



TalveAkadeemia 2013

TEADUSLIKUD LÜHIARTIKLID

Kogumik 11/2013



TalveAkadeemia 2013

Kogumik 11/2013
Publications 11/2013

TalveAkadeemia Kogumik 11/2013

Väljaandja

MTÜ TalveAkadeemia
Ehitajate tee 5, 12618 Tallinn
www.talveakadeemia.ee

Koostaja

Riina Vaht

Kujundaja

Kärt Einasto

Keeletoimetaja

Kadri Jõks

Trükk

Tartu Ülikooli Kirjastus
www.tyk.ee

MTÜ Talveakadeemia soovib tänada kõiki 2013 TA konkursi komisjoniliikmeid, kes meiega sel aastal koostööd tegid ning konkursile esitatud artikleid retsenseerisid. Täname ka TA2013 toetajaid ja koostööpartnereid (tagakaane siseosal), kes aitasid kaasa TA2013 Konkursipäeval Tallinnas kus artiklite autoritel oli võimalus oma tööd esitada laiemale publikule.

Tallinn 2013

ISBN 978-9949-32-219-0

TalveAkadeemia | WinterAcademy

TEADUSLIKUD LÜHIARTIKLID

SCIENTIFIC ARTICLES

Kogumik 11/2013
Publications 11/2013

SISUKORD

I TASEME ARTIKLID | Bakalaureuseõppe üliõpilased ja magistrandid

- 8 $\text{Cu}_2\text{ZnSnSe}_4$ defektiuringud mahtuvusspektroskoopiliste meetoditega
Pille Salu
- 18 Histamiin n-metüültransferaasi kodeeriva geeni polümorfismi c314T sagedus täiskasvanud allergikute ja mitteallergikute hulgas eestis ja keskkonnategurite mõju allergiahaigustele **Astrid Oras**
- 28 Külvatud turbasamblaliigid, väetised ja turbasamalde külvitihedused – kolme teguri mõju samblakatte taastumisele freesturbaväljal
Anna-Helena Purre
- 39 Filagriini mutatsiooni C.2282Del4 esinemise sagedus täiskasvanute seas eestis ning tubakasuitsu mõju allergiahaiguste avaldumisele
Kairit Kukk
- 48 Viinapuude (*Vitis*) lõikusviiside mõju saagi valmimisele
Anne-Liis Riitsalu
- 55 Haridusfilosoofilisel õiglane hindamine (üli)koolis **Sven Anderson**

II TASEME ARTIKLID | Magistrantuuri lõpetanud ja doktorandid

- 67 Ksüleemimahla kaaliumioonide sisalduse mõju ksüleemi hüdraillisele juhtivusele kõrgendatud õhuniiskuse tingimustes **Annika Karusion**
- 79 Kuidas taimed tajuvad oma naabreid? **Sirgi Saar**
- 90 Elektrienergiaarvestite analüüs moonutatud voolu korral **Jaan Niitsoo**
- 101 Pinnakihi soolsuse gradiendi mõju bioloogiliste koosluste struktuurile läänemeres **Sirje Sildever**
- 111 Mobiilsete õpivahendite tekitatavad raadiosageduslikud elektromagnetväljad **Tarmo Koppel**
- 123 A-tselluloosi lagunemine eritüübilistel niitudel **Jane Peda**
- 128 Koolikohustuse täitmise analüüs ja puudumiste mõjutajad Eesti üldhariduskoolide põhikooli vanema astme näitel **Eneli Põld**
- 139 Jätksuutliku arengu tagamine ohtlike kaupade transpordilooistikuga vaatenurgast **Jelizaveta Janno**

SELECTED SUMMARIES

- 150 The frequency of histamine N-methyltransferase gene polymorphism C314t among case and control group in Estonia and the impact of environmental factors on allergy **Astrid Oras**
- 151 Sowed Sphagnum species, fertilizers and Sphagnum sowing rates—the effect of three factors on moss carpet formation on milled peat field **Anna-Helena Purre**
- 152 The carrier frequency of flaggrin mutation C.2282del4 among adults in Estonia and association between exposure to tobacco smoke and allergies **Kairit Kukk**
- 153 Fair grading in the schools and universities according to educational philosophy **Sven Anderson**
- 153 Impact of potassium ion concentration in xylem sap on hydraulic conductance of xylem in context of elevated air humidity **Annika Karulson**
- 154 Can plants recognise their neighbors? **Sirgi Saar**
- 155 Analysis of Electricity Meters under Distorted Load Conditions **Jaan Niitsoo**
- 156 Structuring of biological communities by the salinity gradient in the Baltic Sea **Sirje Sildever**
- 156 Radiofrequency electromagnetic fields from mobile learning devices **Tarmo Koppel**
- 157 Decomposition of alpha-cellulose on semi-natural meadows **Jane Peda**
- 158 The Analysis of School Attendance in Estonia, Factors and Implemented Measures **Eneli Pöld**
- 159 Ensuring the sustainable development from the perspective of dangerous goods transport **Jelizaveta Janno**

EESSÕNA

Käesolev TalveAkadeemia 2013 Kogumik on järjekordne tudengi-teaduse publikatsioon, kus läbivaks teemaks on säästev areng. Eessõnale järgneb 14 erineva sisuga Eesti nelja suurima ülikooli tudengite artiklit. Esindatud on nelja valdkonna tööd: loodus-teadused- ja tehnika, bio- ja keskkonnateadused, terviseuuringud ning kultuur- ja ühiskonnateadused. Ka sel aastal on antud tööd retsenseeritud kahe või enama TalveAkadeemia Konkursi-komisjoniliikme poolt.

Jätkasime traditsiooniliselt ning grupeerisime tööd astmetesse:

I tase - bakalaureuseõppe üliõpilased/lõpetanud ja magistrandid

II tase - magistrantuuri lõpetanud ja doktorandid

Kogumikus on artiklid esitatud sellest jaotusest lähtuvalt. Sisus ja vormistuses astmete vahel erinevusi ei olnud, välja arvatud võõr-keelse abstrakti kindel nõue II taseme puhul. Seetõttu leiata kogumiku lõpust ka enamuste artiklite ingliskeelsed kokkuvõtted.

Head lugemist!

Riina Vaht

Kogumiku koostaja
TA2013 Konkursijuht

I TASEME ARTIKLID

Bakalaureuseõppe üliõpilased ja magistrandid

Cu₂ZnSnSe₄ DEFEKTUURINGUD MAHTUVUS-SPEKTROSKOOPILISTE MEETODITEGA

Pille Salu

SEOS SÄÄSTVA ARENGUGA

Päikesepaneelid koosnevad pooljuhtmaterjalidest. Praegu on levinumaks õhuke-sekihiliseks päikesepaneelides kasutatavaks materjaliks Cu₂InGaSe₄, laiemalt tuntud lühendiga CIGS. Seoses tehnoloogia arenemisega on kasvanud indiumi nõudlus, kuid selle sisaldus maakooses on väike; seega indiumi hind maailmaturul tõuseb ning koos sellega ka CIGS päikesepaneelide maksumus.

Päikesepaneeli hinna langetamiseks on vaja leida uus materjal, mille hind maailmaturul oleks madal. Üheks võimalikuks uueks materjaliks on Cu₂ZnSnSe₄, milles indium on asendatud tsingi ja tinaga. Seni ei ole Cu₂ZnSnSe₄ eriti uuritud, seega on vajalik analüüsida materjali sobivust päikesepaneeli absorbermaterjaliks (valgust neelav materjal).

SISUKOKKUVÕTE

Pooljuhtmaterjali defektitasemete uurimiseks valmistati materjalist monoteraline päikesepatarei, mida uuriti mahtuvusspektroskoopiaga erinevatel temperatuuridel. Mõõdeti uuritava materjali ja n-tüüpi pooljuhi kokkupuute pinnal tekkinud p-n siirde mahtuvust. Mahtuvuse sõltuvusest sagedusest leiti kaks defektitaset, mille aktivatsioonienergia on määratud temperatuurisõltuvusest.

Defektitasemete kindlaksmääramisel lähtuti mahtuvusspektroskoopilistest ning ka teiste meetoditega tehtud uuringutest. Määrati kindlaks kaks defektitaset: üks sügav defektitase (EA1 = 75 ± 2 meV, E*A1 = 74 ± 2 meV) ja üks piirpinnaolek (EA2 = 87 ± 3 meV, E*A2 = 100 ± 3 meV). Mõõtmisi korrati kuu pärast ning ilmnes piirpinnaoleku muutus, mis on ilmselt seotud objekti vananemisega. Aja jooksul toimuv piirpinnaoleku muutus seab kahtluse alla materjali Cu₂ZnSnSe₄ sobilikkuse päikesepaneeli absorbermaterjaliks.

SISSEJUHATUS

Varem on $\text{Cu}_2\text{ZnSnSe}_4$ (CZTSe) defektitasemeid uuritud põhiliselt fotoluminesentsi kasutades, aga mahtuvusspektroskoopilisi uuringuid ei ole selle materjaliga tehtud. Defektid mõjutavad pooljuhtide omadusi ning seega ka päikeseplatari efektiivsust.

CZTSe-l on päikeseplatariile sobivalt kõrge neeldumiskoeffitsient ($>10^4 \text{ cm}^{-1}$) (Grossberg *et al.* 2009). Keelutsooni laiuks on optiliste meetoditega toatemperatuuril määratud 1,01 eV (Krustok *et al.* 2010). Ideaalseks keelutsooni laiuks päikeseplatariide jaoks oleks 1,37 eV. Monoteralliste materjalide uuringud on näidanud, et keelutsooni laius sõltub Se ja S vahekorrast (Mellikov *et al.* 2011).

CZTSe on p-tüüpi pooljuht, mille enamuslaengukandjad on positiivsed ehk augud. Päikeseplatariis on p- ja n-tüüpi pooljuhid teineteise vastas (päikeseplatari skemaatiline ristlõige on esitatud joonisel 1). N-tüüpi pooljuhis on enamusvoolukandjad negatiivsed ehk elektronid. P- ja n-tüüpi pooljuhtide kokkupuutepinnal moodustub siirdeala, kus neeldunud footon tekitab vaba elektroni ja augu, mille suunatud liikumine on elektrivool. P-n siirdes on defektid, mis võivad pooljuhis tekitada elektrontasemeid. Päikeseplatari omaduste parandamiseks on vaja kindlaks määrata nende defektide energeetiline sügavus. See suurus näitab, millist energiat on vaja laengukandjate vabastamiseks defektitasemetelt. Fotoluminesentsuuringutega on varem leitud mõned madalad defektitasemed (piirpinnaolekud) aktivatsioonienergiatega $E_A = 27 \text{ meV}$ ja $E_A = 7 \text{ meV}$ (Krustok *et al.* 2010) ning sügav aktseptordefekti tase $E_T = 69 \text{ meV}$ (Grossberg *et al.* 2009).

Selle töö eesmärk oli uurida sügavaid defektitasemeid. Uuringuteks kasutati mahtuvus-spektroskoopilist meetodit, kuna see on üks paremaid viise sügavate defektitasemete uurimiseks.

METOODIKA

Rakendades p-n siirdele erinevate sagedustega pinget ja varieerides temperatuuri, saab määrata sügavate defektitasemete parameetreid. Kindlaksmääratud defektitasemete sügavus võimaldab määrata defekti päritolu. Teades päritolu, on võimalik materjali valmistamise protsessis vältida defektide tekkimist. Seega on defektitasemete sügavuse kindlaksmääramine uue päikeseplatari väljatöötamisel väga oluline.

Igale defektitasemele on omane ajakonstant τ , mis on taseme täitumiseks ja tühjendamiseks kuluv aeg. Ajakonstant τ sõltub temperatuurist järgmiselt:

$$\tau = \tau_0 \exp\left(\frac{E_T}{kT}\right), \quad (1)$$

kus E_T on defektitaseme sügavus keelutsoonis, k on Boltzmanni konstant, T on pooljuhi temperatuur. Konstant τ_0 sõltub olekute tihedusest valentstsoonis, keskmisest laengukandjate termilisest kiirusest ja haarderistlõikest (Kask *et al.* 2009).

Mahtvuse mõõtmisel tekitatakse pingevõnkumine sagedusega ω , mis põhjustab defektitaseme perioodilise täitumise ja tühjenemise piirkonnas, kus Fermi nivoo ja defektitasemed ristuvad. Defektitasemete täitumine ja tühjenemine põhjustab lisamahtuvust, mis lisandub p-n siirde mahtuvusele. Defektitasemele on iseloomulik sagedus:

$$\omega_0 = \frac{1}{\tau}, \quad (2)$$

kus τ on defektitaseme ajakonstant.

Madalate sageduste puhul $\omega \ll \omega_0$ mõõdetud mahtvuses C l on ülekaalus sügavate defektide poolt tekitatud mahtvus C_t . Kõrgetel sagedustel $\omega \ll \omega_0$ mõõdetud mahtvus C_h on võrdne madalatest tasemetest tuleneva mahtvusega C_d , mis on mittepõhiliste laengukandjate difusioonist tulenev mahtvus. Kogu siirde mahtvuse sagedussõltuvust saab väljendada valemiga (Danilson 2012):

$$C(\omega) = C_d + \frac{C_t - C_d}{1 + \omega^2 \tau^2}. \quad (3)$$

Defekt põhjustab mahtvuse järsu muutuse sagedusel ω_0 , mis matemaatiliselt väljendub $C(\omega)$ käänupunktina ω_m . Võttes siirde mahtvuse avaldisest (3) teise osatuletise sageduse järgi, saame käänupunktile vastava maksimumi avaldada järgmiselt:

$$\omega_m = \sqrt{\frac{1}{3}} \cdot \tau^{-1}, \quad (4)$$

kus ω_m on valemi (3) tuletise maksimumile vastav sagedus.

Käänupunkti sageduse ω_0 sõltuvust temperatuurist iseloomustab järgmine valem (Kask *et al.* 2009):

$$\omega_0(T) = 2e_t(T) = 2N_{c,v}v_{Th}\sigma_{n,p} \exp\left(-\frac{E_A}{kT}\right) = 2\xi_0 T^2 \exp\left(-\frac{E_A}{kT}\right), \quad (5)$$

kus e_t on emissiooni intensiivsus, $N_{c,v}$ on valentstsooni ja juhtivustsooni olekute efektiivne tihedus, v_{Th} on temperatuurist sõltuv vähemusvoolukandjate kiirus kontaktpinnal, $\sigma_{n,p}$ on elektronide ja aukude haaramise ristlõige defektil, tegur ξ_0 võtab kokku kõik temperatuurist sõltumatud tegurid.

Defektitaseme sügavust iseloomustab aktivatsioonienergia ehk energia, mida on vaja laengukandja vabastamiseks defektitasemelt. Avaldades mahtvuse teisest tuletisest käänupunktile vastava sageduse ω_m erinevatel temperatuuridel, saab

valemite (4) ja (5) põhjal leida defekti aktivatsioonienergia:

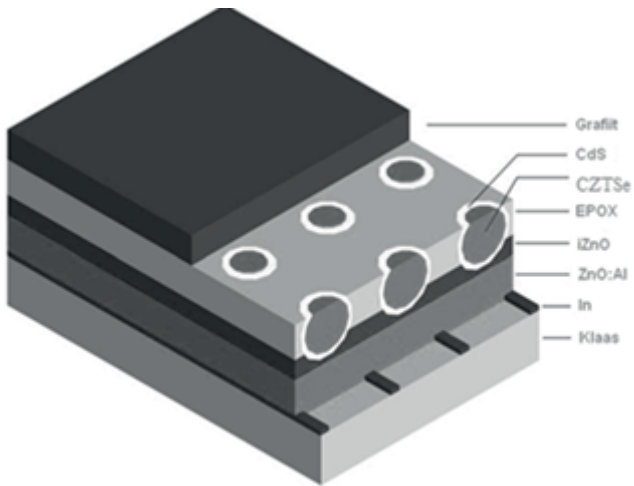
$$E_A = kT \cdot \left[\ln(2 \cdot \sqrt{3} \cdot \xi_0) - \ln\left(\frac{\omega_m}{T^2}\right) \right] , \quad (6)$$

kus E_A on defektitaseme sügavus keelutsoonis, ξ_0 väljendab temperatuurist sõltumatu tegureid.

Defekti aktivatsioonienergia võimaldab määrata defekti päritolu. Valemi (6) põhjal saab sageduse ω_m ja temperatuuri sõltuvusest määrata aktivatsioonienergia. Sageduse ω_m määramiseks on vajalik mahtuvuse sõltuvus sagedusest. Seega defekti aktivatsioonienergia määramiseks on vaja mõõta mahtuvuse sõltuvust sagedusest erinevatel temperatuuridel.

EKSPERIMENT

Mõõtmised korraldati ja uuritav materjal valmistati Tallinna Tehnikaülikooli materjaliteaduse instituudis. Töö autor tegi iseseisvalt mõõtmised ja arvutused ning osales tulemusi analüüsivas arutelus. Uurimiseks kasutati monoteraltist päikesepatareid absorbermaterjaliga $\text{Cu}_2\text{ZnSnSe}_4$ (CZTSe). p-tüüpi pooljuhiks on sellel $\text{Cu}_2\text{ZnSnSe}_4$ (CZTSe) kristallilised terad, mille peale on sadestatud n-tüüpi CdS kiht. pn-siirdeks ongi CISE ja CdS kokkupuutepind. Kogu patarei on ehitatud klaasi peale. Päikesepatarei ristlõige on esitatud joonisel 1. Monoterade valmistamiseks kasutati binaarseid ühendeid: CuSe, ZnSe ja SnSe koos KI soolaga. (Monoterade valmistamisest saab täpsemalt lugeda Altosaar *et al.* 2008 artiklist.) Materjali keemiliseks koostiseks on $\text{Cu}/(\text{Zn}+\text{Sn})=0,90$, $\text{Zn}/\text{Sn}=1,05$. Katseobjekti struktuur on grafiit/CZTSe/CdS/ZnO ning pindalaks umbes 4 mm^2 .

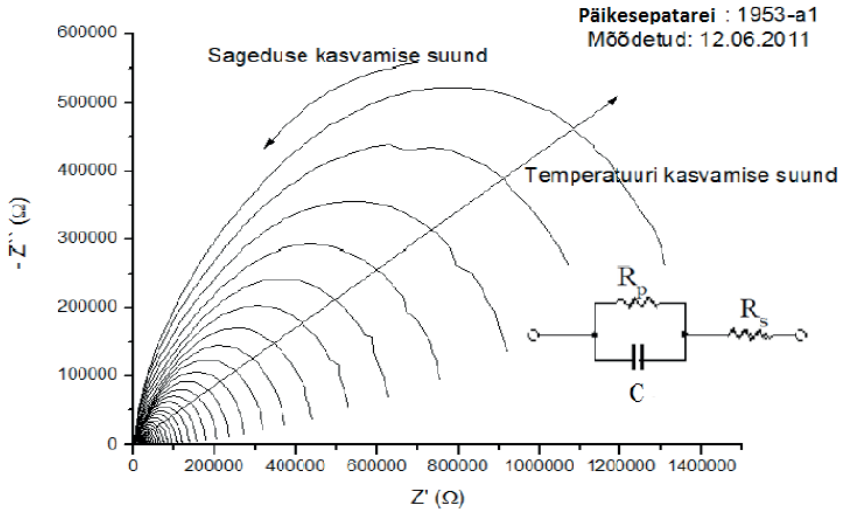


Joonis 1. Uuritud CZTSe monoteralse päikesepatarei skemaatiline ristlõige

Mõõteseadmega Wayne Kerr 6500B Impedance Analyzer mõõdeti impedantsi Z ja faasinihke θ sõltuvust temperatuurist ja sagedusest. Mõõtmisi teostati temperatuuridel 300–140 K, sagedusvahemikus 20–10 MHz. Mõõdeti impedantsi Z ja faasinihet θ ning arutati impedantsi imaginaar- ja reaalsosa, millest koostati Nyquisti graafik (joonis 2):

$$Z' = Z \cdot \cos(\omega); \quad Z'' = Z \cdot \sin(\omega)$$

kus Z on impedants, Z' on impedantsi reaalsosa, i on imaginaarühik, Z'' on impedantsi imaginaaros.

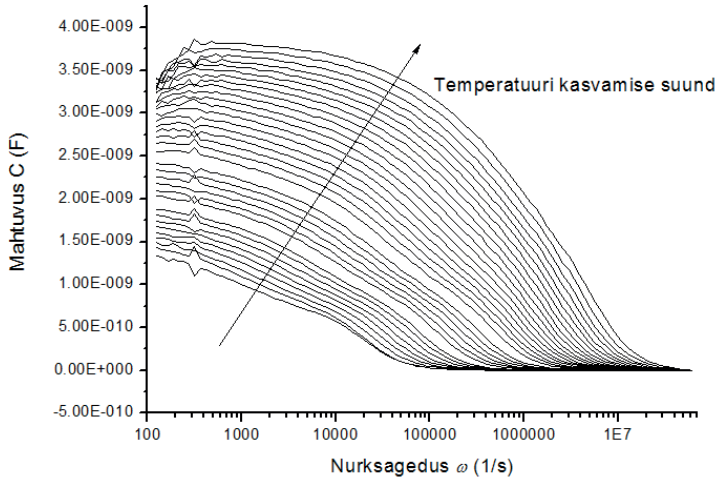


Joonis 2. Objekti 1953-A1 Nyquisti graafik temperatuuridel 300–125 K, sammuga 5 K, mõõdetud 12.06.2011.

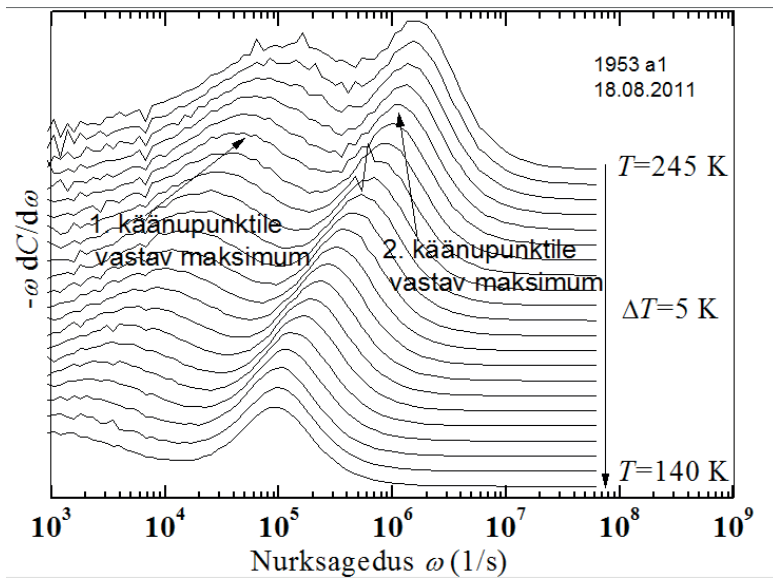
Graafiku põhjal koostatud ekvivalentskeem, paremal nurgas

Nyquisti graafiku kuju järgi määrati ekvivalentskeem ja takistus R_s . Ekvivalentskeemi kontrollimiseks ja takistuse R_s määramiseks kasutati programmi Zview. Programmi on loonud Scribner Associates ning see on mõeldud ekvivalentskeemide modelleerimiseks. Programmi sisestati mõõteandmed, millele sobitati vastavad skeemi elementide väärtused. Programm võimaldab jälgida teoreetiliste väärtuste ja mõõteandmete kokkulangevust.

Saadud ekvivalentskeemi, leitud takistuse ning impedantsi imaginaar- ja reaalkomponentide põhjal arvutati mahtuvuse väärtused igal sagedusel ja temperatuuril. Mahtuvuse arvutamisel lähtuti joonisel 2 toodud ekvivalentskeemist igal temperatuuril sõltuvalt sagedusest. Mahtuvuse sõltuvus sagedusest on esitatud joonisel 3. Joonise y-teljel on mõõtmistulemuste põhjal arvutatud mahtuvus ja x-teljel mõõtmistel kasutatud sagedus. Joonisel ei ole selgelt näha käänupunkti ω_0 . Käänupunktide täpsemaks määramiseks võeti mahtuvusest esimene tuletis ning leiti käänupunktile vastav maksimum ω_m . Järgnevalt on esitatud arvutatud mahtuvuse esimene tuletis (joonis 4), millele on märgitud käänupunktidele vastavad maksimumid.

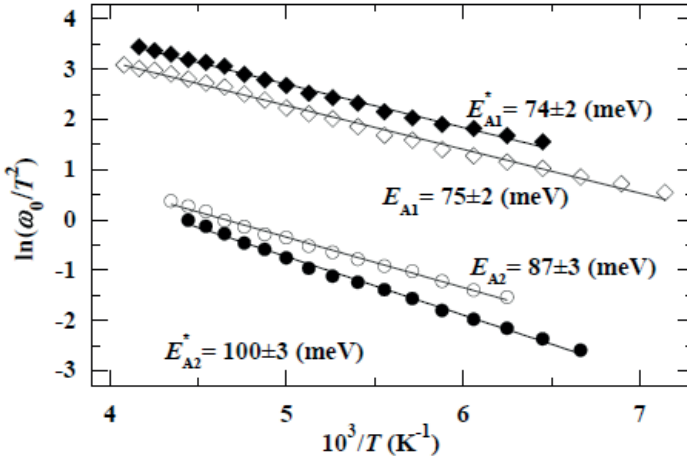


Joonis 3. Pääsesepareti 1953-a1 mahtuvuse sõltuvus sagedusest



Joonis 4. Mahtuvuse esimene tuletis temperatuuridel 140–245 K

Defektitaseme aktivatsioonienergia leidmiseks kasutati valemit (6). Määrates käänupunktid erinevatel temperatuuridel, saame moodustada graafiku, kus käänupunktid ω_0 -d sõltuvad temperatuuri pöördväärtusest. Sellist graafikut (joonis 5) nimetatakse Arrheniuse graafikuks. Käänupunktid moodustavad graafikul sirge, mille tõusust saab avaldada aktivatsioonienergia E_a (valem (6)).



Joonis 5. Arrheniuse graafik. Seest tühjad kujundid märgivad esimesel mõõtmisel saadud tulemusi ning mustaga täidetud kujundid teise mõõtmise tulemusi. Ringid vastavad 1. käänupunktile ja ruudud 2. käänupunktile

TULEMUSED JA ANALÜÜS

Nagu joonisel 5 näha, vastab esimesele käänupunktile madalamatel sagedusel ω_{te1} aktivatsioonienergia $E_{A1} = 75 \pm 2 \text{ meV}$. Teisele käänupunktile kõrgematel sagedustel vastab $E_{A2} = 87 \pm 3 \text{ meV}$. Käänupunktiledele vastavad maksimumid on toodud joonisel 4.

Kuu aja pärast korraldati katseid sama päikesepatareiga ning tehti samad arvutused. Kahe mõõtmise tulemused on esitatud Arrheniuse graafikul joonisel 5. Ilmnes, et aktivatsioonienergiad olid patarei vananedes muutunud: saadi aktivatsioonienergiad $E^*_{A1} = 74 \pm 2 \text{ meV}$ ja $E^*_{A2} = 100 \pm 3 \text{ meV}$.

Sarnase monoteralse ja sulfiidse päikesepatarei $\text{Cu}_2\text{ZnSnS}_4$ mahtuvus-spektroskoopilistel uuringutel määrati CuZn omadefekti aktivatsioonienergiaks 110 meV (Kask et al. 2009). Fotoluminesents-spektroskoopia tulemustest lähtuvalt on CuZn aktseptordefektile omane aktivatsioonienergia $\text{CZTSe-s } 69 \pm 4 \text{ meV}$

(Grossberg et al. 2009). Seega madalatel sagedustel leitud aktivatsioonienergiad $EA_1 = 75 \pm 2$ meV ja $E^* = 74 \pm 2$ meV on ilmselt seotud sügava defektitasemega, mis tõenäoliselt on tingitud CuZn omadefektidest.

Kõrgetel sagedustel leitud aktivatsioonienergiad $E_{A_2} = 84 \pm 3$ meV ja $E^*_{A_2} = 100 \pm 3$ meV on ilmselt seotud piirpinnaolekutega. Aja jooksul on pinna olekud arvatavasti muutunud. Lisaks mahtvusspektroskoopiale mõõdeti kahekuulise vahega uuritava päikesepatarei I-V kõveraid. Erinevate päikesepatareide voolu sõltuvust pingest iseloomustab volt-ampere karakteristik ehk I-V kõver. I-V kõverad näitavad, et päikesepatareid iseloomustavad suurused on aja jooksul halvenenud. Lähtudes mahtvusspektroskoopia uuringu tulemustest, võib arvata, et karakteristikute muutumine on tingitud piirpinnaolekute muutusest.

KOKKUVÕTE

Töö eesmärgiks oli uurida absorbermaterjali $Cu_2ZnSnSe_4$ (CZTSe) sügavaid defekte, mille kohta kirjanduses on väga vähe infot.

Absorbermaterjali CZTSe uuriti mahtvusspektroskoopia meetodil. Mõõtmisi teostati temperatuuridel 300–140 K, sagedusvahemikus 20–10 MHz. Mõõdetud impedantsist Z ja faasist θ arvutati päikesepatarei mahtvus.

Mahtvuse sõltuvusest sagedusest leiti kaks käänupunkti, mis on pöördvõrdelises seoses defektitaseme ajakonstandiga. Käänupunktide kaudu määrati defektitasemetele vastavad aktivatsioonienergiad.

Madalatel sagedustel leitud aktivatsioonienergiad $EA_1 = 75 \pm 2$ meV ja $E^* = 74 \pm 2$ meV on ilmselt seotud sügava defektitasemega, mis on tingitud ilmselt CuZn omadefektidest. Kõrgetel sagedustel leitud aktivatsioonienergiad $EA_2 = 84 \pm 3$ meV ja $E^*_{A_2} = 100 \pm 3$ meV on arvatavasti seotud piirpinnaolekutega. Aja jooksul on pinna olekud tõenäoliselt muutunud. Teostatud uuringute põhjal võib öelda, et CZTSe ei ole päikesepatarei absorbermaterjaliks sobilik, kuna pinnaolekud aja jooksul muutuvad. Vajalikud on edasised uuringud nende muutuste kohta.

KASUTATUD KIRJANDUS

Altosaar M., Raudoja J., Timmo K., Danilson M., Grossberg M., Krustok J., Mellikov E. 2008. $\text{Cu}_2\text{Zn}_{1-x}\text{Cd}_x\text{Sn}(\text{Se}_{1-y}\text{S}_y)_4$ solid solutions as absorber materials for solar cells. *Phys. Stat. Sol. (a)* 20, 167–170.

Danilson M. Mahtuvus-pinge sõltuvuse mõõtmine. <http://staff.ttu.ee/~krustok/Course/PDF/Eripraktikumi%20C-V%20mootmiste%20juhend.pdf>, (01.04.2012).

Grossberg M., Krustok J., Timmo K., Altosaar M. 2009. Radiative recombination in $\text{Cu}_2\text{ZnSnSe}_4$ monograin studied by photoluminescence spectroscopy, *Thin Solid Films* v. 517, Issue 7, pp. 2489–2492.

Kask E., Raadik T., Grossberg M., Josepson R., Krustok J. 2009. Deep defects in $\text{Cu}_2\text{ZnSnS}_4$ monograin solar cells. *Energy Procedia* 10, 261–265.

Krustok J., Josepson R., Raadik T., Danilson M. 2010. Potential fluctuations in $\text{Cu}_2\text{ZnSnSe}_4$ solar cells studied by temperature dependence of quantum efficiency curves. *Physica B*, 405 (2010) 3186–3189.

Mellikov E., Altosaar M., Raudoja J., Timmo K., Volobujeva O., Kauk M., Krustok J., Varema T., Grossberg M., Danilson M., Muska K., Ernits K., Lehner F., Meissner D. 2011. $\text{Cu}_2(\text{Zn}_x\text{Sn}_{2-x})(\text{SySe}_{1-y})_4$ monograin materials for photovoltaics. *Materials Challenges in Alternative and Renewable Energy*. *Ceramic Transactions* 224 pp. 137–142.

HISTAMIIN N-METÜÜLTRANSFERAASI KODEERIVA GEENI POLÜMORFISMI C314T SAGEDUS TÄISKASVANUD ALLERGIKUTE JA MITTEALLERGIKUTE HULGAS EESTIS JA KESK- KONNATEGURITE MÕJU ALLERGIAHAIGUSTELE

Astrid Oras

SEOS SÄÄSTVA ARENGUGA

Säästva arengu põhimõtete kohaselt peaks ühiskonna areng toimuma kooskõlas keskkonnaga, võimaldades kvaliteetse elukeskkonna praegustele ja tulevastele põlvedele. Säästev areng tähendab ka n-ö inimest säästvat progressi, sest inimene on osa loodusest. Üldiselt on seaduspäraks, et mida arenenum on ühiskond, seda parem elukvaliteet on selle liikmetele tagatud. Üheks erandiks on siinkohal aga haigused, nagu näiteks esimest tüüpi diabeet ja allergia, mis kaasnevad heaolu kasvuga ning on rohkem levinud just arenenud lääneriikides. Allergia kui multifaktoriaalse haiguse üheks põhjuseks on asjaolu, et kadunud on tasakaal inimese ja keskkonna vahel. Käesolevas töös üritatigi välja selgitada erinevate keskkonnafaktorite mõju inimestele tulenevalt nende geneetilisest taustast.

SISUKOKKUVÕTE

Allergiahaigused on muutunud üha sagedasemaks, eriti arenenud lääneriikides. Allergia kujunemisel mängivad rolli nii geneetilised kui keskkondlikud tegurid. Geneetilise varieeruvuse tõttu on keskkonna mõju indiviididele erinev. Histamiin N-metüültransferaasi polümorfism C314t on üks geneetilisest faktoritest, mida mõned varasemad uuringud on seostanud allergia suurema levimusega. Histamiin on üks olulisemaid mediaatoreid allergilise reaktsiooni tekkes ning seetõttu on vajalik selle metabolismi täpne kontroll. Polümorfismi tagajärjel võib aga histamiini metabolismis osaleva ensüümi N-metüültransferaasi aktiivsus olla vähenenud kuni poole võrra ning seetõttu võib allergiahaiguse risk suurened. Allergiaga on seostatud väga mitmeid keskkonnategureid. Käesolev töö keskendus elukoha, lemmik- ja kariloomade ning mullaga kokkupuute mõjude uurimisele. Varasemates töedes on nende tegurite suhtes jõutud üsna erinevate ning isegi vastukäivate tulemusteni.

Uurimus on üks osa suuremast tööst, mille käigus uuriti allergiatega seostatud geneetiliste faktorite sagedust allergiadiagnoosiga isikute ja mitteallergikute hulgas Eestis ning erinevate keskkonnategurite mõju allergiahaigustele. Uurimuse on heaks kiitnud Tartu Ülikooli inimuuringute eetika komitee. Töö tulemustes leiti, et CT genotüüp esines 24,2% juhtgrupi ja 21,8% kontrollgrupi liikmetest. CT genotüübiga juhtgrupi liikmete hulgas oli 75%-l rohkem kui üks allergiahaigus, normaalse genotüübiga uuritavate hulgas oli vastav näitaja 54,7%. Leiti ka, et kokkupuude mõnede lemmikloomadega on allergikute puhul suurem.

Uurimistöö eesmärgiks oli välja selgitada histamiin N-metüültransferaasi geeni polümorfismi C314t sagedus täiskasvanud allergikute ja mitteallergikute hulgas Eestis ja erinevate keskkonnategurite mõju allergiahaigustele.

Jõuti järgmiste järeldusteni.

Ei ilmnenud olulisi erinevusi HNMT C314t sageduses juht- ja kontrollgrupis.

Juht- ja kontrollgrupis oli HNMT C314t sagedus väga sarnane, seega ei saa öelda, et polümorfism oleks seotud allergiahaigustega. Ka ei leitud, et polümorfism oleks seotud mõne kindla haigusega, mida uuriti. Samas täheldati, et HNMT C314t mõjutab mitme allergia koosinemise sagedust: normaalse genotüübiga (CC) allergikud põevad harvemini rohkem kui ühte allergiahaigust korraga, võrrelduna nende allergikutega, kes kannavad mutantset alleeli (genotüüp CT).

Kokkupuude kassi ja koeraga võib suurendada ning kokkupuude kariloomadega vähendada allergiahaiguste levimust. Teiste loomadega kokkupuute, mullaga kokkupuute, elukoha ning allergiahaiguste levimuse vahel seoseid ei leitud. Juht- ja kontrollgrupi võrdlemiseks kasutati χ^2 -testi. Statistiliselt oluliseks loeti tulemused, kui p väärtused $\leq 0,05$.

SISSEJUHATUS

Teema valik tuleneb allergiahaiguste üha suurenevast levikust. Allergiahaiguste väljakujunemine on seotud ühelt poolt geneetiliste faktoritega ja teisalt keskkonnast tulenevate mõjudega. Histamiin on oluline signaalmolekul paljudes füsioloogilistes ja patoloogilistes protsessides (sh allergia) ning vajalik on selle taseme täpne kontroll organismis (Shahid *et al.* 2009; Zilmer *et al.* 2006). Histamiini metabolismis mängib olulist rolli ensüüm histamiin N-metüültransferaas (HNMT). Polümorfismi (*single nucleotide polymorphism*, SNP) C314t seda kodeerivas geenis seostatakse kuni 50% vähenenud ensüümiaktiivsusega (Kennedy *et al.* 2008). Polümorfismi nimetus HNMT C314t tuleneb asjaolust, et selle tagajärjel asendub nukleotiidis lämmastikalus tsütosiin (C) tümiiniga (T); polümorfismi suhtes heterosügootsed isikud on genotüübiga CT ja homosügootsed isikud genotüübiga TT, see tähendab, et mõlemad alleelid on mutantset. Samas on

polümorfismi nimetatud ka T1051, kuna muutus nukleotiidis toob kaasa aminosäure treoniini asendumise isoleutsiini (Garcia-Martin *et al.* 2009; Kennedy *et al.* 2008; Rutherford *et al.* 2007). Eestis ei ole polümorfismi HNMT C314t esinemissagedust varem uuritud.

Käesolev uuring korraldati seoses rakendusuuringuga „Filagriini mutatsioonide C.2282del4 ja P.R501X ning histamiin N-metüültransferaasi mutatsiooni C314t esinemissagedus allergikute ja mitteallergikute seas ning allergiate väljendumise seos elukeskkonnaga“. Uurimistö eesmärk oli kirjeldada histamiin N-metüültransferaasi geeni polümorfismi C314t esinemist täiskasvanud allergikute ja mitteallergikute hulgas Eestis ja erinevate keskkonnafaktorite mõju allergiahaigustele.

Uurimistö ülesandeks oli

- selgitada HNMT polümorfismi C314t esinemissagedus juhtgruppi kuuluvate allergiadiagnoosiga isikute ja kontrollgruppi kuuluvate mitteallergikute hulgas;
- selgitada HNMT C314t mõju allergiahaiguste esinemissagedusele üldiselt ning allergilisele astmale, allergilisele nohule, atoopilisele dermatiidile ja pollinoosile eraldi vaadatuna;
- kirjeldada erinevate keskkonnafaktorite (elukoht, kokkupuude lemmik- ja kariloomadega, kokkupuude mullaga) võimalikku mõju allergia väljakujunemisel.

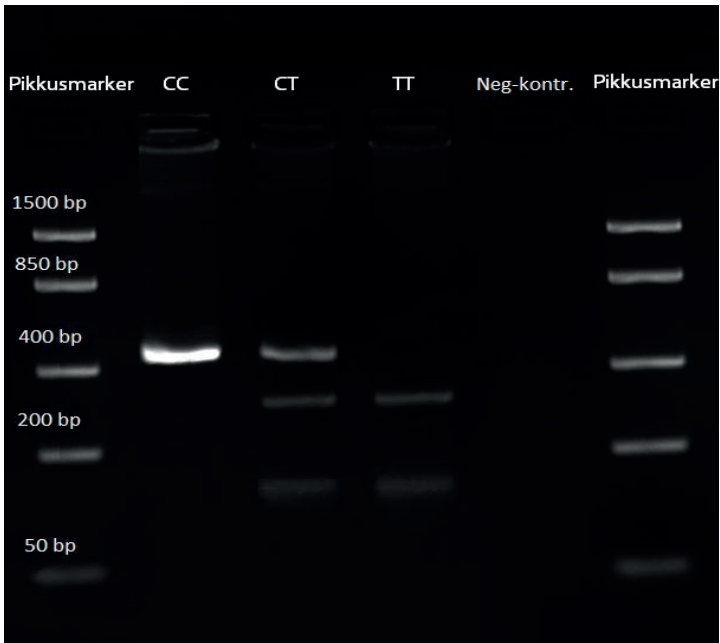
METOODIKA

Uuringu üldvalimi suuruseks oli 202 liiget, kõik uuritavad olid täiskasvanud. Tegu oli eesmärgipärase valimiga. Juhtgrupi moodustamisel oli eelduseks, et uuritavatel (101) oli diagnoositud vähemalt üks järgmistest haigustest: allergiline astma, allergiline riniit, atoopiline dermatiit, pollinoos. Kontrollgruppi puhul oli eelduseks allergiadiagnoosi puudumine. Juhtgruppi kuuluvad isikud leiti allergoloogide Kaja Julge ja Luule Kitse ning pulmonoloog Kai Kliimani kaasabil. Samuti kaasati uuritavaid mõlemasse gruppi interneti keskkonna Facebook ning kõrgkooli siseveebi ja meililisti vahendusel.

Uurimistö korraldamiseks taotleti luba Tartu Ülikooli inimuuringute eetika komiteelt (protokoll number 207/T-8). Uuritavad andsid kirjaliku nõusoleku uuringus osalemiseks ja DNA-proovi kogumiseks ning täitsid küsimustiku. Küsimustik sisaldas tagasiulatuvaid küsimusi uuritavate erinevate eluperioodide kohta (<10, 10–17, >18). Uuringumaterjalina kasutati põse limaskestast epiteelrakudest eraldatud genoomset DNA-d, proovi võtsid uuritavad filtertampooniga Sterile OmniSwab™ (Whatman Inc). Varuproov võeti külviaasaga. Proove säilitati DNA eraldamiseni –20 °C juures. Proovid koguti vahemikus 1.11.2011–14.12.2011 ning analüüsiti 14.11.2011–01.05.2012. Uuritavatega kohtusid ning

proovide kogumise, transpordi, säilitamise ja analüüsimisega, samuti andmeanalüüsiga ning ankeetküsitluste laialijagamise ja kontrollimisega tegelesid käeoleva töö autor ja rakendusuringu kaasautor.

DNA eraldati Invisorb® Spin Swab Kitiga (Strattec Molecular). DNA paljundamiseks korraldati polümeraasi ahela reaktsioon (*polymerase chain reaction*, PCR) lõppmahus 50 µl Dream Taq Green DNA Polymerase (ThermoScientific), Dream Taq Green Buffer (sisaldas 20 mM MgCl₂), 0,2 mM dNTP 20 pmol primereid (5'- tgt aaa acg acg gcc agt gaa aaa cgt tct ttc tat ctg ttt gta tat aa - 3') ja (5'- cag gaa aca gct atg acc ttg gaa tgt taa aga aaa tct tag tat aat a - 3') ning 1 µl genoomset DNA-d. PCR skeem oli järgmine: 15 min 94 °C, seejärel 30 tsüklit: 1 min 94 °C, 1 min 52 °C, 1 min 72 °C ja 7 min 72 °C. Amplifitseeritud DNA-ga tehti polümorfismi tuvastamiseks restriksioon: 25µl DNA-le lisati 5 U restriктаasi EcoRV(Eco32I) (Fermentas) ning inkubeeriti 4 tundi 37° C juures. Restriksiooniprodukte hinnati visuaalselt geelektroforeesil 2,5% agarosgeelis TopVision™ (Fermentas) etiidiumbromiidi juuresolekul, mida lisati 100 ml kohta 8µl. Restriктаas EcoRV ei löika normaalset metsiktüüpi (*wild-type*) C-alleeli ning produkti pikkus on 441 aluspaari (*base pair*, bp), kuid lõikab mutantse T-alleeli puhul PCR produkti kaheks fragmendiks pikkustega 306 bp ja 135 bp (Chen *et al.* 2002; Kennedy *et al.* 2008). Geelide hindamiseks kasutati programmi Gene Snap from Syngene. Geelektorforeesi tulemused on näha joonisel 1. Andmeid analüüsiti programmidega Open Office Calc ja STATA 12.0. Juht- ja kontrollgrupi võrdlemiseks kasutati χ^2 -testi ja statistiliselt oluliseks loeti tulemused, kui p väärtused $\leq 0,05$.



Joonis 1. Restriksiooniproduktide geelelektroforeesi tulemused. CC genotüübil oli nähtav üks 441 bp pikkune DNA-fragment, CT genotüübi puhul kolm fragmenti pikkustega 441 bp, 306 bp ja 135 bp ning TT genotüübi puhul kaks fragmenti pikkustega 306 bp ja 135 bp (12.04.2012)

TULEMUSED

Nii juht- kui ka kontrollgrupis oli mehi 31 (30,7%) ja naisi 70 (69,3%) ($p = 1$). Juhtgruppi kuulunud allergikutel esines 4 allergiahaigust: allergiline riniit 78,2%, allergiline astma 36,6%, atoopiline dermatiit 39,6% ja pollinoos 30,7% uuritavatest. Suurel osal esines rohkem kui üks allergiahaigus korraga ning haiguste koguarvuks saadi 187. Üks haigus esines 40,5%, kaks haigust 31,7%, kolm haigust 21,8% inimestest ning 4% uuritavatest esinesid kõik neli haigust.

Genotüüp tehti kindlaks 200 uuritaval, kahe uuritava genotüüpi ei suudetud tuvastada. Üldvalimist 76,5% olid normaalse alleeli C suhtes homosügoodid (genotüüp CC), 23% olid T-alleeli suhtes heterosügoodid (genotüüp CT) ning 0,5% T-alleeli suhtes homosügoodid (genotüüp TT). Mitteallergikutest 77,2% olid genotüübiga CC, 21,8% genotüübiga CT ja 1% genotüübiga TT. Allergikutest oli 75,8% genotüübiga CC ja 24,2% genotüübiga CT; T-alleeli suhtes homosügoodi ei

tuvastatud. Juht- ja kontrollgrupi vahel HNMT polümorfismi esinemises statistiliselt olulist erinevust ei leitud ($\chi^2 = 1,1259$, $p = 0,570$).

Võrreldi eraldi normaalse genotüübiga ja mutantset alleeli kandvaid allergikuid. Allergikutest genotüübiga CT esines 20,8% üks haigus, 45,8% kaks haigust, 20,8% kolm haigust ning 4,2% kõik neli haigust. Normaalse genotüübiga (CC) allergikutel olid näitajad vastavalt 45,3%, 28%, 22,7% ning 4%. Normaalse genotüübiga uuritavatest esines rohkem kui üks haigus 54,7%, mutantset alleelivarianti kandvatel allergikutel oli see väärtus märgatavalt suurem - 75%. Samas statistiliselt olulist erinevust kahe grupi vahel ei leitud ($\chi^2 = 4,3529$, $p = 0,226$).

Üheski vanuserühmas ei ilmnenud statistiliselt olulisi erinevusi allergia väljendumises sõltuvalt elukohast ega mullaga kokkupuutest, sh ei leitud seoseid mutantse geenivariandi esinemisega ega ka nelja haigust ükshaaval analüüsides.

Mingil eluperioodil oli kariloomadega kokkupuude olnud 33,7% mitteallergikutest ja 21,8% allergikutest, gruppide vahel oli statistiliselt oluline erinevus peaaegu olemas ($\chi^2 = 3,5577$; $p = 0,059$). Haiguste eraldi analüüsimisel ei leitud juht- ja kontrollgrupi vahel erinevusi. Lemmikloomadega kokkupuute korral vanuserühmas <10 aasta leiti statistiliselt oluline erinevus mitteallergikute ja allergikute vahel kokkupuute puhul koeraga ($\chi^2 = 4,4109$; $p = 0,036$) ja vanuserühmas 10–17 kokkupuute puhul kassiga ($\chi^2 = 4,2299$; $p = 0,040$). Vanuserühmas üle 18 aasta ei leitud statistiliselt olulist erinevust gruppide vahel ühegi looma ega loomarühma puhul.

Statistiliselt oluline erinevus gruppide vahel leiti seoses allergiahaiguste esinemisega lähisugulastel. Allergikute lähisugulaste hulgas esines allergiahaigusi rohkem kui mitteallergikute lähisugulastel. Juht- ja kontrollgruppi vaadeldi ka normaalse genotüübi (CC) ja mutantse alleeliga genotüübi (CT) suhtes. Leiti, et allergia esineb sagedamini CT genotüübiga kui normaalse genotüübiga allergikute vanematel ja vanavanematel; laste ja õdede-vendade tulemused olid aga vastupidised.

ANALÜÜS

Käesolevas töös esines üldvalimis genotüüp CT 23% uuritavatest, peaaegu samale tulemusele jõuti Poolas korraldatud uuringus (Szczepankiewicz *et al.* 2010). Viimasel esines juht- ja kontrollgrupi vahel statistiliselt oluline erinevus ($\chi^2 = 6,302$, $p = 0,042$) genotüüpide osakaalude vahel, siinses töös seda aga ei leitud. Mitmes varasemas uuringus pole seost samuti leitud. Deindli jt (2005) töös võrreldi astmaatikuid ja kontrollgruppi ning CT genotüübi esinemissagedus oli gruppides üsna võrdne ja samas suurusjärgus käesoleva tööga. Sharma jt (2005) korraldatud uuringus Indias ei täheldatud samuti olulist erinevust astmaatikute ja kontrollgrupi vahel ($\chi^2 = 0,61$; $p = 0,74$). Nende töös oli aga võrreldes Deindli jt

(2005) ja käesoleva tööga genotüübi CT esinemissagedus madalam – 15,9% üldvalimist. See võib olla tingitud uuritavate rassilisest kuuluvusest, sest eri rasside hulgas on HNMT polümorfismi sageduses erinevusi. Sellise tulemuseni jõuti näiteks Hiinas korraldatud uuringus, milles leiti, et hiinlaste ja jaapanlaste seas on CT genotüüp suhteliselt võrdsetel levinud (11,6% ja 10,0%), kuid oluliselt vähem ($\chi^2= 5.006$, $p < 0.05$) kui valge rassi hulgas Ameerikas (16%) (Chen *et al.* 2002). Genotüüpide jaotumist siinses ja varasemates töödes kirjeldab täpsemalt tabel 1.

Tabel 1. Genotüüpide osakaalud juhtgrupis (allergikud), kontrollgrupis (mitteallergikud) ja kokku (üldvalim) erinevates uuringutes (01.10.2012)

	Juhtgrupp (allergikud)			Kontrollgrupp (mitteallergikud)			Kokku		
	CC	CT	TT	CC	CT	TT	CC	CT	TT
Käesolev uuring 2012 (Eesti)	75,8%	24,2%	0,0%	77,2%	21,8%	1,0%	76,5%	23,0%	0,5%
Szczepan- kiewicz et al. 2010 (Poola)	66,4%	28,9%	4,7%	80,9%	17,7%	1,4%	73,7%	23,3%	3,0%
Kennedy et al. 2008 (USA)	76,0%	24,0%	0,0%	88,1%	11,0%	0,9%	82,0%	17,5%	0,5%
Deindl et al. 2005 (Saksamaa)	74,0%	24,5%	1,5%	75,0%	24,0%	1,0%	74,5%	24,3%	1,2%
Sharma et al. 2005 (India)	82,9%	16,2%	0,9%	84,0%	15,6%	0,4%	83,5%	15,9%	0,6%

Käesoleva töö tulemustest ei ilmne, et HNMT polümorfismiga isikutel oleks tihedamini allergia, leiti aga, et polümorfism võib mõjutada mitme haiguse koosseisnemist. Mutantset alleelivarianti kandvatel allergikutel oli mitu haigust korraga tihedamini kui normaalse genotüübiga allergikutel. Sellist tulemust pole varasemates töödes saadud, sest need on üldiselt keskendunud ühe kindla allergiahaiguse ja HNMT polümorfismi vahelise seose uurimisele (Sharma *et al.* 2005; Kennedy *et al.* 2008; Szczepankiewicz *et al.* 2010).

