

Miško augalijos rūšiø įvairovė ir dirvožemio mikroelementinė sudėtis AB „Akmenės cementas“ aplinkoje

Vida Stravinskienė,
Gintarė Sujetovienė,
Regina Erlickytė

Vytauto Didžiojo universiteto Gamtos mokslø fakulteto Aplinkotyros katedra,
Vileikos g. 8,
LT-44404 Kaunas, Lietuva,
el. paštas v.stravinskiene@gmf.vdu.lt

Straipsnyje aptariama AB „Akmenės cementas“ aplinkoje (0,5; 3,5 ir 5,5 km atstumu nuo gamyklos pavėjine kryptimi išdėstytuose tyrimo objektuose) augančių sumedėjusių augalų, žolių ir samanų rūšių įvairovė, nagrinėjama dirvožemio mikroelementinė sudėtis.

Nustatyta, kad dėl cemento dulkių nusėdimo durpiniuose dirvožemiuose kaupiasi kalcis, kalis ir magnis, didesnis prisotinimo bazėmis laipsnis. Miško paklotėje (iki 7,5 km spinduliu nuo gamyklos) ir durpėje (iki 5,5 km spinduliu nuo gamyklos) randami didesni sieros ir sunkiųjų metalų (chromo, kadmio, švino, nikelio, vario, cinko ir kt.) kiekiai. Tai rodo, kad intensyvios taršos metais dėl cemento dulkių ir pelenų emisijos dirvožemis šarmėjo. Šis procesas nulėmė augalijos dangos rūšinę sudėtį. Arčiausiai gamyklos esančiame tyrimo objekte gausiau išplitę *Corylus avellana* L., *Quercus robur* L., *Frangula alnus* Mill., *Betula pendula* Roth; aptinkamos derlingesniems miško tipams būdingos rūšys: *Rubus idaeus* L., *Rubus caesius* L., *Cirsium oleraceum* (L.) Scop., *Poaceae* genties žolės bei šarmišką ir karbonatinį substratą toleruojančios samanos – *Campylium stellatum* (Hedw.) Lange et C. E. O. Jensen ir *Campylium sommerfeltii* (Myrin) Lange. 3,5 km atstumu nuo gamyklos randama durpiniam mėlyngiriui būdingų samanų – *Hylocomium splendens* (Hedw.) Schimp. ir *Rhytidiadelphus triquetrus* (Hedw.) Warnst. Tolstant nuo gamyklos, gausėja durpiniam mėlyngiriui būdingų rūšių – *Epilobium palustre* L., *Vaccinium myrtillus* L., *Moehringia trinervia* (L.) Clairv. 5,5 km atstumu medyno rūšinė sudėtis bei indikatorinių rūšių gausa artėja prie vidutinių šio tipo bendrijų charakteristikų.

Vidutinis visų augalų rūšių projekcinis padengimas yra 29,1%. Jis kinta nuo $19,6 \pm 0,9$ iki $34,9 \pm 1,3\%$. 47–76% augalijos projekcinio padengimo sudaro žolinių ir sumedėjusių augalų padengimas. Tolstant nuo gamyklos, bendras projekcinis padengimas didėja. Pagal Šenono (H') įvairovės indeksą nustatyta, kad tolstant nuo emisijų šaltinio augalija gausesnė ir tolygesnė.

Raktažodžiai: augalija, cemento gamyklos aplinka, indikatorinės rūšys, dirvožemio mikroelementai

ÁVADAS

Augalijos rūšinė įvairovė yra natūralių ekosistemų funkcionavimo bei stabilumo garantas. Augalų rūšių nykimą skatina vietinio bei regioninio masto įvairių aplinkos komponentų (oro, vandens, dirvožemio ir kt.) tarša. Dėl žemės ūkio chemizavimo, pelkių ir šlapių miškų sausavimo, rekreacijos yra keičiama augalų gyvenamoji aplinka, jų buveinės. Aplinkos tarša neigiamai veikia miško ekosistemas. XX a. 8-ojo dešimtmečio pradžioje miškai pradėjo masiškai džiūti Vakarų Europos pramoniniuose rajonuose. Lietuvo-

je technogeninės taršos pažeistų miškų židiniai susidarė prie stambių pramonės ir energetikos centrų – AB „Achema“, AB „Akmenės cementas“, AB „Lifosa“, Lietuvos elektrinės, AB „Mažeikių nafta“. Tai rodo, kad Lietuvoje dėl technogeninės taršos ekosistemų pokyčiai yra vietinio pobūdžio. Todėl neatitiktinai Lietuvos Respublikos Aplinkos monitoringo įstatyme (1997 m.) nurodyta, kad prie intensyvios taršos šaltinių turi būti pastoviai atliekamas vietinis monitoringas, įgalinantis susieti oro kokybės, miško dirvožemių būklės bei augalijos rūšinės įvairovės tyrimus. Technogeninių teršalų poveikio augalijai tyri-

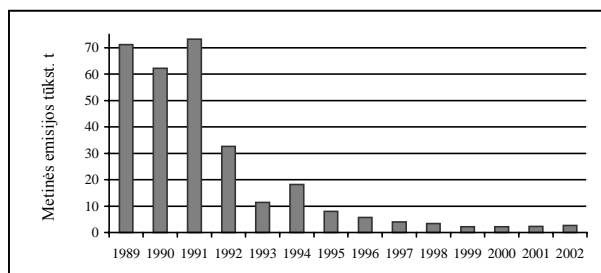
mai ir augalijos struktūros pokyčių stebėjimai šiuo metu labai aktualūs. Augalų rūšinė įvairovė AB „Akmenės cementas“ šarminančioje aplinkoje iki šiol nebuvo plačiau tyrinėta. Ankstesni AB „Akmenės cementas“ taršos poveikio tyrimai skirti miško dirvožemiams, medžių būklei vertinti (Vaičys ir kt., 1998; Armolaitis ir kt., 1999), kiek plačiau tyrinėta pušų radialiojo prieaugio kaita (Stravinskienė, Kubertavičienė, 2001; Stravinskienė, 2002).

Šio straipsnio tikslas – įvertinti medžių, krūmų, žolių bei samanų dangos rūšinę sudėtį skirtingu atstumu nuo AB „Akmenės cementas“ bei išnagrinėti durpinių miško dirvožemių mikroelementinius pokyčius.

