

**EESTI BIOLOOGIAÕPETAJATE
3. TALVEPÄEVAD**

Bioloogia areneval haridusmaastikul

Tartu
27. – 28. veebruar 2009

Korraldustoimkond:

EBÜ veebilehe haldur **Illar Leuhin**

EBÜ juhatuse liikmed: **Aiki Jõgeva, Merike Kilk, Evi Piirsalu, Ana Valdmann, Liia Varend**

EBÜ asepresident **Urmas Lekk**

EBÜ president **Asta Tuusti**

Sisukord

Eessõna	4
Tänu sõnad	5
Ajakava	6
Ettekannte teesid ja laborite lühitutvustus	8
<input type="checkbox"/> Teadusest, ühiskonnast ja poliitikast rakubioloogi pilguga. Toivo Maimets	9
<input type="checkbox"/> Eesti looduse ja keskkonnainfo kättesaadavusest. Uudo Timm	11
<input type="checkbox"/> Keskkonnahariduse korraldus Keskkonnaministeeriumi valitsemisalas. Marit Suurväli	12
<input type="checkbox"/> Keskkonnahariduse andmebaas. Kristi Põllumäe	13
<input type="checkbox"/> Laboratoorne töö: plasmiidse DNA eraldamine <i>Escherichia coli</i> rakkudest. Kalle Kipper	14
<input type="checkbox"/> Kuidas bakter suhtleb? Rita Hõrak	18
<input type="checkbox"/> Lühike sissejuhatus inimese molekulaargeneetikasse: kuidas leida erinevaid haigusi põhjustavaid geene? Ants Kurg	19
<input type="checkbox"/> Meditsiinilaboritest Eestis 2009. Anu Tamm	20
<input type="checkbox"/> Polümeraasi ahelreaktsiooni ehk PCRi kasutamine bioloogilistes analüüsides – laboripraktikum. Urmas Saarma	21
<input type="checkbox"/> AS A. Le Coq tutvustus. Marika Külm	22
<input type="checkbox"/> LoTe loodusklassi võimalustest. Anne Laius, Mario Mäeots, Lauri Mällo	24
<input type="checkbox"/> Loodusainete lõimimisest ja õpilaste katsetest Koolielu ainekuul. Urmas Tokko	25
<input type="checkbox"/> Maitsetaimede kasvatamine – võimalus ainetevaheliseks integratsiooniks. Ene Lehtmets	26
<input type="checkbox"/> Loovuse arendamisest loodusainetes; loodusainete ainekomisjoni traditsioonidest SÜG-is. Inge Vahter	27
<input type="checkbox"/> Taimestiku ja loomastiku mõju ühiskondade tekkes. Kersti Veskimets	28
<input type="checkbox"/> Bioloogia õpetajad Comeniuse koolitusel. Küllil Relve, Urmas Lekk	30
<input type="checkbox"/> Õppematerjalist Eesti sada selgroogset looma. Urmas Lekk	30
<input type="checkbox"/> Ch. Darwini tööstiil. Mart Viikmaa	31
<input type="checkbox"/> Mendeli seadused – mis need on ja kuidas tekkisid? Mart Viikmaa	32
Osalejate nimekiri	40
Õuesõppe töölehed	42

Eessõna
Asta Tuusti
Eesti Bioloogiaõpetajate Ühingu president

Eesti bioloogiaõpetajate 3. talvapäevad jätkavad bioloogiaõpetajate traditsiooni tulla Tartus talveharjal kokku ja arutada bioloogiaõpetuse olulistel teemadel, osaleda praktikumidel ja seminaridel, jagada oma kogemusi kolleegidega, saada osa koostööpartnerite ja sõprade tegemistest.

Selle aasta talvapäevad teemal *Bioloogia areneval haridusmaastikul* on inspireeritud aktuaalsetest sündmustest bioloogiateaduses ja hariduselus. Aastal 2009 on Darwini aasta, kuid samas on see Eesti kooli jaoks uue õppekava arendamise aasta. Seetõttu ei saa talvapäevade temaatika mööda Charles Darwini 200. sünniaastapäevast ja tema tööde tähendusest bioloogiateaduses. Loodusainete valdkonna ainekavade arendamise oluliste küsimuste arutelu sihiks on teadvustada teid, kuidas ühiselt loodusteaduste õpetamist tõhusamaks muuta.

Talvapäevade esimene päev *Teadlaselt õpetajale* kannab ideed ülikooli ja kooli koostööst, seetõttu on märgiline ka talvapäevade avamine Tartu Hugo Treffneri Gümnaasiumis – koolis, kelle kogemused on mudeliks haridusuuenduses. Teadmiste siire teadlastelt kooli saab tegeliku sisu laborites toimuvatel praktikumidel.

Õpetaja mõtestatud kogemus on õpetamise seisukohast kõige väärtuslikum. Talvapäevade teine päev *Õpetajalt õpetajale* keskendubki õpetajate ettekannetele, mille märksõnad – loodusainete lõimumine, loovus, katsed, bioloogiline mitmekesisus – on aktuaalsed laiemalt kui vaid koolibioloogias. Eesti bioloogiaõpetuse rahvusvaheliselt hinnatud tase jääb siiski alla põhjanaabritele, kelle kogemustest kuuleme külalislektorilt.

Teretulnud külalised on koostööpartnerid, kelle tegemised bioloogia õpetamist toetavad. Eks võtamegi neid kui õpetajaid, kes enda poolt pakutavaid õppevahendeid ja -materjale, raamatuid ja andmebaase kasutama õpetavad.

Talvapäevadel osaleb üle üheksakümne õpetaja, lektori ja külalise, kes kujundavad oma ettekannete, sõnavõttude, mõtete ja tegudega talvapäevade vaimuse. Soovin kõigile sisukaid, tarku, sõbralikke ja vaimukaid talvapäevi!

Tänu sõnad

Täname kõiki, kelle abiga said teoks bioloogiaõpetajate 3. talvapäevad.

Täname Tartu Hugo Treffneri Gümnaasiumi ja Tartu Ülikooli Loodus- ja tehnoloogiateaduskonda, mille ruumides talvapäevad toimusid.

Tänu kuulub kutsutud külalistele, kes osalesid talvapäevadel ja muutsid need sisukamaks oma ettekannetega:

Margus Pedaste, Tartu Ülikooli *Pedagogicum*

Kirsi Arino, Soome Bioloogia- ja Geograafiaõpetajate Liit

Urmas Kõljalg, TÜ loodusmuuseum, Bioloogilise Mitmekesisuse Tippkeskus

Toivo Maimets, Tartu Ülikooli Molekulaar- ja Rakubioloogia Instituut

Miia Rannikmäe, TÜ Loodusteadusliku hariduse keskus

Lembi Tamm, TÜ Keemia Instituut

Ülle Liiber, TÜ Loodusteadusliku hariduse keskus

Enn Pärtel, TÜ Koolifüüsika keskus

Uudo Timm, KKM Info ja Tehnokeskuse Keskkonnaregistri büroo

Marit Suurväli, KKM Keskkonnahariduse büroo

Kristi Põllumäe, KKM Keskkonnahariduse büroo

Ivar Tamm, Eestimaa Looduse Fond

Kalle Kipper, TÜ Molekulaar- ja Rakubioloogia Instituut

Rita Hõrak, TÜ Molekulaar- ja Rakubioloogia Instituut

Ants Kurg, TÜ Molekulaar- ja Rakubioloogia Instituut

Anu Tamm, SA TÜ Kliinikum

Urmas Saarma, TÜ ÖMI Zooloogia osakond

Marika Külm, AS A. Le Coq

Anne Laius, TÜ Loodusteadusliku hariduse keskus

Aitäh, et oma materjale olid valmis tutvustama ja soodsalt müüma:

Maris Kivistik, EV Keskkonnaamet

Kirjastus "Koolibri"

Total Eesti AS

Korraldustoimkond

Ajakava

27. veebruar 2008. a

Tartu Hugo Treffneri Gümnaasiumi aulas

TEADLASELT ÕPETAJALE

- 10:00 – 10:30 Registreerumine, tervituskohv
- 11:00 – 11:10 Avamine
Asta Tuusti, Eesti Bioloogiaõpetajate Ühingu president
Margus Pedaste, Tartu Ülikooli Pedagogicumi direktor
- 11:10 – 13:00 Ettekanded teadlastelt
Urmas Kõljalg, Tartu Ülikooli Loodusmuuseum – „Elurikkuse informaatika ja arusaam liikidest 200 aastat pärast Darwini sündi“
Toivo Maimets, Tartu Ülikooli Molekulaar- ja Rakubioloogia Instituut – „Teadusest, ühiskonnast ja poliitikast rakubioloogi pilguga“
- 13:00 – 14:00 Lõuna
- 14:00 – 16:00 Paneeldiskussioon loodusteaduste ainekavade arendusest
Miia Rannikmäe, Tartu Ülikooli Loodusteadusliku hariduse keskus – „Loodusteadused kaasaegsel haridusmaastikul“
Margus Pedaste, Tartu Ülikooli Pedagogicum – „Bioloogia ainekavast“
Lembi Tamm, Tartu Ülikooli Keemia Instituut – „Keemia ainekavast“
Ülle Liiber, Tartu Ülikool Loodusteadusliku hariduse keskus – „Geograafia ainekavast“
Enn Pärtel, Tartu Ülikooli Koolifüüsika keskus – „Loodusõpetuse ainekavast“
- 16:00 – 16:30 Energiapaus
- 16:30 – 18:30 Laborite külastus
1. Plasmiidse DNA eraldamine *E. coli* rakkudest ja selle DNA analüüs – TÜ Molekulaar- ja Rakubioloogia Instituut, Riia tn 23, ruum 113 (I korrusel)
 2. Biokeskuse laborite tutvustus – TÜ Molekulaar- ja Rakubioloogia Instituut, Riia tn 23
 3. TÜ Kliinikumi ühendlabori tutvustus – Puusepa 8 ruum A271, kohtumine 16:20 fuajees
 4. Loomaökoloogia ja geneetika labor – TÜ Ökoloogia ja Maateaduste Instituut, Zooloogiaosakonna laboratoorium, Vanemuise 46-214
 5. Tartu Õlletehase labor – Tähtvere 56/62, kohtumine väravas
 6. TÜ loodusteaduste õppeklass – Vanemuise 46-209
- 19:00 Koosviibimine Ülikooli Kohvikus

28. veebruar 2009
TÜ õppehoone Vanemuise 46, auditoorium 117

ÕPETAJALT ÕPETAJALE

- 9:00 – 10:30 Külalislektor **Kirsi Arino**, Soome Bioloogia- ja Geograafiaõpetajate Liit – „Bioloogia õpetamisest ja õppekava arendusest Soome Vabariigis“
- 10:30 – 11:00 Energiapaus
- 11:00 – 12:00 Ettekanded
Uudo Timm, KKM Info ja tehnokeskuse Keskkonnaregistri büroo – „Eesti looduse ja keskkonnainfo kättesaadavusest“
Marit Suurväli, KKM Keskkonnahariduse büroo – „Keskkonnahariduse korraldus Keskkonnaministeeriumi valitsemisalas“
Kristi Põllumäe, KKM Keskkonnahariduse büroo – „Keskkonnahariduse andmebaas“
Ivar Tamm, Eestimaa Looduse Fond – „Eestimaa Looduse Fond ja loodusharidus“
- 12:00 – 13:00 Lõuna: Firmade tutvustus, kirjanduse müük
- 13:00 – 14:30 Õpetajate ettekanded
Urmas Tokko, Tartu Tamme Gümnaasium – „Loodusainete lõimimisest ja õpilaste katsetest Koolielu ainekuul“
Ene Lehtmets, Tallinna Tehnikagümnaasium – „Maitsetaimede kasvatamine – võimalus ainetevaheliseks integratsiooniks“
Inge Vahter, Saaremaa Ühisgümnaasium – „Loovuse arendamisest loodusainetes; loodusainete ainekomisjoni traditsioonidest SÜG-is“
Kersti Veskimets, Tallinna Tehnikagümnaasium – „Inimese mõju bioloogilisele mitmekesisusele alates küttimise, põllumajanduse tekkest ning taimestiku ja loomastiku mõju erinevate ühiskondade tekkes“
Urmas Lekk, Pärnu Täiskasvanute Gümnaasium – Õppematerjalist „Eesti sada selgroogset looma“
Küllil Relve, Audentese Erakool ja **Urmas Lekk**, Pärnu Täiskasvanute Gümnaasium – „Bioloogia õpetajad Comeniuse koolitusel“
- 14:30 – 15:00 Energiapaus
- 15:00 – 16:00 EBÜ aastakoosolek
Auliikmete nimetamine
Uute liikmete vastuvõtmine
Aastaaruande kinnitamine
Bioloogiaõpetaja ametijuhendist
- 16:00 – 17:00 Lõpuloeng ja talvapäevade lõpetamine

Ettekannete teesid

Muudatustega põlvnemine¹

Toivo Maimets

Tartu Ülikooli Molekulaar- ja Rakubioloogia Instituut
direktor, professor

Darwini tähtsust tänapäevase maailmapildi kujunemises on raske üle hinnata. Võib küll tunduda, et poolteist sajandit on väga pikk aeg ja et selle aja jooksul on kõik tema õppetunnid enesestmõistetavus. Ometi pole see nii – tuletagem või meelde hiljutisi USA debatte kreatsioonismi õpetamise üle. Näiteid leiaks ehk lähemaltki.