Varasemad uuringud on näidanud, et linnaelanikel on suurem risk põdeda allergiat ning nende hulgas on ka sensibiliseeritus suurem (Filipiak *et al.* 2001; Chang *et al.* 2005). Ka on leitud, et eriti oluline on elukoha roll kahe esimese eluaasta jooksul. Sel perioodil linnas elanud lapsed põevad suurema tõenäosusega hilisemas elus allergiat ning ka mitme allergiahaiguse koosseisnemine on neil sagedasem kui maal elanud lastel (Nilssoni *et al.* 1999). Samuti peetakse

immuunsüsteemi arengus oluliseks kokkupuudet mullaga, kuna seeläbi toimub kontakt paljude mullas elavate mikroorganismidega (Kabesc, Lauener 2004; Herten, Haahtela 2005). Käesolevas töös aga ei leitud erinevusi juht- ja kontrollgrupi vahel ei sõltuvalt elukohast ega mullaga kokkupuutest.

Lemmikloomadega kokkupuute ja allergiahaiguste levimuse suhtes on saadud vastukäivaid tulemusi (Sun, Jundell 2011; Wegienka *et al.* 2011). Ka kariloomadega kokkupuute puhul pole tehtud üheseid järeldusi: neid peetakse tõsiseks allergeenide allikaks, samas aga on leitud, et kariloomade vahendusel puututakse kokku mikroorganismidega, kellel on oluline roll immuunsüsteemi normaalses arengus ((Heutelbeck *et al.* 2009; Liccadi *et al.* 2009). Käesolevas töös ilmnes statistiliselt oluline erinevus allergikute ja mitteallergikute vahel kokkupuutel koeraga vanuses alla 10 eluaasta ja kokkupuutel kassiga vanusegrupis 10–17 aastat ning leiti, et mitteallergikute puhul on üldine kokkupuude kariloomadega sagedasem kui allergikutel. Need tulemused viitavad, et kokkupuude kassi ja koeraga võib suurendada ning kokkupuude kariloomadega vähendada allergiahaiguste levimust. Tulemustes aga ei kajastu, kas enne esines kokkupuude loomadega või ilmnesis allergiasümpptomid, seega ei saa eelnevat kindlalt väita ning teema väärrib edasist uurimist. Statistiliselt oluline erinevus leiti ka allergikute ja mitteallergikute lähisugulaste võrdlemisel: tõestati, et isikutel, kelle perekondlikus anamneesis on esinenud allergiahaigusi, on suurem tõenäosus ka ise allergiahaigust põdeda.

Varasemalt pole HNMT C314t sagedust Eesti populatsioonis uuritud. Tänu sellele, et juhtgruppi kaasati allergikuid arstide abiga, võib saadud genotüüpide sagedust grupis pidada üsna tõepäraseks. Ka valimi suurus oli samas suurusjärgus kui mõnes varasemas töös (Kennedy *et al.* 2010; Szczepankiewicz *et al.* 2010). Ühest küljest on see töö nõrkuseks, et ei uuritud ühe kindla allergiahaiguse ja HNMT C314t seost nagu enamikus varasemates töödes, vaid juhtgruppi kaasati allergikud, kellel esines vähemalt üks haigus neljast: kas allergiline astma, riniit, atoopiline dermatiit või pollinoos. See jagas juhtgruppi neljaks alagrupiks, milles uuritavate arv võis jääda liiga väikseks leidmaks seost ühe kindla haiguse ja HNMT C314t vahel. Samas avastati käesolevas töös, et HNMT polümorfism võib mõju avaldada mitme haiguse koosesinemisele, mis poleks ilmnenu, kui oleks uuritud HNMT polümorfismi vaid ühe haiguse suhtes.

Töö tulemusi võis moonutada aga see, et kontrollgruppi kaasati mitteallergikud ilma kliinilise kontrollmeetodita, st piisas sellest, et neil ei olnud allergiadiagnoosi ega esinenud enda arvamuse kohaselt allergiasümpptomeid. See ei välistanud allergiahaigusi põdevate isikute sattumist gruppi, kuna erinevate allergiahaiguste sümptomid ja nende tõsiduse aste on väga varieeruvad. Järgnevates uuringutes on kontrollgrupi moodustamisel soovitatav kasutada selekteerimismeetodit, näiteks nahateste või IgE antikehade taseme määramist vereseerumis, et kontrollgrupi moodustaksid kindlalt isikud, kes ei põe allergiahaigusi ja kel pole kalduvust atoopiale.

JÄRELDUSED

Töö tulemuste põhjal ei ilmnenud olulisi erinevusi HNMT polümorfismi C314t sageduses allergikute ja allergiadiagnoosita uuritavate vahel. Ei leitud ka, et polümorfism oleks seotud allergilise astma, allergilise riniidi, atoopilise dermatiidi või pollinoosiga eraldi vaadatuna. Samas täheldati, et HNMT C314t võib mõjutada mitme allergiahaiguse koosinemist: normaalse genotüübiga allergikud põevad harvemini rohkem kui ühte allergiahaigust korraga kui mutantset alleelivarianti kandvad allergikud.

Töö tulemustest ilmneb, et kokkupuude kassi ja koeraga võib suurendada ning kokkupuude kariloomadega vähendada allergiahaiguste levimust. Teiste loomadega kokkupuute, mullaga kokkupuute, elukoha ning allergiahaiguste levimuse vahel seoseid ei leitud.

KASUTATUD KIRJANDUS

Chang W.J., Lin Y.C., Chen W.L., Chen C.T. 2005. Higher incidence of *Dermatophagoides pteronyssinus* allergy in children of Taipei city than in children of rural areas. *Journal of Microbiology, Immunology and Infection*, 39: 316–320.

Chen G.L., Xu H.X., Wang W., Wang P.G., Zhou G., Wang D., Zhou H.H. 2002. Analysis of the C314T and A595G mutations in histamine N-methyltransferase gene in a Chinese population. *Clinica Chimica Acta*, 326: 163–167.

Deindl P., Peri-Jerkan S., Deichmann K., Niggemann B., Lau S., Sommerfeld C., Sengler C. 2005. No association of histamine-N-methyltransferase polymorphism with asthma or bronchial hyperresponsiveness in two German pediatric populations. *Pediatric Allergy and Immunology*, 16: 40–42.

Filipiak B., Heinrich J., Schaefer T., Ring J., Wichmann H.E. 2001. Farming, rural lifestyle and atopy in adults from southern Germany results from the MONICA/KORA study Augsburg. *Clinical and Experimental Allergy*, 31: 1829–1838.

Garcia-Martin E., Ayuso P., Martinex C., Balanca M., Agundez J. 2009. Histamine pharmacogenomics. *Future Medicine*, 10: 867–883.

Hertzen L., Haahtela T. 2005. Disconnection of man and the soil: Reason for the asthma and atopy epidemic? *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 17: 334–344.

Heutelbeck A.R.R., Junghans C., Esselmann H., Hallier E., Schulz T.G. 2009.

Exposure to allergens of different cattle breeds and their relevance in occupational allergy. *International Archives of Occupational and Environmental Health*, 82: 1123–1131.

Kabesch M., Lauener R.P. 2004. Why Old McDonald had a farm but no allergies: genes, environments, and the hygiene hypothesis. *Journal of Leukocyte Biology*, 75: 383–387.

Kennedy M.J., Loehle J.A., Griffin A.R., Doll M.A., Kearns G.L., Sullivan J.E. 2008. Association of the Histamine N-methyltransferase C314T (Thr105Ile) Polymorphism with Atopic Dermatitis in Caucasian Children. *Pharmacotherapy*, 12: 1495–1501.

Liccardi G., Salzillo A., Dente B., Piccolo A., Lobefalo G., Noschese P., Russo M., Gilder J., D'Amato G. 2009. Horse allergens: An underestimated risk for allergic sensitization in an urban atopic population without occupational exposure. *Respiratory Medicine*, 103(3): 414–420.

Nilsson L., Castor O., Kjellman N., Löfman O., Magnusson A. 1999. Allergic disease in teenagers in relation to urban or rural residence at various stages of childhood. *Allergy*, 54: 716–721.

Rutherford K., Parson W.W., Daggett V. 2008. *Biochemistry*, 47, 893–901.

Shahid M., Tripathi T., Sobia F., Moin S., Siddiqui M., Khan R.A. 2009. Histamine, Histamine Receptors, and their Role in Immunomodulation: An Updated Systematic Review. *The Open Immunology Journal*, 2: 9–41.

Sharma S., Mann D., Singh T.P., Ghosh B. 2005. Lack of association of histamine-N-methyltransferase (HNMT) polymorphisms with asthma in the Indian population. *Journal of Human Genetics*, 50, 611–617.

Szczepankiewicz A., Brêborowicz A., Sobkowiak P., Popiel A. 2010. Polymorphisms of two histamine-metabolizing enzymes genes and childhood allergic asthma: a case control study. *Clinical and Molecular Allergy*, 8(14): 1–6.

Sun Y., Jundell J. 2011. Life style and home environment are associated with racial disparities of asthma and allergy in Northeast Texas children. *Science of The Total Environment*, 409(20): 4229–4234.

Zilmer M., Karelson E., Vihalemm T., Rehema A., Zilmer K. 2006. *Inimorganismi biomolekulid ja metabolism. Tartu.*

Wegienka G., Johnson C.C., Havstad S., Ownby D.R., Nicholas C., Zoratti E.M. 2011. Lifetime dog and cat exposure and dog- and cat-specific sensitization at age 18 years. *Clinical & Experimental Allergy*, 41: 979–986.

KÜLVATUD TURBASAMBLALIIGID, VÄETISED JA TURBASAMMALDE KÜLVITIHEDUSED – KOLME TEGURI MÕJU SAMBLAKATTE TAASTUMISELE FREESTURBAVÄLJAL

Anna-Helena Purre

SEOS SÄÄSTVA ARENGUGA

Freesturbaväljad on tekkinud turba kaevandamise tagajärjel ning seal toimuvad mitmed ebasoovitavad protsessid, näiteks süsinikdioksiidi õhkupaiskumine ja pinnase mineraliseerumine; lisaks on freesväljad tuleohtlikud. Euroopa Liidus kujundati arusaam degradeeritud märgalade kompenseerimise vajalikkusest 1995. aastaks, mil võeti kasutusele *no net loss* poliitika (Paal 2011). Selle poliitika kohaselt ei tohi märgalade pindala väheneda, vaid peab püsima muutumatuna või kasvama.

Soodele iseloomulike tunnuste taastekkimine neil maastikel on väga pikaajaline protsess, kuid seda on võimalik kiirendada paigale sobivaimate taastamismetodite kasutamisega. Optimaalseimate meetodite väljatöötamine ja kasutamine turbaalade taastamisel aitab kompenseerida antropogeenset soomaastike degradeerimist ja suurendada turvast akumul eerivate ökosüsteemide pindala.

SISUKOKKUVÕTE

Freesturbaväljade taastamine on vajalik, et säilitada (ja suurendada) soode pindala. Käesolevas töös on käsitletud mitut tegurit (väetised, külvatavad turbasambliigid, külvitihedused), mis mõjutavad samblakatte taastamise edukust freesväljal. Samblaproovid biomasside, juurdekasvude ja produktioonide mõõtmiseks koguti Ohtu katsealalt (2011. a sügisel), kus taastamiseks vajalikud tööd teostati 2006. aastal. Produktioonide ja juurdekasvude mõõtmiseks kasutati looduslike markerite meetodit.

Väetistest osutus tõhusaimaks karbamiidi kasutamine, turbasambliikidest aga *Sphagnum fuscum* (pruun turbasammal). Turbasammalidel mõõdeti suurimad biomassid keskmise külvitiheduse kasutamise korral. Sobivimate väetiste,

turbasambliikide ning külvitiheduste kasutamine freesväljadel tagab võimalikult kiire ja eduka ala taastumise, mida iseloomustab biomassi akumulatsioon alal ja soodele iseloomulike protsesside toimimine inimeste abita.

SISSEJUHATUS

Eestis kasutatakse soode taastamiseks meie kliimasse kõige paremini sobivat Põhja-Ameerika tehnikat. See tehnika hõlmab järgmisi etappe: kuivendamissüsteemide blokeerimine, ala ettevalmistus, soodele iseloomulike taimede leviste kogumine ja aktiivne reintrodutseerimine, diaspoore ümbritseva mikrokliima parandamine (multši abil) ning väetamine (Rochefort *et al.* 2002; Gorham, Rochefort 2003; Quinty, Rochefort 2003; Rochefort *et al.* 2003).

Töö eesmärgiks oli uurida erinevate väetiste kasutamise, turbasambliikide külvi ning diaspooride kihi paksuse mõju samblakatte taastumise edukusele Ohtu katseala näitel. Vastused püütakse leida järgmistele uurimisküsimustele.

Milliste turbasambliikide külvamine tagab katselappidel kõrgeimad sammalde produktsioonid ja biomassid?

Milliste külvitiheduste korral on sammalde biomassid ja produktsioonid kõrgeimad?

Milliste väetiste kasutamine tagab samblakatte edukaima taastumise?

Turbasammaldest sobivad restaureerimiseks paremini looduslikes soodes mätastel kasvavad liigid, mis suudavad efektiivsemalt juhtida ja säilitada vett, eriti *S. fuscum* ja *S. rubellum* (Quinty, Rochefort 2003). Taastamiseks sobivad sambla-diaspoorid (ülemine u 10 cm paksune kiht (Paal 2011)) kogutakse looduslikust soost, taastataval alal tuleks samblad külvata 10 kuni 15 korda hõredamalt ning diaspoorid keskmise paksusega kihina; liiga õhuke või paks sambla diaspooride kiht vähendab sammalde ellujäävust (Rochefort *et al.* 2003). Quinty ja Rochefort (2003) soovivad kihi paksuseks 1–5 cm. Õhukese diaspooride kihi külvamisel kasvasid alal pärast nelja vegetatsiooniperioodi peamiselt samblad, paksu diaspooride külvamise korral aga soontaimed (Rochefort *et al.* 2003).

Turbasammalde kasvuks on tähtis vajalike toitainete kättesaadavus, sambla kasvu soodustavad peamiselt fosfor ja lämmastik (Shaw, Goffinet 2000), turbasamblad levivad aga keskkonnas, kus lämmastikku on u. 0,6% ja fosforit 0,03% (Richardson 1981). Turbaalade taastamisel kasutatavad väetised peaksid sisaldama fosforit, lämmastiku sisaldus on ebaoluline (sest jääksoodes on lämmastikku piisavalt). Väetised ei tohi sisaldada kaltsiumit, enim väärtustataksegi fosforit kui tähtsaimat sammalde kasvu mõjutavat väetist (Quinty, Rochefort 2003).

METOODIKA

Uurimisala paikneb Ohtu freesturbaväljal Keila vallas (59°17' pl ja 24°23' ip). Katseala valmistati ette 2006. aastal, mil sinna külvati diaspoore kolme tihedusega: tihe (1,25–2,85 g/dm², 38 kordust), hõre (0,46–1,0 g/dm², 8 kordust), keskmine (1,0–1,24 g/dm², 11 kordust). Katsealale külvati erinevaid turbasamblatiike: *S. angustifolium* (22 kordust), *S. magellanicum* (18 kordust), *S. fuscum* (4 kordust), külvati ka *S. magellanicum*'i ja *S. angustifolium*'i (12 kordust) ning *S. capillifolium*'i ja *S. angustifolium*'i segusid (2 kordust). Turbasamblast lõigati 2–3 cm pikkused tükid, 1–3 cm suuruste samblatükkide kasutamist peetakse optimaalseimaks (Quinty, Rochefort 2003). Osal katselappidel kasutati väetisena superfosfaati ((Ca(H₂PO₄)₂) 3 kg P/ha, 3 kordust), karbamiidi ((NH₂)₂CO) 5 kg N/ha, 6 kordust), kaaliumsulfaati ((K₂SO₄) 5 kg K/ha, 4 kordust) ning ammooniumnitraati ((NH₄NO₃) 5 kg N/ha, 6 kordust). Väetisi ei kasutatud 18 katselapil (36 proovi). Katselapid multšiti keraheinaga. Ühe katselapi suurus oli 18 m² ning kokku oli 30 katselappi.

Autor korraldas iseseisvalt täies ulatuses välitöödel samblaproovide kogumise, laboratoorsed tööd ning andmeanalüüsi. Välitöödel käidi 2. novembril 2011. aastal. Koguti kokku 57 samblaproovi biomassi, produktsiooni ja sambla juurdekasvu määramiseks; igalt katselapilt koguti 2 proovi, kusjuures ühelt katselapilt proove ei kogutud ja ühelt katselapilt koguti vaid 1 proov, kuna neid lappe oli traktor kahjustanud. Sammalde biomass näitab käesolevas töös liigi või samb-lakoosluse elusaine massi, produktsiooni all on mõeldud biomassi juurdekasvu teatud ajaühiku (kasvuhooaja) vältel (g/dm² aastas). Juurdekasv on aga taime ajaühiku jooksul toimunud kasv pikkusühikutes (mm aastas).

Proovid lõigati välja 5 cm diameetriga šablooni järgi. Esmalt eraldati kõigilt proovidelt samblavarred (koos lehtede ja muu prahiga) ja proovi turbaosa, proovide samblaosa säilitati jahedas ruumis kaanetatud plasttopsid. Laboris mõõdeti digitaalse nihikuga igas proovis osade sammalde (kuni 20 karusambla ja 6 turbasambla võsu) aastased juurdekasvud. Viimase aasta produktsiooni eraldamisel (ja juurdekasvude mõõtmisel) tehti erinevate aastate kasvudel vahet looduslike markerite meetodi (*innate markers*) abil: pärast iga kasvuperioodi on märgata osade liikide sammalde lehtedel või vartel muutusi, nende markerite vahemaade mõõtmisega on võimalik välja selgitada sammalde aastane juurdekasv (ja produktsioon) (Pouliot *et al.* 2010). On leitud, et võrreldes sammalde juurdekasvu mõõtmise teiste meetoditega on looduslike markerite meetodi eeliseks markerite märkamise lihtsus, erinevate mõõtjate mõõtmiste väike erinevus, suurem hinnangute täpsus, infot saadakse kogu kasvuhooaja kohta ning meetod on kerge ja vähe aega nõudev (Pouliot *et al.* 2010).

Pärast juurdekasvude mõõtmist eraldati samblad proovide ja liikide kaupa paberümbriksesse ning kuivatati 48 tundi 60 °C juures. Seejärel jahutati proovid eksikaatoris toatemperatuurini. Peale seda proovid kaaluti nullitud kaaluga paberil ning saadi proovis olevate samblaliikide biomassid. Samuti mõõdeti viimase kasvuhooaja (2011. a) produktsiooni: selleks niisutati samblaid destilleeritud veega ning eraldati looduslike markerite järgi viimase aasta produktsioon. Need koguti liikide ja katselappide kaupa ümbrikutesse ja kuivatati 48 tundi 60 °C juures. Seejärel jahutati proovid taas eksikaatoris ning kaaluti paberil produktsiooni mõõtmiseks.

Andmeanalüüsiks kasutati statistikaprogrammi SPSS Statistics 17.0 versiooni. Uurimisküsimustele vastuste leidmiseks võrreldi katselappide keskmiseid tulemusi ja kasutati seoseanalüüsi. Keskmiste võrdlemiseks võrreldi aritmeetilisi keskmisi ja varieeruvuse väljendamiseks kasutati standardhälvet. Keskmiste võrdlustel kasutati nende statistilise olulisuse hindamiseks t-teste.

Olulisusnivooks valiti 0,05 ja statistiliselt oluliseks peeti keskmiste võrdluseid, mille olulisusnivoo oli selle arvuga võrdne või sellest väiksem. Tunnustevahelise seose statistilise olulisuse hindamiseks kasutati sarnaselt keskmiste võrdlemisega olulisustõenäosust (p) ning ka seoseanalüüsis peeti statistiliselt oluliseks seoseid, mille olulisustõenäosus oli võrdne 0,05-ga või sellest väiksem.

TULEMUSED

Katselappidel esines 4 samblataksoni: *Polytrichum strictum*, *Pleurozium schreberi*, *Aulacomnium palustre* ning perekonda *Sphagnum* kuuluvad liigid (neid ei määratud liigini, kuna katselappidel kasvasid hoolimata kindla turbasamblaliigi külvamisest proovivõtu ajal erinevad perekonna *Sphagnum* liigid). Enim esines raba-karusammalt (54 proovis, 95% proovidest), seejärel harilikku palusammalt (52 proovis); vähem leidis turbasamblaid (39 proovis) ja soovildikut (32 proovis). Keskmine sammalde juurdekasv katsealal oli 10,8 mm aastas. Suurim juurdekasv oli 2011. aastal *P. schreberi*'l (keskmiselt 12,9 mm) ja väikseim *A. Palustrel* (7,0 mm).

Aastane sammalde keskmine produktsioon katsealal oli 1,1 g/dm², kõrgemad produktsioonid mõõdeti raba-karusamblal ja turbasammaldel. Turbasammalde aastane produktsioon oli keskmiselt 0,5 g/dm². Sammalde biomass oli keskmiselt 5,2 g/dm², sellest 44% moodustas *P. strictum*, 28% turbasamblad, 25% soovildik ja 3% harilik palusammal. Tabelis 1 on esitatud katsealal esinenud sammalde biomassid erinevate väetiste, külvitiheduste ja külvatavate turbasamblaliikide korral.

Väetiste mõju sammalde kasvule

Sammalde biomass varieerus erinevate väetistega katselappidel 4,9–7,4 g/dm² ning produktsioon 0,8–1,6 g/dm² aastas. Kõrgeim sammalde produktsioon ja biomass leiti katselappidel, mida oli sammalde külvi ajal töödeldud karbamiidiga. Neil katselappidel oli brüofüütide keskmine biomass 7,4 g/dm² ja sammalde viimase aasta produktsioon 1,6 g/dm². Ka oli karbamiid kasutatud väetistest üks väheseid, millega töötlemisel olid nii biomass kui ka sammalde produktsioonid kõrgemad kui väetiseta katselappidel. Karbamiid oli väetistest ainuke, millel oli sammalde produktsiooniga statistiliselt oluline seos ($p=0,03$).

Katselappidel, kus oli väetisena kasutatud K₂SO₄, oli väetiseta katselappidest suurem *A. palustre* ja *P. schreberi* biomass ja viimase kasvuhooaja produktsioon, kuid turbasambli liikide ja raba-karusambla biomass ja produktsioon olid väiksemad. NH₄NO₃ kasutamisel ilmnes aga vastupidine: katselappidel, kus kasutati ammooniumnitraati, olid väetiseta aladest kõrgemad biomassid ja aastased produktsioonid turbasammaldel ja raba-karusamblal ning madalamad soovildikul ja harilikul palusamblal.

Karbamiidiga väetatud katsealadel oli peaaegu kaks korda kõrgem turbasammalde biomass ja produktsioon kui väetamata katselappidel, ka *P. schreberi* ja *A. palustre* biomassid ja produktsioonid olid seal suuremad; väetamata aladel oli kõrgem vaid *P. strictum*'i produktsioon. Superfosfaadi kasutamisel olid nii biomass kui ka produktsioon väetiseta katselappide näitajatest kõrgemad turbasammaldel, soovildikul ja harilikul palusamblal, kuid väiksem biomass ja produktsioon mõõdeti raba-karusamblal, kusjuures superfosfaadiga väetatud katsealadel oli sammalde keskmine produktsioon väiksem kui väetamata katselappidel. Seega võib uuritud katsealale kõige paremini sobivaks väetiseks pidada karbamiidi.

Tabel 1. Erinevate väetiste, külvatud turbasambliikide ja külvitiheduste mõju sammalde biomassile Ohtu katsealal (20.03.2012)

			Biomass (g/dm ²)					
			<i>Sphagnum</i>	<i>P. strictum</i>	<i>A. palustre</i>	<i>P. schreberi</i>	samblad	
kasutatud väetised	K ₂ SO ₄	keskmine	0,91	1,93	2,41	0,47	5,72	
		std. hälve	1,35	1,60	2,12	0,85	1,70	
	(NH ₂) ₂ CO	keskmine	3,48	2,61	1,64	0,29	8,02	
		std. hälve	2,63	2,45	1,42	0,30	3,17	
	NH ₄ NO ₃	keskmine	2,22	3,07	0,80	0,01	6,10	
		std. hälve	2,20	1,85	1,01	0,01	2,18	
	Ca(H ₂ PO ₄) ₂	keskmine	3,06	1,88	1,94	0,54	7,42	
		std. hälve	2,88	1,42	1,20	1,06	2,82	
	külvatud turbasambliikid	<i>S. angustifolium</i>	keskmine	1,60	2,20	2,10	0,30	6,20
			std. hälve	1,80	1,80	1,70	0,50	3,40
<i>S. angustifolium</i> + <i>S. capillifolium</i>		keskmine	0,00	1,20	1,00	0,90	3,10	
		std. hälve	0,00	0,40	0,20	1,20	1,00	
<i>S. fuscum</i>		keskmine	5,20	4,70	0,20	0,00	10,10	
		std. hälve	1,10	2,40	0,30	0,00	0,60	
<i>S. magellanicum</i>		keskmine	1,90	2,40	1,00	0,10	5,40	
		std. hälve	1,80	1,20	1,00	0,20	2,20	
<i>S. magellanicum</i> + <i>S. angustifolium</i>		keskmine	2,70	2,60	1,40	0,10	6,80	
		std. hälve	2,00	1,90	1,30	0,20	2,90	
külvitihedused	hõre	keskmine	1,30	2,20	1,20	0,00	4,70	
		std. hälve	1,70	1,40	1,40	0,00	2,40	
	keskmine	keskmine	2,70	2,90	1,80	0,60	8,00	
		std. hälve	2,30	2,10	1,50	0,70	3,90	
	tihe	keskmine	2,30	2,40	1,30	0,20	6,20	
		std. hälve	1,80	1,60	1,40	0,40	2,40	

Külvatud turbasamblaliikide kasv

Kõrgeim turbasammalde keskmine produktsoon ja biomass olid katselappidel, kuhu oli külvatud *S. fuscum*'it, neil katselappidel olid ka *P. strictum*'i biomass ja produktsoon kõrgeimad, kuid *A. palustre* ja *P. schreberi* produktsoonid ja biomassid väiksemad ning *Sphagnum*'i aastased juurdekasvud olid samuti väiksemad. Nendel katselappidel olid kõigi sammalde produktsoon ja biomass kõrgemad kui katselappidel, kuhu oli külvatud teisi turbasamblaliike. *S. angustifolium*'iga katselappidel olid väiksemad turbasammalde produktsoon ja biomass, kuid suurim turbasammalde juurdekasv, samuti oli neil katselappidel kõrge *A. palustre* biomass (ja ka produktsoon).

Katselappidel, kuhu oli külvatud *S. angustifolium*'i ja *S. capillifolium*'i segu, puudusid turbasamblad, samuti olid seal teistest katselappidest väiksemad raba-karusambla produktsoonid ja biomassid (ning madalad keskmised kõigi sammalde biomassid ja produktsoonid). Samas olid neil katselappidel teistest kõrgemad hariliku palusambla biomassid ja produktsoonid ning suurimad *P. strictum*'i juurdekasvud. *S. magellanicum*'iga katselappidel olid sammalde produktsoonid ja biomassid ning samuti *P. strictum*'i juurdekasvud madalamate seas, see-eest olid nendel katsealadel ühed suuremad turbasammalde juurdekasvud. *S. magellanicum*'i ja *S. angustifolium*'i seguga katselappidel olid kõik uuritud näitajad keskmiste seas, siiski mõõdeti neil katselappidelt ühed kõrgemad sammalde biomassid.

Väiksemad varieeruvused biomassides ja produktsoonides olid *S. fuscum*'iga katselappidel ning *S. magellanicum*'i ja *S. angustifolium*'i seguga katselappidel. *P. strictum*'i juurdekasv oli ühtlaseim *S. fuscum*'iga katselappidel ning turbasammalde juurdekasv varieerus vähim *S. magellanicum*'iga ja *S. angustifolium*'iga katselappidel. Statistilist olulisust omas eespool esitatud parameetritest vaid turbasammalde produktsoon ($p=0,02$), kuid statistilisele olulisusele lähenesid ka järgmised näitajad: turbasammalde biomass, soovildiku biomass ja produktsoon, hariliku palusambla produktsoon ning sammalde koguproduktsoon.

Külvitiheduse mõju sammalde kasvule

Peeaaegu kõik uuritud parameetrid olid kõrgeimad keskmise turbasammalde külvitihedusega katselappidel. Tihedama külvitihedusega katselappidel olid turbasammalde ning *A. palustre* produktsoonid veidi kõrgemad kui keskmise külvitihedusega lappidel. Hõreda külvitihedusega katselappidel olid kõik näitajad (juurdekasvud, biomassid ja produktsoonid) tihedamate külvitihedusega lappide omadest tunduvalt väiksemad. Tiheda külvitihedusega katselappide sammalde biomass moodustas keskmise külvitihedusega katselappide omast 77% ning väikese külvitihedusega katselappide sammalde biomass 68%.

Seoseanalüüs ei näidanud ühtegi statistiliselt olulist seost külvitiheduse ja sammalde kasvu iseloomustavate parameetrite vahel. Samuti puudus statistiline olulisus peaaegu kõigi (v.a raba-karusammalde aastate keskmine juurdekasv)

tunnuste vahel. *P. strictum*'i aastate keskmise juurdekasvu erinevuse statistilise olulisuse nivoo erinevate külvitiheduste puhul oli 0,045. Samuti lähenes statistilisele olulisusele *P. schreberi* biomasside erinevus erinevate külvitiheduste puhul ($p=0,065$).

ANALÜÜS

Suurimad biomassid mõõdeti lämmastikku sisaldava karbamiidiga väetatud katse-lappidel. Dokumenteeritud on aga ka karbamiidi ja lämmastikväetiste negatiivset mõju turbasammalde biomassile ja katvusele (Mäkipää 1994). Käesolevas töös jõuti järeldusele, et karbamiidi kasutamine aitas suurendada turbasammalde biomassi paremini kui teised väetised.

LeBauer ja Treseder (2008) on leidnud, et peamiselt reageerisid samblad märgaladel lämmastiku lisamisele positiivselt, osadel katselappidel aga siiski negatiivselt ning nende arvates väheneb taimede lämmastikuvajadus koos sademete hulga vähenemisega. On leitud, et lämmastikuaeses keskkonnas kiireneb pärast lämmastiku lisamist turbasammalde kasv järsult (Aerts et al. 1992). Vitti ja teiste (2003) andmed kinnitavad, et kõrgemad lämmastikutasemed on põhjustanud ka suuremat *S. fuscum*'i primaarproduktiooni ning samuti seda, et turbasamblaliikidel tekib lämmastikust põhjustatud stress siis, kui lisanduva lämmastiku kogus on 14,8-15,7 kg/ha aastas.

Lämmastikuaeses keskkonnas on limiteerivaks toitaineks just lämmastik ja seega oleks lämmastikku sisaldaval ureal suurem mõju sammalde kasvule kui seda mittesisaldavatel väetistel. Oletuse vastu räägib aga asjaolu, et katsealal kastutati väetisena ka ammooniumnitraati, mis samuti sisaldab lämmastikku, kuid katselappidel, kus seda kasutati, ei olnud teiste väetistega katselappidest kõrgemaid sammalde biomasse. Selline erinevus võib tuleneda ka ammooniumnitraadi ja karbamiidi erinevusest: ammooniumnitraat sisaldab vähem lämmastikku kui karbamiid, kuid NH_4NO_3 -st saavad taimed vajamineva lämmastiku kiiremini kätte, kuna see sisaldab nitraatiooni. Siiski ei seleta see autori meelest nii suurt erinevust sammalde biomassides.

Sphagnum squarrosum'i ja *Polytrichum commune*'ga korraldatud kasvuhoonekatsetest on selgunud, et NO_3^- , NH_4^+ ja NH_4NO_3 kasutamisel väetisena ei olnud sammalde juurdekasvude ja biomasside erinevused statistiliselt olulised ($p>0,05$) (Paulissen et al. 2004), seega on erinevate lämmastikühendite mõju nendele samblaliikidele sarnane. Tõenäolisemaks põhjuseks käesolevas töös esinevale erinevusele sammalde biomassides võib olla ammooniumnitraadi ja karbamiidi olemuse erinevus: NH_4NO_3 on vees lahustuv sool, karbamiid aga orgaaniline ühend, mis ei uhtu sademetega nii kergesti pinnasest välja ja avaldab seetõttu katseala sammaldele pikemaajalist mõju.

Kuigi mitmed allikad soovivad turbaalade taastamisel kasutada väetisena superfosfaati, mis peaks mõjuma peamiselt *P. strictum*'ile (Quinty, Rochefort 2003; Sottocornola *et al.* 2007), ei leitud käesolevas töös, et superfosfaadiga väetatud katselappidel oleksid suuremad *P. strictum*'i (ja teiste sammalde) biomassid ja produktioonid. Superfosfaadiga väetatud katselappidel olid väikseimad sammalde biomassid, mis võib viidata sellele, et katsealal oli pinnases fosforit piisavalt ning sellega väetamine mürgitas taimi. Kindlasti tuleks teha edasisi uuringuid karbamiidi ja superfosfaadi kasutamisest väetisena, sealjuures tuleks uurida ka katseala pinnase toitainete sisaldust, et teada, milliseid väetisi peaks freesturbaväljade taastamisel kasutama.

Sarnaselt käesoleva tööga leidsid ka Chirino ja teised (2006), et *S. fuscum*'i külvmine tagas ulatuslikuma samblakatte tekke. Teised andmed kinnitavad, et *S. fuscum* sobib paremini turbaalade taastamiseks seal, kus veetase on sügavamal (Campeau, Rochefort 1996). Kuigi käesolevas töös ei käsitletud veetaseme mõju turbasammalde biomassile, võisid *S. fuscum*'i kõrged biomassid tuleneda just sellest, et katsealal oli veetase suhteliselt sügaval, mis oli teiste turbasambla liikide kasvuks ebasobiv.

Chirino ja teiste (2006) uuringus tagas *S. magellanicum*'i külvmine väikseima samblakatte. Käesolevas uurimuses jäid katselapid, millele oli külvatud *S. magellanicum*'i, sammalde (ka turbasammalde) biomasside poolest keskmiste hulka, kuid sarnaselt eelmainitud tööle olid katselappidel, kuhu külvati *S. angustifolium*'i, kõrgemad sammalde biomassid kui *S. magellanicum*'iga katselappidel. Seega võib pidada *S. angustifolium*'i restaureerimiseks sobivamaks kui *S. magellanicum*'i.

Eelmainitud kahe turbasambla segu külvmisega saavutati aga üksikute turbasamblaliikide külvmisest paremad tulemused: kõrgem sammalde biomass ning sammalde biomassist moodustasid suurema osa turbasamblad. Kõige ebasobivamaks osutus aga *S. capillifolium*'i ja *S. angustifolium*'i segu ning katsealadel, kuhu seda oli külvatud, puudusid turbasamblad. Selline tulemus oli mõnevõrra üllatav, kuna *S. capillifolium* kuulub turbasammalde *Acutifolia* sektsiooni ning mitmed allikad kinnitavad just selle sektsiooni head sobivust freesturbaväljade taastamiseks (Rochefort 2000; Quinty, Rochefort 2003). Kindlasti aga tuleks käesoleva uurimuse tulemused sellest vaatepunktist lähtudes veel üle kontrollida, sest *S. angustifolium*'i ja *S. capillifolium*'i segu oli külvatud vaid ühele katselapile (kust võeti kaks proovi) ning saadud väikesed biomassid ja turbasammalde puudumine võis olla juhuslik. Edukamaks osutusid *S. fuscum* ning *S. angustifolium*'i ja *S. magellanicum*'i segu.

Sarnaselt teistes uurimustes leitule (Rochefort *et al.* 2003) mõõdeti ka Ohtu katsealal kõrgeimad sammalde biomassid, produktioonid ning ka aastased juurdekasvud neil katselappidel, kuhu turbasamblad olid külvatud keskmise tihedusega. Kõrgemad biomassid keskmise külvitihedusega katselappidel võisid tuleneda sellest, et liiga hõre samblakülv ei taga kasvuks vajalikke hüdroloogilisi tingimusi,

ka ei levi samblad pärast kasvamaminekut enam väga hästi ning hõreda külvi-
tiheduse korral võivad jääda „augud” mida samblad ei suuda niipea täita. Liiga
suur külvi-
tihedus pole aga ka soovitatav: paksu kihi peal olevatel diaspooridel
puudub kontakt kasvupinnasega ning nad kuivavad, mattes enda alla maapin-
naga kontaktis olevad samblad, mille kasvu valguse puudumine takistab. Quinty
ja Rochefort (2003) leiavad samuti, et mõistlikum on turbasamblaid külvata nii
paksu kihina, et kõigil külvatud diaspooridel oleks substraadiga kontakt.

KASUTATUD KIRJANDUS

Aerts R., Wallen B., Malmer N. 1992. Growth-limiting nutrients in Sphagnum-do-
minated bogs subject to low and high atmospheric nitrogen supply. *Journal of
Ecology* 80: 131-140.

Campeau S., Rochefort L. 1996. Sphagnum regeneration on bare peat surfaces:
Field and greenhouse experiments. *Journal of Applied Ecology* 33 (3): 599-608.

Chirino C., Campeau S., Rochefort L. 2006. Sphagnum establishment on bare
peat: The importance of climatic variability and Sphagnum species richness. *App-
lied Vegetation Science* 9: 285-294.

Gorham E., Rochefort L. 2003. Peatland restoration: A brief assessment with
special reference to Sphagnum bogs. *Wetlands Ecology and Management* 11: 109-
119.

LeBauer D.S., Treseder K.K. 2008. Nitrogen limitation of net primary productivity in
terrestrial ecosystems is globally distributed. *Ecology* 89 (2): 371-379.

Mäkipää R. 1994. Effects of Nitrogen Fertilization on the Humus Layer and Ground
Vegetation under Closed Canopy in Boreal Coniferous Stands. *Silva Fennica* 28
(2): 81-94.

Paal J. 2011. Jääksood, nende kasutamine ja korrastamine. Tartu: Eesti Turballiit.

Paulissen M.P.C.P., van der Ven P.J.M., Dees A.J., Bobbink R. 2004. Differential
effects of nitrate and ammonium on three fenbryophyte species in relation to pollu-
tant nitrogen input. *New Phytologist* 164: 451-458.

Pouliot R., Marchand-Roy M., Rochefort L., Gauthier G. 2010. Estimating moss
growth in arctic conditions: a comparison of three methods. *The Bryologist* 113 (2):
322-323.

Quinty F., Rochefort L. 2003. Peatland Restoration Guide, second edition. Quebec:
Canadian Sphagnum Peat Moss Association and New Brunswick Department of

Natural Resources and Energy.

Richardson D.H. 1981. *The Biology of Mosses*. Oxford: Blackwell Scientific Publications.

Rochefort L. 2000. Sphagnum- A keystone genus in habitat restoration. *The Bryologist* 103 (3): 503-508.

Rochefort L., Campeau S., Bugnon J.-L. 2002. Does prolonged flooding prevent or enhance regeneration and growth of Sphagnum? *Aquatic Botany* 74: 327-341.

Rochefort L., Quinty F., Campeau S., Johnson K., Malterer T. 2003. North American approach to the restoration of Sphagnum dominated peatlands. *Wetlands Ecology and Management* 11: 3-20.

Shaw A.J., Goffinet B. 2000. *Bryophyte Biology*. Cambridge: Cambridge University Press.

Sottocornola M., Bourdeau S., Rochefort L. 2007. Peat bog restoration: Effect of phosphorus on plant re-establishment. *Ecological Engineering* 31: 29-40.

Vitt D.H., Wieder K., Halsey L.A., Turetsky M. 2003. Response of *Sphagnum fuscum* to nitrogen deposition: A case study of ombrogenous peatlands in Alberta, Canada. *The Bryologist* 106 (2): 235-245.

FILAGRIINI MUTATSIOONI C.2282DEL4 ESINEMISE SAGEDUS TÄISKASVANUTE SEAS EESTIS NING TUBAKASUITSU MÕJU ALLERGIAHAIGUSTE AVALDUMISELE

Kairit Kukk

SEOS SÄÄSTVA ARENGUGA

Säästva arengu üheks oluliseks komponendiks on inimesed, kelle tähtsaim vara on tervis. Tugev tervis tagab parema elukvaliteedi ja mitmekülgse heaolu. Viimastel aastakümnetel on aga kogu maailmas sagenenud haigestumine erinevatesse allergiahaigustesse. Allergiahaiguste kujunemist soodustavad nii geneetilised kui ka keskkonnategurid. Käesolev artikkel annab ülevaate uuringust, mis keskendus filagriini geeni mutatsioonile c.2282del4 ning mida Eestis pole varem uuritud. Keskkonnateguritest püüti uuringus leida seoseid tubakasuitsu ja allergiahaiguste avaldumise vahel. Geneetilist teavet vajame eelkõige selleks, et mõista paremini haiguse põhjust ning leida sobivamaid ravimeid. Tervisele negatiivset mõju avaldavaid keskkonnategureid on meil võimalik teatud määral vältida. Teadusuuringute abil võib leida palju säästvama viisi haiguse kontrolli all hoidmiseks, kui seda praegu tehakse.

SISUKOKKUVÕTE

Allergiahaigused on kogu maailmas viimastel aastakümnetel oluliselt sagenenud. Uuringutulemuste kohaselt seostatakse allergilist astmat, riniiti, atoopilist dermatiiti, pollinoosi ja ülitundlikkust mutatsioonidega c.2282del4 ja p.R501X filagriini kodeerivas geenis, mille kombineeritud sagedus eurooplaste seas on 9%.

Käesoleva uurimistöö eesmärk oli välja selgitada filagriini mutatsiooni c.2282del4 sagedus täiskasvanute seas Eestis, sh eraldi allergikutel ja mitteallergikutel, ning kas suitsetamine on soodustanud uuritavat mutatsiooni kandvatel isikutel allergiahaiguste avaldumist.

Uuringu juhtgrupi moodustasid 101 allergia diagnoosiga inimest ning kontrollgrupi 101 mitteallergikut. Uurimistöös osalejad kaasati ja proovid

koguti ajavahemikus 1. november kuni 14. detsember 2011 Tallinnas ja Tartus. Geneetiline analüüs teostati ajavahemikus 14. november 2011 kuni 11. aprill 2012 kõrgkooli laboris. Küsimustikest ja geneetilisest uuringust saadud andmete analüüsimiseks kasutati Microsoft Office Excel 2007 ja Stata 12.0 andmetöötlusprogrammi. Kontroll- ja juhtgrupi võrdlemiseks kasutati χ^2 -testi. Statistiliselt oluliseks loeti tulemused, mille puhul p-väärtus $\leq 0,05$.

Mutatsiooni c.2282del4 esineb analüüsitud valimi põhjal Eestis 5,9%. Kuigi allergikutel esines filagriini mutatsiooni sagedamini kui mitteallergikutel, ei olnud võimalik seda valimi põhjal statistiliselt kinnitada. Filagriini geeni mutatsiooni c.2282del4 olemasolu suurendab atoopilise dermatiidi esinemise tõenäosust. Samuti võib mutatsioon suurendada mitme allergiahaiguse koosinemise tõenäosust, kuigi statistiliselt see kinnitust ei leidnud. Suitsetamise soodustavat mõju allergiahaiguste avaldumisele mutatsiooni c.2282del4 kandjatel ei suutnud uuring ei tõestada ega ümber lükata.

SISSEJUHATUS

Allergiahaiguste nagu astma, riniit ja atoopiline dermatiit esinemine on maailmas viimaste aastakümnete jooksul oluliselt sagenenud (Isolauri jt 2004; Palmer jt 2006), kuid teadmised nende tekkepõhjustest ja ennetusvõimalustest on puudulikud ning vajavad edasist uurimist. Allergiahaiguste kujunemist soodustavad mutatsioonid mitmetes erinevates geenides. Üheks enam uuritud geeniks on filagriini geen. Filagriin (*filament-aggregating protein*) on valk, mis on seotud marrasknaha ehk naha väliskihi moodustumise ja naha barjääri säilitamisega (Enomoto jt 2008). Filagriini geeni mutatsioonidega kaasneb filagriini valgu funktsionaalne puudulikkus. Eri riikides domineerivad erinevad filagriini mutatsioonid, Euroopas esineb kõige sagedamini c.2282del4 ja p.R501X (Berg jt 2012). Erinevates uuringutes on näidatud selle seost atoopilise dermatiidi, astma, allergilise riniidi ja ülitundlikkusega teatud toiduainete suhtes (Brown jt 2011). Keskkonnateguritest soodustavad allergiahaiguse kujunemist tubakasuits, saastatud välisõhk ja teatud ravimid. Koduloomade omamine ja eluruumide seisund võivad aga allergiate tekkimist kas soodustada või vastupidi, ära hoida (Annus jt 2009). Allergiahaiguste sagenemise põhjuseks peetakse ka lääneliku eluviisi hügieenitingimusi (Van Bever jt 2009). Käesoleva töö eesmärk on uurida filagriini mutatsiooni c.2282del4 sagedust täiskasvanute seas Eestis ja tubakasuitsu mõju selle geenimutatsiooni kandjatel allergiahaiguste avaldumisele.

Uurimuse ülesanneteks on välja selgitada

- mutatsiooni c.2282del4 esinemise sagedus Eestis;
- kas allergikutel esineb filagriini mutatsiooni sagedamini kui mitteallergikutel;
- kas mutatsiooni esinemine on seotud atoopilise dermatiidiga;
- mutatsiooni c.2282del4 mõju mitme allergiahaiguse koosinemisele;
- kas mutatsiooni kandvatel isikutel esineb seos suitsetamise ja allergiahaiguse esinemise vahel.

Uurimismeetodina kasutati küsimustikku ja eksperimentaalanalüüsi. Töö tulemused võivad kaasa aidata allergiahaiguste paremale mõistmisele, mis pikemas perspektiivis võib omakorda viia allergiahaiguste ennetuse ja tõhusama ravini.

METOODIKA

Valimi suurus arvutati Win Episcopa 2.0 programmi abil, kuhu sisestati Eesti elanike arv 1 340 194 (Rahvaarv 2011), veaprotsent 5 ning usaldusvahemik 95%. Filagriini mutatsiooni puhul kasutati Palmeri jt (2006) andmeid, kus väideti, et mutatsiooni c.2282del4 sagedus Euroopas on 3,8%. Nende andmete põhjal arvutati välja, et juhtgrupi suurus peaks olema vähemalt 57.

Uurimistöe juhtgrupi moodustasid 101 allergia diagnoosiga täiskasvanut vanuses 18–73 ning kontrollgrupi 101 mitteallergikut täiskasvanut vanuses 18–71. Uuritavate leidmiseks kasutati allergoloogide dr Kaja Julge ja dr Luule Kitse ning pulmonoloog dr Kai Kliimani abi ning lisaks postitati kuulutus internetikeskkonda Facebook ja kõrgkooli siseveebi. Küsimustik koostati lõputöö tarbeks dr Kaja Julge abiga. See sisaldas nii avatud kui valikvastustega küsimusi ja koosnes neljast osast: üldised küsimused; allergiatega seotud küsimused; küsimused keskkonnategurite kohta, sh tubakasuits; ning pärilikkust uurivad küsimused. Enne uuritavate kaasamist korraldati viie inimese hulgas pilootküsitlus, kus hinnati, kas küsimustik on üheselt mõistetav ja lihtsalt täidetav.

Uuritavaid kaasati Tartus ja Tallinnas ajavahemikus 1.11.2011–14.12.2011. Uurimistöösse valiti nii suitsetajaid kui mitesuitsetajaid käepärasuse alusel ning tegu oli eesmärgipärase valimiga. Allergoloogidele ja pulmonoloogile jagati infolehed, mis riputati ka Facebooki ja kõrgkooli siseveebi. Huvi korral võttis patsient kas meili või telefoni teel autoriga ühendust ning lepitati kokku kohtumine osapooltele sobival ajal ja kohas. Uuringus osaleja kirjutas alla uuritava informeerimise ja nõusoleku vormile, täitis küsimustiku ning võttis enda põse limaskestalt Whatman Sterile OmniSwab™ filtertampooni abil epiteelirakke. Koguti ka 10 µm plastikust külviaasaga teine proov tagavaraks. Nõusolekuvormile kirjutati uuringukood, et inimestel oleks hiljem võimalik oma analüüsitulemusi küsida. Kogutud

proove säilitati $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ juures kuni geneetilise analüüsini.

Geneetiline analüüs teostati ajavahemikus 14.11.2011–11.04.2012. Kogutud epiteelirakkudest eraldati DNA Invisorb® Spin Swab Kitiga (Stratec Molecular) vastavalt tootja juhisele. PCR reaktsioonisegus kasutati DreamTaq Green DNA Polymerase'i (ThermoScientific) (1U) koos DreamTaq Green Bufferiga (sisaldab 20 mM MgCl_2), 0,2 mM dNTP, 20 pmol praimereid RPT1P7/RPT2P1 (Invitrogene) ja 1 μl genoomset DNA-d. PCR amplifikatsiooni teostati Mastercycler (Eppendorf) PCR masinaga. PCR tingimused olid järgmised: üks tsükkel $94\text{ }^{\circ}\text{C}$ 30 sekundit; 30 tsükli $94\text{ }^{\circ}\text{C}$ 30 sekundit, $59\text{ }^{\circ}\text{C}$ 30 sekundit, $72\text{ }^{\circ}\text{C}$ 1 minut; lõpuekstensioon $72\text{ }^{\circ}\text{C}$ juures 5 minutit. PCR produkti pikkuseks saadi 811 bp. Mutatsiooni tuvastamiseks lisati 25 μl PCR produktile 5 U restriктаasi AdeI (DraIII) (Fermentas), lõigati 3 h $37\text{ }^{\circ}\text{C}$ juures ning teostati geelelektroforees, kasutades 2,5% agarosgeeli. Mutatsiooni c.2282del4 korral tekib DNA ahelasse AdeI (DraIII) ensüümi lisalõikekoht. Metoodika, praimerid ja restriктаasid valiti vastavalt Smithi jt (2006) ning Gruberi jt (2007) artiklitele.

Uurimistöõ korraldamiseks taotleti Tartu Ülikooli inimuuringute eetika komitee luba nr 207/T-8. Küsimustikud ja proovid märgistati numbriliselt ja need olid anonüümsed, pärast uuritava lahkumist ei olnud võimalik proovinumbrit tema isikuandmetega seostada. Inimmaterjalidele oli ligipääs vaid uurijal. Patsienti informeeriti, et tema DNA-d kasutatakse ainult allergiahaigustega seostatavate mutatsioonide määramiseks.

Küsimustiku ja geneetilise analüüsi tulemusi analüüsiti programmidega Microsoft Office Excel 2007 ja Stata (Data Analysis and Statistical Software) 12.0. Kontroll- ja juhtgrupi võrdlemiseks kasutati χ^2 -testi. Statistiliselt oluliseks loeti tulemused, mille p-väärtus $\leq 0,05$.