TYRIMO OBJEKTAS IR METODIKA

AB „Akmenės cementas“ – viena didžiausių Europoje cemento ir šiferio gamyklų, dirbanti nuo 1952 metų. XX a. 8-ojo dešimtmečio pradžioje kasmet joje pagaminta po 3,37 mln. t cemento, 65 mln. sutartinių lakštų šiferio, 1600 km sutartinio skersmens asbest-cementinių vamzdžių, 130 tūkst. t kalkių (Armolaitis ir kt., 1999). Kasmetinės emisijos į atmosferą būdavo apie 46 tūkst. t. Jose vyravo sieros dioksidas (59%), cemento dulkės (21%) bei azoto oksidai (18%). Per einamąjį laikotarpį sumažėjus įmonės gamybos apimtims bei tobulinant technologines linijas, metinės emisijos ženkliai sumažėjo (1 pav.). 2001 m. cemento pagaminta 5 kartus mažiau nei XX a. 8-ojo dešimtmečio pradžioje, o bendras gamyklos emisijų kiekis į atmosferą tesiekė 2,7 tūkst. t. Vidutinė cemento dulkių koncentracija siekė 0,08 mg/m³ ir nebuvo didesnė už didžiausią leistiną koncentraciją (DLK); didžiausia koncentracija (0,6%) visų per metus tirtų mėginių siekė 0,5 mg/m³ ir buvo 1,7 karto didesnė už DLK. Sieros dioksido vidutinė koncentracija 2001–2002 m. siekė 0,02 mg/m³. Didžiausia reikšmė (0,015 mg/m³) nebuvo didesnė už DLK. Azoto dioksido vidutinė koncentracija siekė 0,025 mg/m³. Gegužę ir gruodį užfiksuota nemažai vienkartinų atvejų, kai emisijų koncentracijos buvo didesnės už DLK. Didžiausia užfiksuota koncentracija buvo 0,2 mg/m³, t. y. 2,4 karto didesnė už vienkartinę maksimalią DLK (Šiauliu..., 2003).

Gamyklos poveikio aplinkoje plyti Mažeikių miškų urėdijos N. Akmenės girininkijos miškai, kuriuose vyrauja pušynai (48% mišku padengto ploto). Teritorijoje vyrauja laikinai užmirkę velėniniai dirvožemiai, susiformavę iš sunkių priemolių. Gausu pelkinių tarpinio tipo durpinių dirvožemių (P_2^1), priskiriamų durpinio mėlyngirio (*Myrtillo-oxalidosa turfuso-siccata*) augaviečių tipui (Karazija, 1988). Dėl dulkių ir pelenų emisijos dirvožemiuose kaupiasi sunkieji metalai: stroncis, baris, titanas, manganas, švinas, varis, chromas, nikelis, boras ir kadmis. Di-



1 pav. Metinių AB „Akmenės cementas“ emisijų kaita 1989–2002 m. (tūkst. t)

Fig. 1. Dynamics of annual emissions of “Akmenės cementas” in 1989–2002 (thou. tons)

džiausi šių elementų kiekiai nustatyti šalia gamyklos (Vaičys ir kt., 1998). Iki 6–8 km atstumu nuo gamyklos durpėje kaupiasi Ca^{2+} ir Mg^{2+} , judriojo K_2O kiekis yra 2–4 kartus didesnis. Pelkiniai tarpinio tipo durpiniai dirvožemiai dėl cemento dulkių ir pelenų nusėdimo laipsniškai šarmėja.

Taršos zonoje mažėja miško dirvožemių hidrologinis rūgštumas, vandenilio ir aliuminio jonų kiekis. 5,5 km atstumu nuo gamyklos yra 2–4 kartus sumažėjęs augalams prieinamo judriojo fosforo kiekis, bet padidėjęs judriosios sieros kiekis. Akumuliuojantis cemento dulkėms, suintensyvėja miško paklotės ir viršutinio durpių sluoksnio mineralizacija. Viršutiniame 20 cm durpių sluoksnyje jų peleningumas padidėja 2 kartus (Vaičys ir kt., 1998; Stravinskienė, Kubertavičienė, 2001).

Pastoviuose tyrimo objektuose nuo 1990 m. tiriamas teršalų kiekis, vertinama medynų būklė ir augimas, miško dirvožemių pokyčiai (Vaičys ir kt., 1998; Armolaitis ir kt., 1999; Stravinskienė, Kubertavičienė, 2001; Stravinskienė, 2002). Medžių, krūmų bei žolinių augalų rūšinė sudėtis AB „Akmenės cementas“ poveikio aplinkoje pradėta tirti 2001 m. vasarą, pakartotinė apskaita atlikta 2002 m. vasarą. Numatomi ilgalaikiai tyrimai, padėsiantys nustatyti galimus augalų bendrijų pokyčius dėl šarminančių AB „Akmenės cementas“ emisijų poveikio.

Mūsų tyrimo objektais pasirinkti nusausingi 0,7 skalumo, III boniteto, 50 metų amžiaus pušynai, nutolę nuo gamyklos 0,5 (I objektas); 3,5 (II objektas) ir 5,5 (III objektas) km atstumu vyraujančių pietvakarių vėjų kryptimi, augantys durpinio mėlyngirio (*Myrtillo-oxalidosa turfuso-siccata*) miško tipo augavietės pelkiniuose tarpinio tipo durpiniuose dirvožemiuose, pasižyminčiuose dideliu absorbciskumu įvairiems teršalams. Kontroliai parinktas pušynas aplinkoje be lokalsios taršos pagal visus biometrinius rodiklius analogiškas tiriamiesiems.

Vadovaujantis amerikietiško miškų monitoringo augalijos apskaitos metodika (Tallent-Hansel, 1994) kiekviename tyrimo objekte sisteminiu būdu išskirta po keturias augalijos vertinimo aikšteles. Kiekvieno-

je jų išskiriama po tris 1 m² augalijos apskaitos kvadratus, kuriuose nustatomos sumedėjusių (medyno, pomiškio ir trako iki 0,6 m aukščio) ir žolinių augalų (žolių, samanų) rūšys ir jų projekcinis padengimas (%). Projekcinis padengimas – augalo antžemiųjų dalių projekcijos plotas dirvožemio paviršiuje – vertinamas, naudojant pagalbinį 1 × 1 m matavimų rėmelį, markiruotą 10 cm ilgio juostelėmis. Šiame rėmelyje 10 cm² atitinka 1% augalo projekcinį padengimą.

