tomēr daudz biežāk novērojama garu upju posmu piekrišana ar krastmalā izskalotajiem un vēja nolauztajiem kokiem, kas līdztekus citām izmaiņām ūdenstecē, maina arī makrofitu augšanas apstākļus. Upēs, kuras plūstot caur lauksaimniecības zemēm un apdzīvotām teritorijām, ilgus gadus ir uzņēmušas palielinātus barības vielu daudzumus, ar blīvo aizaugumu var cīnīties tikai tās izpļaujot, kā tiek darīts jau daudzās Eiropas valstīs. Upju kvalitāti pašlaik būtiski apdraud visos Latvijas reģionos arī vērojamā strauji pieaugošā apbūve upju piekrastēs un palieņu zonās. Pat ievērojot aizsargjoslas platumu, veicot apbūvi, krūmu izciršanu vai cita veida darbības, tiek izraisīta erozija, ja piekraste ir ļoti slīpa.

Gan iepriekš minētie antropogēnie, gan dabas faktori ir izraisījuši arī paliekošas sekas upju ekosistēmā, ar ko nevar nerēķināties arī izstrādājot kvalitātes novērtēšanas indikatorsistēmu.

Tā kā ekoloģiskās kvalitātes novērtēšanas indeksu aprēķināšanai nepieciešams zināms skaits makrofitu sugu (minimālais skaits variē no 6 – 10 sugām), ņemot vērā, ka daļai sugu netiek piešķirta indikatīvā vērtība, upēs ar nelielu skaitu sugu ekoloģiskās kvalitātes novērtēšana, izmantojot makrofitus, var būt nepiespējama. Šādā gadījumā novērtēšana nav jāveic un tas būtu jāpamato ar nepiemērotiem vides apstākļiem makrofitu attīstībai, jo kā liecina citi pētījumi, neliels makrofitu sugu skaits vai to neesamība upē nav viennozīmīgi skaidrojams ar upes kvalitātes degradāciju (Schaumburg et al., 2004).

Literatūrā atzīmēts, ka veģetācijai zema sugu daudzveidība raksturīga, pirmkārt, biotopos ar augstu traucējumu biežumu un intensitāti tāpēc, ka tikai dažām sugām ir iespējams attīstīties īsā laikā mainīgā vidē. Otrkārt, zema daudzveidība raksturīga biotopiem ar ļoti zemu traucējumu biežumu un intensitāti, jo šeit raksturīga vienas vai dažu konkurētspējīgāku sugu dominānce (Grime, 1973). To nevar viennozīmīgi attiecināt uz upju biotopiem, vairāki autori konstatējuši, ka, lielākā sugu daudzveidība upēm un upju posmiem, kur ir aktīva laivu satiksme, kā arī notiek regulāra izplūšana (Willby et al., 2001; Bornette et al., 1998).

Tomēr veicot pasākumus upēs un to piekrastēs nākotnē, jāņem vērā, ka liela nozīme ir saglabāt upju ģeomorfoloģisko daudzveidību tikpat lielā mērā kā ūdens kvalitāti, jo tā tiks nodrošināta iespējami lielākā makrofītu sugu daudzveidība, kas savukārt nodrošinās vides daudzveidību citiem ūdens organismiem (Makkay et al., 2008).

SECINĀJUMI

1. Latvijas vidēji lielās upēs makroīfu sugu skaits variē no 1 līdz 22 sugām. Augstākais sugu skaits (15 – 22 sugas) raksturīgs upēm ar augstu aizauguma pakāpi, bet neveidojas vienas sugas monodominantas audzes aizaugušos upju posmos.
2. Vairāk kā pusē apsekoto posmu konstatēta dzeltenā lēpe *Nuphar lutea* un vienkāršā ežgalvīte *Sparganium emersum*, kā arī ļoti bieži ir sastopamas virsūdens augu sugas zarainā ežgalvīte *Sparganium erectum*, parastais miežubrālis *Phalaroides arundinacea* un parastā cirvene *Alisma plantago-aquatica*.
3. Veicot sugu aprakstu analīzi, izdalās sugu grupas, kuras raksturīgas noteiktiem vides apstākļiem upē: grupa ar dominējošo sugu *Nuphar lutea*, ar dominējošo sugu *Sparganium emersum* un grupa ar dominējošām *Lemna sp.* sugām. turpmākajos Latvijas upju makrofītu pētījumos būtu jāpievērš uzmanība ne tikai sugu sastāvam un aizauguma pakāpei, bet arī sugu sabiedrību analīzei un iespējai veikt upju klasifikācijas izstrādi, balstoties uz šo sabiedrību struktūru.
4. Būtiskākā ietekme uz makrofītu sugu skaitu un aizauguma pakāpi Latvijas vidēji lielās upēs ir grunts sastāvam un apēnojuma pakāpei. Būtiska pozitīva korelācija konstatēta starp sugu skaitu un upes platumu, kā arī sugu skaitu un baseina lielumu. Netika atrasta tieša saistība ar straumes ātrumu un upes dziļumu.
5. Analizējot zemes lietojuma veida ietekmi uz makrofītiem, konstatēta makrofītu izplatības saistība ar tīrumu īpatsvaru upes sateces baseina teritorijā, pārējo teritoriju ietekme ir nenozīmīga. Analizējot upes aizauguma pakāpes saistību ar zemes lietojuma veidu un upes sateces baseina platību, konstatēts, ka nevienam no faktoriem nav statistiski būtiskas nozīmes.
6. Lielākā sugu daudzveidība, augstākais sugu skaits posmā un augstāka aizauguma pakāpe raksturīga upēm ar grants-oļu grunti. Zemākā sugu daudzveidība, vadoties pēc Šenona daudzveidības indeksa rezultātiem, ir ātri tekošām smilšainām upēm. Smilšainās un dūņainās upēs makrofītu attīstību nereti ierobežo upes dziļums - lielākais dziļu upju īpatsvars ir upju grupā ar dūņainu grunti, kas nereti mēdz būt arī šauras un apēnotas.
7. Visās upju grupās nozīmīgāko daļu sastāda virsūdens augu sugas, iegremdētie augi lielākā īpatsvarā raksturīgi upēm ar grants-oļu grunti. Peldlapu un brīvi peldošo augu attīstība ir ierobežota strauji tekošās smilšainās upēs. Lielāko īpatsvaru sugu sastāvā brīvi peldošie augi veido lēni tekošās upēs ar grants-oļu grunti.

LITERATŪRAS SARAKSTS

- Ali M.M., Murphy K.J. & Aberneth V.J. 1999. Macrophyte functional variables v. Species assemblages as predictors of trophic status in flowing waters. *Hydrobiologia* 415: 131-138.
- Andrews F.W. 1945. Water plants in the Gezira canals. A study of aquatic plants and their control in the canals of the Gezira cotton area (Anglo-Egyptian Sudan. *Annali Application of Biology* 32: 1-14.
- Arber A.R. 1920. *Water Plants: A Study of Aquatic Angiosperms*. Cambridge University Press, Cambridge, 439 pp.
- Arnell N. 2002. *Hydrology and Global Environmental Change*, Prentice Hall, Malaysia, 346 pp.
- Arhipova, I., Bāliņa, S. 2006. *Statistika ekonomikā un biznesā*. Datorzinību centrs, Rīga, 364 lpp.
- Āboliņa A., 2001. Latvijas sūnu saraksts. *Latvijas Veģetācija* 3: 47-87.
- Baldy V., Trémolières M., Andrieu M. & Belliard J. 2007. Changes in phosphorus content of two aquatic macrophytes according to water velocity, trophic status and time period in hardwater streams. *Hydrobiologia* 575 (1): 343 – 351.
- Barrat-Segretain M.H. & Bornette G. 2000. Regeneration and colonization abilities of aquatic plant fragments: effect of disturbance seasonality. *Hydrobiologia* 421: 31-39.
- Baatrup-Pedersen A. & Riis T. 1999. Macrophyte diversity and composition in relation to substratum characteristics in regulated and unregulated Danish streams. *Freshwater Biology* 42: 375-385.
- Baatrup-Pedersen A., Larsen S.E. & Riis T., 2003. Composition and richness of macrophyte communities in small Danish streams – influence of environmental factors and weed cutting. *Hydrobiologia* 495: 171-179.
- Baatrup-Pedersen A., Szoszkiewicz K., Nijboer R. O'Hare M. & Ferreira T. 2006. Macrophyte communities in unimpacted European streams: variability in assemblage patterns, abundance and diversity. *Hydrobiologia* 566: 179-196.
- Baatrup-Pedersen A., Springe G., Riis T., Larsen S.E., Sand-Jensen K. & Kjellerup Larsen L.M. 2008. The search for reference conditions for stream vegetation in northern Europe. *Freshwater Biology*, Volume 53, Issue 9: 1890 - 1901.
- Barendregt A. & Bio A.M.F. 2003. Relevant variables to predict macrophyte communities in running waters. *Ecological Modelling* 160: 205-217.
- Barko J.W. & Smart R.M. 1981. Sediment-based nutrition of submerged macrophytes. *Aquatic Botany* 10: 339-352.