Uurimistöõ autor osales uuringu kavandamisel, Tartu Ülikooli inimuuringute eetika komitee projekti ja küsimustiku koostamisel, kohtus isiklikult uuritavatega, teostas iseseisvalt laboratoorse töö ja statistilise analüüsi.

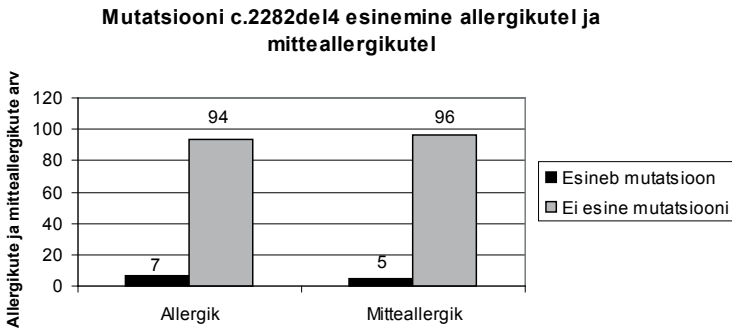
TULEMUSED

Mutatsiooni c.2282del4 leiti kokku 12 uuritaval ehk 5,9% kogu valimist (12/202). Kõik mutatsiooni kandvad isikud on filagriini mutatsiooni suhtes heterosügootid, mis tähendab, et mutatsioon esineb vaid ühes geenialleelis. Uuringugruppi ei sattunud ühtegi mutatsiooni c.2282del4 suhtes homosügootset isikut (joonis 1).

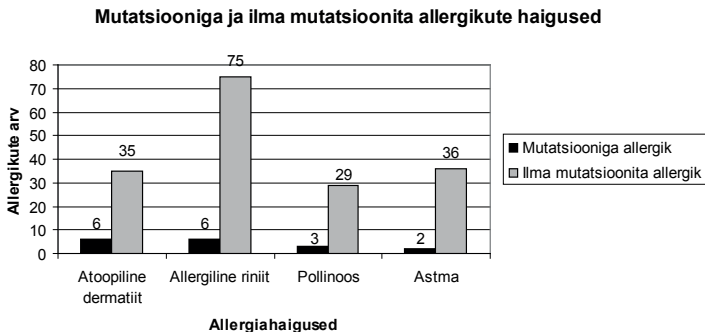


Joonis 1. Mutatsiooni c.2282del4 tuvastamine. Mutatsioon tekitab AdeI (DraIII) ensüümi jaoks lisarestriksioonisaidi. Pildil on kujutatud kasutatud suurusmarker, mutatsiooni c.2282del4 suhtes heterosügootne proov, ilma mutatsioonita uuritava proov, negatiivne kontroll ja suurusmarker. Foto on teinud autor 02.04.2012

Mitteallergikutest esines mutatsiooni viiel ja allergikutest seitsmel inimesel (joonis 2). Juht- ja kontrollgrupi vahel puudus statistiliselt oluline erinevus mutatsiooni olemasolu ja kõikide uuritavate allergiahaiguste esinemise vahel üldiselt, kuid leiti statistiliselt oluline erinevus mutatsiooni ja atoopilise dermatiidi vahel ($\chi^2 = 6,3495$, $p = 0,012$). Kuuel seitsmest mutatsiooniga allergikust esines atoopiline dermatiit ja allergiline riniit, 42,9% pollinoos ja 28,6% allergiline astma. Mutatsioonita allergikutest esines 79,8% riniit, 37,2% atoopiline dermatiit, 38,3% allergiline astma ja 30,9% pollinoos (joonis 3).



Joonis 2. Mutatsiooni c.2282del4 esinemine juht- ja kontrollgrupis. Allergikutest esineb mutatsiooni seitsmel ja mitteallergikutest viiel uuritavaal



Joonis 3. Mutatsiooniga ja ilma mutatsioonita allergikute haigused. Atoopilist dermatiiti esines vastavalt 85,7% ja 37,2%, allergilist riniiti 85,7% ja 79,8%, pollinoosi 42,9% ja 30,9% ning astmat 28,6% ja 38,3%

Mutatsiooni kandvatest isikutest kaks mitteallergikut ja neli allergikut on aktiivselt suitsetanud ning kolm allergikut ja kolm mitteallergikut pole kunagi suitsetanud. Juht- ja kontrollgrupi vahel puudus statistiliselt oluline erinevus aktiivse ja passiivse suitsetamise ning mutatsiooni vahel. Statistiliselt ei olnud võimalik näidata, et mutatsiooni omajatel mõjutaks suitsetamine (aktiivne, passiivne või ema rasedusaegne aktiivne/passiivne) allergiahaiguste avaldumist.

Mutatsiooni omavatest allergikutest 85,7% esines rohkem kui üks allergiahaigus, samas ilma mutatsioonita allergikutest esines üle ühe allergiahaiguse ainult 56,4%-l. Kuigi tulemused viitavad võimalusele, et mutatsiooni olemasolu võib suurendada mitme allergiahaiguse väljendumist, ei olnud seda statistiliselt võimalik kinnitada.

ANALÜÜS

Tegemist on esimese tööga, mis uurib filagriini mutatsiooni c.2282del4 sagedust ja tubakasuitsu mõju nimetatud allergiahaiguste väljakujunemisele Eestis. Uuringu tugevuseks on arstilt allergiadiagnoosi saanud isikute juhtgruppi kuulumine, keda oli võrdne arv mitteallergikutega. Kuna geneetilise proovi kogumise jaoks oli tarvis iga uuritava kokku saada, oli võimalik kohapeal kõik ankeedid üle kontrollida ja vajadusel vastuseid täpsustada. Seetõttu saadi kõik 202 küsimustikku täidetult tagasi. Kontrollgruppi kaasamise kriteeriumiks oli, et uuritavatel ei tohtinud olla ühtki arsti poolt diagnoositud allergiahaigust, kuid allergiasümptomite puudumise üle otsustamine on siiski subjektiivne. Rahaliste vahendite piiratuse tõttu ei olnud võimalik objektiivseks uuringuks teha naha allergiateste, määrata IgE taset vereseerumis ega uurida kopsufunktsiooni. Kuigi valim oli piisav, et määrata filagriini mutatsiooni c.2282del4 sagedus Eestis, oli selles liialt vähe mutatsioonikandjaid, et teha järeldusi keskkonnategurite mõju kohta allergiahaiguste avaldumisele.

Filagriini mutatsiooni c.2282del4 esineb täiskasvanud eestlaste hulgas 1,5 korda rohkem kui Palmeri jt (2006) Inglismaal tehtud uuringus. Ilmselt ongi siinses valimis mutatsiooni sagedamini kui Inglismaal. Käesoleva uuringu andmete põhjal on olemas seos atoopilise dermatiidi ja mutatsiooni c.2282del4 esinemise vahel, nagu on leidnud ka Palmer jt (2006), Baurecht jt (2007), Betz jt (2007), Bisgaard jt (2008), Ekelund jt (2008), Van den Oord ja Sheikh (2009).

Käesoleva töö põhjal ei saa väita, et suitsetamine soodustaks allergiahaiguse avaldumist, sest juht- ja kontrollgrupis oli suitsetajate arv sarnane. Selleks et teha statistiliselt olulisi järeldusi suitsetamise mõju kohta mutatsiooniga isikutel, oli uuringugrupis liiga vähe mutatsiooniga isikuid.

Pollinoos, allergiline riniit, atoopiline dermatiit ja astma on omavahel tihedalt seotud (Bartra jt 2009; Bieber 2010; Bujor jt 2010), mis tähendab seda, et kui inimesel esineb üks nimetatud allergiahaigustest, siis suure tõenäosusega võib tal lisaks tekkida ka teine allergiahaigus. Uuringu tulemused viitavad võimalusele, et mutatsiooni kandvatel allergikutel on suurema tõenäosusega rohkem kui üks allergiahaigus võrreldes nendega, kellel mutatsiooni ei esine. Töö autor ei leidnud varasemaid uuringuid selle kohta, et mutatsiooni esinemist oleks seostatud suurema arvu erinevate allergiahaiguste koosilmnemisega. Kui keskkonnategurite analüüsimiseks oleks valimisse olnud parem kaasata ainult kindla diagnoosiga (näiteks astmaga) uuritavad, siis kõigi allergiatega uuritavate kaasamine võib viidata uuele seosele.

JÄRELDUSED

Uurimistöö alusel saab teha järgmised järeldused.

Mutatsiooni c.2282del4 esineb valimi põhjal Eestis 5,9%.

Kuigi allergikutel esines mutatsiooni sagedamini kui mitteallergikutel, ei olnud võimalik seda valimi põhjal statistiliselt kinnitada.

Mutatsiooni olemasolu suurendab atoopilise dermatiidi esinemise tõenäosust.

Mutatsiooni olemasolu võib suurendada tõenäosust mitme allergiahaiguse koosinemiseks.

Uuring ei suutnud tõestada ega ümber lükata mutatsiooni kandjatel suitsetamise soodustavat mõju allergiahaiguste avaldumisele.

KASUTATUD KIRJANDUS

Annus T., Rahu K., Riikjärv M-A. 2009. Allergiahaigustega seotud tegurid 5–8aastastel Tallinna lastel. Eesti Arst, 88: 31–38.

Bartra J., Sastre J., Cuvillo A., Montoro J., Jáuregui I., Dávila I. jt 2009. From pollinosis to digestive allergy. J Investig Allergol Clin Immunol, 19 (Suppl. 1): 3–10.

Baurecht H., Irvine A.D., Novak N., Illig T., Büchler B., Ring J. jt 2007. Toward a major risk factor for atopic eczema: Meta-analysis of filaggrin polymorphism data. The Journal of Allergy and Clinical Immunology, 120: 1406–1412.

Berg N.B., Husemoen L.N.N., Thuesen B.H., Hersoug L-G., Elberling J., Thyssen J.P. jt 2012. Interaction between filaggrin null mutations and tobacco smoking in relation to asthma. J Allergy Clin Immunol, 129: 374–380.

Betz R.C., Pforr J., Flaquer A., Redler S., Hanneken S., Eigelshoven S. jt 2007. Loss-of-function mutations in the filaggrin gene and alopecia areata: strong risk factor for a severe course of disease in patients comorbid for atopic disease. Journal of Investigative Dermatology, 127: 2539–2543.

Bieber T. 2010. Atopic dermatitis. Ann Dermatol, 22: 125–137.

Bisgaard H., Simpson A., Palmer C.N.A., Bønnelykke K., Mclean I., Mukhopadhyay S. jt 2008. Gene-environment interaction in the onset of eczema in infancy: filaggrin loss-of-function mutations enhanced by neonatal cat exposure. PLoS

Medicine, 5: 934–940.

Brown S.J., Asai Y., Cordell H.J., Campbell L.E., Zhao Y., Liao H. jt 2011. Loss-of-function variants in the filaggrin gene are a significant risk factor for peanut allergy. *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 127: 661–667.

Bujor I.A., Bocsan I.C., Deleanu D., Cristea V. 2010. Exhaled no and risk for asthma in patients with allergic rhinitis. *Physiology*, 20: 32–35.

Ekelund E., Lieden A., Link J., Lee S.P., D'Amato M., Palmer C.N. jt 2008. Loss-of-function variants of the filaggrin gene are associated with atopic eczema and associated phenotypes in Swedish families. *Acta Derm Venereol*, 88: 15–19.

Enomoto H., Hirata K., Otsuka K., Kawai T., Takahashi T., Hirota T. jt 2008. Filaggrin null mutations are associated with atopic dermatitis and elevated levels of IgE in the Japanese population, family and case-control study. *Journal of Human Genetics*. 53: 615–621.

Gruber R., Janecke A.R., Fauth C., Utermann G., Fritsch P.O., Schmuth M. 2007. Filaggrin mutations p.R501X and c.2282del4 in ichthyosis vulgaris. *European Journal of Human Genetics*, 15: 179–184.

Isolauri E., Huurre A., Salminen S., Impivaara O. 2004. The allergy epidemic extends beyond the past few decades. *Clin Exp Allergy*, 34: 1007–1010.

Palmer C.N., Irvine A.D., Terron-Kwiatkowski A., Zhao Y., Liao H., Lee S.P. jt 2006. Common loss-of-function variants of the epidermal barrier protein filaggrin are a major predisposing factor for atopic dermatitis. *Nature Genetics*, 38: 399–400.

Rahvaarv 2011. <http://www.stat.ee/34266?highlight=rahvaarv> (10.02.2011).

Smith F.J.D., Irvine A.D., Terron-Kwiatkowski A., Sandilands A., Campbell L.E., Zhao Y. jt 2006. Loss-of-function mutations in the gene encoding filaggrin cause ichthyosis vulgaris. *Nature Genetics*, 38: 337–342.

Van Bever H., Lane B., Common J. 2009. Gene defects and allergy. *BMJ*, 339: 58–59.

Van Den Oord R.A.H.M., Sheikh A. 2009. Filaggrin gene defects and risk of developing allergic sensitisation and allergic disorders: systematic review and meta-analysis. *BMJ*, 339:b2433 doi: 10.1136/bmj.b2433.

VIINAPUUDE (VITIS) LÕIKUSVIISIDE MÕJU SAAGI VALMIMISELE

Anne-Liis Riitsalu

SEOS SÄÄSTVA ARENGUGA

Keskkonnale avaldab kõige vähem mõju mahetootmisviis, kus kasutatakse looduslikke väetiseid ja taimekaitsevahendeid. Viinapuud sobivad maheviljelusse, sest neil ei esine eriti haigusi ja taimed on mulla suhtes vähenõudlikud. Neid ei väetata ning kasvutugevust ja saagi kvaliteeti mõjutatakse võralõikusvõtetega. Viinapuude kasvatamisel on oluline sortide valik ja kasvatustehnoloogia. Haigustest võib esineda mõnel sordil hahkhallitust ja ebajahukastet. Viimase levikut saab pidurdada rohelse seebi lahusega pritsimisel. Erinevad lõikusviisid mõjutavad ka taimede arengut ja marjade omadusi.

Viinapuuistandikud on pikaealised, masinatöid kasutatakse ainult enne rajamist ning seetõttu on mõju mullaomadustele ja ümbritsevale keskkonnale väga väike. Reavahedes olev rohukamar aitab hoida ka mullaviljakust. Tähtsad on viinapuud lindudele: kuna istandikes on vaikne ja rahulik, meeldib väikestele lindudele seal pesitseda.

Eestis on laialdaselt levinud taluturism. Väike istandik taludes on atraktiivne, kuna turistidele pakub suurt elamust oma käega marjade korjamine. See on ka põhjus, miks ei pea viinamarjade maitse ühtima levinud ja tuntud sortidega! Samuti on atraktiivne oma talu mahl ja vein. Viinamari jääb Eestis nišitooteks ja tootja seisukohast jääb see lisategevusalaks. Selge on aga see, et viinamarjakasvatus on maapiirkondades üheks tulutoovaks tootmisvõimaluseks.

SISUKOKKUVÕTE

Katsetöö eesmärk oli välja selgitada lõikamise aja (kevad ja sügis) ja viisi (pikk ja lühike) mõju sordi 'Hasanski Sladki' viljade valmimisele, mida hinnati mahla kuivaine dünaamika määramise teel refraktomeetriga. Uurimistöö teostati EMÜ Rõhu Katsejaamas, kuhu 2007. aastal rajati viinapuuistandik. Lõikusviisi katsed on toimunud 2010. aastast alates ja käesolevas artiklis analüüsitavad andmed on saadud 2012. aastal kevadest sügiseni tehtud katsetel.

Kevadisel lõikusel võib olla negatiivne mõju saagi valmimisele, samas aga sõltus aja mõju lõikusviisist. Kevadisel lõikusel sobib pikk lõikusviis, mis ei mõjutanud marjade küpsemist võrreldes sügise lõikusega.

Erinevaid lõikusviise rakendades on võimalik kevadiste öökülmade kahju vähendada ning tuua saagi valmimine varasemaks. Sügisesed lõikusviisid kiirendavad pungade puhkemist kevadel ja seetõttu valmib ka saak varem, kuid sel juhul on kevadiste öökülmakahjustuste oht. Kevadisel lõikusel on pungade puhkemine ja kasvu algus hilisem, mistõttu öökülmakahjustuse oht on väiksem. Hilisem kasv võib aga negatiivselt mõjutada saagi valmimist, kui lõikus jääb liiga hiliseks. Eelistatud on kevadine lõikusviis, kuna siis on näha, millised on talvekahjustused ja kui hästi on taimed kasvama hakanud. Arvestama peab viinapuude kevadise mahlaajooksuga, mistõttu toimub kevadine lõikus suhteliselt hilja (mai lõpp, juuni algus).

Leidis kinnitust hüpotees, et kevadisel lõikusel võib olla negatiivne mõju saagi valmimisele. Samas sõltub lõikusviisi mõju suuresti lõikusviisi tüübist. Positiivselt mõjutas marjade küpsemist kevadine pikk lõikus, mis lõpptulemusena on võrreldav sügise pika lõikusega. Seega on kevadine pikk lõikus viinapuudel ohutum vältimaks öökülmakahjustusi kevadel.

SISSEJUHATUS

Jahedas kliimas kasvatatud viinamarjadest valminud veinides on tunda madala suhkrusisalduse kõrval kõrget hapete sisaldust, mis muudab veinide maitset happeliseks (Gustaffson *et al.* 2005). Sageli on viinamarjade suhkrusisaldus seotud ka ristatud vanematega (Liu *et al.* 2006). Erinevate katsete tulemused on näidanud, et isastaimed ei avalda märkimisväärset mõju marjade suhkrusisaldusele, emastaimede mõju on suurem. Kõrge suhkrusisaldusega vanemad ei ole alati eeltingimus kõrge suhkrusisaldusega järglaste saamiseks. Meie kliimasse sobivad erinevad ristandid 4 erinevast viinapuuliigist: amuuri viinapuu (*V. amurensis*), kallas- (*V. riparia*) ja põhja-viinapuu (*V. labruska*) ning euroopa viinapuu (*V. vinifera*) (Kivistik 2010). Hübriidsortidest on Eestis uuritud sorte 'Kuzminski Sini', 'Hasanski Sladki', 'Zilga' ja 'Rondo', mida soovitatakse kasvatada veini valmistamiseks (Kaarlõpp 2011). Suurema suhtarvuga olid sordid 'Kuzminski Sini' ja 'Hasanski Sladki', mille mahla kuivaine sisalduseks mõõdeti katseandmete põhjal vastavalt 22.0 °Brix ja 14.0 °Brix. Seguveini valmistamiseks sobivad nende andmete põhjal mõlemad sordid ja sordiveiniks 'Kuzminski Sini'.

Levinuimaks ja lihtsaimaks küpsuse hindamise parameetriks on veinimarjadel mahla kuivaine ja soovitatavalt on see 20 °Brix (Kliwier 1966). Näiteks 22 °Brix viinamarjamahla kuivaine sisalduse korral on veini alkoholisisalduseks 12%. Kõrgem temperatuur kui 30 °C soodustab mahla kuivaine sisalduse suurenemist

ja kui see on kõrgem kui 24 ... 25 °Brix, väheneb suhkrute transportimine lehtedest okstesse ja viinapuud muutuvad talveõrnaks (Orduna *et al.* 2010). Marjades leidub suhkrutest enim glükoosi ja fruktoosi, kuid ka sahharoosi. Sahharoosi on peale marjade ka kõikides teistes viinapuu osades (Kliwier 1966). Jahe sügis aeglustab taimede arengut, kuid parandab viinamarjades erinevate ainete, näiteks suhkrute ja hapete tasakaalu (Gustaffson *et al.* 2005). Marjadesse jõuab koguneda ka rohkem aroomi ja maitsete komponente.

Oluliseks mõjufaktoriks on kevadel pungade erinev puhkemine, mida mõjutab nende elujõud ja lõikamine. Viinapuuoksal on pungad erineva elujõuga ning nende arengut ja puhkemist saab lõikamisega mõjutada. Viinapuude lõikusviisidena on enam levinud ühe- ja kahepoolne kordon ning klassikaline ehk pikk lõikusviis (Gustaffson *et al.* 2005). Vajalik on ka lehtede ja üleliigsete kobarate eemaldamine, et saavutada koristusperioodiks parim marjade täisküpsus. Ühe- ja kahepoolse kordonsüsteemi korral on tüve kõrgus minimaalselt 7,5 ... 15 cm. Põhjamaade tingimustes võimaldab madal tüvi kasutada talveõrnade sortide puhul talvekate. Lõunapoolsete kasvatuspiirkondade minimaalne viinapuude tüve kõrgus on sõltuvalt kasvatusviisist väga erinev, 1m (kordon-tüüpi võra) kuni 9,5 m (VSP ehk vertikaalne võrsete paigutus). Kasvatusviise on palju ja enamasti on maksimaalne kõrgus keskmiselt 3 ... 5 m (Riitsalu 2011).

Eelnevast lähtudes võib püstitada hüpoteesi, et kevadine lõikus sobib öökülma- kahjustuste vähendamiseks, kuid siis võib marjadesse koguneda oluliselt vähem suhkruid kui sügisese lõikuse puhul. Katsetöö eesmärk oli välja selgitada lõikamise aja (kevad ja sügis) ja viisi (pikk ja lühike) mõju sordi 'Hasanski Sladki' viljade valmimisele.

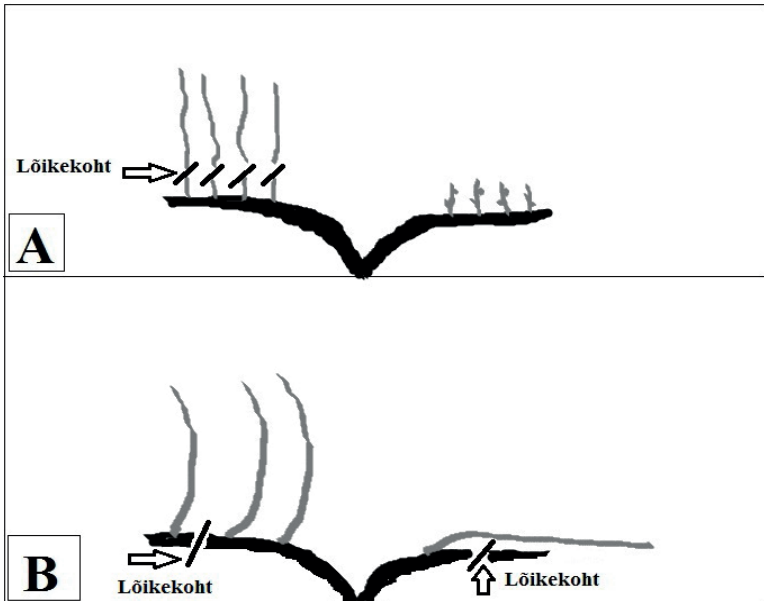
METOODIKA

Uurimistöö korraldati EMÜ Rõhu Katsejaamas, kuhu 2007. aastal rajati viinapuuistandik OÜs Mikrotaim *in vitro* paljundatud viinapuuistikutega. Rajatud peenrad on 1 meetri laiused ja need multšiti musta kilega. Taimed istutati 2-meetriste vahedega ning reavaheks jäeti 2,5 meetrit, kuhu külvati muru. Järgmisel kevadel paigaldati viinapuudele toetus ning võra kujundati rõhthnõörpuuks. 2012. aastal kaeti maa geotekstiiliga ja see omakorda hakkepuiduga.

Töö autor kogus katseandmed viinamarjamahla kuivainesisalduse ja lõikusviiside aja mõju kohta 2012. aastal. Katses oli 4 lõikusviisi varianti: kevadine pikk, kevadine lühike, sügisene pikk ja sügisene lühike lõikusviis. Variandis oli 3 kordust ja igas korduses 8 taime.

Lühikese lõikuse korral on viinapuul kaks tüve ja kaks mitmeaastast hõlma, millel kasvavad vilju kandvad võrsed. Kummalegi hõlmale jäeti orienteerivalt neli kuni kuus võrset. Vastavalt katsevariantidele, kas siis sügisel või kevadel, lõigati

viljakandnud oksad kahele pungale. Pika lõikuse korral jäeti taimele kaks tugevamat üheaastast oksa, mille pungadest kasvasid saakikandvad võrsed.



Joonis 1. Viinapuu lõikusviisid: lühike lõikusviis enne ja pärast (A) ning pikk lõikusviis enne ja pärast (B)

Mahla kuivainesisalduse määramiseks korjati igast kordusest *ca* 40 marja, tarjade ülemisest ja alumisest osast. Kuivainesisalduse mõõtmiseks kasutati refraktomeetrit. Lõikusviisi mõju hindamiseks analüüsiti katsetulemusi ühefaktorilise dispersioonanalüüsiga ja arutati piirdiferents. Andmetöötluse tulemusena leiti piirdiferentside väärtused 95% usutavuse juures (PD95%). Joonistel on kasutatud lõikusviiside tähistamiseks lühendeid 'SL' - sügisene lühike, 'SP' - sügisene pikk, 'KL' - kevadine lühike ja 'KP' - kevadine pikk lõikus.

TULEMUSED JA ANALÜÜS

15. augustil (andmeid ei ole esitatud) oli mahla kuivaine vahemikus 10,7 ... 11,5 °Brix ja lõikamise aja ja viisi mõju ei esinenud. 23. augustil ilmnis mahla kuivainesisalduses lõikusviiside mõju sügisel pikal lõikusel (joonis 2A). 12. septembril oli lõikamise aja mõju näha sügisese ja kevadise pika lõikusviisi korral, mahla kuivaineväärtus vastavalt 15,9 °Brix ja 17,0 °Brix (joonis 2B). 26. septembril

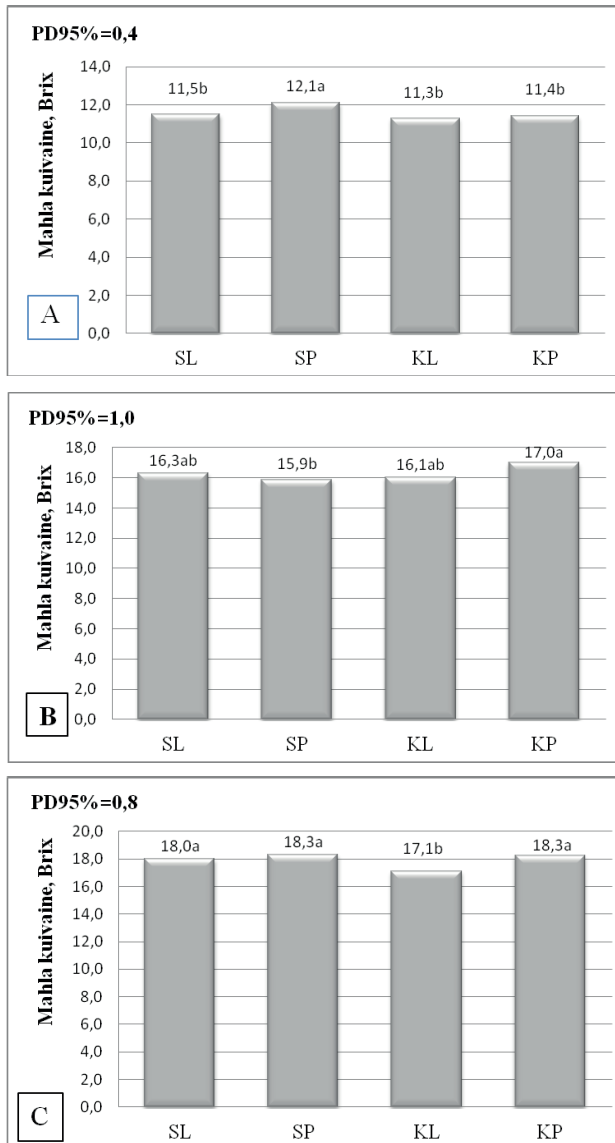
lõikusviiside aja mõju kuivainesisaldusele muutus: kevadise ja sügise pika lõikuse tulemused võrdsustusid, aga lühikese lõikuse puhul oli aja mõju püsiv. Kevadisel lühikesel lõikusel on näha, et mahla kuivainesisaldus marjades on katses madalam, 17,1 °Brix. Saagi koristamise ajal ilmnis lõikusviisi mõju kevadisel ja sügisesel pikal lõikusel. Saagi küpsemine hilines lühikese lõikusviisi korral (joonis 2C). Varasemate aastate katsed sordiga 'Hasanski Sladki' on näidanud 2012. aasta tulemustega sarnaseid tulemusi. Seega võib öelda, et 'Hasanski Sladki' on sort, mis sõltumata ilmastikuoludest saavutab veini valmistamiseks peaaegu piisava suhkruisalduse nii pika kui lühikese lõikusviisi rakendamisel.

Katsetulemusi mõjutas pungade erinev asetus oksal ja nende elujõud. Lühikese lõikuse puhul kasvavad võrsed okste alumistest pungadest, mis ei ole nii elujõulised, asetsevad tihedamalt ja nendest kasvanud võrsed on ebahütlase kasvutugevusega. Pika lõikuse korral alumised pungad tihti ei kasvagi välja ja keskmistest elujõulistest pungadest kasvanud võrsed on tugevama kasvuga. Seega mõjutas saagi küpsemist nende pungade elujõud, millest kasvasid saakikandvad võrsed. Pika lõikuse korral on võrsed hütlasema ja tugevama kasvuga. Tarjade valmimine on hütlasem ja suhkruisaldus marjades suurem tänu sügisestele õistele ja päevas-tele temperatuurikõikumistele.

Erinevaid lõikusviise rakendades on võimalik kevadiste öökülmade kahju vähendada ning tuua saagi valmimine varasemaks. Sügisesed lõikusviisid kiirendavad pungade puhkemist kevadel ja seetõttu valmib ka saak varem, kuid sel juhul on kevadiste öökülmakahjustuste oht. Kevadisel lõikusel on pungade puhkemine ja kasvu algus hilisem, mistõttu öökülmakahjustuse oht on väiksem, kuid hilisem kasv võib negatiivselt mõjutada saagi valmimist, kui lõikus jätta liiga hiliseks. Eelistatud on kevadine lõikusviis, kuna siis on näha, millised on talvekahjustused ja kui hästi on taimed kasvama hakanud. Arvestama peab viinapuude kevadise mahlajooksuga, mistõttu toimub kevadine lõikus suhteliselt hilja (mai lõpus, juuni algul).

2011. aastal valmisid marjad erakordselt vara, 12. septembril. Kõrgeim kuivainesisaldus oli siis 19,8 °Brix. 2012. aastal mõõtsime mahla kuivainesisalduseks viinamarjades maksimaalselt 18,3 °Brix, mille teket mõjutasid kindlasti ka vegetatsiooniperioodi ilmastikuolud. 2011. aasta kõige vihasem kuu oli september ja kõrgeima keskmise õhutemperatuuriga kuu juuli. 2012. aastal said viinamarjad koristusküpseks alles septembri lõpus. Kõige vihasem kuu oli august ning kõrgeim keskmine temperatuur mõõdeti Rõhu katsejaamas juuli lõpus / augusti algul. Teistsuguste ilmastikuolude tõttu valmis saak hiljem ning ka marjade kuivainesisaldus oli madalam.

Kinnitust leidis hüpotees, et kevadine lõikus võib saagi valmimist negatiivselt mõjutada. Samas sõltub lõikusviisi mõju lõikusviisi tüübist. Positiivselt mõjutas marjade küpsemist kevadine pikk lõikus, mis on võrreldav sügise pika lõikus-ega. Seega on viinapuude kevadine pikk lõikus kevadiste öökülmakahjustuste vältimiseks ohutum.



Joonis 2. Lõikusviisi ja -aja mõju viinamarjamahla kuivaine (oBrix) sisaldusele 23. august 2012 (A), 12. september 2012 (B), 26. september 2012 (C). Erinevad tähed tähistavad olulist erinevust variantide vahel ($p < 0,05$). Lõikusviiside lühendid: SL – sügisene lühike, SP – sügisene pikk, KL – kevadine lühike, KP – kevadine pikk

KASUTATUD KIRJANDUS

Gustafsson J., Martensson A. 2005. Potential for extending Scandinavian wine cultivation. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B - Soil and Plant Science* 55: 82 – 98.

Liu H.-F., Wu B.-H., Fan P.-G. Li S.-H. 2006. Inheritance of sugars and acids in berries of grape (*Vitis vinifera* L.). *The Chinese Academy of Sciences*.153: 99 – 107.

Kaarlõpp K. 2012. Sordiomaduste ja võralõikuse mõju viinapuude (*Vitis*) saagi kvaliteedile. *Magistritöö. Eesti Maaülikool*. 1 – 58.

Karp K. 2008. Viinapuud Eesti viljapuuaeades. *Aiandusfoorum 2008*. 7 – 8.

Karp K., Starast, M., Tiisler, A., Veelma, K. 2008. Viinamarjasortide mahla kuivaine ja hapete sisaldus avamaal. *Agronoomia*. 131 – 134.

Kivistik, J. 2010. Eesti puuvilja- ja marjakultuuride soovitus Sortiment. Eesti Aiandusliidu puuviljanduskomisjon. http://ak.rapina.ee/jaan/puuv/sort2010/a_sortiment10.htm (14.12.2012)

Kliwer W.M. 1966. Sugars and Organic Acids of *Vitis Vinifera*. *Plant Physiology* 41(6): 923 – 931.

Moreno J.J., Cerpa-Calderon F., Cohen S.D., Fang Y., Qion M., Kennedy J.A. 2008. Effect of postharvest dehydration on the composition of pinot noir grapes (*Vitis vinifera* L.) and wine – *Food chemistry* 109(4). 755 – 762.

Orduña de R.M. Climate change associated effects on grape and wine quality and production. Cornell University. 2010. ScienceDirect.

Riitsalu A-L. 2011. Viinapuude kasvatustehnoloogiad ja kasvatamine Eestis. *Bakalaureusetöö. Eesti Maaülikool*. 1 – 79.

Rõhu Katsejaama ilmajaam. Põllumajandus- ja Keskkonnainstituut. Eesti Maaülikool.<http://pk.emu.ee/struktuur/rohu-katsejaam/katsejaama-ilmastikuandmed/> (14.12.2012)

[http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B6T6V-5033XSF-1&_user=2728019&_coverDate=08/31/2010&_alid=1512472356&_rdoc=12&_fmt=high&_orig=search&_origin=search&_zone=rslt_list_item&_cdi=5040&_st=13&_docanchor=&_ct=48&_acct=C000058628&_version\(25.10.2010\)](http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B6T6V-5033XSF-1&_user=2728019&_coverDate=08/31/2010&_alid=1512472356&_rdoc=12&_fmt=high&_orig=search&_origin=search&_zone=rslt_list_item&_cdi=5040&_st=13&_docanchor=&_ct=48&_acct=C000058628&_version(25.10.2010))

HARIDUSFILOSOOFILISELT ÕIGLANE HINDAMINE (ÜLI)KOOLIS

Sven Anderson

SEOS SÄÄSTVA ARENGUGA

Õigluse tagamisega hariduses tagame üldisema jätkusuutlikkuse, sest inimesed tunnevad ennast seeläbi moraalselt ja seaduslikult kindlustatuna. Vastupidisel juhul ehk ebaõiglasel kohtlemisel, ebaõiglasel hindamisel, kinnistame õpilastes moraaltust. Viimane tekitab inimeste vahel probleeme ja umbusaldust (kui räägime moraalist, siis ei ole probleemid mitte õiguslikud, vaid kõlbelised). Samuti on õiglane hindamine üks arusaamisvõime eeldusi, mille olemasolul tagame erinevate ideede võrdse kohtlemise. See võimaldab eksisteerida sõnabadusel ja hoida kokku inimestega koos töötamisele kuluvat aega.

SISUKOKKUVÕTE

Erinevad mõtlejad on kirjutanud, et haridus ja haritus on hindamatu vara. Teoreetilise ja empiirilise analüüsi tulemusena leian, et koolis tuleks kasutusele võtta tulemusmudel koos binaarse hindamisega, muutes väärtusarusaamu hindamise ülesandest ühiskonnas. Praegu olemasolevat süsteemi kasutades tuleks luua eraldi hindamise teaduslike meetodite rakendamise süsteem või juhend ja võtta kasutusele statistiline veamäär kontseptsioon.

Kokkuvõtvalt leidsin üheksa hindamise õigluse alusprintsipi:

1. inimestega arvestamine
2. hindamise täpsete kriteeriumite loomine
3. holistilisus inimese elu kulgemise üle
4. arusaamine tunnetest
5. arusaamine
6. konkreetsus hindamise süsteemides
7. õpilastega konkreetset arvestamine
8. hindamismudelitega arvestamine
9. bürokraatia vähendamine,

mis tõendavad, et sobivaimaks hindamise meetodiks võib olla binaarne hindamine või mittehindamine.

SISSEJUHATUS

Koolielu mõjutab inimese kogu eluteed, kujundades tema käitumist ja arusaamu. Maailma koolisüsteemid kasutavad erinevaid hindamismeetodeid. Üheks sagedasemaks on õigete ja valede vastuste suhe. Käesoleva filosoofilise uurimuse eesmärgiks on tõestada, et ainuõigeks hindamissüsteemiks koolis, lähtudes õiglusest nii õpetaja kui õpilase suhtes, on kas binaarne hindamine või üldse mitte hindamine. Uurimuse hüpoteesiks on, et hindamine peab põhinema võrdsusel, mis on võimalik ainult mittehindamise või binaarse hindamise puhul. Meetoditena on kasutatud empiirilist uuringut ja kriitilist argumenteerimist.

METOODIKA

Esimest meetodit kasutasin küsitluse korraldamisel interneti vahendusel. Uurisin õpetajate ja õpilaste arusaamist moraalist ja õiglusest haridussüsteemis seoses hindamisega. Küsimustiku saatsin käepäraselt valitud koolidesse, Eesti õpetajatele/õppejõududele ja inimestele Facebooki. Tagasiside tuli peamiselt Facebooki kaudu. Vastustele rakendasin Pearsoni korrelatsioonianalüüsi küsimuste omavahelise suhte kohta.

Teise meetodi raames arutlen kriitiliselt õigluskontseptsiooni ja küsitlustulemuste alusel hindamise kõlbeliste tagamaade üle. Kriitiline argumenteerimine eeldab probleemi püstitamist, argumentide esitamist ja järelduste tegemist.

Mõlemad meetodid on valitud praktilistel kaalutlustel teineteist toetama ja tagama võimalikult elulähedase vahetu kontakti (üli)koolieluga.

TULEMUSED

Küsitlus toimus 13.–25. mail 2012. aastal. Kokku osales 59 inimest vanuses 10–70, kellest 51% olid õpilased, 19% õpetajad ning 31% muu ameti esindajad. Kõige

enam, 51% vastanuid oli vanuses 20–30. Küsimusi oli kuus¹.

Küsimuste kohta tegin korrelatsioonianalüüsi. Neljanda ja viienda küsimuse vaheline korrelatsioon oli 0,02466139, mis tähendab, et inimesed on nõus andma A-d ja E-d ühesugustel tingimustel. Samuti osutas analüüs, et esimese ja teise küsimuse korrelatsioon oli negatiivne (-0,47866499), mis tähendab, et inimeste moraalivalikud ei ole ilmtingimata seotud hindamise vajalikkusega. Inimeste moraalne hoiak on siinkohal seotud tugevamalt hindega A (-0,20321150) kui hindega E (-0,24907703). Sarnaselt ei ole hindamise vajalikkus seotud (-0,00980453) elus edasijõudmisega, kuid on olulisemal kohal kui eelnev seos kahe tunnuse vahel. Hinnete panemise moraalsuse ja hinnete alandava mõju suhtes oli aga positiivne korrelatsioon (0,66207682), mis tähendab, et hindeid on moraalne panna, kuid neid on alandav saada. Teisiti sõnastatult, hindeid kasutatakse vahel kui karistusvahendit. Huvitav tulemus tuli ka hindamise kui alandamise ja hinde A saamise vahel (-0,07609845) ning hinde E saamise korral (-0,28564472). Küsitlus nimelt näitab, et hinde A panemine või saamine on alandavam kui hinde E saamine, mis tähendab, et halva töö korral ollakse pigem rahul madalama kui kõrgema tulemusega. Kommentaarides oli lisatud, et hinded ja elus edasijõudmine pole omavahel seotud. Küsitluse tulemusena leidsin, et hinde E saamine (0,04918424) on elus edasijõudmisel olulisem kui hinne A (-0,20811975). Samas üldise kokkuvõttena pole hinded elus edasijõudmisel määravad (-0,00980453).

ANALÜÜS

Haridusfilosoofiast teoreetiliselt

Haridust defineeritakse sõltuvalt filosoofilisest taustast kui teadmiste, oskuste ja vilumuste omandamise ühiskondlikku viisi. Vähem on levinud käsitlus haridusest kui sotsialiseerimise ja kultuuriga kohandumise protsessist. Haridusfilosoofiaks nimetatakse peamiselt haridusprobleemide lahendamist ja õppimist filosoofilisest perspektiivist (Noddings 1998). Formaalse hariduse andmisega kaasneb ka hindamine. Hindamist defineeritakse Eesti Vabariigi seaduses ühtse hindamissüsteemi järgi: „Õppija õpiväljundite saavutatuse hindamine, sealhulgas tema enesehindamine, on õppeprotsessi osa, mille käigus antakse kindlate hindamiskriteeriumide alusel õiglane ja erapooletu hinnang õppija teadmiste ja oskuste omandatuse

1 1) Kas hindamine on koolis vajalik? 2) Kas hindamine on moraalselt väär? 3) Kas hindamine alandab õpilast inimesena? 4) Kas hinne A ehk väga hea on õigustatud olukorras, kus õpilane ei tea kõike? 5) Kas hinne E ehk rahuldav on õigustatud olukorras, kus õpilane on teadmisi näidanud kirjeldavas vormis ehk mitte konkreetset? 6) Kas õpilase hindamine on tema elus edasijõudmisega kalkuleerimine?

taseme kohta vastavalt õppekavas kirjeldatud õpiväljunditele.” Hindamist saab seega vaadelda kui positiivsete ja negatiivsete hüvede jagamist, mis vastab Michael Waltzeri järgi jaotava õigluse kuuele punktile (1996).

1. Kõik hüved, mida jaotav õiglus puudutab, on sotsiaalsed hüved.
2. Mehed ja naised omistavad hüvesid konkreetselt.
3. Ei ole ühte ainsat hulka kõigi hüvede jaoks.
4. Täendus dikteerib hüvede liikumise.
5. Sotsiaalne tähendus on ajalooline ja õiglus on ajas muutuv suhteline väärtus.
6. Kindlate hüvede tähenduse korral toimub hüvede jaotamine automaatselt.

Hindamine puudutab tänapäeval eelkõige praktilist pedagoogilist ja andragoogilist tegevust. Pedagoogikat määratletakse üldiselt kui lastele ja andragoogikat kui täiskasvanutele suunatud õpetamist. Põhjuseks see, et kõik antiikaja ja veidi hilisemad filosoofid-õpetajad olid tegelikult täiskasvanute, mitte laste õpetajad. (Märja jt 2003: 23) Mõlemas valdkonnas eristatakse hindamisel kolme aspekti: õpilaste hindamine, õpetajate tagasiside ja õppetöö kvaliteet. Eri aspektide hindamiseks on erinevad kriteeriumid. Haridusfilosoofiliselt on hindamine oma seotuse tõttu (väärtus)kasvatuse, teadmuse ja psühholoogiaga väga spetsiifiline teema. On täheldatud, et õpetamise süsteemi saab üles ehitada ka hinneteta. (Salumaa, Talvik 2009: 4).

Õiglust vaatlen essees institutsioonide ehk praktikate omadusena ja õiglusprintsiipe nende määrangutena. Keskendun peamiselt Rawlsi õigluse tavatähendusele, mis seisneb vastuolude kõrvaldamises ja sobivas lahendamises. (Lipping 2002) Laiendan õigluse mõiste indiviidide omaduseks, mis võimaldab vaadelda õigluse suhet inimesega otse, avades laiema arutelu võimalused õigluse kujunemise üle.

Kasutan õigluse võrdsuse printsiipi ainult õpetaja ja õpilase vahelises suhtes. See tagab, et mõlemad osapooled saavad üksteisest üheselt aru ja tegutsevad sellest lähtuvalt. Koolis nagu mis tahes ühiskondlikus organisatsioonis on tähtis suhtumine, sest sellest oleneb keskkond ja õppetöö kvaliteet (Torkoff 2004). Arusaamine tagab omakorda probleemideta olukorra ehk antud juhul õigluse.

Õpetajad ja õpilased on õppimise kontekstis võrdsed. See tähendab, et vaimufilosoofiliselt on mõlemad arenemisvõimelised olendid ja oluline on nende võimekus ja arenemisvõimaluste võrdsus, mitte vanusevahe.

Eri riikides on kasutusel erinevad hindamissüsteemid, mis üldjuhul järgivad standardiseeritud õppe- ja ainekavade malli. Hindamine haarab moraalselt ja tehtud töö väärtust. Selle alusel eristatakse kolme hindamise vormi: tundelist, verbaalset ja mitteverbaalset (Tuulik 2006).

Hindamise kujunemisest

Ajalooliselt on kujunenud välja standardiseeritud ja mittestandardiseeritud hindamise meetodid. Viimase aja trendiks on standardiseeritud meetod.

Esimesena maailmas kasutati eksameid Hiinas Hani dünastia ajal, mis Sui dünastia ajal umbes 600 a eKr standardiseeriti. Hiljem, Mingi ja Qingi dünastiate ajal, olid väljakujunenud testid elukorralduse loomulik osa.

Eurooplased tutvusid Hiina eksamitega Esimese maailmasõja järel, kuid juba 1905. aastal oli psühholoog Albert Binet koostanud vaimse võimekuse testi, mis sai hiljem tuntuks kui *Stanford-Binet Intelligence Test*. See test oli hindamissüsteemi kujunemisel oluline, sest vaimse võimekuse testid võeti aluseks kooliõpilaste hindamisel.

Tänapäeval on koolides kasutatavad hindamismeetodid sarnased, mis võimaldab neid ühisosa määramise kaudu kirjeldada.

Samade hindamismeetodite jaoks kasutatakse erinevaid sõnu. On kujundav ehk diferentseeritud ja kokkuvõttev ehk objektiivne hindamine. Mõlemad rakendatakse nii väljundi- kui sisendipõhises õppes. Eestis on kasutusel väljundipõhine õpe, mis on suunatud eesmärkidele, mida õpilane peab endale seadma; sisendipõhine õpe keskendub rohkem õppejõududele ja õpetajatele.

Koolides kasutatakse protsessi-, tulemus-, normi- ja kriteeriumhindamist. Erinevad hindamismeetodid on vajalikud erinevate teadmiste mõõtmiseks, millest saab teadmus. Esimest kasutatakse edasijõudmise, teist info omandamise hindamiseks. Normhindamine võimaldab inimesi võrrelda ja viimane on mõeldud tagasiside andmiseks. Kahjuks ei arvestata erinevaid hindamisviise ametlikult, nimelt tunnistusele ei märgita, kuidas vastav hinne kujunes. Probleemiks on asjaolu, et andekust ja sellest tulenevaid loovaid protsesse ei suudeta hinnata, sest ei ole ühest seisukohta, mis need on.

On olemas erinevad teadmiste liigid, nagu deklaratiivne teadmine ehk teadmine faktide ja asjade kohta ning funktsionaalne teadmine ehk teadmine faktidest seoses asjadega. Neid teadmiste liike hinnatakse erinevalt. Esimest võib hinnata kinniste testidega, kus küsimused ei pea olema kontseptuaalselt seotud, teise puhul peab aga töö olema kontseptuaalne. Koolides peaks arvestama mõlemaga, kahjuks tehakse seda harva.

Hindamine hõlmab ka väärtuskasvatuse aspekti, mis tähendab, et iga hindamine peab kajastama väärtuseid ja moraalinorme (Harro-Loit 2011). Samuti peab hindamine olema üks tagasiside vormidest, mitte selektsiooni või karistuse vahend (Tuulik 2006 & 2010; Salumaa, Talvik 2009), mis on ajalooline pärand.

On kaks kokkukuuluvat tagasisidesüsteemi osa - õpilaste-õpetajate tagasiside ja kvaliteedihinnang koolidele. Esimene aitab hinnata õppetöö sisemist ja teine välist kvaliteeti. Viimane on päevakorda tulnud poliitilisel surveel (Pukk 2010), olles tugevalt seotud Bologna ja Lissaboni protsessiga. UNESCO järgi defineeritakse kvaliteeti üldiselt kui multidimensionaalset konstruktsiooni, mis haarab

õpetamise funktsioone õppekavadest kuni keskkonnani. See tähendab, et kvaliteedist on saanud üks peamisi aluseid massihariduse tekkimisel ja levimisel. Eestis rakendatakse õpilaste-õpetajate hindamist vaid kutse- ja ülikoolides. Õpilaste tagasisidest oleneb õpetajate töökeskkonna heaolu ja motiveeritus. Tavapäraselt antakse tagasisidet nii kirjeldavas kui ka hinnangulises vormis. Euroopas on koolidele hinnangu andmiseks välja kujunenud vastavad meetodid: audit, akrediteerimine, hindamise ja kvaliteedikontroll. Kvaliteeti mõjutavad peamiselt võimekus, ettevalmistus, perekonnaseis, isiksus, püüdlused ja õpiharjumused. Koos elukestva õppe suunilusega on maailmas pööratud tähelepanu hindamis-meetodite väljatöötamisele. Lähtepunktiks on olnud kvaliteet.

Filosoofiline arutus

Esmalt selgitan, kuidas saab kasutada empiirilise uurimuse tulemusi, sest enamik inimesi leidis, et hindamisega ei ole (üli)koolides probleeme. Probleemi nägemiseks analüüsisin saadud andmeid statistiliselt, kasutades Pearsoni korrelatsioonianalüüsi. Selle tulemusena on võimalik püstitada üldandmetele vasturääkivaid argumente.

Esimene argument binaarse hindamise või mittehindamise poolt on tõe enesemääratlus. Tõel pole kindlapiirilist enesemääratlust, mis õppimise kontekstis konkreetsemaks muutuks. Õppimise kontekstis on tõe kokkuleppeline suhe õpiku koostajate, õpetajate, õpilaste ja ühiskonna vahel. See tähendab, et tõe on subjektiivne ja igal osapoolel on oma seisukoht tõest mingi asja kohta. Tõe subjektiivsus põhjustab hindamisel osapoolte vahel probleeme, seda eriti standardiseeritud testide korral. Seega meie õigluse kontseptsioonist lähtuvalt ei ole hindamissüsteeme või hindamist üldse õige kasutada.

Kõigepealt, miks me hindame? Kas me hindame selleks, et teha valikuid inimeste vahel või nende teadmuse kontrollimiseks? Esimesel juhul peavad üldise arvamuse kohaselt olema olema standardiseeritud testid, sest need võimaldavad objektiivset hindamist. Teadmuse² hindamise puhul aga arvatakse, et õiglase hindamise tagab diferentseeritud kujundav hindamine. Tegelikult soovime nii valikute tegemisel kui teadmuse hindamisel selgitada inimeste võimekust. Nimelt ei tule hinnata mitte teadmisi, vaid teadmust, mis on esimese tulemus ja lihtsamini testitav. Seega ei ole meile tähtis testide standardiseeritus, vaid kriteeriumite olemasolu võimekuse väljaselgitamiseks. Üheks võimaluseks on muuta olemasolev hindamissüsteem veelgi teaduslikumaks (statistilise) veamäära sissetoomisega. Teiseks võimaluseks on vähendada algeid kriteeriumeid binaarse hindamise esitusviisiga, mis toob kaasa teaduslike kriteeriumite vähenemise – binaarse hindamise veamäär on üldiselt väike – ja nii valikute tegemise kui ka

2 Lihtsustatult võttes on teadmus teadmised, mis jäävad järele pärast õppimist (mingi aja vältel).

teadmuse hindamise lihtsustumise. Kolmandaks võimaluseks on loobuda hindamisest ja anda ainult lihtsustatud vormis tagasisidet, mis on hindamise peamiseks eesmärgiks.

