

LATVIJAS UNIVERSITĀTE
ĢEOGRĀFIJAS UN ZEMES ZINĀTŅU FAKULTĀTE
ĢEOGRĀFIJAS NODAĻA



AGNESE PRIEDE

INVAZĪVIE NEOFĪTI LATVIJAS FLORĀ: IZPLATĪBA UN DINAMIKA

PROMOCIJAS DARBA KOPSAVILKUMS

Promocijas darbs izstrādāts doktora grāda iegūšanai ģeogrāfijas zinātņu nozarē dabas
ģeogrāfijas apakšnozarē

Darba vadītājs:
Dr. habil. geogr. Māris Laiviņš

RĪGA, 2009

Promocijas darbs izstrādāts Latvijas Universitātes Ģeogrāfijas un Zemes zinātņu fakultātes Ģeogrāfijas nodaļā laikā no 2005. gada oktobra līdz 2009. gada maijam. Darbs izstrādāts ar Eiropas Sociālā fonda (projekta nr. 2004/0001/VPD1/ESF/PIAA/04/NP/3.2.3.1/0001/0063) un LU Ģeogrāfijas un Zemes zinātņu fakultātes atbalstu.

PROMOCIJAS DARBA VADĪTĀJS

Dr. habil. geogr. Māris Laiviņš

OFICIĀLIE RECENZENTI

Dr. geogr., prof. Oļģerts Nikodemus
(Latvijas Universitāte, Ģeogrāfijas un zemes zinātņu fakultāte)

Dr. geogr. Solvita Rūsiņa
(Latvijas Universitāte, Ģeogrāfijas un zemes zinātņu fakultāte)

Dr. biol. Viesturs Šules
(Latvijas Universitātes Bioloģijas institūts)

Promocijas darba aizstāvēšana notiks 2009. gada 9. septembrī Latvijas Universitātes Ģeogrāfijas nozares padomes sēdē LU Ģeogrāfijas un Zemes zinātņu fakultātē Rīgā, Alberta ielā 10

Ar promocijas darbu var iepazīties Latvijas Universitātes Zinātniskajā bibliotēkā Rīgā, Kalpaka bulvārī 4, un Latvijas Akadēmiskajā bibliotēkā Rīgā, Lielvārdes ielā 4

Atsauksmes sūtīt: Dr. geogr. Zaigai Krišjānei, Ģeogrāfijas un Zemes zinātņu fakultāte, Latvijas Universitāte, Raiņa bulv. 19, LV-1586, Rīga, Latvija, e-pasts: zaiga.krisjane@lu.lv

IEVADS

Darba aktualitāte

Neofīti ir svešzemju izcelsmes augu sugas ārpus to izcelsmes areāla, kas apzināti introducētas vai nejauši ievazātas citos reģionos pēdējo 400-500 gadu laikā un pārgājušas savvaļā. Invazīvo svešzemju sugu strauja izplatība visā pasaulē tiek uzskatīta par vienu no biotas mainības indikatoriem (Anon., 1992; Anon., 2002), ko veicinājusi vietējiem apstākļiem neraksturīgu sugu introdukcija, migrācijas, tirdzniecības sakaru un transporta ceļu attīstība pēdējo divu gadsimtu laikā, kā arī pieaugošā antropogēnā slodze uz dabiskajām ekosistēmām. Svešzemju sugu izplatību ārpus stādījumiem un kultivācijas lielā mērā veicina zemes lietojuma veidu izmaiņas, biotopu fragmentācija un vides eitrofikācija, kā rezultātā palielinās ekosistēmas uzņēmība pret jaunu, vietējām ekosistēmām netipisku sugu un sabiedrību nostabilizēšanos un izplatību.

Mūsdienās invazīvās svešzemju sugas tiek uzskatītas par vienu no būtiskākajiem biotas izmaiņu komponentiem un apdraudējumiem bioloģiskajai daudzveidībai globālā mērogā (Anon., 1992; Vitousek et al., 1997; Dukes, Mooney, 1999; Scherer-Lorenzen et al., 2000; Princig et al., 2002; Lodge, Schrader-Frechette, 2003; Weber, Gut, 2004), kā arī to tieša un netieša ietekme rada ievērojamus ekonomiskos zaudējumus (Pimental et al., 2000). Šīs sugas var radīt būtiskas izmaiņas vietējās ekosistēmās un ekosistēmu funkcijās un veicina biotas homogenizāciju (McKinney, Lockwood, 1999), kā arī var būt iemesls ekoloģiski šauras pielāgotības sugu un sabiedrību izzušanai (Vitousek et al., 1997; Dukes, Mooney, 1999; Hobbs, 2000; Scherer-Lorenzen et al., 2000).

Naturalizējušās svešzemju sugas sastāda apmēram 1/3 Latvijas vaskulāro augu floras (Gavrilova, Šulcs, 1999). Gavrilovas un Šulca (1999) floras sarakstā arheofīti (pirms 17. gs. ienākušās sugas) kā pilnībā naturalizējušās sugas pieskaitītas vietējai florai, tādējādi par svešzemju sugām uzskatāmi tikai neofīti. Mūsdienās daudzas svešzemju sugas no reti sastopamām apzināti introducētām, savvaļā pārgājušām vai nejauši ievazātām sugām pēdējos gadu desmitos izplatās arvien straujāk un ieņem arvien nozīmīgāku lomu vietēju augu sabiedrībās. Tomēr lielākā daļa svešzemju sugu nav invazīvas, ir sastopamas reti, jaunas augu sabiedrības neveido un nerada būtisku ietekmi uz vietējām ekosistēmām, tāpēc lielāka uzmanība jāpievērš invazīvo un potenciāli invazīvo sugu izplatības un dinamikas novērtēšanai. Pētot svešzemju sugu izplatību un tās dinamiku, jāņem vērā arī problēmas reģionālos un globālos aspektus, kas skar arī Latviju. Pieaugošā urbanizācija un transporta attīstība, zemes lietojuma veidu izmaiņas un ainavas transformācija socioekonomisko izmaiņu rezultātā, klimata pasiltināšanās un vides eitrofikācija veicina ne tikai dabisko biotopu degradāciju un veģetācijas transformāciju, bet arī invazīvo sugu arvien straujāku izplatību.

Invazīvo neofītu pētījumi nepieciešami, lai novērtētu pašreizējo situāciju Latvijā un gūtu zinātniski pamatotu priekšstatu par nepieciešamajām rīcībām invazīvo sugu kontroles sistēmu ieviešanā. Pagājušo divu gadsimtu laikā Latvijā uzkrāts daudz materiālu par neofītu floru – gan literatūras, gan herbāriju un piezīmju veidā, kas veido neaizstājamu informācijas pamatbāzi mūsdienu pētījumiem. Pirmās norādes par neofītu floru satur 18. gs. beigās un 19. gs. sākumā publicēti darbi, piemēram, Fischer (1778), Grindel (1803), Wiedemann, Weber (1852) un citi. No 19. gs. beigām līdz 20. gs. otrajai pusei interese par šo tēmu un līdz ar to arī pētījumu skaits pieauga (Klinge, 1887; Lehmann, 1895; Kupffer, Lackschewitz 1904; Rothert, 1915; Rasiņš, 1960). Tradicionāli Latvijā pētījumi lielākoties saistīti ar neofītu, īpaši adventīvo sugu daudzveidības apzināšanu (Mühlenbach, 1927, 1934; Шулиц, 1972, 1976, 1977), tie skar arī atsevišķu sugu izplatību, naturalizāciju, migrāciju, pēdējos gados arī ar fitosocioloģiju un ekoloģiju (piemēram, Laiviņš, Jermacāne, 1999; Laiviņš, 2003; Laiviņš, Gavrilova, 2003; Laiviņš et al., 2006; Laiviņš, 2008). Tomēr jebkuras sugas izplatība ir dinamiska, un pašreizējais invazīvo neofītu izplatības un ietekmes izpētes līmenis ir nepietiekams. Latvijā neofītu invazitātes statuss (NOBANIS, www.nobanis.org) un izplatības tendences lielākoties novērtētas tikai aptuveni. Ir maz pētījumu, kas skar invazīvo sugu izplatību ietekmējošos faktoros, izplatības tendences un ietekmi uz invadētajām ekosistēmām (Rudzīte, 2008).

Invazīvo neofītu reālo izplatību un to ietekmējošo faktoros nepieciešams pētīt, lai novērtētu vienu no straujākajiem biotas mainības simptomiem – svešzemju sugu straujo izplatīšanos ārpus

izcelsmes areāliem un apzinātu iespējamās šo sugu izplatīšanās sekas, līdz ar to piedaloties ar Latvijas informāciju sugu jauno areālu apzināšanā ne tikai vietējā, bet reģionālā un globālā skatījumā (piemēram, DAISIE, www.europe-aliens.org).

Darba mērķis

ir noskaidrot invazīvo neofītu izplatības dinamiku un vides faktoru kopsakarības Latvijā reģionālā kontekstā

Darba uzdevumi

- Sastādīt dažāda mēroga invazīvo sugu izplatības kartes, veikt atradņu izplatības un dinamikas kvantitatīvo analīzi Latvijā un izvēlētajās modeļteritorijās: Abavas ielejā un Ķemeru nacionālajā parkā;
- noskaidrot invazīvo sugu galvenos migrācijas veidus un ceļus (koridorus) Latvijā;
- analizēt neofītu izplatības (atradņu) saistību ar ainavas struktūras elementiem, zemes lietojuma veidiem, socioekonomiskajiem un vēsturiskajiem faktoriem Latvijā un modeļteritorijās;
- aprakstīt un klasificēt invazīvās neofītās augu sabiedrības, analizēt to ekoloģiju un ietekmi uz vietējām augu sabiedrībām.

Aizstāvēšanai izvirzītās tēzes

- Invazīvo neofītu sugu sastāvs, populācijas blīvums un izplatība ir nozīmīgs biotas un ainavas transformācijas indikators, kas cieši saistīts ar zemes lietojuma veidiem un to izmaiņām, biotas migrācijas koridoriem, kā arī sociālekonomiskiem un vēsturiskiem faktoriem.
- Invazīvie neofīti veido jaunas, dinamiskas augu sabiedrības, kas sastopamas galvenokārt antropogēni ietekmētos biotopos, taču to straujā izplatība un īpatsvara palielināšanās ar laiku var būtiski mainīt arī dabisko augu sabiedrību sugu sastāvu un struktūru. Invazīvo neofītu izplatīšanās Latvijā atspoguļo gan floras bagātināšanos ar jaunām sugām, gan biotas transformācijas intensitātes palielināšanos mūsdienu mainīgajā vidē.

Darba novitāte, teorētiskā un lietišķā nozīme

- Pētījuma ietvaros pirmoreiz Latvijā veikta neofītu floras izplatības un dinamikas kvantitatīva analīze ainavas struktūras un biotas mainības kontekstā.
- Darba ietvaros izveidota elektroniska invazīvo neofītu atradņu datu bāze. Datu bāze ir vienkārši sasaistāma ar ģeogrāfiskajām informācijas sistēmām un tādējādi dati izmantojami dažādos griezumos. Pirmo reizi sagatavotas un publicētas vairāku invazīvo neofītu sugu izplatības kartes, rekonstruētas sugu izplatības izmaiņas un analizēta to ekoloģija. Invazīvo sugu datu bāze ir nozīmīga floras monitoringa informācijas sistēmas sadaļa biotas pārmaiņu prognozēšanai.
- Darba ietvaros veikta neofītu sugu inventarizācija un noskaidrota to pašreizējā izplatība divās modeļteritorijās. Izveidotā datu bāze izmantojama turpmākiem neofītu izplatības dinamikas pētījumiem un monitoringam. Analīzes rezultātā iegūtās kopsakarības ekstrapolējamas uz līdzīgām teritorijām Latvijā.
- Veikta neofītu augu sabiedrību klasifikācija, analizēta sintaksonu struktūra un ekoloģija, vērtēta svešzemju sugu ietekme uz vietējo augu sabiedrību sugu kompozīciju.

Darba aprobācija

Darba rezultāti publicēti 7 zinātniskos rakstos, apspriesti 9 starptautiskās un 4 vietējās konferencēs, kopsavilkumi publicēti tēžu krājumos (1. pielikums).

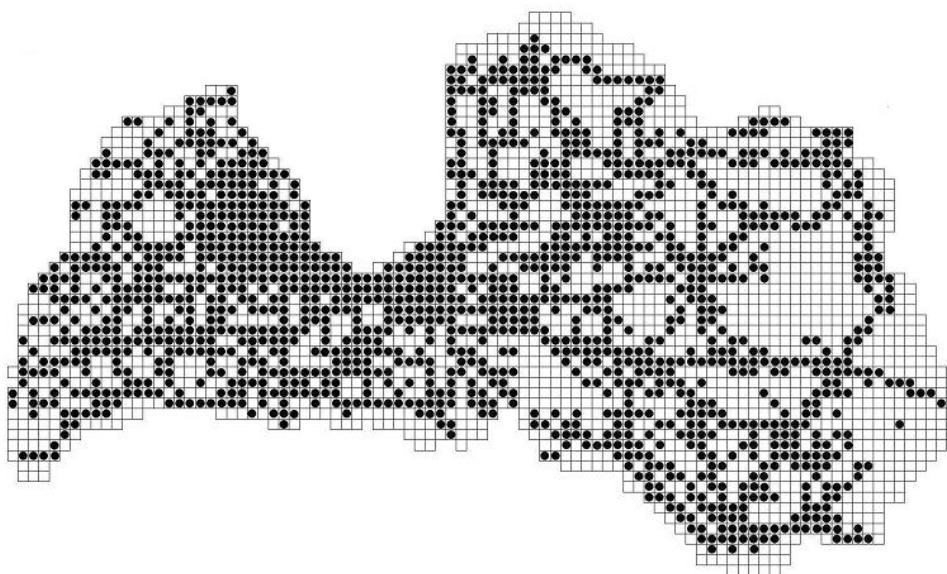
MATERIĀLS UN METODES

Pētītās sugas

Pētīta sekojošu 14 svešzemju lakstaugu sugu izplatība un izplatības likumsakarības: dārzeņgli vītollapu miķelīte *Aster salignus*, Kanādas zelgalvīte *Solidago canadensis*, milzu zeltgalvīte *Solidago gigantea*, bastarda tūsklape *Petasites hybridus*, topinambūrs *Helianthus tuberosus*, dzeloņainais gurķis *Echinocystis lobata*, Japānas dižsūrene *Reynoutria japonica*, Sahalīnas dižsūrene *Reynoutria sachalinensis*, daudzlapu lupīna *Lupinus polyphyllus*, puķu sprigane *Impatiens glandulifera*; adventīvās sugas blīvā skābene *Rumex confertus*, sīkziedu sprigane *Impatiens parviflora*, austrumu dižpērkone *Bunias orientalis*, kā arī savvaļā pārgājis lopbarības augs Sosnovska latvānis *Heracleum sosnowskyi*. Visas sugas ir invazīvas ar tendenci strauji izplatīties.

Izplatības kartēšana

Sugu izplatības datu bāzes veidošanā izmantoti sekojoši informācijas avoti: Latvijas Universitātes (LU) Bioloģijas fakultātes herbārijs, LU Bioloģijas institūta herbārijs, A. Rasiņa herbārijs, Nacionālā botāniskā dārza herbārijs, Latvijas Dabas muzeja herbārijs, LU Ģeogrāfijas un Zemes zinātņu fakultātes (M. Laiviņa) dati, LU Bioloģijas institūta Ģeobotānikas laboratorijas (M. Laiviņa un L. Eņģeles) dati, LU Bioloģijas institūta Botānikas laboratorijas konkrēto floru inventarizācijas dati, Ķemeru nacionālā parka nepublicēti materiāli, Ziemeļvidzemes Biosfēras rezervāta Sosnovska latvāņa izplatības sabiedriskā monitoringa dati (Anon., 2006), literatūras dati un mutiski ziņojumi. 2005. līdz 2008. g. vasaras sezonās apsekoti apmēram 52 % Latvijas teritorijas (1. att.), par pamatu ņemot 5 × 5 km kvadrātu tīklu (Laiviņš, Krampis, 2004).



1. att. 2005.–2008. g. apsektie 5 × 5 km kvadrāti.

Teritorijas inventarizācija veikta, izmantojot maršruta metodi. Maršrutos iekļautas potenciālās atradnes, galvenokārt ietverot apdzīvotas vietas un to apkārtni, ceļus un dzelzceļus, upju ielejas, antropogēni ietekmētas (degradētas) teritorijas, lauksaimniecības zemes, muižu parkus un tuvāko apkārtni u.tml.) un/vai zināmās, atkārtoti pārbaudāmās atradnes.

Sugu atradņu datu bāze satur sekojošu informāciju: sugas nosaukums, atradnes nosaukums, ģeogrāfiskās koordinātes LKS-92 sistēmā, biotops, autors, informācijas avots, gads, piezīmes. Līdz 2008. g. reģistrētie dati publicēti: Priede (2008).

Izmantotā sugu izplatības kartēšanas metode balstīta uz ir/nav (*presence/absence*) datiem. Sugu izplatība atspoguļota kartēs 5 × 5 km regulāru kvadrātu tīklā, kas ir identisks topogrāfisko

karšu sistēmas TKS-93 līmeņiem (Laiviņš, Krampis, 2004; Gavrilova u.c., 2005). Karšu sagatavošanai izmantota ESRI ArcGIS 9.0 programma. Visas atradnes saglabātas datu bāzē kā punktveida objekti, un pēc tam atlasīti kvadrāti, kas ietver vismaz vienu atradni. Atsevišķos gadījumos izmantoti LU BI floras inventarizācijas dati, kur sugu atradnes kartētas Latvijas botānisko kvadrātu tīklā (Табака и др., 1988). LU BI izmantotajā 7.7×9.3 km kvadrātu tīklā katra kvadrāta numurs apzīmēts ar skaitļu kombināciju, ko veido tīklojuma X un Y koordināte. Izmantojot ESRI ArcGIS 9.0 datorprogrammu, atlasīti iepriekš izmantotā 7.7×9.3 km kvadrātu tīkla poligoni (kvadrātu) centri līdzīgi kā punktveida atradnes un savietoti ar regulāro 5×5 km kvadrātu tīklu, tāpēc iespējamas neprecizitātes (nobīdes) abu atšķirīgo kvadrātu tīklojuma un kvadrātu izmēru atšķirību dēļ.

Augu sabiedrību aprakstīšana, klasifikācija un analīze

Augu sabiedrības aprakstītas, izmantojot Brauna-Blankē metodi un katrā aprakstā nosakot kopējo un katras sugas procentuālo īpatsvaru. Parauglaukuma lielums variē no 4–25 m². Parauglaukumi aprakstīti pēc iespējas katrai neofītu sugai raksturīgās vietās. Par neofītu sabiedrību uzskatīta vairāk vai mazāk viendabīga audze, kurā dominējošā neofītu suga klāj vismaz 30 % no kopējā projektīvā lakstaugu seguma. Ņemts vērā tikai lakstaugu stāvs. Austrumu dziļpērkonei *Bunias orientalis* datu analīzē izmantoti arī M. Laiviņa veģetācijas apraksti.

Lauka pētījumos iegūtie 252 veģetācijas apraksti uzkrāti TURBO(VEG) (Hennekens, 1995) datu bāzē un izmantoti tālākai apstrādei. Augu sabiedrību klasifikācija veikta, izmantojot TWINSpan (Two-way indicator species analysis) programmu (Hill, Šmilauer, 2005). Tabulās apraksti grupēti atbilstoši TWINSpan dalījumam grupās, taču vienas sugas izteiktas dominances un pārējo sugu maza konstantuma dēļ hierarhiskais dalījums izmantots tikai līdz 2.–3. līmeņim. Lielākoties sugu sastāvs aprakstos nav pielīdzināms asociācijas vai augstāka ranga sintaksona līmeņim, sugām raksturīgs mazs konstantums un sugu sastāva mainība no vietas uz vietu, tāpēc tālāk apraksti grupēti subjektīvi, kā rakstursugas izvēloties sugas ar augstāku konstantumu un biežāku sastopamību nodalītajā grupā, kas raksturo grupas ekoloģiju.

Izmantojot fitosocioloģijas pieeju, neofītu sabiedrības Eiropā tiek klasificētas galvenokārt kā derivātsabiedrības, t.i., sabiedrības, kur dominē kāda pavadītājsuga, un tās nosauc pēc dominējošās sugas, norādot piederību augstākajam sintaksonam (Kopecky, Hejny, 1974; Laiviņš, Jermacāne, 2001). Parasti sabiedrības nenoturīgā sugu sastāva dēļ nav iespējams izdalīt pastāvīgu asociāciju līmeņi, un tās tiek pieskaitītas augstākiem sintaksoniem (Mucina et al., 1993; Oberdorfer, 1993; Pott, 1995; Schubert, 2001).

Augu sabiedrību ekoloģiskā analīze veikta, ordinējot fitosocioloģiskos aprakstus pēc sugu sastāva un kā netiešos gradientus izmantojot vidējās Ellenberga indikatorvērtības (L – gaisma, T – temperatūra, C – kontinentalitāte, M – mitrums, R – reakcija, N – slāpeklis) (Ellenberg et al., 1992) katram veģetācijas aprakstam. Ordinācijas matricā izmantoti ir/nav (*presence/absence*) dati. Veģetācijas aprakstu ordinācija veikta, izmantojot programmu PC ORD 4.25 (McCune, Mefford, 1999), netiešās ordinācijas metodi detrendēto korespondences analīzi (DCA).

Sugu dominances attiecību raksturošanai un neofītu lomas augu sabiedrībā raksturošanai, aprēķināti Pīrsona korelācijas koeficienti kopējā sugu skaita sabiedrībā un dominējošās neofītu sugas īpatsvara raksturojumam.

Sugu nomenklatūra: Gavrilova, Šulcs (1999) un Vācijas floras un veģetācijas datu bāze (FloraWeb, www.floraweb.de). Augu sabiedrību nomenklatūra: Mucina et al. (1993), Oberdorfer (1993), Dierschke (1994), Pott (1995), Schubert (2001), Borhidi (2003).

Neofītu izplatība modeļteritorijās

Pētījumam izvēlētas divas modeļteritorijas - daļa Abavas ielejas posmā no Kandavas līdz Veģiem un Ķemeru nacionālais parks (turpmāk tekstā – ĶNP). Abu teritoriju neofītu flora inventarizēta 2006.-2008. g., fiksētas visas konstatētās sauszemes neofītu sugu atradnes, to ģeogrāfiskās koordinātes LKS-92 sistēmā un invadētie biotopi. Sugu atradnes fiksētas kā punkti, atsevišķos gadījumos – kā poligoni vai līnijveida objekti. Sugu izplatība kartēta, izmantojot regulāru 1×1 km kvadrātu tīklojumu. Katrā kvadrātā (kopējais kvadrātu skaits Abavas ielejā – 159, ĶNP – 419) noteikts kopējais neofītu sugu skaits.

Izraudzīti sekojoši elementi – plankumveida struktūras: meži (nenodalot tipus), purvi (nenodalot tipus), atklāta (nemeža) ainava (aramzeme, pļavas, ganības, kultivēti zālāji, atmatas), apdzīvotas vietas, mazdārziņu rajoni; līnijveida objekti (ceļi, dzelzceļi, ūdenstece); punktveida objekti (atkritumu izgāztuves, industriāli objekti un kapsētas). Abavas ielejā izdalīts atsevišķs ainavelements Čužu purvs, kas pēc veģetācijas struktūras un ekoloģiskajiem apstākļiem atšķiras no Latvijai tipiskajiem purvu tipiēm.

Punktveida objektiem (izgāztuves, industriāli objekti, kapsētas) un dzelzceļš atbilstoši to esamībai vai neesamībai neatkarīgi no aizņemtās platības kvadrātā piešķirts indekss 1 vai 0. Turpretī citiem elementiem indeksa lielums atkarīgs no aizņemtās platības kvadrātā (meži, purvi, apdzīvotas vietas, mazdārziņu rajoni) vai nozīmīguma (lieluma) – ceļi, upes. Aizņemtās platības ģeneralizētas, izmantojot aptuvenu procentuālo segumu, kas sadalīts klasēs, katram parametram piešķirot indeksu. Kā datu avoti izmantoti Latvijas satelītkarte 1: 50 000, aerofoto uzņēmumi. Dati precizēti, teritorijas apsekojot dabā. Sugu kartēšanā, izplatības un ainavas struktūru analīzē izmantota datorprogramma ESRI ArcGis 9.0.

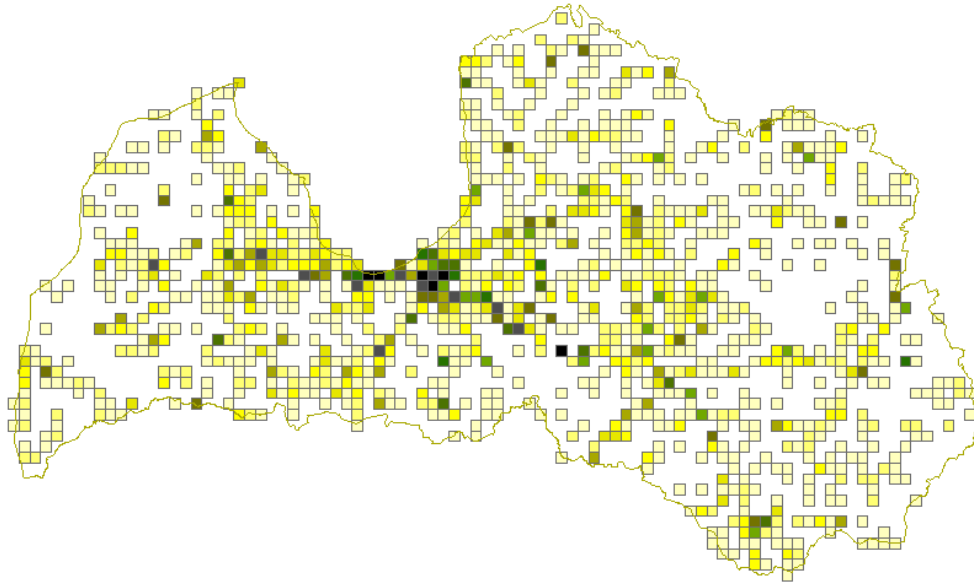
Lai noteiktu sugu izplatības un ainavelementu un zemes lietojuma veidu saistību, izmantota netiešās ordinācijas metode DCA (PC ORD 4.25 (McCune, Mefford, 1999), galvenajā datu matricā izmantojot ainavelementus (indeksus), bet otrajā matricā – kopējo neofītu sugu skaitu un visu konstatēto neofītu sugu sastopamību pa 1×1 km tīkla kvadrātiem (ir vai nav). Izmantojot SPSS for Windows 13.0 programmu, paraugkopas atbilstība normālajam sadalījumam pārbaudīta ar Kolmagorova-Smirnova testu.

REZULTĀTI UN DISKUSIJA

Invazīvo neofītu izplatība un dinamika Latvijā

14 pētīto invazīvo neofītu atradņu saraksti un izplatības kartes publicētas atsevišķā izdevumā (Priede, 2008). Invazīvo neofītu izplatībā ciešākā sakritība konstatēta ar lielāko apdzīvoto vietu (donorteritoriju), ceļu tīkla un upju ieleju (sugu migrācijas koridoru) telpisko izplatību. Invazīvo sugu izplatības īpatnības un sastopamības biežumu Latvijā nosaka arī sugas izcelsmes areāla līdzība jaunajam areālam, izplatīšanās veids un ekoloģija, kā arī vēsturiski un sociālekonomiski faktori. Lielākajai daļai invazīvo dārzeņbēgļu sugu nav raksturīgas izteiktas reģionālas izplatības īpatnības Latvijas mērogā, ko ietekmē klimatiski, edafiski vai citi dabiski abiotiski fizioģeogrāfiskie faktori. Galvenā loma neofītu izplatībā ir antropogēniem, nevis dabiskiem faktoriem.

Invazīvo neofītu izplatība (2. att.) un lielākais konstatēto sugu skaits teritorijas vienībā (šajā gadījumā 5×5 km kvadrātā) sakrīt ar apdzīvojuma blīvuma sadalījumu valstī, ceļu un upju tīklu un daļēji arī ar lielākajiem lauksaimniecībā izmantoto zemju masīviem, kas vienlaikus ir arī relatīvi blīvi apdzīvoti. Turpretī vismazāk invazīvu sugu konstatēts lielo, reti apdzīvoto mežu un purvu masīvos, kur ir salīdzinoši retāks ceļu, īpaši maģistrālo ceļu tīkls, apdzīvotās vietas arodas tālāk cita no citas un starp tām lielākā daļa teritoriju ir invazīvām sugām nepiemērotas, pie tam šajos apvidos ir maz donorteritoriju. Apzināto invazīvo neofītu izplatību, neapšaubāmi, ietekmējusi arī 2005. līdz 2008. g. veikto maršrutu izvēle un apsekoto kvadrātu izvietojums (2. att.).



2. att. Invazīvo neofītu sugu izplatība Latvijā 5 × 5 km kvadrātu tīklā. Krāsojuma intensitāte apzīmē sugu skaitu kvadrātā (no 1 līdz 14).

Salīdzinoši lielāks atradņu blīvums noteiktos Latvijas reģionos saistīts arī ar konkrētu kultūraugu stādīšanas biežumu – būtiska loma ir donorterritorijām un to telpiskai izplatībai kombinācijā ar invazīvajām sugām piemērotiem biotopiem un, iespējams, reģionālām vai lokālām īpatnībām dārzu un apstādījumu kultūrā. Tādas bieži sastopamas invazīvas sugas, kā, piemēram, *Solidago canadensis*, *Aster salignus*, *Impatiens glandulifera*, *Lupinus polyphyllus* ilgstoši kultivētas visā valsts teritorijā, turpretī klonālas sugas, kas Latvijā pavairojas tikai veģetatīvi – *Reynoutria* sp. un *Petasites hybridus* ar apmēram tikpat ilgu introdukcijas vēsturi iezīmējas ar salveida vai izklaidus atradņu izplatību – samērā lielu atradņu blīvumu noteiktās teritorijās, kamēr citos reģionos šīs sugas nav konstatētas. Tas, visticamāk, saistīts ar augu popularitāti vietējo iedzīvotāju vidū, kuri noteiktas sugas to dekoratīvo īpašību dēļ stādījuši savās mājvietās un izplatījuši apkārtējās apdzīvotās vietās.

Gandrīz visām 14 pētītajām sugām Rīgas aglomerācija un dažas citas lielās pilsētas iezīmējas ar lielu atradņu blīvumu, kas samazinās attālak no šiem centriem. Savukārt, ceļi un dzelzceļi lielākajai daļai sugu kalpo kā izplatības koridori, atsevišķos gadījumos sugu izplatība lielā mērā sakrīt ar hidrogrāfisko tīklu (sugas, kas arī dabiskajā areālā lielākoties sastopamas upju ielejās un palienēs, piemēram, *Aster salignus* un *Echinocystis lobata*). *Rumex confertus*, kas dabiskajā areālā sastopama galvenokārt palieņu pļavās, introducētajā areālā bieži izplatās ceļmalās, kur var veidot blīvas audzes. Latvijā *R. confertus* izplatība sakrīt gan ar ceļu tīklu, gan daļēji ar upju ielejām, kur suga sastopama arī dabiskos zālajos.