Augalijos įvairovei nustatyti buvo skaičiuotas Šenono (Shannon) įvairovės indeksas (H') pagal formulę:

$$H' = -\sum_{i=1}^s p_i \times \log_2(p_i); \quad (1)$$

čia s – bendras rūšių skaičius tyrimo objekte, p_i – i -osios rūšies bendro tyrimo objekto gausumo dalis (Hayek, Buzas, 1997).

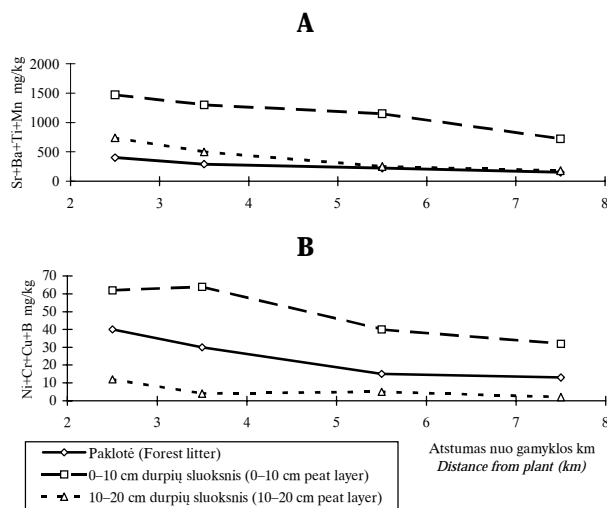
Dirvožemio paklotės bei durpių bandiniai paimti, paruošti ir išanalizuoti plačiai taikomais metodais (Manual ..., 1986; Агрохимические..., 1975). Sunkieji metalai nustatyti atominiu absorbcimetru, trijų etalonų metodu.

Induočių augalų nomenklatūra pateikta pagal Z. Gudžinską (1999), samanų – pagal R. Jankevičienę (1998).

REZULTATAI IR DISKUSIJA

Gamyklos „Akmenės cementas“ emisijų sudėtyje yra daug šarminančių medžiagų, todėl šioje aplinkoje kinta dirvožemių reakcija ir su ja susiję dirvožemio rodikliai. Emisijų sudėtyje esančios kalcio ir magnio dulkės neutralizuoja sieros ir azoto rūgštis, todėl gamyklos aplinkoje išplitę dirvožemiai šarmėja. Šarmėjant suaktyvėja augalams kenksmingi (aliuminis, manganas, kadmis, švinas) ir jiems reikalingi (boras, fosforas, varis, kobaltas) elementai. B. Forster (1984) nurodo, kad rūgštieji lietūs teigiamai veikia karbonatingus dirvožemius, nes parūgštėjus jų reakcijai į dirvožemio tirpalą patenka daugiau augalams būtinų elementų.

Dirvožemio mikroelementinės sudėties tyrimai parodė, kad dėl šarminančių gamyklos emisijų poveikio dirvožemiuose pagausėja stroncio, bario, titano, mangano, švino, vario, chromo, nikelio ir boro. Daugiausia jų randama arčiausiai gamyklos. Viršutiniame 10 cm storio durpių sluoksnyje, 10–20 cm gylyje jų 3–4 kartus mažiau, o miško paklotė pagal mikroelementų sancaupą yra tarpinės padėties. Cemento dulkėse pagrindiniai mikroelementai yra stroncis, baris, titanas ir manganas (2 pav., A). 5,5 km atstumu nuo gamyklos šių mikroelementų kiekis miško dirvožemiuose buvo 2–3,8 karto didesnis už kontrolę. Nikelio, chromo, vario ir boro daugiausia randama



2 pav. Mikroelementų kiekiai durpiniame dirvožemyje „Akmenės cemento“ gamyklos aplinkoje: A – stroncis, baris, titanas ir manganas; B – nikelis, chromas, varis ir boras Fig. 2. Microelement content in peat soil on the environment of “Akmenės cementas”: A – strontium, barium, titanium and manganese; B – nickel, chromium, copper and barium

viršutiniame 10 cm storio durpių sluoksnyje. Toltant nuo gamyklos šių mikroelementų kiekis mažėja (2 pav., B).

Cemento dulkių poveikį natūralioms augalų bendrijoms lemia daugelis veiksnių: emisijų kiekis, technogeninio poveikio trukmė, rūšių tolerantiškumas, vietovės reljefas, bendrijos struktūra, dirvožemio savybės, meteorologinės sąlygos. Įvairių autorių (Annuka, 1995; Mandre, 1995; Краева, 1995 ir kt.) tyrimais nustatyta, kad dėl šarminančių dulkių poveikio susiformuoja cementinis apvalkalas, trukdantis augalų transpiracijai ir fotosintezai. Dėl to blogėja jų fiziologinė būklė, ant spyglių ir lapų atsiranda nekrotinės dėmės, kinta medžiagų apykaitos intensyvumas, mažėja produktyvumas, ilgai prasideda rūšių kaita. Lapuočiai medžiai ir krūmai, palyginti su spygliuočiais, yra atsparesni teršalų poveikiui. Tarp atsparesnių šarminėms dulkėms rūšių paminėtina *Populus alba* L., *Cerasus avium* (L.) Moench, *Elaeagnus angustifolia* L., *Cornus mas* L. ir *Crataegus monogyna* Jacq. cemento dulkėms yra gana jautrios (Annuka, 1995). Dėl rūšių kaitos, nyksta rūgštinį substratą toleruojančios rūšys, o neutralius ir kalkingesnius dirvožemius mėgstančios rūšys pradeda vyrėti (Mandre, 1995).