Mulle tundub, et üks olulisemaid mõtteid, mis muutis maailma ja muudab seda tänini, on Darwini arusaam sellest, et eluslooduses ei ole olemas fikseeritud „kastikesi“ ja „alajaotusi“, vaid pika aja jooksul on ühed vormid üle läinud teisteks. Liigid on alati muutunud ja muutuvad koos elutingimustega ning liikidevahelised piirid ja üleminekud on sujuvad ja pidevad, mittediskreetsed. „Kastikesi“ ehk eluslooduse „süsteemi“ kirjeldust on muidugi vaja. Selleks, et kirjeldada olemasolevat, tuleb see jagada mingiteks ühikuteks, ülem- ja alamjaotusteks ning seetõttu ei saa kuidagi vähendada Karl Linné ja tema eelkäijate saavutusi looduse „süsteemi“ kirjeldamisel. Darwin aga näitas, et liigid, sugukonnad, perekonnad jms ei ole iseseisvad lõplikud looduse jaotised (nii nagu nad astusid välja Noa laevast pärast veeuputust), vaid tinglikud – ehkki hädavajalikud – kategooriad, milles looduseuurijad on lihtsalt kokku leppinud. Tõsi, liigi defineerimiseks on võimalik kasutada nn sigimisbarjääri mõistet, mille kohaselt kuuluvad olendid ühte liiki siis, kui eri soost isendid saavad omavahel paljunemisvõimelisi järglasi. Sellest definitsioonist ei ole aga suurt abi. Ka ühe liigi sees ei saa isendid vahel omavahel järglasi (näiteks rõngasliigid), on sujuvaid üleminekuid ühest liigist teiseni ning üleüldse kehtib see definitsioon vaid väheste liikide kohta. Enamiku eluslooduse liikide, näiteks bakterite puhul ei saa seda definitsiooni kasutada. Rääkimata uutest segadustest, mida toovad kaasa tehnoloogilised võimalused näiteks põllumajandusloomade reproduktiivbioloogias.

Arusaam eluslooduse „arvestusühikute“ kokkuleppelisusest ja nende sujuvatest üleminekutest on minu arvates aktuaalne ka täna. Näiteks võiksime mõelda liikide väljasuremisele. Richard Dawkins hindab raamatus „*The Ancestor's Tale*“ (Eellase lugu), et 99 protsenti kunagi eksisteerinud liikidest on tänaseks välja surnud. Muidugi on kahju, et kogu eksisteerinud liigirikkust ei saa taastada ja endastmõistetavalt on väga tähtis hoida täna alles kõike, mida vähegi saab. Ometi tuleb tunnistada, et liigid on tekkinud, muutunud ja kadunud miljardite

¹ vt ka Sirp nr 5 „Muudatustega põlvnemine“, 6.02.2009

aastate jooksul ega ole ühtegi põhjust, miks peaks see protsess tänasega peatuma. Sama mõte võiks olla ka oluline inimese kui liigi ning ka indiviidi algusest rääkides. Tänapäevaste arusaamade kohaselt on *Homo sapiens*'i vanuseks ca 200 000 aastat. Sealjuures ei kujuta ju keegi ette, et ühel heal päeval sündis mitteinimeste (siis ehk *H. heidelbergensis*) paarile tore väike päris-inimene (*Homo sapiens*). Tegu oli ikka pikaajalise arenguga, kus iga järgmine põlvkond oli veidi rohkem tänase inimese moodi. Nii näiteks arvatakse, et abstraktne mõtlemine, mis praeguse arusaama järgi on igati oluline inimtunnus, tekkis alles 100 000 aastat tagasi. Ka indiviidi alguse kohta kehtib sama. Võib kokku leppida, et inimene saab alguse munaja seemneraku ühinemise hetkel. Paljudes kultuurides peetakse selleks aga hoopis inimese sünnihetke ning on ka neid, kes seovad selle veelgi hilisemate sündmustega, näiteks iseseisva elu- ja tegutsemisvõime ning enesetunnetuse tekkega. Ei ole ühtki põhjust, miks peaks mõne kultuuri inimelu algushetke käsitlust pidama teise omast õigemaks. Kõik need „ajahetked“ on kokkuleppe küsimus, tegelikult on aga tegemist sujuva arenguga: tekivad uued rakud, mis pärinevad eelmistest, ent ei ole nendega identsed. Kui seisate Emajõe kaldal ja küsite, kust see vesi alguse saab, siis on ju kooliõpikustki teada, et Rannu-Jõesuu kohalt Võrtsjärvest. Ega keegi ometi arva, et seal see vesi kõik tekibki? Arusaam, et elusloodus, nii liikide osas kui üksikindiviidide arengus, on pidev üleminekute jada pole olnud viimasel 150 aastal sugugi nii valdav, kui seda Darwini teooria üldise aktsepteerituse järgi arvata võiks. Richard Dawkins kutsus seda „katkestatud mõtteviisi türanniaks“. On tõsi, kinnitab Dawkins eelviidatud raamatus, et meie aju on arenenud keskkonnas, kus enamik asju on jagatud diskreetsetesse kategooriatesse, ja nõnda on nendest mõelda „lihtsam“. Mul tuleb vägisi pähe mõte ärimehesest, kelle tulude pidev, sujuv kasv peegeldub selles, et viiekroonised tema laual hakkavad muutuma seitsme- ja siis üheksakroonisteks, enne kui jällegi „normaalsete“ kümnekrooniste kuhu võtavad. Ent tuleb meeles pidada, et vähemalt eluslooduses ei ole diskreetsete kategooriate puhul tegemist enama kui mugava fiktsiooniga, kokkuleppega. Tänapäevane inimene on oma eellastest tekkinud pidevate üleminekutena: ainuraksetest tekkisid hulkraksed, üks osa neist arenes keelikloomadeks ja edasi selgroogseteks, kelle hulka kuulusid kalad. Kaladest arenesid neljajalgset, kelle hulka kuuluvad ka hominiidid. Igas järglases on muudatusi ja ta erineb vanematest. Iga inimene areneb vanemate sugurakkudest (mis omakorda pärinevad nende vanematelt) mitmete vaheastmete (nii embrüonaalsete kui sünnijärgsete) kaudu täiskasvanuks. Nende sugurakud omakorda kannavad elu edasi lastes. Rakud poolduvad pidevalt, aga nende järglased muutuvad, erinedes oma eellasrakkudest. Sellest erinevusest, tundub mulle, hakatakse aru saada alles nüüd, pool sajandit pärast DNA struktuuri avastamist ja DNA-keskse maailmapildi võidukäiku.

Esimestes "Liikide tekke" väljaannetes mõistet "evolutsioon", mis tähendab (millegi juba olemasoleva) lahtirullumist ei kohta. Seda kasutas Darwin möödaminnes esmakordselt alles 1872. aasta trüki viimases paragrahvis, ilmselt vastukaaluks oma kriitikutele (või ka neile järele andes). Ta eelistas väljendit "muudatustega põlvnemise teooria" (*descent with modification*). Ja siin on suur vahe – arengu jooksul ei "avane" mitte ainult olemasolevad tunnused (mis on näiteks kõik juba "valmis kirjutatud" DNA-sse), vaid tekivad ka täiesti uued muudatused. Sõna "evolutsioon" tähistas arengut embrüoloogilise "homunkulusetooria" (18. saj.) kontekstis – arvati, et spermiga kandub emaülesse väike "valmis" inimene ning kogu areng seisneb selle suuremaks kasvamisest. Darwin rõhutas aga kvalitatiivseid muudatusi, mis kaasnevad arengu käigus ja millesse panustavad nii varemkirjutatu "lahtirullumine" (ehk tänases mõttes DNA avaldumine) kui arengukeskkond, mis ka sama DNA puhul võib viia väga erinevatele tulemustele.

Eesti looduse ja keskkonnainfo kättesaadavusest

Uudo Timm

KKM Info ja tehnokeskuse Keskkonnaregistri büroo juhataja

Infot Eesti looduse ja elukeskkonna kohta on üldiselt küllalt palju ja seda pakutakse erinevad kanaleid pidi. Samas vajavad erinevad kasutajad infot erineval eeltöödeldud tasemel. Suur osa teaduslikust informatsioonist on detailne ja nüanssirikas, mille mõistmine nõuab head erialalist ettevalmistust ja süvenemist. Selliste andmete kergekäelisel kasutamisel ja interpreteerimisel on suur risk teha valesid järeldusi. Nii ongi küllalt palju panustatud andmetest informatsiooni loomisele ametnikele, kelle otsustest sõltub, millised piirangud ja kohustused kehtestatakse keskkonda muutvatele tegevustele. Laiale üldsusele sobilik ja mõistetav informatsioon vajab aga palju sügavamat analüüsi ja selgitusi, sest meie inimeste oskused mõista keskkonnas toimivaid seoseid on kahjuks küllalt väike. Selline olukord paneb väga suure vastutuse info loojatele ja pakkujatele. Ka siin kehtib kahjuks sageli vanarahva tarkus „Kes maksab, see tellib muusika“. Antud juhul luuakse andmete põhjal näiteks arendajale sobilik kuvand.

Palju segadust tekib siis, kui üht ja sama teemat kajastavad erinevad allikad (nt veebilehed). Tavapärasele lihtsatele küsimustele, nt: mitu kaitsealust liiki on Eestis, kui palju on meil kaitsealasid, turbamaardlaid jne, rääkimata kui palju on meil soid, võime leida kümneid erinevaid vastuseid. Sageli puuduvad materjalides viited ajale, millise seisuga need andmed on esitatud. Teatavasti on

looduses väga palju kiiresti muutuvaid nähtusi. Veelgi hullem on olukord siis kui esitatakse suisa valesid andmeid.

Nii või teisiti algab kõik andmetest. Kui andmed on olemas ja kättesaadavad, on loodud vähemalt eeldus, et neid saab igaüks oma võimekuse piires analüüsida ja järeldusi teha.

Üheks kompleksemaks ja ühtse loogika kohaselt kogutud andmeallikaks on kujunenud keskkonnaregister. Selle avalikkusele suunatud veebilehe leiame aadressilt www.keskkonnainfo.ee. Sama lehe teistest alajaotustest leiame hulgaliselt andmeid erinevate keskkonnavaldkondade kohta, statistilisi koondeid ja veidi pikemaid ülevaateid.

Kas ka õpilased saavad osaleda keskkonnaandmete kogumisel?

Näiteks liikide leviku andmete kogumiseks on Eesti Looduseuurijate Selts ja KeM Info- ja Tehnokeskus loonud Loodusvaatluste andmebaasi, millele jõuame nii ELUS-i <http://www.elus.ee> kui ka Keskkonnainfo veebilehe kaudu. Nende andmete kogumise eelduseks on muidugi liikide tundmine. Aga seal on ka loodud võimalus liike tundma õppida, kas siis vastava liigi juurde kuvatavate piltide või lausa abi küsimise läbi, aidata liiki määrata. See foorum on vast heaks kohaks ka õpetajatele liikide määramisel abi saada.

Keskkonnaministeeriumi valitsemisala struktuurimuudatus ja keskkonnaharidus

Marit Suurväli

Keskkonnaministeeriumi keskkonnahariduse büroo juhataja kt

Keskkonnaministeeriumi valitsemisala asutused järgivad oma keskkonnahariduslikus tegevuses keskkonnaministri ja haridusministri ühise tegevuse memorandumit, mida uuendati 2005. aastal.

Memorandumis kinnitavad ministrid kokkulepet, et keskkonnaharidus lähtub säästva arengu põhimõtetest ja baseerub riiklikul õppekaval, et kujundada õppeprotsessi kaudu vastutustundlik, keskkonda hoidev ja väärtustav kodanik.

Riigi huvi keskkonnahariduse valdkonnas on tõsta ühiskonna kõigi liikmete keskkonnateadlikkus tasemeni, kus iga otsuse juures arvestatakse keskkonnakaitselist aspekti (tarbijate ostuotsused, planeeringute-alased otsused, haridussüsteemi kujundamine jne). Keskkonnaministeeriumi valitsemisalas panustavad selle eesmärgi saavutamiseks Keskkonnaamet, Riigimetsa Majandamise Keskus ja Eesti Loodusmuuseum.

Keskkonnaamet kasutab selleks oma olemasolevt infrastruktuuri (õppeklassid ja ekspositsioonid kaitsealade keskustes ja õpperajad) ning õppinud inimesi. Ameti keskkonnaharidusliku tegevuse sidumisega üldharidussüsteemiga on võimalik mõjutada maksimaalselt suurt hulka inimesteni ning vähendada juhuslikkust klassivälisest aktiivõppest osa saamises.

Keskkonnaameti keskkonnahariduse osakonnas jätkavad reformieelses Riiklikus Looduskaitsekeskuses töötanud loodushariduse ja maakondlikes keskkonna-teenistustes töötanud keskkonnateabe spetsialistid, kes muude ülesannete kõrval pakuvad oma tööpiirkonnas keskkonnahariduslikke õppekava toetavaid programme.

Lisaks on osakonna koosseisus kuus spetsialisti, kelle üks ülesanne on kaardistada oma tööpiirkonnas vajadus keskkonnahariduslike õppekava toetavate programmide ja kvalifitseeritud juhendajate järele ning koordineerida koostööd omavalitsuste, keskkonnaharidust pakkuvate keskuste ja koolide vahel, et vajadust ja pakumist tasakaalu viia, sh aidata ka taotleda KIK-st vahendeid kooliõpilaste osalemiseks keskkonnahariduslikus koolivälises aktiivõppes.