No pētītajām sugām izteiktākas reģionālas atšķirības izplatībā konstatētas divām adventīvām sugām – *Rumex confertus* un *Bunias orientalis*. Abas sugas ir vienas no veiksmīgākajām invazīvajām sugām, bieži sastopamas Rīgas aglomerācijā un lielo auto un dzelzceļa maģistrāļu tuvumā uz austrumiem no Rīgas, kā arī Centrāllatvijā un Austrumlatvijā, kamēr Rietumlatvijā sastopamas samērā reti un kā atsevišķi izklaidēti eksemplāri. Tas saistīts ar abu sugu sākotnējiem izplatības centriem un migrācijas ceļiem – abas sugas Latvijā ievazātas ar transportu no austrumiem un sākotnēji izplatījušās Rīgā, Rīgas un Rīgas–Daugavpils maģistrāles apkārtnē. Taču pēdējos gados Rietumlatvijā konstatētas arvien jaunas šo sugu atradnes.

Noteiktas izplatības īpatnības nav konstatētas *Impatiens parviflora*, kas pilnībā naturalizējusies un sastopama gan antropogēni ietekmētos biotopos galvenokārt apdzīvotu vietu un ceļu tuvumā, gan maz pārveidotos meža biotopos (parasti apdzīvotu vietu apkārtnē).

Helianthus tuberosus un *Solidago gigantea* izplatītas nevienmērīgi, pašlaik Latvijā abas sugas sastopamas samērā reti un galvenokārt antropogēni ietekmētos biotopos. *H. tuberosus* bieži kultivēts visā Latvijā, ilgi saglabājas kultivācijas vietās, tomēr saslēgtā veģetācijā to visbiežāk ilgākā laika posmā izkonkurē vietējās graudzāļu sugas, noturīgas audzes topinambūrs veido tikai

pilsētās pārveidotās, barības vielām bagātās augtenēs, kur bieži tas ir dominējošā suga, reti – upju krastos kā kondominants vai pavadītājsuga nitrofilās augstzaļu sabiedrībās. Latvijā pašlaik retā *Solidago gigantea*, salīdzinot ar radniecīgo, plaši izplatīto *S. canadensis*, acīmredzot introducēta dārzos un parkos vēlāk un nav bijusi tik populārs krāšņumaugs, kā arī nav stādīta dārzos visā Latvijas teritorijā, tāpēc kā naturalizējies, stipri invazīvs neofīts sastopama gandrīz tikai Rīgas un Jūrmalas apkārtnē.

Lupinus polyphyllus un tās dekoratīvās formas Latvijā audzētas gan dārzos kā krāšņumaugi, gan sētas kā zaļmēslojums un slāpekļa fiksētājs atmatās, arī izcirtumos un, iespējams, arī ceļmalās. Tāpēc suga daudzviet saglabājusies agrākajās sējumu vietās, vietām lielās platībās kopš 1930. gadiem. Parasti sējumu apkārtnē suga izplatījusies arī gar ceļiem un mežmalām. Tāpēc tās sastopamību savvaļā noteicis gan kultivācijas biežums dažādos Latvijas novados, gan augtņu piemērotība un ceļu tīkls to apkārtnē.

Bieži sastopamais *Heracleum sosnowskyi* kultivēts daudzviet Latvijā, kā arī bioloģisko īpatnību dēļ spēj strauji izplatīties visdažādākajos biotopos, kas nodrošinājis tā sastopamību visā valsts teritorijā, vietām lielās platībās monodominantās audzēs. Šī ir vienīgā suga no pētītajām, kas izteikti saistīta ar pamestām, neapsaimniekotām lauksaimniecības zemēm, nevis apdzīvotām vietām. Nozīmīga loma latvāņu izplatībā ir lineārām ainavas struktūrām (galvenokārt ceļiem un ūdenstecēm), kas nodrošina invadēto vietu savienotību un līdz ar to arī sēkļu nokļūšanu jaunās teritorijās.

Kopumā Latvijas teritoriju pārklāj 2783 kvadrāti 5 × 5 km pētījumā izmantotajā kvadrātu tīklā. 1. tab. katrai sugai noteikts kopējais invadēto kvadrātu skaits un procentuālais invadēto kvadrātu īpatsvars, kā arī parādīts introdukcijas un naturalizācijas sākuma laiks.

1. tab. Invadēto kvadrātu skaits un procentuālais īpatsvars saistībā ar introdukcijas un naturalizācijas laiku.

Suga	Invadēto kvadrātu skaits	Invadēto kvadrātu skaits %	Introdukcijas laiks*	Naturalizācijas sākums**
<i>Rumex confertus</i>	428	15.4	1920	1920
<i>Heracleum sosnowskyi</i>	329	11.8	1940-ie	1940-ie
<i>Solidago canadensis</i>	327	11.7	1805	~ 1950-ie
<i>Lupinus polyphyllus</i>	250	9	1916	1916
<i>Reynoutria japonica</i>	237	8.5	1874	20.gs.
<i>Bunias orientalis</i>	241	8.6	1805	1805
<i>I. parviflora</i>	147	5.3	1895	1895
<i>Impatiens glandulifera</i>	134	4.8	1898	1898
<i>R. sachalinensis</i>	122	4.4	1874	20. gs.
<i>Aster salignus</i>	115	4.1	1890-ie ?	1890-ie ?
<i>Petasites hybridus</i>	112	4	1778	20. gs.?
<i>Echinocystis lobata</i>	69	2.5	1960-ie	1970-ie
<i>Helianthus tuberosus</i>	60	2.2	~1700	20. gs. ?
<i>S. gigantea</i>	14	0.5	1980-ie ?	1990-ie

* Pirmais datējums, kad suga apzināti ieviesta vai nejauši ievazāta Latvijā; ** laiks, kad suga pirmoreiz konstatēta savvaļā (literatūras vai herbāriju dati).

Kopš 19. gs. sākuma līdz 20. gs. otrajai pusei konstatēts atradņu skaita pieaugums gandrīz visām sugām (2. tab.). Strauja atradņu skaita palielināšanās raksturīga 20. gs. 70. gadiem, kas saistīts gan ar naturalizācijai nepieciešamos laiku jeb latento periodu un tam sekojošu strauju invazīvo sugu ekspansiju, gan floras pētījumu intensitātes pieaugumu 20. gs. 70. gados. 20. gs. 80. gados uzsākta neofītu sugu izplatības kartēšana, kas tika turpināta 2005. līdz 2008. g., savukārt laika periodu no 2001. līdz 2004. g. raksturo salīdzinoši neliels jaunu reģistrētu neofītu atradņu skaits. Lai arī jaunu atradņu skaits laika periodā ne vienmēr raksturo tikai reālu atradņu skaita palielināšanos, bet bieži vien arī izpētes intensitāti noteiktā laika periodā, domājams, ka visām pētītajām sugām raksturīga strauja atradņu skaita palielināšanās 20. gs. 70. līdz 80. gados, kas eksponenciāli turpina pieaugt arī pašlaik, kas īpaši raksturīgi invazīvām sugām, kas izplatās

gan ar sēklām, gan veģetatīvi. Straujo izplatīšanos, likumsakarīgi, sekmē arī donorteritoriju skaita pieaugums.

2. tab. Reģistrēto sugu atradņu kumulatīvā skaita izmaiņas.

Suga	Zināmo atradņu skaits / Laika periods					
	< 1900	1901 - 1940	1941 - 1970	1971 - 2000	2001 - 2004	2005 - 2008
<i>Aster salignus</i>	1	9	22	100	104	168
<i>Solidago canadensis</i>	*	3	9	184	199	564
<i>S. gigantea</i>	-	-	-	4	9	23
<i>Petasites hybridus</i>	16	21	24	99	105	149
<i>Helianthus tuberosus</i>	*	*	*	40	42	97
<i>Echinocystis lobata</i>	-	-	-	59	69	95
<i>Reynoutria japonica</i>	2*	10	11	204	223	307
<i>R. sachalinensis</i>	2*	15	17	96	112	146
<i>Rumex confertus</i>	-	4	5	48	4	206
<i>Lupinus polyphyllus</i>	-	11	26	165	189	343
<i>Bunias orientalis</i>	30	72	83	146	340	471
<i>Impatiens glandulifera</i>	1	5	16	69	79	204
<i>I. parviflora</i>	-	9	15	92	96	229
<i>Heracleum sosnowskyi</i>	-	-	1	142	268	522

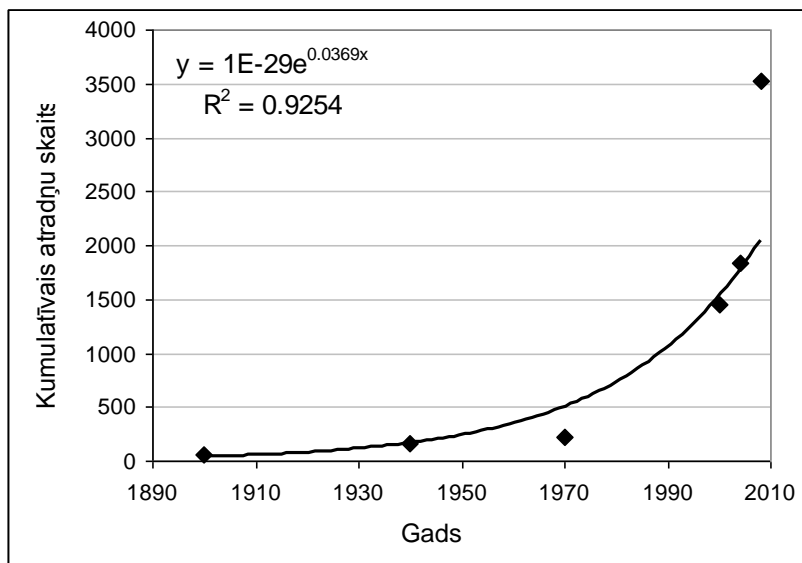
* suga introducēta Latvijas teritorijā, taču nav zināms, vai tā bijusi sastopama savvaļā.

Vērā ņemama saistība starp sugas introdukcijas (ievazāšanas) laiku un pašlaik invadēto kvadrātu skaitu, respektīvi – jo senāk suga parādījies, jo plašāk mūsdienās izplatīta – konstatēta tikai dažos gadījumos. Vairums no pētījumā ietvertajām sugām pirmoreiz kā savvaļā pārgājuši neofīti konstatētas ap 19. un 20. gs miju un sastopamas salīdzinoši diezgan reti, kamēr dažas sugas, kas pirmoreiz parādījušās laika posmā no 20. gs. pirmās puses līdz gadsimta vidum, pašlaik ir vienas no biežāk sastopamajām neofītu sugām (1. tab.). Lielākoties tieši vēlāk introducētie vai ievazātie, bet pašlaik biežāk sastopamie neofīti izplatījušās visstraujāk, respektīvi, tie izplatījušās salīdzinoši īsākā laika posmā nekā pirms 20. gs. sākuma Latvijas teritorijā nonākušās sugas.

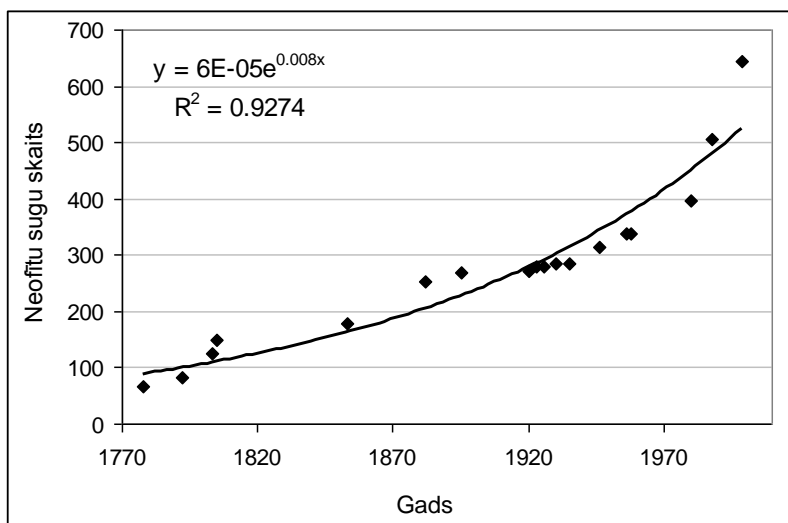
Kopumā 14 neofītu atradņu dinamiku visā laika periodā kopš šo sugu introdukcijas/ievazāšanas Latvijā raksturo eksponenciāls atradņu skaita pieaugums. Konstatēta nozīmīga sakarība starp introdukcijas (ievazāšanas) laiku un kumulatīvo 14 neofītu sugu atradņu skaitu (3. att.). Tomēr konkrētu neofītu izplatīšanās sekmes atkarīgas no individuālas sugas bioloģiskajām īpatnībām, atkārtotas introdukcijas (vai ievazāšanas) biežuma, kā arī izplatīšanās veida un potenciāli piemērotu biotopu izplatības. Šo sugu izplatīšanās vēsture norāda, ka laika perioda ilgums starp svešzemju sugas ievazāšanu vai introdukciju un invāziju savvaļā, kā arī invāzijas sekmes ir grūti prognozējamas.

Balstoties uz NOBANIS (www.nobanis.org) datiem, Latvijas svešzemju floras dinamika pēdējo divu gadsimtu laikā (4. att.) liecina, ka neofītu sugu skaits pastāvīgi pieaudzis, bet visstraujākais pieaugums raksturīgs 20. gs. otrajai pusei. Līdzīga sakarība konstatēta, analizējot atradņu skaita dinamiku pētītajām 14 invazīvo neofītu sugām (3. att.).

Pēdējo trīs gadsimtu laikā notikusi karadarbība un armiju pārvietošanās, t.sk. abi pasaules kari, kas sekmēja jaunu sugu ievazāšanu (Klinge, 1887; Lehmann, 1895; Malta, 1934; Mühlenbach, 1934). Līdzīgi kā Centrāleiropā (Sukopp, 2002) un citur pasaulē, arī Latvijā pilsētu floru būtiski ietekmējusi karadarbība, radot piemērotus augšanas apstākļus ruderālu sugu, t.sk. svešzemju un kara laikā ievazātu sugu izplatībai (Kupffer, 1922). Arī transporta tīkla attīstība 19. un 20. gs., sekmēja strauju neofītu sugu izplatīšanos. Tāpat arī mūsdienās transporta pārvadājumi ir viens un nozīmīgākajiem faktoriem sugu migrācijā. Ceļu un dzelzceļu izbūve un ekspluatācija, savukārt, saistīta ar regulāriem antropogēniem traucējumiem, kas sekmējis ruderālu sugu, kādas ir lielākā daļa invazīvo neofītu, un cenožu izplatīšanos.



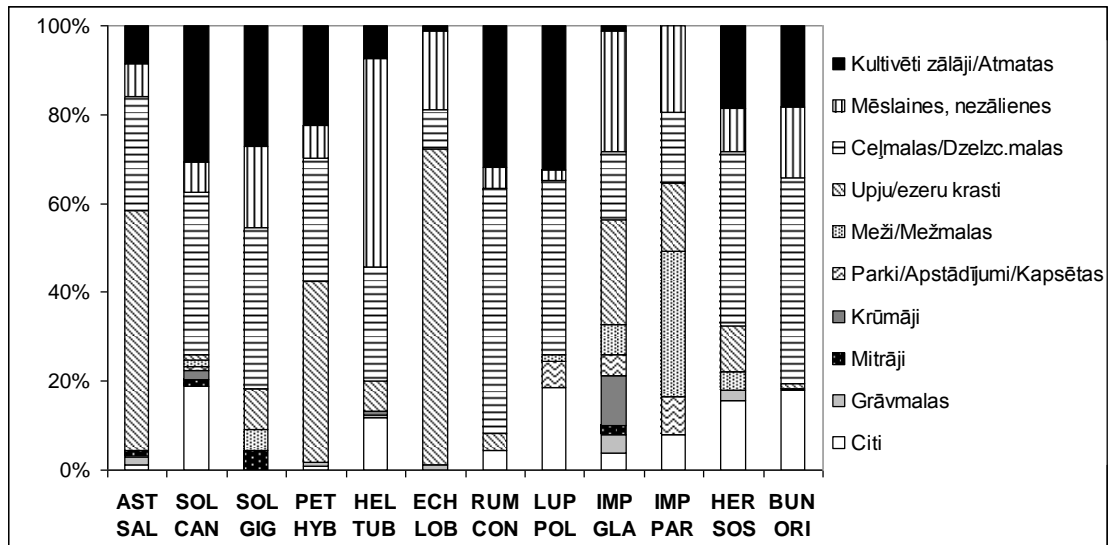
3. att. 14 neofītu sugu atradņu kumulatīvais skaits.



4. att. Kumulatīvais neofītu sugu skaita pieaugums Latvijā (datu avots: www.nobanis.org).

Invadētie biotopi

Invadēto biotopu struktūra raksturo sugu ekoloģiju. Liela daļa invadēto biotopu bija būtiski antropogēni ietekmēti (ceļmalas un dzelzceļa malas, nezālienes, pilsētu teritorijas). Nozīmīga daļa invadēto biotopu veido neapsaimniekoti kultivēti un ruderalizēti zālāji un atmatas, dažas sugām raksturīgi upju krasti (5. att.). Biotopu struktūras analīzē nav iekļautas abas *Reynoutria* sugas, kas lielākoties sastopamas stādījumos un invadējušas agrāko stādījumu apkārtni.



5. att. Invadētie biotopi.

Saīsinājumi attēlā: AST SAL – *Aster salignus*, SOL CAN – *Solidago canadensis*, SOL GIG – *Solidago gigantea*, PET HYB – *Petasites hybridus*, HEL TUB – *Helianthus tuberosus*, ECH LOB – *Echinocystis lobata*, RUM CON – *Rumex confertus*, LUP POL – *Lupinus polyphyllus*, IMP GLA – *Impatiens glandulifera*, IMP PAR – *Impatiens parviflora*, HER SOS – *Heracleum sosnowskyi*, BUN ORI – *Bunias orientalis*.

Neofītu izplatību ietekmējoši faktori Latvijas mērogā

Nemot vērā, ka vairums Latvijā apzināti introducēto, savvaļā pārgājušo krāšņumaugu jeb invazīvo neofītu audzēti visā Latvijā, to donorterritoriju telpisko izplatību noteikusi cilvēka darbība, nevis fiziogēogrāfiski apstākļi. Adventīvo sugu izplatīšanos lielākos attālumos noteikusi neapzināta cilvēka ietekme (transports, kravu pārvadājumi), dažu sugu gadījumā arī savaļas dzīvnieku migrācija. Invazīvo neofītu izplatību galvenokārt nosaka introdukcijas vietu (donorterritoriju), potenciāli piemērotu biotopu un migrācijas ceļu izvietojums. Tas pats attiecināms uz adventīvām sugām, kuru izplatīšanās sekmes visbūtiskāk ietekmē izplatīšanās iespējas (migrācijas ceļi un „pārnēsātāji“) un biotopu piemērotība.

Lai arī atsevišķos gadījumos konstatētas reģionālas neofītu izplatības atšķirības Latvijas mērogā (Priede, 2008), darba ietvaros netika analizēta fiziogēogrāfisko apstākļu ietekme uz invazīvo neofītu izplatību. Arī Eiropas mērogā raksturīgas reģionālas svešzemju sugu izplatības atšķirības, ko Lambdon et al. (2008), analizējot dažādu Eiropas valstu svešzemju floras, iedalīja invazīvo areālu biogēogrāfiskajās zonās. Piemēram, Austrum- un Dienvidaustrumbaltijas valstīs plaši izplatīts *Heracleum sosnowskyi*, kas nav sastopams Skandināvijā un uz A un D no Polijas un Austrumvācijas (Lambdon et al., 2008). Līdzīgi *Heracleum sosnowskyi*, Baltijā strauji naturalizējas arī Kaukāza endēms *Galega orientalis*, kas introducēta kā lopbarības kultūra un atzīta par invazīvu Igaunijā (Kangur et al., 2005; Ööpik, Pulk, 2008) un ir aktīvā naturalizācijas fāzē arī Latvijā (Laiviņš, Mangale, 2005), taču pārējā Eiropā nav sastopama. Šīs Eiropas mēroga atšķirības sugu izplatībā ne vienmēr saistāmas ar fiziogēogrāfiskiem faktoriem, t.sk. klimatisko piemērotību, bet gan antropogēnām ietekmēm un introducēto vai ievazāto sugu sastāva un sugu migrācijas ceļiem.

Lielu daļu Latvijas svešzemju floras veido Ziemeļeiropas un Baltijas reģionam raksturīgās neofītu sugas, kas lielākoties nāk no līdzīga klimata apgabaliem Eiropā (Centrāleiropā un Rietumeiropā) vai ārpus Eiropas (galvenokārt Tālajiem Austrumiem un Ziemeļamerikas). Balstoties uz NOBANIS (www.nobanis.org) datiem, Latvijā lielāko daļu neofītu sastāda Eiropas un Āzijas sugas (attiecīgi 44 un 35 %), bet 10 % sugu izcelsmes areāls atrodas Ziemeļamerikā. Āfrikas un Dienvidamerikas sugas veido 5 un 1 % no neofītu kopējā skaita, bet 5 % sugu izcelsme nav zināma. Tas liecina, ka lielā mērā sugas naturalizācijas veiksmīgumu ietekmē klimatiskā piemērotība invazīvajam reģionam.

Klimatiskās un dažos gadījumos edafiskas atšķirības Latvijas mērogā vismaz pašlaik ietekmē daudzu introducētu koku un krūmu sugu, t.sk. savvaļā pārgājušu invazīvu taksonu, piemēram, *Acer pseudoplatanus*, *Abies alba*, *Fagus sylvatica* (Lange u.c., 1978; Svilāns, 2004), *Aronia prunifolia* (Priede, 2009) naturalizāciju un izplatību savvaļā. Tas saistāms galvenokārt ar kontinentalitātes pastiprināšanos no jūras iekšzemes virzienā, tātad šo sugu izplatību un invazitāti ietekmē sektorialitāte rietumu-austrumu virzienā un zonalitāte dienvidu-ziemeļu virzienā (Svilāns, 2004; Laiviņš u.c., 2007). Iespējams, vairāku neofītu invāzijas sekmes nākotnē var ietekmēt veģetācijas sezonas garuma un minimālās gaisa temperatūras palielināšanās klimata mainības ietekmē, piemēram, *Impatiens* sp. un *Reynoutria* sp. (Beerling, Perrins, 1993), taču pagaidām, salīdzinot ar Centrāl- un Rietumeiropu, šīs sugas Latvijā savvaļā ir sastopamas relatīvi reti, un to pašlaik apzināto atradņu izvietojums neļauj apstiprināt šo pieņēmumu.

Tāpat pētīto 14 neofītu izplatības daļēja sakritība ar zemienēm un maigāku piejūras klimata zonu (2. att.) šajā gadījumā, visticamāk, nav saistāma ar sugu klimatisko piemērotību, bet salīdzinoši lielāku apdzīvojuma blīvumu un intensīvāku svešzemju sugu introdukciju un transportu piejūras zemienē un lielo upju grīvās nekā daudzos iekšzemes rajonos.

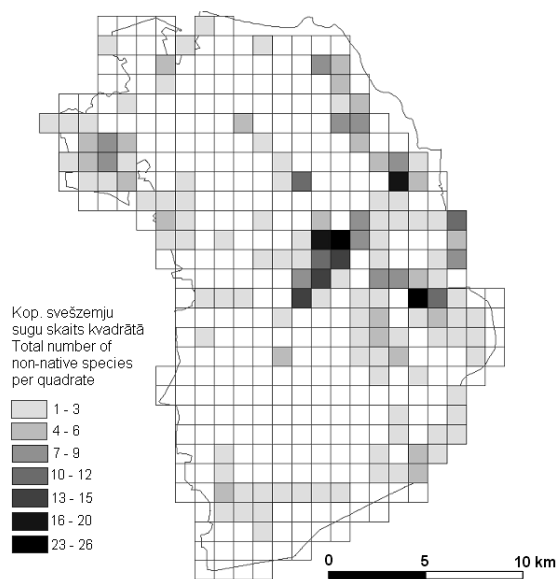
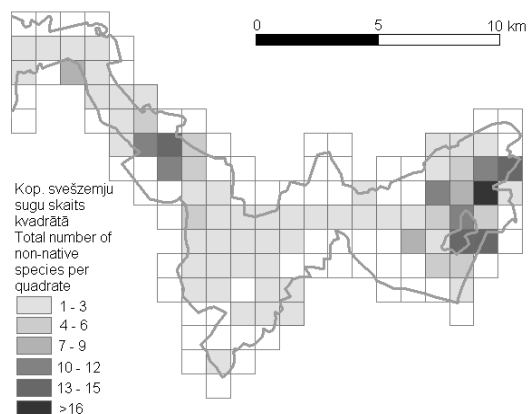
Neofītu izplatība un izplatības likumsakarības modeļteritorijās

Detalizētākai neofītu sugu un to izplatību noteicošo faktoru izvērtēšanai, apkopoti un analizēti visu sastopamo neofītu izplatības dati divās relatīvi nelielās, bet ainavas ziņā heterogēnās un savstarpēji atšķirīgās teritorijās Abavas ielejā un Ķemeru nacionālajā parkā (ĶNP). Abās modeļteritorijās analizēts neofītu floras sastāvs un īpatnības, kā arī izplatību ietekmējošie ainavas līmeņa faktori.

Abavas ielejā un ĶNP konstatēto neofītu sugu sastāvs un kopējais skaits ir atšķirīgs, kas saistīts gan ar teritorijas izmantošanu, vēsturiskiem un sociālekonomiskiem aspektiem, gan teritoriju platību. Abavas ielejā posmā Kandava – Veģi kopā konstatētas 53 naturalizējušās neofītu sugas, bet ĶNP – 97. Lielāko daļu neofītu sugu kopskaita abās teritorijās veido dārzeņbēgļi: Abavas ielejā – 47, ĶNP – 80 sugas. Mazāku daļu sastāda adventīvās sugas (Abavas ielejā – 6, ĶNP – 17). Tas skaidrojams arī teritoriju ģeogrāfisko novietojumu attiecībā pret apdzīvotām vietām un transporta tīkliem. Abavas ielejai raksturīgas galvenokārt apzināti introducētas un vēlāk savvaļā pārgājušās dārzu un apstādījumu sugas, bet adventīvās sugas lielākoties ir visā Latvijā bieži sastopamas segetālas sugas. ĶNP lielu īpatsvaru sastāda dārzeņbēgļi. ĶNP sugu sastāvu būtiski ietekmējis teritorijas novietojums attiecībā pret maģistrāliem transporta tīkliem, lielu upju un lielu apdzīvotu vietu tuvums, kas veicinājis ne tikai invazīvu dārzeņbēgļu ieviešanos no blakus teritorijām, bet arī vairāku adventīvu sugu imigrāciju ar transportu pa autoceļiem un dzelzceļu.

Izplatītāko sugu biežums netieši norāda arī uz abās teritorijās dominējošiem zemes lietojuma veidiem un konkrētām sugām piemērotu biotopu sastopamību – Abavas ielejā visbiežāk sastopamas atklātu vietu (nemeža) neofītu sugas, kas izplatās galvenokārt lauksaimniecības zemēs – atmatās, pamestos zālājos, ceļmalās, tīrumos, dārzos, ruderālos biotopos, turpretī ĶNP lielais mežos sastopamo neofītu skaits liecina, ka ainavā dominē meži, bet atklātu nemeža zemju īpatsvars ir salīdzinoši mazāks.

Līdzīgi kā citviet Latvijā, abās modeļteritorijās neofītu atradņu blīvums saistīts galvenokārt ar apdzīvotām vietām un ceļu tīklu (6., 7. att.). Sakritība ir izteiktāka ĶNP gadījumā, turpretī Abavas ielejā sugu izplatība un lielāks atradņu blīvums acīmredzami vairāk saistīts ar upju un tam paralēlo ceļu tīklu, kas nav raksturīgi ĶNP. Abās teritorijās neofīti visbiežāk un vislielākā blīvumā sastopami pilsētu un lielāko ciemu tuvākajā apkārtnē, gar autoceļiem (lielākoties gar lielākiem maģistrāliem ceļiem) un lielāko upju ielejās, kamēr vienlaidus mežu un purvu masīvos neofīti gandrīz nav konstatēti, kas norāda, ka dabiski biotopi, īpaši, ja nav savienoti ar ceļiem un apdzīvotām vietām, ir rezistenti pret neofītu ienākšanu un nostabilizēšanos.



6. att. Kopējais neofītu sugu skaits 1×1 km tīklā Abavas ielejā. 7. att. Kopējais neofītu skaits 1×1 km tīklā ĶNP.

Izmantojot netiešās ordinācijas metodi DCA, Abavas ielejā kvadrātu izvietojumu pēc neofītu kopējā skaita ordinācijas telpā izskaidro 1. un 2. DCA ass ar īpašvērtībām 0.27 un 0.18, bet 3. ass īpašvērtība ir 0.10, tātad kopumā saistība ir vāja. DCA analīzē neizdalījās gradienti, kas nosaka neofītu un ainavelementu izplatības saistību. Abavas ielejā neviens no faktoriem nav dominējošs, jo vairumā gadījumu raksturīga liela ainavelementu daudzveidība kvadrātā. Acīmredzot neofītu izplatība lielā mērā atkarīga no mazāka mēroga faktoriem, kā arī raksturīga to izplatības sakarība atkarībā no to augšanai piemērotiem apstākļiem un konkrēto sugu dzīves formas. Visbūtiskāk neofītu izplatību Abavas ielejā ietekmē upju un ceļu izvietojums, kas daļēji sakrīt, apdzīvotas vietas, kā arī mežu un atklātas ainavas īpatsvars ainavā, visticamāk, šo ainavelementu saskares zonas jeb ekotoni.

ĶNP kvadrātu izvietojumu ordinācijas telpā izskaidro 1. un 2. DCA ass ar īpašvērtībām 0.62 un 0.33. 3. ass īpašvērtība ir 0.17. ĶNP, lai arī nav izteiktas grupēšanās, iezīmējas visvairāk invadēto kvadrātu sakrītība ar apdzīvotām vietām un autoceļiem, turpretī kvadrāti, ko pilnībā aizņem meži, purvi un atklātas ainavas, nav invadēti vai raksturīgi ar mazu neofītu sugu skaitu, taču diezgan liels neofītu īpatsvars konstatēts kvadrātos mežu un apdzīvotu vietu/ceļu kontaktjoslā. Konstatēta arī nenožīmīga neofītu izplatības saistība ar upju tīklu, kas ĶNP, atšķirībā no Abavas ielejas, nesakrīt ar apdzīvotajām vietām un autoceļiem.

Abās teritorijās galvenā loma neofītu izplatībā ir dominējošiem ainavelementiem, turpretī vairāki analīzē iekļautie indeksi – dzelzceļš, atkritumu izgāztuves, industriāli objekti, mazdārziņi un kapsētas, lai arī bieži saistīti ar lielāku neofītu koncentrāciju un nereti ir arī šo sugu donoteritorijas, to retuma dēļ statistiskas analīzes rezultātā iezīmējas kā maznozīmīgi.