- Barko J.W., Hardin D.G. & Matthews M.S. 1982. Growth and morphology of submerged freshwater macrophytes in relation to light and temperature. *Canadian Journal of Botany* 60: 877-887.
- Barko J.W. & Smart R.M. 1983. Effects of organic matter additions to sediment on the growth of aquatic plants. *Journal of Ecology* 71: 161-175.
- Barko J.W. & Smart R.M. 1986. Sediment-related mechanisms of growth limitation in submersed macrophytes. *Ecology* 67: 1328-1340.
- Barko J.W., Adams M.S. & Clesceri N.L. 1986. Environmental factors and their consideration in the management of submerged aquatic vegetation: a review. *Journal of Aquatic Plant Management*. 24: 1-10.
- Bernez I., Daniel H. & Haury J. 2001. Effects of perturbations on the aquatic vegetation of regulated river. *Bulletin Francais de la Peche et de la Pisciculture* 357-60, 169-189.
- Best E.P.H. 1995. The impact of mechanical harvesting regimes on the aquatic and shore vegetation in water courses of agricultural areas of the Netherlands. *Vegetatio* 112: 57-71.
- Bienenstamm W. 1826. *Geographischer Abriss der dreideutschen Ostsee-Provinzen Russlands, oder des Gouvernements Ehst-, Liv- und Kurland*. Dreubner, Riga.
- Biggs B.J.F., 1996. Hydraulic habitat of plants in streams. *Regulated Rivers: Research and Management* 12: 131-144.
- Bornette G., Henry C., Barrat M.H. & Amoros C. 1994. Theoretical habitat template, species traits and species richness: aquatic macrophytes in the Upper Rhone River and its floodplain. *Freshwater Biology* 31: 487-505.
- Bornette G., Amoros C. & Lamouroux N. 1998. Aquatic plant diversity in riverine wetlands: the role of connectivity. *Freshwater Biology* 39: 267-283.
- Butcher R. W. 1933. Studies on the ecology of rivers I. On the distribution of macrophytic vegetation in the rivers of Britain. *Journal of Ecology* 21: 58-91.
- Canfield D. E. J. & Hoyer M.V. 1988. Influence of nutrient enrichment and light availability on the abundance of aquatic macrophyte in Florida streams. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 45: 1467-1472.
- Carbiener R., Trémolières M., Mercier J.L. & Ortscheit A. 1990. Aquatic macrophyte communities as bioindicators of eutrophication in calcareous oligotrophic stream waters (Upper Rhine plain, Alsace). *Vegetatio* 86: 71-88.
- Casper J., Krausch H-D. 2008a. Süßwasserflora von Mitteleuropa, Pteridophyta und Anthophyta Teil 2, Band 24/2, Gustav Fischer Verlag, 2nd Ed., 542 pp.

- Casper J., Krausch H-D. 2008b. Süßwasserflora von Mitteleuropa, Pteridophyta und Anthophyta Teil 1, Band 23, Gustav Fischer Verlag, 2nd Ed., 406 pp.
- Chambers P.A. 1982. Light, temperature and the induction of dormancy in *Potamogeton crispus* and *Potamogeton obtusifolius*. Ph.D. thesis. University of St. Andrews.
- Chambers P.A., Prepas E.E., Bothwell M.L. & Hamilton H.R. 1989. Roots versus shoots in nutrient uptake by aquatic macrophytes in flowing waters. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 46: 435-439.
- Chambers P.A., Prepas E.E., Hamilton H.R. & Bothwell M.L., 1991. Current velocity and its effect on aquatic macrophytes in flowing waters. Journal of Applied Ecology 1: 249-257.
- Chytrý M. (ed.) 2007. Vegetace České republiky. 1. Travinná a keříčková vegetace. Academia, Praha, 526 pp.
- Cimdiņš P., Druvietis I., Liepa R., Parel, E., Urtāne L. & Urtāns A. 1995. A Latvian catalogue of indicator species of freshwater saprobity. Proceedings of the Latvian Academy of Sciences, Section B, 1/2 (570-571), 122-133.
- Cimdiņš P. 2001. Limnoekoloģija, Latvijas Universitāte, Rīga, 158 lpp.
- Clarke S.J. & Wharton G. 2001. Sediment nutrient characteristics and aquatic macrophytes in lowland English rivers. Sciences of Total Environment 266: 103-112.
- Clarke S.J. 2002. Vegetation growth in rivers: influences upon sediment and nutrient dynamics. Progress in Physical Geography 26 (2): 159-172.
- Comin F.A., Romero J.A., Astorga V. & García C. 1997. Nitrogen removal and cycling in restored wetlands used as filters of nutrients for agricultural runoff. Water Science and Tehnology 35: 255-261.
- Cukurs T. 1980. Ūdensaugi, biosfēra, cilvēks. Zinātne, Rīga, 64.lpp.
- Daniel H. & Haury J. 1995. Effects of fish farm pollution on phytocenoses in an acidic river (the River Scorff, South Brittany, France). Acta Botanica Gallica 142: 639-650.
- Daniel H., Bernez I. & Haury J. 2006. Relationships between macrophytic vegetation and physical features of river habitats: the need for a morphological approach. Hydrobiologia 570: 11-17.
- Dawson F.H., 1988. Water flow and the vegetation of. running waters. In: Vegetation of Inland Waters (ed. Symoens J.J.). Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 283–309.

- Dawson F.H. & Kern-Hansen U. 1977. Aquatic weed management in natural streams; the effect of shade by marginal vegetation. Proc. 10th Congr. Int. Ver. Theor. Angew. Limnol. Copenhagen. 1451-1456.
- Dawson F.H., Raven P.J. & Gravelle M.J. 1999. Distribution of the morphological groups of aquatic plants for rivers in the U.K. *Hydrobiologia* 415: 123-130.
- Dawson F.H. & Szoszkiewicz K. 1999. Relationships of some ecological factors with the associations of vegetation in British rivers. *Hydrobiologia* 415: 117-122.
- Dawson F.H., Newman J.R., Gravelle M.J., Rouen K.J. & Henville P. 2000. Assessment of the trophic status of rivers using macrophytes. Evaluation of the Mean Trophic rank, R&D Tehnical Report E 39, Environmental Agency, 178 pp.
- Demars B.O.L. & Harper D.M. 1998. The aquatic macrophytes of an English lowland river system: assessing response to nutrient enrichment. *Hydrobiologia* 384: 75-88.
- Denny P. 1980. Solute movement in submerged angiosperms. *Biological Reviews* 55: 65-92.
- Dingman S. L. 2002. *Physical Hidrology*, Waveland Press, Inc., USA, 646 pp.
- Engelhardt K.A.M. & Ritchie M.E. 2001. Effects of macrophyte species richness on wetland ecosystems and services. *Nature* 411: 687-689.
- Feoli E. & Gerdol R. 1982. Evaluation of syntaxonomic schemes of aquatic plant communities by cluster analysis. *Vegetatio* 49: 21-27.
- Fischer J.B. 1791. *Versuch einer Naturgeschichte von Livland*, 2. Aufl. Königsberg: XXIV+826.
- Fox A.M. 1992. Macrophytes. In Calow P. & Petts G.E. (ed.) *The Rivers Handbook Hydrological and Ecological Principles*. Blackwell Scientific Publications, Oxford: 216 – 233.
- Franklin P., Dunbar M. & Whitehead P. 2008. Flow controls on lowland river macrophytes: A review. *Science of the Total Environment* 400 (1-3): 369-378.
- French T.D. 1995. Environmental factors regulating the biomass and diversity of aquatic macrophyte communities in rivers. M.Sc.thesis, University of Alberta, Edmonton, Alberta, Canada, 145 pp.
- French T.D. & Chambers P.A. 1996. Habitat partitioning in riverine macrophyte communities. *Freshwater Biology* 36: 509-520.
- Furse M., Hering D., Moog O., Verdonschot P., Johnson R., Brabec K., Gritzalis K., Buffagni A., Pinto P., Friberg N., Murray-Bligh J., Kokes J., Alber R., Usseglio-Polatera P., Haase P., Sweeting R., Bis B., Szoszkiewicz K., Soszka H., Springe G., Sporka F. & Krno I. 2006. The STAR project: context, objectives and approaches. *Hydrobiologia* 566, 3-29.

- Gantes H.P. & Caro A.S. 2001. Environmental heterogeneity and spatial distribution of macrophytes in plain streams. *Aquatic Botany* 70: 225-236.
- Gavrilova G., Šulcs V, 1999. Latvijas vaskulāro augu flora. Taksonu saraksts. Latvijas Universitātes Bioloģijas institūts, Botānikas laboratorija, Rīga. 136 pp.
- Gessner F. 1955. Hydrobotanik. Die physiologischen Grundlagen der Pflanzenverbreitung im Wasser. I. Energiehaushalt. – VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften, Berlin.
- Gordon N.D., McMahon T.A. & Finlayson B.L. 1992. Stream hydrology: An introduction for ecologists. Wiley, Toronto.
- Grasmück N., Haury J., Léglize L. & Muller S. 1995. Assessment of bio-indicator capacity of aquatic macrophytes using multivariate analysis. *Hydrobiologia* 300/301: 115-122.
- Gregg W.W. & Rose F.L. 1982. The effects of aquatic macrophytes on the stream micro-environment. *Aquatic Botany* 14: 309-324.
- Grime J.P. 1973. Competitive exclusion in herbaceous vegetation. *Nature* 242: 344-347.
- Grīnberga L. & Priede A. 2010. *Elodea canadensis* in Latvia. *Acta Biologica Universitatis Daugavpiliensis* 10 (1): 43 – 50.
- Haag R.W. & Gorham P.R. 1977. Effects of thermal effluent on standing crop and net production of *Elodea canadensis* and other submerged macrophytes in Lake Wabamum, Alberta. *Journal of Applied Ecology* 14: 835-851.
- Harper D.M. 1992. Eutrophication of freshwaters: principles, problems and restoration. London: Chapman and Hall 327 pp.
- Harper D.M., Kemp J.L., Vogel B. & Newson M.D. 2000. Towards the assessment of „ecological integrity” in running waters of the United Kingdom. *Hydrobiologia* 422: 133-142.
- Harrison R. M. 1996. Pollution: Causes, Effects and Control, 3rd edition. Royal Society of Chemistry. 480 pp.
- Haslam S.M. 1987. River Plants of Western Europe. Cambridge University Press, Cambridge, 512 pp.
- Haslam S. M. 2006. River Plants: The Macrophytic Vegetation of Watercourses (2nd revised edition). Cambridge University Press, Cambridge, 438 pp.
- Haury J., Thiebaut G. & Muller S. 1994. Les groupements rhéophiles des rivières acides du Massif armoricain, des Vosges du Nord et de Lozère – Position dans le contexte Ouest-Européen. In 37th IAVS Symposium on Large area vegetation surveys, Bailleul, France, Colloques Internationaux de Phytosociologie, 145-168.