Keskkonnahariduse andmebaas

Kristi Põllumäe

Keskkonnaministeeriumi keskkonnahariduse büroo peaspetsialist

Veebilehel www.keskkonnaharidus.ee asub juba mõnda aega andmebaas, mis koondab teavet Eestis keskkonnaharidust pakkuvate asutuste ning nende poolt pakutavate õppekava toetavate programmide kohta. Kodulehekülg lihtsustab oluliselt nende õpetajate elu, kes tahavad lastele loodus- ja keskkonnatarkust tutvustada klassiruumist väljaspool. Andmebaasi otsingusüsteemi kaudu on võimalik leida sobiv õppeprogramm vanuse, asukoha ja/või teema järgi. Mitut otsinguvõimalust pakuv andmebaas on tõhus abimees kasvõi kogu aasta õuesõppetundide planeerimisel. Programmide kirjeldused ja trükitavad töölehed on mõeldud nii õppeks sobiva keskuse leidmisel kui ka kasutamiseks ideede allikana iseseisval koolitunni läbiviimisel.

Lisaks suurele hulgale õppeprogrammidele leiab andmebaasist ka keskkonnaharidusliku sisuga õppematerjale.

Andmebaasi veebileht on valminud SA Keskkonnainvesteeringute Keskuse toetusel ning haldab seda Keskkonnaministeerium.

Laboratoorne töö: plasmiidse DNA eraldamine

Escherichia coli rakkudest

Kalle Kipper

TÜ Molekulaar- ja Rakubioloogia Instituut

Lisaks kromosomaalsele DNA-le leidub bakterirakkudes DNA-d sageli väiksemate molekulide ehk plasmiidide kujul. Sõltuvalt peremeesrakust ja plasmidi tüübist võib plasmiidide arv (nn. koopianumber) rakus varieeruda ühest mitmekümneni. Valdavalt on plasmiidid rõngakujulised (tsirkulaarsed) DNA molekulid, mille suurus on keskmiselt paar tuhat aluspaari. Tavaliselt sisaldavad plasmiidid paari geeni, mis annavad bakterile resistentsuse mõne antibiootikumi suhtes või kodeerivad mõnda toksiini, mida bakter saab kasutada oma konkurentide kõrvaldamiseks.

Kuna plasmide on võimalik lihtsate vahenditega bakteritesse sisse viia, on plasmiididel oluline koht nii biotehnoloogias kui biokeemilises uurimistöös laiemalt. Plasmiididega saab rakku viia geene, mille produkte (valke, nukleiinhappeid) tahetakse bakteris toota. Näiteks toodetakse sel viisil bakterites insuliini.

Käesolevas laboratoorses töös toimub plasmiidse DNA eraldamine gram-negatiivse soolebakteri *Escherichia coli* rakkudest ja eraldatud DNA analüüs. Rakukultuur on praktikumi alguseks olemas, samuti on olemas DNA eraldamiseks vajalikud reagensid ja aparatuur. Praktikumiks kuluv aeg on ligikaudu 2 tundi.

Praktikumi toimumiskoht: TÜ Molekulaar- ja rakubioloogia Instituut, Riia tn 23. ruum 113 (I korrusel)

Praktikumi alguseks on olemas 2 ml *Escherichia coli* tüve XL-1 rakkude üleöökultuuri. Rakkudesse on eelnevalt sisse viidud (transformeeritud) plasmiid p7XB. p7XB on 7636 nukleotiidist koosnev kaheaahelaline tsirkulaarne (rõngakujuline) DNA molekul, mis sisaldab kahte geeni:

- **ribosoomi suure subühiku 23S rRNA geen**
- **ensüümi beeta-laktamaas geen (ampitsilliini resistentsus)**

Beeta-laktamaas lagundab ampitsilliini ja annab p7XB-d sisaldavatele rakkudele võime kasvada ampitsilliini sisaldavas keskkonnas.

Vajalikud reagensid (praktikumi alguseks olemas):

P1 puhver: 50 mM Tris-HCl (pH 8.0)

100 mM EDTA (etüleendiamiintetraädikhape)

Eesti bioloogiaõpetajate 3. talvapäevad: **Bioloogia areneval haridusmaastikul**

	100 µg/ml Ribonukleas A
P2 puhver:	200 mM NaOH
	1% (w/v) SDS (naatriumdodetsüülsulfaat)
P3 puhver:	3.0 M Kaaliumatsetaat (pH 5.5)
10 x BamHI puhver:	10 mM Tris-HCl (pH 8.0)
	5 mM MgCl ₂
	100 mM KCl
	0.02% Triton-X (detergent)
	1 mM 2-merkaptetanool

Restriksiooniensüüm BamHI (bakterist *Bacillus amyloliquefaciens*)

50% (v/v) etanool, Si suspension vees, 4 M NaClO₄ (naatriumperkloraat), 5 M GuCN (guanidiinisotsüanaat), tris-boraat-EDTA puhver, etiidumbromiid (10 mg/ml), agaros.

Muud vahendid: Automaatpipetid, tuubide statiivid, pipetiotsikud, kummikindad, mikrotsentrifuugi tuubid, elektrofooresivann ja toiteblokk, lauatsentrifuug.

Töö käik:

A. Plasmiidse DNA eraldamine

- vala 2 ml rakukultuuri mikrotsentrifuugi tuubi
- tsentrifuugi rakukultuuri lauatsentrifuugis 13 000 rpm-i[†] juures 3 min
- Eemalda rakusademe peal olev vedelik (supernatant) 1 ml automaatpipetiga
- Pipeteeri rakkudele peale 150 µl puhvrit P1 ja suspendeeri rakud selles puhvril
- Lisa rakkude suspensioonile 150 µl puhvrit P2 (lüüsipuhver).

[†] rpm – pööret minutis (ingl. *revolutions per minute*)

- Hoia tuube 5 min toatemperatuuril. Aega-ajalt keera tuube ülepeakaela. NB! Selles etapis ei tohi tuube tugevalt raputada.

Mis toimub: P2 puhvris olevad NaOH ja SDS kutsuvad esile rakumembraani lagunemise. Plasmiidne DNA pääseb rakust välja. Kromosomaalne DNA jääb seotuks rakumembraani jäänustega ja eraldatakse hiljem lahusest tsentrifugimise teel

- Lisa proovidele 150 µl puhvrit P3(neutraliseerimislahus).
- Keera tuube 3 – 4 korda ülepeakaela ja hoia 5 min toatemperatuuril.
- Lisa proovidele 300 µl 4 M NaClO₄ lahust ja keera tuubid 1 kord ülepeakaela. Moodustub paks valkjas mass.
- Tsentrifuugi proove 15 min 13 000 rpm-ga
- Võta pipetiga 600 µl sademe peal olevat lahust uude tsentrifuugituubi. Natuke valget sadet tuleb ilmselt kaasa.
- Tsentrifuugis eelmises etapis saadud supernatanti veelkord 13 000 rpm-ga. Seekord 5 min
- 550 µl supernatanti pipeteri veelkord uude tuubi ja lisa sellele 1200 µl 5 M GuCN-i

Mis toimub: NaClO₄ ja GuCN denatureerivad valke. Et DNA on rakus algselt kompleksis valkudega, aitab denatureerimine lahti saada DNA küljes olevatest valkudest.

- Nüüd lisa proovidesse 15 µl Si-suspensiooni vees ja tee proovidele tugev segamine
- Hoia proove 5 min toatemperatuuri juures

Mis toimub: DNA seondub räniga

- Tsentrifuugi räni põhja 6000 rpm-ga 2 min

Mis toimub: räni ja temaga seondunud tsentrifugitakse suspensioonist välja

- Eemalda pipetiga ränisademe peal olev lahust
- Resuspendeeri Si-sade 1 ml 50% (v/v) etanoolis

Mis toimub: etanool peseb ära soolad ja muud madalmolekulaarsed komponendid, mis ränisademega kaasas võivad olla. DNA püsib endiselt räni küljes

- Tsentrifuugi Si-sade põhja 6000 rpm-ga 2 min
- Eemalda pipetiga ränisademe peal olev lahus
- Korda 50% etanooliga pesu
- Eelmise etapi lõpus saadud Si-sade tuubi põhjas jäta 5 min 37⁰ C juurde et etanool aurustuks
- Resuspendeeri Si-sade 30 µl destilleeritud vees
- Hoia suspensiooni toatemperatuuril 5 min

Mis toimub: vesilahuses tuleb DNA räni küljest lahti ja lahustub vees. Tsentrifuugides eraldame räni ja DNA-d sisaldava lahuse

- Tsentrifuugi Si-sade põhja 6000 rpm-ga 2 min
- Pipeteeri 25 µl Si-sademel olevat lahust uude tuubi. See lahus sisaldab rakkudest eraldatud plasmiidset DNA-d

B. DNA analüüs

- p7XB plasmidi lõikamine restriksiooniensüümiga BamHI
- Tee valmis järgmine lahus

Komponent	Kogus
DNA	10 µl
10 X Puhver	4 µl
BamHI (10 U ⁺ /µl)	2 µl
H ₂ O	24 µl
Lõppruumala	40 µl

⁺ U ehk unit on ensüümi aktiivsuse ühik. Firma Fermentas restriksiooniensüümiga BamHI korral on 1 U selline kogus ensüümi, mis lõikab katki 1 µg bakteriofaagi λ DNA-d 1 tunni jooksul reaktsioonisegus ruumalaga 50 µl

- Proov 37 °C juurde 10 min

Mis toimub: ensüüm BamHI lõikab rõngakujulise plasmidi p7XB ühest kohast katki. Tekib lineaarne DNA molekul, mida on agarosgeelis lihtsam analüüsida kui esialgset rõngakujulist DNA-d.

- Lisa proovile 8 µl 6x värvipuhvrit ja 5 µl proovi 1% agarosgeelile
- Elektrofoores 45 min 200 V / 40 mA juures

Mis toimub: elektrofooresivannis oleva lahuse pH juures on DNA molekulidel negatiivne laeng. Seetõttu liiguvad nad geelis anoodi suunas. DNA molekuli liikumine geelis sõltub ka tema pikkusest – mida pikem molekul, seda aeglasemalt läbi geeli liigub

- DNA visualiseerimine geelis ultravioletvalgusega

Mis toimub: Agarosgeelis ja elektrofooresipuhvris sisalduv etiidumbromiid seondub DNA kaksikheeliksis aluspaaride vahele ja hakkab ultravioletis helendama. Vaba etiidumbromiid ei helenda.

Kuidas bakter suhtleb?

Rita Hõrak

TÜ Molekulaar- ja Rakubioloogia Instituut
Geneetika vanemteadur

Eukarüootse organismi funktsioneerimise aluseks on üksikute rakkude (ja kudede) omavaheline suhtlemine erinevate signaalide abil. Viimase kahe aastakümne uuringud mikrobioloogias on näidanud, et ka üherakulised organismid – bakterid – kasutavad rakkudevaheliseks suhtlemiseks keerukaid kommunikatsioonisüsteeme, mis võimaldavad bakteripopulatsioonil vajadusel käituda ka kui „hulkrakne organism“.

Bakterirakkude kollektiivne koordineeritud käitumine on sageli palju efektiivsem kui ühe üksiku bakteriraku vastus keskkonnas leiduvatele signaalidele. Näiteks moodustavad bakterid struktureeritud ühiselulisi biofilme, mis võivad koosneda väga erinevatest mikroobidest. Biofilmi arengu erinevates etappides sekreteerivad mikroobid keskkonda mitmesuguseid signaalmolekule, mis on olulised rakkudevahelises suhtlemises ja mis suunavad biofilmi moodustavate

bakterite arengut. Sellise koordineeritud käitumise tulemusena moodustub kõrgelt organiseeritud struktuuriga biofilm, mis kaitseb baktereid mitmesuguste välismõjude, näiteks antimikroobsete ainete ja peremehe immuunsüsteemi eest.

Bakterite koordineeritud käitumine saavutatakse sageli nn. hulgatunnetuse (*quorum sensing*) signaalidega. Hulgatunnetuse korral sekreteerivad bakterid keskkonda signaalmolekuli, mis suudab nende endi geenide ekspressiooni mõjutada. Kuna aga signaalmolekuli ära tundev retseptor reageerib vaid suhteliselt kõrgetele signaalmolekuli kontsentratsioonidele, siis toimub geenide sünkroniseeritud aktivatsioon alles siis kui bakteripopulatsiooni tihedus on piisavalt suur. Hulgatunnetuse signaalidega reguleeritakse näiteks patogeenide virulentsusfaktorite sünteesi, mis on bakteri seisukohalt väga kaval, sest on ilmselge, et peremehe nakatamine on efektiivsem kui nakatavaid baktereid on palju.

Ühe ekstreemsema kommunikatsioonisüsteemi moodustavad sellised bakterite poolt sekreteeritavad signaalmolekulid, mis toimivad ühtlasi bakteriotsiinidena ja põhjustavad subpopulatsiooni suitsiidi. Selliste signaalide abil harrastab näiteks *Bacillus subtilis* sporulatsiooni käigus kannibalismi ja inimese patogeeni *Streptococcus pneumoniae* vennatappu. Kõike eelnevat arvesse võttes pole üllatav, et lisaks omavahelisele suhtlemisele suudavad bakterid tunnetada ka mitmesuguseid eukarüootse organismi poolt sekreteeritavaid signaale ja vastusena neile oma käitumist kohandada.

Juttu tuleb bakterite signaaliradadest üldiselt ning sellest kuidas keskkonnas leiduv informatsioon bakterite poolt detekteeritakse. Samuti antakse ülevaade erinevatest võimalustest kuidas see info bakterirakku edastatakse ja kuidas vastavalt signaalile raku metabolism ümber kujundatakse.