Kopumā ĶNP viengabalaināka zemes lietojumu veidu sadalījuma dēļ neofītu izplatības sakrītība ar antropogēni būtiski ietekmētām teritorijām ir daudz izteiktāka nekā Abavas ielejā, turpretī lielas, homogēnas, cilvēka darbības mazskartas teritorijas raksturīgas ar niecīgu neofītu skaitu vai to nav vispār. Abavas ielejā ainava ir stipri sadrumstalota, un viens kvadrāts bieži ietver dažādas nelielas zemes lietojuma vienības, kas, pirmkārt, šāda veida analīzē neļauj izdalīt nozīmīgākos ietekmējošos faktoros; otrkārt, veidojas daudz lielāka ekotona zona, kas vairumā gadījumu ir piemērota neofītu izplatībai. Regulārs kvadrātu tīkls ainavas līmeņa neofītu izplatības analīzē ir izmantojams, tomēr rezultātus būtiski var ietekmēt kvadrātu lielums. Abavas ielejā, kas ir salīdzinoši mazāka un ainavelementu izplatības ziņā daudzveidīgāka teritorija, lietderīgāk būtu izmantot 0.5×0.5 km vai 0.25×0.25 km kvadrātu tīklu, kas ļauju mazināt dažādu ainavelementu mijiedarbības efektu un uzsvērtu konkrēta ainavelementa nozīmi neofītu blīvuma un konkrētu sugu izplatībā. Dalījums 1×1 km kvadrātos var neietvert lokāli nozīmīgus objektus. Tas attiecināms uz nelielām, agrāk izmantotām (bieži vienreizējām) atkritumu izgāztuvēm, apzinātas

sugu introdukcijas vietas u.tml., kas nereti ir neofītu sākotnējās izplatības centri, no kurienes var tik invadētas apkārtējās teritorijas, dažkārt pat lielās platībās. Līdz ar to šāda veida analīze, lai gan parāda galvenās likumsakarības, ir diezgan robusta, jo tiek izslēgti daudzi lokāla rakstura apstākļi, kam var būt izšķiroša loma.

Salīdzinot abas teritorijas, Abavas ielejā ir blīvāks un vienmērīgāk izvietots apdzīvojums (galvenās neofītu donorteritorijas un vienlaikus piemēroti, cilvēka darbības pārveidoti biotopi), pie tam gandrīz visā teritorijā ir vairāk atklātas lauksaimniecībā izmantojamo zemju ainavas, līdz ar to arī neofītu atradņu izplatība ir izklaidētāka. Abavas ielejā ainava ir fragmentēta – atklātu ainavu un mežu masīvi ir nelieli un izvietoti mozaīkveidā visā pētītajā teritorijā. Turpretī ĶNP lielas platības aizņem lieli, neapdzīvoti vienlaidus mežu un purvu masīvi, tādējādi neofītu atradnes koncentrētas galvenokārt nelielās platībās ap apdzīvotām vietām, kam parasti apkārt ir relatīvi nelieli atklātu ainavu plankumi (mazdārziņi vai bijušie mazdārziņi, zālāji, atmatas, pamesti industriāli objekti), vai arī ap ceļiem, kas kalpo kā sugu migrācijas koridori.

Neofītu sugu daudzveidību un sastopamību autoceļu, retāk dzelzceļa malās būtiski ietekmē tas, vai autoceļi (vai dzelzceļi) šķērso meža, lauksaimniecības zemes vai apdzīvotas vietas. Daudzu neofītu koncentrācija ceļmalās raksturīgāka ĶNP nekā Abavas ielejā. Tas saistīts ar to, ka ĶNP ceļi šķērso lielākoties mežainas teritorijas – atklātu vietu neofītu sugām nepiemērotus biotopus, turpretī Abavas ielejā neofīti biežāk sastopami atmatās un lauksaimniecības zemēs, lai arī to izplatīšanos sekmējis ceļu tuvums. Modeļteritorijās neofīti sastopami dažāda lieluma un nozīmes ceļu malās – šoseju, lauku ceļu, ielu, retāk – meža ceļu un meža ceļu-stigu malās. Abās teritorijās ceļmalām raksturīgo neofītu sugu sastāvs nedaudz atšķiras. Nozīmīgas neofītu izplatībai ir ne tikai ceļmalas, bet arī ceļu-mežu vai lauksaimniecības zemju-mežu kontaktjoslas. To veicina meža zemsedzes eitrofikācija un piemēroti gaismas apstākļi mežmalās ceļu tuvumā.

Abās modeļteritorijās ģeogrāfisko īpatnību dēļ raksturīga atšķirīga situācija neofītu izplatībā upju krastos. Ja Abavas ielejā neofītu izplatības un upju tīkla blīvuma korelācija ir salīdzinoši augsta, tad ĶNP gandrīz visā teritorijā šī saistība ir maznozīmīga. ĶNP raksturīga sugu imigrācija pa upēm no attālākām vietām augštecē, taču ir maz invazīvām sugām piemērotu biotopu.

Līdzīgi kā lielāka mēroga līnijveida struktūrām ainavā (autoceļiem un upēm), būtiska nozīme sugu migrācijā ir arī nelieliem, cilvēka radītiem koridoriem (meža ceļi, takas, mežu kvartālstigas, augstsprieguma līniju stigas). Šādu līnijveida ainavas struktūru loma pielīdzināma regulāram ekoloģiskam traucējumam, kas rada piemērotus apstākļus vairāku invazīvu neofītu augšanai un tālākai izplatībai. Šeit reizēm koncentrējas atklātu biotopu neofītu sugas, kam citādi meža biotopi gaismas trūkuma un starpsugu konkurences dēļ ir nepiemēroti.

Lai arī statistiski nenozīmīgi kā neofītu izplatību ietekmējoši ainavelementi, tomēr kapsētas, izgāztuves, karjeri un industriāli objekti un to tuvākā apkārtnē gandrīz vienmēr raksturīgi ar augstāku neofītu koncentrāciju nekā apkārtējās teritorijas. Šie objekti kalpo galvenokārt kā donorteritorijas, visbiežāk, dārzeņģļu tālākai izplatībai.

Nosacīti homogēniem ainavas plankumiem ir barjeras funkcija, un tie ir ne tikai rezistenti pret neraksturīgu sugu nostabilizēšanos kā arī ierobežo to tālāku izplatīšanos. Šāda funkcija piemīt mežu, purvu, lieliem aramzemju, tīrumu un regulāri apsaimniekotiem zālāju masīviem. Abās modeļteritorijās plankumveida struktūru lomu raksturo kopējais sugu skaits kvadrātā – kvadrāti, kuros netika konstatēta neviena neofītu suga vai to skaits bija niecīgs, sakrīt ar lieliem vienlaidus mežu un purvu masīviem vai lielām vienlaidus regulāri apsaimniekotām lauksaimniecības zemju platībām.

Būtiska loma ir ne tikai plankumu platībai, konfigurācijai, bet arī iekšējai heterogenitātei un robežojošo citu ainavas plankumu un līnijveida struktūru raksturs. Ainavas plankumi, kam raksturīga augsta heterogenitāte to iekšienē, respektīvi, mozaīkveida struktūra un dinamiska vide ar regulāriem traucējumiem un līdz ar to arī pieejamiem resursiem – apdzīvotas vietas ar vienlaidus apbūvi saistītas ar pētītajās teritorijās vislielāko neofītu sugu skaitu.

Abās teritorijās liels invadēto kvadrātu skaits saistīts ar ekotona efektu – visvairāk neofītu sugu ir teritorijās, kas iezīmējas kā robežzonas starp apdzīvotām vietām un mežiem, apdzīvotām vietām un lauksaimniecības zemēm vai lauksaimniecības zemēm un mežiem, vai arī plankumveida ainavas struktūru platības ir nelielas un fragmentētas, kas liecina, ka būtiskākie

ainavas līmeņa faktori, kas ietekmē neofītu izplatību, ir fragmentācija un savienotība starp dažādiem ainavas elementiem.

Neofītu dinamika modeļteritorijās

Neofītu izplatības dinamikas analīzē izmantoti vairāku herbāriju kolekciju (LU Bioloģijas institūta un Bioloģijas fakultātes herbāriji) un literatūras (Seezen, 1866; Kupffer, 1934; Galenieks, 1957; Rasiņš, 1960; Anon., 2002; Cepurīte, 2006, 2008; Табака, Клявиня, 1981) un floras datu bāzu (Ķemeru nacionālā parka un LU Ģeogrāfijas un Zemes zinātņu fakultātes nepublicēti dati) dati par abām modeļteritorijām no agrākiem laika periodiem. Dati salīdzināti ar 2006.-2008. g. teritoriju inventarizācijas rezultātiem.

Salīdzinot neofītu sugu sastopamību Abavas ielejā 1981. g. publicētajā floras sarakstā (Табака, Клявиня, 1981) un 2006.-2008. g., sugu skaits apmēram 30 gadu laikā palielinājies par 28 sugām, t.i., gandrīz divkārtšojies (3. tab.).

3. tab. Abavas ielejā konstatēto neofītu sugu skaita izmaiņas, salīdzinot 1981. un 2008. g.

Копējais neofītu sugu skaits 1981. g.	37
Neofītu sugas, kas atkārtoti atrastas 2006.-2008. g.	27
Izzudušas	12
Palielinājusies izplatība un sastopamības biežums	8
Samazinājusies izplatība un sastopamības biežums	0
Nav būtisku izmaiņu izplatībā un sastopamības biežumā	20
No jauna atrastas neofītu sugas 2008. g.	28
Копējais neofītu sugu skaits 2008. g.	53

Ievērojamais sugu skaita pieaugums noticis gan uz reti sastopamu, lokālas izplatības dārzeņģļu lakstaugu, gan pašlaik diezgan bieži sastopamu invazīvu koku un krūmu un vairāku invazīvu un plaši izplatītu dārzeņģļu rēķina, piemēram, *Solidago canadensis*, *Aster salignus*, *Echinocystis lobata*, *Heracleum sosnowskyi*, *Impatiens parviflora*, *I. glandulifera*, *Helianthus tuberosus*, *Lupinus polyphyllus*, *Acer negundo* u.c. Pašlaik vairākas no šīm sugām strauji invadējušas ne tikai nezālienes, bijušos mazdārziņus un atmatas, bet arī izplatās vairāku upju ielejās, mežos un krūmājos, kamēr citas relatīvi nesen ienākušas sugas pagaidām ir retas vai ļoti retas. Abavas ielejā atkārtoti nav konstatētas vairākas ar īslaicīgām, rudērālām cenozēm saistītas, reti sastopamas 20. gs. pirmajā pusē konstatētas adventīvas vai dārzeņģļu sugas.

ĶNP neofītu floras izmaiņas, salīdzinot agrāk teritorijā dažādos laika periodos konstatēto sugu sarakstu un 2006.-2008. g. neofītu sugu sarakstu parāda, ka 20. gs. laikā, īpaši pēdējos gadu desmitos, noticis ievērojams neofītu sugu skaita pieaugums (4. tab.).

4. tab. ĶNP konstatēto neofītu sugu skaita izmaiņas laika posmā no 19. gs. līdz 2008. g.

Копējais neofītu sugu skaits līdz 2003. g.	44
Neofītu sugas, kas atkārtoti atrastas 2006.-2008. g.	35
Izzudušas	9
No jauna atrastas neofītu sugas 2008. g.	60
Копējais neofītu sugu skaits 2008. g.	95

Līdzīgi kā Abavas ielejā, arī ĶNP neofītu, t.sk., invazīvo sugu un atradņu skaits strauji pieaudzis pēdējo divu gadu desmitu laikā, kur nozīmīga loma bijusi zemes lietojuma izmaiņām, apsaimniekošanas intensitātes samazināšanai apdzīvotās vietās, nekontrolētai atkritumu izgāšanai un transporta ceļiem. Jaunatrasto neofītu sugu skaits ir 60, bet izzudušas ir tikai deviņas sugas (4. tab.) – galvenokārt reti sastopamas adventīvas sugas. Līdzīgi kā Abavas ielejā, arī ĶNP agrākajos gadu desmitos nav reģistrētu datu par pašlaik plaši izplatītām invazīvām sugām, kas sākušas strauji izplatīties pēdējo 10-15 gadu laikā, piemēram, *Solidago canadensis*, *S. gigantea*, *Bunias orientalis*, *Rumex confertus*, *Heracleum sosnowskyi*, *Impatiens parviflora*, *Aronia prunifolia* u.c.

Neofītu izplatība ainavas pārmaiņu kontekstā

Daudzu neofītu koku un krūmu, t.sk. invazīvu sugu izplatības izmaiņas saistītas ar Latvijā 20. gs. otrā pusē un 21. gs. sākumā notiekošajām būtiskajām izmaiņām ainavā. 20. gs. otrajā pusē ainavu ietekmējusi mežu īpatsvara palielināšanās, lauksaimniecības zemju aizaugšana un ekotonu (robežzonu) palielināšanās (Tērauds et al., 2008). Pēdējo gadu desmitu laikā turpinās lauksaimniecībā izmantojamo zemju platību samazināšanās un mežu platību palielināšanās (Anon., 2008). Kā liecina ainavas dinamikas pētījumi citviet Latvijā, kopējais mežu puduru skaits 20. gs. otrā pusē samazinājies, aizaugot lauksaimniecības zemēm (Rasa, Nikodemus, 2008; Tērauds et al., 2008). Šādas ainavas izmaiņas sekmē arī invazīvo neofītu izplatību, tāpat kā mežu eitrofikācija antropogēnās slodzes pieauguma (piesārņojums, rekreācija) rezultātā (Laiviņš, 1998) un krūmāju platību palielināšanās, aizaugot lauksaimniecības zemēm. Kā liecina straujā „atmatu neofītu”, piemēram, *Solidago canadensis* un *Heracleum sosnowskyi* biežā sastopamība un straujā izplatība pēdējos gados, lauksaimniecībā izmantojamo zemju pamešana un saimnieciskās intensitātes samazināšanās ekonomisko pārmaiņu rezultātā pēdējos gadu desmitos veicinājusi ruderālu invazīvu lakstaugu neofītu sugu strauju izplatību pamestajās lauksaimniecības zemēs un neapsaimniekotajos zālajos.

Šo procesu raksturo arī biotopu, īpaši pilsētu teritorijās, ruderalizācija. 1990. gadu pirmajai pusei raksturīgā nepabeigto jaunbūvju, būvlaukumu un industriālo objektu pamešana radīja piemērotus apstākļus daudzu neofītu izplatībai. Šajā laika periodā tika pamestas arī daudzu pilsētu un piepilsētu mazdārziņi, kas veicināja vairāku pašlaik plaši izplatītu un mazdārziņos populāru krāšņumaugu pāriešanu savvaļā un izplatīšanos, piemēram, *Solidago* sp., *Impatiens glandulifera*, *Echinocystis lobata* un citas.

Lauksaimniecībā izmantojamās zemēs ar nelielu apdzīvojuma blīvumu un lauku teritorijās, kas nav cieši saistītas ar lielākām apdzīvotām vietām un transporta ceļiem, raksturīgs relatīvi neliels neofītu sugu skaits un īpatsvars arī pamestu ēku, fermu un citu objektu apkārtnē. Maza autoceļu izmantošanas intensitāte būtiski neietekmē neofītu imigrāciju no attālām donorteritorijām, tāpēc mazapdzīvotie, galvenokārt mežainie, bet bieži arī lauksaimniecības apvidi pašlaik ir relatīvi „pasargāti” no invāzijas. Tomēr pašlaik Latvijā zālāju ruderalizācija, lauksaimniecībā izmantojamo zemju pamešana, kā arī, domājams, kūlas dedzināšana ir nozīmīgi vairāku plaši izplatītu invazīvu neofītu sugu (piemēram, *Solidago canadensis*, *Heracleum sosnowskyi*, *Bunias orientalis*, *Rumex confertus*) invāziju sekmējoši faktori. Īpaši uzņēmīgi pret neofītu invāziju ir ilgstoši neapsaimniekoti zālāji donorteritoriju tuvumā. Prognozējot invazīvo sugu izplatības izmaiņas, jāņem vērā, ka vairums plaši izplatīto, invazīvo lakstaugu neofītu sugu ir gaismas prasīgas un tipiskas sekundārās sukcesijas sākuma stadijām, tāpēc izzūd, aizaugot pamestām lauksaimniecības zemēm, tāpēc to izplatību ar laiku ja ne mazina, tad daļēji ierobežo piemērotu biotopu trūkums, īpaši lauku apvidos lielākā attālumā no apdzīvotām vietām, kur ir mazs šīm sugām piemērotu biotopu īpatsvars.

Latvijā nav veikts neofītu invadētas veģētācijas monitorings, taču, kā liecina ilggadīgi veģētācijas dinamikas pētījumi citur pasaulē (Rejmānek et al., 2005), vairāku gadu desmitu laikā, aizaugot zālājiem un atmatām un pārveidojoties krūmājos un mežos, mazinās ne tikai dabisko zālāju un atmatu sugu daudzveidība, bet arī invazīvo neofītu īpatsvars un daudzveidība.

Prognozējot invazīvo sugu izplatību un apzinot faktoros, kas to varētu ierobežot, pirmkārt, jāņem vērā esošo un potenciālo donorteritoriju tuvums un attīstība. Piemēram, pašlaik neapbūvētu, pamestu teritoriju apbūve apdzīvotās vietās var mazināt savvaļā pārgājušo neofītu īpatsvaru konkrētajā teritorijā, turpretī pamestu zemju aizaugšana ar ruderālām sugām rada tām labvēlīgus apstākļus. Taču tai pat laikā jāņem vērā apstādījumu attīstība vienlaikus ar apbūvi, kas var būt saistīta ar „tradicionālo” invazīvo sugu introdukciju un pāriešanu savvaļā tuvējās teritorijās, kā arī jaunu, nesen introducētu augu sugu naturalizāciju un invāziju.

Ainavas struktūras, zemes lietojumveidu izmaiņas un ekosistēmu degradācija var būtiski ietekmēt arī neofītu, īpaši invazīvo sugu izplatību un izplatības ātrumu. Kā liecina lielais atradņu skaits atmatās un pamestos kultivētos zālajos, invazīvo sugu strauju izplatību sekmē zālāju ruderalizācija, īpaši apdzīvotu vietu tuvumā, lai arī vairākas sugas, kuru sēklas izplatās ar lidpūkām, sekmīgi izplatās arī vairāku kilometru attālumā no sākotnējās izplatības vietas (piemēram, *Solidago* sp., *Aster salignus*). Invazīvu sugu izplatību mežos veicina ne tikai pastāvīgi

traucējumi (rekreācija), gaisa piesārņojuma nosēdumi un līdz ar to augsnes eitrofikācija un zemsedes ruderalizācija, bet arī mežu fragmentācija (izcirtumi, vējgāzes, jaunu meža ceļu būve), kas palielina ekotona zonu un līdz ar to arī rada piemērotas ekoloģiskas nišas dabiskiem mežu biotopiem nepiemērotu svešzemju sugu izplatībai.

Pašlaik bioloģisko daudzveidību un raksturīgās ainavas saglabāšanu Latvijā drīzāk apdraud fragmentācija un vides sinantropizācija, bet invazīvo sugu straujā izplatība ir viens no vides degradācijas indikatoriem. No dabas un ainavas aizsardzības viedokļa daudz svarīgāk ir mazināt antropogēnos ainavas fragmentāciju veicinošos faktoros, ierobežot veģetācijas ruderalizāciju un regulāri apsaimniekot lauksaimniecībā izmantojamās zemes, ceļmalas utt., jo daudzu sugu gadījumā pašu invazīvo sugu apkarošana ir darbietilpīga, dārga un neefektīva. Degradētu, aizaugošu zālāju un citu lauksaimniecībā izmantojamu zemju atjaunošanu var ievērojami apgrūtināt invazīvu sugu augsts īpatsvars, tāpēc, nenoliedzami, svarīgi ir preventīvi pasākumi, kas ierobežo šo sugu ekspansiju to sākotnējās izplatības fāzēs. Tāpat, veicot dabas aizsardzības pasākumu plānošanu, neapšaubāmi, jāņem vērā arī invazīvo sugu lomu lokālās un reģionālās daudzveidības un vietējo sugu un augu sabiedrību raksturīguma saglabāšanā. Taču šiem pasākumiem jābūt gan ekoloģiski, gan ekonomiski pamatotiem, kā arī dabas apsaimniekotājiem jābūt spējīgiem reaģēt uz jaunāko gan vietējo, gan ārvalstu pētījumu atziņām un tās integrēt pasākumu īstenošanā, pretējā gadījumā strauji izplatošos invazīvu sugu negatīvā laicīgi nenovērtētā un nenovērtētā ietekme var radīt neatgriezeniskas vai grūti novēršamas sekas uz vietējo bioloģisko daudzveidību vai arī nepamatoti daudz resursu var tikt veltīts svešzemju sugu apkarošanai un kontrolei, kas patiesībā nerada negatīvu ietekmi un nav invazīvas.

Visā pasaulē arvien vairāk tiek izmantotas jaunu introducētu sugu riska novērtējums (piemēram, ALARM, www.alarmproject.net.ufz.de). Vairākas no pašlaik problemātiskām, Latvijā plaši izplatītām, invazīvām neofītu sugām introducētas un popularizētas kā vērtīgas lauksaimniecības kultūras vai krāšņumaugi. Savukārt, daudzas Latvijas PSR laikā introducētas, potenciāli invazīvas sugas, galvenokārt lauksaimniecības kultūras tā arī nekļuva populāras, līdz ar to Latvijā savvaļā pārgājušas reti. Iepriekšējos gadu desmitos introducēto sugu naturalizāciju un strauju izplatīšanos radījusi gan iespējamu seku neapzināšana, gan vēlākas ekonomiskas pārmaiņas, kas likumsakarīgi radīja būtiskas izmaiņas arī zemes izmantošanā, kas, savukārt, ir cieši saistīts ar daudzu ruderālu un svešzemju sugu ekspansiju.

Neofītu izplatības salīdzinājums Latvijā un Eiropā

Invazīvām neofītu sugām raksturīga strauja izplatīšanās visā Eiropā, taču Latvijā daudzu apzināti introducēto neofītu izplatīšanās savvaļā sākusies lielākoties vēlāk nekā Centrāl- un Rietumeiropā. Tas saistīts ar sugu ievazāšanas un introdukcijas laiku, biežumu un introdukcijas vietu telpisko izplatību. Ilgāks naturalizācijas periods Ziemeļeiropas un Baltijas reģionā, domājams, raksturīgs arī vēsāka klimata dēļ – respektīvi, ilgāks bijis t.s. latentais periods. Šajā fāzē sugas vēl nav strauji izplatījušās savvaļā un sastopamas reti (Pyšek, Prach, 1995; Parker, 2001). Salīdzinot vairāku invazīvu neofītu atradņu kumulatīvā skaita palielināšanos pēdējo divu gadsimtu laikā Latvijā (2. tab.) un vairākās Centrāl- un Rietumeiropas valstīs (Perrins et al., 1993; Pyšek, Prach, 1993, 1995; Vasic, 2005; Essl, 2007), konstatēts līdzīgs augšupejošs trends, respektīvi, lielākajai daļai bieži sastopamo invazīvo neofītu pēc latentā perioda raksturīga strauja izplatīšanās.

Gan daudzām mēreno plātuma grādu Eiropas valstīm, gan Latvijai raksturīgas daudzas plaši izplatītas invazīvas neofītu sugas, piemēram, *Impatiens glandulifera*, *I. parviflora*, *Elodea canadensis*, *Solidago canadensis*, *S. gigantea*, *Echinocystis lobata* u.c. Turpretī vairākas mūsdienās Latvijā plaši izplatītas adventīvas sugas, piemēram, *Bunias orientalis* un *Rumex confertus* Centrāl- un Rietumeiropā sastopamas reti vai nav sastopamas vispār, tomēr novērojama to migrācija rietumu virzienā. Latvijas teritorija ir viens no šo un, domājams, arī citu adventīvu, pa transporta ceļiem ievazātu Austrumeiropas un Āzijas sugu tranzītreģioniem.

Lielā daļā Eiropas, t.sk. ģeogrāfiski un klimatiski līdzīgajā Centrāleiropā visvairāk invadētas lauksaimniecībā izmantotās zemes, urbanizētas un industriālas teritorijas, savukārt vismazāk – dabiski zālāji, dabiski meži, kserofītiski un alpīni veģetācijas tipi (Chytrý et al., 2008b; Lambdon et al., 2008). Taču atšķirības Centrāleiropas un Eiropas boreālā reģiona, t.sk. Latvijas invadētībā

nosaka ne tikai sugu introdukcijas laiks, bet arī antropogēni ietekmēto un dabisko biotopu īpatsvars, respektīvi, Centrāleiropa ir cilvēka darbības vairāk ietekmēta nekā Baltija un Ziemeļeiropa. Tādējādi tur raksturīgs arī augstāks neofītu īpatsvars nekā Latvijā.

Latvijā dati par visām sastopamajām sugām un to izplatību nav apkopoti, taču pētīto 14 invazīvo sugu biotopu struktūra liecina, ka situācija Latvijā un citās Eiropas valstīs ir līdzīga (5. att.). Lielākā daļa invazīvo neofītu atradņu koncentrētas ap donorteritorijām (galvenokārt urbanizētām teritorijām) un transporta ceļiem, kamēr lieli lauksaimniecības zemju masīvi vismaz pagaidām ir relatīvi maz invadēti. Latvijā tikai nedaudzus gadījumos neofīti un to veidotās sabiedrības konstatētas dabiskos biotopos, piemēram, sausos zālajos, reti – uz avoksnainām nogāzēm, nevienā gadījumā virsājos vai citos kserofītiskos veģetācijas tipos, tāpat arī nevienā gadījumā neofīti netika konstatēti dabiskos augstajos, zāļu vai pārejas purvos. Neofīti reti konstatēti arī dabiskos meža biotopos.

Biotopu uzņēmība pret invazīvu sugu ienākšanu un ekspansiju Latvijā ir atšķirīga attiecībā uz dažādām neofītu sugām un to ekoloģiju. Visinvadētākās ir ceļmalas, kultivēti zālāji un atmatas, ruderāli biotopi un nezālienes, savukārt, pārējo biotopu īpatsvars ir niecīgs, un tikai dažām sugām raksturīgs liels atradņu īpatsvars upju krastos. Tas liecina, ka būtisks ir ekoloģiskā traucējuma faktors, kas palielina varbūtību, ka konkrētajos augšanas apstākļos var ieviesties invazīva suga (Faliński, 1998; Chytrý et al., 2008a). Pie tam jāņem vērā arī potenciālo donorteritoriju un migrācijas ceļu tuvums, kam var būt izšķiroša nozīme.

Chytrý et al. (2008b) atzīmē, ka Čehijā ir daudz neofītiem potenciāli piemērotu teritoriju, kur tie tomēr nav sastopami. Būtiski iemesli šīm reģionālajām atšķirībām ir sugu introdukcijas un naturalizācijas laiks Centrāl- un Rietumeiropā, kur tas vairumā gadījumu bijis agrāks nekā Ziemeļ- un Austrumeiropā. Šis faktors ir nozīmīgs arī Latvijā, kur vairākas Centrāleiropā pašlaik izplatītas invazīvas neofītu sugas sastopamas samērā reti, lai gan, spriežot pēc to pašreizējās izplatības un izplatības ātruma, piemērotu biotopu ir vairāk nekā liecina šo sugu reālā izplatība. Neofītu sugu iztrūkums daudzās pēc šo sugu ekoloģijas piemērotās vietās saistīts ar donorteritoriju trūkumu lielos dabisku mežu, purvu masīvos ar mazu apdzīvojuma blīvumu. Latvijā ir salīdzinoši lielāks dabisku un antropogēni maz ietekmētu biotopu īpatsvars un mazāks apdzīvojuma blīvums nekā Centrāl- un Rietumeiropā, kas, manuprāt, arī ir galvenais zemākā invadētības iemesls gan Latvijā, gan kaimiņvalstīs. Iespējams, būtiska loma atsevišķu neofītu izplatībā ir arī limitējošiem klimatiskiem faktoriem. Piemēram, pašlaik Latvijā dižsūrenes *Reynoutria* sp. vēl nav pilnībā naturalizējušās, lai arī gan Latvijas teritorijā, gan Centrāleiropā introducētas 19. gs. otrajā pusē. Latvijā tās izplatās tikai nezālienēs, bijušajās dārza atkritumu izgāšanas un agrāko stādījumu vietās, taču Centrāleiropā jau kopš 20. gs. vidus dižsūrenes sastopamas ne tikai ruderālos biotopos, bet bieži arī upju krastos, kas Latvijā pašlaik konstatēti tikai divās vietās.

Neofītu sabiedrības

Neofīti Latvijā veido jaunas augu sabiedrības, kas gan pēc sugu sastāva, gan struktūras atšķiras no reģionam raksturīgajām vietējo augu sabiedrībām. Neofītu augu sabiedrības ir sugām nabadzīgas, to sugu sastāvs parasti ir nestabils. Aprakstītās lakstaugu neofītu sabiedrības ir t.s. nepiesātinātās sabiedrības. Visbiežāk tajās nevar izdalīt pastāvīgas asociācijas, bieži iztrūkst daudzu augstāko sintaksonu un zemāku rangu sintaksonu rakstursugu, tāpēc tās klasificētas zem augstākiem sintaksoniem klases, rindas vai savienības līmenī kā derivātsabiedrības.

Līdzīgi kā Centrāleiropā aprakstītās neofītu sabiedrībās (Mucina et al., 1993; Oberdorfer, 1993; Pott, 1995), arī Latvijā neofītu sabiedrībās raksturīga izteikta vienas sugas dominance, kā pavadītājsugas lielākoties sastopamas augstāko sintaksonu nitrofilu augstzāļu sabiedrību (*Galio–Urticetea*, *Artemisietea vulgaris*), kā arī zālāju sabiedrību (*Molinio–Arrhenatheretea*, reti – *Festuco–Brometea* vai *Trifolio–Geranietea*) rakstursugas. Sugu konstantumu, līdz ar to arī sastopamo sugu „tipiskumu” konkrētā sabiedrībā un augšanas apstākļos ietekmē arī analizēto aprakstu skaits un izvēlētās parauglaukumu vietas.

Latvijā neofītu sabiedrībās raksturīga augsta sugu sastāva variabilitāte, izteikta vienas sugas dominance un mazs pavadītājsugu īpatsvars un projektīvais segums. Lielākajā daļā sabiedrību

raksturīgi 2-3 veģetācijas stāvi, kur valdošo lomu ieņem augšējā stāvā dominējošā viena (reti vairākas) neofītu suga.

Visbiežāk neofīti invadē ruderālas vietējo augu sabiedrības, dažkārt neofīti sastopami arī dabiskās augu sabiedrībās, taču tad parasti nekļūst par dominējošām sugām, nemaina sabiedrību struktūru un tādējādi atsevišķas neofītu sabiedrības nav nodalāmas. Ruderālu, t.sk. arī neofītu sabiedrību sugu sastāva un struktūras „noturīgums” lielā mērā saistīts ar sugas ieviešanas (introdukcijas) laiku un naturalizācijas pakāpi, kas palielina arī varbūtību, ka tās kļūs bieži sastopamas un invazīvas (Pyšek, Jarošík, 2005). Visbiežāk sugas, kas pārgājušas savvaļā salīdzinoši nesen, ne vienmēr atradušas piemērotu ekoloģisko nišu, tāpēc sastopamas stipri atšķirīgos augšanas apstākļos (piemēram, nesen ienākusi invazīva suga *Solidago gigantea* Latvijā konstatēta gan mitrās, applūstošās vietās, gan sausos, degradētos zālajos un ceļmalās), tāpēc sabiedrību sugu sastāvs ir nestabils un sabiedrības klasificējamās kā derivātsabiedrības. Turpretī neofīti, kas savvaļā pārgājuši sen, aklimatizējušies un relatīvi bieži sastopami un izplatās arī pusedabiskos biotopos, piemēram, upju krastos; to veidoto sabiedrību sugu sastāvs ir stabilāks, un sugām raksturīgs augstāks konstantums (piemēram, *Petasites hybridus* un *Impatiens glandulifera*).