Tyrimo rezultatai parodė, kad augalų rūšių skaičius skirtingame nuotolyje nuo taršos šaltinio kinta nežymiai. Artimiausiam tyrimo objekte (0,5 km atstumu) 2001 m. aptiktos 52, 2002 m. – 48 augalų rūšys, tolimesniuose objektuose (3,5 ir 5,5 km) – po 54 augalų rūšis 2001 m., o 2002 m. – atitinkamai po 50 bei 52 rūšis. Rūšių skaičius artimiausioje gamyklos poveikio aplinkoje net kiek didesnis nei

kontroliniame objekte, kuriam 2001 m. aptiktos 45, o 2002 m. – 47 augalų rūšys (13% mažiau nei gamyklos aplinkoje esančiuose objektuose). Didesnis augalų rūšių skaičius gamyklos aplinkoje (palyginti su kontrole) sietinas su dirvožemio rūgštumu mažėjimu dėl cemento dulkių šarminančio poveikio. Ši prielaida bus tikrinama, remiantis kasmetinių apskaitų duomenimis. 2001 ir 2002 m. apskaitų metu nustatyti augalų rūšių skaičiaus skirtumai paaiškinami ypač karšta ir sausa 2002 m. vasara, kai sausrai jautrių rūšių augalai nudžiūvo ir apskaitos metu jų nerasta.

Augalijos įvairovėje didžiausią dalį (net 75–81%) sudaro žolių ir sumedėjusių augalų rūšys, likusią gamyklos aplinkoje esančios augalijos dalį sudaro samanės.

Gamyklos poveikio zonoje augančių augalų rūšių projekcinis padengimas, 2001 ir 2002 m. apskaitos duomenimis, esminiai nesiskiria. Vidutinis visų augalų rūšių projekcinis padengimas yra 29,1%. Jis kinta nuo $34,9 \pm 1,3$ iki $19,6 \pm 0,9\%$. 47–76% augalijos projekcinio padengimo sudaro žolinių ir sumedėjusių augalų padengimas, kintantis nuo 20 iki 34%. Tolstant nuo gamyklos, bendras projekcinis padengimas didėja. Ši tendencija geriausiai atsispindi samanų antžeminės dalies padengime – palyginti su pirmuoju tyrimo objektu, trečiajame (nutolusiame nuo gamyklos 5,5 km) jis padidėja net 2 kartus. Tirtos miško ekosistemos nepasizymi didele medžių ir krūmų rūšių įvairove. Šios rūšys artimiausioje gamyklos aplinkoje (0,5 km atstume) sudaro 25%, o tolimesniame (5,5 km) – 18,5% visų rastų rūšių skaičiaus. Kontrolinio medyno medžių ir krūmų rūšys sudaro apie penktadalį (21,7%) visų čia augančių rūšių.

Artimiausioje gamyklos aplinkoje gausiau randami *Corylus avellana* L., *Quercus robur* L., *Frangula alnus* Mill., *Betula pendula* Roth (1 lent.). Pušyno trake ir pomiškyje gana daug eglės medelių. Čia aptinkamos derlingesniems miško tipams būdingos rūšys: *Rubus idaeus* L., *Rubus caesius* L., *Cirsium oleraceum* (L.) Scop., *Poaceae* genties žolės bei šarmišką ir karbonatinį substratą toleruojančios samanės – *Campylium stellatum* (Hedw.) Lange et C. E. O. Jensen ir *Campylium sommerfeltii* (Myrin) Lange (2 lent.). Arčiausiai gamyklos esančiame tyrimo

1 lentelė. **Medžių ir krūmų rūšys, aptinkamos skirtingu atstumu nuo AB „Akmenės cementas“ nutolusiuose tyrimo objektuose (+++ – padengimas 1–5%, ++ – 0,1–1%, + – <0,1%)**

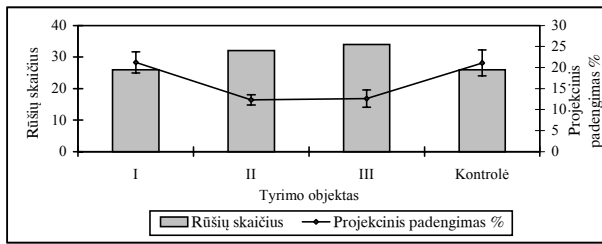
Table 1. **Species of trees and shrubs in observation plots at different distance from “Akmenės cementas” plant (+++ – coverage 1–5%, ++ – 0.1–1%, + – <0.1%)**

Augalo rūšis Species of herbs	Tyrimo objektas Observation plot			
	I	II	III	kontrolė
Vienapiestė gudobelė (<i>Crataegus monogyna</i> Jacq.)	+			
Dygioji šunobelė (<i>Rhamnus cathartica</i> L.)	+	+		+
Paprastasis putinas (<i>Viburnum opulus</i> L.)	+	+		+
Paprastasis ažuolas (<i>Quercus robur</i> L.)	+	+	+	
Blindė (<i>Salix caprea</i> L.)	+		++	
Drebulė (<i>Populus tremula</i> L.)	+		++	
Paprastasis šermukšnis (<i>Sorbus aucuparia</i> L.)	+	++	+	+++
Juodasis serbentas (<i>Ribes nigrum</i> L.)	++	+	+	+
Paprastoji pušis (<i>Pinus sylvestris</i> L.)	++	++	++	++
Paprastasis lazdynas (<i>Corylus avellana</i> L.)	++	++	++	++
Karpotasis beržas (<i>Betula pendula</i> Roth)	+++	++	++	++
Pilkasis karklas (<i>Salix cinerea</i> L.)	+++	++		++
Paprastoji eglė (<i>Picea abies</i> (L.) H. Karst.)	+++	++		
Karpotasis ožekšnis (<i>Euonymus verrucosus</i> Scop.)		+		+
Paprastasis šaltekšnis (<i>Frangula alnus</i> Mill.)		++	+	+++
Juosvasis karklas (<i>Salix myrsinifolia</i> Salisb.)			++	+
Paprastasis uosis (<i>Fraxinus excelsior</i> L.)			++	+

objekte plačiai paplitęs *Calamagrostis canescens* (F. H. Wigg.) Roth, *Rubus saxatilis* L. Tolstant nuo gamyklos jų padengimas mažėja. Artimiausioje gamyklos aplinkoje augančių rūšių dauguma yra šarminiams dirvožemiams pakanti. Tik šiam objektui būdingos *Carex digitata* L., *Lycopus europaeus* L., *Galium boreale* L., *Maianthemum bifolium* (L.) F. W. Schmidt, *Sonchus oleraceus* L., *Solanum dulcamara* L.