- Haury J. & Aïdara L.G. 1999. Macrophyte cover and standing crop in the River Scorff and its tributaries (Brittany, northwestern France): scale, patterns and process. *Hydrobiologia* 415: 109 – 115.
- Hennekens S.M. 1995. TURBO(VEG). Software package for input, processing and presentation of phytosociological data. User's guide. Wageningen/Lancaster.
- Henry C.P., Amoros C. & Bornette G. 1996. Species traits and recolonization processes after flood disturbances in riverine macrophytes. *Vegetatio* 122: 13-27.
- Hill M.O., Šmilauer P. 2005. TWINSpan for Windows version 2.3. Centre for Ecology and Hydrology & University of South Bohemia, Huntingdon & České Budějovice.
- Holmes N.T.H. & Newbold C. 1984. River plant communities – reflectors of water and substrate chemistry. *Focus on Nature Conservation* 9: 4-73.
- Holmes N.T.H. 1996. The use of riverine macrophytes for the assessment of trophic status: review of 1994/95 data and refinements for future use. A report to the National Rivers Authority, National Rivers Authority Region, Peterborough.
- Holmes N.T.H., Boon P.J. & Rowell T.A. 1998. A revised classification system for British rivers based on their aquatic plant communities. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 8: 555-578.
- Holmes N. T. H., Newman J. R., Chadd S., Rouen K. J., Saint L., Dawson F.H. 1999. Mean Trophic Rank: A Users Manual, R&D Technical Report E38, Environment Agency of England, Bristol, 134 pp.
- Hughes L. 2000. Biological consequences of global warming: is the signal already apparent? *Trends in Ecology and Evolution* 15: 56-61.
- Hynes H.B.N. 1970. The ecology of running waters. University of Toronto Press, Toronto, 555 pp.
- Janauer G. 2001. It what has been measured of any direct relevance to the success of the macrophyte in its particular environment? *Journal of Limnology* 60 (1): 33-38.
- Janauer G. & Dokulil M. 2006. Macrophytes and algae in running waters, In: Biological monitoring of rivers, Ed. by G. Ziglio, M. Siligardi and G. Flaim, John Wiley & Sons, Ltd., 486 pp.
- Kankaala P., Ojala A., Tulonen T. & Arvola L. 2002. Changes in nutrient retention capacity of boreal aquatic ecosystems under climate warming: a simulation study. *Hydrobiologia* 469: 67-76.
- Kelly M.G. & Whitton B.A. 1994. Plants for monitoring rivers. Workshop Report, University of Durham, R&D Note 366, National Rivers Authority 34 pp.
- Kelly M.G. & Whitton B.A. 1998. Biological monitoring of eutrophication in rivers. *Hydrobiologia* 384: 55-67.

- Kent M. & Coker P. 1992. *Vegetation description and analysis. A practical approach.* Wiley, UK, 354 pp.
- Kern-Hansen U. & Dawson F.H. 1978. The standing crop of aquatic plants of lowland streams in Denmark and their inter-relationship of nutrients in plant, sediment and water. In: *Proceedings of European Weed Research Society Fifth Symposium on Aquatic Weeds, Amsterdam, The Netherlands*, 143-150.
- Kirk J.T.O. 1994. *Light and photosynthesis in aquatic ecosystems.* 2nd edition. Cambridge University Press, 509 pp.
- Klosowscy S.G. 2007. *Rosliny wodne i bagienne.* Multico, Warszawa. 334 pp.
- Kļaviņš M. & Cimdiņš P. 2004. *Ūdeņu kvalitāte un tās aizsardzība, Latvijas Universitātes Akadēmiskais apgāds, Rīga*, 204 lpp.
- Koch E. W. 2001. Beyond light: physical, geological, and geochemical parameters as possible submersed aquatic vegetation habitat requirements. *Estuaries*: 24 (1): 1-17.
- Kolher A. 1971. Zur Ökologie submerser Gefäß-Makrohyten in Fließgewässern. *Berichte Der Deutschen Botanischen Gesellschaft* Bd. 84: 713-720.
- Kolher A. & Schneider S. 2003. Macrophytes as bioindicators. *Archiv für Hydrobiologie* 147 (1-2): 17-31.
- Kumsāre A. 1958. *Ūdens augi un to nozīme, Latvijas PSR Zinātņu akadēmijas izdevniecība, Rīga*, 55 lpp.
- Latvijas Vides, ģeoloģijas un meteoroloģijas aģentūra. 2005. *Upju baseinu apgabalu raksturojums. Antropogēno slodžu uz pazemes un virszemes ūdeņiem vērtējums.*
- Léglize L., M. C. Peltre J. P. Decloux T. Duval P. Paris & Zumstein J. F. 1990. Caractérisation des milieux aquatiques d'eaux courantes et végétation fixée. In *Journées internationales d'études sur la lutte contre les mauvaises herbes, 14 ème conférence du COLUMA, Versailles*: 237–245.
- Lepš J. & Šmilauer P. 2003. *Multivariate Analysis of Ecological Data using CANOCO.* Cambridge: Cambridge University Press, 269 pp.
- Madsen J.D., Chambers P.A., James W.F., Koch E.W. & Westlake D.F. 2001. The interaction between water movement, sediment dynamics and submersed macrophytes. *Hydrobiologia* 444: 71-84.
- Makkay K., Pick F. R. & Gillespie L. 2008. Predicting diversity versus community composition of aquatic plants at the river scale. *Aquatic Botany* 88 (4): 338 – 346.
- McCune B. & Mefford J. 1999. *Multivariate Analysis of Ecological Data. Version 4.17.* MjM Software, Gleneden Beach, Oregon, USA.

- Ministru kabineta noteikumi Nr. 858 „Noteikumi par virszemes ūdensobjektu tipu raksturojumu, klasifikāciju, kvalitātes kritērijiem un antropogēno slodžu noteikšanas kārtību”. Pieņemti 2004. gada 19. oktobrī. Latvijas Vēstnesis 168 (3116), 22.10.2004.
- Minshall G.W. 1978. Autotrophy in stream ecosystems. *BioScience* 28 (12): 767 – 771.
- Moss B. 1998. *Ecology of fresh waters: man and medium, past to future*. Blackwell Science, Oxford.
- Mossberg B., Stenberg L. 2003. *Den nya Nordiska Floran*. Wahlström & Widstrand, 927 pp.
- Muotka T. & Virtanen R. 1995. The stream as a habitat for bryophytes: species distribution along gradients in disturbance and substratum heterogeneity. *Freshwater Biology* 33: 141-160.
- Newbold C., & Palmer M.A. 1979. Trophic adaptations of aquatic plants. Chief Scientist's Team Notes: 18, London, Nature Conservancy Council.
- Nilsson C. 1987. Distribution of stream-edge vegetation along a gradient of current velocity. *Journal of Ecology* 75: 513-522.
- Oberdorfer E. 1990. *Planzensoziologische Exkursions flora*, 6 th ed. Stuttgart, Ulmer, 1050 pp.
- Odum E. P. 1966. *Ecology*. New Your, University of Georgia. 152 pp.
- Onaindia M., Amezaga I., Garbisu C. & García-Bikuña B. 2005. Aquatic macrophytes as biological indicators of environmental conditions of rivers in north-eastern Spain. *International Journal of Limnology* 41 (3): 175-182.
- Paal J. & Trei T. 2004. Vegetation of Estonian watercourses, the drainage basin of the southern coast of the Gulf of Finland. *Annali Botanica Fennici* 41: 157-177.
- Paal J. & Trei T. 2006. Vegetation of Estonian watercourses, II Drainage basin of lakes Peipsi and Võrtsjärv. *Annali Botanica Fennici* 43: 13-35.
- Paal J., Trei T. & Viik M. 2007. Vegetation of Estonian watercourses, III. Drainage basins of the Moonsund Sea, the Gulf of Riga and Saarema Island. *Annali Botanica Fennici* 44: 321-344.
- Pelton D.K., Levine S.N. & Braner M. 1998. Measurements of phosphorus uptake by macrophytes and epiphytes from the LaPlatte River (VT) using ³²P in stream microcosms. *Freshwater Biology* 39: 285-299.