Aprakstīto neofītu sabiedrību sintaksonomiskā struktūra:

Kl. Galio–Urticetea

DS. *Solidago canadensis*

R. Calystegietalia sepium

DS. *Aster salignus*

DS. *Echinocystis lobata*

DS. *Impatiens glandulifera*, var. *Phragmites australis*

DS. *Impatiens glandulifera*, var. *Aegopodium podagraria*

DS. *Solidago canadensis*

R. Glechometalia hederaceae

Sav. *Aegopodium podagrariae*

DS. *Aster salignus*

DS. *Heracleum sosnowskyi*

DS. *Lupinus polyphyllus*

DS. *Petasites hybridus*

Kl. Artemisietea vulgaris

DS. *Bunias orientalis*

DS. *Helianthus tuberosus*

DS. *Solidago canadensis*

DS. *Solidago gigantea*

Kl. Molinio–Arrhenatheretea

DS. *Rumex confertus*

R. Arrhenatheretalia elatioris

DS. *Bunias orientalis*

Kl. Festuco–Brometea

DS. *Lupinus polyphyllus*

Analizējot neofītu sabiedrību ekoloģiju, aprakstītās augu sabiedrības diferencējas pēc augšanas apstākļiem. Aprakstu izvietojumu ordinācijas telpā izskaidro galvenokārt 1. DCA ass, kuras īpašvērtība ir 0.58. 2. DCA ass īpašvērtība 0.33, bet 3. DCA ass īpašvērtība ir 0.33, kas

izskaidro mazāku daļu no aprakstu ekoloģiskajām atšķirībām. Kā galvenie gradienti starp aprēķinātajām vidējām Ellenberga vērtībām izdalās mitrums un slāpekļis, kas ordinācijas telpā nodala neofītu sabiedrību grupas, kas diferencētas galvenokārt pēc mitruma apstākļiem saistībā ar 1. asi (8. att.). Korelācijas koeficients starp trīs DCA asīm un aprēķinātajām vidējām aprakstu Ellenberga vērtībām tikai vienā gadījumā ir statistiski nozīmīgs (0.62), un līdz ar to par nozīmīgāko vides gradientu uzskatāms mitrums (5. tab.).

5. tab. Korelācijas koeficienti starp DCA asīm un vides parametriem (Ellenberga vērtībām).

Parametrs	1. DCA ass	2. DCA ass	3. DCA ass
Gaisma (L)	-0.38	-0.08	-0.19
Temperatūra (T)	0.09	0.19	-0.37
Kontinentalitāte (C)	-0.21	-0.2	-0.25
Mitrums (M)	0.62	-0.11	0.11
pH	0.3	0.05	0.02
Slāpekļis (N)	0.59	0.3	-0.02

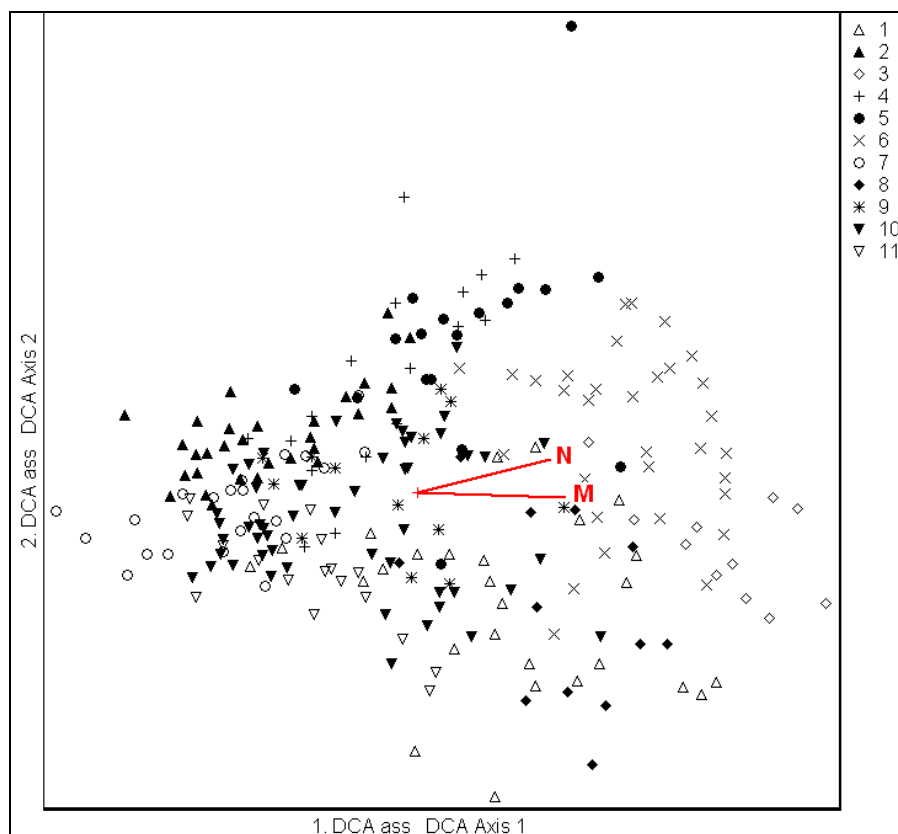
Pēc sabiedrību aprakstu sugu sastāva aprēķinātas vidējās Ellenberga vērtības, kas raksturo neofītu sabiedrību ekoloģiju (6. tab.). *Lupinus polyphyllus* sabiedrībām raksturīgas barības vielām nabadzīgas, sausas augtenes (Festuco-Brometea klase), bet nedaudz bagātākās, mitrākās augtenēs sastopamas arī *L. polyphyllus* sabiedrības, kas pieder Aegopodion savienībai, kā arī apraksti ar *Solidago gigantea*, *S. canadensis* un atsevišķi *Bunias orientalis* un *Rumex confertus* sabiedrību apraksti.

Mēreni mitrās, barības vielām vidēji bagātās augtenēs sastopama lielākā daļa aprakstīto augu sabiedrību (*Helianthus tuberosus*, *Rumex confertus*, *Aster salignus*, *Solidago canadensis*, atsevišķi *S. gigantea* un *Aster salignus* sabiedrību apraksti), bet mēreni mitrās, barības vielām bagātākās augtenēs – *Heracleum sosnowskyi* sabiedrības. Mitrās, barības vielām bagātās augtenēs sastopamas *Impatiens glandulifera*, *Petasites hybridus*, *Echinocystis lobata* un *Aster salignus* sabiedrības.

6. tab. Vidējās Ellenberga indikatorvērtības aprakstu kopām, grupējot pēc dominējošās neofītu sugas.

Augu sabiedrības	Ellenberga vērtības*					
	L	T	C	M	R	N
<i>Aster salignus</i> sabiedrības	6.7	5.8	4.7	6.0	7.0	6.8
<i>Bunias orientalis</i> sabiedrības	7.0	5.7	4.7	5.1	7.1	6.2
<i>Echinocystis lobata</i> sabiedrības	6.9	6.2	4.2	6.5	7.4	7.6
<i>Helianthus tuberosus</i> sabiedrības	7.2	6.1	4.2	5.5	6.8	6.8
<i>Heracleum sosnowskyi</i> sabiedrības	6.6	5.7	3.8	5.8	6.7	6.9
<i>Impatiens glandulifera</i> sabiedrības	6.3	5.8	3.8	6.2	7.0	6.9
<i>Lupinus polyphyllus</i> sabiedrības	6.81	5.4	4.1	5.1	6.0	5.8
<i>Petasites hybridus</i> sabiedrības	6.6	5.1	3.5	6.8	7.0	7.0
<i>Rumex confertus</i> sabiedrības	6.9	4.7	4.2	5.4	6.9	6.6
<i>Solidago canadensis</i> sabiedrības	7.1	5.5	4.5	5.4	6.5	6.1
<i>Solidago gigantea</i> sabiedrības	7.2	5.6	5	5.2	6.5	6.1

* Saīsinājumi 5. tabulā.



8. att. Aprakstu DCA ordinācija. Gradienti aprēķināti, izmantojot vidējās Ellenberga indikatorvērtības katram veģetācijas aprakstam (kopējais aprakstu skaits 252). N – slāpeklis, M – mitrums.

Apzīmējumi attēlā: 1 – *Aster salignus*, 2 – *Bunias orientalis*, 3 – *Echinocystis lobata*, 4 – *Helianthus tuberosus*, 5 – *Heracleum sosnowskyi*, 6 – *Impatiens glandulifera*, 7 – *Lupinus polyphyllus*, 8 – *Petasites hybridus*, 9 – *Rumex confertus*, 10 – *Solidago canadensis*, 11 – *Solidago gigantea*.

Invazīvo sugu ietekme uz augu sabiedrībām

Lai novērtētu neofītu īpatsvara ietekmi uz invadēto sabiedrību sugu sastāvu, aprēķināti Pīrsona korelācijas koeficienti kopējam sugu skaitam aprakstā un dominējošās neofītu sugas projektīvajam segumam katrā sugu grupā. Katrā sugu grupā aprēķināts arī vidējais sugu skaits, Šenona daudzveidības indekss un izlīdzinātība. Konstatēta būtiska negatīva korelācija starp vairāku tipisku zālāju invazīvo sugu īpatsvaru un kopējo sugu skaitu, kas norāda, ka invazīvo neofītu klātbūtne un īpatsvars vismaz dažu sugu gadījumā ietekmē sugu daudzveidību un līdz ar to arī zālāju augāja struktūru. Korelējot kopējo sugu skaitu un dominējošās neofītu sugas projektīvo segumu katras neofītu sugas aprakstu kopā, gandrīz visos gadījumos konstatēta vidēji cieša (0.33-0.66) negatīva korelācija (7. tab.). Lielākie korelācijas koeficienti iegūti *Solidago canadensis*, *Lupinus polyphyllus* un *Echinocystis lobata* sabiedrībās, kas norāda to, ka šajās neofītu sabiedrībās vienas dominējošās neofītu sugas īpatsvara pieaugums sabiedrībā negatīvi ietekmē pārējo sugu skaitu un īpatsvaru. Īpaši tas attiecināms uz invadētām zālāju sabiedrībām, kas ir sugām bagātākās no aprakstītajām sabiedrībām. Potenciāli invadēti var būt arī dabiski zālāji, tādējādi, visticamāk, neofītu invāzija kopā ar zālāju ruderalizāciju sekmē sugu daudzveidības un augu sabiedrības raksturīguma samazināšanos. Tomēr tas viennozīmīgi nav vērtējams kā tikai neofītu negatīva ietekme, jo tādu pašu ietekmi (sugu daudzveidības un īpatsvara samazināšanos uz vienas dominējošās sugas rēķina) var radīt arī daudzas vietējās ruderalās augstzāļu sugas, kas sāk dominēt līdz ar ekoloģiski specifisku sugu sabiedrību degradāciju un to sugu sastāva raksturīguma mazināšanos. Šāda veida analizē, neņemot vērā augu sabiedrības dinamiku ilglaicīgā skatījumā un invazīvās sugas ieviešanās laiku, invazīvo sugu ietekme nav objektīvi nodalāma no citiem biotiskiem un abiotiskiem faktoriem.

Saistība starp kopējo sugu skaitu un dominējošās neofītu sugas projektīvo segumu nav konstatēta *Heracleum sosnowskyi* un *Petasites hybridus* sabiedrībās, kas vienmēr (izņemot tikai nesen invadētas vietas) ir izteikti monodominantas un, neatkarīgi no dominējošās sugas seguma, to sugu sastāvs ir nabadzīgs. Tātad šīm abām sugām viennozīmīgi ir būtiska ietekme uz invadēto augu sabiedrību sastāvu un struktūru.

7. tab. Korelācijas koeficienti un vidējie aprēķinātie neofītu sabiedrību grupu daudzveidības rādītāji.

	Kop. sugu sk. un domin. sugas proj. seg. korelācija	Vid. sugu skaits	Šenona indekss	Izlīdzinātība
<i>Aster salignus</i> sabiedrības	-0.34*	7.1	0.75	0.39
<i>Bunias orientalis</i> sabiedrības	-0.31*	10.8	1.60	0.67
<i>Echinocystis lobata</i> sabiedrības	-0.53*	5.7	1.14	0.68
<i>Helianthus tuberosus</i> sabiedrības	-0.49*	6.2	0.90	0.48
<i>Heracleum sosnowskyi</i> sabiedrības	0.07	7.3	0.68	0.35
<i>Impatiens glandulifera</i> sabiedrības	-0.33*	6.7	0.90	0.48
<i>Lupinus polyphyllus</i> sabiedrības	-0.60**	12.5	1.72	0.68
<i>Petasites hybridus</i> sabiedrības	-0.003	5.7	0.70	0.42
<i>Rumex confertus</i> sabiedrības	-0.37*	9.5	1.38	0.62
<i>Solidago canadensis</i> sabiedrības	-0.63**	10.1	1.30	0.57
<i>Solidago gigantea</i> sabiedrības	-0.36*	7.3	0.75	0.38

Korelācija būtiska pie: * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$

Likumsakarīgi, ka lielākais sugu skaits konstatēts „neofītu zālāju sabiedrībās” – sabiedrībās ar *Bunias orientalis*, *Lupinus polyphyllus*, *Rumex confertus* un *Solidago canadensis*, jo invadēto sabiedrību sugu sastāvs zālajos lielākoties jau sākotnēji ir daudzveidīgāks un sugām bagātāks nekā ruderalās vietās, ceļmalās un upju krastos.

Lielākā daļa veģetācijas aprakstos sastopamo sugu ir bieži sastopamas. Aprakstītajās neofītu sabiedrībās gandrīz visu neofītu sabiedrību grupās ar salīdzinoši augstu konstantumu visbiežāk konstatētas nitrofilas augstzāļu un graudzāļu sugas. Bieži sastopamas arī plašas ekoloģiskās valences zālāju sugas, kas sastopamas zālajos, nezālienēs, ceļmalās, atmatās, ruderalizētu mežu zemsedzē.

Visbiežāk un ar relatīvi lielāku konstantumu sastopamas pļavu sugas, taču starp tām reti sastopamas sugas, kas raksturīgas lielākoties specifiskos augšanas apstākļos jeb t.s. dabisku zālāju indikatorsugas. Nevienā gadījumā nav konstatētas retas un īpaši aizsargājamās sugas. Diezgan reti līdz ļoti reti aprakstos sastopamas arī gandrīz tikai dabiskiem zālājiem raksturīgas sugas. Tas netieši norāda, ka neofītu sugas specifiskus augšanas apstākļus un līdz ar to arī tie retas un aizsargājamās augu sabiedrības neinvadē vai invadē ļoti reti.

Salīdzinoši biežāk invadētas augu sabiedrības, ko veido nitrofilas sugas dabiskās augtenēs, visbiežāk upju krastos. Reti konstatētas segetālu sabiedrību sugas. Dažkārt kā kondominējošā vai pavadītājsuga sastopama kāda cita neofītu suga.

Spriežot pēc fitosocioloģiskās analīzes rezultātiem un invadēto biotopu rakstura (lielākoties antropogēni vai degradēti dabiski biotopi), pētījumā ietvertie Latvijā sastopamie neofīti pašlaik būtiski neapdraud vietējo sugu daudzveidību un dabisku, bioloģiski vērtīgu vai aizsargājamu augu sabiedrību struktūru un tipisko sugu sastāvu, lai arī, neapšaubāmi, paši par sevi ir dabisko augu sabiedrību degradācijas indikators. Tomēr jāatzīmē, ka šī pētījuma ietvaros analizēts ierobežots neofītu sabiedrību un veģetācijas aprakstu skaits. Pētīta tikai nedaudzu lakstaugu neofītu sabiedrības, tāpēc rezultāti nav vispārināmi un attiecināmi uz visām svešzemju izcelsmes sugām Latvijā. Dažādu invadētu veģetācijas tipu salīdzinoša analīze un ilggadīgi pētījumi varētu sniegt precīzāku vērtējumu par šo sugu ietekmi lokālā un reģionālā mērogā.

Lai arī bieži tiek uzsvērta invazīvo sugu negatīva ietekme uz retām, aizsargājamām augu sugām (McKinnley, Lockwood, 1999; Anon., 2002; Anon., 2003), Latvijā nav dokumentēti

gadījumi, kad invazīva augu suga vai sugas būtu tieši sekmējušas vietējo vai retu, aizsargājamu sugu izzušanu. Pēc manu lauka pētījumu pieredzes, tikai dažos gadījumos neofītu sugas invadējušas retu augu sugu atradnes dabiskos zālajos, taču arī šajos gadījumos biotopi bija degradēti dabiskās sukcesijas rezultātā un to stāvoklis nebija labvēlīgs zālāju augu sabiedrību un reto sugu populāciju pastāvēšanai. Manuprāt, Latvijā šādu apdraudējumu vietējām sugām var radīt Sosnovska latvāņa invāzija, taču pārējās pētītās sugas dabiskas augtenes vismaz pagaidām invadē reti, lai arī jāņem vērā, ka, palielinoties invazīvo neofītu atradņu skaitam, pieaugs arī citu invazīvo sugu izplatības ātrums un palielināsies arī dabisko un pusdabisko invadēto biotopu īpatsvars, kas pagaidām ir salīdzinoši niecīgs.

Ekoloģiski specifiskas augu sabiedrības invadētas reti un bieži vien tāpēc, ka ir degradētas cilvēka darbības rezultātā vai veidojušās regulāru apsaimniekošanas pasākumu rezultātā (zālāju sabiedrības) un vēlāk degradējušās dabiskās sukcesijas rezultātā. Vietējo sugu skaita mazināšanos rada arī augu sabiedrību degradācija jeb konkrētiem augšanas apstākļiem raksturīgo sugu kopuma izmaiņas, kur lielākajai daļai plaši izplatīto invazīvo neofītu ir līdzīga ekoloģiskā loma kā vietējās izcelsmes ruderālajām sugām (Meiners et al., 2001; Thiele, Otte, 2007). Līdzīgus secinājumus izdarīja arī Maskell et al. (2006), salīdzinot fitosocioloģisko aprakstu kopu Lielbritānijā invadētos biotopos divos laika periodos.

Dabiskās sukcesijas rezultātā daudzas neofītu sugas vēlākās naturalizācijas fāzēs starpsugu konkurences rezultātā specializējas piemērotākajiem apstākļiem, par ko var spriest pēc individuālu sugu atradņu sadalījuma pa biotopiem (5. att.). Atkarībā no biotopa „atvērtības”, tātad arī lielā mērā atkarībā no biotopa dabiskuma, invadētajās sabiedrībās neofītu sugas vai nu kļūst par izteikti dominējošām uz vietējo sugu rēķina vai arī to loma ir līdzīgām citām, vietējas izcelsmes ekspansīvām sugām. Atsevišķos gadījumos invadētas lielas teritorijas, kur dominē tikai svešzemju izcelsmes invazīvas sugas, taču lielākoties tās ir bijušās izgāztuves, atmatas, ceļu un dzelzceļu malas, ūdensteču krasti apdzīvotās vietās, kur vietējo sugu daudzveidība vērtējama kā zema.

Kā izņēmums starp citām invazīvajām neofītu sugām minams *Heracleum sosnowskyi*, kas ir ekoloģiski nespecifiska suga, spēj invadēt gan dabiskus, gan pārveidotus biotopus dažādos augšanas apstākļos, īpaši radot apdraudējumu dabisko zālāju un upju krastu augu sabiedrībām galvenokārt auga lielā projektīvā seguma un lielo lapu radītā noēnojuma dēļ. Līdzīgas īpatnības piemīt arī *Petasites hybridus* sabiedrībām – augs ir liels, tā lapas rada noēnojumu un atmirstot bagātina augsni ar organiskām vielām. *P. hybridus* audzēs visbiežāk sugu daudzveidība ir ļoti maza, tomēr, salīdzinot ar *Heracleum sosnowskyi*, šī suga gandrīz vienmēr invadē tikai agrāko stādījumu apkārtni, parasti mitrās ieplakās, dīķu, retāk upju krastos, no kurienes, iespējams, migrē pa upēm.

Atšķirīgi vērtējama arī invazīvo sugu izplatīšanās un ietekme kāpās un citos sugām nabadzīgos, dabiskos biotopos ar ekstrēmiem augšanas apstākļiem, kur dinamiskās vides dēļ pastāvīgi ir daudz brīvu ekoloģisko nišu un pieejamo resursu invazīvo sugu izplatībai, kā rezultātā invazīvu sugu izplatībai var būt degradējoša ietekme uz vietējo augu sugu daudzveidību un sabiedrību struktūru (Rudzīte, 2008; Isermann et al., 2007; Isermann, 2008). Taču, domājams, ka līdzīgi kā citos augšanas apstākļos, arī kāpās vietējo sabiedrību rezistenci pret invāziju veicina to dabiskums un zema antropogēnā slodze.

SECINĀJUMI

1. Invazīvo sugu izplatības īpatnības un sastopamības biežumu Latvijā nosaka sugas izcelsmes areāla līdzība jaunajam areālam, izplatīšanās veids un ekoloģija, zemes lietojuma veidi un antropogēnas ietekmes, kā arī vēsturiski un sociālekonomiski faktori, kas ietekmējuši ainavas un biotas transformāciju. Lielākajai daļai invazīvo dārzeņģu sugu nav raksturīgas izteiktas reģionālas izplatības īpatnības Latvijas mērogā, ko ietekmē klimatiski, edafiski vai citi dabiski abiotiskie faktori. Dažu adventīvu sugu izplatībā Latvijas mērogā raksturīga izplatības atšķirības rietumu - austrumu virzienā, kas saistīts ar konkrētu sugu ieviešanās laiku un migrācijas ātrumu. Neofītu izplatību galvenokārt ietekmē antropogēni, nevis dabiski faktori, tāpēc arī reģionālas izplatības īpatnības noteikusi introdukcijas vietu vai sākotnējās ieviešanās vietu atrašanās, to savienotība ar transporta ceļiem un biotopu piemērotība.
2. Neofītu izplatības analīze modeļteritorijās, kas reprezentē ainavas struktūru Latvijā, ļauj ekstrapolēt datus uz citām, līdzīgām teritorijām un prognozēt invazīvo neofītu izplatību nākotnē. Modeļteritorijās neofītu floras sastāvs un tā dinamika atspoguļo galvenokārt dārzu un apstādījumu modes tendences, bet neofītu izplatības raksturs cieši saistīts ar ainavas struktūru, biotopu piemērotību un sugu migrācijas ceļiem.
3. Latvijas svešzemju florā raksturīgs eksponenciāls sugu skaita pieaugums visā laika periodā kopš 18. gs. Pētītajām 14 neofītu sugām raksturīgs līdzīgs augšupejošs trends – kopš šo sugu parādīšanās Latvijas florā atradņu skaits ir strauji pieaudzis. Latvijas situāciju raksturo modeļteritoriju neofītu floras dinamikas analīze – abās teritorijās pēdējo gadu desmitu laikā neofītu sugu skaits ir ievērojami pieaudzis, galvenokārt uz plaši izplatītu, invazīvu sugu rēķina, kas strauji izplatās visā Latvijā, savukārt izzudušas salīdzinoši nedaudzas reti sastopamas adventīvas sugas, kam visbiežāk raksturīgas nenoturīgas atradnes.
4. Lielākajā daļā gadījumu nepastāv sakarība starp sugas introdukcijas vai ievazāšanas laiku un to pašreizējo sastopamības biežumu, kas nozīmē, ka lielāka loma ir sugas izplatīšanās un migrācijas veidiem un vektoriem, kā arī donorteritoriju blīvumam un to savienotībai ar migrācijas koridoriem.
5. Visvairāk invadēti ir degradēti un antropogēni ietekmēti biotopi apdzīvotās vietās un to tuvumā, ceļu un dzelzceļu malās, bijušajās izgāztuvēs un nezālienēs, upju krastos apdzīvotu vietu apkārtnē. Tas saistīts ar donorteritoriju tuvumu, brīvu ekoloģisko nišu pieejamību un antropogēni ietekmētiem biotopiem.
6. Dabiskie biotopi pašlaik un potenciāli nākotnē visvairāk invadēti sugu migrācijas koridoru - ceļu, dzelzceļu un upju tuvumā. Niecīgs atradņu īpatsvars dabiskos zālajos, invazīvo neofītu tikpat kā nav purvos, antropogēni maz ietekmētos un dabiskos mežos, tāpēc var pieņemt, ka pašlaik dabiskiem biotopiem, t.sk. īpaši aizsargājamiem biotopiem un sugām invazīvās sugas pašlaik tiešus draudus nerada. Tomēr negatīvo ietekmi nevar izslēgt nākotnē, pieaugot invadēto teritoriju platībām un invazīvo sugu atradņu skaitam, kā arī vienkāršojoties reģionam tipiskajām augu sabiedrībām, kā rezultātā palielinās uzņēmība pret invazīvu sugu ienākšanu. Potenciāli visvairāk invāzijai pakļautas eitrofas augsto lakstaugu audzes upju krastos, palieņu pļavas, mēreni mitri dabiski zālāji, kā arī dažāda tipa, īpaši sausieņu meži migrācijas koridoru un apdzīvotu vietu tuvumā.
7. Invazīvo neofītu izplatīšanās, pieaugot atradņu (donorteritoriju) un piemērotu biotopu īpatsvaram, likumsakarīgi kļūst arvien straujāka. To sekmē ne tikai antropogēna ainavas struktūra un urbanizācija, bet arī zemes lietojuma veidu izmaiņas. Liela daļa pašlaik Latvijā plaši izplatīto invazīvo neofītu bieži sastopami ceļmalās, atmatās un neapsaimniekotos zālajos, kas norāda, ka zemju pamešana būtiski sekmē to izplatīšanos un īpatsvara palielināšanos.
8. Latvijā invazīvie neofīti veido jaunas, dinamiskas augu sabiedrības. Invazīvās neofītu sugas invadējušas visdažādākās augu sabiedrības un augšanas apstākļus, tomēr galvenokārt tās ir

runderālas vai degradētas augu sabiedrības. Izņemot nedaudzas pilnībā naturalizējušās neofītu sugas, invazīvās sugas veido nenoturīgas sabiedrības ar variablu sugu sastāvu. Lielākā daļa invazīvo neofītu pielāgotas plašam augšanas apstākļu spektram. Invazīvo neofītu straujā izplatība un īpatsvara palielināšanās ar laiku var būtiski mainīt arī dabisko augu sabiedrību sugu sastāvu un struktūru. Invazīvo neofītu izplatīšanās Latvijā liecina par floras bagātināšanos ar jaunām sugām, gan biotas un ainavas transformāciju antropogēnās slodzes izmaiņu rezultātā.

9. Plānojot un īstenojot vietējās bioloģiskās daudzveidības aizsardzību, invazīvo neofītu straujā izplatība jāņem vērā kā potenciāls drauds, tomēr šis jautājums jāskata kontekstā ar ainavas struktūras un zemes lietojuma veidu izmaiņām, kas visbiežāk ir iemesls un veicinošs faktors invazīvo sugu straujai izplatībai. Invazīvo sugu apkarošanā un kontrolē būtiski novērst potenciālo apdraudējumu, veicot jaunu introducēto sugu risku novērtējumu un funkcionējošu agrās brīdināšanas sistēmu, kā arī regulāri apsaimniekot un apkarot invazīvās sugas to sākotnējās fāzēs, kas būtiski uzlabotu pasākumu efektivitāti un prasītu daudz mazāku finansiālo un darba ieguldījumu.

LITERATŪRA

- ALARM - Assessing large scale risks for biodiversity with tested methods, <http://www.alarmproject.net/> (skatīts 23.05.2008.).
- Anon. (1992) Convention on Biological Diversity. Rio de Janeiro, <http://www.biodiv.org> (skatīts 10.03.2006.).
- Anon. (2002) COP 6, Decision VI/23, The Hague, 7 - 19 April 2002 - Alien species that threaten ecosystems, habitats or species. Convention on biological diversity, <http://www.cbd.int/> (skatīts 10.03.2007.).
- Anon. (2002c) Ķemeru nacionālā parka dabas aizsardzības plāns. CarlBro, Rīga.
- Anon. (2003) European strategy on invasive alien species. Council of Europe, Strasbourg.
- Anon. (2006) Sabiedriskais monitorings. Latvāņi. Ziemeļvidzemes Biosfēras rezervāts, <http://www.biosfera.lv> (skatīts 20.10.2007.).
- Anon. (2008) Latvijas Republikas zemes pārskats uz 2008. gada 1. janvāri. Valsts Zemes dienests, <http://www.vzd.gov.lv> (skatīts 20.11.2008.).
- Berling, D. J., Perrins, J. M. (1993) *Impatiens glandulifera* Royle (*Impatiens roylei* Walp.). Journal of Ecology 81: 367-382.
- Borhidi, A. (2003) Magyarország növényártársulásai. Akadémiai Kiadó, Budapest, 610 pp.
- Cepurīte, B. (2008) Latvijas vaskulāro augu flora 10. Kaķastu dzimta (Amaranthaceae), magoņu dzimta (Papaveraceae), matuzāļu dzimta (Fumariaceae), vējmietiņu dzimta (Lythraceae), drudzeņu dzimta (Gentianaceae), puplakšu dzimta (Menyanthaceae), vijū dzimta (Cuscutaceae). Rīga, Latvijas Universitātes Bioloģijas institūts, Rīga.
- Cepurīte, B. (2006) Latvijas vaskulāro augu flora 8. Lūpziežu dzimta (Labiatae). Latvijas Universitātes Bioloģijas institūts, Rīga, 122 lpp.
- Chytrý, M., Jarošík, V., Pyšek, P., Hájek, O., Knollová, I., Tichý, L., Danihelka, J. (2008a) Separating habitat invasibility by alien plants from the actual level of invasion. Ecology 89: 1541-1553.
- Chytrý, M., Pyšek, P., Wild, J., Pino, J., Maskell, L.C., Vilá, M. (2008b) European map of alien plant invasions based on the quantitative assessment across habitats. Diversity and Distributions 14: 839-851.
- DAISIE - Delivering Alien Invasive Species Inventories for Europe. <http://www.europe-aliens.org/> (skatīts 10.02.2009.).
- Dierschke, H. (1994) Pflanzensoziologie: Grundlagen und Methoden. Stuttgart, Ulmer, 322-326. S.
- Dukes, J. S., Mooney, H. A. (1999) Does global change increase the success of biological invasions? Tree 14(4): 135-139.
- Ellenberg, H., Ruprecht, D., Volkmar, W., Willy, W., Dirk, P. (1992) Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. Scripta Geobotanica 18, 258 S.
- Essl, F. (2007) From ornamental to detrimental? The incipient invasion of Central Europe by *Pawlonia tomentosa*. Preslia 79: 377-389.
- Faliński, J. (1998) Invasive alien plants, vegetation dynamics and neophytism. Phytocoenosis 10: 12-17.
- Fischer, J.B. (1778) Versuch einer Naturgeschichte von Livland. Leipzig, 305 S.
- FloraWeb - Daten und Informationen zu Wildpflanzen und zur Vegetation Deutschlands. Bundesamt für Naturschutz. <http://www.floraweb.de> (skatīts 10.02.2009.).
- Galenieks, P. (red.) (1953-1959) Latvijas PSR flora. Rīga, Latvijas Valsts izdevniecība.
- Gavrilova, G., Šulcs, V. (1999) Latvijas vaskulāro augu flora. Taksonu saraksts. Latvijas Akadēmiskā bibliotēka, Rīga, 136 lpp.
- Gavrilova, Ģ., Krampis, I., Laiviņš, M. (2005) Engures ezera dabas parka floras atlants. Latvijas veģētācija 10, 229 lpp.
- gefundene seltene Adventivpflanzen. Korrespondenzblatt des Naturforscher-Vereins uz Rīga 49: 127-128.
- Grindel, D. H. (1803) Botanisches Taschenbuch für Liv-, Cur- und Ehstland. C.I.G.Hartmann, Riga, 373 S.
- Hennekens, S.M. (1995) TURBO(VEG). Software package for input, processing and presentation of phytosociological data. User's guide. Wageningen/Lancaster.
- Hill, M.O. & Šmilauer, P. (2005) TWINSpan for Windows version 2.3. Centre for Ecology and Hydrology & University of South Bohemia, Huntingdon & České Budějovice.
- Hobbs, R.J. (2000) Land-use changes and invasions. In: Mooney, H.A., Hobbs, R.J. (eds.) 2000. Invasive species in a changing world. Island Press, Washington, D.C., pp. 55-64.
- Isermann, M. (2008) Classification and habitat characteristics of plant communities invaded by the non-native *Rosa rugosa* Thunb. in NW Europe. In: Chytrý, M. (ed.) 17th International workshop European Vegetation Survey: Using phytosociological data to address ecological questions, Masaryk University, Brno, pp. 58.
- Isermann, M., Diekmann, M., Heemann, S. (2007) Effects of the expansion by *Hippophaë rhamnoides* on plant species richness in coastal dunes. Applied Vegetation Science 10: 33-42.
- Kangur, M., Kotta, J., Kukk, T., Kull, T., Lilleleht, V., Luig, J., Ojaver, H., Paaver, T., Vetemaa, M. (2005) Invasiivsed võõrliigid Eestis. Keskkonnaministeerium, Tallinn, pp. 24-25.