Žolių rūšių skaičiaus skirtumai priklausomai nuo atstumo iki taršos šaltinio nėra labai ryškūs. 3,5 ir 5,5 km nuo gamyklos nutolusiuose tyrimo objektuose aptiktos atitinkamai 32 ir 34, o 0,5 km – 26 žolių rūšys, t. y. 21% mažiau (3 pav.). Tai paaiškinama mažesniu teršiančių medžiagų poveikiu žolių ir sumedėjusių augalų rūšių gausumui toliau nuo gamyklos esančiuose tyrimo objektuose, palyginti su arčiausiai gamyklos esančiais tyrimo objektais. Palyginus su kontroliniu objektu, kuriame aptinkamos vidutiniškai 26 žolių rūšys, galima teigti, kad taršos aplinkoje aptinkama pakankamai daug rūšių.

5,5 km atstumu nuo „Akmenės cemento“ nutolusiame tyrimo objekte medyno rūšinė sudėtis bei indikatorinių rūšių gausa artėja prie vidutinių šio tipo bendrųjų charakteristikų. Tolstant nuo gamyklos, gausėja durpiniam mėlyngiriui būdingų rūšių – *Epilobium palustre* L., *Vaccinium myrtillus* L., *Moehringia trinervia* (L.) Clairv. Didėja *Nardus stricta* L., *Epilobium palustre* L., *Mycelis muralis* (L.) Dumort.



3 pav. Žolių rūšių skaičiaus ir projekcinio padengimo skirtumai atskiruose tyrimo objektuose
Fig. 3. Differences in quantity and projection coverage of herbs in different observation plots

projekcinis padengimas. Toliausiajame objekte atsiranda naujų rūšių: *Dactylis glomerata* L., *Moehringia trinervia* (L.) Clairv., *Poa trivialis* L. (2 lent.).

Samanos, skirtingai nei kiti aukštesnieji augalai, neturi išvystytos šaknų sistemos ir vandenį bei mineralines medžiagas absorbuoja tiesiog nuo substrato paviršiaus arba iš atmosferos kritulių. Jos gana greitai ir stipriai reaguoja į aplinkos sąlygų pokyčius. Šarminių dulkių poveikio samanos tyrimai ne-gausūs, kartais prieštaringi. Kai kurie autoriai (Kortesharju et al., 1990) nustatė, kad samanos yra tolerantiškos šarminių dulkių taršai ir ją indikuoja.

2 lentelė. Pagrindinės poliū rūdys, aptinkamos skirtingu atstumu nuo AB „Akmenės cementas“ nutolusiuose tyrimo objektuose (++++ – padengimas >5%, +++ – 1–5%, ++ – 0,1–1%, + – <0,1%)
Table 2. Species of herbs in observation plots at different distance from “Akmenės cementas” plant (++++ – coverage >5%, +++ – 1–5%, ++ – 0.1–1%, + – <0.1%)

Augalo rūšis Species of herbs	Tyrimo objektas Observation plot			
	I	II	III	kontrolė
Šiaurinis lipikas (<i>Galium boreale</i> L.)	+			
Paprastoji vilkakoję (<i>Lycopus europaeus</i> L.)	+			
Pirštuotoji viksva (<i>Carex digitata</i> L.)	++			+
Vaivoras (<i>Vaccinium uliginosum</i> L.)	+	+		
Raudonoji žiognagė (<i>Geum rivale</i> L.)	++	++		
Paprastoji gervuogė (<i>Rubus caesius</i> L.)	++	+++		
Keturlapė vilkauogė (<i>Paris quadrifolia</i> L.)	+		+	
Dvilapė medutė (<i>Maianthemum bifolium</i> (L.) F. W. Schmidt)	+			+++
Kupstinė šluotsmilgė (<i>Deschampsia cespitosa</i> (L.) P. Beauv.)	+		++	++
Paprastasis kiškiakopūstis (<i>Oxalis acetosella</i> L.)	+++		+	++++
Paprastoji katuogė (<i>Rubus saxatilis</i> L.)	+++	++		+++
Didysis eraičinas (<i>Festuca gigantea</i> (L.) Vill.)	+	+	++	
Miškinė zuiksalotė (<i>Mycelis muralis</i> (L.) Dumort.)	+	++	+++	
Paprastoji kiaulpienė (<i>Taraxacum officinale</i> F. H. Wigg.)	+	++	++	
Bruknė (<i>Vaccinium vitis-idaea</i> L.)	+	++	++	++
Gelsvalapė usnis (<i>Cirsium oleraceum</i> (L.) Scop.)	++	+	+	
Siauralapis gaurometis (<i>Epilobium angustifolium</i> L.)	++	++	+	++
Paprastasis lipikas (<i>Galium mollugo</i> L.)	++	++	++	++
Paprastoji žemuogė (<i>Fragaria vesca</i> L.)	++	+++	++	++
Paprastoji avietė (<i>Rubus idaeus</i> L.)	+++	+++	+++	++
Siauralapis lendrūnas (<i>Calamagrostis canescens</i> (F. H. Wigg.) Roth)	++++	++	+	
Šuninė našlaitė (<i>Viola canina</i> L.)		++		
Pailgoji viksva (<i>Carex elongata</i> L.)		++		
Miškinis skudutis (<i>Angelica sylvestris</i> L.)		++		
Pelkinė ožkarozė (<i>Epilobium palustre</i> L.)		+	++	++
Builinė dygūnė (<i>Torilis japonica</i> (Houtt.) DC.)		++	+	
Ankstyvasis šalpusnis (<i>Tussilago farfara</i> L.)		++	++	
Stačioji briedgaurė (<i>Nardus stricta</i> L.)		++	+++	
Mėlynė (<i>Vaccinium myrtillus</i> L.)	+	++	++	++++
Trigyslė smiltagraibė (<i>Moehringia trinervia</i> (L.) Clairv.)			++	++
Paprastoji miglė (<i>Poa trivialis</i> L.)			++	++
Vaistinis valerijonas (<i>Valeriana officinalis</i> L.)		+	+	+
Paprastoji veronika (<i>Veronica chamaedrys</i> L.)		+	+	++
Mažoji dantenė (<i>Circeae alpina</i> L.)			+	
Šliaužiantysis vėdrynas (<i>Ranunculus repens</i> L.)			+	+
Paprastasis blužniapapartis (<i>Athyrium filix-femina</i> (L.) Roth)		+	+	+
Miškinė septynikė (<i>Trientalis europaea</i> L.)				+
Plaukuotasis kiškiagrikis (<i>Luzula pilosa</i> (L.) Willd.)				+