Andekus või selle puudumine on hindamisel oluline aspekt (Unt 2005). Mõlemal juhul väärivad inimesed võrdset kohtlemist ehk õiglust hindamisel. Selleks et õppetöös toimuks progress, peab hindamine võimaldama diferentseeritust või standardiseeritud hindamise korral veamäära arvestamist. Seega on üheks võimaluseks tuua sisse veamäära arvutamise kohustus või vähendada kõigi osapoolte kohustusi binaarse hindamise kaudu, mille veamäär on juba hindamiseks kasutatava süsteemi olemuse tõttu üldiselt madal. Radikaalsemal juhul tuleb hindamine üldse kaotada. Esimeseks õigluse printsiibiks on eelnenud arutelu põhjal inimesega arvestamine. Kõik järgnevalt käsitletavat õigluse printsiibid on loodud, pidades silmas Michael Waltzeri (1996) jaotava õigluse pidepunkte.

IQ ja teiste psühholoogiliste testide puudused kanduvad üle standardiseeritud testidele, sest viimased on kujundatud esimeste järgi. Seega standardiseeritud hindamise jätkamisel tuleks edaspidi sisse tuua veamäär ja teaduslikud meetodid, mis teeks aga hindamise koolis keeruliseks ja bürokraatlikuks. Järelikult tuleb muuta hindamissüsteem vähem kriteeriumeid nõudvaks. Võimalusteks on kas binaarne hindamine või hindamise lõpetamine. Esimene variant vähendaks oluliselt testide valiidsuse kriteeriumeid. Õigluse teiseks printsiibiks on seega hindamise täpsete kriteeriumite loomine, mis arvestaks veamääraga.

Küsitluse analüüs kinnitas minu arvamust, et hinded pole inimvõimete määramisel absoluutne tõde, milline arusaam on inimestel kujunenud ühiskondliku surve tõttu. Hinded on tagasisidesüsteemi üks osa ehk et inimene, kes oli koolis x-hindeline, võib elus olla võimekas või saamatu, sõltuvalt mitmetest koolivälisest iseloomu ja isiksuse teguritest. Seega ei määra hinded inimese tervet elukäiku, vaid ainult teatud institutsioonidesse pääsemist, kus selekteerimine on tähtis. Järelikult pole oluline, millist hinnete pallisüsteemi kasutatakse, vaid tähtis on tagasiside, mis töödele antakse. Seega binaarne hindamine on põhjendatud tegevus, kui arvestada, et hindamist soovivad mõlemad osapooled. Vastasel juhul võime kinnitada, et hindamine ei ole üldse vajalik. Kolmandaks õigluse printsiibiks on eelnevast tulenevalt holistilisus inimese elu kulgemise üle.

Eelnenud argumendi vastu räägib selektsiooni vajadus kooli astumisel või kandideerimisel tasustatud kohtadele. See tähendab, et on vaja luua mitmepalline süsteem, mis võimaldaks inimestel konkureerida. Parimaks vahendiks on peetud protsentuaalset lähenemist, mis võimaldab näidata oma võimeid väga laial skaalal. Seega pole võimalik täielikult loobuda objektiivsetest standardiseeritud testidest. Mittehindamine või alternatiivne binaarne hindamine on järelikult mõeldud sise-, mitte välishindamiseks.

Sellele vastuargumentile leidub aga omakorda vastuargument. Binaarne hindamine või mittehindamine on seotud majanduslike ressursside jaotamise

probleemiga. Ühiskonnas, kus majanduslikud ressursid jaotusid hariduse andmisel kuni doktorantuuri lõpuni võrdselt, poleks selektsiooniks vajadust ja iga inimene saaks käia koolis oma võimete, vajaduste ja huvide kohaselt. Järelikult on hindamine ühiskondlik probleem, millest tuleb vabaneda, et tekiks võimaluste ühiskond, mis on omakorda vajalik elukestvaks õppeks. See ei tähendaks kaugeltki seda, et kõik inimesed õpiksid x asutuses, asuksid teadust tegema või loobuksid töötamisest. Kõik sõltub inimese töökusest ja tegutsemisvõimekusest.

Inimesed on tunnetega olendid. Iseküsimus on, kuidas nad seda teadvustavad. Õpetajad ja õpilased on koolis tundelised, kui tegemist on hindamisega. Mõjustamise psühholoogia järgi toimub elus üksteise vastastikune mõjutamine ilu ja sümpaatia kaudu (Cialdini 2005). See tähendab, et koolis toimub samasugune vastastikune mõjutamine kui igapäevaelus. Sellest saame järeldada, et hindamisel mõjutavad õpilased õpetajaid ja vastupidi. Ei saa väita, et õpilased mõjutavad hindamist alati omakasupüüdliselt. Siiski võib öelda, et ilusamad ja meeldivamad inimesed saavad tõenäolisemalt paremaid hindeid. Samuti on täheldatud, et hindeid antakse ka eetilistel põhjustel, peamiselt kaastundest, eriti kui on tegu pingutatud, aga ebaeduka sooritusega (Carr, Steutel 1999). Analüüsi tulemustest ilmnes, et hinded võivad olla moraalsed, aga võivad vahel inimest alandada, eriti hinde A puhul. Seega tuleb hindamisse suhtuda väga kriitiliselt, milline arvamus kõlas ka essee jaoks tehtud küsitluse kommentaarides. Hindamine on järelikult inimsuhete tasandil kahetine ja seega meie õigluse kontseptsiooni järgi väär. See kinnitab eespool esitatud väidet, et parim hindamise viis on binaarne hindamine või mittehindamine. Sellest omakorda tuleneb õigluse neljas printsiip – arusaamine tunnetest.

Samas peab tõdema, et eelmist argumenti õõnestab riiklikul tasandil standardiseeritud õppekavade³ kasutamine, mille järgi peavad kõik tööd olema taandatavad valede-õigete vastuste suhtarvule. Ehk hindamine on määratletud kui protsentuaalne tegevus, kus x protsent tähistab rahuldava hinde lävendit. Järelikult tuleb kriitiliselt suhtuda ka binaarsesse hindamisse kui alternatiivi.

Üle-eelmise argumendi põhjal saame väita, et õpilaste ja õpetajate vahel on erimeelsused, mis on tingitud ka inimeste mõtlemise erinevustest (Butler, McManus 2002: 11-17). Õpilased saavad hindamisest aru x moodi ja õpetajad y moodi, mille alusel saame juba põhjendatud seisukoha, et hindamine on kriitiliselt võetuna subjektiivne tegevus. Oma olemuselt välistab see õiglase hindamise, mis kinnitab binaarse hindamise või mittehindamise vajalikkust. Järelikult on õigluse viiendaks printsiibiks arusaamine (mis kaudselt kajastus ka esimeses argumentis).

3 Standardiseeritud õppekavad on kasutusel riiklikul tasandil, mis näiteks Eestis määrab ära, millised on vabadused ja kohustused kooli tasemel.

Vastuargument eelnevale on, et väljakujunenud arusaamine reeglitest võib olla mingis vahemikus kõikuv, kuid on ühisosaga. Ehk hindamine võib toimuda mitmepalliliselt, kui mõlemad osapooled on sellega pärast süsteemist arusaamist nõus, sest siis ollakse õiglased. Sageli aga peame tõdema, et praktilistes olukordades ei ole asjad nii üheselt võetavad. Järelikult pole alternatiivina pakutud binaarne hindamine sobiv ja ainsaks võimaluseks on mittehindamine. (Mittehindamine on hindamine, kui arvestada, et tagasisidet antakse töödele endiselt.) Õigluse kuuendaks printsiibiks on seega konkreetsus hindamissüsteemides.

Enamik inimesi ei pea hindamist ebamoraalseks ja alandavaks tegevuseks. See tähendab, et hindamine peab olema kalkuleeritud tegevus, mitte alluma subjektiivsetele või veamäära omavatele süsteemidele. Seega võime öelda, et binaarne hindamissüsteem kui kõige väiksema subjektiivsuse ja veamääraga hindamine on parim lahendus koolides. Järelikult hinnete õigluse aluseks on põhjendatult eespool käsitletud printsiibid.

Objektiivne ja kujundav hindamine on hindamise kaks alarühma, mis jagunevad varem kirjeldatud hindamisvormideks. Mõlemal on täheldatud nii negatiivseid kui positiivseid külgi, aga kumbki ei suuda toime tulla eelnevalt käsitletud teadmiste holistilise analüüsimise ja tagasiside andmisega. Seega tuleb leida uusi võimalusi terviklikuks teadmiste hindamiseks. Üheks võimaluseks jääb endiselt teaduslike meetodite lisamine hindamiskriteeriumitele. Teiseks võimaluseks on kriteeriumite vähendamine binaarse hindamise abil või hindamise täielik kaotamine, mille elluviimisel kaob ka probleem, jättes alles kirjeldava tagasiside kui vahendi anda tagasisidet.

Üheks levinumaks hindamise strateegiaks on normaaljaotuse ehk hindamiskõvera järgimine. See meetod on lihtne, nagu eespool märgitud. Siiski on sel miinuseid, millest peamine on, et õpetaja on võimeline oskuslikult õpetama vaid väikesi õpilaste rühmi. See tähendab, et hindamine peab vastama grupi võimetele. Parimaks võimaluseks on binaarne hindamissüsteem, mis on oma loomult sümmeetriline ja järgib paikapandud normmäära. Samas on see õpilastele kohandatud, kui kasutatakse väljundipõhist õpet koos kujundava hindamisega. Siin on aga paradoks hindamise ja õppesüsteemide vahel. Sageli samastatakse standardiseeritud hindamisi kindlate õppesüsteemidega. Järelikult pole binaarne hindamine lahendus hindamisel tekkivatele probleemidele. Ainsaks lahenduseks on mittehindamine ja õigluse seitsmendaks printsiibiks on seega konkreetselt õpilasega arvestamine.

Eelnevat hindamise meetodit nimetatakse üheks võrdlushindamise meetodiks. Sellele vastupidine on tulemusudelil põhinev meetod. See tähendab, et hinnatakse sooritust ja eesmärgiks pole selektsioon, vaid teadmiste sügavuse mõõtmine. See ei tähenda, et hindamine pole subjektiivne, vaid tegu oleks kokkuleppelise subjektiivsuse ärakasutamisega. Õpetaja hindab hetkesooritust standardi alusel,

võrdlemata seda teiste töödega. Selline meetod välistab eelnevalt käsitletud hindamissüsteemide, peamiselt võrdlemismudelil põhinevad probleemid. Ainsana ei suuda tulemusudel arvestada inimnõrkusega, millest tuleneb haloefekt ehk õpilaste negatiivne tagasiside hindamise praktikatele ja omavaheline võrdlemine. Ainus võimalus selle ärahoidmiseks on kasutada mitmepallilise hindamise alternatiivina binaarset või üldse mitte hindamist. Järelikult on kaheksandaks õigluse printsiibiks hindamismudelitega arvestamine.

Koolides kasutatakse kvaliteedi mõõtmiseks mitmesuguseid hindamise vorme. See toob kaasa bürokraatia, mis tingib õpilaste taseme hindamise. Sageli toimub praktikas õpilaste selektiivne hindamine, mis tähendab, et hindamise eesmärgid anda tagasisidet ja õpilast julgustada muutuvad kehtetuks, pärssides tegelikult õppetöö kvaliteeti. Üheks alternatiiviks on kasutada binaarset hindamist koos väljundipõhise õppega, mis võimaldab standardiseeritud õppekavasid koos diferentseeritud hindamisega. Nii säilib õppetöö kvaliteet ja väheneb bürokraatlik kohustus lisada õppetöö kvaliteedi nõuetele hinnete statistilise veamäära leidmine. Seega viimaseks õigluse printsiibiks võiks olla bürokraatia vähendamine.

KASUTATUD KIRJANDUS

Butler G., McManus F. 2002. Psühholoogia – põgus sissejuhatus. Tallinn: AS Kupar, lk 11-17.

Carr D., Steutel J. 1999. Virtue Ethics and Moral Education. London: Routledge, pp. 86.

Cialdini B.R. 2005. Mõjustamise psühholoogia – Teooria ja praktika. Tallinn: Pegasus.

Curren R. 2003. Educational Equality and Justice. A Companion to the Philosophy of Education. Oxford: Blackwell Publishing, pp. 471-486.

Eesti ja Soome haridus ning muutused EL-i hariduspoliitikas 1990–2000. 2008. Tallinn: Tallinna Ülikooli Kirjastus, lk 237-248.

Harro-Loit H. 2011. Väärtusarendus ja analüüs – miks ja kuidas? Tartu: Tartu Ülikooli Eetikakeskus, lk 7-11.

Helemäe J., Saar E., Võõrmann R. 2000. Edu ja ebaedu. Kas haridusse tasub investeerida? Tallinn: TPÜ Rahvusvaheliste ja Sotsiaaluuringute Instituut, lk 225-231.

Lipping J. 2002. J. Rawls – Õiglus kui ausameelsus. Kaasaegne poliitiline filosoofia – valik esseesid. Tartu: EYS Veljesto kirjastus, lk 163-185.

Märja T., Lõhmus M., Jõgi L. 2003. Andragoogika – raamat õppimiseks ja õpetamiseks. Tallinn: Kirjastus Ilo, lk 7-15, 23, 31-33, 142-143, 231-232, 236-241.

Noddings N. 1998; Philosophy of education. Oxford: Westview Press, pp. 2.

Pilli E. (n/a). Väljundipõhine hindamine kõrgkoolis. Tartu: Sihtasutus Archimedes Programmi Primus büroo, lk 3-10.

Pukk J. 2010; Kõrghariduse kvaliteet ja üliõpilaste edasijõudmine kõrgkoolis. Tallinn: Hariduspoliitika keskus, Kasvatusteaduste Instituut, Tallinna Ülikool, lk 9, 15-16, 25, 36-38, 39, 43-44, 56-59.

Salumaa T., Talvik M. 2009. Õpitulemuste hindamine koolis. Tallinn: Merlecons ja Ko OÜ, lk 4, 27-28.

Torkoff M. 2004. Töö- ja koostöökultuur koolis – Culture of Work and Cooperation at School. Tartu: Tartu Ülikooli Kirjastus, lk 0-1, 3, 13,17, 20.

Tuulik M. 2006. Kõlbline kasvatus. Tallinn: M. Tuulik, lk 47-66.

Tuulik M. 2010. Kasvatuse klassika. Tallinn: M. Tuulik, lk 223-227.

Unt I. 2005. Andekas laps: raamat õpetajale ja lapsevanemale. Tallinn: Koolibri, lk 85-91.

Walzer M. 1996. Sphers of Justice – A Defence of Prulalism and Equality. UK: Blackwell, pp. 7-10.

II TASEME ARTIKLID

Magistrantuuri lõpetanud ja doktorandid

KSÜLEEMIMAHLA KAALIUMIOONIDE SISALDUSE MÕJU KSÜLEEMI HÜDRAULILISELE JUHTIVUSELE KÕRGENDATUD ÕHUNIISKUSE TINGIMUSTES

Annika Karusion

SEOS SÄÄSTVA ARENGUGA

Taastuvate ressursside jätkusuutlik kasutamine on tänapäeval aktuaalne teema. Taastuvate ressursside alla kuuluvad ka taimsed ressursid, nagu mets ja puit. Õhuniiskusega manipuleerimise katsealal (FAHM) simuleeritakse suureneva atmosfääriiniiskuse mõjusid metsakooslustele, s.o pikaajalist keskkonna trendi, mida ennustatakse Põhja-Euroopa jaoks. Seega on käesolev uurimus tihedalt seotud globaalsete kliimamuutuste temaatikaga. Ühelt poolt etendavad metsad biosfääris üliolulist rolli, olles muutusi puhverdavaks ja stabiliseerivaks faktoriks. Teiselt poolt mõjutavad ja ohustavad järsud keskkonnamuutused metsaökosüsteeme. Lisaks on metsad Eesti majandusele väga tähtsaks ressursiks. Tulevikus suureneb metsa ja puidu kui ressursi tähtsus veelgi, eriti EL energiastrateegia valguses. Viimase eesmärk on suurendada aastaks 2020 taastuvate energiaallikate osakaalu energiabilansis 20%-ni.

SISUKOKKUVÕTE

Töö eesmärgiks oli uurida suurenenud õhuniiskuse kontekstis ksüleemimahla kaaliumioonide sisalduse ($[K^+]$) ja ksüleemi hüdraulilise juhtivuse (K_B) vahelisi seoseid lehtpuudes arukase ja hübriidhaava näitel. Selgus, et valguse intensiivsus mõjutab nii ksüleemimahla K^+ sisaldust kui ka oksa hüdraulilist juhtivust. $[K^+]$ ja K_B muutused puude võraaluselt ladva suunas olid seotud valguse intensiivsusega. Valgusokste $[K^+]$ ja K_B olid oluliselt kõrgemad kui varjuokste vastavad näitajad, enamikus katsetes olid K_B ja $[K^+]$ omavahel korreleeritud. Nende näitajate samasuunalised muutused vastavalt puistusesisele vertikaalsele valgusgradientile viitavad sellele, et kaaliumioonid osalevad ksüleemi hüdraulilise juhtivuse regulatsioonis, mis leiab aset rektsioonina valguse intensiivsuse muutustele.

Õhuniiskusega manipuleerimise katse näitas, et hübriidhaabade voolutatud okste $[K^+]$ oli niisutusringide puudes 16% madalam kui kontrollringides. Arukasel esines sarnane tendents, mis paraku polnud siiski statistiliselt oluline.

SISSEJUHATUS

Taime hüdrauliline arhitektuur mõjutab otseselt vee- ja gaasivahetust, liigi levikut ja ka puude maksimaalset kõrgust (Tyree, Ewers 1991). Pikka aega on arvatud, et soontaimede ksüleemi hüdraulilise juhtivuse määravad üksnes anatoomilise ehituse iseärasused ja koe veega küllastatuse tase. Viimase aja uuringud aga näitavad, et ksüleemi hüdraulilise juhtivuse lühiajalised muutused võivad olla tingitud ksüleemimahla katioonide sisaldusest (Zwieniecki *et al.* 2001; Gasco *et al.* 2006; Nardini *et al.* 2007; Van Ieperen 2007; Cochard *et al.* 2010; Nardini *et al.* 2011a), eelkõige kaaliumioonide sisaldusest (Herdel *et al.* 2001). Ioonide poolt vahendatud ksüleemi hüdraulilise juhtivuse muutused on tingitud ksüleemirakude-vaheliste pooride membraanides asuva pektiini maatriksi paisumisest ja kokkutõmbumisest, kuna pektiini maatriks reageerib ionide sisaldusele ksüleemimahlas (Zwieniecki *et al.* 2001; Nardini *et al.* 2011a). Ometi vajabioonset efekti põhjustava mehhanismi lõplik kindlakstegemine lisauuringuid. Käesoleva töö eesmärgiks on uurida heitlehiste puude ksüleemimahla K^+ sisalduse ja hüdraulilise juhtivuse vahelisi seoseid õhuniiskuse tõstmisel.

METOODIKA

Katsed toimusid Tartumaal Meeksi vallas Rõka külas (58°14'N, 27°17'E, kõrgus merepinnast 40–48 m) asuval metsaökosüsteemi õhuniiskusega manipuleerimise (FAHM) katsealal. FAHMi katseala on rajatud 2006.–2007. a mahajäetud põllule, kus 2,7 hektarile on püstitatud 9 prooviringi diameetriga 14 m. Igasse ringi on istutatud 196 puud tihedusega 10 000 puud ha⁻¹, ühe poole ringist katavad arukased ja teise poole hübriidhaavad (*Populus tremula* L. × *P. tremuloides* Michx.). Kõiki prooviringe ümbritseb puhvertsoon, kuhu on istutatud hübriidhaavad tihedusega 2500 puud ha⁻¹. Kolmes prooviringis (H1, H2, H4) toimub õhuniiskuse kunstlik suurendamine ümbritseva õhu suhtes ning kolm ringi on kontrollalad (C1, C2, C4). Suhteline õhuniiskus on niisutatavatel aladel keskmiselt 7% kõrgem kui kontrollaladel. Lisaks on kolm *open-top*-tüüpi katseala, millest ühel õhuniiskust suurendatakse (H3), teisel alandatakse (D1) ning kolmas on kontrollala (C3). Õhuniiskusega manipuleerimise eksperimendi tehnilise lahenduse ja katseala detailsem kirjeldus on esitatud Kupper *et al.* (2011) artiklis.

Suurenenud õhuniiskuse mõju puude hüdraulilisele arhitektuurile (õhuniiskusega manipuleerimise katse) uuriti eksperimentaalselt 2009. ja 2011. aasta juulis-augustis. 2009. aastal toimunud katseteks valiti igast katseringist välja 2 arukaske, mõõtmisi teostati kokku kuuel katseringil: kolmel niisutataval (H1, H2, H4) ja kolmel kontrollalal (C1, C2, C4). 2011. a tehti sama katse hübriidhaavaga, kuid igast prooviringist (H1, H2, H4, C1, C2, C4) valiti mõõtmisteks välja 3 puud.

Ksüleemi hüdraulilise juhtivuse määramiseks kasutati kõrgsurve meetodit. Nii veevoogu kui rõhugradienti mõõdeti kõrgsurve voolumõõtjaga (HPFM; Dynamax, Ameerika Ühendriigid) kvaasistatsionaarsel režiimil. Proovioksad lõigati arukaskedelt kolmelt kõrguselt: keskmiselt 53 cm (keskmine oksa pikkus 91 cm), 177 cm (112 cm) ja 227 cm (91 cm) maapinnast. Kokku mõõdeti 36 proovioksa (2 töötlust \times 3 prooviringi \times 2 puud \times 3 võra asendit). Oksaalused lõigati vee all üle ning hüdrauliline juhtivus määrati kohe valgusvoo tihedusel 120–150 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (Master SON-T PIA Agro lambid). Lokaalsete temperatuurigradientide vältimiseks hoiti oksa ümbritsev õhk ventilaatori abil liikumises. Okste ja nende osade (lehtedeta vars, leherootsud ja lehelabad) hüdraulilise juhtivuse määramiseks kasutati kõrgsurve meetodit, nii nagu kirjeldatud valguskatse puhul. Pärast HPFM-ga stabiilse näidu saamist lehtedeta oksal lõigati oksa ülemine osa ära. Allesjäänud 15–20 cm pikkune oksa basaalne osa jäeti ühendatuks HPFM-ga. Seda voolutati uuesti oksapuidu hüdraulilise erijuhtivuse (k_B) hindamiseks, mis arvatati valemiga:

$$k_B = \frac{K_{\text{seg}} \cdot l}{A_x} \quad (1)$$

kus K_{seg} on oksalõigu hüdrauliline juhtivus, l on lõigu pikkus ja A_x on ksüleemi ristlõikepindala. Pärast hüdraulilisi mõõtmisi koguti kõik lehelabad kokku ning mõõdeti LI-3100C optilise pindalamõõtjaga (Li-Cor Biosciences) nende summaarne pindala.

Hübriidhaavaga toimus katse sama skeemi kohaselt. Proovioksad lõigati samuti kolmelt kõrguselt: keskmiselt 88 cm (keskmine oksa pikkus 97 cm), 234 cm (121 cm) ja 377 cm (95 cm) maapinnast. Kokku oli 54 proovioksa (2 töötlust \times 3 prooviringi \times 3 puud \times 3 võra asendit). Hüdraulilise juhtivuse andmed korregeeriti 2009. aastal vee viskoossusega temperatuuril 22 °C ja 2011. aastal temperatuuril 25 °C ning väljendati lehelaba pindalaühiku kohta. Detailne katse kirjeldus on leitav Sellin *et al.* (2010) artiklist.

Ksüleemimahla ekstraheerimiseks lõigati prooviokstelt või -võrsetelt kõik lehed. Kõikides katsetes eemaldati floeemimahlaga saastumise vältimiseks okste/võrsete lõigatud otstelt umbes 3 cm pikkuselt koor. Seejärel loputati lõikekoht deioniseeritud veega, kuivatati filterpaberiga ja asetati rõhukambrisse (Model 1000, PMS Instrument Company, Ameerika Ühendriigid) nii, et ots jääks välja. Ksüleemimahl ekstraheeriti okstest aeglaselt rõhku tõstes kuni 20–25 MPa-ni,

eralduv mahl koguti 1,5 ml Eppendorfi katsutitesse. K^+ sisaldus mahlas mõõdeti kohe C-131 kaaliumioonide mõõtjaga (Horiba, Jaapan). K^+ sisaldust mõõdeti paralleelselt kahes samalt puult lähedasel kõrgusel võetud oksas: hüdraulilisteks mõõtmisteks kasutatud oksas ja sellele kõige lähemal asetsevas oksas, mida ei voolutatud.

Algandmed sisestati programmi MS Excel 2003 (Microsoft Corp., Ameerika Ühendriigid), kus tehti esmased arvutused. Andmete statistiliseks töötlemiseks kasutati programmi Statistica 8.0 (StatSoft Inc., Ameerika Ühendriigid). Esmalt kontrolliti andmete vastavust normaaljaotusele, milleks kasutati Kolmogorov–Smirnovi testi. Enamik mõõdetud parameetritest olid normaaljaotusega, ülejäänute puhul piisas normaaljaotuse saavutamiseks logaritmilisest teisendusest. Erinevate tunnuste mõju analüüsimiseks kasutati dispersioonanalüüsi (GLM moodul), rakendades III tüüpi ruutude summat, kuna tegu oli tasakaalustatud andmestikuga. Dispersioonide homogeensuse nõue (kontrollitud Levene testiga) oli kõigi analüüside puhul täidetud. Uuritavate tunnuste keskmiste erinevuste olulisust hinnati Tukey HSD testi abil. Kaaliumioonide sisalduse ja hüdraulilise juhtivuse vaheliste seoste uurimiseks rakendati lineaarset regressioonanalüüsi.

Isiklikult tegelesin statistilise analüüsi, ksüleemimahla ekstraheerimise ja K^+ sisalduse mõõtmisega. Hüdraulilise juhtivuse ja lehelabade pindala mõõtmiste juures olin abiks.

TULEMUSED

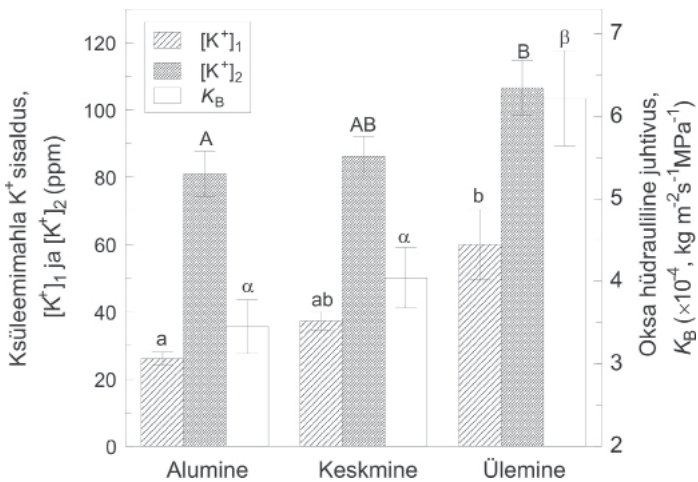
Arukask

Õhuniiskusega manipuleerimise katses osutus arukase uuritavatele tunnustele (K_B , k_{bw} , $[K^+]_1$ ja $[K^+]_2$) statistiliselt oluliseks üksnes oksa asendi mõju. Erinevate töötluste, s.t kontroll- ja niisutusringides kasvavate puude vahel ei olnud olulisi erinevusi (tabel 2), kuigi esines tendents, et niisutusringides kasvavate puude okste hüdrauliline juhtivus (K_B) ja puidu erijuhtivus (k_{bw}) olid kõrgemad kui kontrollis. Samas K^+ sisalduse puhul ilmnes pigem vastupidine tendents: kontrollringides oli see kõrgem kui niisutusringides, vastavalt 20% voolutatud ja 10% voolutamata okstes.

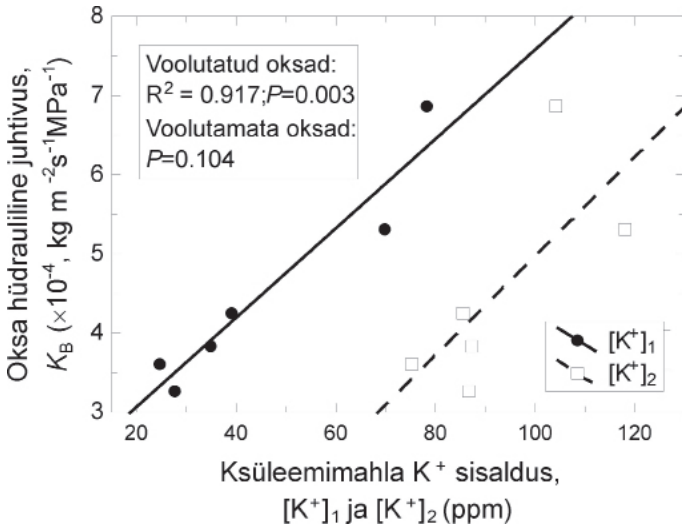
K_B ja k_{bw} suurenesid liikumisel võraaluselt ladva suunas: ülemises võra-kihis olid need näitajad vastavalt 1,8 ja 1,5 korda kõrgemad kui alumises. $[K^+]_1$ järgis sama trendi: voolutatud okste võra alumise ja ülemise asendi K^+ sisalduse erinevus oli koguni 130%, kuid voolutamata okstes kõigest 32%. Voolutamata okstes oli $[K^+]_2$ keskmiselt 2,4 korda kõrgem kui voolutatud okstes (joonis 1). Oksa hüdrauliline juhtivus oli lineaarselt seotud ksüleemimahla K^+ sisaldusega voolutatud okstes ($R^2 = 0.917$, $P=0.003$), kuid mitte voolutamata okstes ($P=0.104$; joonis 2).

Table 1. Arukase õhuniiskusega manipuleerimise katse tulemuste dispersioonanalüüs; ns – faktori mõju ei ole statistiliselt oluline (märts 2012)

Tunnus	Faktor	Tõenäosus
Oksa hüdrauline juhtivus, K_B ($\text{kg m}^{-2} \text{s}^{-1} \text{MPa}^{-1}$)	Oksa asend	$P < 0.001$
	Töötlus	ns
Oksapuidu erijuhtivus, k_{bw} ($\text{kg m}^{-1} \text{s}^{-1} \text{MPa}^{-1}$)	Oksa asend	$P = 0.013$
	Töötlus	ns
Voolutatud oksa ksüleemimahla K^+ sisaldus, $[K^+]_1$ (ppm)	Oksa asend	$P < 0.001$
	Töötlus	ns
Voolutamata oksa ksüleemimahla K^+ sisaldus, $[K^+]_2$ (ppm)	Oksa asend	$P = 0.013$
	Töötlus	ns



Joonis 1. Ksüleemimahla kaaliumioonide sisaldus arukase voolutatud ($[K^+]_1$) ja voolutamata ($[K^+]_2$) okstes ning nende hüdrauline juhtivus (K_B) vastavalt asendile võras; veapostid näitavad standarddiga (märts 2012)



Joonis 2. Seos arukase voolutatud ([K⁺]₁) ja voolutamata ([K⁺]₂) okste ksüleemimahla K⁺ keskmise sisalduse ja oksa hüdraulilise juhtivuse (K_B) vahel (töötluste ja võrakihtide keskmised; märts 2012)

Hübriidhaab

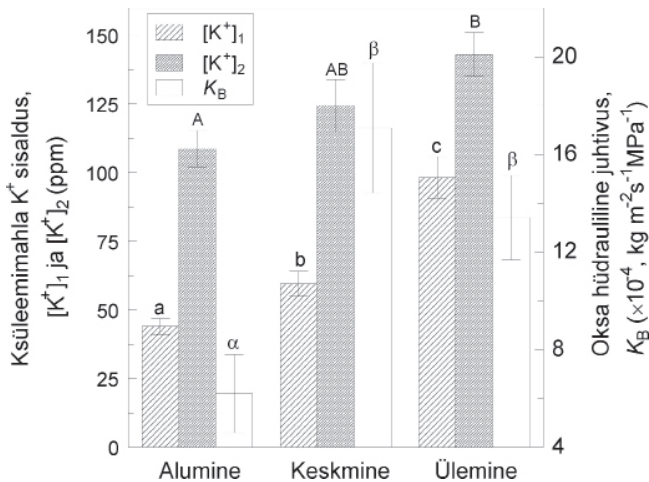
Hübriidhaava kolme uuritava tunnuse (K_B , k_{bw} ja $[K^+]_2$) puhul osutus statistiliselt oluliseks oksa asendi mõju ning voolutatud okste K^+ sisalduse ($[K^+]_1$) puhul lisaks ka töötluste mõju (tabel 2). Voolutatud okste K^+ sisaldus oli niisutusringides keskmiselt 16% madalam kui kontrollringides ning voolutamata okstel 8% madalam (joonis 4). Samas suunas muutus ka okste hüdrauliline juhtivus (K_B), kuid k_{bw} töötlus ei mõjutanud.

Erinevalt arukasest oli K_B kõrgeim keskmisel oksal, ehkki see ülemisest oksast statistiliselt ei erinenud. Oksapuidu erijuhtivust (k_{bw}) mõõdeti hübriidhaaval proovipuude iseärasuste tõttu üksnes keskmistel ja alumistel prooviokstel: k_{bw} oli keskmisel oksal 2,1 korda suurem kui alumisel oksal. Analoogiliselt arukasega suurenes K^+ sisaldus liikumisel võraalusest ladva suunas. Voolutatud okste võra alumise ja ülemise asendi K^+ sisalduse erinevus oli 123%, kuid voolutamata okstel kõigest 32%. Voolutamata okstes oli K^+ sisaldus keskmiselt 1,9 korda kõrgem kui voolutatud okstes (joonis 3).

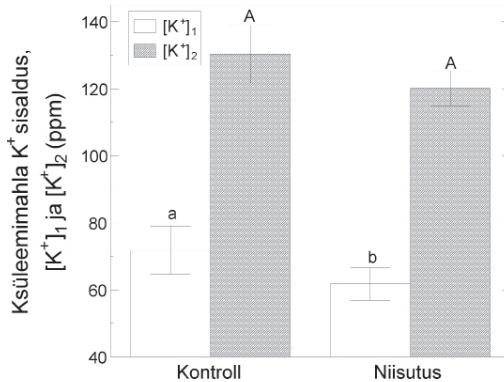
Kogu puu ulatuses ei sõltunud oksa hüdrauliline juhtivus ksüleemimahla K^+ sisaldusest ei voolutatud ($P=0.381$) ega voolutamata okstes ($P=0.520$). Ülemise võrakihi väljajätmisel analüüsist leidsime aga olulise seose voolutatud okste hüdraulilise juhtivuse ja ksüleemimahla K^+ sisalduse vahel ($R^2=0.511$; $P<0.001$; joonis 5). Voolutamata okstel vastavat seost ei tuvastatud ($P=0.207$).

Table 2. Hübriidhaava õhuniiskusega manipuleerimise katse tulemuste dispersioonanalüüs; ns – faktori mõju ei ole statistiliselt oluline (märts 2012)

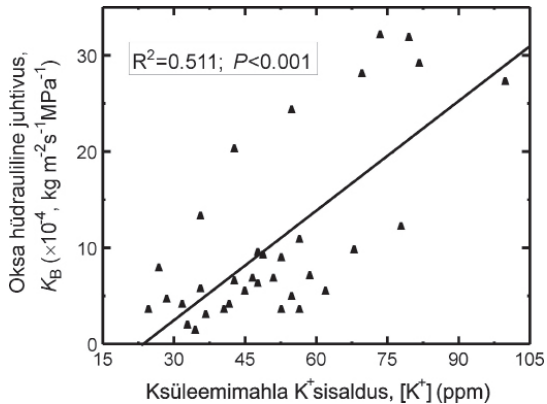
Tunnus	Faktor	Tõenäosus
Oksa hüdrauliline juhtivus, K_B ($\text{kg m}^{-2} \text{s}^{-1} \text{MPa}^{-1}$)	Oksa asend	$P < 0.001$
	Töötlus	ns
Oksapuidu erijuhtivus, k_{bw} ($\text{kg m}^{-1} \text{s}^{-1} \text{MPa}^{-1}$)	Oksa asend	$P < 0.001$
	Töötlus	ns
Voolutatud oksa ksüleemimahla K^+ sisaldus, $[K^+]_1$ (ppm)	Oksa asend	$P < 0.001$
	Töötlus	$P = 0.048$
Voolutamata oksa ksüleemimahla K^+ sisaldus, $[K^+]_2$ (ppm)	Oksa asend	$P = 0.005$
	Töötlus	ns



Joonis 3. Ksüleemimahla kaaliumioonide sisaldus hübriidhaava voolutatud ($[K^+]_1$) ja voolutamata ($[K^+]_2$) okstes ning nende hüdrauliline juhtivus (K_B) vastavalt asendile võras; veapostid näitavad standardviga (märts 2012)



Joonis 4. Ksüleemimahla kaaliumioonide sisaldus hübriidhaava voolutatud ([K⁺]1) ja voolutamata ([K⁺]2) okstes sõltuvalt töötlustest; veapostid näitavad standarddviaga (märts 2012)



Joonis 5. Seos hübriidhaava voolutatud okste ksüleemimahla K⁺ sisalduse ([K⁺]1) ja oksa hüdraulilise juhtivuse (KB) vahel keskmises ja alumises võra-kihis (märts 2012)

ANALÜÜS

Ksüleemimahla K⁺ sisaldust ja oksa hüdraulilist juhtivust näib mõjutavat valguse intensiivsus nii pikemas (kuud, aastad) kui lühemas (tunnid) ajavahemikus. Õhuniiskusega manipuleerimise katses oli võra ülalosas (valgusoksad) [K⁺] nii voolutatud kui ka voolutamata okstes oluliselt kõrgem kui võra alalosas

(varjuoksad, joonised 1 ja 3). Sarnaseid tulemusi on saadud ka harilikul loorberipuul, mille valgusokste $[K^+]$ oli umbes 3,6 korda suurem kui varjuokste $[K^+]$ (Nardini *et al.* 2010). Samas homogeensetes valgustingimustes kasvavate halli haava (*Populus tremula* × *P. alba*) seemikute võsudes $[K^+]$ kõrguslikult ei varieerunud (Siebrecht *et al.* 2003), seega $[K^+]$ muutused puude võrdealuselt ladva suunas on seotud valguse intensiivsusega.

Proovipuude alumiste okste K_B oli kõige madalam, samas kui valgusele paremini eksponeeritud okste K_B oli tunduvalt kõrgem (joonised 1 ja 3). Oksapuidu erijuhtivus (k_{bw}) suurenes samuti võra basaalsest osast ladva suunas. Seega kinnitavad käesoleva töö andmed varem saadud tulemusi lehtpuudel (Sellin, Kupper 2007a, 2007b; Sellin *et al.* 2008b). Need tulemused viitavad asjaolule, et pikaajaline erinevates valgustingimustes kasvamine on kujundanud võra hüdraulilise arhitektuuri. Oksa puult eemaldamise ja mõõtmiste vahelise aja mõju hüdraulilisele juhtivusele ja ksüleemimahla $[K^+]$ -le oli tühine, kuna hüdraulilisi parameetreid mõõdeti otsekohe pärast oksa lõikamist. Seega annavad mõõtmiste tulemused alust väita, et oksa hüdrauliline juhtivus ja $[K^+]$ sõltuvad keskkonnafaktorite gradientidest piistu vertikaalsel profiilil.

Võrasisedes hüdraulilise juhtivuse erinevused on tingitud eelkõige ksüleemi anatoomilisest ehitusest, eriti trahheede ja trahheiidide diameetritest ning nende tihedusest. Seda seisukohta toetavad mitmed uuringud (Lemoine *et al.* 2002; Sellin *et al.* 2008a; Zach *et al.* 2010). Selleks et tagada ülemiste okste piisav veevarustus, peab pikemast vooluteekonnast tingitud takistuse ja suureneva gravitatsioonivälja mõju ületamiseks okste hüdrauliline võimekus suurenema võras akropetaalselt. Seda universaalset trendi kinnitavad uuringud erinevatel liikidel (Sellin *et al.* 2008b; Sellin *et al.* 2010). Lisaks sellele on leitud, et lühiajalistes kiiretes ksüleemi transpordivõime muutustes mängib olulist rolli valgus: hüdrauliline efektiivsus (hüdrauliline juhtivus) suureneb koos valgusintensiivsuse suurenemisega (Nardini *et al.* 2010; Sellin *et al.* 2010).

Katses korreleerusid K_B ja ksüleemimahla $[K^+]$ arukase voolutatud okstes ($R^2 = 0.917$, $P=0.003$; joonis 2). Ülemise võrakihi väljajätmisel analüüsist leidsime olulise seose ka hübriidhaava voolutatud okste hüdraulilise juhtivuse ja $[K^+]$ vahel (joonis 5). Varasemates uuringutes (Zwieniecki *et al.* 2001; Zwieniecki *et al.* 2003; Van Ieperen, Van Gelder 2006; Nardini *et al.* 2007; Aasamaa, Sõber 2010; Nardini *et al.* 2010; Trifilo *et al.* 2011) on hüdraulilise juhtivuse ja $[K^+]$ vahelist seost korduvalt näidatud. Näiteks hariliku loorberipuu võrsete hüdrauliline juhtivus on seotud tema ksüleemimahla $[K^+]$ -ga (Gasco *et al.* 2006; Nardini *et al.* 2010; Trifilo *et al.* 2011). Samuti hariliku pärna, raagremmelga, hariliku vahtra, hariliku haava, hariliku tamme ja hariliku toominga tüve ning leherootsude hüdrauliline juhtivus suureneb ja väheneb kooskõlas K^+ sisaldusega (Aasamaa, Sõber 2010). Hüdraulilise juhtivuse ja ksüleemimahla $[K^+]$ dünaamika ühildumine sõltuvalt valguse intensiivsusest viitab sellele, et kaaliumioonid osalevad tüve hüdraulilise

juhtivuse regulatsioonis, mis leiab aset reaktsioonina valguse intensiivsuse muutustele. Küsimust on laiemalt käsitletud ajakirjas *Tree Physiology* 2010. aastal ilmunud artiklis (Sellin *et al.* 2010).

Hüdraulilise juhtivuse ja ksüleemimahla $[K^+]$ vahelise seose puudumine hübriidhaaval võib olla seotud okste vanuseliste erinevustega. Mõõtmiseks kasutatud ülemised oksad olid valdavalt esimese aasta külgvõrsed, samas suurima hüdraulilise juhtivusega võra keskosa oksad olid mitmeaastased. Kuna esimesed koosnevad vaid esipuidust, jäi nende K_B tõenäoliselt anatoomiliste iseärasuste tõttu oluliselt madalamaks võrreldes keskmiste okstega. Morfoloogiliste iseärasuste tõttu ei olnud aga võimalik ülemistel okstel oksapuidu erijuhtivust mõõta. See tähendab, et ksüleemi anatoomilise ehituse erinevused ilmselt varjutavad K^+ vahendatud efekti. Seda mõttekäiku toetab keskmiste ja alumiste okste K_B ning ksüleemimahla $[K^+]$ vaheline oluline seos voolutatud okstel (joonis 5). Arukase ülemiste okste mõõtmisel seda probleemi aga ei esinenud: need olid vähemalt üheaastased.

Töötluse (niisutus- ja kontrollringid) mõju osutus statistiliselt oluliseks üksnes hübriidhaabade voolutatud okste $[K^+]$ puhul (tabel 2). Voolutatud okste K^+ sisaldus oli niisutusringides 16% madalam kui kontrollringides (joonis 4). Teistel juhtudel statistiliselt olulist mõju ei tuvastatud, kuid nii hübriidhaava voolutamata okstes kui ka arukase voolutatud ja voolutamata okstes ilmnes sarnane tendents: kontrollringides olid $[K^+]$ väärtused suuremad kui niisutusringides. Selline seos võib olla tingitud asjaolust, et kontrollringides on õhuniiskus madalam, mille tõttu veekaod on transpiratsioonil suuremad. Lehtedele piisava veevarustuse tagamiseks intensiivse transpiratsiooni korral transpordikanali hüdraulilist juhtivust suurendades peab ilmselt ka ksüleemimahla kaaliumioonide sisaldus kõrgem olema.

Arukaskede ja hübriidhaabade voolutamata okste keskmine $[K^+]$ oli vastavalt 2,4 ja 2,0 korda kõrgem kui voolutatud okstel. Selline erinevus on tingitud kõrgsurve meetodil (HPFM-ga töötamisel) hüdrauliliste parameetrite mõõtmisega kaasneva ksüleemimahla lahjendamisest. Tegelikult on pigem üllatav, et katses jäid nii arukaskede kui ka hübriidhaabade voolutatud okstes pärast 20-minutilist kõrge rõhu all deioniseeritud veega voolutamist $[K^+]$ statistiliselt olulised erinevused püsima. Selline manipulatsioon peaks täitma ksüleemi juhtelemendid täielikult veega ja seega ühtlasi varjutama/ühtlustama valguse poolt indutseeritud K^+ sisalduse erinevused. Sellest tulenevalt võib oletada, et kõrgsurve meetodil tehtud mõõtmiste käigus rikastasid elavad koed (tõenäoliselt floem) ksüleemimahla jätkuvalt kaaliumioonidega. Hiljutised uuringud toetavad ideed, et kaaliumioonide retsirkulatsioon floemi vahendusel võib olla ksüleemimahla $[K^+]$ muutuste põhjuseks (Metzner *et al.* 2010). Floemi osalusele ksüleemitranspordi regulatsioonis viitab ka ksüleemi hüdraulilise juhtivuse vähenemine metaboolsete inhibiitorite kasutamise tagajärjel, näiteks $HgCl_2$ rakendamisel (Sellin *et al.* 2008b).

KASUTATUD KIRJANDUS

- Aasamaa K., Söber A. 2010. Sensitivity of stem and petiole hydraulic conductance of deciduous trees to xylem sap ion concentration. *Biologia Plantarum* 54: 299-307.
- Cochard H., Herbette S., Hernandez E., Hölttä T., Mencuccini M. 2010. The effects of sap ionic composition on xylem vulnerability to cavitation. *Journal of Experimental Botany* 61: 275-285.
- Gasco A., Nardini A., Gortan E., Salleo S. 2006. Ion-mediated increase in the hydraulic conductivity of Laurel stems: Role of pits and consequences for the impact of cavitation on water transport. *Plant, Cell and Environment* 29: 1946-1955.
- Herdel K., Schmidt P., Feil R., Mohr A., Schurr U. 2001. Dynamics of concentrations and nutrient fluxes in the xylem of *Ricinus communis* – Diurnal course, impact of nutrient availability and nutrient uptake. *Plant, Cell and Environment* 24: 41-52.
- Kupper P., Söber J., Sellin A., Löhmus K., Tullus A., Räm O., Lubenets K., Tulva I., Uri V., Zobel M., Kull O., Söber A. 2011. An experimental facility for free air humidity manipulation (FAHM) can alter water flux through deciduous tree canopy. *Environmental and Experimental Botany* 72: 432-438.
- Lemoine D., Jacquemin S., Granier A. 2002. Beech (*Fagus sylvatica* L.) branches show acclimation of xylem anatomy and hydraulic properties to increased light after thinning. *Annals of Forest Science* 59: 761-766.
- Metzner R., Thorpe M.R., Breuer U., Blümler P., Schurr U., Schneider H.U., Schroeder W.H. 2010. Contrasting dynamics of water and mineral nutrients in stems shown by stable isotope tracers and cryo-SIMS. *Plant, cell & environment* 33: 1393-1407.
- Nardini A., Gasco A., Trifilo P., Lo Gullo M.A., Salleo S. 2007. Ion-mediated enhancement of xylem hydraulic conductivity is not always suppressed by the presence of Ca²⁺ in the sap. *Journal of Experimental Botany* 58: 2609-2615.
- Nardini A., Grego F., Trifill P., Salleo S. 2010. Changes of xylem sap ionic content and stem hydraulics in response to irradiance in *Laurus nobilis*. *Tree Physiology* 30: 628-635.
- Nardini A., Salleo S., Jansen S. 2011a. More than just a vulnerable pipeline: Xylem physiology in the light of ion-mediated regulation of plant water transport. *Journal of Experimental Botany* 62: 4701-4718.
- Sellin A., Kupper P. 2007a. Temperature, light and leaf hydraulic conductance of little-leaf linden (*Tilia cordata*) in a mixed forest canopy. *Tree Physiology* 27: 679-688.
- Sellin A., Kupper P. 2007b. Effects of enhanced hydraulic supply for foliage on stomatal responses in little-leaf linden (*Tilia cordata* Mill.). *European Journal of Forest Research* 126: 241-251.

- Sellin A., Rohej r v A., Rahi M. 2008a. Distribution of vessel size, vessel density and xylem conducting efficiency within a crown of silver birch (*Betula pendula*). *Trees – Structure and Function* 22: 205-216.
- Sellin A.,  unapuu E., Karusion A. 2010. Experimental evidence supporting the concept of light-mediated modulation of stem hydraulic conductance. *Tree Physiology* 30: 1528-1535.
- Sellin A.,  unapuu E., Kupper P. 2008b. Effects of light intensity and duration on leaf hydraulic conductance and distribution of resistance in shoots of silver birch (*Betula pendula*). *Physiologia Plantarum* 134: 412-420.
- Siebrecht S., Herdel K., Schurr U., Tischner R. 2003. Nutrient translocation in the xylem of poplar – Diurnal variations and spatial distribution along the shoot axis. *Planta* 217: 783-793.
- Zach A., Schuldt B., Brix S., Horna V., Culmsee H., Leuschner C. 2010. Vessel diameter and xylem hydraulic conductivity increase with tree height in tropical rainforest trees in Sulawesi, Indonesia. *Flora: Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants* 205: 506-512.
- Zwieniecki M.A., Melcher P.J., Holbrook N.M. 2001. Hydrogel control of xylem hydraulic resistance in plants. *Science* 291: 1059-1062.
- Zwieniecki M.A., Orians C.M., Melcher P.J., Holbrook N.M. 2003. Ionic control of the lateral exchange of water between vascular bundles in tomato. *Journal of Experimental Botany* 54: 1399-1405.
- Trifilo P., Nardini A., Raimondo F., Lo Gullo M.A., Salleo S. 2011. Ion-mediated compensation for drought-induced loss of xylem hydraulic conductivity in field-growing plants of *Laurus nobilis*. *Functional Plant Biology* 38: 606-613.
- Tyree M.T., Ewers F.W. 1991. The hydraulic architecture of trees and other woody plants. *New Phytologist* 119: 345-360.
- Van Ieperen W. 2007. Ion-mediated changes of xylem hydraulic resistance in plants: fact or fiction? *Trends in Plant Science* 12: 137-142.
- Van Ieperen W., Van Gelder A. 2006. Ion-mediated flow changes suppressed by minimal calcium presence in xylem sap in *Chrysanthemum* and *Prunus laurocerasus*. *Journal of Experimental Botany* 57: 2743-2750.