Spetsiifilise näitena tuuakse TÜ MRI Geneetika õppetoolis uuritav *Pseudomonas putida* signaalisüsteem ja tutvustatakse seega ka oma tööd.

Lühike sissejuhatus inimese molekulaargeneetikasse: kuidas leida erinevaid haigusi põhjustavaid genee?

Ants Kurg

TÜ Molekulaar- ja Rakubioloogia Instituut
Molekulaarse biotehnoloogia professor

Inimese genoomi täielik järjestamine 2003. aastal avas uued võimalused uuringuteks inimese molekulaargeneetika vallas. Samas on viimaste aastate jooksul toimunud tõsine areng ka uute DNA markerite, ühenukleotiidsete polümorfismide (*single nucleotide polymorphisms* –SNPs) avastamisel, kirjeldamisel ja kontrollimisel, mis tulemusel on saanud võimalikuks katta kogu inimese

genoom suhteliselt ühtlase markerite võrgustikuga ja koostada SNP kaarte. Lisaks sellele on võetud kasutusele terve rida uusi uurimismeetodeid, eelkõige DNA kiibid, mille abil saab teostada kogu genoomi haaravaid SNP-de uuringuid.

Kõik see on teinud võimalikuks kogu genoomi haaravate assotsiatsioonuuringute läbi viimise, et leida erinevate komplekshaigustega (südame-veresoonkonna haigused, reumatoidartriit, tüüp 1 diabeet jm.) seotud geene. Piltlikult öeldes koostatakse sarnased, kogu genoomi katvad SNP kaardid nii tervetele inimestele (kontrollpopulatsioon) kui ka mingit haigust põdevatele inimestele (uuritav populatsioon), millele järgneb nende geenikaartide võrdlev arvutianalüüs, et leida antud haigusega seotud geene või lookusi. St. arvutianalüüsi abil püütakse leida uuritavale patsientide grupile iseloomulikke SNP-de mustrit, mida ei esine tervetel indiviididel. Selle leidmisel on alus oletada, et antud piirkonnas asub mingi geen või lookus, mis on seotud selle patoloogia tekkega.

Selliste geenikaartide teine võimalik kasutusala on personaalne genoomika, ehk siis kuidas leida paljude ravimkandidaatide seast igale patsiendile sobiv ravim.

Samuti tuleb loengus juttu koopiaarvu variatsioonidest ning nende osast erinevate haiguste tekkel.

Lisaks sellele tutvustatakse TÜ MRI Biotehnoloogia õppetoolis toimuvaid inimese molekulaar-geneetika alaseid uuringuid.

Meditisiinilaboritest Eestis 2009

Anu Tamm

SA TÜ Kliinikumi ühendlabor

SA TÜ Kliinikumi direktor

Tervishoiuameti andmetel on kehtivaid laborimeditsiini tegevusulube Eestis 47. Laborid on suurematel haiglatel (26 tk.) ning väljaspool haiglaid ca 20 laborit. Samas, tänapäeval, nagu igal muul elualal, toimub ka laboratoorse tegevuse koondumine. Eesti mõistes suured laborid on regionaal- ja keskhaiglates, kokku 6 laborit, lisaks veel üks suurem eralabor.

SA TÜ Kliinikumi ühendlabor on oma 140 töötajaga suurim labor Eestis, teenindades peale Kliinikumi spetsialiseerunud analüüsides osas Lõuna-Eesti meditsiinasutusi ning ka kogu Eestit. Aastas tehakse umbes 2 miljonit analüüsi ca 150 miljoni krooni eest ning menüüs on üle 700 nimetuse. Analüüsides diapason on väga lai: kliinilise keemia (suhkur, kolesterool jne.) ja hematoloogilistest (vererakkude valem) analüüsides kromosoomi – ja geenuuringuteni.

Peamisteks märksõnadeks meditsiinilaborites on tänapäeval kvaliteet, automatiseerimine ning labori infosüsteem (LIS), mis omakorda peab vahetama infot haigla infosüsteemiga (HIS). Kvaliteedi tagamiseks peab igal laboril olema välja töötatud ja kinnitatud kvaliteedisüsteemi dokumendid, milledele vastavalt käib kogu tegevus laboris. Tehtud peab olema ka hulgaliselt võrdlusmõõtmisi, mille alusel saab väita, et aparatuur “möödab õigesti” ning tulemused on adekvaatsed.

Automatiseerimisega tagatakse võimalikult suur analüüside hulk ja kiire vastus võimalikult väheste töötajatega ning infosüsteem võimaldab nii labori tööd optimiseerida kui ka vastuste kohest edastamist tellijale. Vähem tähtis pole selle juures inimlike vigade vähendamine. Kvaliteedistandard nõuab ka laborisse jõudnud proovimaterjalide täpset jälgitavust e võimalust tuvastada millal on midagi tehtud, kes tegi ja kus proovinõu mingil ajahetkel on. Ühendlaboris on rakendatud AS Cybernetica loodud laboriinfosüsteemi eLabor, mis on kindlasti üks laialdasemate kasutusvõimalustega Eestis.

Praegu veel on Ühendlabor laiali Kliinikumi eri hoonetes ning seega töö mingil määral killustunud. Lootust on, et Kliinikumi II ehitusjärgus valmivad ka uued laboriruumid ning avaneb võimalus sisustada täiesti ratsionaalne kliiniline labor.

Polümeraasi ahelreaktsiooni ehk PCRi kasutamine bioloogilistes analüüsides – laboripraktikum

Urmas Saarma

TÜ ÖMI Zooloogia osakond

Praktikum viiakse läbi Tartu Ülikooli Ökoloogia ja Maateaduste Instituudi Zooloogia osakonna laboratooriumis Vanemuise 46-214. Praktikumi viivad läbi TÜ ÖMI Zooloogia osakonna teadlased ja kõik praktikumi läbiviimiseks vajalikud vahendid on samuti TÜ ÖMI Zooloogia osakonna labori poolt

Eesmärk

Demonstreerida õpetajatele PCRi kui loodusteadustes väga laialt kasutatava teadusliku meetodika praktilist kasutamist ning võimaldada neil näha, kuidas antud meetodika realselt töötab

Oodatav tulemus

Õpetajad saavad reaalse kogemuse PCRi meetodikast, mis võimaldab neil seda hiljem oluliselt paremini õpetada

Materjal ja Meetodika

Amplifitseerime PCR meetodil üles pruunkaru mitokondri genoomist tsütokroom b järjestuse ning hindame PCRi geelelektroforeesil reaktsiooni õnnestumist

Eesti bioloogiaõpetajate 3. talvapäevad: **Bioloogia areneval haridusmaastikul**

PCRI läbiviimine

PCR-segu, mille lõppruumala on 20 mikrolitrit, segame kokku 0.2ml PCRi tuubis laminaari all, **nn. pre-PCR laboris**):

Reaktsiooni kokkusegamine

15.5µl H₂O
2 µl 10 x PCR buffer (lõppkonts. 1X)
0.4 µl 10mM dNTP (lõppkonts. 0.2 mM)
1 µl praimerite segu (5 pmol kumbki praimer). Praimerid UB1F, UB1R
0.1µl Taq DNA polümeraasi (Clontech)
Σ19µl

Võtame 19µl PCRi segu ja lisame sellele 1 µl pruunkaru genoomset DNA'd (~20 ng). Segame lahuse vorteksil ja tsentrifuugime kergelt, nii et kogu reaktsioonisegu on tuubi allosas.

Lisame ka ühe negatiivne kontrolli, kus kõik komponendid on samad, kuid puudub genoomne DNA. Negatiivne kontroll on alati vajalik, et tuvastada võimalikku kontaminatsiooni, st. valepositiivseid reaktsioone.

Kui PCRi segud on valmis, siis viime PCRi segud termotsüklerisse ja paneme masina järgmistel tingimustel tööle:

PCRI läbiviimise tingimused termotsükleris

95°C 1 min
95°C 20 s
50°C 30 s **35X**
68°C 70 s
68°C 7 min
4°C hold

Siitpeale toimub kõik teises laboris (nn post-PCR laboris)

Umbes 45 min enne PCRi lõppu valmistame 1.4% agarosgeeli

PCRi segule lisame 4 µl 6X-fooresivärvi ning kanname agarosgeeli hambasse. Lahutame PCRi produktid elektriväljas (~50 mA) ja visualiseerime produktid etiidiumbromiidi abil UV valguses. Teeme agarosgeelist digifoto ja analüüsime saadud tulemust.

AS A. Le Coq tutvustus

Marika Külm

Labori juhataja

AS A. Le Coq on Eesti vanim järjepidevalt tegutsev õlletehas. AS A. Le Coq'i otsesteks eelkäijateks Tartus olid B. J. Hesse (1800) ja J. R. Schrammi (1826) õllevabrikud. Nendest ettevõtetest kujunes aja jooksul suurettevõtte AS Tivoli, millele uus omanik andis 1913. a nime AS A. Le Coq. Ettevõttega liideti hiljem

Eesti bioloogiaõpetajate 3. talvapäevad: **Bioloogia areneval haridusmaastikul**

veel kaks 1863. a rajatud väiksemat õlletehast Gambrinus ja Livonia. Käesoleval ajal on AS A. Le Coq Eesti juhtiv jookide tootja, kes tegutseb kaasaegsele tehnoloogiale, seadmetele, ehitistele, tootearendusele, kvaliteedikontrollile, turundusele ning nimetatud valdkondade pidevale arendamisele toetudes. Tootmine asub Tartus Tähtvere tänava tehases ning Reola tootmisüksuses (mahalde, nektarite valmistamine). Toodete komplekteerimine väljastamiseks toimub Tähtvere vallas asuvas logistikakeskuses. Tootevalikusse kuuluvad erinevad karastusjookid (ACE mahlajoogid, limonaadid, near waterid, teejoogid), mahlad, nektarid, mahlajoogid, siirupid, spordi- ja energijookid, veed, siidrid, long dringid, õlled ning õllejoogid. Ettevõtte külastamise eemärgiks on kaasaegsete tootmistingimuste, kvaliteedikontrolli, lihtsamate mikrobioloogia töövõtete ja analüüsidega ning karastusjookide toorainetega tutvumine. Külastuse kava on järgmine:

1. Külastades tootmist tutvutakse õlle valmistamise tehnoloogilise protsessiga, erinevate etappide ülesannetega protsessis ja monitoorimisega seotud analüüsidega. Õlle tootmise protsess algab linnaste vastuvõtmise, puhastamise, kaalumise ja jahvatamisega. Järgneb meskimine, meski filtreerimine, keetmine, humalate lisamine ja whirpoolimine, virde jahutamine, rikastamine hapnikuga, pärimi lisamine ning kääritamine, pärimi eraldamine, õlle jahutamine, separeerimine, hägu stabiliseerimine ja filtreerimine. Edasi reguleeritakse õlle alkoholi ja süsihappegaasi sisaldus, hoiustatakse valmis õlu mõõdutankis ning pakendatakse erinevate mahtudega klaas või PET pudelitesse, purkidesse või vaatidesse ning kastidesse, kohvritesse jm. multipakkidesse ja/või erineva suurusega alustele ning plastikust munarestidele.
2. Laboratooriumi külastamise käigus tutvutakse mikrobioloogia töövahenditega: söötmete valmistamiseks ning analüüsimiseks kasutatavate töövahendite, seadmete ning materjalidega. Demonstreeritakse proovide võtmist kätelt, õhuproovi võtmist sadestusmeetodil ning õhuproovivõtjaga.
3. Erinevate ACE mahlajookide hindamine degusteerimisel. Degusteerimise tehnika tutvustamine. Jookide koostisainete (säilitusainete, toiduvärvide, happesuse regulaatorite, lõhna-maitseainete, funktsionaalsete koostisosade, magusainete) hindamine etiketitekstide põhjal. Koostisainete näidised. Siirupiköögi tehnoloogia video põhjal. Karastusjooigi ja kääritatud jooigi valmistamine käepärastest toormaterjalidest (video). Meeldiva kohtumiseni.

LoTe loodusklassi võimalustest

Anne Laius, Mario Mäeots, Lauri Mällo

Kolme ülikooli (Tartu Ülikool, Tallinna Ülikool ja Tallinna Tehnikaülikool) loodusteadusliku koostööprojekti LoTe (Loodusteadusliku ja tehnoloogiaalase hariduse jätkusuutlikkuse tagamine kõigil õppetasanditel) raames oli üheks eesmärgiks: Loodusteaduslike õppeainete õpetajate ettevalmistuse ja täiendkoolituse kvaliteedi parandamine, loodusteaduslike õppeainete õpetaja eriala populariseerimine. Selle eesmärgi täitmiseks loodi nii Tallinna Ülikoolis kui ka Tartu Ülikoolis loodusteaduste õppeklassid, mille sisustuse ja suunitluse põhirõhk Tallinnas on füüsikaõpetuse ning Tartus bioloogia- ja keemiaõpetuse praktilise poole toetamine.

Loodusklasse komplekteeritakse uurimusliku suunaga integreeritud õppemeetodite rakendamise võimaluste loomiseks loodusteaduste ja tehnoloogiahariduses. Selleks on õppeklass juba varustatud interaktiivse Smart tahvli, *data*-projektoriga ning dokumendikaameraga. Bioloogiaõpetamise seisukohalt on oluline, et saab tutvustada ja kasutada ja kaaasaegset suure lahutusvõime ja suurendusega mikroskoopi, mille juurde kuulub kaamera ning mis ühildub Smart tahvliga. Samuti on klassis statsionaarselt paigaldatav foto- ja videotehnika, mida saab edukalt kasutada ka näidistundide salvestamiseks.

