

Tartu Ülikool  
Loodus- ja tehnoloogiateaduskond  
Loodusteadusliku hariduse keskus

Rolf Saarna

**Bioloogilise evolutsiooni teema käsitlemise tulemuslikkus  
erinevate õppemeetoditega**

Magistritöö

Juhendaja: Anne Laius, PhD

Tartu 2013

# Sisukord

Sissejuhatus .....	3
2. Kirjanduse ülevaade .....	5
2.1 Millised on evolutsiooni seisukohad?.....	5
2.2 Mis ei ole evolutsioon?.....	6
2.3 Mis kasu on ühiskonnal evolutsioonist?.....	7
2.4 Evolutsiooni õpetamist raskendavad tegurid .....	8
2.5 Kognitiivsed tegurid, mis mõjutavad evolutsiooni õppimist.....	8
2.6 Evolutsioonipedagoogika teoreetilised alused.....	10
2.7 Evolutsiooniteemalised sekkumisuuringud .....	12
3. Metoodika.....	14
3.1 Uurimistöö ülesehitus .....	14
3.2 Valim .....	14
3.3 Instrumendid .....	15
3.3.1 Testid.....	16
3.4 Riigieksamite analüüs.....	18
3.5 Uurija poolt koostatud õppetundide kirjeldus .....	25
3.6 Aineõpetaja tundide metoodika .....	27
4. Tulemused ja analüüs .....	29
4.1 Katsegrupi eel- ja järeltesti tulemused.....	29
4.2 Kontrollgrupi eel- ja järeltesti tulemused .....	30
4.3 Katsegrupi ja kontrollgrupi järeltestide võrdlus .....	30
5. Arutelu.....	32
Kokkuvõte .....	34
Kasutatud kirjandus.....	36
Summary .....	38
Lisad .....	40

## Sissejuhatus

Evolutsiooniteooriat on korduvalt kirjeldatud bioloogia teadust ühendava printsiibina, mis seob omavahel kõiki organisme (Matthews, 2001). Hoolimata selle tähtsusest, mõistetakse evolutsiooniteooriat sageli valesti ning paljud inimesed näevad selles vastuolu oma seniste kogemuste või tõekspidamistega. Arvukad uuringud viimase kolme kümnendi jooksul näitavad põhi- ja kõrgkooli õpilaste, õpetajate ja avalikkuse hulgas kõrget väärarvamuste taset teadmistes evolutsiooniteooriast (Gregory & Ellis, 2009). Erinevad usulised kogukonnad on evolutsiooniteooria õpetamise vastu kõrgkoolides (Goldsmith, 2000; Moore, 2000) ning sarnast lähenemist on kirjeldatud ka teistes riikides, kuid selle probleemi ulatus on ainulaadne ennekõike Ameerika Ühendriikides (Bellomo & Nieswandt, 2009). On tõendatud, et ameeriklaste hulgas võib evolutsiooni õpetamine ja õppimine olla oma olemuselt väga keeruline, närvesööv ning paljudes õpetajates ja õpilastes tekitab see isegi hirmu (Sundberg & Dini 1993).

Viimased teadustööd on püüdnud selgitada, miks evolutsiooniteooriat on nii õpetajatel kui õpilastel keeruline mõista. Nende uurimuste tulemuste põhjal on aina enam hakatud koostama ja katsetama efektiivsemaid evolutsiooni õppemudeleid (Smith, 2010).

Käesoleva uurimistöö eesmärk on uurida gümnaasiumi õpilaste teadmiste taset enne ning pärast evolutsiooni teema õppimist. Eesti gümnaasiumiõpilaste keskmise taseme kindlaks tegemiseks analüüsiti eelnevate aastate (2004 - 2009) gümnaasiumi riigieksamite evolutsiooniteemalisi ülesandeid ja nende vastuseid ning kehvemini vastatud teemade põhjal koostati evolutsiooniteemaline õppematerjal, mis pööraks erilist tähelepanu nendele evolutsiooniteooria aspektidele, mida õpilased ei ole mõistnud.

Käesolevale uurimistööle püstitati järgmised eesmärgid:

1. Välja selgitada õpilaste evolutsioonialased teadmised enne gümnaasiumi õppekava evolutsiooni teema õppimist.
2. Koostada testid õpilaste evolutsioonialaste teadmiste taseme väljaselgitamiseks.
3. Koostada küsimustik aineõpetaja seisukohtade selgitamiseks, mis puudutab evolutsiooni osa õpetamist.