KUIDAS TAIMED TAJUVAD OMA NAABREID?

Sirgi Saar

SEOS SÄÄSTVA ARENGUGA

Taimedevahelise äratundmise võimalikuks rakenduslikuks väljundiks on põllumajanduse ökonoomsemaks muutmine. Mõjutades kasvatatavate taimede vahelist konkurentsi (aretades vähem konkureerivaid sorte), võib saada rohkem või ühtlasema kvaliteediga saaki, aga ka vähem ebavajalikku biomassi (sobiv allokatsioon). Juhul kui konkurentsi mõjutatakse taimedevaheliste interaktsioonide kaudu, on arvatavasti vajalikud ka tehnoloogilised uuendused. Üldiselt aitab nähtuse uurimine kaasa ökoloogiliste interaktsioonide olulisuse mõistmisele, näidates, kuidas koosluse eri osad on omavahel seotud ning et taimed on midagi enam kui vaid fotosünteesimasinad.

SISUKOKKUVÕTE

Varasemates uuringutes on tõestatud, et juureeritised vahendavad taimede jaoks olulist informatsiooni, edastades muuhulgas allelopaatilisi signaale ning olles olulised juurte kasvu suunamisel ja toitainete omastamisel. Käesoleva uurimistöõ eesmärgiks oli vastata järgmistele küsimustele. 1. Kas juureeritised mõjutavad taimede kasvu? 2. Kas taimed suudavad teha vahet juureeritiste ja kontroll-lahuse vahel ning väljendada seda juurte kasvu erinevuste kaudu? 3. Kas sugulaste äratundmine toimub juureeritiste kaudu? 4. Kas retsipienttaimed suudavad eristada eri kooslustest pärit juureeritisi?

Metoodiliste eripäradena võrreldes teiste äratundmist käsitlevate töödega puudub siinses uuringus taimedevaheline konkurents; taimede identiteet (sugulane, mittesugulane, kooslus) on vahendatud ainult juureeritiste kaudu; taimed kasvasid pikema ajavahemiku kestel ja mullas, kus esines looduslik mikroobi-kooslus, kuid juureeritistest olid mikroobid eemaldatud.

Eksperimendi tulemusena selgus alljärgnev. (1) Juureeritised ei avaldanud olulist mõju maapealse osa biomassile, küll aga mõjutasid juurte tunnuseid. (2) Juured kasvasid rohkem juureeritiste lisamise koha poole kui mullalaigu poole, kuhu lisati kontroll-lahust. See tõestab, et juureeritised vahendavad

konkurentsisignaale. (3) Saadud tulemused näitasid, et juureeritised mängivad olulist rolli sugulaste äratundmisel ja konkurentsi vähendamisel lähisugulastest naabrite vahel. Juurte tihedus mullas, nende eripikkus ja harunemise intensiivsus olid oluliselt madalamad taimedel, millele lisati sugulaste juureeritisi, kui taimedel, mis said juureeritisi sama koosluse mittesugulastelt. Mittesugulaste juureeritiste suhtes näidati üles märksa kõrgemat konkurentsivastust: suurem juurte tihedus mullas ja biomass viitavad suuremale kasvukiirusele ja püüdlusele hõivata konkreetset ruumiosa, et sealt toitaineid ammutada, samas kui suurem eripikkus ja harunemine maksimeerivad toitainete imendumist. (4) Retsipienttaimed reageerisid eri kooslusest liigikaaslaste juureeritistele erinevalt, olenevalt eritiste päritolust. Ilmselt suudavad taimed ära tunda teisi taimi nendega samast kooslusest ja muuta sellele vastavalt oma konkurentsikäitumist.

SISSEJUHATUS

Taimed eritavad suure osa fotosünteesil fikseeritud süsinikust juurte kaudu keskkonda. Niisugune ressursikasutus on taimele kulukas, mistõttu võib eeldada, et sellel on mingi funktsioon. Varem on taimedevahelisi interaktsioone käsitlevates töödes näidatud juureeritiste allelopaatilist mõju ning rolli peremeestaimede äratundmises parasiitidel, takistuste vältimises mullas ja toitainete omastamise koordineerimises. Eritised on keemiliselt üpris mitmekesised, mistõttu on neil arvatavasti ka teisi ülesandeid.

Neis uuringutes on aga täheldatud mitmeid metodoloogilisi probleeme ja jätkuvalt arutletakse selle üle, kas ühisomanditragöödiat väljendavad muutused taime tunnustes naabriga konkureerides võivad ilmned hoopis eksperimendi vea tõttu. Põhiliselt on käsitletud naabri olemasolu ja kasutatava mullaruumi võimalikku (koos)mõju, kuid kritiseeritud on ka sugulaste äratundmisele viitavaid tunnuseid, mille muutumisel võib olla muid põhjuseid.

Käesoleva uuringu eesmärk ongi selgitada juureeritiste mõju taimede käitumisele, püüdes sealjuures vältida teistes töödes ilmnunud metodoloogilisi raskusi. Selleks püstitati järgmised hüpoteesid.

- 1. Juureeritised mõjutavad taimede kasvu.**
- 2. Taimed reageerivad juureeritistele ehk muudavad oma juurte kasvu, kui naabertaim puudub.**
- 3. Sugulaste äratundmine on vahendatud juureeritiste kaudu, äratundmisele lisandub koopeerumine.**
- 4. Taimed teevad vahet eri kooslustelt ja liikidelt pärit juureeritistel.**

METOODIKA

Artikkel on valminud kokkuvõttena magistritööst. Suurema osa eksperimendist olen ise korraldanud, juureeritiste kogumisel ja lisamisel ning juureproovide kogumisel on aidanud ka teised tööühma liikmed.

Töötlused

Juurte ruumilise paigutuse testimiseks lisati potis kasvava retsipienttaime mulda ühele poole varem kogutud juureeritisi koos toitainetega ning teisele poole ainult toitainetega lahust. Retsipienttaimeks nimetatakse siinkohal taime, mille reaktsiooni juureeritistele vaadeldi. Katse uudsus seisnes reaalse taimevahelise konkurentsi puudumises (taimede identiteet oli edastatud ainult juureeritiste kaudu), taimi kasvatati pikka aega ja nende käitumist uuriti looduslähedases mullakeskkonnas.

Eksperimendis kasutati 5 töötlust (tabel 1), lisaks kontrolltöötlust.

Tabel 1. Eksperimendis kasutatud juureeritiste päritolu ja sugulusaste retsipienttaime suhtes. Sugulased on õved ja ka poolõved ehk sama emataime järglased, isataime identiteet pole teada

Töötlus	Sugulus retsipienttaimega	Liik	Kooslus
1	sugulased	<i>Deschampsia caespitosa</i>	Kärevere
2	mittesugulased	<i>Deschampsia caespitosa</i>	Kärevere
3	mittesugulased	<i>Deschampsia caespitosa</i>	Soomaa
4	-	<i>Lychnis flos-cuculi</i>	Kärevere
5	-	<i>Lychnis flos-cuculi</i>	Soomaa

Töötluste jaoks koguti enne eksperimendi algust juureeksudaate. Eksudaatide nimetuse all mõistetakse siinkohal nõrgvett, mis sisaldab taime juurtest eritatud ühendeid. Taimi kasvatati 1:1 segus peenliivast ja aianduses kasutatavast mullast (Biolani mustmuld). Eksudaatide kogumiseks kasutati läbivoolutamist. Selleks et teha kindlaks, kas eri töötluste tarbeks kogutud lahused võisid erineda lisaks eksudaatidele ka toitainete kontsentratsioonide poolest, analüüsiti lahuste ioonide sisaldust, kasutades ionkromatograafiat (ICS-1000, Dionex Corp., CA, USA).

Katse disain

Retsipienttaimedena, kelle reaktsiooni erinevatele eksudaatidele mõõdeti, kasutati Kärevere niidult pärit seemnetest kasvatatud luht-kastevarre taimi (*Deschampsia caespitosa*). Taimed jaotati eelkirjeldatud töötluste vahel (viit tüüpi eksudaadid ja kontroll-lahus) ning iga töötlus oli replitseeritud 10 korda. Retsipienttaimedena kasutati 10 emataime järglasi nii, et iga emataim oli esindatud igas töötluses. Seemned idandati niiskel liival ja istutati 7 päeva hiljem ükshaaval pottidesse. Kasutati kunstlikku lisavalgustust 16/8 h päeva/öö tsükliga. Taimed kasvasid 3,5 l mahuga pottides; igas potis oli 2,85 kg mullasegu (1:1 mustmuld ja liiv + 250 g looduslikku mulda Kärevere niidult 10 kg mullasegu kohta). Igal nädalal muudeti juhuslikult taimede asukohta lavatsil, vältimaks paigutusest tulenevat võimalikku mõju taime kasvule.

Vältimaks juureeritistes sisalduvate toitainete mõju taime kasvule, lisati kõigile eksudaatide lahustele ja kontroll-lahusele väetiselahust. Väetiselahuse jaoks kasutati Substral VitalActiv lehtdekoratiivsete taimede väetist (3,2% NO₃, 2,8% NH₄, 5% P₂O₅, 5% K₂O). Kontsentreeritud väetis lahjendati vastavalt kas eksudaatide lahuse või veega 0,2 %-ks. Pärast väetise lisamist olid erinevused eksudaatide lahuse ja kontroll-lahuse vahel lämmastikusisalduses 0–5,4%, fosforisisalduses 0–1,4% ja kaaliumisisalduses 8,7–48,2%. Selleks et vältida kogutud juureeritistega kaasneva võivat mikroobset saastust ja tagasisidet, filtreeriti eksudaadid vahetult enne mulda lisamist steriliseeriva filtriga.

Eksudaatide ja kontroll-lahuse lisamiseks kindlasse mulla ossa paigaldati kahele poole taime torud (d 2,5 cm, taimest 4 cm kaugusel). Kontrolltoru kaudu lisati taimetele väetiselahust, töötlustoru kaudu väetiselahuse ja filtreeritud juureeksudaatide segu nii, et väetise kogus oli sama igas torus. Kontrolltöötluses pandi kontroll-lahust mõlemale poole taime. Eksudaate lisati kaks korda nädalas. Taimede kasvades suurendati lahusekoguseid iga kahe nädala tagant (25>30>35>45>55 ml). Kokku lisati eksudaate 20 korral. Katse lõpetati taimede 83. kasvupäeval.

Mõõtmised

Eksperimendi jooksul mõõdeti korduvalt taimede pikkust ning loendati lehtede ja võsude arv. Katse lõppedes iga taime maapealsed osad kuivatati ja kaaluti. Mullapuuriga (d 3,8 cm) puuriti igast potist kaks proovi – töötlustoru alt ja kontrolltoru alt (kontrollproov). Juured pesti mullaproovist välja. Juurte morfoloogiliste tunnuste mõõtmiseks skanneeriti igast juureproovist 5–7 juurt (EpsonPerfection V700 Photo, Jaapan). Skanneerimise järel analüüsiti saadud pilti programmiga WinRhizo Pro 2008a (Regent Instruments Inc., Quebec, Kanada). Pärast kuivatamist kuivatuskapis (24 h, 50 °C) kaaluti proovide juured täpsusega 0,001 g. Arvutati skanneeritud juurte kogupikkus ning peente (<0,4 mm) ja jämedate juurte (>0,4 mm) pikkuste suhe. Viimane näitab juurte harunemise

intensiivsust. Lisaks arvatati juurte eripikkus (skanneeritud juurte kogupikkuse ja massi suhe), mis kajastab juurte moodustamise hinda ja juurte eluiga. Lähtudes skanneeritud juurte pikkuse ja massi suhtest ning mullaproovis sisalduvate juurte kogumassist, arvatati ka juurte kogupikkus mullaproovis. Kuna mullaproovi ruumala oli alati sama, siis juurte kogupikkus proovis näitab juurte tihedust mullas ja kirjeldab taime pingutust ressursse sellest ruumiosast ammendada.

Andmeanalüüs

Analüüsis kasutati logaritmitud tunnuseid, et täita mudelite eeldusi tunnuste normaaljaotuse ja variatsioonide võrdluse kohta. Andmeid analüüsiti programiga R 2.12.2. Eksudaatide mõju uurimiseks juurte tunnustele kasutati lineaarset mudelit, millesse olid kaasatud töötled ja juureproov (kontroll või töötlus); eksudaatide päritolu/liik ja nende interaktsioon olid lisatud kui fikseeritud faktorid. Emataim ja emataimele allutatud (ingl. k. *nested*) pott olid lisatud juhuslike faktoritena, kuna iga emataim oli esindatud korduvalt eri töötlustes ja igast potist võeti kaks juureproovi, mis pole sõltumatud vaatlused. Sõltuvateks tunnusteks olid logaritmitud juurte biomass, eripikkus, harunemise intensiivsus ja juurepikkuse tihedus mulla ruumalaühiku kohta. Maapealsete tunnuste (lehtede ja võsude arv, pikima lehe pikkus ja maapealne biomass) analüüsil kasutati juurte tunnuste analüüsiga sarnaseid mudeleid.

TULEMUSED JA ANALÜÜS

Kuigi võsude ja lehtede arvu ning lehtede pikkust mõõdeti mitmel korral, ei leitud töötluste vahel olulisi erinevusi, mistõttu maapealse osa tunnuseid edaspidi ei kajastata.

Sugulaste äratundmine

Eksudaatide päritolu mõjutas oluliselt juurte eripikkust, harunemist ja juurte tihedust mullas. Erilist mõju ei avaldanud see aga juurte massile, sõltumata sellest, kas juured paiknesid eksudaatide vahetus läheduses või neist eemal (kontrollproovis) (statistiliselt oluline töötluse peamõju ja mitteoluline interaktsioon töötluse ja juureproovi asukoha (proovi) vahel, tabel 2).

Tabel 2. Sugulaste ja samast populatsioonist mittesugulaste juureeritiste mõju juurte massile, eripikkusele, harunemisele ja juurte tihedusele mullas. Näidatud juhuslike faktoritega mudeli tulemused, milles eksudaatide päritolu (töötlus: sugulased või mittesugulased) ja juureproovi asukoht (juureproov mullalaigust, kuhu lisati kas eksudaate või kontroll-lahust) olid lisatud mudelisse fikseeritud faktoritena ning pott ja emataim juhuslike faktoritena. Tabelis on välja toodud fikseeritud faktorite vabadusastmed (Df), hii-ruut statistikud ja nende olulisus. Statistiliselt olulised mõjud on märgitud paksu kirjaga /30.05.2012, autori tabel/

	Df	juurte tihedus		eripikkus		harunemine		biomass	
		χ^2	<i>P</i>	χ^2	<i>P</i>	χ^2	<i>P</i>	χ^2	<i>P</i>
Töötlus	1,9	5.45	0.020	6.57	0.010	8.79	0.003	1.59	0.208
Proovi asukoht	1,18	37.42	<0.001	24.12	<0.001	9.83	0.002	7.15	0.008
Töötlus×proovi asukoht	1,18	0.93	0.336	0.46	0.496	0.001	0.973	0.32	0.575

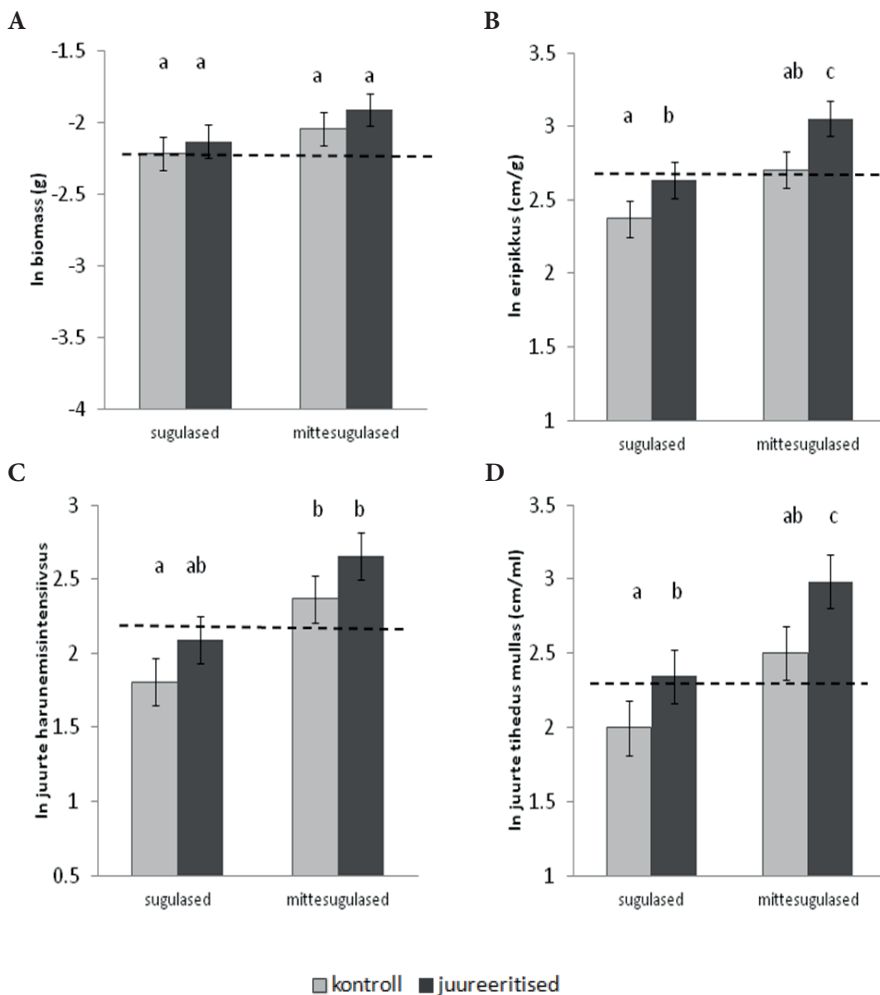
Võrreldes sugulaste eksudaatide töötlemisega oli mittesugulaste eksudaatide töötlemises juurte eripikkus keskmiselt 52% suurem, harunemine 77% intensiivsem (joonis 1, B ja C) ning tihedus 53% suurem (joonis 1D).

Võrreldes kontrolltöötlemisega, milles mõlemale poole taime lisati kontroll-lahust, oli mittesugulaste eksudaatide töötlemises juurte harunemine keskmiselt 30% intensiivsem (Tukey test, $t_{1,18} = 2,34$; $P = 0,025$), tihedus 58% suurem ($t_{1,18} = 3,42$; $P < 0,002$) ning eripikkus 21% suurem ($t_{1,18} = 1,90$; $P < 0,066$; joonis 1). Selle-eest sugulaste kontrollproovis olid tunnuste väärtused võrreldes kontrolltöötlemisega väiksemad (joonis 1), kuid oluliselt sugulaste töötlemise keskmised kontrolltöötlemisest ei erinevad ($P > 0,05$).

Sugulaste juureeritiste lisamine ühte mulla ossa põhjustas kogu taime ulatuses juurte tiheduse, eripikkuse ning harunemise vähenemist, võrreldes taimedega, millele lisati samast kooslusest mittesugulase juureeritisi. Sellest tulemusest võib järeldada, et *Deschampsia caespitosa* puhul toimub sugulaste äratundmine juureeritiste kaudu, mis põhjustavad konkurentsivastuse vähendamise isegi reaalse konkurentsi puudumisel.

Vastuseks kooslusekaaslasest mittesugulase juureeritistele näitasid taimed kõrgeenenud konkurentsivastust. Mittesugulase juureeritiste mõjul oli juurte tihedus mullas oluliselt suurem kui sugulaste eritiste puhul, mis näitab isekat

käitumist ja aktiivset püüdu sellest piirkonnast ressursse ammendada; konkurentsi puhul võiks see viia ühisomanditragöödiani.



Joonis 1. Sugulaste ja samast populatsioonist pärinevate mittesugulaste juureeritiste mõju *D. caespitosa* juurte A) biomassile, B) eripikkusele, C) harunemisele ja D) tihedusele mullas. Joonisel on esitatud kontroll- ja eksudaatide juureproovide andmed. Näidatud keskmised \pm 1 standardviga. Erineva tähega märgitud keskmised erinevad oluliselt üksteisest ($P < 0.05$, Tukey test). Kontrolltöötluse (ainult kontroll-lahuse mõju kogu taimel) keskmine väärtus on näidatud punktiirjoonega /30.05.2012, autori joonis/

Mittesugulase juureeritiste mõjul oli suurem ka harunemine, mis näitab samuti toitainete omastamise intensiivsust: juured harunevad rohkem seal, kus püütakse kiiresti toitaineid hankida. Sellist reaktsiooni on põhiliselt täheldatud heterogeense toitainete jaotusega mullas, kus taimejuured harunevad rohkem ümbritsevast mullast toitainerikkamas laigus. Selline suurenenud investeering toitainete omastamisele on vastavuses ühisomanditragöödia mudelites ennustatuga. Samas suurenenud juurte eripikkus näitab, et taimed püüdsid tõsta ka ressurside omandamise efektiivsust. Eripikkuse suurendamise kaudu muudeti juurte kasv taime jaoks odavamaks ehk kaotus reproduktsioonis ei pruugi sel juhul suur olla.

Käesolevas katses kasvasid juured märgatavalt seal, kuhu eksudaate pandi. Võrreldes sugulaste juureeritistega olid retsipienttaime juured mittesugulaste juureeritiste mõjul peenemad, rohkem harunenud ning nende tihedus mullas ja biomass olid suuremad. Sugulaste ja kooslusekaaslastest mittesugulaste töötlustes võib näha lokaalset reaktsiooni ehk taimed muudavad juureeritiste mõjul juurte morfoloogiat sellisel moel (suurendavad eripinda, harunemist jm toitainete omastamist parandavaid tunnuseid), et nende konkurentsivõime suureneb.

Juurtevaheliste interaktsioonide vajalikkust sugulaste äratundmisel on varemalt näidatud lemmaltsa (*Impatiens capensis*) puhul, kuid täpset äratundmismehhanismi selles katses leida ei püütud. Juureeritiste rolli sugulaste äratundmisel on demonstreeritud ühes teises uuringus *Arabidopsis thaliana* puhul. Katses, kus taimi kasvatati juureeritiste vesilahuses, leiti, et vastuseks mittesugulase eritisele kasvatatakse suurem arv külguuri, mida võib interpreteerida kui konkurentsi suurendamist. Harunemise intensiivistamine näitab isekat käitumist, kus taim püüab toitaineid kiiresti omastada. Sugulaste ning retsipienttaime enda eritistele eksponeerimisel kasvas külguuri vähem, millest võib oletada kooperatiivset käitumist sugulaste suhtes. Lisaks leiti, et identiteediviite annab aktiivselt sekreteeritud lahustuv kemikaal, mitte juurte kontakt.

Katse käigus ilmsid muutused morfoloogias, mis viitavad isekale käitumisele ning mida varem ühisomanditragöödia ja naabertaime äratundmise uuringutes (juureeritiste mõju eripikkusele) pole täheldatud. Käesolevas eksperimendis jälgiti taimede kasvu oluliselt pikema aja vältel ja taimed kasvatati mikroobidega inokuleeritud mullakeskkonnas, mis näitab kindlamalt, et juureeritiste poolt vahendatud sugulaste äratundmine saab toimida ka looduslikele lähedastes tingimustes. Lisaks näitab käesolev töö esmakordselt juuremorfoloogia muutust vastusena juureeritistele, mis pärinevad eri sugulusastmega taimedelt. Sellised muutused juurte morfoloogias põhjustasid märkimisväärseid erinevusi juurte tiheduses mullas isegi tagasihoidliku biomassi muutuse puhul.

Juureeritiste töötlustes kontrolltorusse teise taime juureeritisi ei lisatud, seega juurte kasv kontrollproovis peaks olema sarnane kontrolltöötõtluse omaga. Mittesugulasest kooslusekaaslaste juureeritiste töötluses sedasi oligi, sugulaste puhul oli aga kontrolltoru all juurte kasv isegi väiksem kui kontrolltöötõtluses

(erinevus statistiliselt mitteoluline). Niisugust nähtust võiks seletada järgmiselt: sugulaste juureeritiste mõjul väheneb juurte konkurentne käitumine kogu taime piires, kuid juureeritiste suunas kasvatatakse sellegipoolest rohkem juuri. Ilmselt põhjustavad ruumilisi ja üleüldisi erinevusi kogu taime tasemel erinevad signaalid, millest üks ei sõltu ja teine sõltub sugulusest. Sugulaste juureeritiste toimemehhanismina pakun välja, et kuna sugulaste juureeritised on retsipient-taime omadele piisavalt sarnased, siis saab retsipienttaim neist tulenevat infot kasutada samamoodi kui enda juureeritistest saadavat infot takistuste ja toitainete kohta ammendatud mullapiirkondade vältimiseks. Sugulastevahelisel kooperaerumisel peaks tegemist olema vastastikuse tegeliku kommunikatsiooniga, kuna interaktsiooni toimimiseks on oluline, et mõlemad osapooled konkurentsi vähendaksid.

Ruumilised erinevused juurte paigutuses

Lisaks eksudaatide päritolu mõjule põhjustas nende lisamine ühte ruumiossa ka ruumilisi muutusi juurte kasvus ja morfoloogias (oluline proovi asukohta peamõju, tabel 2). Näidati, et taimed teevad vahet juureeritistel ning kontroll-lahusel, ilmutades suunatud juurtekasvu juureeritiste suunas. Juurte kasvu suunatus ilmnes, kui võrreldi potiseselt eksudaatide ja kontroll-lahuse mõju. Sõltumata sugulusest olid nii juurte biomass kui ka tihedus, eripikkus ja harunemine suuremad eksudaatidega töödeldud mullalaigus (joonis 1, tumehallid tulbad) kui kontroll-lahust saanud mullalaigus (helehallid tulbad). Sugulaste töötleses oli juurte tihedus 42% suurem eksudaatidega töödeldud laigus kui kontroll-lahust saanud laigus; mittesugulaste töötleses oli vastav erinevus 62%.

Biomassi puhul mängis ainsa tegurina rolli juureeritiste päritolu (tabel 2, proovi asukohta peamõju). Mullalaigus, kuhu lisati juureeritisi, oli suurem juurte biomass kui kontrollproovis (joonis 1A, tabel 2).

Juureeksudaatidel lokaalselt vahetegemine on taimele kasulik arvatavasti seetõttu, et looduslikus keskkonnas on taimel üheaegselt mitu (erineva sugulastmega) naabrit, kellele tuleb korraga reageerida. Siinses katses kasvasid juured rohkem eritiste kui väetiselahuse suunas, millest järeldub, et juureeritised edastavad konkurentsi teket soodustavaid signaale. Nähtud reaktsioonist järeldub, et otsene konkurent, mida on osas uurimustes peetud põhiliseks juurekasvu erinevuste tekitajaks, ei ole selle jaoks ilmtingimata vajalik. Äratundmise esinemisel konkurentsi puudumise korral, kuid naabri signaali olemasolul võib välistada ökoloogiliste nišside rolli ning oletada, et taimed on võimelised isekaks ja kooperaatiivseks käitumiseks sõltuvalt naabri identiteedist. Taimed suudavad tajuda juureeritiste kaudu naabri olemasolu ja asukohta ning reageerida sellele, muutes oma juurte kasvu. Ruumilisi ja üleüldisi erinevusi põhjustavad ilmselt erinevad signaalid. Naabri olemasolu markeeriv signaal, millest tuleneb suunatud reaktsioon, ei sõltu sugulusest, samas kui reaktsioon kogu taime ulatuses sõltub.

Liigi ja koosluse mõju

Käesolev uurimus tõestas eksudaatide mõju koosluse- ja liigispetsiifilisust: üksnes samast kooslusest liigikaaslaste eksudaatide mõjul suurenes retsipienttaimede juurte harunemine ja tihedus mullas, samas kui teisest liigist või kooslusest pärinevate eksudaatidega töötlemisel jäid kõik juuretunnused kontrolltöötlusega sarnasele tasemele. Sellest järeldub, et tunti ära just samast kooslusest liigikaaslaste ja nende suhtes avaldati suurimat konkurentset reaktsiooni. Eripikkuse puhul ilmnes oluline erinevus üksnes liikide vahel: liigikaaslaste eksudaatidega kaasnes suurem eripikkus kui teise liigi eksudaatide mõjul. Suur eripikkus tähendab peenikesi juuri, mis on odavad ja tõstavad ressurside omastamise efektiivsust, kuid mis on lühiealised. Peened juured on vajalikud toitainete omastamiseks mullast, jämedate juurte funktsiooniks on aga peamiselt toitainete transport. On näidatud, et juured harunevad rohkem kohtades, kus taim üritab toitaineid hankida. Tavaliselt leiab see aset suurema toitainesisaldusega mullalaikudes, käesoleval juhul aga ka naabri äratundmisel.

Eksudaatide ruumiline mõju juuretunnustele olenes vaid liigist. Liigikaaslaste eksudaadid avaldasid mõlema koosluse puhul suuremat mõju juuremassi ja tiheduse ruumilisele jaotusele kui teise liigi eksudaadid. Taimed tunnevad ära oma kooslusekaaslaste ja konkureerivad intensiivsemalt samast kooslusest liigikaaslastega.

KASUTATUD KIRJANDUS

Biedrzycki M.L., Jilany T., Dudley S.A., Bais H.P. 2010. Root exudates mediate kin recognition in plants. *Communicative & integrative biology* 3: 28–35.

Campbell B., Grime J.P., Mackey J. 1991. A trade-off between scale and precision in resource foraging. *Oecologia* 87: 532–538.

Eissenstat D., Yanai R. 1997. The ecology of root lifespan. *Advances in ecological research* 27: 2–60.

Falik O., Reides P., Gersani M., Novoplansky A. 2005. Root navigation by self inhibition. *Plant, Cell & Environment* 28: 562–569.

Farley R., Fitter A. 1999. The responses of seven co-occurring woodland herbaceous perennials to localized nutrient-rich patches. *Journal of Ecology* 87: 849–859.

Fitter A. 1994. Architecture and biomass allocation as components of the plastic response of root systems to soil heterogeneity. *Exploitation of Environmental*

Heterogeneity by Plants: Ecophysiological Processes Above- and Belowground. 305–323.

Gersani M., Brown J.S., O'Brien E.E., Maina G.M., Abramsky Z. 2001. Tragedy of the commons as a result of root competition. *Journal of Ecology* 89: 660–669.

Gruntman M., Novoplansky A. 2004. Physiologically mediated self/non-self discrimination in roots. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 101: 3863–3867.

Hardin G. 1968. The tragedy of the commons. *Science* 162: 1243–1248.

Hess L., De Kroon H. 2007. Effects of rooting volume and nutrient availability as an alternative explanation for root self/non-self discrimination. *Journal of Ecology* 95: 241–251.

Murphy G.P., Dudley S.A. 2009. Kin recognition: Competition and cooperation in *Impatiens* (Balsaminaceae). *American journal of botany* 96: 1990–1996.

Ostonen I., Biel C., Alberton O. 2007. Specific root length as an indicator of environmental change. *Plant Biosystems* 131: 426–442.

R Development Core Team 2011. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna. <http://www.r-project.org/>.

Robinson D. 1994. The responses of plants to non-uniform supplies of nutrients. *New Phytologist*: 635–674.

Schenk H., Callaway R., Mahall B. 1999. Spatial root segregation: are plants territorial? *Advances in Ecological Research* 28: 145–180.

Withington J., Reich P., Oleksyn J. 2006. Comparisons of structure and life span in roots and leaves among temperate trees. *Ecological* 76: 381–397.

ELEKTRIENERGIAARVESTITE ANALÜÜS MOONUTATUD VOOLU KORRAL

Jaan Niitsoo

SEOS SÄÄSTVA ARENGUGA

Tagamaks meid ümbritseva keskkonna jätkusuutlikku kestmist, tuleb võimalikult optimaalselt hallata kõiki eluvaldkondi. Saadav energiasääst on seda suurem, mida energiamahukam on valdkond. Kuna energeetika on üks kõikehõlmavaid alasid, on sellega tegelemine säästva arengu jaoks primaarne. Igasuguseks arenguks tuleb aga teada, mis seisus parasjagu ollakse.

Käesoleva artikli eesmärgiks on kaardistada elektriarvestite näitude õigsuse hetkeseis. Nimelt on elektritarvitid aja jooksul aina ebalinearsemaks muutunud ja arvestitest läbiminev vool on seetõttu järjest moonutatam. Mittetavapärane vool võib aga mõjutada arvestite näitu, mistõttu tuleb selle teemaga põhjalikumalt edasi tegeleda.

SISUKOKKUVÕTE

Üha rohkem kasutusele tulevate mittelineaarsete elektriseadmete tõttu on kõrgemate harmoonikute ja reaktiivvõimsuse sisaldus elektrivõrgus tasapisi kasvanud. Nagu enamik elektriseadmeid on ka elektrienergiaarvestid ette nähtud töötama siinuspingel ja -voolul. Käesolevas uurimuses käsitletakse kõrgemate harmoonikute ja reaktiivvõimsuse poolt moonutatud voolu mõju elektrienergiaarvestite täpsusele.

Uurimuses on antud lühikokkuvõtte kirjandusest leitavate temaatiliste tööde kohta ning tehtud mõõtmised erinevat tüüpi elektrienergiaarvestitega erinevalt moonutatud voolude korral. Tulemuste põhjal võib järeldada, et arvestite mõõteviga sõltub nii arvesti tüübist, harmoonikute sisaldusest, reaktiivvõimsusest kui ka selle suunast. Mõningatel juhtudel küündis mõõteviga katsete käigus üle 6%.

SISSEJUHATUS

Elektrienergiaarvestite täpne näit on tähtis nii elektrienergiaootjatele kui -tarbijatele, sest selle järgi käib energia maksustamine. Seetõttu peab arvesti näit olema usaldusväärne kõigi seda läbivate koormuste korral. Erinevate koormuste juures on olulise tähtsusega aga elektrikvaliteedi näitajad.

Elektrikvaliteedile avaldab suuresti mõju kodumajapidamistes ja mujalgi aina kasvav elektroonikaseadmete hulk. Need seadmed on tihti peale ebalinearse voolutarbimisega ja moonutavad seega arvestist läbiminevat voolu. Nimelt on küllaltki tavaline, et kodumajapidamises kasutusel olevate seadmete voolumoonutust hindav tegur THD⁴ on üle 100% (Niitsoo *et al.* 2011). Seega ei ole imekspandavad juhused, kus arvestit läbiva voolu moonutus on üle 40% (Vinnal 2011).

Kõrgemate harmoonikute tagajärjel kasvavad kaod, suureneb rikete tõenäosus, tõuseb seadmete temperatuur jne. Samuti on põhjendatud harmoonikute mõju elektrienergiaarvestitele (Hossam-Eldin *et al.* 2006; Domijan *et al.* 1996; Makram *et al.* 1992). Vanade induktioonarvestite asendamine uute elektrooniliste seadmetega on huvi selle temaatika vastu veelgi suurendanud.

Lisaks kõrgematele harmoonikutele tuleb arvestada reaktiivvõimsustega, mis on paljudel seadmetel kõrgemad kui aktiivvõimsuse tarbimine (Niitsoo *et al.* 2012). Siinkohal on oluline tähele panna reaktiivvõimsuse kohta kasutatavate võimsustegurite $\cos \varphi$ ja PF5 erinevust.

Käesolevas uurimuses on käsitletud erinevaid ühefaasilisi elektrienergiaarvesteid, mis on suurel hulgal kasutusel kodumajapidamiste energiatarbimise mõõtmiseks. Nende täpsust on hinnatud erinevate elektrikvaliteedi näitajate korral.

Kodumajapidamiste tarbimine on kogu riigi tarbimisest ligikaudu üks kolmandik (Statistics Estonia 2012) ja väikseimgi arvestite viga võib põhjustada kokkuvõtvalt suuri majanduslikke hälbeid. Töö eesmärk ongi välja selgitada põhiliselt just kodumajapidamistes kasutusel olevate elektrienergiaarvestite võimaliku vea ligikaudne suurus ja hinnata selle võimalikku muutumist tulevikus aina rohkem moonutatud voolu korral. Arvestite uurimise teeb veelgi huvitavamaks praegu käsilolev elektrienergiaarvestite vahetamine uute digitaalsete kaugloetavate seadmete vastu.

4 Harmoonimoonutustegur ehk inglise keeles *total harmonic distortion* (THD) on üldlevinud näitaja kõrgemate harmoonikute sisalduse hindamiseks pinges ja voolus.

5 Võimsustegurid $\cos \varphi$ ja PF näitavad mõlemad aktiiv- ja reaktiivvõimsuse omavahelist suhet, kuid $\cos \varphi$ võtab arvesse ainult põhisageduslikud komponendid.

METOODIKA

Esmalt on uurimuses püstitatud probleemi kirjeldatud ning antud asjakohane teooria ülevaade. Seejärel esitatakse mõõtmiste tulemused ja analüüsitakse neid.

Katsete käigus uuriti kolme erinevat ühefaasilist elektrienergiaarvestit, millest üks oli analoogne, teine digitaalne ja kolmas hübriidseade. Vastavad elektrienergiaarvestid valiti nende suure leviku tõttu kodumajapidamistes. Kirjeldatud seadmete parameetreid võrreldi spetsiaalse elektrikvaliteedianalüsaatori Chauvin Arnoux C.A 8352 näitudega. Katsed teostati erinevate voolu suuruste ja kujude juures.

Uurimus on valminud autori iseseisva töö tulemusel.

Elektrienergiaarvestite iseloomustus

Elektrienergiaarvestid töötavad, mõõtes pinget ja voolu, mille korrutis annab võimsuse. Võimsus integreeritult üle ajaperioodi annab arvestitelt loetava energia näidu (valem 1).

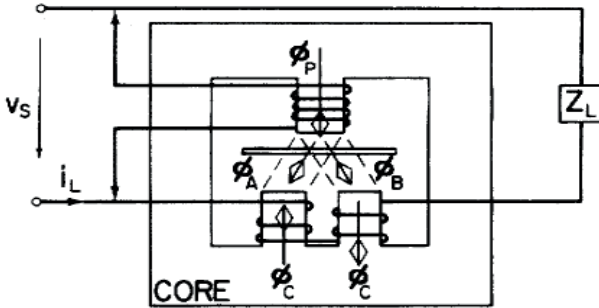
$$E(t) = \int_0^t u(t)i(t)dt \quad (1)$$

Kui võimsus on muutumatu ning pinges ja voolus sisalduvad ainult täisarvokordsed kõrgemad harmoonikud, siis arvutatakse võimsust alloleva valemiga (valem 2).

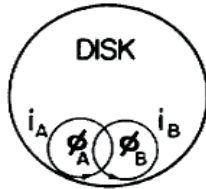
$$P = P_1 + P_H = U_1 I_1 \cos\phi_1 + \sum_{h=2}^N U_h I_h \cos\phi_h \quad (2)$$

Enamikus arvestites kasutatakse energia arvutamiseks kogu aktiivvõimsust P , kuid lihtsamates mõõteriistades arvestatakse ainult põhisagedusliku aktiivvõimsusega P_1 . Kahe suuruse vahe ehk kõrgemate harmoonikute aktiivvõimsus P_H võib olla nii positiivne kui negatiivne. P_H mõju suurus sõltub kõrgemate harmoonikute sisaldusest arvestit läbivas voolus ning see võib arvesti näitu mõjutada mõne protsendi jagu. Käesoleva töö tarbeks on selle mõju suuruse uurimiseks valitud erineva tööpõhimõttega arvestid: analoogarvesti, elektrooniline arvesti ja hübriidarvesti.

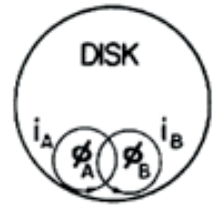
Analoogarvesti on teiste sõnadega elektromehaaniline mõõtesead, mis töötab Ferrarise printsiibil. See seisneb selles, et vabalt pöörleva ketta liikumapanemiseks on vaja kahte talle mõjuvat vahelduvat voolu. Need voolud ei tohi olla üksteisega faasis ning peavad mõjuma erinevast kohast. Pöörisvoolu tekitavad pinge- ja voolumähiste magnetväljad. Energiat hulk fikseeritakse ketta pöörete arvu lugemisega (Sherburne 1971). Seletav joonis on esitatud allpool (joonis 1).



(a)



(b)



(b)

Joonis 1. Induktiivse energiaarvesti elektriline ja magnetiline skeem (a) ning ketta indutseeritud pöörivoolud (b) (Sherburne 1971)

Analoogarvesti näidu võimalik eksimus on tihtipeale suuresti seotud näidu fikseerimisega pöörleva ketta abil. Nimelt väheneb magnetvoog, mis ajab ketast ringi, proportsionaalselt harmoonikute sagedusega ja ketas aeglustub, kui voolus esinevad kõrgemad harmoonikud (Driesen *et al.* 1997).

Digitaalne arvesti mõõdab samuti pinget ja voolu, kuid nende väärtused diskreeditakse ja viiakse digitaalsele kujule. Diskreeditud väärtused töödeldakse mikroprotsessoris ja arvutatakse soovitud suurused, mis kuvatakse ekraanil.

Digitaalse arvesti näidu võimalikud vead ei pruugi olla sarnased analoogarvestiga, sest puudub ringikäiv ketas, mis on analoogarvesti suurim vigade põhjustaja. Võimalik viga digitaalsel arvestil võiks tulla liiga madalate sageduste arvestamisest diskreetimisprotsessis, kuid enamasti hõlmab arvutus palju kõrgemaid sagedusi, kui elektrisüsteemis eksisteerib (Driesen *et al.* 1997). Digitaalse arvesti vead tulevad enamasti mõõteprotsessist.

Hübriidarvesteid on väga erinevat tüüpi. Nende ühiseks tunnuseks on voolu ja pinge analoogne korrutamise ning digitaalne võimsuse integreerimine üle mõõteperioodi (Domijan *et al.* 1996).

Temaatilise kirjanduse ülevaade

Kõrgemate harmoonikute mõju on uuritud nii elektromehaaniliste kui elektrooniliste arvestite täpsusele erinevates olukordades, kuid tulemused on olnud väga erinevad. Näiteks uurimuses (Vré *et al.* 1993), kus on katsetatud erinevaid pingeid, sagedust, temperatuuri ja magnetvälju, jäi elektrooniliste arvestite viga vaid 0,1 ja 0,3% vahele (kuigi tuleb arvestada, et voolu moonutuseks oli maksimaalselt ainult 10%). Uurimuses Zhijian *et al.* 2009 väidetakse, et üldiselt on elektroonilised arvestid täpsemad.

Teisalt on mõnes uurimuses (Domijan *et al.* 1996) leitud, et digitaalse elektrienergiaarvesti viga ulatub ligikaudu 10%-ni. Seda olukorras, kus voolu harmoonmoonutustegur oli 125%. Samas artiklis tehakse ka järeldus, et moonutustega kolmefaasilises elektrisüsteemis on arvestite näit väiksem, kui tegelikult olema peaks. Väidetakse, et isegi ainult 5% voolu moonutuse juures ulatuvad vead näitudes -5%-ni. THD kasvamisel üle 80% ulatuvad vead -9 kuni -10%-ni. Tegelikust väiksemat arvestite näitu kinnitab ka Zhijian *et al.* (2009).

Induktsioonarvestite uurimuses (Caceres *et al.* 2006) väidetakse, et kui voolu moonutus jääb alla 20%, on arvesti viga ebaoluliselt väike. Artiklis Sen *et al.* 2010 on järeldatud, et mida kõrgem on voolu THD, seda suurem on võimalik viga. Uuringus Makram *et al.* 1992, kus olid voolu kolmas ja viies harmoonik vastavalt 13% ja 22%, saadi veaks ligikaudu 7%.

Mõõtmistulemused

Katsed teostati erinevate koormuste korral piisavalt pika aja jooksul, et koormustega jadamisi ühendatud arvestite näidud oleksid arvestatavad. Kalibreeritud elektrikvaliteedianalüsaatoriga mõõdeti ühe minuti keskvaartused ning kõikide koormusolukordade elektrikvaliteedi näitajad on toodud tabelis 1. Mõningane pinge harmoonmoonutusteguri erinevus katsete vahel on tingitud mõõtmispäevade erinevusest ja ei oma uurimuses olulist rolli.

Tabel 1. Keskmised elektrikvaliteedi näitajad katsete käigus (05.05.2012)

	THD _U [%]	THD _I [%]	cosφ	PF
Koormus 1	3,9	3,8	1	1
Koormus 2	4	74,1	0,59	0,47
Koormus 3	4,6	111,4	0,94	0,62
Koormus 4	4,3	20,6	0,51	0,49

Katsetes kasutatud koormuste aktiiv-⁶, reaktiiv-⁷ ja näivvõimsused⁸ on toodud tabelis 2. Katsete käigus oli keskmine energiakulu ligikaudu 25 kWh. Järgnevalt on kasutatud koormusi põhjalikumalt iseloomustatud.

Tabel 2. Keskmised koormused katsete käigus (05.05.2012)

	P [W]	Q [VAr]	S [VA]
Koormus 1	1470	-75	1472
Koormus 2	1153	2183	2468
Koormus 3	226	-289	367
Koormus 4	283	-499	574

Esimese katse käigus kasutati võimalikult puhast aktiivkoormust, mille voolu moonutus on tingitud ainult elektrivõrgu enda pingemoonutusest. Voolu harmoonmoonutus oli alla 4% ja võimsus ligikaudu 1,5 kVA.

Teises katsetes kasutati aktiivkoormuse kõrval valgusdimmereid, mis moonutasid voolu märgatavalt ning lisasid oluliselt reaktiivvõimsust. Voolu harmoonmoonutus oli üle 70% ja võimsus ligikaudu 2,5 kVA, sealjuures induktiivne reaktiivvõimsus⁹ 2,2 kVAr.

Kolmandas katseseerias kasutati kompaktluminofoorlampe, mis andsid voolu kogu moonutuseks üle 110% ja võimsuseks umbes 0,4 kVA, sealhulgas mahtvusliku reaktiivvõimsuseks¹⁰ ligikaudu 0,3 kVAr.

Neljanda katse käigus kasutati aktiivkoormuse kõrval kondensaatoreid, mis kergitasid voolu moonutuse ligikaudu 20%-ni ja andsid võimsuseks peaaegu 0,6 kVA, millest mahtvuslik reaktiivvõimsus oli 0,5 kVAr.

Pinge- ja voolukõverad kõigis katsetes kasutatud koormuste kohta on toodud joonistel 2 ja 3.

Kõige täpsemaks osutus kõikides katseseeriates analoogarvesti, mille mõõteviga jäi -0,3% ja +1,9% vahele. Kõige ebaühtlasema mõõteveaga arvesti oli

6 Aktiivvõimsus (P) on vahelduvvoolu võimsuse reaalosa, mis on muundatav mingiks teiseks energiavormiks (soojuseks, mehaaniliseks tööks, valguseks) või mida saab salvestada keemilise energiana.

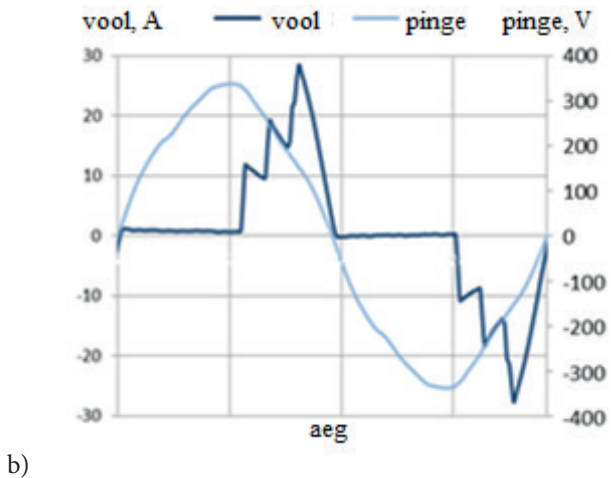
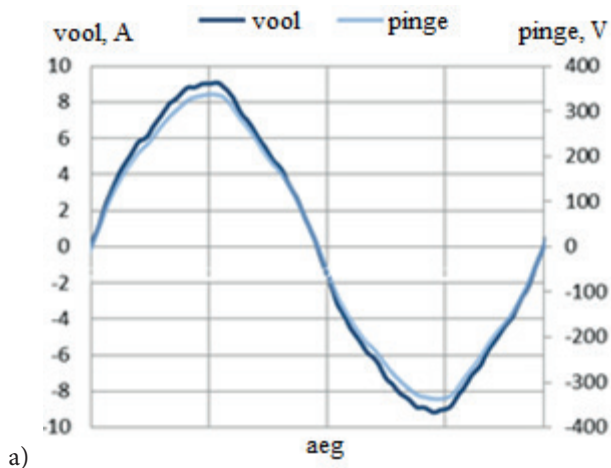
7 Reaktiivvõimsus (Q) on vahelduvvoolu võimsuse imaginaarosa, mis ei tee kasulikku tööd.

8 Näivvõimsus (S) on aktiiv- ja reaktiivvõimsuse geomeetiline summa.

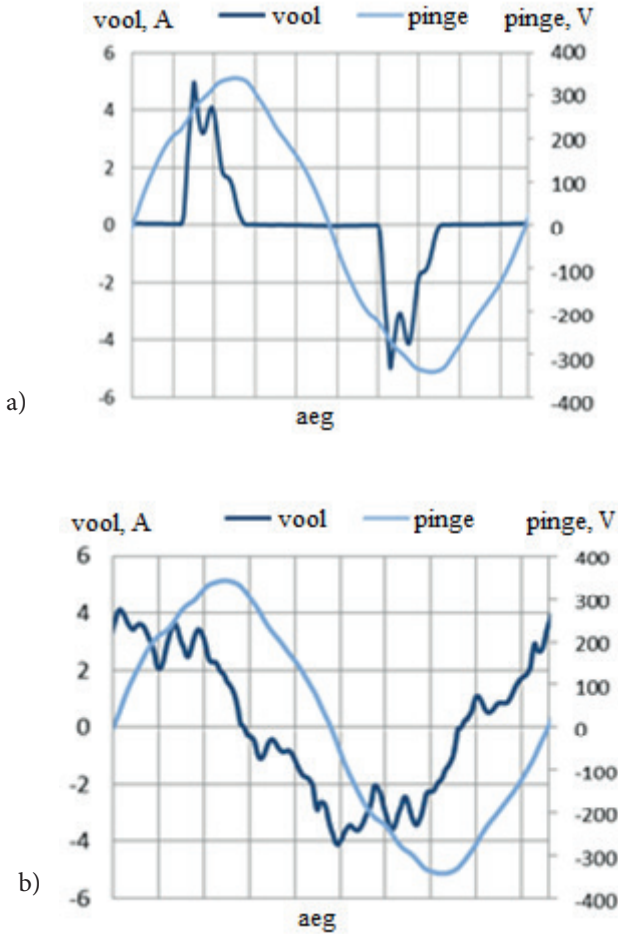
9 Induktiivne reaktiivvõimsus on positiivse märgiga ehk tarbija tarbib võrgust võimsust.