Varasemast ajast on loodusklassis olemas täiskomplekt bioloogia-, keemia- ja füüsika mikromeetodi õppekomplekte.

Kõige kaasaegsemateks vahenditeks on nn Vernier *data-loggerid* ehk andmekogujad, millega saab ühildada ligi 50 erinevat sensorit ja läbi viia katseid ja mõõtmisi väga erinevates bioloogia valdkondades. Eriti rohkelt erinevaid võimalusi pakuvad gaasilise O₂ ja CO₂ andurid ning vees lahustunud O₂ sensor fotosünteesi uurimiseks. Lisaks on juba olemas vee pH, valguse intensiivsuse, juhtivuse, temperatuuri ja infrapuna andur ning gaasi rõhu andur ning kolorimeeter. Füsioloogia uurimiseks saab kasutada vererõhu, südame löögisageduse, EKG ning spiromeetrit.

Uurimuslikke töid saab planeerida ka järgmisi mõõtevahendeid kasutades: anemomeeter, müramõõtur, alkomeeter, rasvamõõtur, pulsikellad jms.

Järgmiseks ongi planeeritud välja töötada õppematerjalid ning töölehed, et hõlbustada katsevahendite kasutamist õppimist ja katsetamist, selleks et igapäevaselt koolis nende kasutamine oleks nii õpetajatele kui ka õpilastele võimalikult tõhus ja huvitav.

Loodusainete lõimimisest ja õpilaste katsetest Koolielu ainekuul Urmas Tokko

Tartu Tamme Gümnaasiumi õpetaja

Loodus- ja igapäevaelu nähtuste mõistmisel ja selgitamisel ei piisa enamasti ühe õppeaine teadmistest. Loodus on tervik, kuid sealsete nähtuste üksikasjalikumaks uurimiseks on loodusteadused ajalooliselt lahknenud. Nendele teadusharudele toetuvad tänapäevased õppeained koolides. Õppeaineid lõimides liigume - kuigi uuel tasemel - justkui ajas tagasi.

Levinumad viisid loodusainete lõimimiseks ilmnevad projektitöös, õuesõppel, teemapäevadel. Ilmselt keerukam on seda saavutada klassitunnis. Ettekandes toob autor näiteid lõimimise võimalustest:

- a) keelelisel sarnasusel põhinevad ja sisuliseltki seotud mõisted (enamasti kreeka- või ladinakeelsetest sõnatüvedest lähtuvad);
- b) meetodi sarnasusel jm üldistel seostel põhinevad: nt teadusliku uurimismeetodi etapid; mõõtmine; ohutus; energia, ainete muundumine; redoksprotsessid; aatom/molekul; süntees ja lagundamine; lahused;
- c) lõimuvad teemakatked: nt kütte- ja toiteväärtuse suhteline hindamine lähtuvalt süsiniku oksüdatsiooniastmest; katalüüs; orgaanilise aine molekuli käelisuus ja ensüümi toime; vee füüsikalised omadused ja elusloodus; lained, elektromagnetlained jm.

Mainitud võimalusi kirjeldab autor ka Koolielu portaalis avaldatud artiklis: <http://www.koolielu.ee/pages.php/0710,22253>

Bioloogile on ilmselt lihtsam leida lõimimisvõimalusi keemiaga, kuid autor ärgitab kolleege lisaks sellele leidma võimalusi ka teiste loodusainete lõimimiseks bioloogiaga ning neid kogemusi jagama.

Koolielu igal (aine)kuul on keskmes artiklid, intervjuud, konkursid õpilastele ja õpetajatele, IKT infotund õpetajatele vastavas õppeaines. Loodusteaduste ainekuu oli detsembris 2008. Konkursid õpetajatele keskendus loodusainete lõimimisele, õpetajatelt oodati sellekohaseid konkreetseid näiteid õppetöö läbiviimiseks klassiruumis. Eeldati veebis (wiki, ajaveeb, koduleht jms) esitatud uudseid või kogemusel põhinevad ja näidistega varustatud juhendeid.

Konkursil õpilastele teemal *Teadus minu ümber* oodati originaalset, seletuste ja teooriaga varustatud katse või uurimuse kirjeldust video, virtuaalse fotosesee või slaidiseeriana.

Konkursile saabusid tööd vaid 3-lt õpetajalt, kuid 23 õpilaselt (siiski vaid 4-st koolist).

Kõik õpilaste tööd ning konkursi tulemused on kättesaadavad aadressil <http://www.koolielu.ee/pages.php/011007,22621>, võidutöid tutvustatakse ka ettekandes.

Maitsetaimede kasvatamine – võimalus ainetevaheliseks integratsiooniks

Ene Lehtmets

Tallinna Tehnikagümnaasiumi õpetaja

Integratsiooni eesmärgiks on ühendada erinevates õppeainetes saadud teadmisi ja anda õpilastele praktilise töö kogemusi.

Tallinna Tehnikagümnaasiumis läbi viidud projekt „**Maitsetaimede kasvatamine**“ ühendas kunstiõpetuse, bioloogia ja tööõpetuse tundides omandatavad praktilised oskused. Töö on jõukohane ka põhikooli noorema astme õpilastele. Seda tööd on hea läbi viia ka linnakoolides, sest maitsetaimi kasvasime klassiruumis aknalaual.

Tööks läheb vaja 8-10 cm läbimõõduga savipotte, turbamulda ja maitsetaimede seemneid. Projekti alustati **kunstiõpetuse tunnis**, kus õpilastel oli ülesandeks savipottide kaunistamine. Pottide kaunistamise tehnika ja materjalid valis kunstiõpetaja.. Töö teostati talvisel perioodil. Märtsikuus jätkus projekt **bioloogia või loodusõpetuse tunnis**. Siin oli õpilaste ülesandeks täita potid turbamullaga, külvata seemned ja jälgida taimede kasvu umbes kahe kuu jooksul. Iga õpilane kasvas ja jälgis oma potis kasvavaid taimi. Andmete kogumiseks vormistasid õpilased vihikusse järgmise tabeli:

Taime nimi	
Seemnete külvamise aeg (kuupäev)	
Seemnete idanemise aeg	
Esimeste pärislehtede ilmumise aeg	
Saagi kogumise aeg	
Milleks kasvanud taimi kasutada?	

Kasvatamiseks valisime kiirestikasvavad maitsetaimed: basiilik, aed-piparrohi, aed-liivatee, aedtill, oregano, sidrunmeliss, käharpetersell, majoraan, aed-harakputk ja salatsibul. Lisaks kasvasime ka toorsalatite valmistamiseks salatkressi, vesikressi, spinatit, punast ja rohelist lehtsalatit ning dekoratiivsust pakkuvad kurgirohtu ja lehtpeeti.

Aprillis-mais jätkus projekt **tööõpetuse tunnis**, kus kasvatatud taimed kasutati toorsalatite, võileivakatete ja taimeteede valmistamiseks. Degusteerimine pakkus palju uusi maitseelamusi.

Antud praktiline töö toetab ka uurimuslikku õpet, aitab õpilastel harjutada bioloogiliste andmete kogumist, kujundada vaatlusoskust ja tunnetada seoseid erinevate õppeainete vahel. Pärast seda praktilist tööd koolis oskavad õpilased maitsetaimi kasvatada ja kasutada ka kodus, seega on saadud kogemusi igapäevaeluks.

Loovuse arendamisest loodusainetes

Inge Vahter

Saaremaa Ühisgümnaasiumi bioloogiaõpetaja

2009. aasta on Euroopa Komisjoni poolt kuulutatud innovatsiooni ja loovuse aastaks.

Mis on loovus ja miks seda peab arendama?

- Loovus on võime välja mõelda ja teha midagi uut, seniolematut, mis on kellelegi kasulik või nauditav.
- Loovus aitab eluga paremini toime tulla; eriti avaldub see tavatutes olukordades, uute probleemide lahendamisel.
- Loovus aitab iseendaga rahul olla: kõige väiksemgi loominguline saavutus tõstab enesehinnangut.
- Kõik õpilased on loovad, loovus on paremini arendatav kui intelligentsus.
- Loovus tõstab õpilase enesekindlust, enesekehtestamisvõimet, eneseusaldust.
- Paraneb sõnavara, eneseväljendamisoskus.
- Suureneb probleemide lahendamise oskus.
- Paraneb koostööoskus, õpilane suudab arvestada teistega, suureneb sallivus, peab lugu teiste õpilaste arvamusest.
- Areneb kriitika- ja eneskriitikameel.
- Areneb originaalsus, kujutlusvõime.
- Areneb aktiivsus, tahe ja oskus häid mõtteid teistega jagada, avatus, julgus.
- Jne.

Mida peab tegema õpetaja?

- Õpetaja ülesanne on õpilaste loovust arendada ning aidata tal sellega eluks paremini ette valmistuda.
- Õpetaja peaks õpetama oskusi, mille eesmärkideks on õpilaste kujutlusvõime, loova ja kriitilise mõtlemise võime, jne. arendamine.

- Õpetaja peab enda loovust arendama, sest – ainult loov õpetaja suudab ka teistes loovust arendada!

Võimalusi loovuse arendamiseks on palju: loovkirjandid, ümarlaud ehk jätkukirjutamine, mitmed õuesõppe praktilised tööd („sookollide“, looduspiltide jms. valmistamine looduslikust materjalist; teatud sõnumiga kinkekimpude ja saunavihtade kokkuseadmised, jne), rollimängud (sh erinevate loomaliikide mitmete käitumiste imiteerimised), peokõnede koostamine ja tegevuste väljamõtlemine kindla looduskaitseürituse jaoks, puhkealade planeerimine ja nende sobitamine loodusega, loodusteemaliste rühmalaulude väljamõtlemised, jne.

Igal õpetajal kujunevad tavaliselt katsetuse käigus kõige paremini õnnestuvad meetodid. Loovus areneb vaid loovalt tegutsedes. Selleks jõudu ja tahtmist kõigile.

Taimestiku ja loomastiku mõju ühiskondade tekkes

Kersti Veskimets

Tallinna Tehnikagümnaasiumi õpetaja

Miks aastaks 1500 olid Euraasiast pärit rahvastel terasrelvad ja nakkushaigused, millega alistati kivi- ja puurelvi kasutavad suguharud mujal maailmas?

Teame hästi, et põllumajanduse tekkest kasvasid välja riigid. Kuid miks tekkis põllundus?

Põhjused, mis jätsid küttimise-koriluse konkurentsivõimest ilma ja kallutasid selle toiduainete tootmise suunas: loomade arvukus vähenes, seoses sellega, hakkas suurenema looduslikult kasvavate söödavate taimede kättesaadavus; kujunesid toiduainete töötlemiseks vajalikud tehnoloogiad; rahvastiku arv kasvas, mis viis põllumajanduse tekkele.

Kuidas muistsed inimesed oma teadmatuses taimi kultuuristasid? Esimesed põllumajandus-laborid olid inimese prügi-hunnikud ja käimlakohad. Seal laborites olid igal juhul söödavate taimede seemned. Samas inimene oli korjanud need valikuliselt: suurus, maitse, õlirikkus, kiudaine sisaldavus. Valides vaid soovitud omadustega isendeid, levitasid inimesed neid enese teadmata. Taimedes toimusid ka täiesti tahtmatud muutused:

levisid **mutantsed** vormid, mille kaunad ise ei avane (hernes, lääts, lina, magun), mille terad ei varise (metsnisu ja metsoder), mille seemned ei olnud mürgised (mandlipuu) jne.

Kas tegemist on 10 000 aasta vanuse geenitehnoloogia?

Miks ei tekkinud maaviljelus nii viljakates piirkondades nagu California, Euroopa, Austraalia mõõduka kliima alad, lähisekvatoriaalne Aafrika? Vastus: Kütid-korilased ei saa kodustada ainult ühte või kahte taime ja siis lõpetada rändlemine. Vajalik on terve pakett looduslikke taimi, mis varustaksid süsivesikute, valkude, õli ja kiudainetega. Parim komplekt oli Lähi-Idas, kus põllumajandusele täielik üleminek oli toimunud 8000 aastat tagasi. Näiteks Californias ei olnud ühtegi sobivat taime.

Miks nii suured ajalised erinevused põllunduse tekkes? Näiteid on palju:

Ida-Ameerika looduses ei olnud suureseemnelisi kõrrelisi. 4000 aastat tagasi olid neil vaid kõrviadsad – söödi ainult seemneid ja saadi anumaid; päevalill, iiva ja hanemalts – söödi ainult seemneid. Peatoiduks olid väikesed metsloomad, linnud, kalad, limused, pähklid. Ei olnud veoloomi, ei leiutatud ratast.

Uus-Guineas oli 9000 a. tagasi alanud maaviljelus: suhkruroog, teatud banaanid, pähklipuu taro, juurviljad, jamss ja lehtviljad. Kuid ei olnud ühtegi valgurikast teravilja, ei olnud ühtegi kodustatavat suurimetajat, keda vedama panna või süüa (inimsöömine) ning töö toimub endiselt käsitsi.

Troopilises Lääne-Aafrika bantud (neegrid) alustasid iseseisva põllundusega 5000 a. tagasi, nemad vallutasid kogu troopilise Aafrika pügmeedelt ja khoisanidelt.

Suured koduloomad on mõjutanud ühiskondade teket (liha, piim, vill, sõnnik, veojõud, ratas, sõjavanker“ jne). Suurimetajate kodustamine lõppes 4500 a. tagasi. Kõik 148 liiki olid piisavalt testitud (toiduvalik, kasvukiirus, vangistuses paljunemine, karjaline eluviis, tige iseloom, „nõrganärvilisus“), äravalituks said 14 liiki. Edela-Aasias oli nendest 7! Ameerikas 1, Aafrikas ja Austraalias mitte ühtegi.