Aplinkos šarmėjimas dėl cemento dulkių emisijos sukelia esminius samanų floros pokyčius. Kiti autoriai (Kannukene, 1995; Duliere et al., 2000) nurodo, kad šarminančio poveikio zonoje atsiranda ir išplinta cemento dulkėms tolerantiškos rūšys, ypač intensyvios taršos sąlygomis pagausėja epifitinių samanų ir labai išplinta kalcifilinės rūšys: *Brachythecium glareosum* (Spruce) Schimp., *Didymodon fallax* (Hedw.) R. H. Zander, *Tortula ruralis* (Hedw.) Ehrh. bei kitos rūšys, turinčios plačią ekologinę amplitudę substrato pH ir maistmedžiagių kiekiui.

Kadangi nuo 1992 m. stebima ryški AB „Akmenės cementas“ emisijų mažėjimo tendencija, net artimiausios gamyklos aplinkos jau negalima vadinti intensyvios taršos zona. Pirmajame objekte samanų floristinė sudėtis nėra skurdi. Čia randamos durpiniam mėlyngiriui nebūdingos rūšys – *Calliergonella cuspidata* (Hedw.) Loeske, *Plagiomnium affine* (Blandow) T. J. Kop., *Plagiomnium undulatum* (Hedw.) T. J. Kop., *Eurhynchium striatum* (Hedw.) Schimp., *Campylium stellatum* (Hedw.) Lange et C. E. O. Jensen, *Campylium sommerfeltii* (Myrin) Lange, kurių danga susiformavo veikiami ankstesnės ilgalaikės intensyvios taršos. Tai ryškaus fono nesudaranti, mažo gyvybingumo samanos, tarp kurių vyrauja šarminį substratą toleruojanti *Calliergonella cuspidata* (Hedw.) Fleisch., kurios projekcinis padengimas sudaro net 5% apskaitos aikštelių ploto. *Eurhynchium striatum* (Hedw.) Schimp., *Plagiomnium undulatum* (Hedw.) T. J. Kop., *Campylium stellatum* (Hedw.)

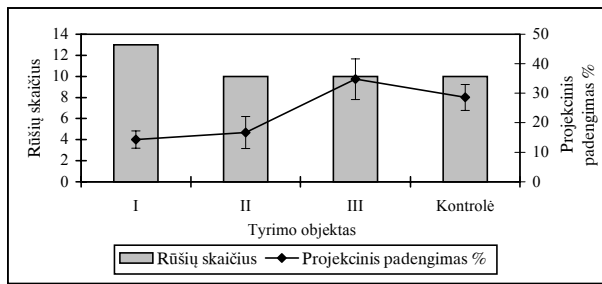
Lange et C. E. O. Jensen ir *Thuidium philibertii* Limpr. aptinkamos rečiau. Pavieniui auga *Brachythecium curtum* (Lindb.) Lange et C. E. O. Jensen, *Pseudoscleropodium purum* (Hedw.) Limpr., *Bryum capillare* Hedw., *Campylium sommerfeltii* (Myrin) Lange, *Dicranum montanum* Hedw. ir *Fissidens osmundoides* Hedw. Pirmajame objekte auga 8 šiai zonai būdingų samanų rūšys. Gausesnės iš jų *Campylium stellatum* (Hedw.) Lange et C. E. O. Jensen ir *Thuidium philibertii* Limpr. (3 lent.).

Antrame tyrimo objekte samanų rūšių sumažėjo iki 10. Čia atsiranda durpiniam mėlyngiriui būdingos samanos – *Hylocomium splendens* (Hedw.) Schimp. ir *Rhytidiadelphus triquetrus* (Hedw.) Warnst. 5,5 km atstumu nuo gamyklos esančiame tyrimo objekte jos gerokai gausesnės ir gyvybingesnės, didesnis jų projekcinis padengimas. Palyginti su pirmuoju objektu, antrajame ir trečiajame randama vis mažiau naujų samanų rūšių. Pirmajame tyrimo objekte aptiktos 7 jam būdingos samanų rūšys, tuo tarpu labiausiai nutolusiame tyrimo objekte naujų rūšių yra tik 3: *Hylocomium splendens* (Hedw.) Schimp., *Rhytidiadelphus triquetrus* (Hedw.) Warnst. ir *Plagiomnium cuspidatum* (Hedw.) T. J. Kop. Atskiruose tyrimo objektuose samanų rūšių skaičius beveik pastovus, tačiau įvairuoja jų projekcinis padengimas. Labiausiai nuo taršos šaltinio nutolusiame tyrimo objekte bendras samanų projekcinis padengimas yra beveik 2 kartus didesnis nei artimiausioje gamyklos aplinkoje (4 pav.).

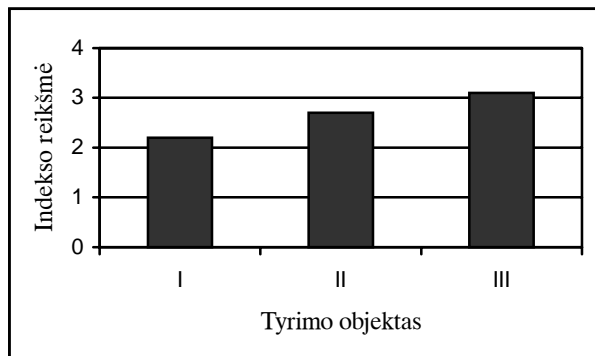
3 lentelė. Pagrindinės samanų rūšys, aptinkamos skirtingu atstumu nuo AB „Akmenės cementas“ nutolusiuose tyrimo objektuose (++++ – padengimas >5%, +++ – 1–5%, ++ – 0,1–1%, + – <0,1%)