10 Mahtvuslik reaktiivvõimsus on negatiivse märgiga ehk tarbija annab võimsust võrku tagasi.

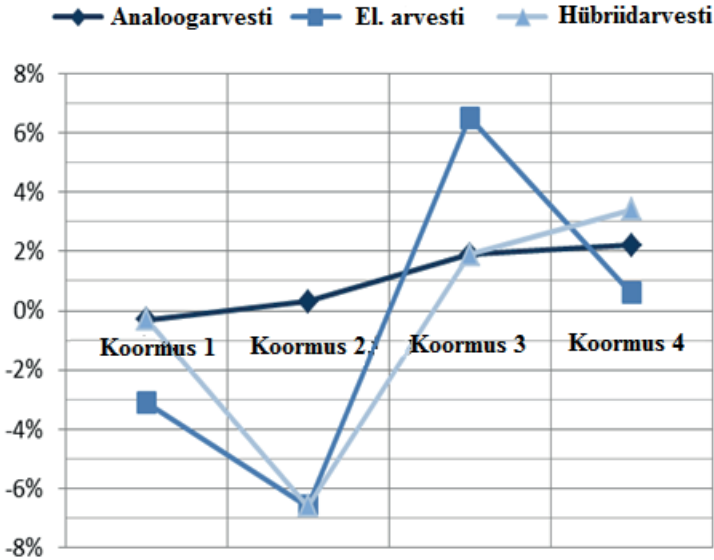
digitaalne arvesti, mille vead jäid vahemikku $-6,6\%$ ja $+6,5\%$. Hübridiarvesti vead olid piirides $-6,6\%$ kuni $+3,4\%$. Tulemused on esitatud joonisel 4.



Joonis 2. Pinge- ja voolukõverad esimese (a) ja teise (b) katseseeria korral



Joonis 3. Pinge- ja voolukõverad kolmanda (a) ja neljanda (b) katseseeria korral



Joonis 4. Arvestite veaprotsendid erinevate katseseeriade korral

Peale arvestitüübi erinesid arvestite näidud ka koormuste kaupa. Nimelt olid arvestid kõige täpsemad esimeses katseseerias, kus tegemist oli aktiivvõimsusliku koormusega. Ainuke arvestatav mõõteviga oli sel juhul digitaalsel arvestil: -3,1%.

Kõige suuremaid vigu näitasid digitaalne ja hübriidarvesti teises katseseerias, kus oli kasutusel hulk valgusdimmereid. Võrreldes referentsväärtusega erinesid näidud -6,6%. Analoogarvesti maksimaalne viga +2,2% esines neljandas katseseerias, kus koormuseks olid kondensaatorid.

Kolmandas katseseerias, kus oli kõrgemate harmoonikute sisaldus voolus kõige suurem, oli märkimisväärse veaga +6,5% ainult digitaalne arvesti. Siit võib järeldada, et kõrgemate harmoonikute sisaldus mängib mõnevõrra väiksemat rolli arvestite mõõtevea suurenemisel kui voolu kuju ja reaktiivvõimsuse sisaldus.

Neljandas katseseerias oli suurima veaga - 3,4% - hübriidarvesti. Selle katse käigus oli tegemist kõige suurema mahtvusliku reaktiivvõimsusega ning mõõdetud vead olid tunduvalt väiksemad kui teises katseseerias, kus tegemist oli kõige suurema induktiivse reaktiivvõimsusega. Siit võib järeldada, et arvestite mõõteveale osutab induktiivne reaktiivvõimsus mõnevõrra suuremat mõju kui mahtvuslik.

Mahtvuslike koormuste juures näitasid arvestid elektrienergia kulu tegelikust rohkem ehk tarbija peaks maksma energia eest enam. Induktiivsete koormuste

korral on olukord vastupidine. Keskmise mõõteviga kõikide katsete peale oli analoogarvestil 1%, digitaalsel 4% ja hübriidarvestil 3%. Need näitajad on arvestatavalt suured.

TULEMUSED

Arvestite täpsuse kohta on tehtud erinevaid uuringuid, kuid nende tulemused varieeruvad arvestitüüpide suure arvu ning võrguparameetrite tõttu. Käesolevas uurimuses valiti katseobjektideks kolm ühefaasilist arvestit, mis on kodumajapidamistes laialdaselt kasutuses.

Mõõtmiste tulemused näitasid, et mõnes olukorras võivad arvestid eksida üle 6% mõlemas suunas. Mõõtevigade suurus erines tüübiti ning tulemustest järelsus, et enim mõjutab vea suurust reaktiivvõimsuse suurus ja selle suund. Kõrgemate harmoonikute mõju oli veidi väiksem, kuid oluline oli voolu kaju.

Majanduslikus mõttes on kliendi seisukohast kõige kulukam omada mahtvusliku reaktiivvõimsusega tarbimist. Sel juhul näitasid kõik arvestid mõnevõrra suuremat näitu, kui tegelik tarbimine oli.

Vastupidiselt teoorias toodule osutus kõige täpsemaks seadmeks analoogarvesti. Kõige suuremate mõõtmisvigadega oli elektrooniline arvesti. Hübriidarvesti vead jäid kõikides olukordades nende tulemuste vahele. Silmas pidades praegu toimuvat üleminekut digitaalsetele kaugloetavatele arvestitele, näitavad töö tulemused, et selle mõju tuleks veel põhjalikumalt uurida.

KASUTATUD KIRJANDUS

Caceres R. et al. 2006. Study of Active Electric Energy Meters Behavior of Induction and Electronic Types [Konverents] // Transmission & Distribution Conference and Exposition: Latin America, 2006. TDC '06. - [s.l.] : IEEE/PES.

Domijan A. et al. 1996. Watt-hour Meter Accuracy Under Controlled Unbalanced Harmonic Voltage and Current Conditions [Ajakiri] // IEEE Transactions on Power Delivery. - 1 : Kd. 11.

Driesen J., Van Vraenenbroeck T., Van Dommelen D. 1997. The Registration of Harmonic Powers by Analogue and Digital Power Meters [Konverents] // Instrumentation and Measurement Technology Conference, 1997. IMTC/97. Proceedings. Sensing, Processing, Networking.. - [s.l.] : IEEE. - Kd-d 291 - 296 vol. 1.

Hossam-Eldin A.A., Hasan R.M. 2006. Study of the Effect of Harmonics on Measurements of the Energy Meters [Konverents] // Middle East Power System Conference. - Egypt : [s.n.].

Makram E.B., Wright C.L., Girgis A.A. 1992. A Harmonic Analysis of the Induction Watt-hour Meter's Registration Error [Ajakiri] // IEEE Transactions on Power Delivery. - 3 : Kd. 7.

Niitsoo J., Palu I. 2011. Distorted Load Impacts on Distribution Grid [Konverents] // Proceedings of the 12th International Scientific Conference Electric Power Engineering. - Kouty nad Desnou : [s.n.].

Niitsoo J., Palu I. 2012. Undesirable Usage of Energy in Residential House [Konverents] // 11th International Symposium "Topical Problems in the Field of Electrical and Power Engineering" and "Doctoral School of Energy and Geotechnology II". - Pärnu, Estonia : [s.n.]. - lk 126-128.

Sen Q., Shi X. 2010. The analysis of power meters' performance under nonsinusoidal conditions [Konverents] // International Conference on Power System Technology (POWERCON).

Sherburne R.R. 1971. Driving Torque Equations for the Watt-hour Meter Based on the Ferraris Principle [Ajakiri] // IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems. - 1 : Kd-d PAS-90.

Statistics Estonia 2012. [Võrgumaterjal] // Statistics Estonia. - <http://www.stat.ee>.

Vinnal T. 2011. Analyses of electric power consumption in companies of Estonia and recommendations for optimizing consumption [Ettekanne]. - Tallinn : TUT Press.

Vré R. De, Huybrechts R., Eugéne C. 1993. Electronic Energy Meter - Principle, Performances and Tests [Ettekanne] / Laborelec and Universite de Louvain. - Louvain, Belgium : [s.n.].

Zhijian W., Zhongdong Y. 2009. Power Analysis and Its Measurement Research under Harmonic Circumstances [Konverents] // International Conference on Energy and Environment Technology, 2009. ICEET '09. - Kd. 2.

PINNAKIHI SOOLSUSE GRADIENDI MÕJU BIOLOOGILISTE KOOSLUSTE STRUKTUURILE LÄÄNEMERES

Sirje Sildever

SEOS SÄÄSTVA ARENGUGA

Kogu elu Maal toetub esimese astme tootjatele – taimedele ja protistidele –, kes toodavad fotosünteesi käigus orgaanilisi aineid ja kõrvalsaadusena hapnikku. Merekeskkonnas toimub suurem osa fotosünteesist mikrokoopilise fütoplanktoni abil (Field *et al.* 1998) ning ühte fütoplanktoni gruppi, dinoflagellaate, käesolev töö käsitlebki.

Dinoflagellaadid mõjutavad klassikalise säästva arengu mudeli kõiki sambaid: majandust, keskkonda ja ühiskonda. Lisaks sellele, et nad toodavad orgaanilist ainet ning on toiduks suurematele organismidele, võivad mõned liigid vetikaõitsengute kaudu põhjustada suurt kahju nii majandusele kui keskkonnale. Olenevalt liigist võib õitseng olla toksiline, mis mõjutab nii neist toituvate organismide kui ka inimeste tervist (Landsberg 2002).

Vetikaõitsengute sagedus ja ulatus on otseselt seotud inimtegevusega, kuna seda soodustavaid keemilisi ühendeid lisandub merre enamjaolt inimtegevuse kaudu. Kliima soojenemist soodustavate tegevustega avaldab inimene kaudset mõju õitsengute liigilisele kooslusele, dinoflagellaatide ja ränivetikate suhtele, mis mõjutab tervet merekeskkonda, alustades setete hapnikutarbest ja lõpetades toitainete olemasoluga veesambas.

SISUKOKKUVÕTE

Töö uurib Läänemere pinnakihi soolsuse gradiendi ja soolsuse variatsioonide mõju ainuraksete organismide – dinoflagellaatide – arvukusele, liigilisele koosseisule, morfoloogiale ja populatsioonigeneetikale. Pinnakihi soolsus varieerub kõige enam Kattegati-Öresundi piirkonnas ning langeb järsult Kattegati ja Arkona basseini vahelisel alal, kus ühtlasi väheneb ka kõige rohkem dinoflagellaatide liigiline arvukus. Puhketsüstide kontsentratsioon väheneb koos liigilise arvukuse ja

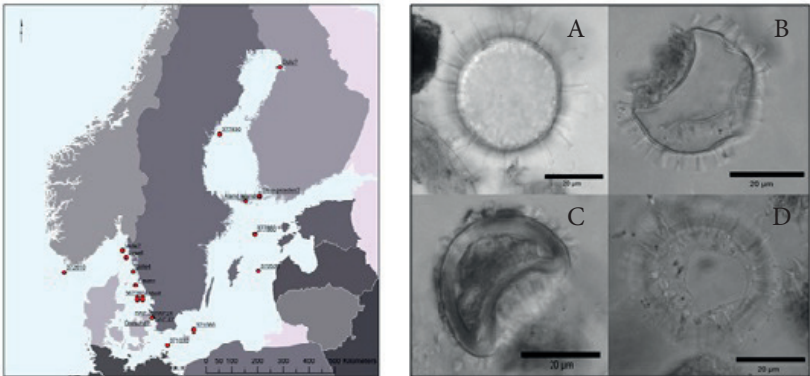
pinnakihi soolsusega alates Kattegatist kuni Botnia laheni, välja arvatud Gotlandi basseini kesk- ja põhjaosas, kus kontsentratsioon on kõrgem kui eelnevates ning järgnevates basseinides. Tegemist võib olla nii kohalike öitsengute käigus settinud kui ka mujalt nendele aladele kantud tsüstidega. Uurimaks pinnakihi soolsuse gradiendi mõju dinoflagellaatide morfoloogiale, mõõdeti *Protoceratium reticulatum*'i jätkete pikkust erinevates basseinides. Jätkete keskmine pikkus seostati statistiliselt pinnakihi soolsusega ning kõrge korrelatsiooni koefitsient kinnitas graafiliselt nähtavat seost pinnakihi soolsuse ja keskmise jätke pikkuse vahel. Alampopulatsioonide vaheliste geneetiliste erinevuste uurimiseks kasutati *Scrippsiella* perekonda kuuluvaid puhkestaadiumeid neljast proovivõtukohest Kattegatis ja Öresundis.

SISSEJUHATUS

Dinoflagellaadid on ainuraksed organismid, kellest enamus elab veesamba ülemises kihis, kus on piisavalt valgust ja toitaineid (Dale, Dale 2002). Elutsükli käigus moodustavad nad tsüste, mis on seksuaalse paljunemise tulemusena tekkivad liikumatud ja keskkonnatingimustele vastupidavad puhkestaadiumid (Graham *et al.* 2008). Läänemeres piirab mereorganismide levikut madal soolsus, mis põhjustab soolastressi ja avaldab seeläbi mõju organismide morfoloogiale, paljunemisele ja ainevahetuse aktiivsusele (Schlieper 1971; Elmgren, Hill 1997). Seetõttu on käesoleva töö eesmärgiks uurida pinnakihi soolsuse gradiendi ja soolsuse variatsioonide mõju dinoflagellaatide liigilisele koosseisule, arvukusele, morfoloogiale ning populatsiooni geneetilisele struktuurile Läänemere erinevates basseinides.

METOODIKA

Töös kasutati kokku 19 pinnakihist (0–2 cm) pärinevat setteproovi (joonis 1), mis on kogutud aastatel 2009–2011 Läänemere erinevatest basseinidest. Seitse setteproovi koguti Euroopa Liidu BONUS initsiatiivi poolt rahastatava INFLOW projekti raames, viis proovi kogus dr A. Godhe (Gothenburgi ülikool), neli proovi dr K. N. Mertens (Ghenti ülikool) ning 3 proovi dr M. Olesen (Kopenhaageni ülikool). Töö autor setteproovide kogumisel ei osalenud, kuid on vastutav soolsuse andmete selekteerimise, töös tehtud arvutuste, puhkestaadiumite liigilise koosseisu, arvukuse, morfoloogia ja geneetiliste uuringute ning saadud tulemuste analüüsi eest.



Joonis 2. *Protoceratium reticulatum* i erineva jätkepikkusega (A- väljaarenenud; B- vähearenenud; C-ilma jätketeta) isendid ja liigile iseloomulik puhkestaadiumist väljumise avaus (D)

Soolsuse andmete analüüs

Läänemere pinnakihi soolsuse gradiendi iseloomustamiseks ja soolsuse variatsioonide uurimiseks kasutati Rahvusvahelise Mereuringute Nõukogu (International Council for the Exploration of the Seas) andmebaasist pärinevaid andmeid ajavahemikust aprill kuni oktoober 2005–2010. Periood aprillist oktoobrini valiti katmaks nn kasvuperioodi, mil temperatuur ja valgus soosivad esmast tootmist. Aastad 2005–2010 valiti seepärast, et dinoflagellaatide liigilist koosseisu, arvukust ja soolsuse mõju morfoloogiale hinnati kuni 2 cm sügavuselt settest pärineva materjali põhjal. Selliselt sügavuselt pärinevad puhkestaadiumid esindavad sõltuvalt ala settimisrežiimist läbilõiget mõne aasta kasvuperioodidest (Dale, Dale 2002).

Soolsuse andmed analüüsiti kõikide proovivõtukohtade jaoks eraldi, kasutades Ocean Data View 4.4.4 (Schlitzer 2012) programmi. Iga proovivõtukohta ümber määrati ala suurusega 33x39 kilomeetrit ning kasutati sellelt alalt pärinevaid soolsuse andmeid. Ala suurus on kompromiss olemasolevate andmete (vähemalt 10 mõõtmist igalt alalt) ning ruumilise täpsuse vahel. Pinnakihi soolsuse iseloomustamiseks kasutati keskmist, standardhälvet, maksimumi ja miinimumi.

Puhkestaadiumite liigiline koosseis ja arvukus

Dinoflagellaatide liigilise koosseisu ja arvukuse iseloomustamiseks setete pinnakihis tuvastati ja loendati puhkerakke püsislaididelt, mis valmistati Ghenti Ülikooli Paleoloogia Uurimiskeskuses, kasutades Mertensi jt (2009) kirjeldatud meetodikat. Töö autor püsislaidide tegemisel ei osalenud. Püsislaidide

valmistamisel kasutatud setteproovid pärinevad INFLOW projekti raames võetud proovidest (n=7) (joonis 1, numbrilise koodiga jaamad).

Puhkestaadiumite kontsentratsiooni arvutamiseks teadaolevas koguses kuivas settes kasutati dr J. Stockmarri (1971) soovitatud meetodit, mis seisneb teadaoleva koguse öietolmumarkerite (*Lycopodium clavatum*) lisamises püsilaidide valmistamise käigus ning nende hilisemas loendamises.

Puhkestaadiumid ja öietolmumarkerid loendati valgusmikroskoobi Olympus BX 51 abil. Statistilise usaldusväärsuse tagamiseks loendati võimaluse korral 300 puhkestaadiumit, nagu on soovitanud Mertens jt (2009). Proovides, kus loendati vähem kui 300 puhkestaadiumit, vaadati üle kõik olemasolevad püsilaidid (4 slaidi igast proovivõtukohest).

Puhkestaadiumite kontsentratsiooni ja pinnakihi soolsuse vahelise lineaarse seose hindamiseks kasutati Pearsoni korrelatsiooni koefitsienti, mida on puhkestaadiumite arvukuse, suuruse ja läbimõõdu ning erinevate parameetrite vahelise korrelatsiooni näitamiseks kasutanud näiteks Ellegaard jt (2002) ning Mertens jt (2011).

Puhkestaadiumite morfoloogia

Pinnakihi soolsuse gradiendi ja soolsuse variatsioonide mõju uurimiseks puhkestaadiumite morfoloogiale mõõdeti igalt püsilaidilt 20 esimese nähtava *Protoceratium reticulatum*'i puhkestaadiumi kolme pikima jätke pikkus. *Protoceratium reticulatum*'it kasutati uuritava organismina, kuna seda leidis kõigis eri basseinidest pärinevates proovides (joonis 1) ning varasemast on teada, et soolsuse vähenemine mõjutab selle liigi ja sellele lähedaste liikide välimust (Ellegaard *et al.* 2002; Mertens *et al.* 2011).

Jätke pikkus mõõdeti jätke algusest kuni selle tipuni, nagu on soovitanud Mertens jt (2011), ning see meetod valiti, et võrrelda käesoleva töö tulemusi varasemate mõõtmiste tulemustega. Puhkestaadiume, mille kuju oli kokkusurumise või voltimise tõttu moonduvad, ei mõõdetud, et tagada tulemuste tõesus.

Püsilaidid, millel olevate organismide parameetreid mõõdeti, on samad, mida kasutati puhkestaadiumite jaotuse ja kontsentratsiooni arvutamiseks. Puhkestaadiumite läbimõõdu ja jätkete pikkuse mõõtmiseks kasutati CELL F (Olympus) tarkvara. Saadud andmete põhjal arvutati igast proovivõtukohest pärit tulemustele keskmine, minimaalne ja maksimaalne jätke pikkus ning standardhälve. Keskmine jätke pikkus ja standardhälve seoti keskmise pinnakihi soolsuse ja selle standardhälvega, et näidata nendevahelist seost.

Selleks kasutati lineaarset seost: $Y=0.18X+2.2$, kus Y on jätke pikkus ja X pinnakihi soolsus. Võrrandit kasutades on võimalik ennustada Läänemere erinevate basseinide keskmist soolsust *P. reticulatum*'i keskmise jätke pikkuse põhjal (joonis 3). Seos lubab hinnata settimise ajal valitsenud tingimusi, mis aitavad modelleerida paleokliimat (Dale 2001; Mertens *et al.* 2011). Keskmise jätke

pikkuse ja keskmise pinnakihi soolsuse vahelise korrelatsiooni tugevuse hindamiseks kasutati Pearsoni korrelatsiooni koefitsienti.

Alampopulatsioonide vahelised geneetilised erinevused

Geneetiliste erinevuste uurimiseks kasutati ribosomaalset DNA-d ja fülogeneetilist analüüsi. Uuritud puhkestaadiumid pärinesid 19 asukohast Läänemeres ning nende eraldamiseks setetest kasutati Bolchi (1997) poolt välja töötatud meetodit. Selle käigus pestakse sete läbi erineva võrguavaga sõelade (100 µm ja 25 µm), eraldatakse omavahel kokku kleepunud osakesed ultraheli abil ning eristatakse puhkestaadiumeid sisaldav fraktsioon raske vedeliku (*sodium polytungstate*) abil ülejäänud settest.

Saadud fraktsiooni vaadeldi Leitz Labovert FS valgusmikroskoobi all ning rakusisu värvi ja mahu järgi otsustades isoleeriti idanemisvõimelised puhkestaadiumid, kasutades kapillaarse otsaga Pasteuri klaaspipetti. Isoleeritud puhkestüstid loputati enne 0,2 ml Eppendorfi topsidesse ülekandmist kolmes tilgas steriliseeritud vees, et vältida proovide saastumist. Isoleeritud puhkestaadiume hoiti külmas kuni kasutamiseni polümeraasi ahelreaktsioonis (PCR).

Ribosomaalse DNA analüüs koosnes üksikute puhkerakkude ITS (*internal transcribed spacer*) regiooni kopeerimisest, paljundamisest ja sekveneerimisest. See region valiti, kuna varasemast uuringust (Edwardsen *et al.* 2003) on teada, et see piirkond näitab geneetilisi erinevusi lähedalt suguluses olevate ning isegi samasse liiki kuuluvate dinoflagellaatide vahel.

Enne analüüsi sulatati puhkerakke sisaldavad topsid ning puhkeraku kesta lõhkumiseks kasutati 0,7–1,2 mm suurust klaaspärlit (Frommlet, Iglesias-Rodriguez 2008). Optimaalsete tulemuste saavutamiseks PCR-s kasutati erinevaid aja- ja temperatuurikombinatsioone. Kokku kasutati erinevates reaktsioonides kolme praimerite kombinatsiooni (ITS A ja B, ITS1 ja 4, 1380-F ja D3B-R). PCR-i tulemusi kontrolliti elektroforeesi abil. Häid tulemusi näidanud PCR-i produktid puhastati sekveneerimiseks vastavalt protokollile (QIAGEN, 2001).

Puhastatud proovid saadeti sekveneerimiseks molekulaarsete süsteemide laborisse Kopenhaageni ülikoolis. Saadud järjestusi kontrolliti Sequencher 4.10.1 (Gene Codes Corporation) ja joondati BioEdit (Hall, 1999) tarkvara abil. Järjestusi võrreldi teiste GenBank andmebaasis (National Centre for Biotechnology Information, 2012) olevate järjestustega, et kinnitada liigilist kuuluvust ja koguda järjestusi fülogeneetilise analüüsi jaoks. Fülogeneetiline analüüs tehti PAUP* 4 tarkvara (Swofford, 2002) abil.

TULEMUSED JA ANALÜÜS

Soolsuse mõju dinoflagellaatide liikide arvukusele ja puhketsüstide kontsentratsioonile

Läänemere pinnakihi soolsus on enim mõjutatud suurest magevee sissevoolust ja selle segunemisest põhjakihis oleva soolasema veega (Stigebrandt 2001). Alates Taani väinadest vähenev soolsus mõjutab otseselt liikide arvukust eri basseinides (Elmgren, Hill 1997). Käesoleva töö tulemused näitasid märkimisväärset langust liikide arvukuses Kattegati ja Arkona basseini vahelisel alal, pärast mida arvukus stabiliseerus. Keskmine pinnakihi soolsus langeb selles vahemikus 19 PSÜ-lt (praktiline soolsuse ühik) 8 PSÜ-ni.

Liikide arvukuse stabiliseerumist pärast 8 PSÜ-ni langemist saab seletada levipiiri olemasoluga, st pinnasoolsus alla või üle 8 PSÜ on mõningate liikide jaoks väljaspool ökoloogilist amplituudi. Remane (1971) on väitnud, et minimaalne liikide arvukus Läänemeres esinebki 8 PSÜ juures, kuna sellest vähem soolane vesi on liiga mage mereorganismide jaoks ning soolasem on liialt soolane mageveeorganismide jaoks.

Puhkestaadiumite kontsentratsioon näitas üldist langust Kattegati ja Arkona basseini vahelisel alal, kuigi statistiliselt olulist seost tsüstide kontsentratsiooni ja pinnakihi soolsuse vahel ei leitud. Vaatamata sellele, et üldine trend näitas puhketsüstide kontsentratsiooni vähenemist, oli sellele kaks erandit. Põhja- ja Kesk-Gotlandi basseinis oli puhketsüstide kontsentratsioon võrreldes eelnevate ning järgnevate basseinidega märkimisväärselt kõrge. Lisaks domineerisid sealsetes kooslustes heterotroofsed liigid, kes toituvad teistest mikroorganismidest ja lahustunud orgaanilisest ainest (Gaines, Elbrächter 1987). Seetõttu võib arvata, et nende kõrgem kontsentratsioon näitab saakloomade suurt arvukust.

Samas piirkonnas on ka varem märgatud kõrget fütoplanktoni kontsentratsiooni pinnakihis (Kahru, Nõmmann 1990), mis annab alust arvata, et puhkerakkude kõrge kontsentratsioon näitab kohalikke öitsenguid. Samal ajal võivad puhkerakud olla piirkonda transporditud mujalt, kuid täpse põhjuse väljaselgitamiseks on vaja lisaandmeid põhjatüübi ja hoovuste kohta, kuna setete omadused (eriti tera suurus) mõjutavad oluliselt tsüstide arvukust settes.

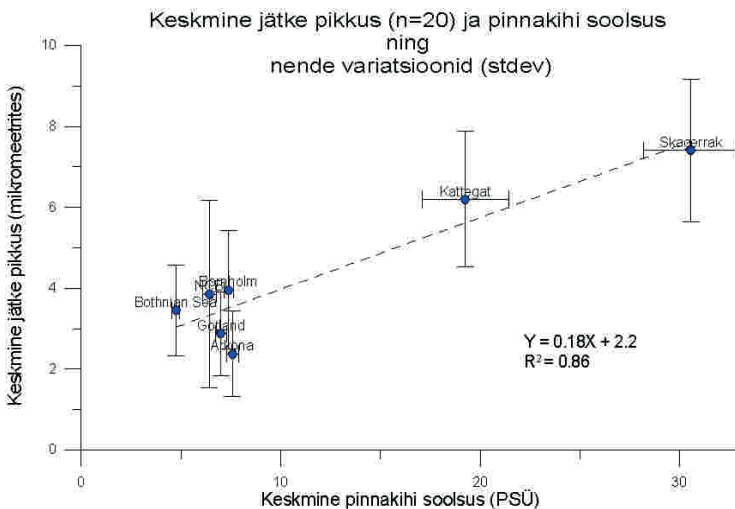
Soolsuse mõju puhkerakkude morfoloogiale

Jätmete pikkuse põhjal jagati *P. reticulatum* i puhkerakud kolme erinevasse klassi: väljaarenenud, vähenenud jätketega ja ilma jätketeta (joonis 2). Kolme erineva puhkeraku tüübi levik Läänemeres näitab pinnakihi soolsuse vähenemise mõju: Kattegatis domineerisid väljaarenenud puhkerakud, alates Arkona basseinist olid domineerivaks vähenenud jätketega ning Põhja-Gotlandi basseinis ka ilma jätketeta isendid. Pinnakihi soolsuse mõju keskmisele jätke pikkusele näitab

kõrge korrelatsiooni koefitsient ($R^2=0.86$), mis lubab seletada umbes 85% keskmise jätke pikkuse vähenemisest seoses soolsusega (joonis 3). Sarnaseid tulemusi näitavad ka Mertensi jt (2011) mõõtmised.

Geneetilised erinevused

Kokku korraldati soolsuse mõju uurimiseks 41 PCR-i, mille tulemuste sekveneerimisel saadi kuus hea kvaliteediga järjestust. Omavahel võrreldavaks osutusid Taani väinade neljast erinevast kohast pärinevad *Scrippsiella* sp. järjestused. Fülogeneetiline analüüs hõlmas 39 erinevat taksonit, järjestuste pikkus oli 602 aluspaari ning 14 aluspaari eemaldati liigse ebamäärasuse tõttu.



Joonis 3. Jätke pikkuse ning pinnakihi soolsuse keskmine ja keskmine hälve

Fülogeneetiline puu näitab Läänemerest pärinevat proovide koondumist Ida-Hiina merest ja Loode-Atlandist pärinevate järjestustega, mis on klassifitseeritud kui *Scrippsiella* sp. Kõik fülogeneetilise puu koostamiseks kasutatud metoodikad (*maximum parsimony*, *neighbour-joining*, *maximum likelihood*) grupeerisid Läänemerest pärit järjestused samasse gruppi ning seda toetavad ka kõrged *bootstrap*'i (fülogeneetiliste grupeeringute usaldusväärsust kontrolliv test) väärtused. Läänemerest pärinevate järjestuste vahelised erinevused hõlmavad ainult ühte nukleotiidi ning seetõttu ei saa võrreldud järjestuste põhjal veel mingeid järeldusi nende erinevatesse alam populatsioonidesse kuulumise kohta teha. Põhjalikumaks analüüsiks on vaja kaasata rohkem geneetilisi järjestusi.

Huvitav on aga see, et potentsiaalselt kuuluvad uuritavad geenijärjestused uuele *Scrippsiella* perekonnast pärit liigile, kuna need ei grupeerunud varasemalt

kirjeldatud liikide järjestusega. Selle, potentsiaalselt uue liigi puhkestaadiume on kirjeldanud Gu jt (2008). Uue liigi kirjeldamiseks on vaja tuvastada selle dinoflagellaadi liikuv vorm ning lisada fülogeneetilisse analüüsi rohkem taksoneid.

Lisaks näitasid korraldatud PCR-id, et ITS A ja ITS B praimerid sobivad kõige paremini dinoflagellaatide ITS piirkonna paljundamiseks.

Perspektiiv

Käesolevat tööd võib vaadelda pilootuuringuna enne suuremat ja mitmekülgsemat uuringut Läänemeres valitsevate füüsikaliste tingimuste mõjust dinoflagellaatide levikumustritele. Töö tulemused moodustavad ühe osa INFLOW projektist, mille eesmärgiks oli uurida kliima muutlikkuse mõju Läänemere ökosüsteemile, kasutades selleks setteproovide analüüsist pärinevaid andmeid. Lisaks kasutatakse liikide leviku ja arvukuse andmeid soolsuse ülekande funktsiooni arendamiseks koostöös Taani ja Norra teadlastega. Keskmise jätke pikkuse ja keskmise pinnakihi soolsuse mudelit (joonis 3) saab kasutada täiendamaks Mertensi jt (2011) mõõtmisi, mis suurendab *P. reticulatum*'i keskmise jätke pikkuse kui pinnakihi soolsuse indikaatori täpsust. Populatsioonigeneetika uurimuid saab kasutada lähtekohana edasisteks uuringuteks ning potentsiaalselt uue *Scrippsiella* liigi tuvastamiseks.

KASUTATUD KIRJANDUS

Bolch C.J.S. 1997. The use of sodium polytungstate for the separation and concentration of living dinoflagellate cysts from marine sediments. *Phycologia* 36 (6): 472-478.

Dale B. 2001. The sedimentary record of dinoflagellate cysts: looking back into the future of phytoplankton blooms. *Scientia Marina* 65 (Suppl. 2): 257-272.

Dale B., Dale A.J. 2002. Environmental applications of dinoflagellate cysts and acritarchs. In: Haslett SK, ed. *Quaternary Environmental Micropalaeontology*. London, UK: Arnold, 207-240.

Edvardsen B., Shalachian-Tabrezi K., Jakobsen K.S., Medlin L.K., Dahl E., Brubak S., Paasche E. 2003. Genetic variability and molecular phylogeny of *Dinophysis* species (Dinophyceae) from Norwegian waters inferred from single cell analyses of rDNA. *Journal of Phycology* 39: 395-408.

Ellegaard M., Lewis J., Harding I. 2002. Cyst-theca relationship, life cycle, and effects of temperature and salinity on the cyst morphology of *Gonyaulax baltica*

sp. nov. (Dinophyceae) from the Baltic Sea area. *Journal of Phycology* 38: 775-789.

Elmgren R., Hill C. 1997. Ecosystem function at low biodiversity – the Baltic example. In: Ormond RFG, Gage JD, Angel MV, eds. *Marine Biodiversity, Patterns and Processes*. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 319-336.

Field C.B., Behrenfeld M.J., Randerson J.T., Falkowski P. 1998. Primary production of the biosphere: integrating terrestrial and oceanic components. *Science* 281: 237-249.

Frommlet J., Iglesias-Rodriguez D. 2008. Microsatellite genotyping of single cells of the dinoflagellate species *Lingulodinium polyedrum* (Dinophyceae): a novel approach for marine microbial population studies. *Journal of Phycology* 44: 1116-1125.

Gaines G., Elbrächter M. 1987. Heterotrophic nutrition. In: Taylor FJR, ed. *The Biology of Dinoflagellates*. London, UK: Blackwell Scientific Publications, 224-268.

Graham L.E., Graham J.M., Wilcox L.W. 2008. *Algae, 2nd edition*. San Francisco, USA: Benjamin Cummings.

Gu H., Sun J., Kooistra W.H.C.F., Zeng R. 2008. Phylogenetic position and morphology of thecae and cysts of *Scrippsiella* (Dinophyceae) species in the East China Sea. *Journal of Phycology* 44: 478-494.

Hall T. 1999. BioEdit – biological sequence alignment editor. [www] <http://www.mbio.ncsu.edu/bioedit/bioedit.html> (16.05.2012)

Kahru M., Nömmann S. 1990. The phytoplankton spring bloom in the Baltic Sea in 1985, 1986: multitude of spatio-temporal scales. *Continental Shelf Research* 10 (4): 329-354.

Landsberg J.A. 2002. The Effects of Harmful Algal Blooms on Aquatic Organisms. *Reviews in Fisheries Science* 10 (2): 113-390.

Mertens K.N., Verhoeven K., Verleye T.J., Louwye S., Amorim A., Ribeiro S., Deaf A.S., Harding I.C., Schepper S.D., Gonzalez C. *et al.* 2009. Determining the absolute abundance of dinoflagellate cysts in recent marine sediments: The Lycopodium marker-grain method put to the test. *Review of Palaeobotany and Palynology* 157: 238-252.

Mertens K.N., Dale B., Ellegaard M., Jansson I.M., Godhe A., Kremp A., Louwye S. 2011. Process length variation in cysts of the dinoflagellate *Protoceratium reticulatum*, from surface sediments of the Baltic–Kattegat–Skagerrak estuarine system: a regional salinity proxy. *Boreas* 40: 242–255.

National Center for Biotechnology Information. 2012. GenBank – genetic sequence database. [www] <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/genbank/> (17.05.2012)

Schlitzer R. 2012. Ocean DataView 4.4.4. Alfred Wegener Institute for Polar and

Marine Research.

QIAGEN 2001. *QIAquick Spin Handbook. QIAquick PCR Purification Kit Protocol*.

Remane A. 1971. Ecology of brackish water. In: Remane A, Schlipper C, eds. *Biology of brackish water, 2nd edition*. Ljubljana, Slovenia: E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung (Nägle u. Obersmiller), 1-210.

Schlieper C. 1971. Physiology of brackish water. In: Remane A, Schlipper C, eds. *Biology of brackish water, 2nd edition*. Ljubljana, Slovenia: E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung (Nägle u. Obersmiller), 211-350.

Stigebrandt A. 2001. Physical Oceanography of the Baltic Sea. In: Wulff F, Rahm L, Larsson P, eds. *A Systems Analysis of the Baltic Sea*. Berlin, Germany: Springer-Verlag, 19-68.

Stockmarr J. 1971. Tablets with spores used in absolute pollen analysis. *Pollen et Spores* 13: 615-621.

Swofford D.L. 2002. *PAUP* - Phylogenetic Analysis Using Parsimony (*and other methods)*. Version 4.0. Sinauer Associates, Sunderland (MA).

MOBIILSETE ÕPIVAHENDITE TEKITATAVAD RAADIOSAGEDUSLIKUD ELEKTRO- MAGNETVÄLJAD

Tarmo Koppel

SEOS SÄÄSTVA ARENGUGA

Palju on räägitud keskkonnakaitsesest ehk keskkonna kaitsmisest inimtegevuse eest. Vähem on aga tähelepanu pööratud keskkonnatervisele – inimese kaitsmisele tehiskeskkonna eest. Viimastel aastatel toimunud massiline traadita andmesidevõrkude kasutuselevõtt on ühiskonda märkimisväärselt muutnud. Tehnilise progressiga on aga kasvanud ka elektromagnetväljade osakaal inimese elu- ja töökeskkonnas. Väljade tase on inimkonna ajaloos samuti pretseedenditu.

Kuna kasutatav tehnoloogia on uus, on selgusetu selle pikaajaline mõju inimese tervisele.

Pole kahtlustki, et tänu mobiilsele andmesidele on lisandunud mugavusi ja uusi võimalusi. Käesolev artikkel juhhib aga tähelepanu võimalikele tervisekahjustustele, mis võivad ilmneda alles aastate pärast.

Arenenud riikides kasvab elektrostressi ja elektroülitundlikkuse sündroomiga inimeste osakaal. Juba mitu aastat tagasi hinnati Rootsis elektroülitundlikkuse all kannatavaks kolm protsenti elanikkonnast. Selle sündroomiga inimestel on kahjustunud ka füüsiline tervis ja tegutsemisvõime.

Käsitledes õigust tervislikule elu- ja töökeskkonnale inimese turvalisuse ühe osana ning juhul kui elektromagnetväljade mõju inimertvisele kinnitamist leiab, võib öelda, et kui ühiskonna osa liikmeid kasutab kõrgendatud elektromagnetvälju tekitavaid seadmeid, mis elektromagnetilise pollutsiooni tagajärjel mõjutavad ka teisi liikmeid, on rikutud igapäevase õiguse turvalisele elukeskkonnale.

SISUKOKKUVÕTE

Käesolevat uuringut motiveerisid autorit tegema kaks asjaolu: mobiilsete õpivahendite plahvatuslik kasutuselevõtt ning traadita andmesidevõrkude poolt tekitatavate raadiosageduslike elektromagnetväljade hüppeline kasv viimastel

aastatel. Artikli eesmärk oli välja selgitada enim levinud mobiilsete õpivahendite tekitatavad väljatugevused. Neid hinnates on kasutajatel võimalik valida vähemat ekspositsiooni tekitavad lahendused. Väiksema ekspositsiooniga tehniliste õpivahendite olulisust rõhutavad nii viimased teadusuuringud kui ka Euroopa Liidu soovitatav ettevaatlikkuse printsiip, mille üle artiklis arutletakse. Mõõtmistulemuste kohaselt tekitavad tugevamaid väljasid tahvelarvuti, nutitelefoni ja minisülearvuti (*netbook*), kui need ühendatakse internetti EDGE või 3G tehnoloogia abil. Palju väiksema välja toodab sülearvuti WiFi võrguühendusega. Kõige väiksema raadiosagedusliku välja tekitavad aga e-luger ja lauaarvuti.

SISSEJUHATUS

Töös võrreldakse enim kasutatavaid mobiilseid õpivahendeid nende poolt tekitatavate elektromagnetväljade alusel.

Mobiilsete õpivahendite all mõeldakse peamiselt arvuteid jm analoogseid seadmeid, mis traditsioonilisi õpivahendeid – raamatuid ja töövihikuid – elektroonse alternatiivina asendavad. Mobiilne õppimine tähendab nii õppimist mobiilse tehnoloogia abil kui ka õppimist ajastul, mida iseloomustab inimeste ja teadmiste pidev mobiilsus (Sharples jt 2011). Käesolevas uuringus on vaatluse all mobiilsed õpivahendid, nagu nutitelefoni, tahvelarvuti, e-luger, sülearvuti, minisülearvuti ning võrdluseks ka lauaarvuti ja tavaline raamat.

Teema muudab aktuaalseks kaks asjaolu: 1) mobiilsete elektroonsete õpivahendite plahvatuslik kasutuselevõtt viimasel paaril aastal, mis on õpikeskkondades tõstnud elektromagnetväljade taset tuhandeid kordi; 2) elektromagnetväljadega seostatavad bioloogilised mõjud, mis on viimastel aastatel aina rohkem kõneainet pakkunud nii teadlastele kui ühiskonnale.

Mitmed uurimused on sidunud arvutite tekitatavad elektromagnetväljad teatud tunnetuslike või tervislike järelmõjudega. Tihti on selliste uurimuste puuduseks asjaolu, et autorid ei täpsusta, millise sagedusega elektromagnetvälju nende katsetes kasutatud arvutid tekitavad. Milline neist kasutajatele sümptomeid põhjustas, pakubki aga enim huvi. Erinevad sagedused levivad ja mõjuvad bioloogilisele kehale erinevalt: näiteks madalsageduslikud läbivad keha, samas kui raadiosageduslikud neelduvad peamiselt nahakihtides (kuid võivad siiski tungida kuni 8 cm sügavusele). Ülevaate ühe arvuti võimalikest elektromagnetväljadest annab tabel 1.

Tabel 1. Tüüpilised sülearvuti tekitatavad elektromagnetväljad (koostanud autor, 5.11.12)

sageduse tüüp	peamine sagedusvahemik	peamine allikas	tüüpiline kiirguspunkt
madalsageduslikud	50 kuni 2000 Hz	vooluvõrk	toiteadapter, arvuti emaplaat
kesksageduslikud	20 kuni 100 kHz	toiteadapter	toiteadapter, arvuti emaplaat
raadiosageduslikud	1,8 ja 2,4 GHz	WiFi antenn, 3G internetimoodul	antennid monitori ülasaosas

Seega on mobiilne õpivahend erineva sagedusega elektromagnetväljade allikaks. Kuna mobiilsete õpivahendite bioloogiliste mõjude uuringud on maailmas alles algaasis, ei ole täpselt teada, millised sagedused väärivad terviseaspektist enim tähelepanu.

Käesoleva töö eesmärk on mõõta enim kasutatavate kõige kaasaegsemate mobiilsete õpivahendiliikide tekitatavaid raadiosageduslikke elektromagnetvälju. Viimaste ülesandeks on luua arvutis juhtmevaba ühendus kohtvõrgu ja internetiga. Selle mugavusega kaasneb aga raadiosageduslik elektromagnetväli, mida kasutaja ei pruugi isegi teadvustada. Uuringu tulemused aitavad nii teadlastel kui tavakasutajatel hinnata erinevate mobiilsete õpiseadmete tekitatavaid elektromagnetvälju ja nende võimalikke mõjusid. Tavatarbijad, kes eelistavad vähima elektromagnetilise ekspositsiooniga seadmeid, saavad artiklist infot, milline seade sobib neile kõige paremini. Artikkel toetab Euroopa Liidu juhtorganite soovitatavat ettevaatlikkuse printsiipi, mille kohaselt peaksid kasutajad valima selliseid seadmeid, mis tekitavad vähem elektromagnetvälju. Inimesel puudub organ elektromagnetvälja tunnetamiseks – neid välju ei näe, kuule ega tunne enne, kui on juba hilja. Artikkel pakub lugejale vähelevinud informatsiooni, mis on saadud professionaalsete mõõteseadmeid ja teaduslikku mõõtemetoodikat kasutades.

Unikaalne on autori välja töötatud 14 punkti mõõtesüsteem ning tulemuste graafiline esitamine, mis teeb andmed lihtsasti mõistetavaks ka lugejale, kes elektromagnetismiga kursis ei ole. Erinevalt elektromagnetväljade standardsest mõõtmisest, kus registreeritakse vaid üks näit, mõõdetakse selle puhul 14 punkti üle keha: see võimaldab paremini hinnata kasutaja ekspositsiooni, sest erinevaid kehaosi mõjutavad väljad erinevalt.

Raadiosageduslike väljadega seostatud mõjud

Artikli eesmärk pole siduda mobiilsete õpivahendite tekitatavaid elektromagnetvälju tuvastatud tervisemõjudega, kuid viidatakse selleletemalistele uuringutele.

Suur osa uuringutest siiski alla piirnormide jäävate raadiosageduslike elektromagnetväljade ja tervise mõjude vahel seoseid ei loo. Valdkonna teadlastele valmistab see ebakõla väljakutse: miks osas uuringutes tuvastatakse mõjud ja teistes mitte. Põhjusteks on pakutud uurimiseluste erinevat geneetikat, aga ka meetodilist ebakorrektust või vigu uuringute teostamisel.

Kas ja mil määral on elektromagnetväljadel allpool praegu kehtivaid piirnorme inimestele mõju, on küsimus, mille aktuaalsust on viimastel aastatel tunnistanud ka Euroopa Liidu juhtorganid. 2009. aastal tegi Euroopa Parlament avalduse, milles muu seas märgiti, et 1) elanikkonda kaitsvad piirnormid on aegunud, 2) need piirnormid ei võta arvesse arenguid info- ja kommunikatsioonitehnoloogias ning 3) piirnormid ei arvesta tundlikumate gruppidega, nagu rasedad naised, vastsündinud ja lapsed (EP 2009).

Vaadatud läbi uuringute tulemused, tegi Euroopa Nõukogu (Council of Europe) vastav komisjon 2011. aastal avalduse, nimetades traadita tehnoloogiat „inimesele potentsiaalselt ohtlikuks”. Avalduses toodi esile laste ohustatus ning soovitati traadita võrgud (WiFi, mobiilside) koolidest eemaldada. Nõukogu soovitab elektromagnetväljadele rakendada printsiipi „nii vähe kui mõistlikult võimalik”, viidates samas ettevaatlikkuse printsiibile, sest olemasolev teaduslik tõendusmaterjal ei luba veel hinnata nende keskkonnamõjurite riski. Nõukogu hoiatab, et tegevusetus praegu võib inimlikult ja majanduslikult kalliks maksma minna tulevikus (CE 2011).

Enne Euroopa Nõukogu tegi karmisõnalise raporti Venemaa Rahvuslik Mitteiliseeriva Kiirguse Kaitsekomitee, kes pärast tutvumist laste lühi- ja pikaajalist mobiiltelefoni kasutamist käsitlevate uuringutega järeldas, et krooniline ekspositsioon võib viia psühhosomaatiliste haigusteni; samas viidati vajadusele teha lisauuringuid (RNCNIRP 2008, RNCNIRP 2011). Leiti, et potentsiaalne risk lastele on väga suur ning toodi esile võimalikud tervisehädad nende puhul, kes lapsest saati mobiiltelefoni aktiivselt kasutavad: lähitulevikus mäluhäired, tähelepanuvõime langus, vähenenud õppimis- ja kognitiivsed võimed, suurenenud ärritus, uneprobleemid, suurenenud tundlikkus stressi suhtes, suurenenud epilepsiaohut; 25-30-aastasena ajukasvajad, vestibulaar- ja kuulmisnärvi kasvaja; 50-60-aastasena Alzheimeri tõi, dementsus, depressioon ja teised aju närvistruktuuri degeneratiivsed häired.

Lääne riiklike organisatsioonide raportid on tervise mõjude suhtes tagasihoidlikumad. EFHRAN-i (European Health Risk Assessment Network on Electromagnetic Fields Exposure) 2010. a raport leiab, et uuringutulemused raadiosageduslike väljade kohta on veel liiga puudulikud selleks, et järeldada neist kahjulikke tervise mõjusid alla kehtivaid piirnorme jäävate võimsuste korral (EFHRAN 2010).

Rahvusvaheliste standardite ja riikide kehtestatud piirnormid põhinevad seniajani raadiosageduslike elektromagnetväljade tekitataval termoeffektil.

Tervisemõjuku peetakse seda, kui raadiosagedusliku kiirguse toimel tõuseb keha temperatuur vähemalt 1 °C. See termoeffekt on ICNIRP-i (International Commission for Non-Ionizing Radiation Protection) väljastatavate standardite nurgakiviks (ICNIRP 1998).

Muude efektide mitteametlikust on kritiseerinud paljud teadlased. Sõltumatute uurijate raport võttis kokku viimase aja uuringud, tõdedes, et elektromagnetväljad (madal- ja raadiosageduslikud) võivad põhjustada muutusi DNA-struktuuris, proteiinides ja lipiidides, närvi- ja lihaskudedes (Bioinitiative 2007). Need on mõjud, mis leiavad aset palju madalamatel kiirgustasemetel kui ICNIRP-i termoeffekt.

Euroopa Komisjoni uuema ametliku raporti jaoks vaadati läbi olemasolev uurimuste kogu ja leiti, et paljud uuringud on kallutatud (*autor: uuringutes esines erapoolikuid huvisid või muid vigu*) (SCENIHR 2009). Tuleb märkida, et SCENIHR otsis peamiselt vastust küsimusele, kas on tõendatud elektromagnetväljade ja vähktõve vaheline seos; mobiiltelefonide kasutamisel alla 10 aasta seda seost ei tuvastatud. Samas leiavad mitmed uurijad, et vähk on elektromagnetväljade puhul vähim mure, sest esineb terve amplituud muid tegureid, mis inimese tervist võivad samuti rängalt mõjutada. Ka vähi puhul tõdeb SCENIHR, et on vaja rohkem aega, et saaks teha järeltõlge pikaajalise kasutuspraktika (10+ aastat) võimalike mõjude kohta (SCENIHR 2009).

Raadiosageduslike väljade mõjust ajule ja närvisüsteemile annavad uuringud vastakaid tulemusi. Nendes töödes üritatakse tuvastada elektromagnetväljade käitumuslikke ja kognitiivseid mõjusid. Näiteks Schüz jt (2009) leidsid laiahaardelises Taani uurimuses, et pikaajalisel mobiiltelefoni kasutamisel esineb rohkem migreeni ja peapööritust.

MobilEe ulatuslik uuring analüüsis mobiilside (nii GSM, DECT kui WLAN) mõjusid umbes 3000 täiskasvanu ja lapse hulgas, kelle puhul keskmine ekspositsioon oli alla 1% elanikkonna kaitseks kehtestatud piirnormidest (ICNIRP 1998). Tuvastati võimalik käitumuslik mõju: võrreldes uurimisaluseid madalaima ja kõrgeima ekspositsiooniga kvartilis, esines viimastel (nii täiskasvanutel kui lastel) rohkem käitumishäireid, mida iseloomustati agressiivsete ja destruktiivsete tegevustena (Thomas jt 2010).

Samas leiab EFHRAN-i raport, et lühiajalisel mobiilside kasutamisel ei ole tuvastatud erilist mõju tähelepanuvõimele, mälule või tegutsemisvõimele; siiski tõdetakse, et vähe on teada pikaajaliste mõjude kohta (EFHRAN 2010).

Mitmed uuringud on tuvastanud raadiosageduslike väljade mõju ajalainetele nii unes kui ärkvelolekul (SCENIHR 2009). Kuigi SCENIHR kahtleb selliste mõjude olulisuses tervises seisundile, leiab artikli autor, et häiritud ajalained võivad valla päästa ahela erinevaid füsioloogilisi või mentaalseid häireid, mida hiljem on raske elektromagnetväljadega seostada. Näiteks tekib küsimus, kas häiritud ajalainetega uni võimaldab inimesel korralikult välja puhata. Juhul kui aju töötab

elektromagnetväljadest tingituna intensiivsemalt, tuleb uurida, kuidas see füsioloogiliselt mõjub. Kõnealused uuringud aga ei oska veel neid seoseid välja tuua: tihti mõõdetakse vaid ühte parameetrit ning muud võimalikud seosed jäävad märkamata.

SCENIHR leiab ka, et raadiosageduslike väljade mõju rasedatele vajab palju lisauurimusi ning järeldusi pole võimalik veel teha. Osa uuringuid viitab tervise-mõjude olemasolule, kuid uurimisbaas on vähene ja kallutatud (SCENIHR 2009).

Laiahaardeline Taani uuring teatas, et nendel seitsmeaastastel lastel, kelle emad olid kasutanud mobiiltelefone (raadiosageduslike elektromagnetväljade allikaid) enne ja pärast rasedust, esines rohkem käitumishäireid (SCENIHR 2009).

Raadiosageduslikke välju on seostatud ka pärssiva mõjuga suguorganitele ja reproduktiivfunktsioonile, kuid ka siin tõdeb SCENIHR, et uuringud on vastu-käivad ning ühest järeldust pole võimalik teha; jällegi viidatakse uuringute metoo-dilistele vigadele (SCENIHR 2009).