Tänu koduloomadele oleme saanud **epideemilised nakkushaigused**, millega vallutasid eurooplased nii Lõuna-, Põhja- kui ka Kesk-Ameerika põlisrahvad. Samuti Austraalia ja Vaikse ookeani saared.

Ettekandes on vaid mõned näited taimede ja loomade mõjust ühiskondade tekkele. Valmis on märksa põhjalikum Power Point esitlus, mille koostamisel on kõige rohkem tuginetud Jared Diamondi vaadetele, arvestatud Clive Ponting ning Henry Hobhouse töid. Pildimaterjal on internetist.

Teemat saaks kasutada loodusliku valiku selgitamisel, ajaloo ja bioloogia integreerimisel. Mõeldes gümnaasiumibioloogia ainekava koostamisele, soovitaksin sellele teemale lisada.

Bioloogiaõpetajad Comeniuse koolitusel
Külli Relve, Audentese Erakool
Urmas Lekk, Pärnu Täiskasvanute Gümnaasiumi õpetaja

SA Archimedese üheks üksuseks on Haridustöö keskus. Euroopa elukestva õppe programmide raames on ka bioloogiaõpetajal võimalik taotleda huvitavaid koolitusi.

- SA Archimedes Hariduskoostöökeskuse üldhariduskoolidele suunatud programmid sisaldavad peale koolidevaheliste õpilastele suunatud projektide ka õpetajakoolitusi
- Toetatakse õpetajate ja õpetajate koolitajate osalemist koolitustel ja konverentsidel
- Koolitusel osalemiseks tuleb leida huvipakkuv kursus Comeniuse internetikataloogist, eelregistreeruda ja täita vastav taotlusvorm
- Kaetakse praktiliselt kõik koolitusega seotud kulud, vajaduse korral ka eelnev keelekoolitus
- Reeglina tuleb minna üksi
- Ajagraafik Hariduskoostöökeskuse kodulehel

Lisainfot vaata: <http://ec.europa.eu/education/trainingdatabase/>

Külli tutvustab ettekandes oma suvist koolitust Hispaanias ja Urmas kevadist koolitust Portugalis.

Eesti sada selgroogset looma
Urmas Lekk
Pärnu Täiskasvanute Gümnaasiumi õpetaja

Õppevahendeid ei ole kunagi palju. Eesti elavate liikide kohta meenuvad esmalt Viktor Masingu raamat „100 tavalisemat taime“ ning õppevahend postkaartidel „Eesti sada tavalisemat lülijalgset“.

Esitleksin õppevahendit (PowerPoint) „Eesti sada selgroogset looma“.

Õppevahendil on üldinfo Eesti selgroogsete süstemaatikast, liikide arvust, kaitsekategooriatest ja kaitsealadest.

Fotosid on kokku sajal slaidil (+ liiginimi eesti ja ladina keeles) järgnevalt: 17 kalaliiki; 8 kahepaikse liiki; 5 roomaja liiki; 40 linnuliiki ja 30 imetajaliiki.

Õppematerjali valmistamise tingis vajadus mitmetes kursustes tutvustada Eetis elavaid selgroogseid. Loodan, et sain Sinu aega tublisti kokku hoida, hea kolleeg!

Materjal on saadaval ka veebilehel: <http://urmas.ptg.parnu.ee>

Charles Darwini tööstiil

Mart Viikmaa

Charles Darwini ja darvinismi juubelite tähistamisel ei teeks paha pilku heita sellele, kuidas ta „Liikide tekkimist“ paljude teiste raamatute ja artiklite kõrval tegi. Mis tingis selle raamatu talle endalegi üllatava edu? Millest tulenes see, et kui enne 1860. a praktiliselt polnud loodusteadlast, kes oleks kahelnud liikide muutumatuses, siis mõne aasta pärast rääkisid evolutsioonist peaaegu kõik kui tõsiasjast. Kui jätta kõrvale teadusliku mõtlemiseta kriitikud ja klerikaalid, „kes pole märkimist väärt“, nagu Darwin ise ütles.

Darwin hakkas spetsiaalsesse märkmikku vastavateemalisi andmeid ja mõtteid kirja panema juulis 1837, pool aastat pärast uurimisreisilt saabumist. Seda jäi ta tegema pidevalt, hoolimata sellest, et oli tihti haige ja ametis mitmete muude uurimiste ja kirjatöödega. Peab ütleva, et tema töövõime ja visa sihikindlus on olnud uskumatult suured. 1842. a pani ta esmakordselt oma süstematiseeritud mõtted „muudatustega põlvnemise teooria“ kohta kirja lühikese visandina ja laiendas selle 1844. a 230-lk esseeks. Teooria oli siis valmis, ainult tõendeid näis vähe olevat. Ta mõistis, et sellise „ohtliku ideega“ uisapäisa välja minna ei saa. Trükkimata jäid mõlemad.

Vahepeal uuris Darwin 8 aastat vääneljalalisi vähke, väikesi merelisi koorikloomi, ja avaldas neist mitu monograafiat. 1856. a algul hakkas ta oma teooriast hoolikalt põhjendatud teost kirjutama. Materjali oli tohutult. Ent suvel 1858 oleks tabanud peaaegu katastroof. Malai saarestikus töötanud briti zooloog A. R. Wallace saatis Darwinile essee, mille palus aidata trükki toimetada. Selles oli lühidalt esitatud sama teooria. Darwin kavatses esialgu loobuda – temal polnud midagi trükivalmis, kuid Wallace'i essee oli suurepäraselt stiilis. Sõprade-teadlaste pealekäimisel nõustus ta lõpuks, et koos Wallace'i tööga kantakse Londoni Linné Ühingu ette katkend tema käsikirjast ja kiri ameerika botaanikule Asa Gray'le. Juulis see toimuski ja need tööd avaldati koos Ühingu Toimetistes.

Sama aasta septembris alustas ta uue, väiksema raamatu kirjutamist, kokkuvõtet eelmisest. Trükist ilmus „Liikide tekkimisest loodusliku valiku teel ehk eelistatud rasside ellujäämisest olelusvõitluses“ 1859. a novembri lõpus. See raamat oli Darwini hinnangul 3-4 korda õhem, kui 1856. a kavatsatud teos. Ta pidas sellist asjadekäiku tagantjärele kasuks, sest nii paksu raamatut, kui algselt plaanitud, oleksid vähesed lugenud. Ja oluline oli ka see, et nüüd sai ta oma rohketest faktidest, näidetest ja mõttepiltidest valida kõige ilmekamad ja toekamad.

„Liikide tekkimise“ esimene trükk tehti 1250 koopias ja müüdi läbi ilmumise päeval. Kohe hakati ette valmistama järgmisi trükke. Darwini elu ajal ilmus kuus väljaannet, viimane 1872. Kõik need „Liikide tekkimise“ väljaanded olid

erinevad. Darwin parandas ja täiendas kõiki. Hoolega märkis ta üles kriitilised märkused ja vastas neile järgmises väljaandes. Ja korrigeeris oma seisukohti vastavalt oma katsetele ja muu teaduse uutele faktidele ja avastustele. Igas väljaandes uuendas ta 15-30% kõigist lausetest (kustutas, muutis või lisas). Just selline kõikehaaravus ja kohene ning tihti ennetavgi vastamine vastuväidetele muutis Darwini õpetuse väga veenvaks ja põhjustas tema kiire ülemaailmse leviku. Samal ajal kirjutas ta mitu uut raamatut erinevatel teemadel, neist kõige tähtsam „Inimese põlvnemine ja suguline valik“ (1871).

Mendeli seadused – mis need on ja kuidas tekkisid?

Mart Viikmaa

Mendeli seadused on väheseid bioloogilisi printsiipe, mida juba põhikoolis seaduste nime all õpetatakse. Need on üle-eelmisel sajandivahetusel avalikkuse ette tulnud geneetikaseadused, mis määratlevad suguliselt sigivate organismide tunnuste (geenide) pärandumise ja kombineerumise peamised seaduspärasused. Nad on nime saanud Gregor Mendeli (1822-1884) auks, kes taimesortide hübriidimiskatsete abil esmakordselt need printsiibid välja selgitas (Mendel 1866). Nagu bioloogiaseadustele kohane, esitatakse erinevates õpikutes ja käsiraamatutes erinev komplekt ja erineval viisil sõnastatud Mendeli seadusi (mõnede järgi – reegleid). Praegusel ajal määratletakse ingliskeelsetes teostes kaks, saksa ja vene keele mõjualadel kolm Mendeli seadust (vrld. Tamarin 1999, Sarapuu 2002, Viikmaa 2008). Neile seadustele on iseloomulik, et nad avalduvad fenotüübilisel tasemel, kuid nende aluseks on rakulised mehhanismid genotüüpide tasemel. Seepärast on ka nende formuleeringud kahesugused: kas tunnuste avaldumise ja jaotumise või alleelide lahknemise ja paardumise tasemel. Täielikku kooskõla nende tasemete vahel pole. Peale selle erinevad seaduste formuleeringud veel sõnastajate arukuse, suunitluse ja adressaadi varieeruvuse tõttu. **Millised need seadused on?**

Toon järgnevalt nende seaduste esituse näited (Viikmaa 1998).

Mendeli I seadus – ühetaolisuse e. uniformsusseadus: Erinevate päriivuspuhaste e. homosügootsete (P-põlvkonna) isendite ristamisel on esimese põlvkonna hübriidid (F₁) ühetaolised heterosügootid, sõltumata ristamise suunast.

Genotüübiliselt: **P: AA x aa → F₁: Aa**

või **P: aaBB x AAbb → F₁: AaBb** jne.

Hübriidide ühtlik **fenotüüp** sõltub alleelide vastasmõjust. Üksiktunnus võib olla sama, mis ühel vanemal (**dominantsus**, esineb enamiku alternatiivtunnuste puhul), või vanemate tunnuste vahepealne (**intermediaarsus**, **mittetäielik**

dominantsus) või mõlema vanema tunnuse ühendus (**kodominantsus**). Polühübriidisel ristamisel sarnanevad hübriidid rohkem sellele vanemale, kummal on rohkem dominantseid tunnuseid. Eri geenidest määratud tunnuste koostoimel võib näiteks dihübriidisel ristamisel ilmnedada hübriidil tunnus, mis kvalitatiivselt erineb mõlema vanema tunnusest.

Algselt oli see seadus formuleeritud monohübriidse (ühe tunnusepaari, õigemini ühe geenipaari) poolt erinevate vanemvormide ristamise kohta.

Seda seaduspärasust omaette Mendeli seaduse või reeglina anglo-ameerika õpperaamatutes ei leidu.

Mendeli II seadus (anglo-ameerikas Mendeli I seadus) – lahknemis- e. segregatsiooniseadus: Hübriidide e. heterosügootide järglaskonnas toimub geenipaaride lahknemine, nii et kindlates sagedussuhetes tekivad nii homosügootsed kui ka heterosügootsed isendid. Algselt on seadus formuleeritud monohübriidide ristamisest saadud teise hübriidpõlvkonna (F₂) lahknemise kohta, mis **genotüübiliselt** avaldub nii:

$$F_1: Aa \times Aa \rightarrow F_2: 1/4AA + 2/4Aa + 1/4aa.$$

Avaldis $Aa \times Aa$ võib tähistada ka ise viljastumist.

Põlvkondade tähised (P, F₁, F₂, F₃ jne.) käivad hübriidimiskatsete kohta, alates homosügootsetest e. pärivuspuhastest vanemvormidest. See on õpilastele mõnevõrra eksitav, sest neil võib kinnistuda mulje, et selline lahknemine esineb ainult esimese põlvkonna hübriidide järglastel. Seda ohtu suurendab veel see asjaolu, et sageli sõnastatakse need seadused hübriidpõlvkondade järgi (mina väldin seda).

Saadava kolme genotüübi sageduste **1:2:1**-suhe tuleneb alleelide lahknemisest meioosis eri gameetidest ja nende vabast paardumisest viljastumisel. Seega tuleks ülaltoodud avaldist laiendada:

$$Aa \times Aa \rightarrow (1/2A + 1/2a) \times (1/2A + 1/2a) \rightarrow 1/4AA + 2/4Aa + 1/4aa.$$

See genotüübiline **1:2:1**-lahknemine võib avalduda erinevate **fenotüübiliste** lahknemistena, kas **3:1**- või **1:2:1**-suhteis, olenevalt alleelide interaktsioonist:

$$\frac{3}{4} \text{ dominantseid} + \frac{1}{4} \text{ retsessiivseid} \text{ või}$$

$$\frac{1}{4} \text{ tunnusega } A^1 + \frac{2}{4} \text{ vahepealseid} + \frac{1}{4} \text{ tunnusega } A^2.$$

Lahknemisseadus toimib ka siis, kui ainult üks vanem on heterosügoot, näiteks – **F₁: Aa x P: aa → F₂: 1/2Aa + 1/2aa** (seda nimetatakse sageli taandristamiseks või analüüsivaks ristamiseks), ja ka siis, kui vanemad on erinevad heterosügootid (polüalleelsuse korral):

$$A^1a \times A^2a \rightarrow 1/4A^1A^2 + 1/4A^1a + 1/4A^2a + 1/4aa.$$

Lahknemisseadus on statistiline seaduspärasus, mistõttu teoreetilistele sagedustele lähedased suhted on vaadeldavad järglaskonna piisavalt suure

arvukuse korral (sama genotüübiga vanempaaride järglaste summeerimisel vähemalt mõniseda järglast, kes kõik tulevad individuaalselt oma fenotüübiga arvele võtta). Üksikjärglaste genotüüpide ja fenotüüpide jaoks tähendavad need suhtarvud tõenäosusi.