- Pētersone A. & Birkmane K. 1980. Latvijas PSR augu noteicējs. 2.izd. Zvaigzne, Rīga, 590 pp.
- Petticrew E.L. & Kalff J. 1992. Water flow and clay retention in submerged macrophyte beds. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 49 (12): 2483-2489.
- Preston C.D. & Croft J.M. 2001. *Aquatic plants in Britain and Ireland*. Harley Books, Colchester, Essex, 365 pp.
- Rathlef K. 1852. Skizze der orographischen und hydrographischen Verhältnisse von Liv-, Esth und Kurland. Reval, 219.
- Riis T. & Biggs J.F., 2001. Distribution of macrophytes in New Zealand streams and lakes in relation to disturbance frequently and resource supply – a synthesis and conceptual model. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research* 35: 255-267.
- Riis T., Sand-Jensen K. & Larsen S.E. 2001. Plant distribution and abundance in relation to physical conditions and location within Danish stream systems. *Hydrobiologia* 448: 217-228.
- Riis T., Sand-Jensen K. & Vestergaard O. 2000. Plant communities in lowland Danish streams: species composition and environmental factors. *Aquatic Botany* 66: 255-272.
- Riis T. & Biggs J.F., 2003. Hydrologic and hydraulic control of macrophyte establishment and performance in streams. *Limnology and Oceanography* 48: 1488-1497.
- Riis T., 2008. Dispersal and colonisation of plants in lowland streams: success rates and bottlenecks, *Hydrobiologia* 596 (1): 341-351.
- Riis T., Madsen T.V. & Sennels R.S.H. 2009. Regeneration, colonisation and growth rates of allofragments in four common stream plants. *Aquatic Botany* 90: 209 – 212.
- Robach F., Thiébaud G., Trémolières M. & Muller S.A. 1996. A reference system for continental running waters: plant communities as bioindicators of increasing eutrophication in alkaline and acidic waters in north east of France. *Hydrobiologia* 340: 67-76.
- Rodwell J.S. (ed.), Pigott C.D., Ratcliffe D.A., Malloch A.J.C., Birks H.J.B., Proctor M.C.F., Shimwell D.W., Huntley J.P., Radford E., Wiggington M.J. & Wilkins P., 1991. *Aquatic communities, swamps and tall-herb fens*. In: *British Plant Communities*. Vol. 4. Cambridge University Press, Cambridge, 283 pp..
- Sand-Jensen K. & Søndergaard M. 1979. Distribution and quantitative development of aquatic macrophytes in relation to sediment characteristics in oligotrophic lake Kalgaard, Denmark. *Freshwater Biology* 9: 1-11.

- Sand-Jensen K., Jeppesen E., Nielsen K., van der Bijl L., Hjermand L., Nielsen L.W. & Iversen T.M. 1989. Growth of macrophytes and ecosystem consequences in a lowland Danish stream. *Freshwater Biology* 22: 15-32.
- Schneider S., Krumpholz T. & Melzer A. 2000. Trophienindikation in Fließgewässern mit Hilfe des TIM (Trophic-Index Makrophyten) – Erprobung eines neu entwickelten Index im Inniger Bach. *Acta Hydrochim. Hydrobiologia* 28 (5): 241-249.
- Sculthorpe C.D. 1967. *The Biology of Aquatic Vascular Plants*. Edward Arnold, London, 610 pp.
- Sinkeviciene Z.V. 1992. Characterization of the Lithuanian medium and small rivers vegetation. Thesis of the candidate of biological sciences. Institute of Biology, Vilnius. (In Russian).
- Sirjola E. 1969. Aquatic vegetation of the river Teuronjoki, south Finland, and its relation to water velocity. *Annali Botanica Fennici* 6: 68-75.
- Schaumburg J., Schranz C., Foerster J., Gutowski A., Hofmann G., Meilinger P., Schneider S. & Schmedtje U. 2004. Ecological classification of macrophytes and phytobenthos for rivers in Germany according to the Water Framework Directive. *Limnologica* 34:283-301.
- Schneider S. & Melzer A. 2004. Sediment and water nutrient characteristics in patches of submerged macrophytes in running waters. *Hydrobiologia* 527: 195-207.
- Springe G., Sandin L., Briede A. & Skuja A. 2006. Biological quality metrics: their variability and appropriate scale for assessing streams. *Hydrobiologia* 566: 153-172.
- Springe G., Grinberga L. & Briede A. 2010. Role of the hydrological and hydromorphological factors in ecological quality of the medium-sized lowland streams. *Hydrology Research*, 41.3-4: 330 – 337.
- Symes K. L., Armitage P. D. & Cannan C. E. 1997. Application of the relational database approach to a nested study of biological and physical data from a lowland river. *Regulated Rivers Res. Mgmt* 13: 185–198.
- Šķiņķis C. 1992. *Hidromeliorācijas ietekme uz dabu*. Rīga, Zinātne, 299 lpp.
- SPSS Inc., 2000. *Systat for Windows, Version 10*, SPSS Inc., Chicago, IL, USA.
- Thiébaud G. & Muller S. 1999. A macrophyte communities sequence as an indicator of eutrophication and acidification levels in weakly mineralised streams in north-eastern France. *Hydrobiologia* 410: 17-24.
- Titus J. E. & Adams M. S. 1979. Comparative carbohydrate storage and utilization patterns in the submersed macrophytes, *Myriophyllum spicatum* and *Vallisneria americana*. *The American Midland Naturalist Journal* 102: 263-272.

- Trémolières M., Carbiener R., Ortscheit A. & Klein J.P. 1994. Changes in aquatic vegetation in Rhine floodplain streams in Alsace in relation to disturbance. *Journal of Vegetation Science* 5: 169-178.
- Trempe H. & Kohler A. 1995. The usefulness of macrophyte monitoring-systems, exemplified on eutrophication and acidification of running waters. *Acta Botanica Gallica* 142 (6): 541-550.
- Trempe H. 2007. Spatial and environmental effects on hydrophytic macrophyte occurrence in the Upper Rhine floodplain (Germany). *Hydrobiologia* 586: 167-177.
- Urtāns A. 1995. Macrophytes used as indicators of river water quality in Latvia. *Proceedings of the Latvian Academy of Sciences*, 3/4: 106-107.
- Vannote R.L., Minshall G.W., Cummins K.W., Sedell J.R. & Cushing C.E., 1980. The river continuum concept. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 37: 130–137.
- Vereecken H., Baetens J., Viaene P., Mostaert F. & Meire P. 2006. Ecological management of aquatic plants: effects in lowland streams. *Hydrobiologia* 570: 205-210.
- Zīvertis A. 1995. Ievads hidroloģijā: Mācību palīglīdzeklis būvniecības, mežsaimniecības, vidussaimniecības un zemes ierīcības specialitāšu studentiem. Latvijas Lauksaimniecības universitāte, Jelgava, 97.lpp.
- Zviedre E. 2007. Genus *Chara* L. in Latvia - freshwater species and their identification. *Acta Biologica Universitatis Daugavpiliensis* 7 (2): 139-147.
- Walling D.E. & Webb B.W. 1996. Water quality: I. Physical characteristics. In: *River Flows and Channel Forms*, Petts G. and Callow P. (eds.), Blackwell, Oxford: 77 – 101.
- Water quality - Guidance standard for the surveying of aquatic macrophytes in running waters. 2003. EVS-EN 14184: 2003, European Committee for Standardization, European Standard, Brussels.
- Watson D., 1987. Hydraulic effects of aquatic weeds in U.K. rivers. *Regulated Rivers* 1: 211-227.
- Westlake D. F., 1975. Macrophytes. In: B.A. Whitton (ed.) *River ecology*. University of California Press, Berkeley, California, 106-128.
- Westlake D.F. 1982. Ecology-community metabolism and production: the primary productivity of water plants. In: Symoens J.J., Hooper S.S., Compere P. *Studies on aquatic vascular plants*. Royal Botanical Society of Belgium, Brussels, 165-180.
- Wetzel R.G. 1983. *Limnology*. 2nd ed. Saunders College Publishing, 519 – 550.lpp.

- Wiegand G. 1981. Application of multiple discriminant analysis on the analysis of the correlation between macrophyte vegetation and water quality in running waters of central Europe. *Hydrobiologia* 79: 91-100.
- Wiegand G. 1984. A study of habitat conditions of the macrophytic vegetation in western Lower Saxony (Federal Republic of Germany). *Aquatic Botany* 18: 313-352.
- Willby N.J., Abernethy V.J. & Demars B.O.L. 2000. Attribute-based classification of European hydrophytes and its relationship to habitat utilization. *Freshwater Biology* 43: 43-74.
- Willby N.J., Pygott J.R. & Eaton J.W. 2001. Interrelationships between standing crop, biodiversity and trait attributes of hydrophytic vegetation in artificial waterways. *Freshwater Biology* 46: 883-902.
- Willby N.J. 2002. Range size in river plants: an empirical test of the relative roles of biological traits in dispersal and colonisation. In: Dutartre A. & Montel M.H. (eds.) *Proceedings of the 11th EWRS International Symposium on Aquatic Weeds, Moliet et Maâ (France), September 2-6, 2002*. European Weed Research Society, France, 55-58.