- Klinge, J. (1887) *Bunias orientalis* L., die Zackenschote. Baltische Wochenschrift für Landwirtschaft, Gewerbe und Handel, Jg. 25, 24:249-251; 25:257-260; 26: 266-268.
- Kopecký, K., Hejný, S. (1974) A new approach to the classification of anthropogenic plant communities. *Vegetatio* 29: 17-20.
- Kupffer, K. R., Lackschewitz, P. (1904) Kleine Notizen. Korrespondenzblatt des Naturforscher-Vereins zu Riga 47: 126-150.
- Kupffer, K.R. (1922) Der Einfluss des Weltkrieges auf die Pflanzenwelt bei Riga. Arbeiten des Naturforscher-Vereins zu Riga. Neue Folge Heft 14: 1-25.
- Kupffer, K.R. (1934) Floristische und kritische Notizen über ostbaltische Pflanzen. Korrespondenzblatt des Naturforscher-Vereins zu Riga 61: 199-225.
- Laiviņš M., Mangale D. (2005) Retas ruderālās un meža augu sabiedrības Alūksnes un Hānjas augstienē. Ziemeļaustrumlatvijas daba un cilvēki reģionālā skatījumā. Latvijas Ģeogrāfijas biedrības reģionālā konference, 142.-164. lpp.
- Laiviņš, M. (1998) Latvijas boreālo priežu mežu sinantropizācija un eitrofikācija. *Latvijas Veģetācija* 1, 137 lpp.
- Laiviņš, M. (2003) Invasive plant species *Reynoutria japonica* and *R. sachalinensis* in Latvia. *Latvijas Universitātes Raksti* 654: 137-153.
- Laiviņš, M. (2008) *Sorbaria sorbifolia* (L.) A.Br. naturalizēšanās Latvijā. *Latvijas veģetācija* 16: 45-60.
- Laiviņš, M., Bice, M., Šulcs, V., Krampis, I., Šmaukstelis, E., Zariņš, J., Sončika, K., Eņģele, L., Medene, A. (2007) Latvijas dendroflora: taksonu dažādība un transformācijas prognozes. *Latvijas Universitātes Bioloģijas institūts, Salaspils*, 16.-21. lpp.
- Laiviņš, M., Gavrilova, Ģ. (2003) Neofītās Sosnovska latvāņa *Heracleum sosnowskyi* sabiedrības Latvijā. *Latvijas veģetācija* 7: 45-65.
- Laiviņš, M., Jermacāne, S. (1999) Neofītās laimiņu (*Sedum* L.) un dievkrēsliņu (*Euphorbia* L.) sabiedrības Latvijā. *Latvijas Veģetācija* 2: 7-28.
- Laiviņš, M., Jermacāne, S. (2001) Latvijā aprakstīto augu sabiedrību sintaksonu saraksts. *Latvijas Veģetācija* 4: 115-132.
- Laiviņš, M., Krampis, I. (2004) Jauna augu un dzīvnieku atradņu kartēšanas sistēma Latvijā. *Latvijas Universitātes 62. zinātniskā konference. Ģeogrāfija, Ģeoloģija, Vides zinātnes*, Latvijas Universitāte, Rīga, 82.-83.lpp.
- Laiviņš, M., Priede, A., Krampis, I. (2006) Distribution of *Bunias orientalis* in Latvia. *Botanica Lithuanica* 12(2): 69-77.
- Lambdon, P.W., Pyšek, P., Basnou, C., Hejda, M., Arianoutsou, M., Essl, F., Jarošík, V., Pergl, J. Winter, M., Anastasiu, P., Andriopoulos, P., BAZos, I., Brundu, G., Grapow-Celesti, L., Delipetrou, P., Josefsson, M., Kark, S., Klotz, S., Kokkoris, Y., Kühn, I., Merchante, H., Perglova, I., Pino, J., Monserrat, V., Zios, A., Roy, D., Hulme, P.E. (2008) Alien flora of Europe: species diversity, temporal trends, geographical patterns and research needs. *Preslia* 80: 101-149.
- Lange, V., Mauriņš, A., Zvirzģds, A. (1978) *Dendroloģija*. Rīga, Zvaigzne, 34 lpp.
- Lehmann, E. (1895) Flora von Polnisch-Livland mit besonderer Berücksichtigung der Florengebiete Nordwestrusslands, des Ostbalticums, der Gouvernements Pskow und St. Petersburg. Jurjew (Dorpat), 430 pp.
- Lodge, D.M., Schrader-Frechette, K. (2003) Nonindigenous species: ecological explanation, environmental ethics, and public policy. *Conservation Biology* 17 (1): 31-37.
- Malta, N. (1934) Ienācēji Latvijas florā. *Sējējs* 10: 1049-1051.
- Maskell, L.C., Firbank, L.G., Thompson, K., Bullock, J.M., Smart, S.M. (2006) Interactions between non-native plant species and the floristic composition of common habitats. *Journal of Ecology* 94(6): 1052-1060.
- McCune, B., Mefford. (1999) Multivariate analysis on the PC-ORD system. Version 4. MjM Software, Gleneden Beach, Oregon, U.S.A.
- McKinney, M.L., Lcokwood, J.L. (1999) Biotic homogenization: a few winners replacing many losers in the next mass extinction. *Tree* 14(11): 450-454.
- Meiners, S.J., Pickett, S.T.A., Cadenasso, M.L. (2001) Effects of plant invasions on the species richness of abandoned agricultural land. *Ecography* 24: 633-644.
- Mucina, L., Grabherr, G., Ellmauer, G. (Hrsg.) (1993) Die Pflanzengesellschaften Österreichs. Teil I. Anthropogene Vegetation. G.Fischer Verlag, Jena.
- Mühlenbach, V. (1934) Botanische Beobachtungen auf den Güterbahnhofen der Rigaer Eisenbahnknotenpunktes. *Korrespondenzblatt des Naturforscher-Vereins zu Riga* 61: 81-82.
- NOBANIS - European Network on Invasive Alien Species. <http://www.nobanis.org> (skatīts 01.05.2009.).
- Oberdorfer, E. (1993) *Süddeutsche Pflanzengesellschaften*. G.Fischer Verlag, Jena.
- Õöpik, M., Pulk, E. (2008). Breeding programmes making new invasive species : an early warning case of oriental goats' rue (*Galega orientalis*) in Estonia. In: Pyšek, P., Pergl, J. (eds.) *Neobiota: towards a*

- synthesis. 5th European Conference on Biological Invasions, Prague (Czech Republic), 23-26. Sept., pp. 186.
- Parker, V. (2001) Listening to the Earth: a call for protection and restoration of habitats. In: McNeely, A. (ed.) The great reshuffling: human dimensions of invasive alien species. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK, pp. 43-54.
- Perrins, J., Fitter, A., Williamson, M. (1993) Population biology and rates of invasion of three introduced *Impatiens* species in British Isles. *Journal of Biogeography* 20: 33-44.
- Pimental, D., Lach, L., Zuniga, R., Morrison, D. (2000) Environmental and economic costs of nonindigenous species in the United States. *BioScience* 50: 53-65.
- Pott, R. (1995) Die Pflanzengesellschaften Deutschlands. 2. Auflage, Stuttgart, Verlag Eugen Ulmer, 622 S.
- Priede, A. (2008) Invazīvo neofītu sugu izplatība Latvijā. *Latvijas Veģetācija* 17, 148 lpp.
- Priede, A. (2009) Factors determining the distribution of *Aronia prunifolia*, an emerging invasive plant species in Latvia. *Acta Universitatis Daugavpiliensis, in press*.
- Prinzig, A., Durka, W., Klotz, S., Brandl, R. (2002) Which species become aliens? *Evolutionary Ecology Research* 4: 385-405.
- Pyšek, P., Jarošík, V. (2005) Residence time determinēs the distribution of alien plants. In: Inderjit (ed.) *Invasive plants: Ecological and agricultural aspects*. Birkhäuser Verlag, Switzerland, pp. 77-96.
- Pyšek, P., Prach, K. (1993) Plant invasions and the role of riparian habitats: a comparison of four species alien to Central Europe. *Journal of Biogeography* 20: 413-420.
- Pyšek, P., Prach, K. (1995) Invasion dynamics of *Impatiens glandulifera* – a century of spreading reconstructed. *Biological Conservation* 74: 41-48.
- Rasa, I., Nikodemus, O. (2008) The influence of land use structural changes on the landscape ecological, aesthetic and cultural-historical values of the Gauja National Park, Latvia. In: Opermanis, O., Whitelaw, G. (eds.) *Economic, social and cultural aspects in biodiversity conservation*, Valmiera, pp. 83-93.
- Rasiņš, A. (1960) Kritiskas piezīmes par Latvijas PSR augstāko augu floras jauniem un maz pazīstamiem taksoniem. *Latvijas PSR veģetācija* 3: 111-147.
- Rejmánek, M., Richardson, D. M., Pyšek, P. (2005) Plant invasions and invasibility of plant communities. In: Van der Maarel E. (ed.) *Vegetation ecology*, p. 332–355, Blackwell Science, Oxford, pp. 332-255.
- Rother, E. (1915) Die Flora der Rigaer Zentralgüterbahnhofs. *Korrespondenzblatt des Naturforscher-Vereins zu Riga* 62: 79-93.
- Rudzīte, G. (2008) Impact of invasive baby breath on the structure of dune plant communities. In: Opermanis, O., Whitelaw, G. (eds.) *Economic, social and cultural aspects in biodiversity biodiversity conservation*, Valmiera, pp. 95-106.
- Scherer-Lorenzen, M., Elend, A., Nöllert, S., Schultze, E.D. (2000) Plant invasions in Germany: General aspects and impact of nitrogen deposition. In: Mooney H.A., Hobbs R.J. (eds.) 2000. *Invasive species in a changing world*. Island Press, Washington, D.C., pp. 351-368.
- Schubert, R. (2001) *Prodromus der Pflanzen-Gesellschaften Sachsen-Anhalts*. Mitteilungen zur floristischen Kartierung Sachsen-Anhalt. Botanischer Verein Sachsen-Anhalt.
- Seezen, E.L. (1866) Beitrag zur Flora Kemmerns. *Correspondenzblatt des Naturforschenden Vereins zu Riga* 15 (8): 112-122.
- Sukopp, H. (2002) On the early history of urban ecology in Europe. *Preslia* 74: 373-393.
- Svilāns, A. (2004) Invazīvie citzemju koku un krūmu taksoni Nacionālajā botāniskajā dārzā Salaspilī. Latvijas Universitātes 63. zinātniskā konference. Ģeogrāfija, Ģeoloģija, Vides zinātnes, Latvijas Universitāte, Rīga, 93.-94. lpp.
- Tērauds, A., Nikodemus, O., Rasa, I. (2008) Analysis of the landscape structure in the North Vidzeme Biosphere Reserve, Latvia. In: Opermanis, O., Whitelaw, G. (eds.) *Economic, social and cultural aspects in biodiversity biodiversity conservation*, Valmiera, pp. 111-121.
- Thiele, J., Otte, A. (2007) Impact of *Heracleum mantegazzianum* on invaded vegetation and human activities. In: Pyšek, P., Cock, M.J.W., Nentwig, W., Ravn, H.P. (eds.) *Ecology and management of Giant Hogweed (Heracleum mantegazzianum)*. CAB International, pp. 144-156.
- Vasic, O. (2005) *Echinocystis lobata* (Michx) Torrey et A. Gray in Serbia. *Acta Botanica Croatica* 64(2): 369-373.
- Vitousek, P. M., D'Antonio, C. M., Loope, L. L., Rejmánek, M., Westbrooks, R. (1997) Introduced species: a significant component of human-caused global change. *New Zealand Journal of Vegetation* 21(1): 1-16.
- Weber, E., Gut, D. 2004. Assessing the risk of potentially invasive plant species in Central Europe. *Journal of Nature Conservation* 12: 171-179.
- Wiedemann, F. J., Weber, E. (1852) Beschreibung der phanerogamischen Gewäse Esth-, Liv- und Curlands. Reval, 664 S.
- Табака, Л. В., Клявиня, Г.Б. (1981) Долина реки Абава. Рига, Зинатне, 131 с.

- Табака, Л., Гаврилова, Г., Фатаре, И. (1988) Флора сосудистых растений Латвийской ССР. Зинатне, Рига, 195 С.
- Шулц, А. А. (1972) Адвентивные растения как засорители агроценозов рудеральных мест в Латвии. Охрана природы в Латвийской ССР. Зинатне, Рига, с. 31-46.
- Шулц, А.А. (1976) Адвентивная флора на территории железнодорожных узлов г. Риге. Ботанический журнал 61: 10, 1445 – 1454.
- Шулц, А.А. (1977) Адвентивная флора города Риги. Ботанический журнал 62: 10, 1513 – 1523.

1. PIELIKUMS

Zinātniskās publikācijas

- Laiviņš, M., Priede, A., Krampis, I. (2006) Distribution of Turkish warty-cabbage *Bunias orientalis* L. in Latvia. *Botanica Lithuanica* 12 (2): 69-77.
- Priede, A., Laiviņš, M. (2007) Austrumu dižpērkones *Bunias orientalis* L. naturalizācija un fitosocioloģija Latvijā. *Latvijas Veģetācija* 13: 65-79.
- Priede, A. (2008) Invazīvo svešzemju augu sugu izplatība Latvijā. *Latvijas Veģetācija* 17, 148 lpp.
- Priede, A. (2008) Invasive non-native goldenrod *Solidago* species L. in Latvia: current distribution and spreading history. *Proceedings of the Latvian Academy of Sciences* 62 (1/2) (654/655): 20–30.
- Priede, A. (2008) Distribution of some invasive alien plant species in riparian habitats in Latvia. *Botanica Lithuanica* 14(3), 137-150.
- Priede, A. (2009) Dynamics of non-native flora: changes over the last decades in the valley of River Abava. *Acta Universitatis Latviensis* 724, *in press*.
- Priede, A. (2009) Factors determining the distribution of *Aronia prunifolia*, an emerging invasive plant species in Latvia. *Acta Universitatis Daugavpiliensis*, *in press*.

Dalība starptautiskās konferencēs

- Priede, A. (2006) Understanding the status of alien species in Latvia, Environment and World, International Young Researcher's Symposium, Book of Abstracts, pp. 55-56.
- Priede, A. (2006) Role of river corridors in spread of non-native plant species in Latvia, NEOBIOA: From ecology to conservation, 4th European conference on Biological Invasions, Book of Abstracts, pp. 218.
- Laiviņš, M., Priede, A., Krampis, I. (2006) Distribution of *Bunias orientalis* L. in Latvia. European Vegetation Survey, 15th workshop "Vegetation in agricultural landscapes".
- Priede, A. (2007) Tall herb communities in Latvia: a sign of landscape change. European Vegetation Survey, 16th workshop "Change in vegetation".
- Priede, A. (2007) Expansion of the non-native goldenrod species (*Solidago* spp.) in Latvia, Research and conservation of biological diversity in Baltic Region, 4th international conference, Abstract book, pp. 88.
- Priede, A. (2008) What determines the habitat invasibility: an example of *Aronia prunifolia* in Latvia. 17th International Workshop, European Vegetation Survey, Abstract Book, pp. 94.
- Priede, A. (2008) Factors determining the spread of locally invasive shrub *Aronia prunifolia* in Latvia. 22nd Expedition of the Baltic Botanists, Daugavpils, Latvia, Abstract Book, pp. 49.
- Priede, A. (2008) Impact of landscape structure on the distribution of neophytes in Latvia: an example of two areas. NEOBIOA: Towards synthesis, 5th European conference on Biological Invasions, Abstract Book, pp. 100.
- Grīnberga, L., Priede, A. (2009) Invasion of *Elodea canadensis* in Latvia. 5th international conference "Research and conservation of biological diversity in Baltic Region", Daugavpils, Latvia.

Ziņojumi vietējās konferencēs

- Priede, A. (2006) Svešzemju augu sugas un to statuss Latvijā. Latvijas Universitātes 64. zinātniskā konference, Ģeogrāfija, Ģeoloģija, Zemes zinātne, Referātu tēzes, 104.-206. lpp.
- Priede, A. (2007) Invazīvas neofītu sugas *Impatiens glandulifera* Royle izplatība un fitosocioloģija Latvijā. Latvijas Universitātes 65. zinātniskā konference, Ģeogrāfija, Ģeoloģija, Zemes zinātne, Referātu tēzes, 88.-89. lpp.
- Priede, A. (2008) Ainavas struktūras nozīme svešzemju augu sugu izplatībā: Abavas ielejas un Ķemeru nacionālā parka piemērs. Latvijas Universitātes 66. zinātniskā konference, Ģeogrāfija, Ģeoloģija, Zemes zinātne, Referātu tēzes, 128.-129. lpp.
- Priede, A. (2008) Lokāli invazīvas sugas *Aronia prunifolia* izplatību limitējošie faktori Latvijā. Latvijas Universitātes 66. zinātniskā konference, Ģeogrāfija, Ģeoloģija, Zemes zinātne, Referātu tēzes, 271.-272. lpp.
- Priede, A. (2009) Invazīvo svešzemju augu sugu izplatība Latvijā. Latvijas Universitātes 67. zinātniskā konference.

UNIVERSITY OF LATVIA
FACULTY OF GEOGRAPHY AND EARTH SCIENCES
DEPARTMENT OF GEOGRAPHY



AGNESE PRIEDE

INVASIVE NEOPHYTES IN THE FLORA OF LATVIA: DISTRIBUTION AND DYNAMICS

SUMMARY OF DOCTORAL THESIS

The thesis was applied for the doctoral degree in geography (sub-branch: physical
geography)

Supervisor:
Dr. habil. geogr. Māris Laiviņš

RIGA, 2009

The research was carried out at the University of Latvia, Faculty of Geography and Earth Sciences, Department of Geography during the period from October 2005 to May 2009. The study was funded by European Social Fund (Project No. 2004/0001/VPD1/ESF/PIAA/04/NP/3.2.3.1/0001/0063) and Faculty of Geography and Earth Sciences, University of Latvia.

SUPERVISOR

Dr. habil. geogr. Māris Laiviņš

OFFICIAL REVIEWERS

Dr. geogr., prof. Oļģerts Nikodemus
(Faculty of Geography and Earth Sciences, University of Latvia)

Dr. geogr. Solvita Rūsiņa
(Faculty of Geography and Earth Sciences, University of Latvia)

Dr. biol. Viesturs Šulcs
(Institute of Biology, University of Latvia)

The doctoral thesis will be defended in the public session of the Doctoral Committee held on the 9th September, 2009, at the Faculty of Geography and Earth Sciences, Alberta Street 10, Riga

The dissertation is available at the Scientific Library of the University of Latvia, Kalpaka Blvd. 4, Riga, and at the Academic Library of Latvia, Lielvārdes Street 4, Riga

Please send your comments to: Dr. geogr. Zaiga Krišjāne, Faculty of Geography and Earth Sciences, Raiņa Blvd. 19, LV-1586, Riga, Latvia, e-mail: zaiga.krisjane@lu.lv

INTRODUCTION

Neophytes are non-native plant species outside their native ranges that have been introduced and naturalized in other regions within the last 400 to 500 years. The spread of invasive non-native species is considered as one of the most important symptoms of the transformation of biota worldwide (Anon., 1992; Anon., 2002). The invasion process has been largely promoted by deliberate introduction of non-native species, development of transportation networks over the last two centuries as well as growing anthropogenic pressure on natural ecosystems. The spread of intentionally introduced non-native plants outside gardens, parks and plantations as well as establishment of unintentionally introduced plants is favoured by land use changes, habitat fragmentation and eutrophication which result in increased susceptibility of native ecosystems to establishment and spread of non-native species and communities.

Contemporary invasions are considered as one of the most important components of biotic change and as one of the greatest threats to native biodiversity worldwide (Anon., 1992; Vitousek et al., 1997; Dukes, Mooney, 1999; Scherer-Lorenzen et al., 2000; Princig et al., 2002; Lodge, Schrader-Frechette, 2003; Weber, Gut, 2004) causing economic loss in many countries (Pimental et al., 2000). Invasive species may significantly alter local ecosystems and ecosystem functions, promote homogenization of biota (McKinney, Lockwood, 1999), and can cause extinctions of species (Vitousek et al., 1997; Dukes, Mooney, 1999; Hobbs, 2000; Scherer-Lorenzen et al., 2000).

In Latvia, naturalized non-native plant species comprise ca. 1/3 of vascular plant flora (Gavrilova, Šulcs, 1999). According to Gavrilova, Šulcs (1999), the archeophytes (plant species introduced before the 17th century) as fully naturalized species are considered as native plants, thus only neophytes belong to the non-native flora. Nowadays large numbers of non-native plants formerly being rarely found in wild become more and more widespread gaining increasingly important role in native plant communities. However, most of the non-natives are still rare and do not form new communities significantly distinct from the native ones by composition and structure, thus perhaps most of them do not cause any significant impacts on local ecosystems. Hence, more emphasis should be put on the assessment of the spread and dynamics of invasive and potentially invasive plant species. In studies of invasive distribution and dynamics, both regional and global aspects of the problem should be taken into account. Growing urbanization impacts and development of transportation networks, changes in land use and transformation of landscape in relation to socio-economic changes, climate warming and eutrophication promote the degradation of natural habitats and transformation of native vegetation types, thus facilitating increasing spread of invasive plant species.

Studies of invasive neophytes are needed to assess the current situation in Latvia and to find out appropriate, scientifically grounded approaches for actions toward establishment of control systems for invasive species. In Latvia, over the last two centuries, large amount of information on invasive flora has been accumulated – literature, herbaria and notes forming an irreplaceable information basis for further research. First notes on non-native plants were mentioned as early as in the 18th and 19th centuries by the early Baltic nature researchers, e.g. Fischer (1778), Grindel (1803), Wiedemann & Weber (1852) and others. From the end of the 19th century up to the second half of the 20th century there was a rising interest on neophyte flora, thus by time the number of studies increased (e.g. Klinge, 1887; Lehmann, 1895; Kupffer, Lackschewitz, 1904; Rothert, 1915; Rasiņš, 1960). In Latvia, traditionally the studies on invasive plant species are predominantly related to the diversity of neophyte species, particularly the diversity of adventive flora (Mühlenbach, 1927, 1934; IIIyIII, 1972, 1976, 1977) including distribution patterns and migration of particular species. Over the last years, some studies on the phytosociology and ecology of some neophyte species were published (e.g. Laiviņš, Jermacāne, 1999; Laiviņš, 2003; Laiviņš, Gavrilova, 2003; Laiviņš et al., 2006; Laiviņš, 2008). Nevertheless, the current level of investigation on invasive neophytes is insufficient. In Latvia, the assessment of invasiveness status (NOBANIS, www.nobanis.org) has been estimated just approximately on the basis of expert knowledge. There are few studies related to factors limiting the spread of invasive plants,

little attention has been paid to the spreading tendencies and impacts on invaded ecosystems (Rudzīte, 2008).

Since invasive neophytes are one of the most dynamic and rapidly changing components of biota, studies on their actual distribution and limiting factors are essential in order to find out the potential consequences. The invasive spread exceeds the borders of one country, thus the studies on invasive flora of Latvia are needed to participate in understanding the problem not only on local, but also on regional and global scales to participate in international research networks (e.g. DAISIE, www.europe-aliens.org).

The aim of the study was to find out the relation between the dynamics of invasive neophytes and environmental factors on a regional scale in Latvia.

The objectives

- To map the distribution of invasive plant species on various scales and to perform a quantitative analysis of the neophyte distribution and dynamics on a country-scale and in two model areas: the Abava Valley and Ķemeru National Park;
- To find out the mechanisms and corridors of the spread of invasive plant species in Latvia;
- To analyze the relation among the distribution of neophytes, landscape structure, land use types and socio-economic and historical factors on a country-scale and in both model areas;
- To describe and classify the communities formed by invasive neophytes as well as to analyze their ecology and impacts on invaded native plant communities.

Theses proposed for defending

- The composition of invasive neophyte species, their population density, distribution pattern and spread is a significant symptom of the transformation of biota and landscape which is tightly related to the changing land use types, migration corridors, socio-economic, and historical factors.
- Invasive neophytes form new, dynamic plant communities which occur mainly in anthropogenically disturbed habitats, however, by time their rapid spread and increasing abundance might significantly alter the composition and structure of native plant communities. As a result of increasing anthropogenic pressure, the spread of invasive neophytes in Latvia indicate both enrichment of the native flora with new species and transformation of biota in a changing environment.

Novelty of work

- For the first time in Latvia, quantitative analysis of the distribution patterns and dynamics of neophyte flora was done in the context with landscape structure and transformation of biota.
- An electronic data basis of neophyte distribution was compiled which is easily joinable to the geographical information systems. For the first time in Latvia, distribution maps of several invasive neophytes were prepared and published, the spreading history of invasive species was reconstructed, and the ecology of several species was analyzed. The data basis is a significant part of the floristic information system on a country-scale, and is an appropriate tool for estimating the current distribution of neophytes and predicting the transformation of biota.
- A floristic survey of neophyte species was done into two model areas, where the current distribution of all neophytes was investigated. The data basis compiled for the analysis in this study can be used for further studies and monitoring. The results can be extrapolated to similar areas in Latvia.
- The neophyte plant communities were described and classified. The results provide an insight into the structure and ecology of syntaxons allowing to understand not only their suitability to certain environmental conditions, but also the potential spread into new habitat types and impacts on invaded plant communities.

Approbation of work

The results were published in 7 scientific articles and presented in 9 international and 4 local scientific conferences. The titles of articles and published abstracts are listed in Appendix 1.

MATERIAL AND METHODS

Species studied

The distribution patterns of 14 invasive neophyte species and factors influencing their spread were studied: garden escapees – *Aster salignus*, *Solidago canadensis*, *S. gigantea*, *Petasites hybridus*, *Helianthus tuberosus*, *Echinocystis lobata*, *Reynoutria japonica*, *R. sachalinensis*, *Lupinus polyphyllus*, *Impatiens glandulifera*; adventive species (unintentionally introduced species) – *Rumex confertus*, *I. parviflora*, *Bunias orientalis*, and *Heracleum sosnowskyi*, a fodder crop. All selected species are non-natives with a high invasion potential.

Mapping of distribution

Following sources of data were used for compilation of the distribution data basis: herbaria of the Faculty of Biology, University of Latvia, herbaria of the Institute of Biology, University of Latvia, herbaria collected by A. Rasiņš, herbaria of the National Botanical Garden, herbaria of the Nature Museum of Latvia, data from the Faculty of Geography and Earth Sciences (by M. Laiviņš), data from Laboratory of Geobotany, Institute of Biology, University of Latvia (by M. Laiviņš and L. Eņģele), data of floristic surveys from Institute of Biology, University of Latvia, unpublished materials from Ķemeru National Park, public monitoring data from North-Vidzeme Biosphere Reserve (Anon., 2006), literature records and data obtained in personal communication. Majority of data were collected by the author in field surveys in a period from 2005 to 2008. The field survey covering ca. 52 % of the territory of Latvia (Fig. 1) was performed in 2005 to 2008 using a regular 5 × 5 km grid (Laiviņš, Krampis, 2004).

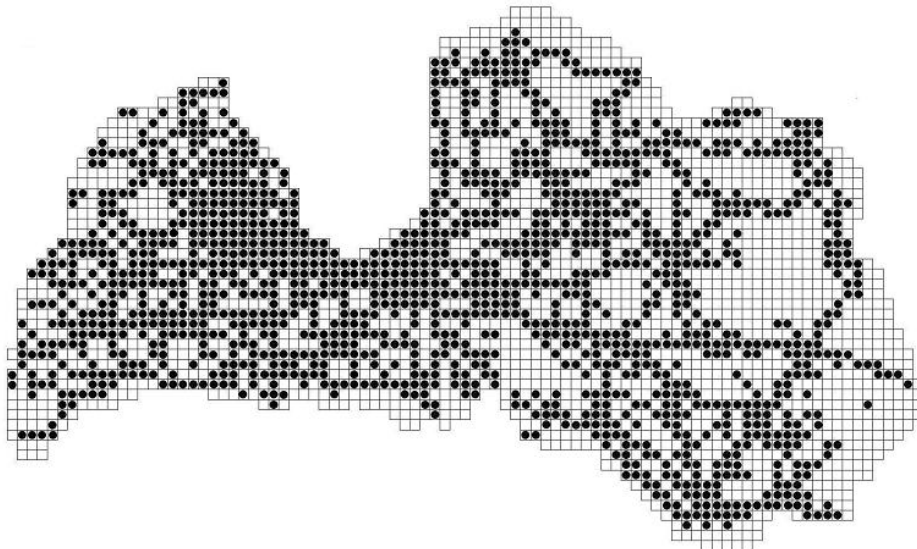


Fig. 1 Surveyed 5 × 5 km quadrates (2005-2008).

The survey was carried out using a route method. The potential localities of neophytes were included in the routes, e.g. human settlements and their surroundings, anthropogenically disturbed and degraded habitats, roadsides and railways, riparian habitats, agricultural lands, parks around manor houses and their surroundings etc. as well as localities known from herbaria and literature.

The data base of species localities contains following information: species name, geographic locality, geographical coordinates in LKS-92 system, habitat type, author, source of information, recording year, and notes. Full lists of localities recorded until 2008 are published in Priede (2008).

Distribution of all selected species is presented in 5×5 km grid, which is identical to the topographic map grid in Latvia and can be easily transformed into grid units of different size (Laiviņš, Krampis, 2004; Gavrilova u.c., 2005). GIS software ESRI ArcGis 9.0 was applied in mapping. A distribution data base containing north and east coordinates for each locality were transformed into shape files storing all localities as point features. All points falling into a cell were selected and enclosed into the quadrat. Presence of species (at least one locality) within a quadrat was marked by a black square.

Description, classification and analysis of plant communities

The plant communities were described using the Braun-Blanquet method, in each plot total vegetation cover and cover of each species was estimated in percent. The plot size varies from 4 to 25 m². Neophyte stands were described in randomly selected sites typical for the particular species. A relatively homogenous neophyte stand was considered as a separate community if the dominating neophyte covered at least 30 % of total herbaceous layer. Only herbaceous layer was described excluding the moss layer. Phytosociological relevés described by M. Laiviņš were included in the analysis.