Mendeli III sedus (anglo-ameerikas II seadus) – sõltumatu lahknemise e. vaba kombineerumise seadud: Polühübriidide eri alleelipaarid (ja paljud tunnusepaarid) lahknevad ja kombineeruvad üksteisest sõltumatult, nii et lahknemisrida on eri geenide (tunnuste) lahknemisridade vaba kombinatsioon (korrutis).

$(1/4AA + 2/4Aa + 1/4aa) \times (1/4BB + 2/4Bb + 1/4bb)$ jne.

Polühübriid moodustab võrdse sagedusega 2^n erineva haplotüübiga gameeti (kus n on heterosügootsete geenipaaride arv e. hübridsusaste), nende järglaskonnas on 3^n erinevat genotüüpi, 2^n täielikult homosügootset (e. konstantset) genotüüpi, ja kombinatsioonirea täielikuks avaldumiseks vajalik minimaalne indiviidide arv 4^n .

Näiteks dihübriidisel ristamisel ($P: AABB \times aabb \rightarrow F_1: AaBb$) on hübriidide järglaskonnas (F_2 -põlvkonnas) lahknemisrea indiviidide arv $4^2 = 16$, erinevate genotüüpide arv $3^2 = 9$ ja täishomosügootseid (konstantseid) genotüüpe on $2^2 = 4$.

Fenotüübiliselt võib see lahknemine avalduda väga mitmeti. Klassikaliselt tuntud lahknemisena on dihübriidse lahknemise ($2^2 = 4$ fenotüübi suhtes) **9:3:3:1**. See esineb, kui mõlemas alleelipaaris avaldub täielik domineerimine [(3:1) \times (3:1)]. Kui domineerimine puudub ühes alleelipaaris (ilmneb kas intermediaarsus või kodominantsus), siis on fenotüüpe 6 [suhetega (3:1) \times (1:2:1) = 3:6:3:1:2:1], ja kui mõlemas alleelipaaris domineerimine puudub, on fenotüüpe nagu genotüüpegi 9 [(1:2:1) \times (1:2:1) = 1:2:1:2:4:2:1:2:1].

Geenide (õieti küll tunnuste) interaktsiooni erijuhtudel võib dihübriidne fenotüübiline lahknemine avalduda suhetes: 9:3:4, 9:6:1, 9:7, 12:3:1, 13:3, 15:1, 1:4:6:4:1.

Kuidas sündisid Mendeli seadused?

Geneetikaga on selline imelik lugu, et tema sünniaastaks peetakse 1900. aastat, aga geneetika isa ehk alusepanija Gregor Mendel oli vundamendi maha pannud 1866. aastal.

1900. aastal avaldasid kolm teadlast oma uurimistööde tulemused taimede hübriidimise katsetest ja teatasid ühtlasi, et samalaadseid tulemusi oli saanud ja olulised seaduspärasused juba avastanud keegi Gregor Mendel. Kuid kõik nad

väitsid esialgu, et sattusid Mendeli artiklile alles oma töö lõpetamise järel ajaloolise ülevaate kirjutamisel.

Mainitud teadlased olid artiklite avaldamise järjekorras **Hugo de Vries** Hollandist, **Carl Correns** Saksamaalt ja **Erich von Tschermak-Seysenegg** Austriast. Lugu kukkus välja üsnagi dramaatilisena. Kohe tekkisid rivaalitsemine ja lahkavumused (Гайсинович 1967).

H. de Vries avaldas aprillis lühiartikli hübriidide lahknemisseaduse kohta (*Sur la loi de disjonction des hybrides*) Pariisi Teaduste akadeemia toimetistes. Kuigi andmete esituses oli märgata mendellikku stiili ja terminoloogiat (dominantne, retsessiivne), ei olnud artiklis Mendeli tööd mainitud. Samal ajal oli ta saatnud põhjalikuma ülevaate oma katsetest ja analüüsides (*Das Spaltungsgesetz der Bastarde*) Saksa Botaanikaseltsi aruannetesse, kuid see ilmus hiljem. Selles viitas de Vries paaris kohas lühidalt Mendeli tööle ja tunnustas selle tähtsust, kuid väitis, et tutvus sellega alles pärast seda, kui oli enamiku katsetest lõpetanud ja järeldanud neist artiklis esitatud seisukohad. Hiljem on tõestatud, et de Vries sai Mendeli artikli tõmmise juba 1892. a (Гайсинович 1967).

C. Correns, kes olevat Mendeli artikliga tutvunud 1899. a., sai aprillis de Vriesi prantsuse artikli. Ta tundis selles kohe ära Mendeli hinguse ja mõistnud, et de Vries tahab end nende hübriidiseaduste taasavastajaks kuulutada, lõpetas kiiresti oma katsete aruande ja saatis ka Botaanikaseltsi väljaandesse (avaldati samas numbris koos de Vriesi artikliga). Ta kuulutas kohe pealkirjas Mendeli prioriteeti: „*Mendel's Regel über das Verhalten der Nachkommenschaft der Rassenbastarde*“. Selles artiklis teeb ta ka iroonilise vihje de Vriesi kohta, kuigi nime otseselt mainimata: kuna talle (Corrensile) oli juba Mendeli artikkel tuttav, ei pidanud ta võimalikuks kinnistada endale „taasavastuse“ prioriteeti mingi erilise eelteate abil (Гайсинович 1967).

E. von Tschermak oli 1900. a. jaanuaris lõpetanud oma dissertatsiooni hübriidimiskatsete tulemustest, mille tähtsamaks seisukohaks oli seaduspärase lahknemise tuvastamine hübriidide järglaskonnas. Selle avaldamine trükis aga kippus venima. Tema kätte sattus esiteks de Vriesi lühiteade ning seejärel ka de Vriesi ja Corrensi põhiartiklid. Ta mõistis, et tema avastus pole midagi uut, kuid leidis, et ta on nende kahe teadlasega võrdväärne „iseseisev taasavastaja“, ja saatis lühikokkuvõtte oma dissertatsioonist samuti Saksa Botaanikaseltsi toimetistesse; see avaldati juunis 1900.

Kui H. de Vries formuleeris kaks seadust – domineerimis- ja lahknemisseaduse, siis C. Correns esitas Mendeli lahknemisreegli. Reegel on pehmem seaduspärasus kui seadus. Corrensil polnud usku nende printsiipide üldkehtivusse. Sellest alanud segadus Mendeli seaduste või reeglitega on jätkunud kaua aega hiljemgi. Seadust, mida me tunneme tänapäeval ühetaolisuse seadusena, mõistsid varased

mendelistid de Vriesi eeskujul domineerimisseadusena („ei kunagi mingit vahepealsust“). Seda on ka retsiprooksuse seaduseks nimetatud. Sõltumatu lahknemise seadust nimetati alguses (ja vahel palju hiljemgi) tunnuste sõltumatuse seaduseks, mille all mõisteti tunnuste eraldiseisvat avaldumist ja kombineerumist, sõltumata teistest tunnustest. C. Correns ei pidanud põhjendatuks domineerimise absolutiseerimist (seda polnud teinud ka Mendel) ja lahknemisseadusi, eriti sõltumatu lahknemise reeglit pidas ta mingiks erijuhuks (Гайсинович 1967). Võib-olla just selle skepsise tõttu mendelismi suhtes oli ta võimeline avastama 1909. a. plasmiidse pärilikkuse, tsütoplasmapärilikkuse esimese nähtuse (Гайсинович 1967).

Nende meeste Mendeli-viited toimisid teadusmaailmale nagu äratuskell. Selle signaali võimendajaks sai inglise teadlane **William Bateson**. Ta oli ka ise oma varasemate katsete ja teoretiseerimistega jõudnud katkelise muutlikkuse (ja nn. korpuskulaarse pärilikkuse) seisukohtadele. Saanud de Vriesi ja Corrensi artiklitest vihje Mendelile, asus ta kohe seda uurima ja juba mais 1900 tegi ta ettekande Mendeli „hiilgavast tööst“ Londoni Kuninglikus Seltsis. Ta korraldas kiiresti selle inglise tõlke avaldamise. Kahjuks ilma osata „Katsed teiste taimeliikide hübriididega“ – talle tundus, et selles osas ei lisandu midagi olulist hernekatsetest leitu. (Ja seepärast tuli mitu aastat hiljem. „avastada“ polügeensuse nähtus).

Oma käsitlustes mendellikest seadustest tõi Bateson esile lahknemisseaduse ja sõltumatu sorteerimise (*independent assortment*) seaduse ning nende aluseks oleva gameetide puhtuse printsiibi. Niisiis algusest peale puudub ingliskeelses maailmas ühetaolisuse seadus – Bateson pidas seda korrapärasust iseenesest mõistetavaks ja mitte seaduse vääriliseks. Kummaline lugu on olnud selle „gameetide puhtusega“. Seda hakati geneetilises kirjanduses nimetama gameetide puhtuse *hüpoteesiks*, ja see traditsioon jätkus ka kaua aega pärast seda, kui tsütoloogiliste ja geneetiliste meetoditega oli mitmekülgselt tõestatud see, mida oli oma peenelt seatud katsetega tõestanud juba Mendel – hübriidide gameetid ei ole hübriidsed (Mendel 1866).

Hämmastava kiirusega pöördusid paljud teadlased eksperimenteerima nende uute seaduspärasuste alusel, nii taimede kui ka loomade peal, ja uurima geneoloogilise meetodi abil nende seaduste kehtivust inimesel. Seda uut uurimissuunda nimetati algul mendelismiks, kuid 1906. a sai see Batesonilt soliidse teadusenime – geneetika.

Kuid tuleb mainida, et kulus aastaid, enne kui hakati kõike seda mõistma, mida oli mõistnud ja öelnud Mendel. Näiteks veel ligi paarkümmend aastat pärast Mendeli avastamist kirjutas üks tolle aja silmapaistvamaid vene biolooge K. A. Timirjazev: „Paljudes ... traktaatides ... tõstetakse esile mõned täiesti

spetsiaalsed nähtused, millele omistatakse liialdatud ja mõnikord isegi domineeriv tähtsus (nagu näiteks nn. mendelismile)" (Timirjazev 1949 (1922)). Mendelistide ja biomeetrikute vaidlus pärilikkuse ja muutlikkuse olemuse üle vaibus ka alles 1920. aastate alguseks (Viikmaa 2000).

Mida oli öelnud Mendel?

Brünni (nüüd Brno) Loodusuurijate Seltsi 1865. aasta toimetistes (mis ilmusid trükist 1866. a lõpus) avaldati Gregor Mendeli artikkel „*Versuche über Pflanzen-Hybriden*“. Selles kirjeldas ta oma katseid aedherne sortide (ja võrdluskatseid aedoa kahe liigi) hübriidimisest aastatel 1856-1863 ning nende tulemuste põhjal tehtud järeldusi. Ta oli esitanud need tulemused ettekannetes Seltsi koosolekutele 1865. a 8. veebruaril ja 8. märtsil ja trükitekst olnud nende ettekannete muutmata koopia (Mendel 1866).

Mendel ei näinud oma katsetes ühtegi sellist fakti, mida poleks keegi paljudest taimehübriidijatest juba varem täheldanud. Kuid Mendeli katsete läbimõeldud korraldus, tema vaatluste täpsus ja analüüsi sügavus võimaldasid näha nähtava taha, selle olemusse, ja leida seaduspärasused seal, kus eelkäijad olid näinud üksnes korrapäratust ja vastuolusid (Viikmaa 2000).

Mendel kirjeldas ja sõnastas kõiki neid seaduspärasusi, mis hiljem Mendeli seadustena tuntuks said. Näiteks, võttes kokku monohübriidsete ristamiste tulemuste analüüsi, kirjutas ta: „... hübriidid moodustavad iga vastandtunnuste paari kohta seemneid, millest pool annab jälle hübriidvorme, kuna teine pool annab taimi, mis jäävad konstantseks ning saavad võrdsetes osades dominantse ja retsessiivse tunnuse“ (Mendel 1996). Ja ta esitas selle algebralise avaldisena: $A+2Aa+a$. Seega (1:2:1)-, mitte (3:1)-suhtes lahknemisena, nagu vahetul vaatlusel ja loendamisel ilmnes. See on väga täpselt sõnastatud lahknemise seadus. Kuid ta ei kasutanud siin seaduse mõistet. Alles hiljem, artikli ülejäärgmises osas, kus ta hakkas käsitlema polühübriidse ristamise tulemusi, kirjutas ta, et ülesanne on uurida, kas „leitud [hübriidide] arenguseadus“ ka sel juhul kehtib.

Mendel pidas tõenäoliselt oma kõige olulisemaks avastuseks seda, mida ta **tunnuste kombineerumise seaduseks** nimetas. Ta sõnastas seda oma töös erineval viisil vähemalt kuus korda (Hartl and Orel 1992). Üks sõnastusi on järgmine: „...hernehübriidid moodustavad võrdsetel arvul idu- ja tolmurakke, mis oma siseomadustelt vastavad kõigile konstantsetele vormidele, mis viljastamise kaudu ühendatud tunnuste kombineerumisel tekivad“ (Mendel 1996). Selles formuleeringus on ühendatud mõlemad, nii mono- kui polühübriidse lahknemise seadused ja nende aluseks olev gameetide puhtuse seadus. Mendeli analüüsi- ja üldistusvõime oli suurem, kui tema järgijatel pika aja kestel.