	Upe	Vieta	X	Y
1	Abuls	Iejpus Smiltenes, Lūķi	611524	6371358
2	Abze	Silamuiža, Kaļķi-Abzas	578794	6299855
3	Aģe	Saulītes, Lejasozoli	532787	6356674
4	Aģe	Lēdurgas ceļš, Ložkalni	541487	6355917
5	Ālānde	Grobiņa, Iļģu pag.	327964	6268780
6	Alokste	Vārsbergi	355321	6294945
7	Alokste	Apriķos	348151	6298213
8	Amata	Ķikši, Ķieģelnīca	582490	6339661
9	Amula	Jaunvarieba	419255	6302630
10	Amula	Venteri, Zante	417085	6298230
11	Amula	Kalnmuiža	417713	6318089
12	Arona	Zelgauska	628866	6304537
13	Arona	Iedzēni, Ozoliņi	629581	6300389
14	Arona	Iejtece	625076	6287371
15	Auce	Skujaine, Apgulde	455095	6261863
16	Auce	Iejpus Kroņauces	461572	6264679
17	Auce	augšpus Kroņauces	454790	6261822
18	Auce	uz Īles ceļa	442529	6263987
19	Bērze	Gardenes stacija	450055	6279768
20	Bērze	Zebrene, Eglītes	430731	6272417
21	Bolupe	Lubānas - Balvu ceļš	682053	6324278
22	Brasla	Iejpus zivjaudzētavas	556723	6349499
23	Brasla	Rotenbergi	550704	6372268
24	Briede	Briedupes	572704	6392514
25	Ciecere	augšpus Paksītes	385581	6284344
26	Ciecere	Saldū	408713	6281440
27	Ciecere	Iejpus Saldus	403322	6279586
28	Durbe	Upsēdē	333520	6294945
29	Durbe	Cīravā	339721	6291413
30	Dursupe	Mežbolas	436063	6338540
31	Dursupe	Jaunplavās	442734	6341151
32	Dzedrupe	augštece, Jādekšas	437489	6347499
33	Dzedrupe	Dzedros	440575	6345750
34	Džūkste	pēc Dunduru plavām	466107	6298706
35	Džūkste	pie Jūrmalas šosejas	472173	6298852
36	Ezere	Druvas, Līkupēni	409141	6253831
37	Grīva	Vandzene, Jozupi	430913	6356217
38	Iģe	Mīlēni	554670	6409052
39	Imula	Variebā	413207	6303188
40	Imula	pie Velna grābiņa	416046	6315285
41	Īslīce	Pilsrundāle	500081	6253943
42	Jaša	Nidermuižā	668859	6223548
43	Jaša	Pelēčos	669604	6225883
44	Koja	Marijas muiža	368028	6272757
45	Koja	Lēnas	375244	6277797
46	Krievupe	Kosas, Plānupe	541001	6322759

47	Kuja	Varakļānu ceļš	644641	6294652
48	Ķekava	Iejpus Baldones	520895	6289407
49	Lauce	Sērenē	574640	6270851
50	Liede	Lubānas - Balvu ceļš	666711	6311806
51	Liede	Indrāni	660622	6313149
52	Lielā Jugla	pirms Augšciema	548944	6312615
53	Līkupe	Zvārdes mežos	411400	6258654
54	Lobe	pēc Lobes, Margas	571407	6288656
55	Lonaste	Silciems	388262	6373377
56	Malta	Leimanišķi	699653	6246305
57	Malta	Silmalā	691410	6254623
58	Mazā Jugla	Tūrkalne, Vasiļi	541147	6303264
59	Mazā Jugla	Jugla, Kangari	545717	6307054
60	Melnupe	Alūksne-Rīga	677424	6367967
61	Mergupe	Nītaure	572622	6326320
62	Mergupe	vidustece	567465	6320764
63	Mergupe	Stieķi	562895	6318347
64	Misa	Dzelzāmurs	521441	6280085
65	Misa	pēc satekas ar Taļķi	525953	6276236
66	Palsa	šoseja	628965	6350238
67	Palsa	Variņos	630837	6355601
68	Paparze	Alūksnes ceļš	683936	6352274
69	Pērse	augšpus Kokneses	589500	6281041
70	Pēterupe	Pabažos	529572	6345222
71	Platone	Poķos	480058	6262497
72	Platone	Veczāmeļi	476285	6252341
73	Raķupe	Lielsalas	401479	6359836
74	Rauna	Iejpus Raunas	597033	6357055
75	Rauna	Baltais sils	593965	6359795
76	Rauna	Valmieras ceļš	582519	6358704
77	Raunis	augšpus šosejas	590122	6348074
78	Raunis	Veselavas ceļš	586291	6351277
79	Raunis	pie Vaives dzirnavām	584590	6355055
80	Rauza	Launkalne	614592	6357636
81	Rauza	vidustece	617678	6360300
82	Rauza	Rauza	626143	6363978
83	Riežupe	Iejpus Rimzātu dīķiem	382630	6317796
84	Riežupe	vidustece	380870	6318019
85	Riežupe	Riežupes alas	377479	6320113
86	Rinda	Rindā	373361	6377119
87	Rītupe	Stiglavā	724527	6289601
88	Rīva	Maras, Basi	358911	6305405
89	Rīva	Adze, Gudenieki	351472	6302319
90	Roja	Rude	423902	6371282
91	Rūja	Rūjas skola	574986	6418673
92	Ruņa	pie Augustes	361891	6254137
93	Seda	Sedaskalni	584877	6405948

1.pielikuma turpinājums

94	Sesava	pēc Dzirnkiem	491034	6269032
95	Sesava	Sesava	490934	6253450
96	Slocene	augšpus Valguma	458369	6316089
97	Stende	Iliņi	399631	6347769
98	Stende	Ancē	381814	6377495
99	Strīkupe	lejpus Vaidavas ezera	576007	6365779
100	Strīkupe	mežā	576177	6361356
101	Strīkupe	lejtece	574599	6358381
102	Suda	pirms ietekas L.Juglā	555503	6315848
103	Svētupe	Lauvas	532535	6395969
104	Svitene	pie Staļģenes	494683	6269654
105	Svitene	Bērstele	495405	6253925
106	Šķēde	lejpus Šķēdes, Mālīši	400828	6303100
107	Šķēde	Vārmē	393466	6306749
108	Tartaks	Antāni	677870	6219799
109	Tebra	Apriķos	346943	6298330
110	Tērvete	Tērvetē	461507	6260220
111	Tilža	Krišjāņos	700855	6300577
112	Tirza	Grote	642101	6331600
113	Tirza	Tirzā	646917	6335220
114	Tirza	Branti, dzirnavas	649704	6338200
115	Tumšupe	pēc Allažmuižas	547161	6320260
116	Vaidava	Alūksne-Māriņkalns	679530	6374738
117	Vaidava	Ape	661701	6381085
118	Vārniene	pie Rugājiem	690642	6324284
119	Vārtāja	Vārtājas pilskalns	339293	6263547
120	Veseta	Vesetnieki mežā	612679	6286356
121	Vēždūka	Zūru mežniecība	365822	6350520
122	Viesate	ceļš uz Jaunpili	440258	6298359
123	Viesīte	Saukas mežos	583023	6253350
124	Viesīte	Neretas ceļš	575702	6253790
125	Vija	Jērcēni, Vecvēģeri	614187	6381291
126	Vircava	Lielvircavā	485079	6262708
127	Vircava	Bērvircava	484815	6253086
128	Vitrupe	pirms Vitrupes	523788	6388994
129	Vizla	Palsmanes mežā	634732	6362734
130	Zalvīte	pirms Zalves	574904	6244949
131	Zaņa	Zaņenieki	396141	6267389
132	Zvirgzde	Zvirgzdē	527548	6277938

STAR – Macrophyte field survey form [compatible with STAR hydromorphology]

Country/Region River Mergupe Site augštece Date 21.06.2007
 Start time Surveyor name Site reference Map/GPS: upstream.....
 Indicate: Wadeable (0.7 m/1.3 m) /Non-wadeable / Bank survey /Boat :downstream /centre.....
 Estimated Area-Cover – length 100 m or

A-I OPTIONAL see STAR site protocol

A. Water Width (m): **C. Depth(m):** **D. Substrate (mm):** **E. Flow Types** decreasing energy
 <1% <0.25% Bedrock% Free-fall%
 1-5% 0.25-0.5% Boulders/cobbles(>64)% Chute%
 5-10% 0.5-1% Pebble/gravel (2-64)% Chaotic%
 10-20% >1% Sand (0.06-2)% (= 2/3 high-energy flow types)
 >20% Silt (fine)% Broken standing waves%
 Clay (solid, sticky)% Unbroken stand. waves%
 Peat% Rippled%
 Artificial% Upwelling%
 Not known% Smooth%
 None% no perceptible flow%
 [record cover of silt over other substrates]% None/no water%

B. River width (m): bankfull/ inner bank
 transect 1 2 3 4 5
 left bank to water 2.1 0.4 1.1 0.2 0.8 0.34
 left water to right water 2.8 2.7 2.6 3.3 3.8 2.5
 right bank to water 0.4 0.5 0.1 0.1 0.2 3

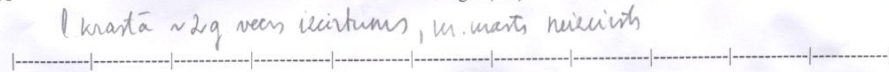
F. Water Clarity:
 Clear (visibility >2m)
 Cloudy (visibility 1-2m)
 Turbid (visibility <1m)
 OR Secchi depth (m) =

G. Bed stability
 Solid/Firm% Stable 80 %
 Unstable 20 % Soft/Sinking%

H. Shade of channel surface: Left Right
 direct shade over water absent
 broken <33% (present)
 dense >33% (extensive)
noēnotāks kr. maists

I. Channel Modifications: Affected by
 Not Known 20 % Dams/Weirs%
 None% Ford%
 Resectioned% Deflectors/groynes%
 Reinforced% Other%