Table 3. Species of bryophytes in observation plots at different distance from “Akmenės cementas” plant (++++ – coverage >5%, +++ – 1–5%, ++ – 0.1–1%, + – <0.1%)

Augalo rūšis Species of herbs	Tyrimo objektas Observation plot			
	I	II	III	kontrolė
Tikroji trumpė (<i>Brachythecium curtum</i> (Lindb.) Lange et C. E. O. Jensen)	+			
Grynoji gojasamanė (<i>Pseudoscleropodium purum</i> (Hedw.) M. Fleisch.)	+	+		
Plaukinė brija (<i>Bryum capillare</i> Hedw.)	+			
Tankioji dvyndantė (<i>Dicranum montanum</i> Hedw.)	+			
Žvaigždinė auksotė (<i>Campylium stellatum</i> (Hedw.) Lange et C. E. O. Jensen)	++			
Lieknoji auksotė (<i>Campylium sommerfeltii</i> (Myrin) Lange)	+	++		
Osmundinė skeltadantė (<i>Fissidens osmundoides</i> Hedw.)	+	++	++	+
Purioji gražiasnapė (<i>Eurhynchium striatum</i> (Hedw.) Schimp.)	++	+++	++++	+++
Gulsčioji lapūnė (<i>Plagiomnium affine</i> (Blandow) T. J. Kop.)	+++	++	++	
Pelkinė dygutė (<i>Calliergonella cuspidata</i> (Hedw.) Loeske)	++++	+	++	+
Daugiašakė tujinutė (<i>Thuidium tamariscinum</i> (Hedw.) Schimp.)		+		
Smailialapė lapūnė (<i>Plagiomnium cuspidatum</i> (Hedw.) T. J. Kop.)		++	++	
Atžalinė gūžtvė (<i>Hylocomium splendens</i> (Hedw.) Schimp.)		+	+++	++++
Tribriaunė kerėža (<i>Rhytidiadelphus triquetrus</i> (Hedw.) Warnst.)		+	+	+++
Paprastoji šilsamanė (<i>Pleurozium schreberi</i> (Brid.) Mitt.)				+++



4 pav. Samanų rūšių skaičiaus ir projekcinio padengimo skirtumai atskiruose tyrimo objektuose
Fig. 4. Differences in quantity and projection coverage of bryophytes in different observation plots



5 pav. Šenono įvairovės indekso reikšmės atskiruose tyrimo objektuose
Fig. 5. Values of the Shannon diversity index in different plots of observation

Tolstant nuo gamyklos, Šenono įvairovės indekso reikšmės didėja, o tai reiškia, kad rūšys tolygiau gausios (5 pav.). Trečiajame objekte užfiksuota daugiausia augalų rūšių ir didžiausias jų padengimas, todėl ir Šenono indekso reikšmė čia yra didžiausia. Ji artėja prie vidutinio Lietuvos miškų augalijos įvairovės indekso reikšmės, kuri lygi 3,34 (Stakėnas, Kliučius, 1998). Vyraujant vienai ar kelioms rūšims, šio indekso reikšmės būtų mažiausios. Kuo daugiau augalų rūšių tarpsta ekosistemoje ir kuo jos tolygiau gausios, tuo Šenono įvairovės indekso reikšmė didesnė. Įvertinus tyrimo objektus pagal H' įvairovės indeksą, nustatyta, kad, tolstant nuo taršos šaltinio, augalija darosi turtingesnė ir tolygesnė.

IŠVADOS

1. AB „Akmenės cementas“ poveikio aplinkoje dėl cemento dulkių nusėdimo durpiniuose miško dirvožemiuose kaupiasi kalcis, kalis ir magnis. Miško paklotėje (iki 7,5 km atstumu nuo gamyklos) ir durpėje (iki 5,5 km) randami gana dideli sunkiųjų metalų (chromo, kadmio, švino, nikelio, vario ir cinko) kiekiai. Dėl didelio cemento dulkių ir pelenų emisijų kiekio dirvožemiai šarmėja.

2. Kiekviename tyrimo objekte aptinkamos 50–54 augalų rūšys, iš kurių daugiausia (75–81%) žolės ir sumedėję augalai. 47–76% augalijos projekcinio padengimo sudaro žolinių ir sumedėjusių augalų padengimas, kintantis nuo 20 iki 34%. Tolstant nuo gamyklos, bendras projekcinis padengimas didėja.

3. Artimiausioje gamyklos aplinkoje gausiau išplitusios šarminančiam dulkių poveikiui atsparios lapuočių medžių ir krūmų rūšys: *Corylus avellana* L., *Quercus robur* L., *Frangula alnus* Mill. ir *Betula pendula* Roth. Dažnai randamos derlingesniems miško tipams būdingos rūšys (*Rubus idaeus* L., *Rubus caesius* L., *Cirsium oleraceum* (L.) Scop., *Epilobium angustifolium* L. ir miglinės žolės. Pagrindinės durpinio mėlyngrio indikatorinės rūšys – *Vaccinium myrtillus* L. ir *Vaccinium vitis-idaea* L. – aptinkamos tik labiausiai nutolusiuose tyrimo objektuose.

4. Arčiausiai gamyklos esančiame tyrimo objekte aptiktos šarmišką ir karbonatinį substratą toleruojančios samanos – *Campyllum stellatum* (Hedw.) Lange et C. E. O. Jensen, *Campyllum sommerfeltii* (Myrin) Lange. 3,5 km atstumu jau aptinkamos šiam miško tipui būdingos samanos (*Hylocomium splendens* (Hedw.) Schimp. ir *Rhytidiadelphus triquetrus* (Hedw.) Warnst. 5,5 km atstumu jos yra gerokai gausesnės ir gyvybingesnės, o jų projekcinis padengimas didesnis.

5. Įvertinus augaliją pagal Šenono įvairovės indeksą (H'), nustatyta, kad, tolstant nuo emisijų šaltinio, augalija darosi turtingesnė ir tolygesnė.