Phytosociological relevés were stored in the TURBO(VEG) data base (Hennekens, 1995). The classification was performed using the Two-way indicator species analysis (TWINSPAN) (Hill, Šmilauer, 2005). Relevés were grouped according to the TWINSPAN division into groups. Since all stands were dominated by one species with low proportion of accompanying species, the dichotomical division was performed up to the second or third level. Majority of relevés were characterized by species composition not typical for association or higher syntaxonomical units, the abundance of accompanying species was low and varied from site to site, therefore the classification was largely deductive. Mainly species with higher constancy were chosen as the characteristic species for the syntaxonomical groups with distinct ecology.

In the Central-European phytosociological classification system, most of the neophyte communities are classified as derivate communities belonging to higher syntaxonomical units and named after the dominating species (Kopecky, Hejny, 1974; Laiviņš, Jermacāne, 2001). Due to the high variability and lack of characteristic species, in most cases it is not possible to divide communities on the association level, therefore the neophyte communities are classified under higher syntaxons (Mucina et al., 1993; Oberdorfer, 1993; Pott, 1995; Schubert, 2001).

Ecology of plant communities was analyzed by means of indirect ordination method using the species composition and mean Ellenberg values (Ellenberg et al., 1992) for each relevé. In the ordination matrix, presence/absence data were used. Ordination was performed using detrended correspondence analysis (DCA), program package PC ORD 4.25 (McCune, Mefford, 1999).

In order to characterize the dominance relationship between species and the role of neophytes within the plant community, Pearson correlation was applied. The correlation coefficients between the total number of species within the community and the cover of the dominating neophyte species were calculated.

The species nomenclature follows: Gavrilova, Šulcs (1999) and the German flora and vegetation data basis (FloraWeb, www.floraweb.de). The nomenclature of plant communities follows: Mucina et al. (1993), Oberdorfer (1993), Dierschke (1994), Pott (1995), Schubert (2001), Borhidi (2003).

Neophyte distribution in model areas

Two model areas were studied – the Abava Valley and Ҷemerі National Park (ҶNP). The neophyte flora was inventoried in a period from 2006 to 2008; all localities and their geographical coordinates of terrestrial neophytes and their geographical coordinates in LKS-92 system as well as invaded habitat types were stored in the data base. The species localities were fixed as point-like features, in some cases as polygons or linear objects. 1×1 km grid was used for mapping the distribution of neophytes. In each grid unit (159 quadrates in the Abava Valley and 419 in ҶNP) the total number of neophytes was calculated. As the second variable group the presence/absence of neophytes ignoring the number of species was used.

In order to analyze the impact of landscape structure on the distribution and spread of neophytes, several landscape indices were used. Following landscape elements were chosen: patch-like structures (forests, wetlands, open landscapes (agricultural lands), human settlements, and allotments); linear objects (roads, railways, streams); point-like objects (waste grounds, industrial objects, graveyards).

Regardless of the coverage, point-like objects (waste grounds, industrial objects, graveyards) and railway were attributed with indices 1 or 0 (presence/absence), whereas in a case of other landscape variables the index was related to the area or lengths/width (forests, wetlands, settlements, allotments, roads, streams). The presence of landscape elements was generalized using approximate cover in percent, length or width of landscape units that was divided into classes. Each grid unit (quadrant) was attributed by the relevant landscape indices.

The satellite map on scale 1: 50 000 and aerial photos were used as the major data sources. Additionally, the configuration and types of landscape units were defined more accurately in field surveys. ESRI ArcGis 9.0 software was applied in mapping and analysis of distribution of landscape units and species.

In order to find out the relation between the spatial distribution of landscape units and species distribution, DCA analysis (PC ORD 4.25 program package (McCune, Mefford, 1999) was applied. In the main matrix the landscape indices were used as variables, in the second matrix – the number of neophyte species per quadrant and the presence/absence data on each neophyte species within the 1 × 1 km grid. To test the normality of the distribution of samples, Kolmogorov-Smirnov test was applied using SPSS for Windows 13.0 program.

RESULTS AND DISCUSSION

Distribution of invasive neophytes in Latvia

The lists of localities and distribution maps of the selected 14 invasive neophytes were published in a separate paper (Priede, 2008). The distribution patterns of invasive neophytes coincides with the spatial distribution of human settlements (donor areas), road network and river valleys which serve as migration corridors. The frequency of invasive species is defined also by the similarity of the introduced region to their native ranges, dispersal mode, and species ecology as well as historical and socio-economic factors. On a country scale, no peculiarities in regional distribution were found for the majority of invasive garden escapees that could be defined by climatic, edaphic or other natural abiotic physiogeographic factors. Thus the distribution pattern and spread of neophytes is predominantly determined by anthropogenic rather than natural factors.

The distribution and the largest abundance of invasive neophytes (within 5 × 5 km grid) coincides with the spatial distribution of settlements, road and hydrological network, and on a great extent also to the largest agricultural massifs which, at the same time, are relatively densely inhabited (Fig. 2). On the contrary, the least number of neophytes was found in sparsely inhabited large forest and wetland regions, namely, in most cases they were absent in sparsely inhabited areas dominated by natural habitats or habitats slightly affected by humans. The blank, neophyte-absent regions are characteristic with sparse road networks, and the settlements are located far from each other. Most of areas are not suitable for the spread of invasive species, hereto there are very few propagule sources (donor areas). Doubtless, the density of neophyte localities on the regular grid network were somewhat influenced by the field survey routes and intensity of species inventory in various regions of Latvia (Fig. 1).

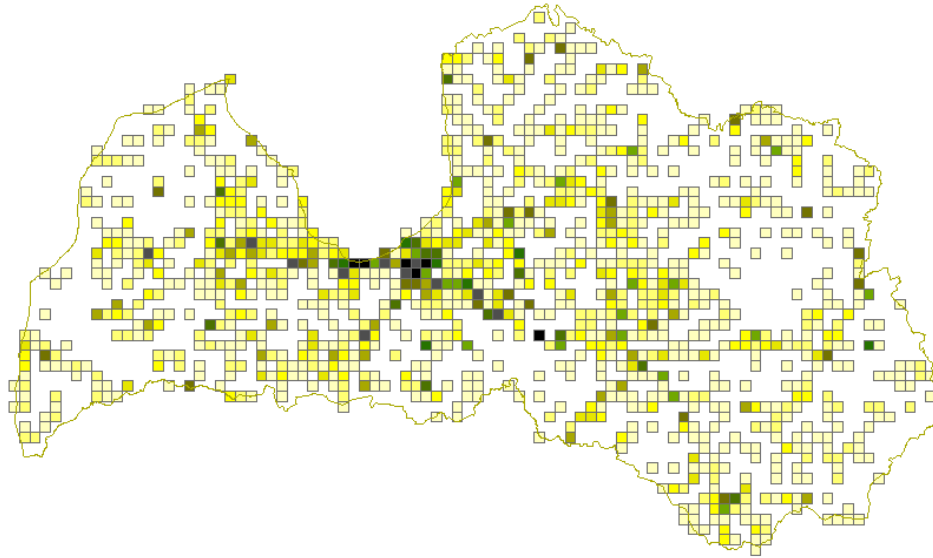


Fig. 2 Distribution of invasive neophytes in Latvia within 5×5 km grid. The intensity of colouration indicates the number of species (1 to 14) per quadrat.

Higher density of neophyte localities is related to larger frequency of cultivation of invasive plants. Therefore, the role of donor areas and their spatial distribution in combination with the suitability of habitats as well as regional or local peculiarities in selecting the planting material is crucial in the spatial distribution pattern of invasive neophytes. Some widespread invasive species, e.g. *Solidago canadensis*, *Aster salignus*, *Impatiens glandulifera*, *Lupinus polyphyllus*, are being continuously cultivated throughout the country, whereas most of clonal species, e.g. *Reynoutria* sp. and *Petasites hybridus* with a rather long history of spreading outside cultivation are characteristic with their island-like distribution pattern which is caused by regional differences in selecting planting material. The density of localities of these species is high in some regions, while in many others they are absent. Thus, the regional peculiarities of neophyte distribution is tightly related to the popularity of certain species among local inhabitants that brought the certain exotic ornamental or medical plant species to their gardens and distributed further.

The agglomeration of the Riga City and some other largest Latvian cities are outstanding with high diversity and density of neophyte localities as for most of the selected 14 invasive species, while the number of neophyte species and frequency of localities decrease by distance from the cities. Roads and railways serve as dispersal corridors. In some cases, the distribution pattern of neophytes coincides with the hydrological network (species which occur in riparian habitats also in their native ranges, e.g. *Aster salignus* and *Echinocystis lobata*). Some species are found in both habitats similar to their native ranges and in disturbed sites, e.g. *Rumex confertus* which occurs mostly in riparian floodplain meadows in its native range spreads mainly on roadsides forming dense stands in the introduced range. In Latvia, the distribution of *R. confertus* coincides both with the road network and partly with the river network, particularly with some largest river valleys where the species grows either in natural grasslands.

The most pronounced regional differences in the spatial distribution were found for two adventive species: *Rumex confertus* and *Bunias orientalis*. Both species belong to the most successful invasives in Latvia being common in the agglomeration of the Riga City and along the largest highways and railways to the east from Riga as well as in Central and East Latvia, while being rare and found as scattered individuals in West Latvia. The east-west direction difference in the distribution of both species is determined by the directions of their initial introductions via hay transport and by railway from the east, therefore they are more abundant and common in the surroundings of Riga and the Riga-Daugavpils highway. Nevertheless, new localities of both species are being discovered over the last years in West Latvia.

No regional distribution peculiarities were revealed concerning *Impatiens parviflora*, a fully naturalized and frequent invader in various habitats, which most commonly occurs in the

surroundings of settlements and roads as well as in semi-natural, slightly disturbed forest habitats (most often in the vicinity of settlements).

The distribution of *Helianthus tuberosus* and *Solidago gigantea* is uneven. In Latvia, currently both species occur rather rarely, mostly in anthropogenically disturbed habitats. *H. tuberosus* has been widely cultivated throughout the country where it sometimes remains in the former cultivation fields for several years, however, in most cases due to competitive pressure it vanishes in later succession stages. Relatively stable, nearly mono-specific populations of *H. tuberosus* occur in urban environments on altered, nutrient-rich substrates; rarely it is found in riparian habitats as co-dominant or accompanying species in nithrophilous tall herb communities. In comparison to its widespread congener *Solidago canadensis*, the rare *S. gigantea* was introduced later and was never that popular as a garden ornamental, namely, it was not planted in gardens in all the territory of Latvia, therefore it is found as a naturalized, highly invasive neophyte only in the vicinity of the Riga and Jūrmala Cities.

Lupinus polyphyllus and its varieties are grown throughout the territory of Latvia in gardens as ornamentals. Over the 20th century, the species was sown in fallows, clear cuts and possibly also roadsides as green manure crop. Some localities – the former cultivation sites – are known since the 1930's, when the plant became popular and was sown in large field areas. Commonly the species had spread along the roads and forest edges in the vicinity of the introduction sites. The current distribution pattern of *L. polyphyllus* is, to a great extent, determined by the frequency of cultivation over the previous decades, suitability of habitats and the connectivity between the introduction sites and suitable habitats via roads.

Over the last decades, *Heracleum sosnowskyi*, the most common and abundant non-native plant invader in Latvia, is being cultivated in many localities in Latvia. The frequency of cultivation and the biological traits of the species allowed rapid spread and establishment of large, mono-specific stands into various habitats throughout the country. *H. sosnowskyi* is the only species from the selected 14 ones, that is predominantly related to abandoned agricultural lands instead of vicinity of settlements as in case of other invasives. The spread of the species is largely related to linear landscape structures (mainly roads and streams) ensuring connectivity and successful penetration into new areas.

Overall, the territory of Latvia is covered by 2783 quadrates of size 5 × 5 km. Table 1 shows the total number and percentage of invaded quadrates in relation to the time of introduction and time of naturalization.

Table 1 Number and percentage of invaded quadrates in relation to the time of introduction and naturalization.

Species	Number of invaded quadrates	Percentage of invaded quadrates	Time of introduction*	Beginning of naturalization**
<i>Rumex confertus</i>	428	15.4	1920	1920
<i>Heracleum sosnowskyi</i>	329	11.8	1940s	1940s
<i>Solidago canadensis</i>	327	11.7	1805	~ 1950s
<i>Lupinus polyphyllus</i>	250	9	1916	1916
<i>Reynoutria japonica</i>	237	8.5	1874	20th century
<i>Bunias orientalis</i>	241	8.6	1805	1805
<i>I. parviflora</i>	147	5.3	1895	1895
<i>Impatiens glandulifera</i>	134	4.8	1898	1898
<i>R. sachalinensis</i>	122	4.4	1874	20th century
<i>Aster salignus</i>	115	4.1	1890s ?	1890s ?
<i>Petasites hybridus</i>	112	4	1778	20th century ?
<i>Echinocystis lobata</i>	69	2.5	1960s	1970s
<i>Helianthus tuberosus</i>	60	2.2	~1700	20th century ?
<i>S. gigantea</i>	14	0.5	1980s ?	1990s

* The first record of deliberately or accidentally introduced species in Latvia; ** first record of the species in wild (naturalized) (based on literature or herbaria data).

Since the beginning of the 19th century up to the second half of the 20th century a growth in numbers of localities was found for all studied species (Table 2). Rapid increase of localities was characteristic for the 1970's, which is related to the lag phase (or the latent period) and following rapid expansion of invasive species, and to the increased intensity of floristic surveys in the 1970's. In the 1980's, mapping of several invasive neophytes was begun and continued in 2005 to 2008, while the period between 2001 and 2004 is characteristic with comparatively low number of new neophyte localities. Though the number of new recorded localities characterizes not only the actual spread of a particular species, but also the intensity of research, the starting point of expansion of many invasives might have been the 1970's and 1980's. Logically, the rapid invasion is promoted by the increasing number of new donor areas – the propagule sources.

Table 2 Changes in the cumulative number of species records.

Species	Number of records / Period of time					
	< 1900	1901 - 1940	1941 - 1970	1971 - 2000	2001 - 2004	2005 - 2008
<i>Aster salignus</i>	1	9	22	100	104	168
<i>Solidago canadensis</i>	*	3	9	184	199	564
<i>S. gigantea</i>	-	-	-	4	9	23
<i>Petasites hybridus</i>	16	21	24	99	105	149
<i>Helianthus tuberosus</i>	*	*	*	40	42	97
<i>Echinocystis lobata</i>	-	-	-	59	69	95
<i>Reynoutria japonica</i>	2*	10	11	204	223	307
<i>R. sachalinensis</i>	2*	15	17	96	112	146
<i>Rumex confertus</i>	-	4	5	48	4	206
<i>Lupinus polyphyllus</i>	-	11	26	165	189	343
<i>Bunias orientalis</i>	30	72	83	146	340	471
<i>Impatiens glandulifera</i>	1	5	16	69	79	204
<i>I. parviflora</i>	-	9	15	92	96	229
<i>Heracleum sosnowskyi</i>	-	-	1	142	268	522

* The species was introduced in Latvia, however, it is not known whether in cultivation or escaped.

Considerable relation between the time of introduction (intentional or unintentional) and current distribution was found only in few cases. Most of the neophyte species became naturalized around the end of the 19th century and/or the beginning of the 20th century and occur rather rarely, while some other species introduced around the first half or mid 20th century are among the most frequent neophytes (Table 1). Generally, if comparing the 14 studied species, the latest introduced species have spread more successfully within a shorter period of time than those introduced earlier.

Overall, since their introduction an exponential growth of the number of localities is characteristic for all studied species. Significant relation was found between the introduction time and the cumulative number of records of all 14 studied neophyte species (Fig. 3). Nevertheless, the invasion success of a particular species is largely related to the biological traits, number of repeated introductions, dispersal mode and suitability to certain habitat types. The spreading history of all 14 studied neophytes suggests that the length of the time period between the introduction and spreading in wild, and the course of invasion are hardly predictable.

According to NOBANIS (www.nobanis.org) data, the dynamics of the non-native flora of Latvia show that the number of newly arrived neophyte species has been growing over the last two centuries (Fig. 4). Most of new non-native plant species were first recorded in the second half of the 20th century. A similar relation was found in the dynamics of the 14 studied invasive neophytes (Fig. 3).

The military actions and movement of troops over the last three centuries including both world wars resulted in unintentional introductions of many new non-native plant species (Klinge, 1887; Lehmann, 1895; Malta, 1934; Mühlenbach, 1934). Similarly to Central Europe (Sukopp, 2002) and other parts of the world, in Latvia the urban flora has been significantly influenced by military actions creating suitable habitats for spreading of ruderal, i.a. non-native and invasive species newly arrived during the war (Kupffer, 1922). Development of transport networks,

railways and increasing transportation since the 19th century has been the greatest agent of new species arrivals ensuring their migration more rapidly than ever before. Currently transport is one of the most important pathways of non-native species migration. Construction of roads and railways and their exploitation is related to regular anthropogenic disturbances promoting spreading of ruderal species including most of invasive neophytes and establishment and spread of neophyte communities.

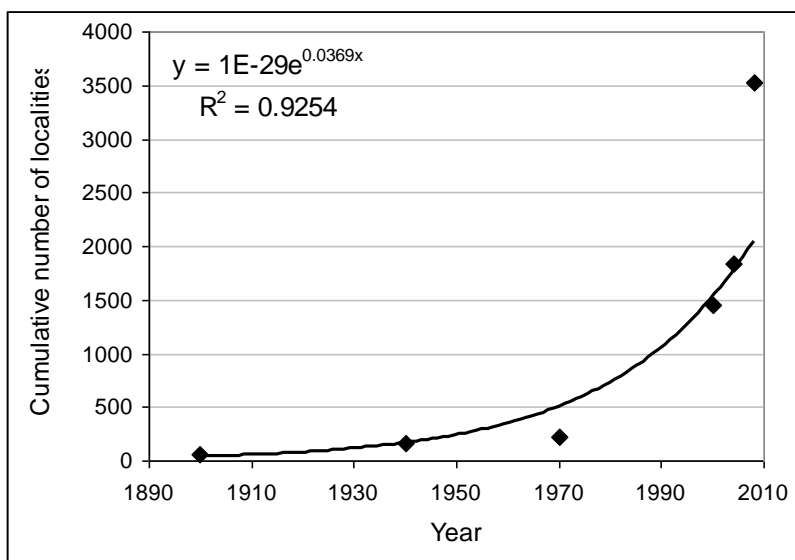


Fig. 3 Cumulative number of 14 neophyte localities.

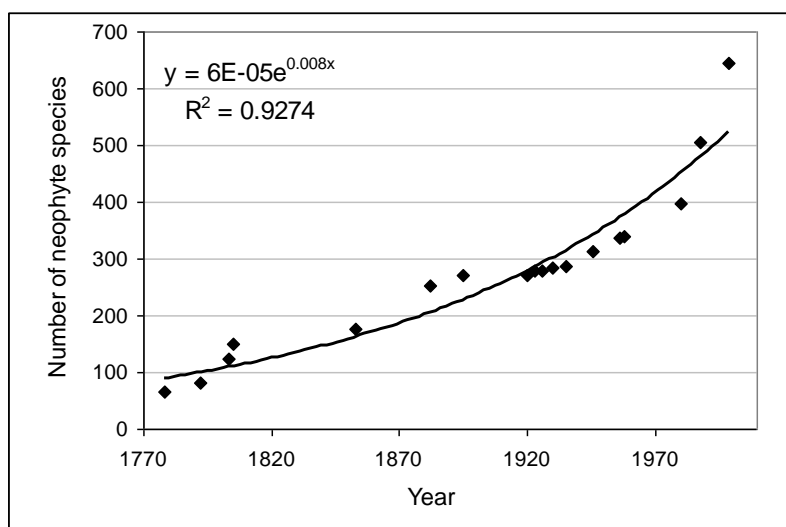


Fig. 4 Cumulative number of neophyte species in Latvia (data source: www.nobanis.org).

Invaded habitats

The structure of invaded habitats characterizes the ecology of species. Large proportion of invaded habitats was human-created or disturbed such as roadsides, railway verges, dump sites and various urban habitats. Abandoned cultivated and ruderalized grasslands and fallows comprise a significant part of the invaded habitats. Some species are often found in riparian habitats (Fig. 5).

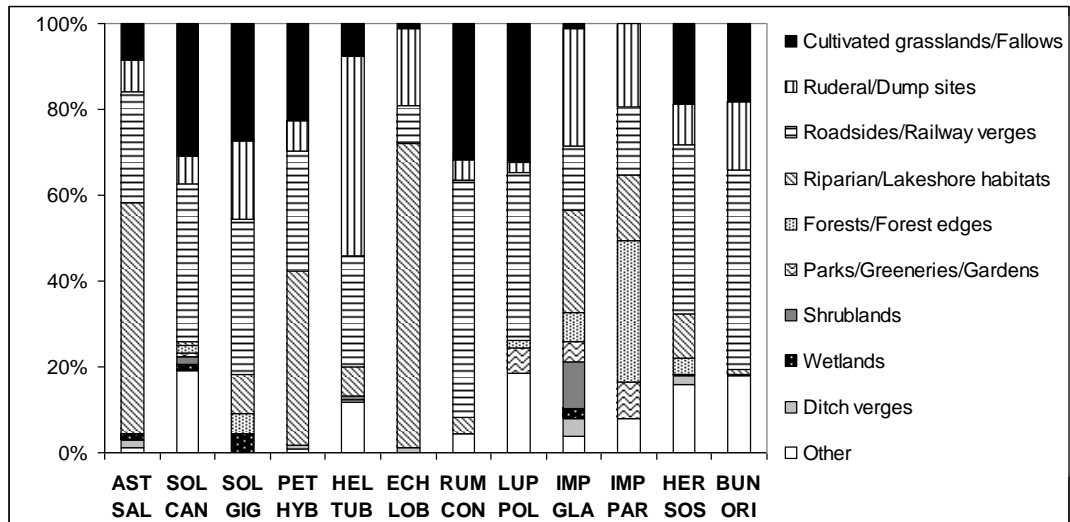


Fig. 5 Invaded habitats*.

Abbreviations in the figure: AST SAL – *Aster salignus*, SOL CAN – *Solidago canadensis*, SOL GIG – *Solidago gigantea*, PET HYB – *Petasites hybridus*, HEL TUB – *Helianthus tuberosus*, ECH LOB – *Echinocystis lobata*, RUM CON – *Rumex confertus*, LUP POL – *Lupinus polyphyllus*, IMP GLA – *Impatiens glandulifera*, IMP PAR – *Impatiens parviflora*, HER SOS – *Heracleum sosnowskyi*, BUN ORI – *Bunias orientalis*.

* Since being clonally spreading plants, which invade mostly the surroundings of initial planting sites in abandoned gardens, parks etc., both *Reynoutria* species were excluded from the analysis.

Factors influencing the neophyte distribution on a country-scale

Majority of intentionally introduced ornamentals – the currently naturalized neophytes in Latvia have been grown throughout the country, therefore their spatial distribution pattern and the distribution of donor areas are defined by human impacts rather than physiogeographical natural factors. The dispersal of adventive plants on greater distances is influenced mainly by unintentional human-related factors such as transportation and cargo shipment, perhaps also migration of wild animals. The distribution of invasive neophytes is predominantly determined by the spatial distribution of donor areas, suitable habitats and dispersal routes or migration corridors ensuring connectivity. The same refers to adventive species; their dispersal success is strongly influenced by dispersal chances – migration routes and agents as well as habitat suitability.

In few cases regional differences on a country-scale in the distribution of neophytes were found (Priede, 2008) being related mainly to anthropogenic factors, while natural physiogeographical factors are of minor importance. Lambdon et al. (2008) gave examples of regional differences in the distribution pattern of several invasive plant species on European scale which allowed separating biogeographic zones with specific neophytes. For instance, *Heracleum sosnowskyi* which is widespread in the East and South East Baltic region (including Latvia) does not occur in Scandinavia and to the east and south from Poland and East Germany (Lambdon et al., 2008). Similarly to *H. sosnowskyi*, the Caucasian endemic species *Galega orientalis* introduced as a fodder crop is considered as highly invasive in Estonia (Kangur et al., 2005; Ööpik, Pulk, 2008) and is on an active naturalization phase in Latvia (Laiviņš, Mangale, 2005), while being absent in the rest of Europe. The European-scale differences in neophyte distribution are mainly related to anthropogenic factors, the composition of introduced plant flora, migration routes and connectivity of regions.

Large proportion of non-native flora in the North European and Baltic regions is composed by neophytes originating from climatically similar regions in Europe (Central and West Europe) or other parts of the world (mainly the Far East and North America). According to NOBANIS (www.nobanis.org) data, the largest proportion of neophytes in Latvia originate in Europe and Asia (44 and 35 %, respectively), while 10 % of species come from North America. African and

South American species comprise 5 and 1 %, respectively, while the origin of 5 % of the neophyte species remains unknown. This fact suggests that the naturalization and invasion success of a particular species is, to a great extent, determined by climatic match between the native and introduced range.

In Latvia, climatic and in some cases edaphic peculiarities determine the distribution pattern of some introduced woody species, i.a. some naturalized, invasive taxons, e.g. *Acer pseudoplatanus*, *Abies alba*, *Fagus sylvatica* (Lange u.c., 1978; Svilāns, 2004) and *Aronia prunifolia* (Priede, 2009). Their distribution is largely related to the differences in the continentality and zonality gradients on a country-scale, respectively, increased continentality in west-east direction and zonality in south-north direction (Svilāns, 2004; Laiviņš u.c., 2007). Perhaps the invasion success of several invasive neophytes is promoted by increased length of vegetation season and minimal temperatures, e.g. the frost-intolerant *Impatiens* sp. and *Reynoutria* sp. (Beerling, Perrins, 1993), though they are relatively rare in Latvia if comparing to Central and West Europe, and their current distribution is insufficient to prove this assumption.

In Latvia, the coincidence of larger abundance of the 14 invasive neophytes with lowland areas and mild coastal climate zone (Fig. 2), most probably, is defined by the spatial pattern of settlement density and consequently more intensive introduction of non-native species as well as to more developed transportation within coastal areas and the largest mouths of rivers rather than climatic limitations.

The distribution of neophytes in model areas

In order to perform a detailed analysis of the distribution pattern and the factors influencing the distribution and spread of neophytes, two relatively small, but mutually different areas were studied: the Abava Valley and Ķemeru National Park (ĶNP). Each model area represents different landscape patterns typical for Latvia. In both areas the composition and peculiarities of neophyte flora as well as the factors influencing the spatial distribution and spreading of neophytes were analyzed.

The composition of neophyte flora and the total number of neophyte species were different in both areas, which is largely related to different landscape patterns, land use, socio-economic and historical factors as well as to the total area of each territory. In the Abava Valley, the total number of neophytes was 53, while in ĶNP it reached 97 species. Majority of species in both territories were garden escapees: in the Abava Valley – 47 species, and 80 species in ĶNP. Smaller proportion was comprised by adventive species (6 in the Abava Valley and 17 species in ĶNP). The number of species belonging to one or the other group characterizes the particular territory, mainly the spatial pattern and character of human settlements and the density of transportation network. In the Abava Valley, the neophyte flora consists mostly of intentionally introduced and naturalized garden escapees and ornamentals, while the adventive flora is comprised by segetal species common on a country-scale. In ĶNP, the naturalized garden ornamentals comprise the largest proportion of neophytes. The composition of neophyte flora in ĶNP is strongly affected by the vicinity of large cities and town, presence of several highways, railway and large rivers promoting not only long-distance immigration of invasive naturalized ornamentals, but also the arrival of several adventive species via roads and railways.

The frequency of some widespread species is consonant with the dominating land use types and distribution of suitable habitats. In the Abava Valley, the most frequent light-demanding neophytes related to open (non-forested) landscapes spread mainly in agricultural land use types – in fallows, abandoned grasslands and arable lands, on roadsides, garden boundaries and ruderal sites, indicating that the open and/or mosaic-like landscapes prevail. In ĶNP, the large proportion of forest-related neophytes indicates that the landscape is dominated by forests, while the proportion of light-demanding species is relatively low.

Similarly to the country-scale distribution pattern of invasive non-native species, in both model areas the localities of neophytes coincide mainly with the spatial pattern of settlements, population density, and the road network (Fig. 6, 7). The relation is tighter in ĶNP, whereas the neophyte distribution in the Abava Valley obviously concurs with the hydrological network and the parallel road network. In both areas the highest density of neophyte localities were found in

the towns and villages and their surroundings, along roads (mainly along the major roads) and in the valleys of the largest rivers. In homogenous forest and wetland patches almost no neophyte localities were found indicating the resistance of natural habitats, particularly if no connection with the roads and settlements exist.

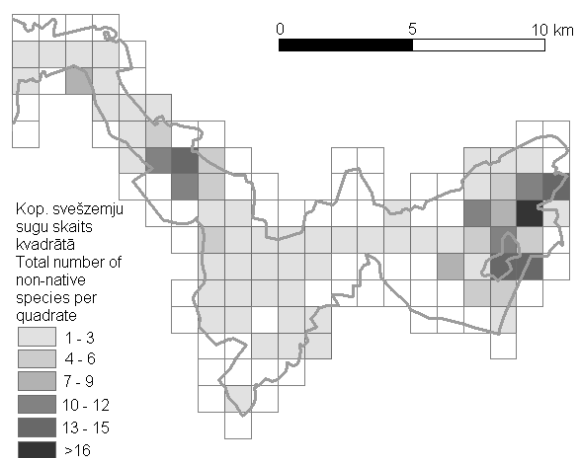


Fig. 6 Total number of neophyte species in 1×1 km grid in the Abava Valley.

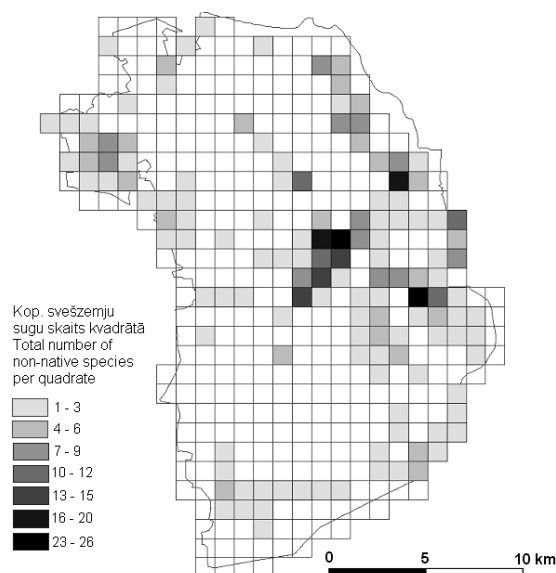


Fig. 7 Total number of neophyte species in 1×1 km grid in QNP.

In the Abava Valley, using an ordination method of indirect gradient analysis (DCA), the distribution of quadrates by the total number of neophytes was explained by the 1st and 2nd DCA axis with the eigenvalues 0.27 and 0.18, respectively, while the 3rd axis was of minor importance with eigenvalue 0.10. Overall, no statistically significant gradients determining the spatial pattern of neophytes were found. Due to the patchiness of landscape and high heterogeneity within a quadrat, none of the landscape-scale factors prevailed. The localities of neophytes are obviously related to small-scale local factors as well as to coincidence of the particular environmental conditions and life forms of certain species. The largely parallel spatial pattern of rivers, roads and settlements as well as of the cover of forests and agricultural, open landscapes were found to be the most significant factors. The patchy landscape of the Abava Valley is characteristic with ecotones of various landscape elements, e.g. forests and agricultural lands, agricultural lands and roads etc. promoting the establishment and migration of neophytes.