Location Sketch Map (1-2 km): mark 100 m plant site, 500 m hydromorphology site, permanent site features eg road, trees, AND Indicate discharge(s), other inputs, tributaries, weirs & other artificial features, areas of dense shade. u/s length (km) d/s



Pēc apsesta poma - nūcēnāts

Site sketch Map(s) completed: 100 m 500 m
 Habitat Notes:

*Veģas kopā:
 Veronica bec. - 2
 Font. antip. - 2
 Mimosa pt. - 2
 Glyceria fluit. - 2*

Photographs... Locations facing upstream/downstream, and numbers: total no:.....
 Confidence in results - degree NOT modified: A (<25% affected); B (25-50%); C (>50%)

Measure of confidence for comparability of survey lengths in comparable pairs or sets of sites
 Site name Comparison Site name Measure of confidence
 (I >75%; II 50-75%; III <50%)

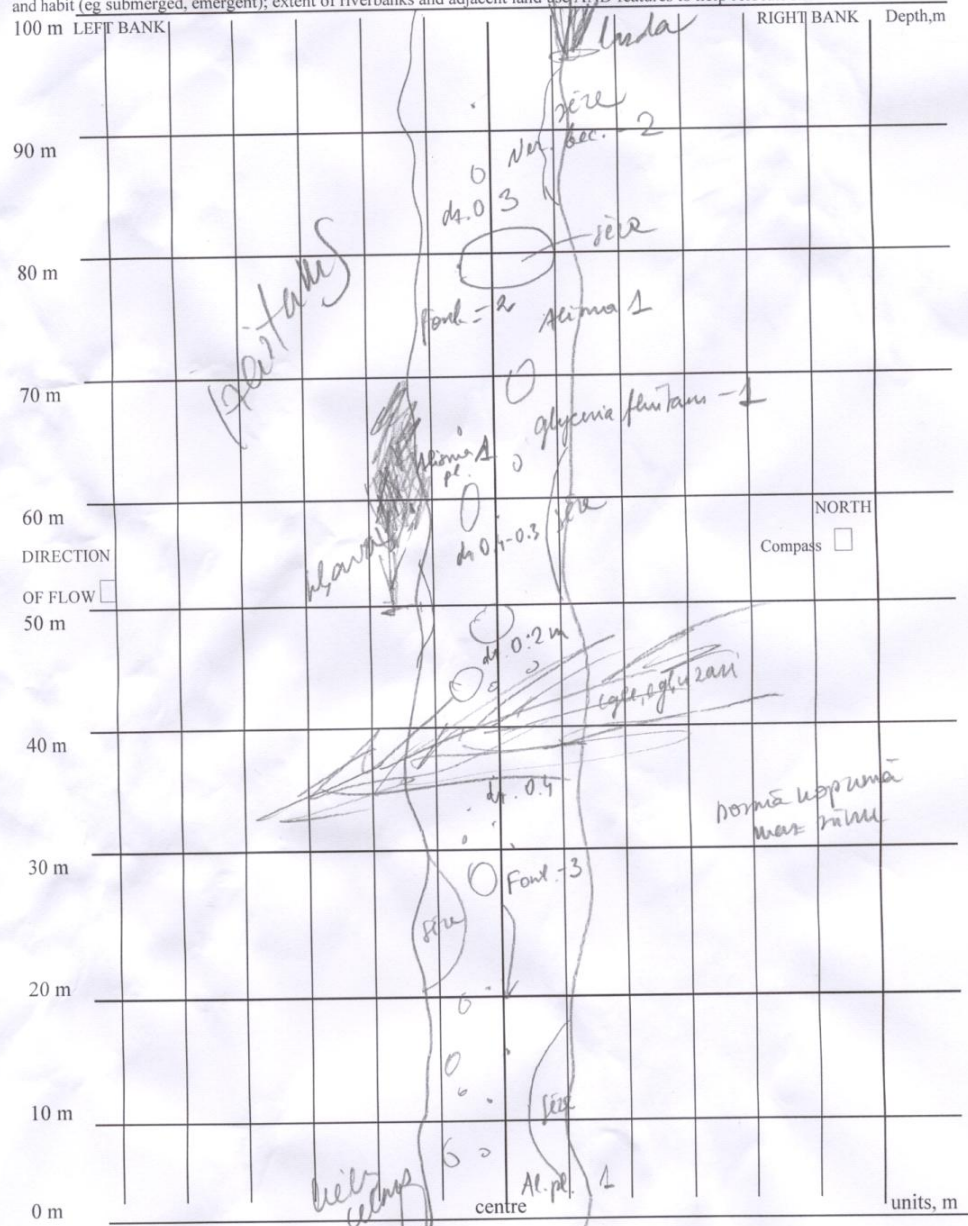
- 1)
 2)
 3)

Quality Assurance Audit Protocol : Level 1 Level 2 None Is this an audit survey? Yes No

STAR- Macrophyte field survey 100m sketch map

Country/Region River *Aluona* Site *Aluona* Surveyor Date *21.06.2007*

Mark and clearly label main features on sketch map, include: width of river channel (in m); depth of water (in m) and dry areas; substrates (hydro-morph classes) shade-position (dashed line) and density (hatch); dominant macrophyte stands with abbreviation of species (see list) and habit (eg submerged, emergent); extent of riverbanks and adjacent land use AND features to help relocate site.



Ramūnigas apaugūtas ūdes -
 Re. sylv.
 Myos. pal.
 Uid.
 Ran. upers

Sugas nosaukums*	Akronīms	Sugas latviskais nosaukums**
<i>Acorus calamus</i> L.	Aco_cala	Smaržīgā kalme
<i>Alisma plantago-aquatica</i> L.	Ali_plan	Parastā cirvene
<i>Amblystegium riparium</i> (Hedw.) B., S. et G.	Amb_ripa	Krasta strupknābīte
<i>Batrachium circinatum</i> (Sibth.) Spach	Bat_circ	Apalāpu ūdensgundega
<i>Batrachium</i> sp.	Bat_spec	Ūdensgundega
<i>Batrachium trichophyllum</i> (Chaix) Bosch	Bat_tric	Spilvlapu ūdensgundega
<i>Berula erecta</i> (Huds.) Coville	Ber_erec	Stāvā berula
<i>Butomus umbellatus</i> L.	But_umbe	Ķemurainais puķumekls
<i>Callitriche cophocarpa</i> Sendtn.	Cal_coph	Daudziedu ūdenīte
<i>Callitriche</i> sp.	Cal_spec	Ūdenīte
<i>Callitriche stagnalis</i> Scop.	Cal_stag	Dumbru ūdenīte
<i>Chara contraria</i> A. Braun ex Kütz	Cha_cont	Pelēkā mieturīte
<i>Chara globularis</i> Thuill.	Cha_glob	Traulšā mieturīte
<i>Chara</i> sp.	Cha_glob	Mieturīte
<i>Cicuta virosa</i> L.	Cic_viro	Indīgais velnarutks
<i>Elodea canadensis</i> Michx.	Elo_cana	Kanādas elodeja
<i>Equisetum fluviatile</i> L.	Equ_fluv	Upes kosa
<i>Fontinalis antipyretica</i> Hedw.	Fon_anti	Parastā avotsūna
<i>Glyceria fluitans</i> (L.) R. Br.	Gly_flui	Peldošā ūdenszāle
<i>Glyceria maxima</i> (Hartm.) Holmb.	Gly_maxi	Dižā ūdenszāle
<i>Hippuris vulgaris</i> L.	Hip_vulg	Parastā skujene
<i>Hottonia palustris</i> L.	Hot_palu	Purva sermulīte
<i>Hydrocharis morsus-ranae</i> L.	Hyd_mors	Parastā mazlēpe
<i>Iris pseudacorus</i> L.	Iri_pseu	Purva skalbe
<i>Lemna gibba</i> L.	Lem_gibb	Kuprainais ūdenszieds
<i>Lemna minor</i> L.	Lem_mino	Mazais ūdenszieds
<i>Lemna trisulca</i> L.	Lem_tris	Trejdaivu ūdenszieds
<i>Mentha aquatica</i> L.	Men_aqua	Ūdeņu mētra
<i>Myriophyllum spicatum</i> L.	Myr_spic	Vārpainā daudzlape
<i>Nuphar lutea</i> (L.) Sm.	Nup_lute	Dzeltenā lēpe
<i>Nymphaea candida</i> C. Presl.	Nym_cand	Sniegbaltā ūdensroze
<i>Nymphaea</i> sp.	Nym_spec	Ūdensroze
<i>Phalaroides arundinacea</i> (L.) Rauschert.	Pha_arun	Parastais miežubrālis
<i>Phragmites australis</i> (Cav.) Trin. ex Steud.	Phr_aust	Parastā niedre
<i>Potamogeton alpinus</i> Balb.	Pot_alpi	Alpu glīvene
<i>Potamogeton berchtoldii</i> Fieber	Pot_berc	Sikā glīvene
<i>Potamogeton crispus</i> L.	Pot_cris	Krokainā glīvene
<i>Potamogeton gramineus</i> L.	Pot_gram	Zālainā glīvene
<i>Potamogeton lucens</i> L.	Pot_luce	Spožā glīvene
<i>Potamogeton natans</i> L.	Pot_nata	Peldošā glīvene
<i>Potamogeton pectinatus</i> L.	Pot_pect	Ķemmveida glīvene
<i>Potamogeton perfoliatus</i> L.	Pot_perf	Skaujošā glīvene
<i>Potamogeton praelongus</i> Wulfen	Pot_prae	Visgarā glīvene
<i>Potamogeton</i> sp.	Pot_spec	Glīvene
<i>Rorippa amphibia</i> (L.) Besser	Ror_amph	Ūdeņu paķērsa
<i>Sagittaria sagittifolia</i> L.	Sag_sagi	Parastā bultene
<i>Scirpus lacustris</i> L.	Sci_lacu	Ezera meldrs
<i>Sium latifolium</i> L.	Siu_lati	Platlapu cemere
<i>Sparganium emersum</i> Rehmman	Spa_emer	Vienkārsā ežgalvīte
<i>Sparganium erectum</i> s.l. L.	Spa_erec	Zarainā ežgalvīte
<i>Sparganium minimum</i> Wallr.	Spa_mini	Mazā ežgalvīte
<i>Sparganium</i> sp.	Spa_spec	Ežgalvīte
<i>Spirodela polyrhiza</i> (L.) Schleid.	Spi_poly	Parastā spirodela
<i>Typha latifolia</i> L.	Typ_lati	Platlapu vilkvāļīte
<i>Utricularia</i> sp.	Utr_spec	Pūslene
<i>Utricularia vulgaris</i> L.	Utr_vulg	Parastā pūslene
<i>Veronica anagallis-aquatica</i> L.	Ver_anag	Upmalu veronika
<i>Veronica beccabunga</i> L.	Ver_becc	Avotu veronika