Gauta
2003 11 26

Literatūra

- Annuka E. Influence of air pollution from the cement industry on plant communities. *Dust pollution and forest ecosystems*. Tallinn: Institute of Ecology, 1995. P. 124–133.
- Armolaitis K., Vaičys M., Raguotis A., Kubertavičienė L. AB „Akmenės cementas“ teršalų poveikis miško ekosistemoms. *Lietuvos miškų būklė ir ją sąlygojantys veiksniai*. Red. R. Ozolinčius. Kaunas: Lututė, 1999. P. 65–76.
- Braniewski S., Chrzanowska E. Effect of dust from electrofilters of different industrial works on the vegetation. *Scientific Papers of Krakow Agricultural Academy, Forestry*. 1988. Vol. 18. P. 146–167.
- Duliere F. J., De Bryum R., Malaisse F. Changes in the moss layer after liming in a Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) stand of Easter Belgium. *Forest Ecology and Management*. 2000. Vol. 136. N 1–3. P. 97–105.
- Forster B. A. Economic impact of acid precipitation a Canadian perspective. *Econ. perspect acid deposition control*. Boston, 1984. P. 97–121.
- Gudžinskas Z. *Lietuvos induoėiai augalai*. Vilnius: Botanikos instituto leidykla, 1999. 211 p.

7. Hayek L. A., Buzas M. A. Surveying Natural Populations. New York: Columbia University Press, 1997. 564 p.
8. Jankevičienė R. (sud.). *Botanikos vardų įodynas*. Vilnius: Botanikos institutas, 1998. 523 p.
9. Kannukene L. Bryophytes in the forest ecosystem influenced by cement dust. *Dust pollution and forest ecosystems*. Tallinn: Institute of Ecology, 1995. P. 141–147.
10. Karazija S. *Lietuvos miškų tipai*. Vilnius: Mokslas, 1988. 211 p.
11. Kortesharju J., Savonen K., Säunatkari T. Element content of raw humus, forest moss and reindeer lichens around a cement works in northern Finland. *Ann. Bot. Fenn.* 1990. Vol. 27. P. 221–230.
12. Mandre M. Air pollution and growth conditions of forest trees. *Dust pollution and forest ecosystems*. Tallinn: Institute of Ecology, 1995. P. 18–41.
13. *Manual on methodologies and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests*. Hamburg-Geneva Programme Coordination Center UN/ECE, 1986. 96 p.
14. Stakėnas V., Kliučius A. Miškų augalijos įvairovės įvertinimas sisteminiame monitoringo tinkle. *Miško ūkio ir aplinkos apsaugos problemos*. Kaunas: Akademija, 1998. P. 108–109.
15. Stravinskienė V. *Klimato veiksnių ir antropogeninio aplinkos pokyčių dendrochronologinė indikacija*. Kaunas: Lututė, 2002. 175 p. (lietuvių ir anglų k.).
16. Stravinskienė V., Kubertavičienė L. Mineralinių trąšų poveikio miško dirvožemiui ir pušų radialiajam prieaugiui „Akmenės cemento“ gamyklos aplinkoje ekologiniai aspektai. *Ekologija*. 2001. Nr. 1. P. 67–73.
17. *Šiaulių regiono Aplinkos apsaugos departamento 2002 m. veiklos ataskaita*. Šiauliai, 2003. 159 p.
18. Tallent-Hansell N. G. (ed.). Forest Health Monitoring 1994 Field Methods Guide. EPA/620/R-94/027. Washington, 1994.
19. Vaičys M., Armolaitis K., Kubertavičienė L., Raguotis A. „Akmenės cemento“ teršalų poveikis. *Mūsų girios*. 1998. Nr. 2. P. 8–9.
20. *Агрoхимические методы исследования почв*. Москва: Наука, 1975. 649 с.
21. Краева Е. В. Влияние промвыбросов предприятия „Мальцевский портландцемент“ на устойчивость сосны. *Биологическое разнообразие лесных экосистем*. Москва, 1995. С. 269–271.

**Vida Stravinskienė, Gintarė Sujetovienė,
Regina Erlickytė**

FOREST PLANT SPECIES DIVERSITY AND SOIL TRACE ELEMENTS IN THE VICINITY OF THE “AKMENĖS CEMENTAS” PLANT

S u m m a r y

The results of investigation of forest soils and plant species diversity in the vicinity of the cement plant “Akmenės cementas” are presented. Plant communities on the observation plots at a distance of 0.5, 3.5 and 5.5 km from the plant in the direction of prevailing winds were studied.

In the observation plots 50–53 plant species were found. Herbs and woody plants comprise 75–81% of species diversity. The total projection coverage of vegetation is 20–33% at different observation plots. The greatest part belongs to herbs and woody plants. More resistant to the impact of alkalisng dusts are broadleaved trees and bushes, such as *Corylus avellana* L.; *Quercus robur* L.; *Frangula alnus* Mill. and *Betula pendula* Roth start spreading.

Nearby the pollution source the number of herbs decreased by 20.9%. The main indicator species of the control peaty *Vaccinosum* forest type, *Vaccinium myrtillus* L. and *Vaccinium vitis-idaea* L., appeared only in more distant plots, while in the impact zone of pollution more frequently occur species characteristic of this forest types of higher fertility, e.g., *Rubus idaeus* L., *Rubus caesius* L., *Cirsium oleraceum* (L.) Scop., *Poaceae* herbs. When the influence of emission was decreasing the composition of bryophyte species has changed. Bryophytes characteristic of these forest types, such as *Hylocomium splendens* (Hedw.) Schimp. and *Rhytidadelphus triquetrus* (Hedw.) Warnst. gradually appeared, their projection coverage increased, they have become more viable under these conditions. Bryophyte species tolerating alkaline substrate, such as *Campyllum stellatum* (Hedw.) Lange et C. E. O. Jensen, *Campyllum sommerfeltii* (Myrin) Lange were found at the closest distance to the plant.

With the distance from the emission source the species become more abundant; the prevalence of the dominant species decreases and the species diversity increases.

An analysis of the physico-chemical characteristics of soil has indicated that due to the impact of emissions (dusts and ashes) substances of calcium, potassium and magnesium have accumulated. Large amounts of heavy metals (chromium, cadmium, lead, nickel, copper and zinc) on the forest litter (up to 7.5 km from the plant) and peat (up to 7.5 km from the plant) were established; an increase of alkalinity was found.

Key words: ground vegetation, cement plant vicinity, indicator species, soil trace elements