Millised olid Mendeli seaduste tunnetamise tagajärjed?

Mendeli avastatud seadustest oli tekkiva ja areneva geneetika paradigma jaoks kõige olulisem järelendus individuaalsete, põlvest põlve püsivate tunnusefaktorite olemasolu. Mendel nimetas neid enamasti lihtsalt elementideks, kord algeteks (*Anlage*) ja kord vormiloovateks elementideks (*bildungsfähige Elemente*). Taani botaanik W. Johannsen nimetas 1909. a need faktorid geenideks. Endise liitelise (pideva) pärilikkuse kontseptsiooni asemele tuli **korpuskulaarse (diskreetse) pärilikkuse teooria**. Sellel alusel oli põhjendatud pärilikkuse reduktsionistlik uurimine, mida oligi Mendel alustanud. See viis lõpuks geenide ainelise aluse tuvastamisele ja nende DNA-struktuuri uurimisele (Viikmaa 2000).

Üks esimesi Mendeli lahknemisseaduse laiendusi oli inglise matemaatiku G. H. Hardy ja saksa arst-geneetiku W. Weinbergi poolt 1908. a. formuleeritud populatsioonigeneetika põhiseadus, tuntud **Hardy-Weinbergi** seadusena. See seadus, hiljem keskset rolli etendanud vahend darvinismi „viljastamisel“ mendelismiga, tekkis ühe rumaluse ületamiseks algses mendelismis. Nimelt oli levinud arvamus, et domineerimisseaduse tõttu peaks ristumine viima järjestikustes põlvkondades dominantse tunnusega isendite ülekaalu kasvule ja retsessiivid peaksid lõpuks üldse kaduma (Viikmaa 2000).

Hardy ja Weinberg tõestasid loogiliselt ja matemaatilisel alusel, et kui populatsioon on piisavalt suur ja vabalt ristuv (ehk panmiktiline) ning kui sellele ei toimi mingid pärilikkusevälised tegurid, siis säilivad alleeli- ja genotüübisagedused põlvkonniti muutumatuna. Selline populatsioon läheb momentaalselt geneetilise tasakaalu seisule, mida kirjeldab võrrand: $(pA+qa)^2 = p^2AA+2pqAa+q^2aa$, kus p ja q on vastavalt alleelide A ja a sagedused. See valem on Mendeli lahknemisseaduse $[(1/2A+1/2a)^2 = 1/4AA+2/4Aa+1/4aa]$ üldistus populatsioonile.

Kas Mendeli seadused on looduseadused?

Nende seaduste kehtivust piiravad olulised tingimused. Nad kirjeldavad suguliselt sigivate organismide autosoomsete kromosoomide aheldumata geenide kombinatiivset pärandumist. Lisaks neile kitsendustele tuleb ette veel mitmeid erandsituatsioone. Nende asjaolude tõttu nimetabki osa geneetikuid neid reegliteks, mitte seadusteks. Täppisteaduslike seadustega on Mendeli seadusi raske võrrelda.

Kui aga arvestada seda, kui palju on nende seaduste alusel, klassikalise geneetika perioodil (1900-1940) valdavalt nende alusel, ühe loodusnähtuse – pärilikkuse – uurimisega edasi jõutud, siis peab neid ikkagi bioloogia olulisteks printsiipideks pidama. Nende seaduste kitsendused ja piirangud, nagu muidki

bioloogiaseadusi kammitsevad piirangud tulenevad elu enda mitmekesisusest ja erivormilisusest, mitte niivõrd elunähtuste puudulikust tundmisest. Bioloogilised seaduspärasused laveerivad erandjuhtude vahel. See on elu, mis ei hooli eriti seadustest.

Kirjandus

- Hartl, D.L and Orel, V. 1992. What did Gregor Mendel think he discovered? *Genetics* 131:245-253.
- Mendel, G. 1866. Versuche über Pflanzen-Hybriden. *Verhandlungen des naturforschenden Vereins in Brünn*, Bd. IV, 1865. Brünn 1866. S. 3-47.
- Mendel, G. 1996. Katsed taimehübriididega (M. Viikmaa tõlge originaalist). <http://biomedicum.ut.ee/~martv/GM-est.html>.
- Sarapuu, T. 2002. Bioloogia gümnaasiumile, I osa. Eesti Loodusfoto, Tartu.
- Tamarin, R. H. 1999. *Principles of Genetics*, 6th edition. WCB/McGraw-Hill, Boston.
- Timirjazev, K. A. 1949. Ajalooline meetod bioloogias. (Tõlkija: J. Pill). Teaduslik Kirjandus, Tartu. (Originaal 1922).
- Viikmaa, M. 1998. Klassikalise geneetika leksikon. <http://bioedicum.ut.ee/~martv/genolex.html>.
- Viikmaa, M. 2000. Geneetika ajaloo põhietapid. <http://biomedicum.ut.ee/~martv/geneetika-ajalugu.htm>.
- Viikmaa, M. 2008. Mendeli seadused – klassikalised bioloogiaseadused. – Vanatoa, Alo; Puura, Ivar (toim.). *Seadused bioloogias*. *Schola Biotheoretica* 34: 42-51.

Osalejate nimekiri

Aiki	Jõgeva	Kääpa Põhikool	aiki@koopakool.edu.ee
Aili	Alatsei	Koeru Keskkool	aili.alatsei@mail.ee
Aino	Raudvassar	Võru Kreutzwaldi Gümnaasium	aino.raudvassar@vkg.werro.ee
Aire	Narits	Põltsamaa Ühisgümnaasium	akakapsas@hotmail.ee
Aita	Arjukese	Luunja Keskkool	aita@luunja.edu.ee
Andres	Raa	Tallinna Reaalkool	andres.raa@real.edu.ee
Andrus	Metsma	Rapla Täiskasvanute G ja Eidapere Pk	ametsma@hotmail.ee
Ana	Valdmann	Tartu Kommertsgümnaasium	ana@kmg.tartu.ee
Anne	Laius	Miina Härma Gümnaasium	anne.laius@ut.ee
Anne-Mare	Zupping	Valgjärve Põhikool	valgja2hot.ee
Anu	Pendra	Nõo Reaalgümnaasium	pendra@nrg.tartu.ee
Asta	Tuusti	RMK Sagadi metsakeskus	asta.tuusti@rmk.ee
Edith	Maasik	Kohila Gümnaasium	edith.maasik@mail.ee
Eha	Jens	Rõngu Keskkool	ehajans@hotmail.ee
Eha	Vahtras	Tartu Descartes'i Lütseum	evahtras@gmail.com
Ene	Lehtmets	Tallinna Tehnikagümnaasium	ene.lehtmets@ttg.edu.ee
Epp	Vinne	Tartu Kunstigümnaasium	eppvinne@solo.delfi.ee
Ester	Järvekülg	C. R. Jakobsoni nim Gümnaasium	ester@crjg.vil.ee
Eva	Palk	Pärnu-Jaagupi Gümnaasium	eeva.palk@mail.ee
Eve	Kanger	Kadrina Keskkool	eve.kanger@mail.ee
Eve	Torv	Tallinna Järveotsa Gümnaasium	eve.torv@mail.ee
Evelyn	Kostabi	Ülenurme Gümnaasium	evelyn.kostabi@mail.ee
Evi	Piirsalu	Nõo vald ja Põhikool	evipiirsalu@gmail.com
Helgi	Koho	Jõgeva Täiskasvanute Keskkool	helgikoh@hotmail.ee
Helina	Reino	Gustav Adolfi Gümnaasium	helina.reino@gag.ee
Helle	Järvalt	Lähte Ühisgümnaasium	hellejarvalt@hotmail.com
Hille	Arumäe	Juurikaru Põhikool	hille038@hotmail.ee
Illar	Leuhin	AHHAA	leuhin@gmail.com
Inga	Kangur	Märjamaa Gümnaasium	inga.kangur@mail.ee
Inge	Vahter	Saaremaa Ühisgümnaasium	inge@syg.edu.ee
Ivi	Rammul	Pirita MG ja Viimsi Keskkool	ivirammul@hotmail.ee
Kersti	Lüsi	Kärdla Ühisgümnaasium	kersti@fml.ee
Kersti	Veskimets	Tallinna Tehnikagümnaasium	kerstiveskimets@hotmail.com
Kersti	Lankots	Tartu Karlova Gümnaasium	kersti.lankots@gmail.com
Krista	Piir	Kohtla-Järve Ühisgümnaasium	kristapiir@hotmail.ee
Krista	Kiisler	Jüri Gümnaasium	krista.kiisler@jyri.edu.ee
Küllli	Relve	Audentese Erakool	kyllirelve@audentes.ee

Leelo	Lusik	Are Põhikool	leelo.lusik@mail.ee
Liia	Varend	REKK	liia.varend@ekk.edu.ee
Lisel	Helbrodt	Valga Gümnaasium	lisel@valgagym.edu.ee
Luule	Linamäe	Valtu Pk ja Rapla Ühisgümnaasium	liname@hotmail.ee
Maarika	Männil	Paide Ühisgümnaasium	mannil@hotmail.ee
Mall	Schmidt	Kohtla-Järve Järve Gümnaasium	mall@jarve.edu.ee
Marge	Kaiv	Otepää Gümnaasium	margekaiv@hotmail.ee
Marianne	Olbrei	TÜ haridusteaduskond	marianne.olbrei@ut.ee
Mario	Mäeots	TÜ ja Tartu Kesklinna Kool	mario.maeots@ut.ee
Maris	Kivistik	Riiklik Looduskaitsekeskus	maris.kivistik@lk.ee
Marje	Loide	Lihula Gümnaasium	marjeloide@yahoo.com
Meeli	Jänes	Kehtna Põhikool	meelij@hotmail.ee
Meeli	Savolainen	Türi Gümnaasium	meeli000@hotmail.ee
Merike	Kompus	Jõgeva Gümnaasium	merikeko@hotmail.ee
Merike	Kilk	Tartu Kommertsgümnaasium	merike1.kilk@gmail.com
Merike	Teppan	Oskar Lutsu Palamuse Gümnaasium	merike_t@palamuse.edu.ee
Merle	Pähn	Lüganuse Keskkool	merle.parn.002@mail.ee
Pilvi	Ailt	Võhma Gümnaasium	pilvi@kool.vohma.ee
Rutt	Nurk	Rakvere Gümnaasium	rutt.nurk@mail.ee
Saima	Kaarna	H. Treffneri Gümnaasium	saima.kaarna@htg.tartu.ee
Signe	Tennisson	J. Liivi nim Alatskivi Keskkool	signeketu@gmail.com
Silja	Võsaste	Jõgeva Ühisgümnaasium	siljavosaste@hotmail.ee
Siret	Pung	Kadrina Keskkool	siret@kadrina.edu.ee
Sirje	Sisask	Tartu Forseliuse Gümnaasium	sinisoo@hotmail.com
Sirje	Kivil	Narva Vanalinna Riigikool	skivil@ut.ee
Tiia	Kuresoo	Elva Gümnaasium	tiiaku@elvag.edu.ee
Tiia	Tamm	Tõrva Gümnaasium	tiia.tamm.002@mail.ee
Tiina	Gaškov	Jõhvi Gümnaasium	tiina.gashkov@mail.ee
Tiina	Sirelpuu	Rakvere Reaalgümnaasium	tiina@rrg.edu.ee
Tiina	Sõber	Tartu Kivilinna Gümnaasium	tiina@kivilinn.tartu.ee
Tiina	Jukk	Lihula Gümnaasium/ Lihula Vallavalitsus	tiina.jukk@mail.ee
Tiiu	Uibo	Tallinna 21. Kool	Tiiu@21k.ee
Tiiu	Maran	Väike-Maarja Õppekeskus	tiiu.maran@mail.ee
Urmas	Lekk	Pärnu Täiskasvanute Gümnaasium	urmas.lekk@mail.ee
Urmas	Tokko	Tartu Tamme Gümnaasium	tokko@tamme.tartu.ee
Ursula	Hakk	Värskas Gümnaasium	ursulahakk@hotmail.ee
Urve	Jõgi	Kilingi-Nõmme Gümnaasium	urvejg@gmail.com
Ülle	Valgi	Häädemeeste Keskkool	ylle29@hotmail.ee

Õuesõppe töölehed põhikoolile ja gümnaasiumile

EBÜ suvepäevade 2008 järelkajana valmisid õuesõppe töölehed põhikoolile ja gümnaasiumile. Loodusretkedel ja praktikumide käigus tekkinud ideed sõnastati teemadeks, millega töötasid edasi Viive Kiis, Merike Kilk, Saima Laos, Leelo Lusik, Marje Loide, Luule Linamäe, Rutt Nurk, Krista Piir, Evi Piirsalu, Külli Praakli, Siret Pung, Külli Relve, Tiina Sirelpuu, Asta Tuusti, Ana Valdmann ja Liia Varend.

Töölehtede teemad:

- Organismidevahelised suhted
- Seente mitmekesisus
- Seened looduses
- Samblikud metsa-ja pargipuudel
- Viljade tüübid ja levimine
- Muutlikkus
- Looduslik mitmekesisus
- Lehtede mitmekesisus
- Mida me toidust saame?
- E-ainete jahil
- Füsioloogiliste näitajate muutused liikumisel
- Ettevõtte külastamine
- Elu omadused
- Elu organiseerituse tasemed
- Biomolekulide mitmekesisus
- Elukeskkonna head ja vead

Käesolevas kogumikus on esitatud mõned töölehtede näited. Kõigi töölehtedega on võimalik tutvuda otseaadressil <http://www.ebu.ee/doc/6ue6pe2.pdf>.