* Nomenklatūra: Gavrilova & Šulcs, 1999; Āboliņa, 2001; Zviedre, 2007

** Sugu latviskie nosaukumi: Pētersone & Birkmane, 1980

	Ātra straume	Vidēji ātra straume	Lēna straume	Straume nav redzama
	N = 17	N = 53	N = 52	N = 10
Viršūdens augi				
<i>Sparganium emersum</i>	11	38	27	2
<i>Sparganium erectum</i>	8	19	30	8
<i>Phalaroides arundinacea</i>	9	27	24	4
<i>Alisma plantago-aquatica</i>	7	23	23	2
<i>Sium latifolium</i>	6	12	19	3
<i>Mentha aquatica</i>	7	17	9	4
<i>Sagittaria sagittifolia</i>	1	14	18	3
<i>Phragmites australis</i>	4	9	14	3
<i>Scirpus lacustris</i>	7	12	8	3
<i>Veronica anagallis-aquatica</i>		14	9	
<i>Butomus umbellatus</i>	3	6	9	4
<i>Rorippa amphibia</i>	2	11	9	
<i>Glyceria fluitans</i>	1	11	3	1
<i>Iris pseudacorus</i>		5	8	2
<i>Equisetum fluviatile</i>	1	6	5	2
<i>Glyceria maxima</i>		5	3	3
<i>Typha latifolia</i>		4	4	2
<i>Berula erecta</i>	1	5	2	1
<i>Hippuris vulgaris</i>	1	3	2	1
<i>Cicuta virosa</i>	2	2		
<i>Acorus calamus</i>	2	1		
<i>Sparganium minimum</i>			2	
<i>Sparganium sp.</i>				1
Iegremdētie augi				
<i>Fontinalis antipyretica</i>	13	21	14	
<i>Elodea canadensis</i>	3	16	15	10
<i>Veronica beccabunga</i>	9	20	13	1
<i>Potamogeton alpinus</i>	1	15	7	
<i>Potamogeton perfoliatus</i>	4	10	8	
<i>Callitriche sp.</i>	3	8	6	2
<i>Batrachium sp.</i>	4	6	5	1
<i>Potamogeton praelongus</i>	3	5	4	
<i>Potamogeton lucens</i>		3	8	
<i>Myriophyllum spicatum</i>	2	5	3	1
<i>Potamogeton sp.</i>	5	3	2	
<i>Chara globularis</i>	1	1	2	2
<i>Batrachium trichophyllum</i>	2	2	1	
<i>Chara sp.</i>		3	1	
<i>Potamogeton berchtoldii</i>			3	
<i>Amblystegium riparium</i>		1	2	
<i>Potamogeton crispus</i>		2		
<i>Potamogeton gramineus</i>		2		
<i>Hottonia palustris</i>	1		1	
<i>Chara contraria</i>			1	1
<i>Potamogeton pectinatus</i>		1	1	
<i>Utricularia vulgaris</i>			1	
<i>Callitriche stagnalis</i>		1		
<i>Callitriche cophocarpa</i>			1	
<i>Batrachium circinatum</i>		1		
<i>Utricularia sp.</i>			1	

5.pielikuma turpinājums

	Ātra straume	Vidēji ātra straume	Lēna straume	Straume nav redzama
	N = 17	N = 53	N = 52	N = 10
Peldlapu augi				
<i>Nuphar lutea</i>	5	26	39	9
<i>Potamogeton natans</i>	3	3	4	
<i>Nymphaea</i> sp.			1	
<i>Nymphaea candida</i>		1		
Brīvi peldošie augi				
<i>Lemna minor</i>	6	16	16	8
<i>Lemna trisulca</i>	4	8	10	3
<i>Spirodela polyrhiza</i>	1	8	10	5
<i>Lemna gibba</i>		1	1	4
<i>Hydrocharis morsus-ranae</i>	1	1		1

	Grants, oļi	Smilts	Dūņas
	N = 73	N = 38	N = 21
Viršūdens augi			
<i>Sparganium emersum</i>	38	30	10
<i>Sparganium erectum</i>	38	15	12
<i>Phalaroides arundinacea</i>	35	22	7
<i>Alisma plantago-aquatica</i>	32	16	7
<i>Sium latifolium</i>	26	9	5
<i>Mentha aquatica</i>	26	8	3
<i>Sagittaria sagittifolia</i>	23	7	6
<i>Phragmites australis</i>	15	7	8
<i>Scirpus lacustris</i>	25	3	2
<i>Veronica anagallis-aquatica</i>	14	9	
<i>Butomus umbellatus</i>	17	3	2
<i>Rorippa amphibia</i>	16	5	1
<i>Glyceria fluitans</i>	13	2	1
<i>Iris pseudacorus</i>	10	2	3
<i>Equisetum fluviatile</i>	9	3	2
<i>Glyceria maxima</i>	6	3	2
<i>Typha latifolia</i>	7		3
<i>Berula erecta</i>	8		1
<i>Hippuris vulgaris</i>	5	1	1
<i>Cicuta virosa</i>	4		
<i>Acorus calamus</i>	3		
<i>Sparganium minimum</i>	1	1	
<i>Sparganium sp.</i>	1		
Iegremdētie augi			
<i>Fontinalis antipyretica</i>	37	10	1
<i>Elodea canadensis</i>	26	13	5
<i>Veronica beccabunga</i>	27	14	2
<i>Potamogeton alpinus</i>	18	5	
<i>Potamogeton perfoliatus</i>	16	5	1
<i>Callitriche sp.</i>	14	4	1
<i>Batrachium sp.</i>	14	2	
<i>Potamogeton praelongus</i>	8	4	
<i>Potamogeton lucens</i>	6	1	4
<i>Myriophyllum spicatum</i>	10		1
<i>Potamogeton sp.</i>	8	2	
<i>Chara globularis</i>	6		
<i>Batrachium trichophyllum</i>	4	1	
<i>Chara sp.</i>	3	1	
<i>Potamogeton berchtoldii</i>	2		1
<i>Amblystegium riparium</i>	2	1	
<i>Potamogeton crispus</i>	1	1	
<i>Potamogeton gramineus</i>		2	
<i>Hottonia palustris</i>	2		
<i>Chara contraria</i>	2		
<i>Potamogeton pectinatus</i>	2		
<i>Utricularia vulgaris</i>	1		
<i>Callitriche stagnalis</i>	1		
<i>Callitriche cophocarpa</i>		1	
<i>Batrachium circinatum</i>	1		
<i>Utricularia sp.</i>	1		

	Grants, oļi	Smilts	Dūņas
	N = 73	N = 38	N = 21
Peldlapu augi			
<i>Nuphar lutea</i>	45	14	20
<i>Potamogeton natans</i>	6	2	2
<i>Nymphaea</i> sp.	1		
<i>Nymphaea candida</i>	1		
Brīvi peldošie augi			
<i>Lemna minor</i>	33	8	5
<i>Lemna trisulca</i>	20	4	1
<i>Spirodela polyrhiza</i>	15	2	7
<i>Lemna gibba</i>	6		
<i>Hydrocharis morsus-ranae</i>	2		1