Hoolimata tööde vastukäivusest leidis WHO Rahvusvaheline Vähiuuringute Agentuur, et teaduslik uurimisbaas on küll veel puudulik, kuid sellele vaatamata piisav, et tõsta elektromagnetväljade ohuklassifikatsioon tasemele 2B – võimalik, et kantserogeenne (WHO 2011). Rõhutati lisauuringute vajalikkust ning vajadust vähendada elektromagnetväljadega kokkupuudet, kuni tulevased uuringud teisiti leiavad (WHO 2011).

METOODIKA

Töö autor koostas mõõtemetoodika ja korraldas mõõtmised. Mõõteinstrumendiks oli kõrgsageduslik analüsaator Gigahertz Solutions HF59B (Langenzenn, Saksamaa). Kasutati suundantenni HF800V2500LPE174, mis kombineeritud mõõturiga võimaldas analüsaatoril mõõta sagedusvahemikku 800–2500 MHz, mille sisse jäävad kõik vaatlusaluste seadmete traadita ühendused. Näit võetakse analüsaatori RMS-režiimis (ruutkeskmise meetod) ning rakendades pulseerivatele signaalidele (mobiilne andmeside) mõeldud funktsiooni. Kuna traadita andmeside kasutab väga lühikesi pulseerivaid signaale, on nende mõõtmiseks vaja vastavat mõõterežiimi võimaldavat analüsaatorit. Paljudele teistele lihtsamatele analüsaatoritele võivad sellised signaalid märkamatuks jääda või registreeritakse need tegelikust hulga nõrgemana.

Mõõtmised teostati valitud sagedusvahemiku arvestades suhteliselt „vaikses” kohas, kus taustafoon oli madal: see võimaldab hinnata mõõdetavate seadmete tekitatavat välja, ilma et mõõtetulemus oleks häiritud ümbritsevate kasutajate „mürast”.

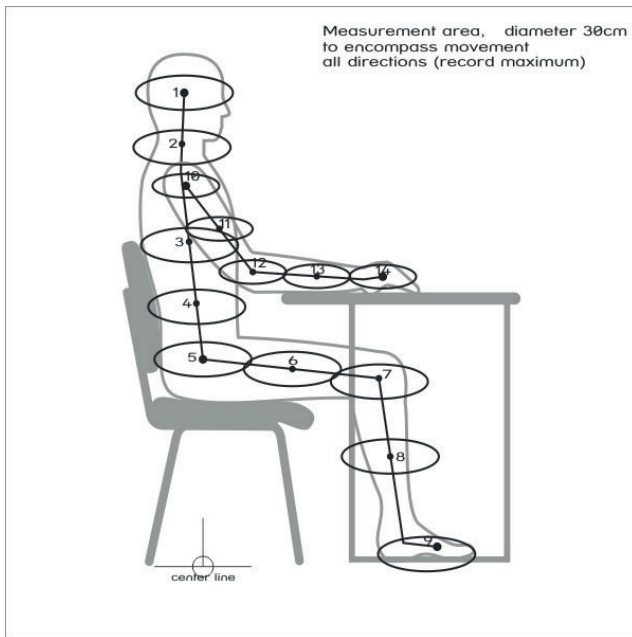
Mõõtmistel rakendati uudset autori välja töötatud 14 punkti süsteemi. Tüüpiliselt võetakse elektromagnetvälja mõõtmistel kõrgeim tulemus vaadeldava

isiku kehapiirkonnas. Kuigi selline lähenemine võimaldab teada saada maksimaalse väljatugevuse, milles inimene viibib, ei anna see teavet üldise väljatugevuse kohta, mis tema kehale langeb. Samuti ei ole selle mõõtmismetoodika alusel võimalik tulemuste tabelist välja lugeda, millised kehaosad olid enim mõjutatud. Vahel autorid küll lisavad eraldi veeru „enim mõjutatud kehaosad“, kuid selliste andmete esitamise tava üldiselt veel puudub.

Autori arvates on vaja mõõtetulemused detailselt fikseerida kogu kehalt, sest see annab väärtuslikku informatsiooni elektromagnetväljade võimalike tervisemõjude kohta, mida saab hiljem seostada ilmnunud haigussümptomitega. Teatavasti on elektromagnetväljadel erinevatele kehaosadele erinev mõju. Kõige ohustatumateks peetakse pead, silmi ja suguelundeid.

Maksimaalse tulemuse registreerimiseks igas neljateistkümnes mõõtepunktis võeti näite, liigutades mõõturit horisontaalselt läbi kujutletava isteasendis inimese keha, antenn suunatud kiirusallika peale. Mõõdeti nii välja horisontaalset kui vertikaalset komponenti.

Mõõtmisel olevale seadmele loodi internetiühendus ning rakendati ühendustehnoloogia maksimaalne praktiline ekspluatatsioon: seade pandi üles laadima suuremahulist faili kohalikku serverisse.



Joonis 1. 14 punkti mõõtesüsteem. Allikas: autor, 5.11.12

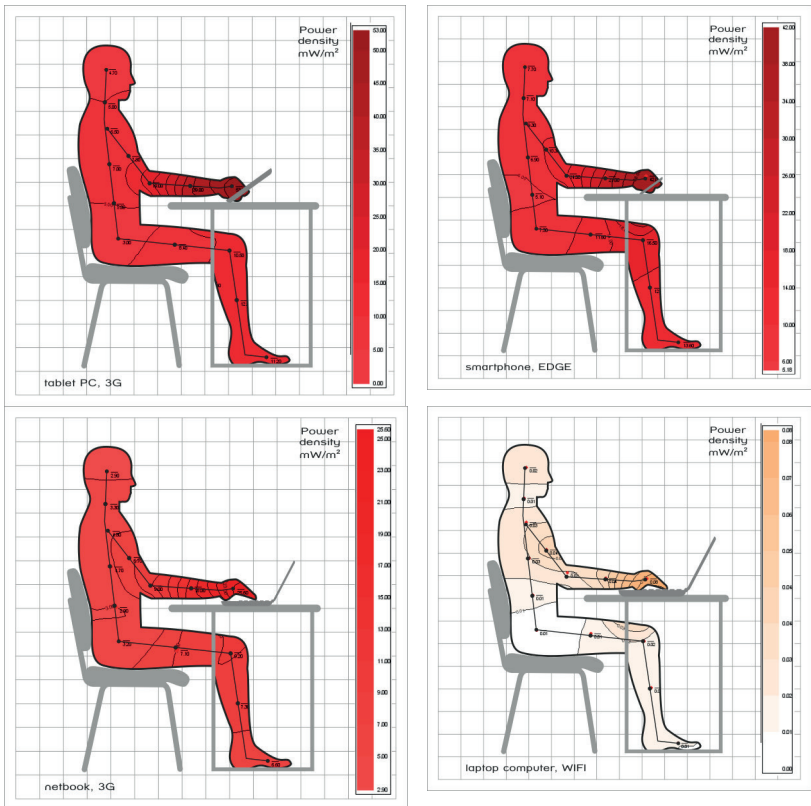
TULEMUSED

Mõõdeti nelja mobiilse õpiseadme tüüpi: nutitelefone, tahvelarvutit, minisülearvutit ja sülearvutit ning võrdluseks taustafooni. Taustafoon iseloomustab näiteks ka lauaarvuti, e-lugeri või paberraamatu poolt tekitatavat raadiosageduslikku emissiooni, mis on null, sest tüüpiliselt need rakendused traadita andmesidet ei kasuta.

Andmesideühendus rajati, kasutades kõiki enim levinud andmeside tüüpe, millest annab ülevaate tabel 2.

Tabel 2. Uuringus mõõdetud mobiilsed õpivahendid, rakendatav sidetehnoloogia ja raadiosagedusliku elektromagnetilise emissiooni mõõtetulemused (kahanevas järjekorras). Allikas: autor, 5.11.12

Seade	Andmeside tüüp	Raadiosagedusliku elektromagnetvälja võimsustihedus (mW/m ²)	
		keskmine (üle kasutaja keha)	kõrgeim (üle kasutaja keha)
tahvelarvuti	3G	13,8	53,0
nutitelefon	EDGE	13,7	42
minisülearvuti (netbook)	3G	7,81	25,6
sülearvuti	WIFI	0,03	0,08
taustafoon	pole	0,002	0,004



Joonis 2. Mobiilsete õpivahendite tekitatav raadiosageduslik ekspositsioon.
Allikas: autor, 5.11.12

Joonisel 2 graafiliselt samatugevusjoontena esitatud mõõtmistulemustest nähtub, et ootuspäraselt on kõige suurema ekspositsiooniga piirkond käelabade (punkt 14), mis on kiirgusallikale kõige lähemal. Välja võimsus kiirgusallikast eemaldudes kahaneb, kuid lähtuvalt kiirgusseadme radiaalsest kiirgusarakteristikast ning ruumis tekkivatest peegeldustest on inimkeha ekspositsioon eri punktides erinev.

Kõige suurema kiirgusintensiivsusega allikateks osutusid tahvelarvuti 3G-internetipulgaga ja nutitefon. Ka 3G-internetipulgaga minisülearvuti saavutas keskmisest kõrgemad näidud. Tulemused on seletatavad asjaoluga, et need seadmed peavad ühenduse looma mobiilimastiga, mis on võib-olla mitme kilomeetri kaugusel, seepärast on ka rakendatav kiirgusvõimsus suurem. WiFi-ühendus võtab aga ühendust sama maja WiFi-ruuteriga, mis jääb enamasti paarikümne meetri kaugusele. Seetõttu on WiFi-ühendusega sülearvuti kiirgustasemed

väiksemad kui eelmainitud seadmetel.

Mobiilsetest õpivahenditest võib raadiosagedusliku emissiooni aspektist kõige parema hinde anda lauaarvutile, e-lugerile ja paberraamatule, sest need seadmed tüüpiliselt ei kasuta traadita võrku ning seega võib väljatugevuse hinnata sama-väärseks tabelis 2 esitatud taustafooniga. Mõõdetud taustafoon iseloomustab ümbruskonna traadita andmeside kasutajaid, kelle seadmed jäävad mõõtepunkti vahemalt 20 m kaugusele.

JÄRELDUSED JA DISKUSSIOON

Kõik mõõdetud seadmed jäävad tublisti allapoole direktiiviga elanikkonna kaitseks kehtestatud piirnorme ja referentstasemeid, mis on Euroopa Liidu liikmesriikide vastava seadusandluse aluseks (EP 1999). Nagu varem mainitud, põhinevad praegu kehtivad normid eeldusel, et ainuke kahjulik raadiosagedusliku välja mõju on termomõju. Selle põhjal on kõnealustele raadiosageduslikele väljadele kehtiv norm 10 W/m^2 (s.o $10\,000 \text{ mW/m}^2$) (EP 1999, ICNIRP 1998). Juhul kui näiteks kümne aasta pärast, pikaajaliste uurimustulemuste selgumise järel, peaks kinnitust leidma, et algne eeldus oli ekslik, on juba hilja nende inimeste heaks midagi ette võtta, kes on aastaid olnud eksponeeritud kahjulikele määradele ja seetõttu tervisehädasid kogevad.

Tasub märkida, et uemate võimalikke tervisemõjusid käsitlevate uuringute alusel soovib Bioinitiative'i raport raadiosageduslike väljade piirmääraks võtta 1 mW/m^2 . Kuigi nende tööde korratavus on kehavõitu, tuleb siiski tõdeda, et põhjust selgitavate lisauurimuste tegemiseks on piisavalt. Arvestades kommunikatsioonitehnoloogia arengut ja selle rolli kaasaegses ühiskonnas, ei ole autori arvates mõistlik kõnealuse tehnoloogia kasutamist keelata. Küll on aga vajalik avalikkust võimalikest ohtudest informeerida ning jätta valik kasutajatele endile. Informeerimise rolli täidab ka käesolev artikkel.

Ekspositsioonimäärased hinnates tasub autori arvates enim tähelepanu pöörata kehapunktidele 1 (pea) ja 5 (suguelundid), sest need piirkonnad on elektromagnetväljadest enim mõjutatud ning tekkinud kahju võib avalduda pika viivitusega ja mõjuda ka järglastele (Goldberg 2006).

Kuna igast mobiilsest õpivahendist mõõdeti vaid ühte seadet, aga eri tootjate tehnika võib tekitada erineva tugevusega elektromagnetvälju, ei ole käesoleva töö tulemused üldistavad.

Samuti on kitsendavaks asjaoluks võimsustegur, mida nutitelefonid reguleerivad vastavalt kaugusele mobiilimastist. Kuna mõõtmised korraldati vaid ühes punktis, kus oli suhteliselt hea mobiilside levi, ei väljenda nutitelefonide mõõtetulemused neid kiirgustugevusi, mis esineksid sama seadme puhul maapiirkonnas. Näiteks 2G ehk GSM andmesideprotokoll (GPRS) puhul võib saatevõimsus

varieeruda 1000 korda, 3G side puhul aga 100 000 000 korda (SCENIHR 2009).

Järgnevad uuringud peaksid mõõtma erinevate tootjate seadmeid erinevatel saatevõimsustel, nii et mõõtetulemused oleksid üldistavad.

KASUTATUD KIRJANDUS

Bioinitiative Report 2007. A Rationale for a Biologically Based Public Exposure Standard for Electromagnetic Fields. <http://www.bioinitiative.org/report/index.htm>.

CE – Council of Europe Parliamentary Assembly, Committee on the Environment, Agriculture and Local and Regional Affairs 2011. The potential dangers of electromagnetic fields and their effect on the environment. <http://assembly.coe.int/main.asp?link=/documents/workingdocs/doc11/edoc12608.htm>.

EFHRAN – European Health Risk Assessment Network on Electromagnetic Fields Exposure 2010. Risk analysis of human exposure to electromagnetic fields, report D2 of EFHRAN project. http://efhran.polimi.it/docs/EFHRAN_D2_final.pdf.

EP – European Parliament 1999. Directive 1999/519/EC on the limitation of exposure of the general public to electromagnetic fields (0 Hz to 300 GHz), Official Journal of the European Communities, 30. 7. 1999.

EP – European Parliament Committee on the Environment, Public Health and Food Safety 2009. Report on health concerns associated with electromagnetic fields (2008/2211(INI)).

Goldberg G. 2006. Would you put your head in a microwave oven.

ICNIRP – International Commission of Non-Ionising Radiation Protection 1998. Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic and electromagnetic fields. <http://www.icnirp.de/documents/emfgdl.pdf>.

RNCNIRP – Russian National Committee on Non-Ionizing Radiation Protection 2008. Children and mobile phones: The health of the following generations is in danger. Moscow 14.04.2008.

RNCNIRP – Russian National Committee on Non-Ionizing Radiation Protection 2011. Electromagnetic Fields from Mobile Phones: Health Effect on Children and Teenagers.

SCENIHR – Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks 2009. Health Effects of Exposure to EMF. European Commission Directorate-General for Health & Consumers.

Schüz J., Waldemar G., Olsen J.H., Johansen C. 2009. Risk for central nervous

system diseases among mobile phone subscribers: a Danish retrospective cohort study. PLoS ONE, 4, e4389.

Sharples M., Taylor J., Vavoula G. 2010. A Theory of Learning for the Mobile Age. In B. Bachmair (ed.). Medienbildung in neuen Kulturräumen (pp. 87-99). Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.

Thomas S., Heinrich S., Kühnlein A., Radon K. 2010. The association between socioeconomic status and exposure to mobile telecommunication networks in children and adolescents. Bioelectromagnetics, 31(1), 20-7.

WHO International Commission for research on cancer 2011. IARC classifies radiofrequency electromagnetic fields as possibly carcinogenic to humans. Press release No 208, 31.05.2011. http://www.iarc.fr/en/media-centre/pr/2011/pdfs/pr208_E.pdf.

A-TSELLULOOSI LAGUNEMINE ERITÜÜBILISTEL NIITUDEL

Jane Peda

SEOS SÄÄSTVA ARENGUGA

Looduslikud ökosüsteemid on enamasti tasakaalus ja väga stabiilsed. Kogu nende energiavajadus kaetakse neelatava päikeseenergiaga ning mineraalained ringlevad suletud tsüklis. Nii katastroofid, kliimamuutused, inimtegevus kui ka erinevad evolutsioonilised tegurid võivad aga seda stabiilsust kõigutada, mistõttu looduslikud ökosüsteemid häiruvad.

Jätkusuutliku arengu all mõeldakse enamasti majandus-, sotsiaal- ja keskkonnavaldkonna sidusat ja kooskõlalist arendamist, mille tulemusena peaks inimesele olema tagatud puhtam elukeskkond, turvalisus ja kõrge elukvaliteet. Ka orgaanilise aine lagunemine, mis on üks ökosüsteemi tähtsamaid protsesse, aitab kaasa säästvate arengule. Siinkohal on väga oluline, et inimkond teeks omalt poolt kõik võimaliku, et säilitada habras tasakaal looduslikes ökosüsteemides ka järeltulevate põlvete jaoks.

SISUKOKKUVÕTE

A-tselluloosi lagunemise jälgimiseks looduslikes tingimustes valiti välja 22 prooviala. Lagunemiskiiruse uurimiseks kasutati lagunemiskotikeste (litter bag; Meyer 1996) meetodit. 2007. aasta varakevadel inkubeeriti valitud aladele lagunemiskotikesed α -tselluloosiga. Igaühes (võrgusilma suurus 1 mm²) oli ~0,7g α -tselluloosi ning igale proovialale paigaldati neid 23 tükki. α -tselluloosi lagunemiskao määramiseks korjati kotikesi üles neli korda: 2007. a juulis ja novembris ning 2008. a juulis ja novembris.

Eritüübilistel niitudel on tselluloosi lagunemise kiirus erinev, massikadu oli katse lõpus suurim rannaniitudel ($84,5 \pm 7,7\%$) ning väikseim pärisaruniitudel ($46,0 \pm 6,4\%$). See on tingitud erinevatest massikadu mõjutavatest teguritest, millest olulisemateks on mikroobikoosluste populatsioonide arenguks soodsad tingimused (piisavalt toitu, sobiv elukeskkond).

Mikroobse lämmastiku kogunemine lagundataval materjalil oli katse lõpus suurim puisniitudel ($0,51 \pm 0,13\%$) ja väikseim pärisarukarjamaadel ($0,36 \pm 0,02\%$). Erinevused on tingitud erinevates muldades elavate mikroobikoosluste aktiivsusest ning populatsioonide biomassi juurdekasvu erinevustest.

SISSEJUHATUS

Looduslikes ökosüsteemides sõltub lagunemisprotsessi kiirus paljudest teguritest. Vajalik on piisava hulga hapniku olemasolu, millest sõltub see, kui kiiresti mikroorganismid kasvavad. Samuti mõjutavad mikroorganismide kasvu ja lagunemise kiirust niiskus, temperatuur, pH jne. Töö eesmärgiks oli kirjeldada α -tselluloosi lagunemist eritüübilistel niitudel, et leida vastus küsimusele, kuidas toimub looduses tselluloosi lagunemine.

Tselluloos on Maal kõige levinum biopolümeer, olles oluline komponent nii taimses biomassis kui ka mikroobsetes ekstratsellulaarsetes polümeerides. Looduses täidab tselluloos struktuurset rolli, andes kompleksis hemitselluloosi ja ligniiniga taimerakkudele mehhaanilise vastupidavuse. (Bielecki et al. 2001; Richmond 1991)

A-tselluloos on materjal, mis lahustub 20 °C juures 17,5%-lises naatriumhüdrosiidis (Green 1963). Looduses lagundavad tselluloosi paljud mikroorganismid, kelle ühiseks tunnuseks on ekstratsellulaarsete hüdrolüütiliste ensüümide loomine, et rünnata nendega tselluloosi struktuuri (Iguchi et al. 2000).

Pärandkooslused on traditsiooniliselt inimtekkelised pool-looduslikud kooslused (alvarid, puisniidud, luhahainamaad, rannaniidud, aga ka teised karja- ja heinamaad), kus inimõju on piirdunud vaid niitmise ja karjatamisega. (Kukk 2004; Luhamaa et al. 2001)

METOODIKA

A-tselluloosi lagunemise jälgimiseks looduslikes tingimustes valiti välja 22 prooviala (19 ala Läänemaal ja 3 Pärnumaal). Lagunemiskiiruse uurimiseks valiti lagunemiskotikeste meetod, mida on lagunemisprotsesside uurimisel laialdaselt kasutatud (Löhmus, Ivask 1995; McEnroe, Helmisaari 2001). Katseks vajalik materjal (α -tselluloos) saadi kolleegidelt Soome Metsainstituudist (Finnish Forest Research Institute).

2007. aasta varakevadel inkubeeriti valitud aladele polüestervõrgust lagunemiskotikesed α -tselluloosiga. Igaühes oli ~0,7g α -tselluloosi ning igale proovialale paigaldati 23 kotikest. A-tselluloosi lagunemiskao määramiseks korjati neid üles

neli korda (igal korral ühelt alalt 5-6 proovi).

Proovidelt eemaldati üleliigne orgaaniline aine ning neid kuivatati 24 tundi 70 °C juures, pärast mida proovid kaaluti ning leiti arvutuslikult katsematerjali kuivaine massikadu.

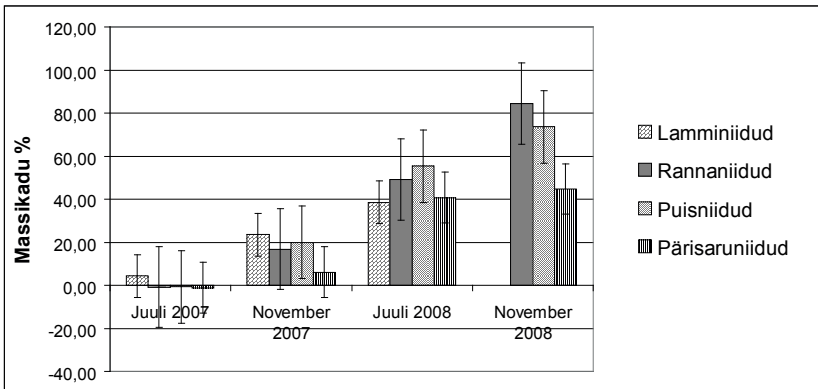
Üldlämmastikuisaldus lagunevas materjalis määrati Eesti Maaülikooli taimebiokeemia laboratooriumis Kjeldahli meetodil (Page et. al. 1982).

Töös kasutatud andmed on originaalandmed. Töö autor kogus ja töötles andmeid ise. Andmetöötluseks kasutati programmi Microsoft Excel.

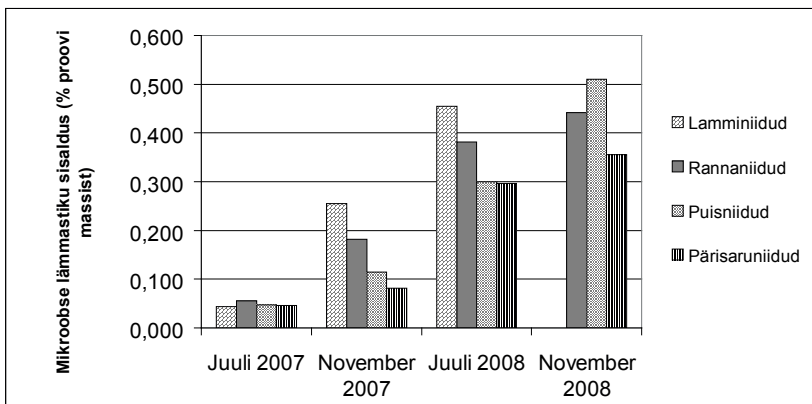
TULEMUSED JA ARUTELU

Tselluloosi lagunemise kiirus erineb niidutüübiti. Massikadu oli 2008. a novembriks suurim rannaniitudel ($84,5 \pm 7,7\%$), väikseim pärisaruniitudel ($46,0 \pm 6,4\%$); puisniitudel oli massikadu $71,6 \pm 8,2\%$. Sellised erinevused on tingitud erinevatest massikadu mõjutavatest teguritest, millest olulisimad on mikroobikoosluste populatsioonide arenguks soodsad tingimused (piisavalt toitu, sobiv elukeskkond).

Lamminiidud olid 2008. a novembris üleujutatud ja proovid jäid võtmata. Jooniselt on näha, et 2007. a maist, mil kotid inkubeeriti katsekohadele, kuni 2007. a juulini on olnud kõige suurem massikadu lamminiitudel (keskmiselt $4,2 \pm 5,8\%$), samuti oli seal massikadu suurim 2007. a novembris (keskmiselt $22,5\% \pm 13,0$). Seejärel on massikadu aeglustunud (2008. a juulis keskmiselt $38,0 \pm 9,9\%$), mille põhjuseks võib pidada 2007. a kevadet, mil lamminiitudel oli üleujutuste mõju väheldane.



Joonis 1. Massikadu protsentides niidutüüpe kaupa



Joonis 2. Mikroobse lämmastiku sisaldus α -tselluloosi proovis (% proovi massist) niidutüüpide kaupa

Mikroobse lämmastiku kogunemine lagundataval materjalil on suurim puisniitudel ($0,51 \pm 0,13\%$) ja väikseim pärisarukarjamaadel ($0,36 \pm 0,02\%$). Jooniselt 2 on näha, et 2007. a juulis oli mikroobse lämmastiku protsent kõige suurem rannaniitudel (keskmiselt $0,06 \pm 0,01\%$) ja väikseim lamminiitudel (keskmiselt $0,04 \pm 0,01\%$). 2008. a novembris oli see teadaolevatel andmetel suurim puisniitudel (keskmiselt $0,51 \pm 0,13\%$), millele järgnesid rannaniidud (keskmiselt $0,44 \pm 0,00\%$) ja pärisaruniidud (keskmiselt $0,36 \pm 0,02\%$).

Rannaniitudel pärsib mikroobikoosluse aktiivsust soolase merevee mõju. Üleujutuse perioodil on seda tüüpi niitudel probleeme ka hapnikuga, kohati kuivavad rannaniidud sademetevaesel perioodil läbi.

Lamminiitudel on üleujutuste perioodil hapniku kättesaadavus piiratud, kuid seda kompenseerib suurem mullaniiskuse tase üleujutustevälisel perioodil. Sellel niidutüübil oli ka kõrge mikroobse lämmastiku osa proovis, suur massikadu ja kiire lagunemisprotsess.

Puisniitudel toimub lagunemine aeroobses keskkonnas, lagundajatele vajalik mullaniiskus säilib puurinde olemasolu tõttu ka siis, kui lageniitude mullaniiskus langeb vajalikust tasemest madalamale. Puisniitude mikroobikooslused on aktiivsed ja mitmekesised, millest tulenevalt on lagunemisprotsess kiire ja see põhjustab ka suure massikao.

Pärisaruniitudel nagu puisniitudelgi toimub lagunemine aereeritud keskkonnas, ajutiselt ning kohati on niiskust vähe. See tingib väiksema massikao ja aeglasema lagunemise.

Katsetega saadud andmete põhjal võib tõdeda, et lagunemiskiirus sõltub suuresti hapniku kättesaadavusest ja mulla niiskustasemest, muud tegurid mõjutavad seda vähem. Tuginedes katse tulemustele, võib ka väita, et lagunemise kiirus

ja mikroobse lämmastiku hulk on omavahel seotud: mida rohkem on mikroobe, seda kiirem on lagunemisprotsess.

KASUTATUD KIRJANDUS

Bielecki S., Krystynowicz A., Turkiewicz M., Kalinowska H. 2001. Bacterial Cellulose. Biopolymers, In Polysaccharides I – Polysaccharides from Prokaryotes (Vandamme, E., De Baets, S. & Steinbuchel, A., eds.), 37-46. Wiley-VCH Verlag GmbH.

Green J.W. 1963. In Methods in carbohydrate chemistry; Whistler, R. L., ed.; Academic Press: New York, 9–21.

Iguchi M., Yamanaka S., Budhiono A. 2000. Bacterial cellulose – a masterpiece of nature's arts. Journal of Material Science 35: 261–270.

Kukk T. 2004. Pärändkooslused. Pärändkoosluste Kaitse Ühing, Tartu.

Luhamaa H., Ikonen I., Kukk T. 2001. Läänemaa pärändkooslused. Seminatural communities of Läänemaa County, Estonia. Pärändkoosluste Kaitse Ühing, Tartu-Turku. 96 lk.

Lõhmus K., Ivask M. 1995. Decomposition and nitrogen dynamics of fine roots of Norway spruce at different sites. Plant and Soil 168/169: 89–94.

McEnroe N.A., Helmisaari H.-S. 2001. Decomposition of coniferous forest litter along heavy metal pollution gradient, south-west Finland. Environmental Pollution 113: 11–18.

Meyer E. 1996. Methods in soil zoology. Methods in soil Biology, part II. Springer LAB Manual. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg.

Page A.L., Miller R.H., Keeney D.R. (eds.) 1982. Methods of Soil Analysis: Part 2: Chemical and Microbiological Properties. Monograph Number 9, 2nd Edition, ASA, Madison, WI.

Richmond P.A. 1991. Occurrence and functions of native cellulose. Biosynthesis and Biodegradation of Cellulose. Marcel Dekker, New York.

KOOLIKOHUSTUSE TÄITMISE ANALÜÜS JA PUUDUMISTE MÕJUTAJAD EESTI ÜLDHARIDUSKOOLIDE PÕHIKOOLI VANEMA ASTME NÄITEL

Eneli Põld

SEOS SÄÄSTVA ARENGUGA

Maksumaksja raha mitteotstarbekas kasutamine tasuta hariduse jagamisel võib johtuda ühiskonna ükskõiksusest või teadmatusest. Eesti riik kulutab enam kui 120 mln kr (7,7 mln eurot) aastas meetmetele, mille tulemuslikkust süsteemselt ei hinnata (Koolikohustuse ... 2007: 5). Omavalitsused eraldavad igal õppeaastal koolidele suuri summasid koolikohustuse täitmiseks mõeldud meetmete rakendamiseks. Kuigi aastate jooksul on erinevaid meetmeid hakatud laialdasemalt rakendama, ei ole koolikohustuse täitmise näitajad (katkestamine, puudumised) paranenud. Ligi 2% õpilastest puudub enam kui 20% õppetundidest (ibid.: 25). Õpilaste puudumine tähendab riigile kaudseid kulusid, kuna õpilased ei kasuta maksumaksja rahaga tagatud võimalust õppetööl osaleda. 2005/06. õppeaastal kulutas riik kokku ligikaudu 150 mln kr (ca 9,6 milj eurot) tundidele, millest õpilased puudusid (arvestades, et koolides õppis kokku 137 033 õpilast ja iga õpilane puudus õppeaastal keskmiselt 91 tundi) (ibid.: 19). Sellises ulatuses maksumaksja raha raiskamist ei saa ignoreerida. Selleks, et hariduse andmine oleks jätkusuutlik, peaksime kõik olema huvitatud, kuidas meie raha kasutatakse ja kas sellest ka tulu tõuseb.

SISUKOKKUVÕTE

Käesolev artikkel keskendub õpilaste koolist puudumisele ja seoses sellega puudulikule õppekava täitmisele.

Uuringu eesmärgiks on 1) kirjeldada õppekava täitmise näitajaid eKooli e-päevikus registreeritud koolist puudumise kaudu ning 2) kaardistada puudumiste põhjused.

Üldvalimi moodustavad Eesti üldhariduskoolide 7.-9. klassi õpilased eKooli aruandluse kaudu. Mugavusvalimi moodustavad Harjumaa ühe kooli 7.-9. klassi

ja Comeniuse projekti kaudu eri riikide õpilased.

Kvantitatiivse uurimismeetodiga analüüsitakse eKooli aruandlust klasside kaupa. Vaadeldakse põhikooli vanema astme õpilaste puudumisnäitajaid (üld-, põhjendatud ja põhjuseta puudumiste arv, üksiktundidest põhjuseta puudumiste osakaal, sugu) ning kokkuvõtvaid mitterahuldavaid hindeid. Kvalitatiivse uurimismeetodiga analüüsitakse esmaseid puudumiste põhjusi.

eKooli põhjal võib järeldada, et õpetajad ei registreeri puudumisi süstemaatiliselt; klassijuhatajad aktsepteerivad endiselt pea kõiki lastevanemate poolt tõendatud puudumisi; valdav osa põhjuseta puudumistest moodustavad üksiktunnid; sageli puudutakse teadmiste kontrolli põhjusel; vanuse tõustes suureneb oluliselt õpiraskustes õpilaste osakaal, kellest kolmandik on tüdrukud.

Õpilaste esitatud puudumiste põhjused olid nii ühtivad kui ka haridussüsteemi eripärasest tulenevad. Selgus, et õppetööst puudumisi mõjutavad kodu suhtumine kooli, õppekava ja õppekorraldus, suhted õpetajate ja eakaaslastega, õpiraskused, ebakindlus, väsimus ja stress.

SISSEJUHATUS

Õpilaste koolist puudumine on tänapäeva ahvatluste maailmas muutunud tõsiseks probleemiks peaaegu terves Euroopas. Perearstid leiavad, et koolikohustuse täitmist peavad jälgima lapsevanemad ja tõendite väljastamise lõpetamine (alates 2007. a septembrist) suurendab lapsevanemate vastutust, tihendades vanemate ja kooli vahelist suhtlemist (Puudumistõendi ... 2007). Sellega on tekitatud kriitika-vaba võimalus puududa tervise ettekäändel. Lapsevanemad on rahul neile osaks saanud õigusega määrata õppetööst vabastavaid tõendeid oma töökspidamiste järgi ega näe selles probleemi.

Suured puudujad vähendavad teiste laste õppimise võimalusi, sest õpetajatel on vaja pöörata enam tähelepanu õppimises mahajäänutele (Bourn et al. 2005: 20). Sage õppetööst puudumine viib õpisaavutuste languseni ning võib tulevikus kaasa tuua töötuse ja sotsiaalse vajaduse ning halvimal juhul ka õigusvastased teod (Reid 2002: 6).

Riigikontrolli (2007) eKooli andmete analüüsil selgus, et 2005/06. õppeaastal puudus iga õpilane ca 10% tundidest, millest kolmandik olid põhjendamata. Mida vanema klassiga oli tegemist, seda enam puuduti ning seda suurem oli põhjendamata puudumiste osakaal. Järsk puudumiste tõus algas alates 6. klassist ning 9. klassis oli juba 11,5% puudunud õppetundi, millest 42% olid põhjuseta (Koolikohustuse ... 2007: 18).

Kuna puudub teadmus, millal, mis ainetest ja miks lapsed puuduvad, keskendub käesolev töö põhjuste väljaselgitamisele.

Uuringu eesmärkideks on

- 1) kirjeldada õpilaste õppetöös osalemise näitajaid eKooli e-päevikus registreeritud puudumiste alusel;
- 2) kaardistada puudumiste põhjused.

Vastuseid otsitakse küsimustele

- 1) millised on õpilaste tüüppuudumised;
- 2) milline roll on õpetajatel õpilaste puudumistes;
- 3) millised on puudumiste põhjendused.

Kontrollitakse hüpoteeside kehtivust, et

- 1) õpetajad ei soosi õppetööst puudumisi;
- 2) õpilaste põhjuseeta puudumised ei sõltu õpetajast ja tema töökorraldusest.

Töös kasutatavad mõisted on järgmised.

Üldpuudumine – põhjendatud ja põhjendamata puudumiste summa.

Põhjendatud puudumine – riiklikult ja koolipoliitikaga reglementeeritud lubatud puudumine.

Põhjendamata puudumine – koolikohustuslik õpilane on õppetöölt puudunud põhjusel, mida ei loeta mõjuvaks, või vanem ei ole kooli ettenähtud korras teavitanud õppetöölt puudumise põhjustest. (Koolikohustuse ... 2007: 3)

METOODIKA

Artikli valmimise ajaks moodustasid üldvalimi eKooli aruandluse kaudu 359 Eesti üldhariduskoolide 7.-9. klassi õpilast. Valim ei ole lõplik. Mugavusvalimi moodustasid Harjumaa ühe kooli 7.-9. klassi 36 õpilast ja Comeniuse projekti kaudu 20 õpilast Austriast, Itaaliast, Leedust ja Lätist.

Tegemist on rakendusuuringuga. Andmeid koguti numbrilise info, nimi-väärtuste ja küsimustiku abil. 2011.-2012. aastal korraldatud uuring on kirjeldav. Töö eesmärgid tingivad uurimismeetoditena nii kvantitatiivse kui kvalitatiivse meetodi, et avada nähtused võimalikult optimaalselt.

Kvantitatiivse uurimismeetodiga analüüsib autor eKooli aruandlust klas-side kaupa. Vaadeldakse põhikooli 7.-9. klassi õpilaste puudumisnäitajaid (üld-, põhjendatud, põhjuseeta puudumiste arv, üksiktundidest põhjuseeta puudumiste osakaal, sugu, puudutud ainete spetsiifika) ning 5.-9. klassi õpilaste õppe edukust. Tuvastatakse õpilased, kellel on eKooli andmeil esinenud veerandi hindena vähe-malt üks mitterahuldav hinne, et analüüsida õppeaineid, millega on olnud raskusi. Seejärel kodeeritakse nimed soopõhisteks. Valikuliselt vaadeldakse terve klassi üksiktundidest puudumist, selgitades välja õppeaine nimetuse ja puudutud tunni

paiknevuse tunniplaanis. Kvalitatiivse uurimismeetodiga analüüsitakse esmaseid puudumiste põhjusi. Selleks esitas autor mugavusvalimis olnud õpilastele palve kirjutada kaaslasega konsulteerimata üles vähemalt 10 põhjust, miks õppetööst puudutakse. Õpilased kirjutasid adekvaatsema vastuse saamiseks oma emakeeles ning õpetajad tõlkisid vastused inglise keelde, andes autorile lisaselgitusi, kui miski jäi arusaamatuks. Õpilaste esitatud puudumiste põhjused kategoriseeriti esile kerkinud teemade järgi Bourni jt (2005: 35) ja Reidi (2002: 15-17) eeskujul.

Uuringu reliaabluse tagamiseks koguti infot erinevate andmekogumisviisidega (eKooli andmebaas, küsitlus, kirjandus) ja valiidsus tagati mitmekülgse info kogumisega (puudumiste iseärasused ja põhjused, õppekava täitmine jmt). Töö ülesanne on kirjeldada olukorda. Uurimuse korratavus samade tulemuste saamiseks eeldab sama hetke uurimist, kuna „koolikohustuse täitmine“ on muutuja, mis võib kõikuda üles-alla.

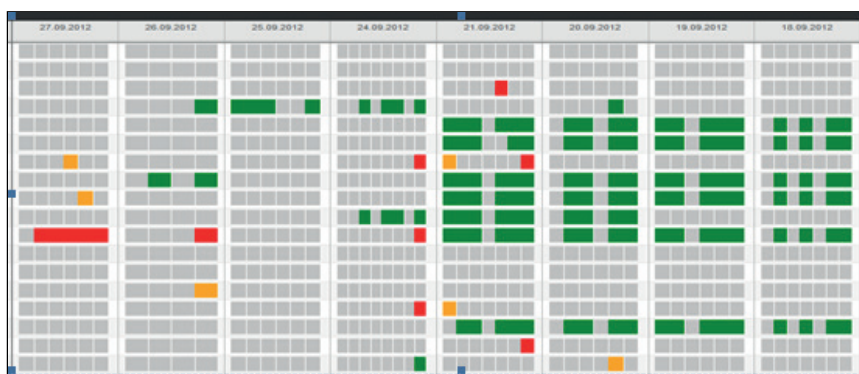
TULEMUSED JA ARUTELU

Tulemused on esialgsed, kuna andmete kogumine jätkub ning seetõttu rangeid järeldusi teha ei saa, küll aga annab käesolev uurimistöö ülevaate käsitletava probleemi suundumustest ja koolisüsteemi kitsaskohtadest.

Allpool on esitatud töö esialgsed tulemused.

On õpetajaid, kes ei registreeri õpilaste õppetööst puudumisi süstemaatiliselt, mistõttu riiklik statistika puudumiste kohta ei ole tõene.

Riigikontrolli aruande kohaselt puudus iga õpilane 2005/06. õppeaasta jooksul keskmiselt 10% tundidest, millest kolmandik olid põhjendamata (Koolikohustuse ... 2007: 18).



Joonis 1. Puudumiste registreerimise väljavõte 8. klassi eKooli e-päevikust 2012. a (19.10.2012)

E-päevikus väljendab roheline põhjendatud ja punane põhjendamata puudumist ning kollane hilinemist. Jooniselt 1 nähtub, et mitmel järjestikusel õppepäeval on osa õpetajaid jätnud oma aines õpilase puudumise registreerimata (ülevalt alla kulgevad tühjad väljad registreeritud puudumiste vahel). Puudumiste märkimine erineb kooliti, klassiti ja ka veeranditi. Registreerimata puudumiste osakaal on 14-58% sissekantud puudumiste arvust. Kõige halvem on olukord esimesel ja viimasel veerandil. Puudumiste märkimata jätmine annab õpilasele selge signaali, et puudumine on lubatud. Iga uus eKooli üld- ja põhjendamata puudumisi käsitlev analüüs ei ole eelmistega võrreldav sissekannete erinevuse tõttu. Ei saa väita, et lapsed on tublimad ja käivad koolis korralikumalt või vastu-pidi, et puudumiste arv on „oluliselt suurenenud“.

Inglismaa kooliõpilaste puudumisi uuriv prof Ken Reid seab kahtluse alla sealse põhjendamata puudujate statistika. Statistiliselt on nende osakaal vaid 0,7%, kuid väidetakse, et tegemist on suure probleemiga ning kulutatakse miljoneid £ sellega võitlemiseks. Kas valitsus on ikka kindel selles tulemis? Reid väidab, et osas koolides on personali instrueeritud mitte registreerima põhjendamata puudumist, kui tegemist ei ole just erilise juhtumiga (Reid 2002: 3).

Puudumiste statistika usutavusega sarnane probleem kaasub õppeainespetsiifilisele analüüsile. See, et mingist ainetunnist üldse ei puuduta, ei tulene sageli mitte ainest või õpilaste huvist aine vastu, vaid sellest, kas õpetaja registreerib oma tunnis puudujaid või mitte. Tallinna Saksa Gümnaasiumi õpilase (Parktal 2012) poolt uurimistöö jaoks küsitletud eakaaslaste vastustest selgus, et õpilased kasutavad ära õpetajate ükskõiksust puudujate märkimisel ning sageli ei osale selle õpetaja tunnis.

Klassijuhatajad põhjendavad õpilaste puudumisi kergekäeliselt.

Esineb massilist esimesest ja viimasest tunnist puudumiste põhjendatuks lugemist. Põhikooli- ja gümnaasiumiseaduses (Põhikooli- ja gümnaasiumiseadus 2010, §35) on määratletud põhjendatud puudumised, kuid jäetud võimalus ka koolidel endal määratleda oma aktsepteeringud. Sellele vaatamata aktsepteeritakse osas koolides igat tüüpi vanematepoolseid tõendeid, põhjendusega, et vanem on teadlik ja võtab õppes puudumise eest vastutuse (vt joonis 2).

09.12.2011,1 - 09.12.2011,4 (Vabandatavad põhjused) - Klassijuhataja lisatud puudumise põhjus				
Puudumine: 09.12.2011 Eesti keel (1. tund; H L)				
07.12.2011,1 - 07.12.2011,1 (Vabandatavad põhjused) - Klassijuhataja lisatud puudumise põhjus				
Puudumine: 07.12.2011 Kehaline kasvatus (1. tund; J P)				
05.12.2011,8 - 05.12.2011,8 (Vabandatavad põhjused) - Klassijuhataja lisatud puudumise põhjus				
Puudumine: 05.12.2011 Muusika (8. tund; P P)				
13.12.2011,4 - 13.12.2011,4 (Vabandatavad põhjused) - Klassijuhataja lisatud puudumise põhjus				
Puudumine: 13.12.2011 Käsitöö ja kodundus (4. tund; A L)				

Joonis 2. Väljavõte e-päeviku õpilase puudumiste aruandlusest eKoolis (23.09.2012)

Ühe kooli ühel põhikooli klassil oli klassijuhataja õppeaasta jooksul põhjendatuks lugenud lausa 30 esimesest ja 51 viimasest tunnist puudumist, lisaks hulgaliselt keset õppepäeva puudumisi. On jäänud mulje, et sageli puudutakse vanematõendiga teadmiste kontrolli tunnist. Järgnevalt minimaalne näitlik ülevaade vanematõendiga puudutud üksiktundidest, kus puudutavas või sellele järgnevas tunnis toimus teadmiste kontroll ehk terve klassi hindamine:

14.11 füüsika (4. tund) üksik põhjendatud puudumine 5 õpilasel;

14.12 saksa keel (1. tund) üksik põhjendatud puudumine 5 õpilasel;

08.12 loodusõpetus (1. tund) üksik põhjendatud puudumine 7 õpilasel;

03.04 bioloogia (3. tund) üksik põhjendatud puudumine 7 õpilasel (järgmises tunnis, eesti keeles, oli kontrolltöö, kus õpilased osalesid);

28.05 üksik põhjendatud puudumine 8 õpilasel päeva lõpus muusikaõpetusest.

eKooli andmete põhjal jäi mulje, et enim vabandatakse spetsiifilisi ainek puudumisi just n-õ tublide õpilaste puhul. Võib-olla aktsepteerib õpetaja tubli õpilase tunnist puudumist, kuna õpilane on hõivatud mõne teise õppekavas ettenähtud pädevuse saavutamise (nt esinemine, olümpiaad), mis toetab tema arengut iseseisvaks õppuriks ja inimeseks (Hannust 2012), kuid on võimalik, et hetkel veel tublide õpilaste vanemad on altimad suhtlema kooliga ja puudumisi põhjendama, samas kui õpiraskustes laste vanemad püüavad kooliga distantsi hoida ning põhjendavad puudumisi sel määral, et seadusega probleeme ei tekiks. Saksa uurijaile on jäänud mulje, et regulaarne koolis käimine on ebaoluline nii õpilastele kui vanematele ning koolid väldivad võimalusel seda teemat (Berndt et al. 2005: 53). Reid ja O'Keefe (1993, viidanud Reid 2002: 3) seavad kahtluse alla vanematõendid, mis on tegelikult popitamine vanema teadmisel, eriti spetsiifilistest tundidest puudumiste puhul.

Õppetööst puudumiste sooline jaotus.

Eelolevale toetudes võib öelda, et puudumiste keskmiste näitajate esiletoomine ei õigusta end, kuna puudumiste registreerimine on puudulik. Võttes arvesse võimaluse, et puudumiste sissekanded on ühtemoodi puudulikud nii poiste kui tüdrukute puhul, keskendutakse sooliste näitajatele. Põhikooli vanemas astmes on põhjuseta puudumisi vaadeldud perioodil esinenud 60% tütarlastest ja 75% noormeestest. Et saada ülevaadet tüdrukute ja poiste puudumiste iseärasustest, vaadeldgem kõiki puudumisnäitajaid üheskoos (vt tabel 1).

Tabel 1. Õpilaste keskmiselt puudunud õppetundide arv, sooliselt diferentseerituna (25.09.2012)

Sugu	Üldpuudumised	Hajuvus	Põhjendatud puudumised	Hajuvus	Põhjendamata puudumised	Hajuvus
Tütarlapsed	112,5	±105,3	99,7	± 97,2	12,8	±22,8
Noormehed	102,4	±97,7	78,6	± 58,6	23,8	± 66,5

Tabelist 1 nähtub, et tütarlaste ja noormeeste üldpuudumiste arvud on suhteliselt ligilähedased. Tüdrukutel esineb enam põhjendatud puudumisi ja poistel põhjendamata puudumisi. On küsitav, kas noormehed tõepoolest puuduvad põhjendamata rohkem või põhjendavad tütarlaste vanemad puudumisi kergekäelisemalt. Just seetõttu, et vanematepoolsed puudumiste põhjendamised on nii erinevad, otsustas Inglismaa Riigikontroll hakata tähelepanu pöörama vaid üldpuudumistele, et vältida koolide erinevusi puudumiste aktsepteerimise spetsiifikas (Bourn 2005). Vaatamata ebausutavatele statistilistele näitajatele soovib autor juhtida tähelepanu põhjendamata üksikutest tundidest puudumistele. Klassides, kus õppis mitterahuldavalt edasijõudvaid õpilasi, oli üksiktundidest põhjendamata puudumiste osakaal kogu põhjendamata puudumiste hulgast väiksem kui klassides, kus õppeedukus oli korras. Klassiti ja kooliti oli üksiktundidest puudumiste osakaal 35–100%.

Mitterahuldava veerandihinde saanud õpilaste osakaal suureneb vanusega oluliselt.

Puudumiste algsete põhjuste leidmiseks kirjeldatakse õpilaste õpisaavutusi alates 5. klassist. Kirjandusallikate põhjal on õppes ebaõnnestumine üks tulevaste puudumiste mõjutajaid (Bardot 2006: 10; Festinger 1957, viidanud Krull 2000: 409; Koolikohustuse... 2007: 37; Reid 2002: 10).

Tabel 2. Mitterahuldava veerandihinde saanud õpilaste osakaal klassiti 2011/2012. õa (15.09.2012)

Õppeaine	Klass				
	5. kl	6. kl	7. kl	8. kl	9. kl
Matem.	11%	20%	24,5%	16,7%	37,5%
Geograafia			12,3%	14,1%	27,0%
Keemia				7,7%	29,2%
Ajalugu	2,5%	9,5%	12,3%	11,6%	25,0%
Loodusõp.	5%	16,5%	17%		
Füüsika				5,1%	18,7%
Bioloogia			3,0%	12,9%	18,7%
kokku	14,7% (neist 41,5% tüdrukud)	28,3% (neist 29% T)	35,5% (neist 30,5% T)	37,2% (neist 44,8% T)	47,9% (neist 34,8% T)

Tabelis 2 esitatud andmetest nähtub, et 5. klassis on juba arvestatav probleem matemaatikas, kus vähemalt ühel veerandil oli mitterahuldava hinde saanud ligi 11% õpilastest. Peaaegu pooltel põhikooli lõpetanutest on olnud õppeaasta jooksul vähemalt üks mitterahuldav veerandihinne. Tütarlaste osakaal on küllalt suur (29%–44,8%), seega ei saa täielikult nõustuda meedias kõlama jäänud väitega, nagu soosiks Eesti haridussüsteem liialt tütarlapsi.

Puudumiste põhjused.

Järgnevalt esitatud protsentuaalsed näitajad hõlmavad Eesti vastajaid.

Puudumispõhjustena mainiti koolivägivalda, nii vaimset kui füüsilist (45% õpilastest; viie riigi õpilastest ei maininud seda vaid Leedu); sõprade mõjutust (38%, v.a Austria); soovi olla lahe; isiklikke probleeme; halbu suhteid koolikaaslastega (Eesti, Läti, Itaalia); võlgasid; peole minekuks / peo pidamiseks valmistumist; sõprade puudumist; keskendumisraskusi suhteprobleemi tõttu.