In QNP, the distribution of quadrates by the total number of neophytes was explained by the 1st and 2nd DCA axis with eigenvalues 0.62 and 0.33, respectively, while the eigenvalue of the 3rd axis was low (0.17). Though no well-pronounced grouping of invaded quadrates was found, the most significant relation was found between the neophyte distribution and settlements and roads, whereas in the quadrates covered by forests, wetlands and/or open landscapes the neophytes were absent or occasional localities were found. The heterogeneous quadrates with interacting different landscape elements indicate the importance of ecotones (e.g. forest-road contact zones), though do not statistically prove the significance of one or another landscape element. In comparison to the Abava Valley, where the hydrological network is among the most important routes of neophyte migration, in QNP the river network is not related to settlements and roads, therefore in a case of neophytes the rivers as migration corridors of minor importance.

In both areas, the spread of neophytes was driven by the dominating land use types, whereas several landscape elements included in the analysis (railway, waste grounds, industrial objects, allotments and graveyards), though often being donor areas of neophytes with comparatively high invasion rates, are rare and do not appear as statistically significant determinants.

Overall, the territory of QNP is more homogenous than the Abava Valley and is dominated by large, invasion-resistant landscape patches, thus the neophytes concentrate around anthropogenically disturbed habitats more tightly than in the Abava Valley. The landscape in the

Abava Valley is patchy. The 1 km² quadrat, the smallest unit used in the landscape analysis, can contain large variety of landscape elements, which, first of all, do not allow separating the most significant influencing factors, and, secondly, the patchiness of landscape creates large ecotone zones suitable for spreading of neophytes.

Regular quadrat grid is applicable in landscape-level analysis of the neophyte distribution patterns, however, the results might be considerably influenced by the size of a quadrat. In the Abava Valley, a relatively small and heterogeneous area, smaller size, e.g. 0.5 × 0.5 km or 0.25 × 0.25 km grid would be more appropriate allowing to diminish the interaction of different landscape elements and to highlight the most important factors. The presently used 1 × 1 km grid excluded locally important point-like objects, which may be crucial in determining the neophyte distribution, e.g. small dump sites, sites of intentional introductions outside gardens and parks etc. which often serve as propagule sources for further expansion. As suggested by the use of the selected method of analysis, though the results show the major landscape-level interactions properly, the generalization of landscape structure resulted in rather robust outcome, particularly in the case of the Abava Valley excluding the role of some locally important factors.

Comparing both territories, the density of population and human settlements (the major sources of neophyte propagules and simultaneously highly invadable habitats) are higher and more evenly located in the Abava Valley than in KNP. The proportion of agricultural lands is higher in the Abava Valley as well, therefore the distribution of neophyte localities are more scattered than in KNP. The fragmented landscape - the mosaic of open and forested lands, is composed by relatively small patches, while in KNP large areas are covered by uninhabited forest and bog massifs, thus the neophytes concentrate in small areas in the surroundings of settlements and the adjacent allotments, grasslands, fallows and abandoned industrial objects. Roadsides crossing the homogenous landscape patches connect the donor areas and serve as the major migration routes for many non-native plant species.

In both territories the occurrence and diversity of neophytes on roadsides and railway verges were considerably influenced by the adjoining forests, agricultural lands and settlements. The concentration of neophytes along roads is more pronounced in KNP than in the Abava Valley. In KNP, the roads cross mainly forested areas unsuitable for establishment of neophytes, therefore they concentrate in the intersection zone. In contrary, in the Abava Valley, majority of roads adjoin to open or patchy landscapes which are susceptible to invasions of light-demanding neophytes. In both model areas, the neophytes occur along roads of various size and transport intensity including highways, local unpaved roads, streets, rarely along forest roads and firebreaks. The composition of roadside neophyte flora is slightly different in both cases. Similarly to the role of roadsides as contact zones of different landscape elements, the forest-road interaction zone plays a significant role as a suitable habitat for several light-demanding, mainly woody species. The establishment of neophytes in the contact zones is evidently promoted by eutrophication of the forest understory and increased light availability.

Due to the dissimilarities of the spatial pattern of watercourses in both model areas, there are considerable differences in the distribution of neophytes on riverbanks. The landscape connectivity via rivers is highly important in the Abava Valley which is proved by high relatively high abundance of neophytes along the rivers, while in KNP the correlation is insignificant. In KNP, in few cases a long-distance immigration of neophytes via riparian corridors was found, while majority of habitats along the rivers are unsuitable for establishment of neophytes.

Similarly to large-scale linear structures (roads and rivers), smaller human-created linear structures, e.g. unpaved forest roads, paths, firebreaks, electric power lines, have a significant role in the migration of species. The ecological role of such structures is similar to other regular natural or human-caused disturbances creating suitable conditions for establishment and spread of several invasive light-demanding neophytes. Due to the limited light availability or competitive pressure within the forest patches they concentrate and migrate along the linear structures.

Though statistically insignificant as landscape elements, the small point-like or patch-like structures such as graveyards, waste grounds, quarries and industrial objects and their vicinity are often related to higher concentration of neophytes than in more homogenous patches. The objects serve as propagule source of intentionally or unintentionally introduced species.

The relatively homogenous landscape patches (large massifs of forests, wetlands, arable lands, regularly managed grasslands) have a buffer function being resistant against the establishment of non-native species and hindering their spread. In both model areas the blank quadrates where no neophytes were found coincide with large patches of forests, wetlands and agricultural lands.

The patch structure and heterogeneity, area and configuration as well as connectivity to other landscape patches and corridors play a significant ecological role. The patches with high inner heterogeneity and dynamic environment with high frequency of disturbances and high resource availability are the most susceptible to neophyte invasions, thus they are the most invaded, e.g. urban areas.

Large numbers of neophytes in both territories are related to ecotones – mostly they occur on the interaction zone between settlements and forests, settlements and agricultural, open landscapes or agricultural lands and forests. The ecotone effect is significant also in highly fragmented landscapes with small patchy structure and high density of corridors ensuring the connectivity and migration.

Neophyte dynamics in model areas

In the analysis of neophyte dynamics data from several herbaria (Institute of Biology and Faculty of Biology, University of Latvia) and literature sources (Seezen, 1866; Kupffer, 1934; Galenieks, 1957; Rasiņš, 1960; Anon., 2002; Cepurīte, 2006, 2008; Табака, Клявиня, 1981) and data basis (Ķemeri National Park and Faculty of Geography and Earth Sciences, University of Latvia) were compared to the latest inventory data (2006–2008) on both model areas.

Comparing the occurrence of neophytes in the Abava Valley in 1981 (Табака, Клявиня, 1981) and the inventory results of 2006-2008, the number of neophytes have nearly doubled. In a 30-year period the number of neophytes has increased for 28 species (Table 3).

Table 3 Changes in the number of neophyte species in the Abava Valley comparing 1981 and 2008.

Total number of neophyte species in 1981	37
Neophyte species found repeatedly in 2006-2008	27
Extinct	12
Increase in distribution and frequency	8
Decrease in distribution and frequency	0
No significant changes in distribution and frequency	20
Newly found neophyte species in 2008	28
Total number of neophyte species in 2008	53

The major changes in the number of neophyte species occurred on the expense of rare, locally spreading herbaceous garden escapees, some rather frequently found invasive woody species and several widespread invasives, e.g. *Solidago canadensis*, *Aster salignus*, *Echinocystis lobata*, *Heracleum sosnowskyi*, *Impatiens parviflora*, *I. glandulifera*, *Helianthus tuberosus*, *Lupinus polyphyllus*, *Acer negundo* etc. Presently, majority of these species rapidly invade not only ruderal, weedy sites, abandoned allotment areas and fallows, but also spread in riparian habitats, forests and shrublands, while the other recently arrived species are still rare or very rare. Since being related to ephemeral ruderal plant communities, several rare adventives and garden escapees recorded at the beginning of the 20th century were not repeatedly found in the Abava Valley.

In ĶNP, comparison of the list of recorded neophytes on various time periods in the past and the latest neophyte list from 2006-2008 proves that there has been significant increase in numbers of non-native species (Table 4).

Table 4 Changes in the number of neophyte species in ĶNP in the time period from the 19th century to 2008.

Total number of neophyte species until 2003	44
Neophyte species found repeatedly in 2006-2008	35
Extinct	9
Newly found neophyte species in 2008	60
Total number of neophyte species in 2008	95

Similarly to the Abava Valley, the number of neophytes in ĶNP has grown during the last two decades. The process of neophyte establishment has been substantially affected by land use changes, land abandonment and reduced land management intensity within settlements, uncontrolled dumping of garden waste and intensive transportation and road network. The bulk of newly found neophytes comprise 60 species, while only nine are extinct (Table 4) – mainly rare adventive species. Similarly to the Abava Valley, in ĶNP the presently most common invasive garden escapees were not recorded during the last decades, which means that they have established and rapidly spread over the last 10 -15 years, e.g. *Solidago canadensis*, *S. gigantea*, *Bunias orientalis*, *Rumex confertus*, *Heracleum sosnowskyi*, *Impatiens parviflora*, *Aronia prunifolia* etc.

Distribution pattern of neophytes in context with landscape change

In Latvia, in a case of many neophytes including the invasive ones the changes in their distribution are, to a great extent, related to the landscape change over the 20th and the beginning of the 21st centuries. Over the 20th century, the forest cover has increased, while the areas of agricultural lands decreased, thus increasing the patchiness and ecotone zones in landscape (Tērauds et al., 2008). Over the last decades there is a continuous decline in cover of agricultural, open landscapes and increase in forest cover throughout the country (Anon., 2008). As proposed by some landscape studies in Latvia, the total number of forest patches has decreased during the second half of the 20th century on the expense of overgrowing agricultural landscapes (Rasa, Nikodemus, 2008; Tērauds et al., 2008). The ongoing large-scale landscape changes as well as eutrophication of forests caused by air pollution and recreational impacts (Laiviņš, 2008) promote the spread of invasive neophytes. The rapid invasion and frequency of some invasive plant species typical for abandoned fields and grasslands, e.g. *Solidago canadensis* and *Heracleum sosnowskyi* over the last two decades prove that the abandonment of agricultural lands and decreasing intensity of farming due to socio-economic situation in the 1990's have significantly contributed to the expansion of invasive neophytes.

The invasion process is related to the ruderalization of habitats, particularly in urban areas. The first half of the 1990's was characteristic with rapid abandonment of building sites and building constructions creating suitable habitats for invasive ruderal neophytes. On the same time, large areas of formerly managed suburban and urban allotments were gradually abandoned, thus allowing overgrowing of fallows and enhancing vast invasion of garden escapees such as *Solidago* sp., *Impatiens glandulifera*, *Echinocystis lobata* etc.

In agricultural lands with low population density in remote rural areas the number of neophytes is comparatively low even in the surroundings of habitats with high invasion potential, e.g. abandoned farmsteads and farms. Low transportation intensity hinders the immigration of non-native plants, thus the forest- or agriculture-dominated homogeneous landscapes are the main reason for absence or low numbers of non-native species. Nevertheless, the ongoing ruderalization of grasslands, abandonment of arable lands and, most probably also burning of the last year's grass are significant processes favouring the spread of many invasive tall herbs, e.g. *Solidago canadensis*, *Heracleum sosnowskyi*, *Bunias orientalis*, *Rumex confertus*. Abandoned grasslands and fallows in the surroundings of donor areas are of particular importance as potentially invaded sites. If predicting the changes in the distribution of invasive species, one should bear in mind that majority of invasive tall herbs are light-demanding and typical for initial stages of secondary succession, thus overgrowing of abandoned agricultural lands might diminish

the habitat availability, particularly in remote rural areas with small number of potential propagule sources and low possibility of repeated introductions.

In Latvia, there are no long-term monitoring data available on the dynamics of invaded vegetation, however, as suggested by the studies of vegetation dynamics elsewhere, in abandoned grasslands and fallows (Rejmánek et al., 2005) there is not only declining diversity of native, but also non-native plant species including the diversity and abundance of invasive light-demanding neophytes.

In predicting the invasive spread in the future, several important influencing factors and interactions should be taken into account. First of all, the spread of invasive plants is directly related to the vicinity of potential donor areas, their character and development, e.g. the revival of presently abandoned built-up areas within the settlements might diminish the presence and abundance of neophytes in the particular area, while their spread and persistence is strongly facilitated by availability of unmanaged, weedy sites. On the same time, the development of greeneries into new areas might be related to repeated introductions of 'traditional' invasive ornamentals and introduction of new ones.

Land use changes and degradation of ecosystems can strongly affect the spreading of invasive neophytes. As suggested by the presently large number of neophyte localities on fallows and grasslands, the rapid expansion of invasive plants is a direct result of ruderalization of native vegetation, particularly in the surroundings of settlements. In some regions of Latvia, despite the absence of donor areas, several species with pappus-bearing seeds has successfully migrated over long-distances and established into remote areas (e.g. *Solidago* sp., *Aster salignus*). Degradation of forest ecosystems is caused not only by regular human or natural disturbances, e.g. recreational pressure, but also the regional-level air pollution and eutrophication of forest soils. Fragmentation of homogenous forest patches enhance their invasibility by increased connectivity via forest roads, clear cuts and wind-falls, thus elongating the ecotones and creating suitable niches for many invasive species.

Presently the biodiversity and traditional landscape is threatened rather by fragmentation and synanthropization than the spread of invasive species which is obviously an important symptom of landscape change and degradation of biodiversity, though not the reason. In order to control the invasive spread, from the point of view of nature conservation, it is more important to curtail the role of factors driving the landscape change, to control the degradation of native vegetation types and to maintain the open landscapes by managing the agricultural lands and roadsides. The control and eradication of invasive plant species is labour- and time-consuming, costly and often ineffective process. On the other hand, the restoration of grasslands and other agricultural lands might be considerably cumbered by large abundance of invasive neophytes, thus preventive actions are needed to control the invasive spread in the early spreading phases. Doubtless, the role of invasive neophytes should be taken into account in planning the conservation of regional- and local-scale diversity of native species and communities. In order to avoid wasting of financial resources in controlling 'neutral' non-native plant species or trying to eradicate well-naturalized, wide-spread species on late invasion phases, the control actions must be timely and ecologically and economically grounded integrating the best science-based approaches.

The risk assessment schemes for assessment of potential risks of introduced species has been worked out and applied in many countries throughout the world (e.g. ALARM, www.alarmproject.net.ufz.de). Over the 20th century in Latvia, several problematic invasive neophytes were intentionally introduced, cultivated and popularized as valuable forage crops or ornamentals. Many of them did not ever became popular in Latvia, therefore are found in wild rarely. The naturalization and overwhelming spread of several non-native, intentionally introduced species and the ongoing expansion of native and non-native ruderal species is largely related to the lack of timely assessment of the potential invasivity as well as the reflection of economical changes in the landscape.

Comparison of the neophyte distribution in Latvia and Europe

Invasive neophytes are spreading throughout Europe, however, in Latvia the the spread of many currently widespread neophytes began later than in Central and West Europe. This fact is related to the time and frequency of introduction as well as to the spatial distribution of introduction sites and their density. Generally, in North Europe and the Baltic region the period of naturalization of introduced species is longer than in the rest of temperate Europe, which is, most seemingly, related to colder climate conditions. In the latent period or lag phase the introduced species occurs in wild, nevertheless it is rare (Pyšek, Prach, 1995; Parker, 2001). Comparing the cumulative number of several neophyte species over the last two centuries in Latvia (Table 2) and in Central and West Europe (Perrins et al., 1993; Pyšek, Prach, 1993, 1995; Vasic, 2005; Essl, 2007) in both cases an upward trendline was found. Respectively, after undergoing the lag phase the majority of common invasive neophytes move to invasive phase.

Many widespread invasive plant species such as *Impatiens glandulifera*, *I. parviflora*, *Elodea canadensis*, *Solidago canadensis*, *S. gigantea*, *Echinocystis lobata* etc. are common for both Latvia and other countries of temperate Europe, whereas several adventive species widespread in Latvia, e.g. *Bunias orientalis* and *Rumex confertus* are rare or absent in Central and West Europe. Since many of them originate in East Europe and/or West Asia, they migrate to the west. The adventives are predominantly spreading along roads and railways, and Latvia is one of the transit regions crossed by their westward migration routes.

The highest invasion rates in Europe including the geographically and climatically similar Central Europe are characteristic for agricultural lands, urban and industrial areas, while the lowest rates are related to natural grassland and forest habitats, and xerophytic and alpine vegetation types (Chytrý et al., 2008b; Lambdon et al., 2008). Though there are considerable differences in the invasion level in Central and North Europe determined by the species introduction time, the dissimilarities might be largely defined the proportion of anthropogenically disturbed and natural habitats, respectively, the land cover in Central Europe is more formed by human-made landscape structures and habitats than in the Baltic and North European regions, therefore the number of neophytes and the invasion rate in Latvia is lower than Central Europe.

In Latvia, no analysis of the distribution of all neophytes present in Latvia is done, nevertheless, the structure of habitats invaded by the studied 14 neophytes prove that the situation is similar to the rest of temperate Europe (Fig. 5). Majority of localities of invasive neophytes concentrate in the surroundings of donor areas – predominantly urban areas, and transportation networks, while large massifs of agricultural lands are presently relatively slightly invaded. In few cases neophytes and neophyte communities were found in natural habitats, e.g. dry grasslands or slopes with mineral-rich springs. Neophytes were not found in natural bogs and fens, they were rarely found in undisturbed forest habitats.

The habitat invasibility in Latvia concerning various species is different. Roadsides, cultivated grasslands, fallows and overgrown natural grasslands, ruderal sites and waste grounds are the most susceptible to non-native plant invasions, while the proportion of other habitat types is insignificant except riparian habitats which are invaded rather frequently. Disturbance regime can play a key role in creating opportunities for invading species (Faliński, 1998; Chytrý et al., 2008a). Hereto, the presence of potential donor areas and migration routes might have a crucial role.

Chytrý et al. (2008b) mentioned that in the Czech Republic there are some habitat types which occur in areas with intermediate to high propagule pressure but contain relatively low proportions of non-natives. The reasons are related to the habitat resistance and naturalness. The regional distinctions are, to a great extent, related to the differences in introduction and naturalization time in Central and West European and North and East European regions. In most cases, the introduction and naturalization of non-native species was earlier in Central and West Europe than in North and East Europe, thus in Latvia several common invaders typical for Central Europe are rare, in spite of potentially suitable habitats are more widespread than the actual distribution of the species. The absence of invasive species in many locations with suitable conditions is predominantly determined by the absence of donor areas in large forest and wetland massifs with

low density of settlements. In Latvia, the relatively larger proportion of natural and anthropogenically disturbed habitats and lower population density than in Central and West Europe is the main reason for comparatively lower invasion level. Perhaps for some species the role of limiting climatic factors might be crucial, e.g. in a case of *Reynoutria* sp. which are not fully naturalized though introduced both in Central Europe and Latvia around the mid 19th century. In Latvia, except very few cases *Reynoutria* sp. spread only in dumps of garden waste and the vicinity of gardens and parks, while in Central Europe both *Reynoutria* sp. are found not only in ruderal sites, but also successfully invade the river banks.

Neophyte communities

Neophytes form new plant communities for Latvia being different from the local ones by species composition and structure. The neophyte communities are species-poor, commonly with unstable species composition. The described herbaceous neophyte communities belong to phytosociologically unsaturated communities, which are hardly distinguishable on the association level. Often they lack species characteristic for higher or lower taxonomical levels, therefore they are classified under the highest syntaxons on a class, order or alliance levels as derivative communities.

Similarly to the neophyte communities described in Central Europe (Mucina et al., 1993; Oberdorfer, 1993; Pott, 1995), the neophyte communities in Latvia are largely monodominant. The dominating neophyte species are accompanied by nitrophilous tall herbs from Galio-Urticetea and Artemisietea vulgaris, and grassland species from Molinio-Arrhenatheretea, rarely from Festuco-Brometea or Trifolio-Geranietea phytosociological classes. The constancy of species and, consequently, the typicality of the species for the particular community are influenced by the number of analyzed relevés and condition on the selected sites for the description of vegetation.

The neophyte communities in Latvia are characteristic with high species variability, well pronounced dominance of one species and small number of accompanying species with low cover. The upper vegetation layer is dominated by the neophyte (rarely more than one neophyte species), while the accompanying species are found in one or two undergrowth layers.

Most commonly, the neophytes colonize ruderal plant communities, sometimes they may occur in natural plant communities as well, though in the last case they do not affect the structure of invaded community, therefore a distinct plant community may not be separated. The stability and constancy of the species composition and structure in a neophyte community is, to a great extent, determined by the introduction time and naturalization degree of the particular species. The earlier the species arrived, the larger is the probability for a neophyte to become widespread and invasive (Pyšek, Prach, 2005). In most cases, the neophytes which had run wild comparatively recently have not found their suitable ecological niche within the new distribution range and therefore might be found in contrastingly different conditions (e.g. the recently naturalized invader *Solidago gigantea* in Latvia is being found both in moist, flooded sites and dry, sandy, human-disturbed grasslands and roadsides). Consequently, the adaptability to various, contrasting growing conditions strongly influences the stability and variability of the composition of the accompanying species, thus the communities are classified as derivative communities. On a contrary, the well-naturalized neophytes are more or fully acclimatized, the growing conditions are less variable, and the species may be found not only in ruderal sites, but also in semi-natural or even natural habitats, e.g. in tall herb riparian communities on river banks. The composition of the latter neophyte communities is more stable with higher constancies or accompanying species (e.g. in *Petasites hybridus* and *Impatiens glandulifera* communities).

The syntaxonomical structure of described plant communities:

Cl. Galio–Urticetea

DC. *Solidago canadensis*

O. Calystegietalia sepium

DC. *Aster salignus*

DC. *Echinocystis lobata*

DC. *Impatiens glandulifera*, var. *Phragmites australis*

DC. *Impatiens glandulifera*, var. *Aegopodium podagraria*

DC. *Solidago canadensis*

O. Glechometalia hederaceae

All. *Aegopodium podagrariae*

DC. *Aster salignus*

DC. *Heracleum sosnowskyi*

DC. *Lupinus polyphyllus*

DC. *Petasites hybridus*

Cl. Artemisietea vulgaris

DC. *Bunias orientalis*

DC. *Helianthus tuberosus*

DC. *Solidago canadensis*

DC. *Solidago gigantea*

Cl. Molinio–Arrhenatheretea

DC. *Rumex confertus*

O. Arrhenatheretalia elatioris

DC. *Bunias orientalis*

Cl. Festuco–Brometea

DC. *Lupinus polyphyllus*

In the DCA analysis, the neophyte communities are well-differentiated by ecological conditions. The distribution of relevés within the ordination space is explained by DCA Axis 1 with eigenvalue 0.58, DCA Axis 2 and DCA Axis 3 with eigenvalues 0.33 in both cases. Among the calculated mean Ellenberg's indicator values moisture and nitrogen appear as the major gradients grouping the neophyte communities into two large groups distinguished by the Axis 1 (Fig. 8). The correlation coefficient among the three DCA axis and the mean Ellenberg's values was statistically significant (0.62) only for moisture (Table 5).

Table 5 Correlations between DCA axis and environmental parameters (Ellenberg's values).

Parameter	DCA Axis 1	DCA Axis 2	DCA Axis 3
Light (L)	-0.38	-0.08	-0.19
Temperature (T)	0.09	0.19	-0.37
Continentality (C)	-0.21	-0.2	-0.25
Moisture (M)	0.62	-0.11	0.11
pH	0.3	0.05	0.02
Nutrients (N)	0.59	0.3	-0.02

In order to characterize the ecology of neophyte communities, mean Ellenberg's values were calculated for each relevé (Table 6). *Lupinus polyphyllus* communities belonging to Festuco-Brometea class occur both on nutrient-poor, dry soils, while poor soils slightly moister and richer

in nutrients are characteristic for *L. polyphyllus* communities belonging to the alliance Aegopodion as well as several relevés with *Solidago gigantea*, *S. canadensis*, *Bunias orientalis* and *Rumex confertus*.

Majority of described neophyte communities typically occur on moderately nutrient-rich, moderately moist soils (*Helianthus tuberosus*, *Rumex confertus*, *Aster salignus*, *Solidago canadensis*, some relevés from *Solidago gigantea* and *Aster salignus* communities), while *Heracleum sosnowskyi* communities commonly prefer moderately moist, rich soils. Nitrophilous tall herb communities with *Impatiens glandulifera*, *Petasites hybridus*, *Echinocystis lobata* and *Aster salignus* are found on moist, nutrient-rich soils.

Table 6 Mean Ellenberg's values for neophyte species groups.

Plant communities	Ellenberg's values*					
	L	T	C	M	R	N
<i>Aster salignus</i> communities	6.7	5.8	4.7	6.0	7.0	6.8
<i>Bunias orientalis</i> communities	7.0	5.7	4.7	5.1	7.1	6.2
<i>Echinocystis lobata</i> communities	6.9	6.2	4.2	6.5	7.4	7.6
<i>Helianthus tuberosus</i> communities	7.2	6.1	4.2	5.5	6.8	6.8
<i>Heracleum sosnowskyi</i> communities	6.6	5.7	3.8	5.8	6.7	6.9
<i>Impatiens glandulifera</i> communities	6.3	5.8	3.8	6.2	7.0	6.9
<i>Lupinus polyphyllus</i> communities	6.81	5.4	4.1	5.1	6.0	5.8
<i>Petasites hybridus</i> communities	6.6	5.1	3.5	6.8	7.0	7.0
<i>Rumex confertus</i> communities	6.9	4.7	4.2	5.4	6.9	6.6
<i>Solidago canadensis</i> communities	7.1	5.5	4.5	5.4	6.5	6.1
<i>Solidago gigantea</i> communities	7.2	5.6	5	5.2	6.5	6.1

* See the abbreviations in Table 5.

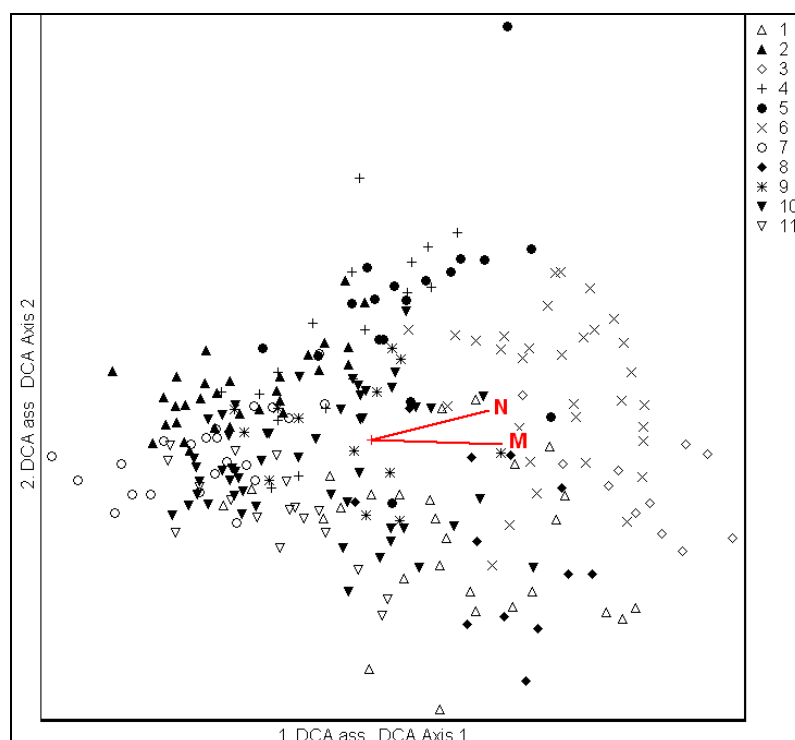


Figure 8 DCA ordination of relevés (total number = 252), the gradients are defined by mean Ellenberg's values for each relevé. N – nitrogen, M – moisture.

Symbols in the figure: 1 – *Aster salignus*, 2 – *Bunias orientalis*, 3 – *Echinocystis lobata*, 4 – *Helianthus tuberosus*, 5 – *Heracleum sosnowskyi*, 6 – *Impatiens glandulifera*, 7 – *Lupinus polyphyllus*, 8 – *Petasites hybridus*, 9 – *Rumex confertus*, 10 – *Solidago canadensis*, 11 – *Solidago gigantea*.

Impacts of neophyte species on the invaded communities

In order to assess the impact of neophytes on the invaded native plant communities, Pearson correlation between the total number of species per relevé and the cover of dominating neophyte species in each species group was calculated. Additionally, for each species group dominated by a particular neophyte species, Shannon's diversity index and evenness were calculated. Statistically significant negative correlation was found between the cover of several grassland invaders and the total number of species per relevé, suggesting that the presence of neophytes and their large abundance, in many cases, negatively affects the species diversity and the structure of grassland vegetation. Almost in all cases, correlating the total number of species and the cover of dominating invader, medium strong correlation (0.33-0.66) was found (Table 7). The strongest relation was found for *Solidago canadensis*, *Lupinus polyphyllus* and *Echinocystis lobata* communities, suggesting that the large cover of the particular neophyte negatively affects the diversity of native species and their covers. It is particularly relevant to invaded grassland communities which are initially the richest in species among the described communities. On a course of natural succession and degradation of grassland vegetation structure and species composition, either natural grasslands can be potentially invaded. Most probably, the invasion of neophytes indicates the ruderalization and decline of native diversity. Nevertheless, the establishment of neophytes itself does not unambiguously mean a negative impact on biodiversity, since a similar effect – decline of native species diversity and abundance on expense of one or few species – can be caused by native tall herb ruderal species. The expansion of both native and non-native expansive/invasive species is a simultaneous process indicating degradation of ecologically specific plant communities and the characteristic native plant communities. Hereto, the analysis did not show the process in long-term perspective which might display different results. In this case, the impacts of invaders are not objectively separatable from other biotic and abiotic factors.

Very low correlation coefficients were found in *Heracleum sosnowskyi* and *Petasites hybridus* communities, which except recently invaded sites are typically monodominant with very poor composition of accompanying species. Unambiguously, both species significantly transform the invaded plant community.

Table 7 Correlation coefficients and mean diversity indices for relevé groups.

Plant community	Correlation between the total species number and the cover of the dominating neophyte species	Mean species richness	Shanon index	Evenness
<i>Aster salignus</i> communities	-0.34*	7.1	0.75	0.39
<i>Bunias orientalis</i> communities	-0.31*	10.8	1.60	0.67
<i>Echinocystis lobata</i> communities	-0.53*	5.7	1.14	0.68
<i>Helianthus tuberosus</i> communities	-0.49*	6.2	0.90	0.48
<i>Heracleum sosnowskyi</i> communities	0.07	7.3	0.68	0.35
<i>Impatiens glandulifera</i> communities	-0.33*	6.7	0.90	0.48
<i>Lupinus polyphyllus</i> communities	-0.60**	12.5	1.72	0.68
<i>Petasites hybridus</i> communities	-0.003	5.7	0.70	0.42
<i>Rumex confertus</i> communities	-0.37*	9.5	1.38	0.62
<i>Solidago canadensis</i> communities	-0.63**	10.1	1.30	0.57
<i>Solidago gigantea</i> communities	-0.36*	7.3	0.75	0.38

Correlation is significant at * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$

The largest number of species occurs in 'neophyte grassland communities' – communities with *Bunias orientalis*, *Lupinus polyphyllus*, *Rumex confertus* and *Solidago canadensis*, mostly

because the composition of invaded communities is initially more diverse and species-richer than that of ruderal sites, roadsides and banks of rivers.