	0% apēnojums	Apēnojums <33 %	Apēnojums >33 %
	N = 31	N = 72	N = 29
Viršūdens augi			
<i>Sparganium emersum</i>	13	44	21
<i>Sparganium erectum</i>	19	36	10
<i>Phalaroides arundinacea</i>	21	35	8
<i>Alisma plantago-aquatica</i>	10	34	11
<i>Sium latifolium</i>	11	27	2
<i>Mentha aquatica</i>	10	26	1
<i>Sagittaria sagittifolia</i>	9	25	2
<i>Phragmites australis</i>	12	15	3
<i>Scirpus lacustris</i>	12	16	2
<i>Veronica anagallis-aquatica</i>	3	17	3
<i>Butomus umbellatus</i>	9	11	2
<i>Rorippa amphibia</i>	4	15	3
<i>Glyceria fluitans</i>	2	12	2
<i>Iris pseudacorus</i>	1	13	1
<i>Equisetum fluviatile</i>	5	9	
<i>Glyceria maxima</i>	4	6	1
<i>Typha latifolia</i>	2	7	1
<i>Berula erecta</i>	2	7	
<i>Hippuris vulgaris</i>	1	6	
<i>Cicuta virosa</i>		3	1
<i>Acorus calamus</i>	1	2	
<i>Sparganium minimum</i>	1	1	
<i>Sparganium sp.</i>		1	
Iegremdētie augi			
<i>Fontinalis antipyretica</i>	6	32	10
<i>Elodea canadensis</i>	16	25	3
<i>Veronica beccabunga</i>	7	29	7
<i>Potamogeton alpinus</i>	2	20	1
<i>Potamogeton perfoliatus</i>	6	15	1
<i>Callitriche sp.</i>		16	3
<i>Batrachium sp.</i>	4	9	3
<i>Potamogeton praelongus</i>	4	7	1
<i>Potamogeton lucens</i>	5	6	
<i>Myriophyllum spicatum</i>	4	7	
<i>Potamogeton sp.</i>	3	5	2
<i>Chara globularis</i>	3	3	
<i>Batrachium trichophyllum</i>	1	4	
<i>Chara sp.</i>	1	3	
<i>Potamogeton berchtoldii</i>		2	1
<i>Amblystegium riparium</i>	1	1	1
<i>Potamogeton crispus</i>		2	
<i>Potamogeton gramineus</i>		2	
<i>Hottonia palustris</i>	1	1	
<i>Chara contraria</i>		2	
<i>Potamogeton pectinatus</i>	2		
<i>Utricularia vulgaris</i>	1		
<i>Callitriche stagnalis</i>		1	
<i>Callitriche cophocarpa</i>		1	
<i>Batrachium circinatum</i>	1		
<i>Utricularia sp.</i>		1	

	0% apēnojums	Apēnojums <33 %	Apēnojums >33 %
	N = 31	N = 72	N = 29
Peldlapu augi			
<i>Nuphar lutea</i>	17	47	15
<i>Potamogeton natans</i>	6	4	
<i>Nymphaea</i> sp.		1	
<i>Nymphaea candida</i>		1	
Brīvi peldošie augi			
<i>Lemna minor</i>	13	26	7
<i>Lemna trisulca</i>	6	18	1
<i>Spirodela polyrhiza</i>	5	17	2
<i>Lemna gibba</i>	2	3	1
<i>Hydrocharis morsus-ranae</i>	1	2	

	Platums 1-5m	Platums 5-10m	Platums 10-15m
	N = 31	N = 82	N = 19
Viršūdens augi			
<i>Sparganium emersum</i>	19	49	10
<i>Sparganium erectum</i>	14	41	10
<i>Phalaroides arundinacea</i>	12	39	13
<i>Alisma plantago-aquatica</i>	11	37	7
<i>Sium latifolium</i>	6	24	10
<i>Mentha aquatica</i>	8	19	10
<i>Sagittaria sagittifolia</i>	6	21	9
<i>Phragmites australis</i>	6	19	5
<i>Scirpus lacustris</i>	6	14	10
<i>Veronica anagallis-aquatica</i>	8	11	4
<i>Butomus umbellatus</i>	6	12	4
<i>Rorippa amphibia</i>	2	15	5
<i>Glyceria fluitans</i>	7	7	2
<i>Iris pseudacorus</i>	2	12	1
<i>Equisetum fluviatile</i>	2	10	2
<i>Glyceria maxima</i>	1	7	3
<i>Typha latifolia</i>	2	5	3
<i>Berula erecta</i>		5	4
<i>Hippuris vulgaris</i>	2	3	2
<i>Cicuta virosa</i>		1	3
<i>Acorus calamus</i>	1		2
<i>Sparganium minimum</i>		2	
<i>Sparganium sp.</i>	1		
Legremdētie augi			
<i>Fontinalis antipyretica</i>	7	28	13
<i>Elodea canadensis</i>	10	26	8
<i>Veronica beccabunga</i>	12	23	8
<i>Potamogeton alpinus</i>	4	15	4
<i>Potamogeton perfoliatus</i>	1	13	8
<i>Callitriche sp.</i>	6	12	1
<i>Batrachium sp.</i>	4	5	7
<i>Potamogeton praelongus</i>	4	7	1
<i>Potamogeton lucens</i>	1	5	5
<i>Myriophyllum spicatum</i>	2	6	3
<i>Potamogeton sp.</i>	2	4	4
<i>Chara globularis</i>	3	2	1
<i>Batrachium trichophyllum</i>		5	
<i>Chara sp.</i>	2	2	
<i>Potamogeton berchtoldii</i>	1	2	
<i>Amblystegium riparium</i>	1	2	
<i>Potamogeton crispus</i>		1	1
<i>Potamogeton gramineus</i>		2	
<i>Hottonia palustris</i>	1		1
<i>Chara contraria</i>	1	1	
<i>Potamogeton pectinatus</i>	1	1	
<i>Utricularia vulgaris</i>	1		
<i>Callitriche stagnalis</i>		1	
<i>Callitriche cophocarpa</i>		1	
<i>Batrachium circinatum</i>		1	
<i>Utricularia sp.</i>		1	

	Platums 1-5m	Platums 5-10m	Platums 10-15m
	N = 31	N = 82	N = 19
Peldlapu augi			
<i>Nuphar lutea</i>	16	51	12
<i>Potamogeton natans</i>	2	5	3
<i>Nymphaea</i> sp.		1	
<i>Nymphaea candida</i>			1
Brīvi peldošie augi			
<i>Lemna minor</i>	13	26	7
<i>Lemna trisulca</i>	6	15	4
<i>Spirodela polyrhiza</i>	8	10	6
<i>Lemna gibba</i>	1	3	2
<i>Hydrocharis morsus-ranae</i>		1	2

	Dziļums <0.25 m	Dziļums 0.25-0.5 m	Dziļums 0.5-1 m	Dziļums >1 m
	N = 8	N = 45	N = 68	N = 11
Viršūdens augi				
<i>Sparganium emersum</i>	3	30	40	5
<i>Sparganium erectum</i>	5	17	36	7
<i>Phalaroides arundinacea</i>	4	19	34	7
<i>Alisma plantago-aquatica</i>	4	17	31	3
<i>Sium latifolium</i>	4	10	22	4
<i>Mentha aquatica</i>	6	11	19	1
<i>Sagittaria sagittifolia</i>	1	8	24	3
<i>Phragmites australis</i>	1	4	21	4
<i>Scirpus lacustris</i>	2	11	17	
<i>Veronica anagallis-aquatica</i>	2	5	16	
<i>Butomus umbellatus</i>	2	6	13	1
<i>Rorippa amphibia</i>		9	13	
<i>Glyceria fluitans</i>	3	6	7	
<i>Iris pseudacorus</i>	1	4	9	1
<i>Equisetum fluviatile</i>	1	1	12	
<i>Glyceria maxima</i>		4	7	
<i>Typha latifolia</i>		3	6	1
<i>Berula erecta</i>	1	5	3	
<i>Hippuris vulgaris</i>	1	4	2	
<i>Cicuta virosa</i>		1	3	
<i>Acorus calamus</i>	1	1	1	
<i>Sparganium minimum</i>			2	
<i>Sparganium sp.</i>	1			
Iegremdētie augi				
<i>Fontinalis antipyretica</i>	3	21	24	
<i>Elodea canadensis</i>	4	14	24	2
<i>Veronica beccabunga</i>	4	17	22	
<i>Potamogeton alpinus</i>		11	12	
<i>Potamogeton perfoliatus</i>		7	15	
<i>Callitriche sp.</i>	2	12	4	1
<i>Batrachium sp.</i>	1	7	8	
<i>Potamogeton praelongus</i>	1	4	7	
<i>Potamogeton lucens</i>		2	8	1
<i>Myriophyllum spicatum</i>	1	5	5	
<i>Potamogeton sp.</i>		4	6	
<i>Chara globularis</i>	2	3	1	
<i>Batrachium trichophyllum</i>		3	2	
<i>Chara sp.</i>	1	2	1	
<i>Potamogeton berchtoldii</i>			3	
<i>Amblystegium riparium</i>		1	2	
<i>Potamogeton crispus</i>			2	
<i>Potamogeton gramineus</i>			2	
<i>Hottonia palustris</i>		1	1	
<i>Chara contraria</i>	1	1		
<i>Potamogeton pectinatus</i>			2	
<i>Utricularia vulgaris</i>		1		
<i>Callitriche stagnalis</i>		1		
<i>Callitriche cophocarpa</i>			1	
<i>Batrachium circinatum</i>		1		
<i>Utricularia sp.</i>			1	

9.pielikuma turpinājums

	Dziļums <0.25 m N = 8	Dziļums 0.25-0.5 m N = 45	Dziļums 0.5-1 m N = 68	Dziļums >1 m N = 11
Peldlapu augi				
<i>Nuphar lutea</i>	5	23	41	10
<i>Potamogeton natans</i>		4	5	1
<i>Nymphaea</i> sp.			1	
<i>Nymphaea candida</i>			1	
Brīvi peldošie augi				
<i>Lemna minor</i>	5	19	21	1
<i>Lemna trisulca</i>	4	13	8	
<i>Spirodela polyrhiza</i>	3	8	11	2
<i>Lemna gibba</i>	1	3	2	
<i>Hydrocharis morsus-ranae</i>			3	