Õppest ja õpikeskkonnast tingitud puudumispõhjusteks toodi halbu suhteid õpetaja või õpetajatega (Eesti (42%), Läti, Itaalia); välditakse õpetajate "õiendamist" ja liigset rangust. Kõigi viie riigi õpilased mainisid ebapiisavat ettevalmistust teadmiste kontrolliks (83% Eesti õpilastest). Õpilastele ei meeldi suuline vastamine, koolipäeva pikkus (lahkutakse viimasest tunnist), õppepäeva varajane algus (kõigi viie riigi õpilased mainisid sisseamagamist, Eestis 45%). Palju mainiti õppimiseks motivatsiooni puudust: a) õpe liiga lihtne - Austria, Läti, b) õpe liiga raske - Eesti õpilastest 31% („hinded on nii halvad, et ei ole mõtet tundi minna“, „ei

saa ainekust aru“), Itaalia, Leedu. Igavate koolitundide pärast puuduvad õppetööst Eesti (35%), Austria ja Itaalia õpilased. Eesti (79%), Läti ja Leedu lapsed puuduvad õppevahendite puudumise ja tegemata koduste õppetööde pärast. Kuna Itaalia ja Austria lastel sellist probleemi ei esinenud, võib arvata, et seal kodutöö hindamise alla ei kuulu.

Eesti (21%) õpilaste vastustest selgus, et õppes puudumist soodustavad lähedal olevate söögikohtade ja poodide allahindluskampaaniad. Puudumisi võib mõjutada isegi koolimaja seisund ja vähene tehnika õppeasutuses.

Ühiselt tunnustatakse puudumise põhjusena laiskust, v.a Itaalias, kus lihtsalt ei taheta kooli minna. Eestis (21%) on väga tugev mõjutaja ilus ilm. Eesti õpilased toovad puudumise põhjusena välja kahjuks ka pikema suitsupausi ja pohmelli!

Tervislikel põhjustel puudumisi mainivad vaid Balti riikide õpilased. 52% Eesti õpilastest mainis halba enesetunnet, närvilisust, psühhosomaatilisi probleeme, nagu pea- ja kõhuvalu, ning 45% väsimust.

Eesti õpilaste vastustes mainiti 76% juhtudel koduseid põhjuseid, sh mitmel korral väikese õe/venna hoidmist vanemate äraolekul (üldine Balti riikides), vana-vanemate külastamist ja lahutatud vanemate vahet käimist. Lapsed puuduvad koolist, kui kodus on probleeme. 31% mainib puudumispõhjusena reisimist.

48% vastanuist mainis puudumisi seoses kooli esindamisega ning 31% seoses isiklike huvialadega tegelemisega.

JÄRELDUSED

Osa aineõpetajaid ei registreeri oma aines puudujaid korrektselt, mistõttu riiklikul tasandil tehtud statistika õpilaste puudumiste üldarvu ja põhjuseta puudumiste osakaalu kohta eKooli baasil ei ole usaldusväärne. Korrapäratu puudumiste registreerimise tõttu ei ole võimalik tuvastada ka n-õ tüüppuudujaid. Ei saa väita, et on aineid või õpetajaid, kelle tunnist lapsed puuduvad vähe või ei puudu üldse, kuna jääb võimalus, et need õpetajad ei registreeri puudumisi süstemaatilisel.

Õpilase õppetööst puudumine sõltub suuresti õpetajast ja tema töökorraldusest. Puudumiste registreerimata jätmisega soositakse puudumist. Põhjendatud puudumiste reglemendi mitteolemasolu koolis ja sellega seoses kõikide vanematepoolsete tõendite aktsepteerimine annab õpilasele võimaluse puududa talle ebameeldivast tunnist. Inglismaal on paljudel kaubanduskeskustes vahele jäänud õpilastel esitada tõend puudumise kohta. See näitab, et õpetajatel on kujunenud arusaam, et tõendi olemasolul ei huvitu kool sinu tegelikest tegemistest (Reid 2002: 16). Lisaks õpetajate ükskõiksusele tundi mitte ilmunud õpilaste ja „tõendiga“ puudunute põhjuste suhtes ei ole õpilastel soovi õppetöös osaleda halbade suhete tõttu mõne õpetajaga. Varasematest uuringutest on selgunud, et õpilased puuduvad koolist pigem „kiusava“ õpetaja kui klassikaaslase pärast (Sarv 2006:

22). Puudumine tunnist tegemata kodutöö, õppevahendite puudumise või teadmiste kontrolli pärast võib tuleneda õpetaja hindamispraktikast (Lindgren, Suter 1994: 271, viidanud Pihlak 2007).

Õpega raskustes olevate laste osakaal on suur. Mitterahuldavate matemaatika veerandihinnete osakaal on väga suur juba 5. klassis. Õpilaste suvine kahepäevane lisaõppetöö ei täida tõenäoliselt muud funktsiooni kui hinde muutmine positiivseks materjali lühiajalise päheõppimise abil. Juba 2002. aastal juhtis Riigikontroll tähelepanu vajadusele kasutada nõrgemate õpilaste puhul diferentseeritud hindamist.

Õpilaste puudumiste põhjused on väga erinevad. Puudumist mõjutab kodu suhtumine kooli (sissemagamised, reisimine kooli ajal), õppekava (igav ja raske ning sellega seoses motivatsioonipuudus) (Reid 2008: 348), õppekorraldus (õppepäeva varajane algus ja pikkus), halvad suhted õpetajatega (Reid 2002: 16-17), suhted eakaaslastega (kiusamine, sõprade mõjutus, kaaslasega tülitsemine, „lahe“ olemise vajadus) (Koolikohustuse... 2002: 32; Reid 2008: 348; Sarv 2006: 22), õpiraskused ja ebakindlus (teadmiste kontroll, tegemata kodutööd) (Krull 2000: 420; Reid 2002: 16), väsimus ja stress (Reid 2008: 348).

Selleks et lastel oleks koolis hea olla, on vaja teha teavitustööd kõigi osapoolte hulgas. Edaspidises töös uurib autor, millised on puudumiste põhjused ja põhjused. Huvigruppideks on Lastekaitse, Lastevanemate ja Õpilasesinduste Liit ning haridusasutused.

KASUTATUD KIRJANDUS

Bardot L., Choudhury M., Hands A. 2006. International Education Comparisons - A Compendium of Published Information on Education Provision and Achievement in 10 Countries. National Audit Office. Publication date: 01 august 2006 http://www.nao.org.uk/publications/0506/international_education_compar.aspx (03.03.2011).

Berndt R-P., Sanner K., Neuthinger G. 2005. Germany. In N. Grewe (ed.), Absenteeism in European Schools. EU project „Absenteeism – Strategies, Concepts and Materials to Fight Truancy“ in European Countries. Publisher: Münster LIT, pp 51–63.

Bourn J. jt 2005. Improving school attendance in England. Report by the Comptroller and Auditor General, HC 212 Session 2004–2005, 04.02.2005. National Audit Office. Published by The Stationery Office, London URL

http://www.nao.org.uk/publications/0405/improving_school_attendance.aspx (03.04.2011).

Koolikohustuse täitmise tagamine 2002. Riigikontrolli kontrollaruanne nr 7038, Tallinn, 25. november, 36 URL

<http://www.riigikontroll.ee/tabid/206/Audit/1671/Area/1/language/et-EE/Default.aspx#results> (15.11.2010).

Koolikohustuse täitmine ja selle tagamise tulemuslikkus. Kuidas aidata tuhandeid lapsi,

kes koolis ei taha käia? 2007. Riigikontrolli aruanne Riigikogule, Tallinn, 27. august, URL

<http://www.riigikontroll.ee/DesktopModules/DigiDetail/FileDownloader.aspx?Filed=10254&AuditId=1999> (15.11.2010).

Krull E. 2000. Pedagoogilise psühholoogia käsiraamat. Tartu Ülikooli kirjastus.

Parktal P. 2012. Gümnaasiumiõpilaste põhjused puudumise põhjused. 11. klassi uurimistö. Tallinna Saksa Gümnaasium (veel ilmunata).

Puudumistõendi annab lapsevanem, mitte arst 2007. Eesti Ekspress. 26. aprill, A5.

Põhikooli- ja gümnaasiumiseadus. Vastu võetud 09.06.2010. Välja kuulutanud Vabariigi President 21.06.2010 otsus nr 698. Riigi Teataja, RT I 2010, §35

<https://www.riigiteataja.ee/akt/13332410> (01.03.2011).

Reid K. 2002. Truancy. Short and Long-Term Solutions. RoutledgeFalmer, Taylor & Francis, London and New York, pp. 1–20

<http://www.ewidgetsonline.com/dxreader/Reader.aspx?token=blo2YvuPqvO0d-FBd7U0YkQ%3d%3d&rand=369624542&buyNowLink=&page=&chapter=> (21.09.2012).

Reid K. 2008. The causes of non-attendance: an empirical study. Educational Review. Nov 2008, vol. 60 Issue 4, p345–357. 13p. 5, EBSCOhost.

Sarv E-S. 2006. Õpilase ja õpetaja suhe. Haridus 5-6/2006, 22.

JÄTKUSUUTLIKU ARENGU TAGAMINE OHTLIKE KAUPADE TRANSPORDILOGISTIKA VAATENURGAST

Jelizaveta Janno

SEOS SÄÄSTVA ARENGUGA

Ohtlike kaupade logistika – olgu see transport, kaupade ladustamine, nende pakendamine vms, on keeruline protsess, mille moodustavad alamtegevused, mis kuuluvad omakorda väga erinevatesse distsipliinidesse (nt keemia, logistika, matemaatika, füüsika, ka kultuur ja psühholoogia). Kompleksust lisab siinkohal veelgi asjaolu, et kõik need rakendatavad teadused oma erinevate teadmiste kogumitega teenivad lõppkokkuvõttes ühist eesmärki – teostada ohtlike kaupade transporti algusest lõpuni ohutult, minimaalsete riskide ning vähimate võimalike kahjudega ühiskonnale, üksikisiku varale ja keskkonnale (UNECE 2011). Ohtlike kaupade ohutu transport ei seisne üksnes ühekordse nõudluse rahuldamises kauba kohaletoimetamisena õigesse sihtkohta õigel hetkel. Tegemist on pideva protsessiga, mille abil tagatakse järgnevale põlvkondadele vähemalt samaväärne või paremgi elukeskkond ja -kvaliteet, praktilise tegevuse kaudu saadud kogemused ja kontrollitud teadmised.

Säästev areng transpordisektoris on arengusuund, mis eelistab inimeste ja kaupade veol väiksema energiatarbe, ressursikulu (sh madalamate riskidega) ja keskkonnamõjuga transpordiliike (Säästva Eesti Instituut). Ohtlike kaupade logistika valdkonnas on viimaste aastakümnete jooksul toimunud märkimisväärne liikumine jätkusuutliku arengu suunas. Sellised säästva arengu klassikalised faktorid nagu majandus, keskkond ja ühiskond on siinkohal olnud pidevalt fookuses. Enamgi veel, seoses keemiaklastrite (ingl. k. chemical clusters) kujunemisega mitmel pool Euroopas ja mujal maailmas on kasvav osatähtsus ka kultuurilisel aspektil. Riikidevaheline kultuuriline erinevus ohtlike kaupade logistika valdkonnas on määrav nii säästva arengu mõistmisel tervikuna kui ka igapäevases spetsiifilises tegevuses – näiteks kemikaalide transportimisel väikseimate riskidega.

SISUKOKKUVÕTE

Arenenud riikides on jätkusuutliku arengu kontseptsioon tänaseks vastu võetud ja aktsepteeritud kui alusraamistik arengustrateegiate ettevalmistamiseks nii avaliku kui ka erasektori poolt ning rakendatud peaaegu kõikides tegevusvaldkondades (Muha 2009). Siinkohal tähendab see eeskätt loodusvarade, laiemalt vaadates aga kõikide piiratud ressursside kasutamist nende taastuvuse piires sellisel kujul, et nende tarbimisest põhjustatud heitkogused ei avaldaks negatiivset mõju ümbritsevale keskkonnale ega pöördumatut kahju üksikisiku varale ja tervisele (ibid.).

Ohtlike kaupade transpordiloo, käesolevas kontekstis maanteetranspordiloo on keeruline protseduuride kompleks, mis kujutab endast suurt ohtu inimestele ja ümbritsevale keskkonnale. Riskid on tingitud maanteedel liikuvate ohtlike kemikaalide kokkupuutest inimeste igapäevase elukeskkonnaga, ka siis, kui kaup on korrektselt pakendatud ja liigub ohutult ettenähtud marsruuti mööda, ning asjaolust, et just maanteid pidi liigutatakse väga erinevate keemiliste omadustega ohtlike kaupad. Praeguseks on kehtestatud teatud süsteem vahendeid, mis on samm edasi turvalise, säästva ja jätkusuutliku ohtlike kaupade transpordiloo teostamise suunas. Ohtlike kaupade maanteetranspordis saab riskide ennetamise abinõud jaotada kolme gruppi: tehnilised, protseduurilised ja inimfaktoriga seotud meetmed (Krasjukova (Janno) 2010). Jätkusuutlik areng on tänaseks põimunud iga grupiga (näiteks taaskasutus, vähem reostav ja energiat raiskav transpordi teostamine, säästvat arengut toetav haridus jpm) nii tihedalt, et on muutunud ohtlike kaupade maanteetranspordi lahutamatuks osaks.

SISSEJUHATUS

Jätkusuutlik, k.a säästev areng (ingl. k. sustainable development) on lai mõiste, mis hõlmab pea kõiki eluvaldkondi. Määratlus „ohtlikud kaubad“ kehtib kõigile pakendatud kaupadele ja ainetele, mis võivad ohustada inimese tervist või turvalisust, vara või keskkonda (UNECE 2011). Ohtlike kaupade transport on erilise tähelepanu all maanteetranspordi korralduses tervikuna, seda eeskätt oma protseduurilise keerukuse tõttu. Seda võimendavad veelgi suured riskid looduskeskkonnale ning inimeste tervisele ja varale. Just see on peamine põhjus, miks ohtlike kaupade maanteetransport on mitmeti reguleeritud seaduste ja regulatsioonidega nii tehnilistest, protseduurilistest kui ka keskkonnakaitse aspektidest lähtuvalt. Ohtliku kauba nõuetekohane määratlus ning selle peamise ohuomaduse (vajadusel oluliste kõrvalomaduste) täpne defineerimine on võtmetähtsusega ja eeldus selleks, et saavutada maksimaalne ohutus keemilise aine maanteetranspordi teostamisel. Selleks klassifitseeritakse iga konkreetne ohtlik aine ohuklassi

(klassid 1–9) ja määratakse transpordiprotsessiks pakendigrupp (PG I–III). Siiski ei kindlusta kauba korrektne ja täielik defineerimine üksinda transpordiprotsessi maksimaalset ohutust. Lisaks tuleb täita õigusaktide ja teiste regulatsioonide nõudeid, mis puudutavad kõiki ohtlike kaupade transpordiprotsessiga seotud osapooli. Asjaosaliste teadlikkuse suurenemine on ohtlike kaupade logistika jätkusuutliku arengu eeldus. Teadlikkuse all selles valdkonnas eristatakse kolme komponenti: teadmised, suhtumine ja käitumine.

Uurimistöö eesmärk on välja selgitada, kas ohtlike kaupade maanteetranspordi logistika jätkusuutliku arengu aspektid tulenevad ainult siseriiklikest ettekirjutustest ja rahvusvaheliselt kehtestatud konventsioonide nõuetest. Jätkusuutlikkus eeldab aga pidevat arengut: ohtlike kaupade maanteetranspordi sektoris on selleks ettevõtete omaalgatuslik säästlikkus igapäevategevustes.

METOODIKA

Artikli tulemuste ja analüüsi aluseks on „Eesti kaubavedajate ja ekspedeerijate ohtlike kaupade transportimise kompetentsuse uuring“, mis korraldati kahes järjestikusel etapil ankeetküsitluste ja poolstruktureeritud intervjuude vormis perioodil september 2010 kuni juuni 2012. Autor tegeles algusetapis uuringu koordineerimise ja juhendamise ning ankeetküsitluse korraldamiseks moodustatud meeskonna töö jälgimisega. Hilisemas etapil korraldas autor intervjuud valitud ettevõtetega. Uuringus kasutatud meetodid tulenesid uurimisküsimuste detailsusest ja spetsiifilisusest.

Projektimeeskonna koostatud ankeetide küsimuste eesmärk oli kaardistada ohtlike kaupade transpordisektori olukord Eestis. Üheks võtmeelemendiks oli keerulise tegevusvaldkonna osapoolte keskkonnateadlikkuse uurimine. Küsitleti 62 transpordiettevõtet, kelle tegevuste hulka kuulus ohtlike kaupade (ADR) vedu (ERAA; ELEA). Küsimustikele täies mahus vastanute osakaal moodustas 87,1%, mis oli järelduste tegemiseks piisav. Edasised intervjuud toimusid juba valitud Eesti maanteetranspordiettevõtete ja ekspedeerijatega, keskendudes spetsiifilistele aspektidele. Eriti põhjalikult hõlmas intervjuude temaatika personali väljaõpet, autojuhtide erialast koolitust ja selle kvaliteeti Eestis (maanteel töötava ohutusnõuniku koolitus ja ohtlike veoste veo autojuhtide ADR koolitus).

Aruandeperioodil tehtud uuringu ajaks oli autor seitse aastat töötanud ohtlike kaupade maanteetranspordi sektoris ja kolm aastat tegelenud teadustööga selles valdkonnas. See võimaldas analüüsides tegemise ajaks seostada isiklikku ametialast kogemust teadusega ja tulemusi adekvaatselt hinnata.

TULEMUSED JA ANALÜÜS

Säästev transport (transpordisüsteem) tähendab sellist transpordi- ja elukorraldust, mis tagab inimeste juurdepääsu igapäevastele vajadustele nii, et see ei kahjusta teiste inimeste juurdepääsuvõimalusi ja elukeskkonda, on majanduslikult efektiivne, õiglane ja tervikuna ökonoomne ning kulutab maksimaalselt nii palju loodusvarasid, kui keskkond suudab taastoota või neutraliseerida (Eesti Keskkonnainstituut). Säästva transpordi eesmärgiks on vähendada transpordist tulenevaid negatiivseid keskkonna-, sotsiaalseid ja majanduslikke mõjusid. Selle saavutamiseks on mitmesuguseid poliitilisi vahendeid ja planeerimispõhimõtteid, alates majandushoobadest (väliskulude kajastamine transpordi hinnas, maksud, kasutustasud, heitkogustega kauplemise süsteemid) ja reguleerivatest meetmetest kuni transpordi ja maakasutuse tervikliku planeerimise, säästvat transpordisüsteemi toetava taristu investeringute ning puhtamate tehnoloogiateni. (Ibid.) Neid meetmeid koos rakendades on võimalik vähendada transpordi kahjulikke mõjusid ja tagada transpordinõudlust kindlustades transpordi (transpordisüsteemi) jätkusuutlik areng.

Riskide ohjamine ohtlike kaupade transpordis kui jätkusuutliku arengu tagamine

Ohtlike kaupade logistikas eristatakse üldiselt nelja liiki kahjusid, mis võivad tekkida keemilise aine lekkimise tagajärjel transpordiprotsessi jooksul (UNECE 2006):

- 1) inimeste hukkumine õnnetuse ajal või vahetult pärast õnnetusjuhtumit;
- 2) inimeste tervisekahjustuste põhjustamine (k.a kehaliste vigastuste tekitamine);
- 3) kahjude tekitamine strateegilistele/olulistele hoonetele ja rajatistele;
- 4) reostus, mis on põhjustatud ohtliku kauba sattumisest ümbritsevasse keskkonda.

Jätkusuutlik areng ohtlike kaupade maanteetranspordis on otseselt seotud riskide ohjamise abinõude efektiivse ellurakendamisega praktikas. Selleks et vähendada õnnetuse tekkimise tõenäosust, on vaadeldavas tegevusvaldkonnas kolm peamist otsustuskriteeriumi, mida võib laiemalt käsitleda ka kui universaalset komplekti riske ennetavatest vahenditest. Need on tehnilised, protseduurilised ja inimfaktoriga seotud meetmed. Mitmed allpool toodud (vt tabel 1) riskide ohjamise abinõud on tänaseks laialdaselt kasutuses ning on muutunud ohtlike kaupade maanteetranspordis kohustuslikuks. Selles valdkonnas esinevad riskid on alati seotud inimfaktoriga ning neid ei saa täielikult elimineerida. Võimalik

on ainult nende ohjamine, mida erinevad ametivõimud ja asjassepuutuvad institutsioonid üritavad saavutada ühtsete reeglite kohaldamisega. On fakt, et inimlik eksimine on kõige enam esinev üksiktegur ohtlike kaupade õnnetuste põhjustajana (EC 2011). Euroopa Komisjoni andmebaasi info, mis puudutab ohtlike kaupade transportimisega seotud liiklusõnnetusi, näitab, et peaaegu poolte juhtumite põhjuseks on inimlik eksimus, samal ajal kui kõigest 8% õnnetustest on tingitud tehnilisest rikkedest (ibid.). Personali eksimused võivad olla tingitud erinevatest teguritest – ebapiisav professionaalne ettevalmistus, hooletus või ükskõiksus. Siinkohal on palju arenguruumi ja -võimalusi: parem haridus ja koolitused, tööohutuse ja -kultuuri tõstmine, suhtumise kujundamine inimeste käitumisest tulenevatesse ohtudesse.

Table 1. Riskide ohjamise abinõud ohtlike kaupade maanteetranspordis (Krasjukova (Janno) 2010)

Tehnilised abinõud	Protseduurilised abinõud	Inimfaktori rolliga seotud abinõud
pakendamise tehnoloogia integreerimine ohtliku kemikaali tootmise varajasse faasi; peale- ja mahalaadimise tehnika ja tehnoloogia pidev täiustamine; transpordiühiku ajakohastatud ohutusnõuetele vastamine; kohustusliku turvavarustuse olemasolu transpordiühikus; taristu ohutusnõuetele vastamine (ülekäigurajad, tunnelid, sillad, ohutusseadmed maanteedel)	kohustuslike protseduuride kehtestamine peale- ja mahalaadimise ajal; laadimise järjekord ja veose paigutus transpordiühikus; ohtlike veoste parkimise piirangute kehtestamine; ohtlike veoste fikseeritud liikumismarsruudi kehtestamine – marsruudi kinnitamise nõue kontrolli ja järelevalvet teostava ameti poolt; kõrgemad hinnad laevapiletitele mereveol ja teetunnelite läbimiseks; kellaajalised ja hooajalised liikluspääsõu; erimenetlused õnnetuste juhtumisel; kohustuslik dokumentatsioon ja lisamärkused dokumentidel; ohtlike veoste jälgimise süsteem; transpordiühiku erimärgistus ning ohtliku kauba markeerimine	ADR-alased põhi-, eri- ja täienduskoolitused autojuhtidele; maanteel töötava ohutusnõuniku koolitus ohtliku kauba transpordi korraldamise eest vastutavale isikule; tööohutuse ja ergonoomika koolitused ettevõtte personalile; säästliku sõidu koolitus autojuhtidele; arenguvestlused töötajatega

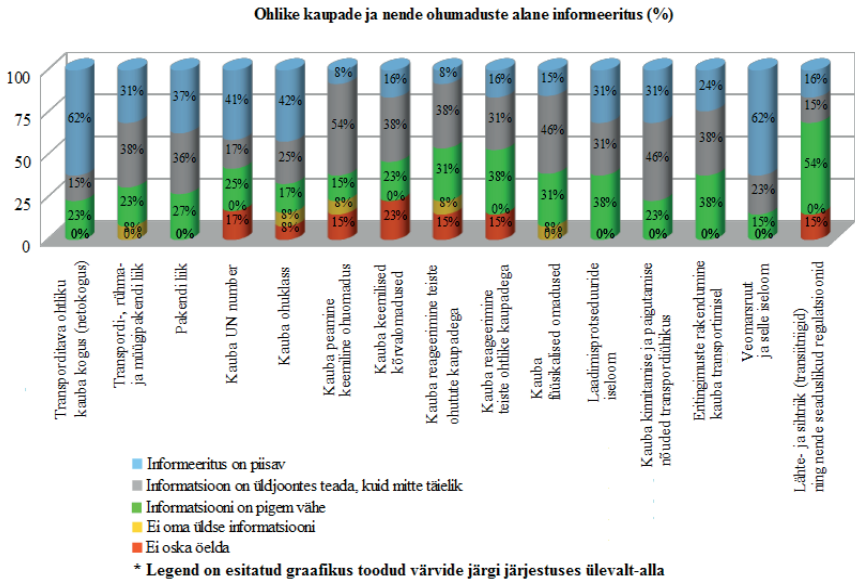
Järelikult on ohtlike kaupade logistikas lisaks tehnilistele aspektidele veel võimalusi riskide ohjamiseks ja seega ka jätkusuutliku arengu tagamiseks, tuginedes töötajate professionaalselt õigele käitumisele. Nii näiteks peavad logistik ja ekspediitor tundma ohtlike kaupade transpordi korraldamise teoreetilisi aspekte ning teadma, milliseid lisadokumente konkreetse kauba transportimine või transporditeenuse vahendamine nõuab. Laotöölisel ja/või autojuhil peavad olema

teoreetilised teadmised ja praktilised kogemused spetsiifilise kauba laadimisprotseduuride ja/või füüsilise veoprotsessi teostamiseks. Enamgi veel, autojuht peab olema kompetentne, et suuta hinnata pakendi sobivust konkreetse kauba ja selle ohuomadustega ning võimeline teostama vedu ohutult kogu transpordiprotsessi jooksul.

Teadlikkuse tõstmine ohtlike kaupade transpordis kui jätkusuutliku arengu tagamine

Teadlikkust iseloomustatakse kui meeleeelundite täielikku kasutamist – see on teadvuse seisund, mis areneb spontaanselt, kui organism tegeleb mistahes esilekerkinud küsimuse või probleemiga (Mõttus et al. 2011). Teadlikkuse, eeskätt keskkonnateadlikkuse tõstmine tähendab olemasolevate tehniliste ja protseduuriliste lahenduste laialdasemat kasutamist ja uute lahenduste soodustamist, mis arvestavad võimalike riskide ja nende ohjamisega. Teadlikkuse tõstmise üheks tingimuseks on piisava informatsiooni olemasolu ja vajaliku lisateabe saamise võimalus konkreetse probleemi lahendamisel igapäevastes küsimustes. See eeldab ohtlike kaupade tarneahelasse kuuluvate osapoolte tihedat omavahelist suhtlemist ja informatsiooni mõlemasuunalist liikumist. Eesti transpordiettevõtted tunnevad vajadust erialast tuleneva spetsiifilise informatsiooni järele, et olla kursis uudiste ja muutustega ohtlike kaupade transpordi valdkonnas (Kivi et al. 2011). Uuringutulemustes jagunes vastanute osakaal järgmiselt: vajadus lisainfo järele aeg-ajalt 87%; iga päev 13%, mitte kunagi 0% (ibid.).

Infovajaduse spetsiifilisemal uurimisel püüti välja selgitada, mis liiki teabe puhul on transpordiettevõtete informeeritus piisav ning millistes küsimustes puudulik. Tulemused on esitatud graafikuna (vt joonis 1).



Joonis 1. Ohtlike kaupade ja nende ohumaduste alane informeeritus (koostanud autor 28.09.2012)

Ilmnes, et Eesti transpordiettevõtte on oma igapäevatoos silmitsi olukorraga, kus just spetsiifiline informatsioon on puudulik. Näiteks on riskide õigeks hindamiseks transpordiprotsessi korraldamisel oluline konkreetse ohtliku kauba transportimisega seotud teave: pakendi liik, kauba liigitus ohuklassi, keemilise aine peamised ohumadused. Sellist tüüpi teavet pidasid Eesti vedajad ja ekspedeerijad ebapiisavaks nagu ka informeeritust ohtliku kauba reageerimisest teiste kaupadega. (Kivi et al. 2011) See viitab asjaolule, et ohtlike kaupade transpordiga seotud osapooled tajuvad hästi oma puudulikkust informeeritust igapäevatoos ja oskavad seda seostada võimalike riskidega. Ettevõtete tagasisidest tuli selgelt välja, et isegi see teave, mis on vajalik maanteetranspordiprotsessil korrektseks dokumentide täitmiseks – ohtliku kauba neto-/ brutokogus, UN number¹¹, korrektne nimetus ja pakendigrupi liik (tulenevalt ADR konventsioonist I-III PG; ingl. k. packing group) – ei ole piisav selleks, et teostada praktikas maksimaalselt riskivaba vedu (ibid.).

¹¹ Ohtliku kauba UN number – ohtliku aine koodnumber, mis on talle antud ÜRO soovitusel ohtlike ainete veo kohta (*Recommendations on the Transport of Dangerous Goods*) (UNECE 2011).

Transpordi- ja ekspedeerimisettevõtte tegelevad sageli just selleks lisainformatsiooni hankimisega enne konkreetse veo teostamist, et omada maksimaalset ülevaadet transporditava ohtliku kauba olemusest. Autojuhi aktiivne osalemine kauba laadimisprotsessil ja koorma hoolikas kinnitamine (kontrollimine), samuti logistiku või ekspedeeriija (s.t vedu korraldava isiku) viibimine veose paigutamisel transpordiühikusse kauba saatja juures – kõik see on elukeskkonna jätkusuutliku arengu eelduseks.

Säästvat arengut toetava hariduse põhimõtted ohtlike kaupade transpordis kui jätkusuutliku arengu tagamine

Õiguse ohtlike kaupade vedamiseks annab transpordiettevõttele töötajate ADR koolitus, mis on veo korraldamise eest vastutavatele logistikutele ja ekspedeeriijatele mõeldud autojuhtide ja maanteel töötavate ohutusnõunike koolitus. Euroopa ühised nõuded ohtlike kaupade rahvusvaheliseks veoks maanteel, s.o ohtlike veoste rahvusvahelise autoveo Euroopa kokkulepe (The European Convention for International Road Transport of Dangerous Goods; ADR) sätestab nõuded sõiduki meeskonnale (UNECE 2011). Transpordiettevõtte professionaalsus ohtlike kaupade transportimises kajastub suuresti selle töötajate teoreetilistes teadmistes ja praktilise töö käigus saadud kogemustes. Just ettevõtte kogemused kemikaalide transportimisel on määravad konkreetse vedaja valikul ohtlike kaupade liigutamiseks tarneahelas.

Keskendudes uuringu teises etapis transpordiettevõtete personali koolitamisele, koolituste ülesehitusele ja sisule Eestis, püüdis autor leida ühisosa säästvat arengut toetava hariduse põhimõtetega. Säästvat arengut toetav haridus kujundab inimeste teadmisi ja oskusi, muutes neid pädevamaks ja enesekindlamaks ning võimaldades kooskõlas loodusega tegutseda edukama ja tulemuslikuma tuleviku nimel (ÜRO Euroopa Majanduskomisjon 2004). Arvestades asjaolu, et erinevad ohtlikud kaubad eeldavad erinevat lähenemist pakendamisele, kauba paigutamisele, transpordi teostamisele jne, on rahvusvahelises ohtlike kaupade maanteetranspordi reguleerivas konventsioonis esitatud nõuded koolitustele pigem üldsõnalised, mis annab iga riigi koolitajatele võimaluse teemasid käsitleda ja õppemeetodeid valida oma äranägemise järgi. Võrreldes majandus- ja kommunikatsiooniministeeriumi poolt sertifitseeritud Eesti nelja koolitaja korraldatavaid ADR koolitusi autojuhtidele Prantsusmaa ja Hollandi samateemaliste koolitustega, saab välja tuua järgmised olulised erinevused (Krasjukova (Janno) 2012).

Koolituste kestus Eestis on minimaalne rahvusvaheliste nõuetega lubatu.

Eestis puuduvad lisaerikoolitused.

Koolituste sisuks Eestis on peamiselt teoreetiliste faktide edasiandmine, samas kui Prantsusmaal ja Hollandis toimub õppimine praktiliste juhtumite lahendamise ja lahenduste analüüsimise kaudu.

Prantsusmaal ja Hollandis osaletakse ohtlike kaupade laadimisprotseduuridel;

Eestis selline praktika puudub.

Erinevalt Eestist tehakse Prantsusmaal ja Hollandis koolituste raames keemiliste ainete/ühenditega laboratoorseid katseid.

Eelneva põhjal saab kindlalt öelda, et ohtlike kaupade maanteetranspordi koolitused Eestis ei sisalda säästvat arengut toetavaid põhimõtteid. Praktikata loengud ja minimaalne ajaline pühendumus ei suuda autojuhtides kujundada selliseid teadmisi ja oskusi, mis annaksid neile piisava pädevuse ohtlike veoste riski ohjamiseks. Siinkohal on aga transpordiettevõtetal endil võimalus võtta sotsiaalne vastutus (ingl. k. corporate social responsibility). Ühiskondlik vastutus tähendab seda, et ettevõtted tegutsevad ilma seadusest tuleneva kohustuseta sotsiaalsete ja keskkonnavalaste eesmärkide saavutamiseks oma igapäevases äritegevuses (European Commission). Transpordiettevõtete initsiatiiv kujundada oma töötajate teadmisi ja oskusi kooskõlas elukeskkonnaga annaks olulise panuse nii keskkonnateadlikkuse tõstmisesse kui maanteetranspordi ohutuse suurendamisse Eestis. Enamgi veel, selle tulemusena suureneks kohalike vedajate konkurentsivõime rahvusvahelises kontekstis keerulises ja spetsiifilises valdkonnas.

KASUTATUD KIRJANDUS

Eesti Keskkonnainstituut. Tegevussuunad. Säästev transport. <http://www.ekki.ee/et/tegevussuunad/saastev-transport.html> (02.12.2012).

Eesti Logistika ja Ekspedeerimise Assotsiatsioon. Liikmete otsing. <http://elea.ee/et/liikmete-otsing.html> (01.12.2012).

Eesti Rahvusvaheliste Autovedajate Assotsiatsioon. Veondusturg. Andmebaas. <http://www.eraa.ee/php/select08.php> (01.12.2012).

Kivi K., Rehepapp A., Tuisk M-L., Veanes K. 2011. Ohtlike kaupade transpordi uuring Eestis. Tallinna Tehnikakõrgkool, 6–20.

Krasjukova (Janno) J. 2010. Possibilities to Manage Effectively Risks in Transport of Dangerous Goods. Journal of International Scientific Publications: Economy & Business, 4, 27–36.

Krasjukova (Janno) J. 2012. Practical Output of Dangerous Goods Training on example of Estonia's Carriers. NOFOMA 2012 The24th Annual Nordic Logistics Research Network Conference 7–8 June 2012, Naantali, Finland. (ed.) The University of Turku. Turku University Press, 2012.

Muha R. 2009. Influence of Sustainable Development Guidelines on Dangerous

Goods Hauliers. In: Promet - Traffic&Transportation, vol. 2, 2009, No 6, 425–432.

Mõttus R., Allik J., Reola A. 2011. III teema: intelligentsuse tagajärjed. Intelligentsuse psühholoogia. Tartu Ülikooli Kirjastus, 161–201.

Säästva Eesti Instituut, SEI Tallinn. Säästva arengu sõnaseletusi. (30.11.2012).

The European Commission. Euroopa Komisjon. Tööhõive. Sotsiaalküsimused ja sotsiaalne kaasatus. Ettevõtete sotsiaalne vastutus

<http://ec.europa.eu/social/main.jsp?catId=331&langId=et> (10.10.2012).

The European Commission (EC), European Road Safety Action Programme: Mid-Term Review. Brussels, COM (2011).

United Nations Economic Commission for Europe (UNECE): European Agreement concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Road (ADR 2011). <http://www.unece.org/trans/danger/publi/adr/adr2011/11contentse.html> (27.09.2012).

United Nations Economic Commission for Europe (UNECE) Inland Transport Committee: Guideline for Risk Assessment (Reproduction of INF.8 from the OTIF secretariat submitted to the Joint Meeting at its March 2006 session), Geneva, 25–27 October 2006. <http://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/doc/2006/wp15/06OCTOINF8E.pdf> (12.09.2012).

ÜRO Euroopa Majanduskomisjon, UNECE Säästvat Arengut Toetava Hariduse Strateegia. Visioon. 2004. <http://www.hm.ee/index.php?046844> (02.10.2012).

SELECTED SUMMARIES

THE FREQUENCY OF HISTAMINE N-METHYLTRANSFERASE GENE POLYMORPHISM C314T AMONG CASE AND CONTROL GROUP IN ESTONIA AND THE IMPACT OF ENVIRONMENTAL FACTORS ON ALLERGY

Astrid Oras

Allergic diseases have become more and more frequent especially in western countries. Allergic diseases have numerous contributing genes and due to individual genetic variability environmental factors have different impact on individuals. Environmental exposures contribute patterns of gene expression and through that the development of allergies. Histamine N-methyltransferase (HNMT) C314t is one of the genetic factors which is associated with allergy. Histamine is involved in regulation of numerous physiological and pathophysiological conditions including allergy and the primary enzyme responsible for histamine metabolism is HNMT. Decreased activity of HNMT is associated with a polymorphism located in HNMT gene. Allergies have been associated with different environmental factors, but this study observed only some of these.

Study was approved by Research Ethics Committee of the University of Tartu. The aim of study was to investigate the prevalence of HNMT C314t among people having allergy and control group in Estonia and the influence of environmental factors on allergic diseases. It was found that the frequency of CT genotype in case group was 24,2% and in control group 21.8%. 75% of persons with CT genotype had more than one allergic disease, but among persons with normal genotype CC only 54.7%. Also it was shown that exposure with some pets might be related to allergic diseases. Pearson's chi-squared test was applied for the statistical analysis, probability values less than 0.05 were considered statistically significant.

Based on the results following conclusions were made:

- There was no significant difference of HNMT C314t frequency between case group and control group.
- In this study association between HNMT C314t and allergic diseases was not found, but HNMT C314t may increase the risk of having more than one allergic disease.
- According to the results exposure with cat and dog may increase and exposure with livestock may decrease the prevalence of allergic diseases.

SOWED SPHAGNUM SPECIES, FERTILIZERS AND SPHAGNUM SOWING RATES – THE EFFECT OF THREE FACTORS ON MOSS CARPET FORMATION ON MILLED PEAT FIELD

Anna-Helena Purre

The paper's main aim is giving an overview about milled peatland restoration techniques and factors that have effect on moss carpet development on milled peatlands. 57 bryophyte samples were gathered in late fall of 2011 from the Ohtu experiment site, located near Keila (N-Estonia) and where the restoration experiment started at 2006. Annual length increment was measured by innate markers method and also dry matter biomass and production were measured.

Highest biomasses were found on plots *S. fuscum* was sowed. On the plots sowed with mixture of *S. angustifolium* and *S. capillifolium* Sphagnum species were absent. The mixture of *S. angustifolium* and *S. magellanicum* gave the second highest biomasses. Further research on Sphagnum species suitability to peatland restoration is needed. Greatest moss biomasses were found on the plots with medium sowing rate and the difference in biomass between plots with sparse and medium sowing rate were 77%. Superphosphate appeared to be unsuitable for the mosses growing on the test field and led to lowest bryophyte biomass, but plots with urea fertilization had the highest moss biomasses and productions. Further studies on that topic are also needed.

THE CARRIER FREQUENCY OF FILAGGRIN MUTATION C.2282DEL4 AMONG ADULTS IN ESTONIA AND ASSOCIATION BETWEEN EXPOSURE TO TOBACCO SMOKE AND ALLERGIES

Kairit Kukk

The number of atopic diseases has increased significantly in recent decades. Genetic variants c.2282del4 and p.R501X in the gene encoding filaggrin (FLG) are very strong predisposing factors for atopic asthma, atopic dermatitis, allergic rhinitis and hypersensitivity reactions. These variants are carried by 9% of people of European origin.

The aim of the study was to investigate the carrier frequency of filaggrin mutation c.2282del4 among adults in Estonia and explore if exposure to tobacco smoke contributes to allergies. It was a case-control study with 101 subjects, who had been diagnosed an allergy and 101 nonallergic persons. Study subjects were asked to fill in a questionnaire and to sweep epithelium cells from their cheek mucosa for genetic analysis. The data from the questionnaires was analysed using Microsoft Office Excel 2007, and the statistical analysis was performed using Stata 12.0. The significance of the difference between case study and control groups was determined by the Chi Square test. Results were considered statistically significant if $p \leq 0.05$.

The general carrier frequency of mutation c.2282del4 among Estonian population was 5.9% (12/202). Although the mutation appeared more frequently among persons with diagnosed allergy than among individuals in the control group, there was no significant association ($p = 0.552$). However, it was found, that variant c.2282del4 showed a significant association with atopic dermatitis ($p = 0.012$). Although the association was not statistically significant, the study indicated that people who have the mutation, are more likely to have more than one allergic disease. The results of the study could not demonstrate or refute that exposure to tobacco smoke affects the manifestation of allergic diseases among people with mutation variant c.2282del4.

FAIR GRADING IN THE SCHOOLS AND UNIVERSITIES ACCORDING TO EDUCATIONAL PHILOSOPHY

Sven Anderson

In the article I concentrate on the philosophical principles of righteousness in grading. For the hypothesis I chose the following problem: do grades have to be based on the equality of relationships, which is only possible upon non-grading or could be possible through the method of binary grading, which categorizes subjects as passed or not passed. Upon calculating the arguments and the results of an empiric study I found that there is a possibility to use different models with different outcomes in grading – the binary system and the option of not grading at all. Upon choosing to continue with the current grading system it should be improved using scientific methods. I found there to be nine essential bases for the principles of fairness which means that grading should be based on the equality of relationships.

IMPACT OF POTASSIUM ION CONCENTRATION IN XYLEM SAP ON HYDRAULIC CONDUCTANCE OF XYLEM IN CONTEXT OF ELEVATED AIR HUMIDITY

Annika Karulson

The aim of the present research was to study in context of elevated air humidity relationships between potassium ion concentration in xylem sap ($[K^+]$) and xylem hydraulic conductance in deciduous trees on examples of silver birch and hybrid aspen. We found that light intensity influences xylem sap $[K^+]$ and branch

hydraulic conductance (KB) on a long- (months, years) and short-term (hours) time scales. The changes in [K+] and KB are related to light availability. Both [K+] and KB were in sun-exposed shoots significantly higher than those in the shoots taken from the shaded canopy layer. In all experiments [K+] and KB were inter-related. The fact that the vertical trends of those characteristics coincided with the light gradient inside a forest canopy suggests that potassium ions are involved in regulation of the xylem hydraulic conductivity, which takes place in response to the changes in light availability. In the air humidity manipulation experiment we found that the perfused branches of hybrid aspen had 16% lower [K+] in humidified plots as compared to the control plots. However, in silver birch this relationship was scientifically not established.

CAN PLANTS RECOGNISE THEIR NEIGHBORS?

Sirgi Saar

Root exudates have been shown to convey different meanings to plants, including allelopathy and cues for directing growth and acquiring nutrients. The aims of the current study were to determine whether: (1) root exudates affect plant growth; (2) plants can distinguish between root exudates and control solution and show directed growth either towards or away from the site of exudates application; (3) root exudates mediate kin recognition and kin cooperation emerges from that; (4) recipient plants are able to distinguish between exudates originating from different species and communities. This study was unique because no real competition was present; plant identity was transmitted only through root exudates; plants were observed over longer timeframe and plants were grown in soil inoculated with natural microbial communities.

In result we show that (1) No significant effect of root exudates on above-ground biomass was found, but root exudates have effect on below-ground traits. (2) Roots showed more growth towards the site of exudates application, compared to the control solution, which indicates that root exudates convey signals promoting competition.

(3) The results showed that root exudates can play an important role in kin recognition and cooperative behavior towards closely related neighbours. Root density, specific root length and branching intensity were significantly lower in

plants receiving sibling exudates compared with plants exposed to exudates of unrelated conspecifics from same community. Towards exudates of non-relatives, a much higher competitive response ensued: higher root density and biomass denotes risen growth rate and an attempt to occupy particular space for gaining resources, while specific length and branching maximize nutrient absorption.

(4) Recipient plants responded differently to root exudates of conspecifics, depending on their origin. Apparently plants can recognise other plants from their own community and modify their competitive behavior accordingly.

ANALYSIS OF ELECTRICITY METERS UNDER DISTORTED LOAD CONDITIONS

Jaan Niitsoo

Due to the rapid growth of non-linear loads in power systems in recent decades, harmonic pollution is becoming more and more serious. It is ruining the shape of common curve of current. Also more reactive power is coming in consumption. At the same time most of the energy measurement devices are designed for working at sine wave and with pure active power.

In this paper the results of an analysis on different electricity meters used mostly in households under different load conditions are presented. Study shows that error of energy meter's reading depends on the type of the meter, harmonic distortion, reactive energy and direction of reactive power. Measured errors were higher than 6% under some conditions.

STRUCTURING OF BIOLOGICAL COMMUNITIES BY THE SALINITY GRADIENT IN THE BALTIC SEA

Sirje Sildever

This project aims to investigate the impacts of the salinity gradient and variations in surface salinity on dinoflagellate species composition, abundance, morphology and DNA in the Baltic Sea. Analyzed surface salinity data displayed the highest variability in the Kattegat-Øresund area. The highest decrease in species diversity was found between Kattegat and Arkona basins as a response to the reduction in surface salinity. Furthermore, the results indicated a reduction in average process length of *Protoceratium reticulatum* following the decline in surface salinity. Interestingly, the dinoflagellate cyst concentration was elevated in Gotland and Northern Central basins compared to the other basins. This might be explained by the previous bloom events that could have been either local or the cysts could have been transported from other areas. Molecular analysis of single cysts of *Scrippsiella* sp. originating from 4 different locations in Kattegat and Øresund was performed in order to test for population differences at the genetic level.

RADIOFREQUENCY ELECTROMAGNETIC FIELDS FROM MOBILE LEARNING DEVICES

Tarmo Koppel

In past years there has been a significant increase in the usage of mobile learning devices and wireless networks. The author's motivation to conduct the current study was due to the public's need for knowledge about less radiofrequency exposure generating mobile learning devices. The aim of the article was to measure the radiofrequency fields produced by the most common mobile learning devices. By knowing the field levels users can select technical solutions that provide less exposure. The need for using less fields generating equipment has been indicated both the recent scientific body of evidence in regard to the health effects of

the radiofrequency fields but also the precautionary principle endorsed by the European Union. According to the measurements the strongest fields are generated by tablet PC and smartphone, followed by netbook if these are connected to network via EDGE or 3G technologies. Much weaker fields were produced by the laptop utilizing WiFi connection. But the smallest exposure can be obtained by using devices that do not generate radiofrequency fields, such as e-readers and desktop computers.

DECOMPOSITION OF ALPHA-CELLULOSE ON SEMI-NATURAL MEADOWS

Jane Peda

The intensity of the decomposition process in ecosystems depends on several factors – among others a sufficient amount of oxygen is needed. The rate of the growth of microbial populations is assigned by the availability of oxygen, but it is also affected by the level of humidity, temperature, pH etc.

Cellulose is a widely spread organic compound in nature. Cellulose has a structural role in nature together with hemicellulose and lignine. Many microorganisms that produce extra-cellular hydrolytic enzymes are able to decompose alpha-cellulose as the enzymes attack the structure of cellulose

22 semi-natural meadows in West-Estonia (19 in Lääne County and 3 in Pärnu County) were studied in 2007–2008. Alpha-cellulose strips were incubated on the soil surface on coastal, boreo-nemoral, flooded and wooded meadows. The intensity of the decomposition of cellulose varies between different types of meadows. The loss of mass was found to be the largest on coastal meadows ($84.5 \pm 7.7\%$) and the smallest on boreo-nemoral meadows ($46.0 \pm 6.4\%$). The differences are caused by dissimilarities in factors that affect the loss of mass. As a result of the activity of the microorganisms the accumulation of nitrogen in cellulose strips occurs. It was found that the level of the accumulation is the highest on wooded meadows ($0.51 \pm 0.13\%$) and the lowest on boreo-nemoral meadows ($0.36 \pm 0.02\%$). Differences are caused by the dissimilarities in the activity of the microbial communities and increase of biomass of the populations.

THE ANALYSIS OF SCHOOL ATTENDANCE IN ESTONIA, FACTORS AND IMPLEMENTED MEASURES

Eneli Põld

Truancy and absenteeism are being considered as a serious problem in almost all European countries. People without basic education may incur additional expenses for the state as they may require social benefits. Estonian National Office data (2007) shows that on average, each student missed school for three weeks in an academic year and one of these three weeks is truancy.

The objective of current research was to study the fulfillment of the requirements of compulsory study plan. Study subjects were pupils in Estonia at ages 14 to 17 during the period from 2011 to 2012. Study design was devised around quantitative and qualitative approach.

General questions are: What are the factors developments of absenteeism? And do the teachers' attitudes have impact on student absences?

Studies found that exemptions from study work are often not justified: there is often condoned absenteeism by teachers. Compared to girls boys are freed from studies less often, but play truant more often. Main reasons for pupils' non-attendance are poor parental/carer attitudes towards school (to let a child sleep in, taking holidays during term-time), curriculum (too easy or too heavy and related to that lack of motivation), learning management (school starts too early, long school days) and poor relationships with teachers, poor relationships with peers (bullying, adverse peer pressures, adolescence issues, it's cool to miss school), learning difficulties and low self concepts (missing from tests, undone homework), lack of sleep and stress.

ENSURING THE SUSTAINABLE DEVELOPMENT FROM THE PERSPECTIVE OF DANGEROUS GOODS TRANSPORT

Jelizaveta Janno

The intent of present article is to show that ensuring the sustainable development in the field of dangerous goods road transport, is closely related to effective risk management strategy. Risk preventive means in dangerous goods transport by roads have to be sustainable and continuous process combining technical, procedural and personnel means being tied up with improvements and development of new harmful goods in chemical industry.

To bring together main points of the study of transport of dangerous goods in Estonia and vital aspects regarding sustainable development further points could be highlighted.

Risks preventive means are effective and have a synergic effect only if all parties involved into the supply chain of dangerous goods contribute on a daily basis to the purposeful use of these instruments.

Estonian carriers feel the need for additional information regarding dangerous goods in their daily work and often seek for it on their own initiative.

The role of practice in ADR training context has been greatly underestimated - in Estonia only number of learning tools is used during in-class ADR courses.

Among European countries there is big diversity in the way how the training is performed. Estonia has so far trained drivers just to meet minimum requirements according to ADR convention, but obviously higher standard has to be achieved.

Present article reveals notional aspects regarding sustainable development of dangerous goods logistics on example of Estonian carriers and gives directions for further guidelines in this field of activity.

TalveAkadeemia kogumik 11

2013

SUURTOETAJAD



Haridus- ja Teadusministeerium



TOETAJAD

MEIRA

rä100



Werner
café

Rahva Raamat
SAJANDJAGU VAIMUTOITU



ecoprint



KORRALDAVAD ORGANISATSIOONID

SAK
TTÜ Säästva Arengu Klubi



KORRALDAVAD ÜLIKOOLID





TalveAkadeemia

TalveAkadeemia sai alguse 2003. aasta veebruaris Harjumaal Vihterpalus, kus keskkonnakaitse ja regionaalplaneerimise temaatikast huvitunud üliõpilased Eesti erinevatest kõrgkoolidest kokku said ning ideid ja teadmisi vahetasid.

Vajadus uute teadmiste järele, huvi keskkonna- ja inimese vaheliste suhete ning teistes Eesti kõrgkoolides toimuva teadustöö vastu on hiljem igal aastal TalveAkadeemia kokku toonud sadakond tudengit Eesti Maaülikoolist, Tartu Ülikoolist, Tallinna Tehnikaülikoolist, Tallinna Ülikoolist ja Eesti Kunstiakadeemiast.

Selles kogumikus (käesolev trükis:)

*Pille Salu, Astrid Oras, Anna-Helena Purre, Kairit Kukk,
Anne-Liis Riitsalu, Sven Anderson, Annika Karusion, Sirgi Saar,
Jaan Niitsoo, Sirje Sildever, Tarmo Koppel, Jane Peda,
Eneli Pöld, Jelizaveta Janno*