The largest proportion of species found in the relevés are common and widespread throughout the country. Nitrophilous tall herbs and grasses are the most common the comparatively high constancy. Ecologically tolerant grassland species frequently found in grasslands, weedy sites, roadsides, fallows and ruderalized forest understory are among the most common accompanying species in the neophyte communities.

Though the grassland species are the most frequent, native species characteristic for specific ecological conditions and natural grasslands only (so called indicator species of natural grasslands) are very rare in neophyte communities. Rare, endangered species were absent in the relevés. The rarity or absence of common natural grassland species and ecologically intolerant species suggest that natural or semi-natural communities are presently invaded rarely.

In comparison to anthropogenic nitrophilous vegetation, the semi-natural tall herb communities, e.g. riparian tall herb fringe communities are less invaded. The species from segetal communities were found rarely. In some cases, other invasive neophytes were found as co-dominating or accompanying species.

Presently, according to the phytosociological analysis and the character of invaded habitats (predominantly human-disturbed habitats), majority of the neophyte species included in this study do not significantly negatively affect the native species and community diversity in Latvia, though the expansion of non-native invasive plants itself indicates the degradation of native vegetation. Nevertheless, I must emphasize that the study included limited number of neophyte communities and relevés, therefore the results cannot be generalized and the extrapolated to all non-native plants present in Latvia. Additional studies of various vegetation types on different invasion phases as well as application of long-term monitoring would give more feasible results on the impacts on invasive species at local and regional scales.

Albeit the impacts of neophytes are widely acknowledged as negative, particularly their negative effects on rare, endangered plant species (McKinney, Lockwood, 1999; Anon., 2002; Anon, 2003), in Latvia there are no cases documented, when an invasive species would have caused extinction of native, ecologically intolerant or rare plant species. According to my own field experience, neophytes have rarely invaded localities of rare grassland species, however, the habitats were degraded due to natural succession and their status was not favourable for existence of the particular native species. In my opinion, the native vegetation and species can be significantly negatively affected by expansion of *Heracleum sosnowskyi*, while the other species studied are rarely found in natural habitats. Nevertheless, one must bear in mind that the increasing number of neophyte localities means increasing number of new donor areas, promoting their spread into new territories including natural and semi-natural vegetation types.

Large proportion of natural and semi-natural communities invaded by neophytes are affected by human impacts or formed as a result of regular management (e.g. grassland communities) and later on degraded on a course of natural succession. The decline of native species diversity is caused also by natural degradation of plant communities or changes in the site conditions, therefore the role of newly established neophytes is similar to that of native ruderal species (Meiners et al., 2001; Thiele, Otte, 2007). Maskell et al. (2006) compared the phytosociological data from two periods in Great Britain and likewise concluded that neophytes are symptoms of disturbance and land-use change rather than a direct threat to biodiversity.

As a result of natural succession and competitive pressure, many neophyte species specialize to conditions suitable for their growth, which is suggested by the invaded habitat structure as well (Fig. 5). The invasivity of a particular neophyte species depends on the susceptibility and properties and naturalness of habitat, thus allowing an overwhelming dominance or status of an accompanying species of the neophyte(s) in the invaded community. In some cases, large areas are dominated by invasive neophyte(s), however, mostly sites under various levels of disturbance such as abandoned waste grounds, fallows, roadsides and railway verges, and river banks in urban areas with low native species diversity are excessively colonized by non-native invaders.

As an exception, *Heracleum sosnowskyi* have noticeable effect both either natural or human-disturbed habitats in various ecological conditions modifying the native communities of natural

grasslands and riparian communities. Due to its large biomass, high stem and large leaves it creates shading inducing rapid decline of native plants. Similar effects are observed in *Petasites hybridus* communities. The plant with its large leaves create shaded environment unsuitable for light-demanding species, and, additionally, the decomposition of its biomass significantly enriches the soil transforming the substrate conditions. Comparing both neophyte species, the effect on native invaded communities is somewhat similar, but, unlikely to *H. sosnowskyi*, *P. hybridus* invades almost only the vicinity of the plantings spreading only vegetatively, while *H. sosnowskyi* spreads both vegetatively and generatively which has insured its enormous invasion success.

The spread of invasive neophytes and their impacts in dune ecosystems and species-poor, natural habitats are likely to be different due to the dynamic, extreme environment with large number of vacant ecological niches and available resources that might result in overwhelming spread of some invasive neophytes with negative impacts on native flora and the structure and composition of invaded plant communities (Rudzīte, 2008; Isermann et al., 2007; Isermann, 2008). Nevertheless, the resistance to the expansion of neophytes in a dune as well as in other types of ecosystems is strongly influenced by its naturalness and level of anthropogenic pressure.

CONCLUSIONS

1. The peculiarities of the distribution and frequency of particular invasive neophytes in Latvia are determined by the similarity of the native habitats to those in the introduced range, dispersal mode and ecology as well as historical and socio-economical factors causing transformation of landscape and biota. On a country-scale, no well-pronounced regional distribution peculiarities influenced by natural physiogeographical factors were found for most of the studied invasive naturalized ornamentals. Different abundance of localities in the east-west direction was found for some adventive species which is related to their immigration from the east and the spreading rate. The distribution of neophytes is predominantly determined by anthropogenic rather than natural factors, hence the regional distribution peculiarities, if any, are defined by the spatial pattern of the propagule sources, the connectivity of donor areas and suitability of habitats.
2. The landscape structure of the model areas largely represent the overall situation in Latvia, thus the results of the analysis of the neophyte distribution in model areas is applicable for similar areas and allows predicting the invasive spread in the future. On a great extent, the composition and dynamics of the neophyte flora in the model areas reflects the popularity of certain garden ornamentals over different periods of time. The distribution pattern is tightly related to the suitability to habitats and migration corridors.
3. On a country-scale, the total number of neophytes has exponentially increased over all the period of time since the 18th century. Similar relation was found for the studied 14 neophyte species – since their naturalization in Latvia, the number of localities has rapidly increased. As presented by the analysis of the neophyte dynamics in both model areas, the total number of neophyte species has significantly increased over the last decades, mainly on the expense of wide-spread, highly invasive species, while comparatively few non-invasive, rare adventive species have vanished.
4. In most cases, no relation between the time of introduction and the current distribution for particular species was found indicating that the dispersal mode, migration routes and vectors as well as the density and connectivity of propagule sources (donor areas) play the major role in invasive spread in Latvia.
5. Disturbed and anthropogenically modified habitats, particularly in urban areas, settlements and their surroundings, on roadsides and railway verges, abandoned waste grounds and weedy sites, riparian habitats in the vicinity of the settlements are the most invaded ones. The invasion level is tightly related to the vicinity of donor areas, availability of ecological niches and anthropogenically disturbed habitats.
6. Presently and potentially, the most considerable pressure of invasive species to natural habitats was found along the migration corridors (roads, railways, and rivers). Few localities of neophytes were found in natural grasslands; neophytes were absent or very rare in natural wetlands and forests suggesting that currently the natural habitats including habitats and plant species under protection are not threatened by non-native invasions. Nevertheless, the negative impacts might appear in the future by growing number of neophyte localities and abundance. In combination with the degradation and homogenization of the regionally typical plant communities, the susceptibility of natural habitats to establishment of non-native plants increases. Presently, the most susceptible to neophyte invasions are the tall herb fringe communities in riparian habitats, floodland meadows, moderately moist meadows, and different types of dry and moderately rich forests, especially those bordering with the migration corridors and settlements.
7. The rate of invasive spread increases by growing number of localities (donor areas) and proportion of suitable habitats. The process is favoured not only by anthropogenically disturbed landscape structures and urbanization, but also the land use changes. Large proportion of the wide-spread invasive neophytes are found on roadsides, fallows and abandoned grasslands suggesting that the abandonment and lack of land management are very important drivers of increasing invasion level and rate.

8. Invasive neophytes form new, dynamic plant communities distinct from the native ones. The invasive neophytes have invaded various plant communities and ecological niches, though mostly ruderal, regularly disturbed communities. Besides few fully naturalized non-native species, majority of invasive neophytes form highly dynamic, unsaturated communities with variable species composition and may occur in different, rather contradictory situations. By time, the establishment and increasing abundance of non-native populations might negatively affect the composition and structure of native communities. Overall, the enrichment of native flora with the neophyte species is a symptom of changing biota and transformation of landscape as a results of anthropogenic pressure.
9. In planning and implementation of native biodiversity, the neophyte invasions should be considered as potential threat to native species and communities. Nevertheless, since the invasion process is tightly related to the large-scale changes in landscape structure and land use intensity, the problem cannot be simplified. In order to control the potential negative effects of neophyte spread, the actions must prevent introductions of new invasive plants by implementing risk assessment systems. A functioning early warning system helps to eradicate potentially invasive species in their early invasion phases. Timely and regular control of invasive neophytes might considerably improve the effectiveness of actions with lower financial and labour investments.

REFERENCES

- ALARM - Assessing large scale risks for biodiversity with tested methods, <http://www.alarmproject.net/> (viewed in 23.05.2008.).
- Anon. (1992) Convention on Biological Diversity. Rio de Janeiro, <http://www.biodiv.org> (viewed in 10.03.2006.).
- Anon. (2002) COP 6, Decision VI/23, The Hague, 7 - 19 April 2002 - Alien species that threaten ecosystems, habitats or species. Convention on biological diversity, <http://www.cbd.int/> viewed in 10.03.2007.).
- Anon. (2002c) Ķemeru nacionālā parka dabas aizsardzības plāns. CarlBro, Rīga.
- Anon. (2003) European strategy on invasive alien species. Council of Europe, Strasbourg.
- Anon. (2006) Sabiedriskais monitorings. Latvāņi. Ziemeļvidzemes Biosfēras rezervāts, <http://www.biosfera.lv> (viewed in 20.10.2007.).
- Anon. (2008) Latvijas Republikas zemes pārskats uz 2008. gada 1. janvāri. Valsts Zemes dienests, <http://www.vzd.gov.lv> (viewed in 20.11.2008.).
- Berling, D. J., Perrins, J. M. (1993) *Impatiens glandulifera* Royle (*Impatiens roylei* Walp.). Journal of Ecology 81: 367-382.
- Borhidi, A. (2003) Magyarország növényártársulási. Akadémiai Kiadó, Budapest, 610 pp.
- Cepurīte, B. (2008) Latvijas vaskulāro augu flora 10. Kaķastu dzimta (Amaranthaceae), magoņu dzimta (Papaveraceae), matuzāļu dzimta (Fumariaceae), vējmietīņu dzimta (Lythraceae), drudzeņu dzimta (Gentianaceae), puplakšu dzimta (Menyanthaceae), viju dzimta (Cuscutaceae). Rīga, Latvijas Universitātes Bioloģijas institūts, Rīga.
- Cepurīte, B. (2006) Latvijas vaskulāro augu flora 8. Lūpzīžu dzimta (Labiatae). Latvijas Universitātes Bioloģijas institūts, Rīga, 122 lpp.
- Chytrý, M., Jarošík, V., Pyšek, P., Hájek, O., Knollová, I., Tichý, L., Danihelka, J. (2008a) Separating habitat invasibility by alien plants from the actual level of invasion. Ecology 89: 1541-1553.
- Chytrý, M., Pyšek, P., Wild, J., Pino, J., Maskell, L.C., Vilá, M. (2008b) European map of alien plant invasions based on the quantitative assessment across habitats. Diversity and Distributions 14: 839-851.
- DAISIE - Delivering Alien Invasive Species Inventories for Europe. <http://www.europe-aliens.org/> (viewed in 10.02.2009.).
- Dierschke, H. (1994) Pflanzensoziologie: Grundlagen und Methoden. Stuttgart, Ulmer, 322-326. S.
- Dukes, J. S., Mooney, H. A. (1999) Does global change increase the success of biological invasions? Tree 14(4): 135-139.
- Ellenberg, H., Ruprecht, D., Volkmar, W., Willy, W., Dirk, P. (1992) Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. Scripta Geobotanica 18, 258 S.
- Essl, F. (2007) From ornamental to detrimental? The incipient invasion of Central Europe by *Pawlonia tomentosa*. Preslia 79: 377-389.
- Faliński, J. (1998) Invasive alien plants, vegetation dynamics and neophytism. Phytocoenosis 10: 12-17.
- Fischer, J.B. (1778) Versuch einer Naturgeschichte von Livland. Leipzig, 305 S.
- FloraWeb - Daten und Informationen zu Wildpflanzen und zur Vegetation Deutschlands. Bundesamt für Naturschutz. <http://www.floraweb.de> (viewed in 10.02.2009.).
- Galenieks, P. (red.) (1953-1959) Latvijas PSR flora. Rīga, Latvijas Valsts izdevniecība.
- Gavrilova, G., Šulcs, V. (1999) Latvijas vaskulāro augu flora. Taksonu saraksts. Latvijas Akadēmiskā bibliotēka, Rīga, 136 lpp.
- Gavrilova, G., Krampis, I., Laiviņš, M. (2005) Engures ezera dabas parka floras atlants. Latvijas veģētācija 10, 229 lpp.
- gefundene seltene Adventivpflanzen. Korrespondenzblatt des Naturforscher-Vereins uz Riga 49: 127-128.
- Grindel, D. H. (1803) Botanisches Taschenbuch für Liv-, Cur- und Ehstland. C.I.G.Hartmann, Riga, 373 S.
- Hennekens, S.M. (1995) TURBO(VEG). Software package for input, processing and presentation of phytosociological data. User's guide. Wageningen/Lancaster.
- Hill, M.O. & Šmilauer, P. (2005) TWINSPAN for Windows version 2.3. Centre for Ecology and Hydrology & University of South Bohemia, Huntingdon & České Budějovice.
- Hobbs, R.J. (2000) Land-use changes and invasions. In: Mooney, H.A., Hobbs, R.J. (eds.) 2000. Invasive species in a changing world. Island Press, Washington, D.C., pp. 55-64.
- Isermann, M. (2008) Classification and habitat characteristics of plant communities invaded by the non-native *Rosa rugosa* Thunb. in NW Europe. In: Chytrý, M. (ed.) 17th International workshop European Vegetation Survey: Using phytosociological data to address ecological questions, Masaryk University, Brno, pp. 58.
- Isermann, M., Diekmann, M., Heemann, S. (2007) Effects of the expansion by *Hippophaë rhamnoides* on plant species richness in coastal dunes. Applied Vegetation Science 10: 33-42.

- Kangur, M., Kotta, J., Kukk, T., Kull, T., Lilleleht, V., Luig, J., Ojaver, H., Paaver, T., Vetemaa, M. (2005) Invasiivsed võõrliigid Eestis. Keskkonnaministeerium, Tallinn, pp. 24-25.
- Klinge, J. (1887) *Bunias orientalis* L., die Zackenschote. Baltische Wochenschrift für Landwirtschaft, Gewerbe und Handel, Jg. 25, 24:249-251; 25:257-260; 26: 266-268.
- Kopecký, K., Hejný, S. (1974) A new approach to the classification of anthropogenic plant communities. *Vegetatio* 29: 17-20.
- Kupffer, K. R., Lackschewitz, P. (1904) Kleine Notizen. Korrespondenzblatt des Naturforscher-Vereins zu Riga 47: 126-150.
- Kupffer, K.R. (1922) Der Einfluss des Weltkrieges auf die Pflanzenwelt bei Riga. Arbeiten des Naturforscher-Vereins zu Riga. Neue Folge Heft 14: 1-25.
- Kupffer, K.R. (1934) Floristische und kritische Notizen über ostbaltische Pflanzen. Korrespondenzblatt des Naturforscher-Vereins zu Riga 61: 199-225.
- Laiviņš M., Mangale D. (2005) Retas rudērālās un meža augu sabiedrības Alūksnes un Hānjas augstienē. Ziemeļaustrumlatvijas daba un cilvēki reģionālā skatījumā. Latvijas Ģeogrāfijas biedrības reģionālā konference, 142.-164. lpp.
- Laiviņš, M. (1998) Latvijas boreālo priežu mežu sinantropizācija un eitrofikācija. *Latvijas Veģetācija* 1, 137 lpp.
- Laiviņš, M. (2003) Invasive plant species *Reynoutria japonica* and *R. sachalinensis* in Latvia. *Latvijas Universitātes Raksti* 654: 137-153.
- Laiviņš, M. (2008) *Sorbaria sorbifolia* (L.) A.Br. naturalizēšanās Latvijā. *Latvijas veģetācija* 16: 45-60.
- Laiviņš, M., Bice, M., Šulcs, V., Krampis, I., Šmaukstelis, E., Zariņš, J., Sončika, K., Eņģele, L., Medene, A. (2007) Latvijas dendroflora: taksonu dažādība un transformācijas prognozes. *Latvijas Universitātes Bioloģijas institūts, Salaspils*, 16.-21. lpp.
- Laiviņš, M., Gavrilova, Ģ. (2003) Neofītās Sosnovska latvāņa *Heracleum sosnowskyi* sabiedrības Latvijā. *Latvijas veģetācija* 7: 45-65.
- Laiviņš, M., Jermacāne, S. (1999) Neofītās laimiņu (*Sedum* L.) un dievkrēsliņu (*Euphorbia* L.) sabiedrības Latvijā. *Latvijas Veģetācija* 2: 7-28.
- Laiviņš, M., Jermacāne, S. (2001) Latvijā aprakstīto augu sabiedrību sintaksonu saraksts. *Latvijas Veģetācija* 4: 115-132.
- Laiviņš, M., Krampis, I. (2004) Jauna augu un dzīvnieku atradņu kartēšanas sistēma Latvijā. *Latvijas Universitātes 62. zinātniskā konference. Ģeogrāfija, Ģeoloģija, Vides zinātnes, Latvijas Universitāte, Rīga*, 82.-83.lpp.
- Laiviņš, M., Priede, A., Krampis, I. (2006) Distribution of *Bunias orientalis* in Latvia. *Botanica Lithuanica* 12(2): 69-77.
- Lambdon, P.W., Pyšek, P., Basnou, C., Hejda, M., Arianoutsou, M., Essl, F., Jarošík, V., Pergl, J., Winter, M., Anastasiu, P., Andriopoulos, P., BAZos, I., Brundu, G., Grapow-Celesti, L., Delipetrou, P., Josefsson, M., Kark, S., Klotz, S., Kokkoris, Y., Kühn, I., Merchante, H., Perglova, I., Pino, J., Monserrat, V., Zios, A., Roy, D., Hulme, P.E. (2008) Alien flora of Europe: species diversity, temporal trends, geographical patterns and research needs. *Preslia* 80: 101-149.
- Lange, V., Mauriņš, A., Zvirzds, A. (1978) *Dendroloģija*. Rīga, Zvaigzne, 34 lpp.
- Lehmann, E. (1895) *Flora von Polnisch-Livland mit besonderer Berücksichtigung der Florengebiete Nordwestrusslands, des Ostbalticums, der Gouvernements Pskow und St. Petersburg*. Jurjew (Dorpat), 430 pp.
- Lodge, D.M., Schrader-Frechette, K. (2003) Nonindigenous species: ecological explanation, environmental ethics, and public policy. *Conservation Biology* 17 (1): 31-37.
- Malta, N. (1934) Ienācēji Latvijas florā. *Sējējs* 10: 1049-1051.
- Maskell, L.C., Firbank, L.G., Thompson, K., Bullock, J.M., Smart, S.M. (2006) Interactions between non-native plant species and the floristic composition of common habitats. *Journal of Ecology* 94(6): 1052-1060.
- McCune, B., Mefford. (1999) *Multivariate analysis on the PC-ORD system. Version 4*. MjM Software, Gleneden Beach, Oregon, U.S.A.
- McKinney, M.L., Lockwood, J.L. (1999) Biotic homogenization: a few winners replacing many losers in the next mass extinction. *Tree* 14(11): 450-454.
- Meiners, S.J., Pickett, S.T.A., Cadenasso, M.L. (2001) Effects of plant invasions on the species richness of abandoned agricultural land. *Ecography* 24: 633-644.
- Mucina, L., Grabherr, G., Ellmauer, G. (Hrsg.) (1993) *Die Pflanzengesellschaften Österreichs. Teil I. Anthropogene Vegetation*. G.Fischer Verlag, Jena.
- Mühlenbach, V. (1934) *Botanische Beobachtungen auf den Güterbahnhofen der Rigaer Eisenbahnknotenpunktes*. Korrespondenzblatt des Naturforscher-Vereins zu Riga 61: 81-82.
- NOBANIS - European Network on Invasive Alien Species. <http://www.nobanis.org> (viewed 01.05.2009.).
- Oberdorfer, E. (1993) *Süddeutsche Pflanzengesellschaften*. G. Fischer Verlag, Jena.

- Õöpik, M., Pulk, E. (2008). Breeding programmes making new invasive species : an early warning case of oriental goats' rue (*Galega orientalis*) in Estonia. In: Pyšek, P., Pergl, J. (eds.) Neobiota: towards a synthesis. 5th European Conference on Biological Invasions, Prague (Czech Republic), 23-26. Sept., pp. 186.
- Parker, V. (2001) Listening to the Earth: a call for protection and restoration of habitats. In: McNeely, A. (ed.) The great reshuffling: human dimensions of invasive alien species. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK, pp. 43-54.
- Perrins, J., Fitter, A., Williamson, M. (1993) Population biology and rates of invasion of three introduced *Impatiens* species in British Isles. *Journal of Biogeography* 20: 33-44.
- Pimental, D., Lach, L., Zuniga, R., Morrison, D. (2000) Environmental and economic costs of nonindigenous species in the United States. *BioScience* 50: 53-65.
- Pott, R. (1995) Die Pflanzengesellschaften Deutschlands. 2. Auflage, Stuttgart, Verlag Eugen Ulmer, 622 S.
- Priede, A. (2008) Invazīvo neofītu sugu izplatība Latvijā. *Latvijas Veģetācija* 17, 148 lpp.
- Priede, A. (2009) Factors determining the distribution of *Aronia prunifolia*, an emerging invasive plant species in Latvia. *Acta Universitatis Daugavpiliensis, in press*.
- Prinzig, A., Durka, W., Klotz, S., Brandl, R. (2002) Which species become aliens? *Evolutionary Ecology Research* 4: 385-405.
- Pyšek, P., Jarošík, V. (2005) Residence time determinēs the distribution of alien plants. In: Inderjit (ed.) *Invasive plants: Ecological and agricultural aspects*. Birkhäuser Verlag, Switzerland, pp. 77-96.
- Pyšek, P., Prach, K. (1993) Plant invasions and the role of riparian habitats: a comparison of four species alien to Central Europe. *Journal of Biogeography* 20: 413-420.
- Pyšek, P., Prach, K. (1995) Invasion dynamics of *Impatiens glandulifera* – a century of spreading reconstructed. *Biological Conservation* 74: 41-48.
- Rasa, I., Nikodemus, O. (2008) The influence of land use structural changes on the landscape ecological, aesthetic and cultural-historical values of the Gauja National Park, Latvia. In: Opermanis, O., Whitelaw, G. (eds.) *Economic, social and cultural aspects in biodiversity conservation*, Valmiera, pp. 83-93.
- Rasiņš, A. (1960) Kritiskas piezīmes par Latvijas PSR augstāko augu floras jauniem un maz pazīstamiem taksoniem. *Latvijas PSR veģetācija* 3: 111-147.
- Rejmánek, M., Richardson, D. M., Pyšek, P. (2005) Plant invasions and invasibility of plant communities. In: Van der Maarel E. (ed.) *Vegetation ecology*, p. 332–355, Blackwell Science, Oxford, pp. 332-255.
- Rothert, E. (1915) Die Flora der Rigaer Zentralgüterbahnhofs. *Korrespondenzblatt des Naturforscher-Vereins zu Riga* 62: 79-93.
- Rudzīte, G. (2008) Impact of invasive baby breath on the structure of dune plant communities. In: Opermanis, O., Whitelaw, G. (eds.) *Economic, social and cultural aspects in biodiversity conservation*, Valmiera, pp. 95-106.
- Scherer-Lorenzen, M., Elend, A., Nöllert, S., Schultze, E.D. (2000) Plant invasions in Germany: General aspects and impact of nitrogen deposition. In: Mooney H.A., Hobbs R.J. (eds.) 2000. *Invasive species in a changing world*. Island Press, Washington, D.C., pp. 351-368.
- Schubert, R. (2001) *Prodromus der Pflanzen-Gesellschaften Sachsen-Anhalts*. Mitteilungen zur floristischen Kartierung Sachsen-Anhalt. Botanischer Verein Sachsen-Anhalt.
- Seezen, E.L. (1866) Beitrag zur Flora Kemmerns. *Correspondenzblatt des Naturforschenden Vereins zu Riga* 15(8): 112-122.
- Sukopp, H. (2002) On the early history of urban ecology in Europe. *Preslia* 74: 373-393.
- Svilāns, A. (2004) Invazīvie citzemju koku un krūmu taksoni Nacionālajā botāniskajā dārzā Salaspilī. *Latvijas Universitātes 63. zinātniskā konference. Ģeogrāfija, Ģeoloģija, Vides zinātnes*, Latvijas Universitāte, Rīga, 93.-94. lpp.
- Tērauds, A., Nikodemus, O., Rasa, I. (2008) Analysis of the landscape structure in the North Vidzeme Biosphere Reserve, Latvia. In: Opermanis, O., Whitelaw, G. (eds.) *Economic, social and cultural aspects in biodiversity conservation*, Valmiera, pp. 111-121.
- Thiele, J., Otte, A. (2007) Impact of *Heracleum mantegazzianum* on invaded vegetation and human activities. In: Pyšek, P., Cock, M.J.W., Nentwig, W., Ravn, H.P. (eds.) *Ecology and management of Giant Hogweed (Heracleum mantegazzianum)*. CAB International, pp. 144-156.
- Vasic, O. (2005) *Echinocystis lobata* (Michx) Torrey et A. Gray in Serbia. *Acta Botanica Croatica* 64(2): 369-373.
- Vitousek, P. M., D'Antonio, C. M., Loope, L. L., Rejmánek, M., Westbrooks, R. (1997) Introduced species: a significant component of human-caused global change. *New Zealand Journal of Vegetation* 21(1): 1-16.
- Weber, E., Gut, D. 2004. Assessing the risk of potentially invasive plant species in Central Europe. *Journal of Nature Conservation* 12: 171-179.
- Wiedemann, F. J., Weber, E. (1852) Beschreibung der phanerogamischen Gewäse Esth-, Liv- und Curlands. Reval, 664 S.

- Табака, Л. В., Клявия, Г.Б. (1981) Долина реки Абава. Рига, Зинатне, 131 с.
- Табака, Л., Гаврилова, Г., Фатаре, И. (1988) Флора сосудистых растений Латвийской ССР. Зинатне, Рига, 195 С.
- Шулц, А. А. (1972) Адвентивные растения как засорители агроценозов рудеральных мест в Латвии. Охрана природы в Латвийской ССР. Зинатне, Рига, с. 31-46.
- Шулц, А.А. (1976) Адвентивная флора на территории железнодорожных узлов г. Риге. Ботанический журнал 61: 10, 1445 – 1454.
- Шулц, А.А. (1977) Адвентивная флора города Риги. Ботанический журнал 62: 10, 1513 – 1523.

Scientific publications

- Laiviņš, M., Priede, A., Krampis, I. (2006) Distribution of Turkish warty-cabbage *Bunias orientalis* L. in Latvia. *Botanica Lithuanica* 12 (2): 69-77.
- Priede, A., Laiviņš, M. (2007) Austrumu dižpērkones *Bunias orientalis* L. naturalizācija un fitosocioloģija Latvijā. *Latvijas Veģetācija* 13: 65-79.
- Priede, A. (2008) Invazīvo svešzemju augu sugu izplatība Latvijā. *Latvijas Veģetācija* 17, 148 lpp.
- Priede, A. (2008) Invasive non-native goldenrod *Solidago* species L. in Latvia: current distribution and spreading history. *Proceedings of the Latvian Academy of Sciences* 62 (1/2) (654/655): 20–30.
- Priede, A. (2008) Distribution of some invasive alien plant species in riparian habitats in Latvia. *Botanica Lithuanica* 14(3), 137-150.
- Priede, A. (2009) Dynamics of non-native flora: changes over the last decades in the valley of River Abava. *Acta Universitatis Latviensis*, *in press*.
- Priede, A. (2009) Factors determining the distribution of *Aronia prunifolia*, an emerging invasive plant species in Latvia. *Acta Universitatis Daugavpiliensis*, *in press*.

Participation in international conferences

- Priede, A. (2006) Understanding the status of alien species in Latvia, Environment and World, International Young Researcher's Symposium, Book of Abstracts, pp. 55-56.
- Priede, A. (2006) Role of river corridors in spread of non-native plant species in Latvia, NEOBIOA: From ecology to conservation, 4th European conference on Biological Invasions, Book of Abstracts, pp. 218.
- Laiviņš, M., Priede, A., Krampis, I. (2006) Distribution of *Bunias orientalis* L. in Latvia. European Vegetation Survey, 15th workshop "Vegetation in agricultural landscapes".
- Priede, A. (2007) Tall herb communities in Latvia: a sign of landscape change. European Vegetation Survey, 16th workshop "Change in vegetation".
- Priede, A. (2007) Expansion of the non-native goldenrod species (*Solidago* spp.) in Latvia, Research and conservation of biological diversity in Baltic Region, 4th international conference, Abstract book, pp. 88.
- Priede, A. (2008) What determines the habitat invasibility: an example of *Aronia prunifolia* in Latvia. 17th International Workshop, European Vegetation Survey, Abstract Book, pp. 94.
- Priede, A. (2008) Factors determining the spread of locally invasive shrub *Aronia prunifolia* in Latvia. 22nd Expedition of the Baltic Botanists, Daugavpils, Latvia, Abstract Book, pp. 49.
- Priede, A. (2008) Impact of landscape structure on the distribution of neophytes in Latvia: an example of two areas. NEOBIOA: Towards synthesis, 5th European conference on Biological Invasions, Abstract Book, pp. 100.
- Grīnberga, L., Priede, A. (2009) Invasion of *Elodea canadensis* in Latvia. 5th international conference "Research and conservation of biological diversity in Baltic Region", Daugavpils, Latvia, Abstract Book, pp. 80.

Participation in local conferences

- Priede, A. (2006) Svešzemju augu sugas un to statuss Latvijā. Latvijas Universitātes 64. zinātniskā konference, Ģeogrāfija, Ģeoloģija, Zemes zinātne, Referātu tēzes, 104.-206. lpp.
- Priede, A. (2007) Invazīvas neofītu sugas *Impatiens glandulifera* Royle izplatība un fitosocioloģija Latvijā. Latvijas Universitātes 65. zinātniskā konference, Ģeogrāfija, Ģeoloģija, Zemes zinātne, Referātu tēzes, 88.-89. lpp.
- Priede, A. (2008) Ainavas struktūras nozīme svešzemju augu sugu izplatībā: Abavas ielejas un Ķemeru nacionālā parka piemērs. Latvijas Universitātes 66. zinātniskā konference, Ģeogrāfija, Ģeoloģija, Zemes zinātne, Referātu tēzes, 128.-129. lpp.
- Priede, A. (2008) Lokāli invazīvas sugas *Aronia prunifolia* izplatību limitējošie faktori Latvijā. Latvijas Universitātes 66. zinātniskā konference, Ģeogrāfija, Ģeoloģija, Zemes zinātne, Referātu tēzes, 271.-272. lpp.
- Priede, A. (2009) Invazīvo svešzemju augu sugu izplatība Latvijā. Latvijas Universitātes 67. zinātniskā konference.