4. Koostada õppematerjal evolutsiooni teema õpetamiseks.
5. Uurida õppematerjali efektiivsust.

Lähtuvalt eesmärkidest on sõnastatud järgmised uurimistöö küsimused:

1. Missugused on õpilaste evolutsioonialased teadmised enne gümnaasiumi õppekava evolutsiooni teema õppimist?
2. Missugused on õpilaste evolutsioonialased teadmised uurija meetodika järgi õpetades?
3. Missugused on aineõpetaja seisukohad evolutsiooni teema õpetamisel?
4. Missugused on õpilaste evolutsioonialased teadmised aineõpetaja meetodika järgi õpetades?
5. Missugused erinevused ilmnevad õpilaste evolutsioonialastes teadmistes, võrreldes õpilaste tulemusi aineõpetaja meetodika ja autori väljatöötatud meetodika kasutamisel?

## 2. Kirjanduse ülevaade

### 2.1 Millised on evolutsiooni seisukohad?

Universum on dünaamiline koht igal aja ja ruumi skaalal. Peaaegu kõik teadused tegelevad ühe või teise süsteemi arengu uurimisega – on need süsteemid, mis on nii suured kui universum ise, või süsteemid, mis on nii väikesed kui neutriinod; süsteemid, mille ajakulu saab mõõta miljardeid aastaid või ainult attosekundiga. Seega on areng hädavajalik mõiste kõigis teadustes (Lerner, 2000). Bioloogias on keskseks arenguteooriaks evolutsiooniteooria. Nagu Ernst Mayr (2001) väidab – mis iganes aspekte bioloogia uurib, varustab see evolutsiooniteooria toetuseks ümberlukkamatuid tõendusmaterjale (Crawford *et al.* 2005). Ka Dobzhansky (1973) väitis kindlalt, et „mitte millelgi pole mõtet välja arvatud evolutsiooni valguses“ (“Nothing in Biology Makes Sense Except in the Light of Evolution”).

Praegune teadmine evolutsiooniteooriast põhineb sünteetilisel evolutsiooniteoorial, mis koosneb Darwini poolt esitatud loodusliku valiku teooriast ning kaasaegsest teadustööst, eriti geneetika valdkonnas. Sellist käsitlust nimetatakse sünteetiliseks evolutsiooniteooriaks (Smith, 2010) ning see koosneb mitmetest faktidest ning väidetest, mis põhinevad nendel faktidel. Mayr (1982) pakkus välja, et evolutsiooniteooria võib kokku võtta viie „faktiga“ ning kolme „väitega“, mis tulenevad nendest faktidest. Järgneva lühikokkuvõtte esitasid algselt Anderson jt (2002):

1. Kõik populatsioonid võivad kasvada eksponentsiaalselt.
2. Enamus populatsioone saavutavad teatud suuruse ning jäävad aja möödudes küllaltki stabiilseks.
3. Looduslikud ressursid on piiratud. Konkurents looduslikele ressurssidele ei jõua kõik järeltulijad sigimisikka.
4. Üksikisendid populatsioonis ei ole identsed, vaid varieeruvad paljude tunnuste poolest.
5. Paljud tunnused on päritavad. Ellujäämine ei ole juhuslik. Need isendid, kellel on tunnused, mis teatud looduslikes tingimustes annavad teiste isendite ees eeliseid, suudavad anda järglasi. Teised aga hukkuvad. Populatsioonid muutuvad ajas kui kasulike alleelide sagedus populatsioonis suureneb. Need alleelid võivad aja jooksul kuhjuda ning viia liigitekkeni.

Paljud autorid on tuginenud oma töödes eeltoodud nimekirjale ning see loetelu on aja jooksul ka üldiselt püsima jäänud. Smith (2010) on koostanud paljude autorite tööde põhjal nimekirja, mis mõnevõrra erineb Mayr'i (1982) poolt pakutavaga:

- (1) organismide fenotüübi päritavus,
- (2) juhuslikkus,
- (3) liigi isendite muutlikkuse päritolu ja roll,
- (4) populatsioonides toimuvad muutused (tavaliselt nimetatud kohastumiseks) põlvkondade jooksul,
- (5) organismidevaheline võitlus piiratud ressursside pärast,
- (6) organismide erinev ellujäämine (põhineb fitnessil),
- (7) organismide erinev paljunemisevõime,
- (8) muutused organismide jaotuses populatsioonis, kellel on teatud päritavad tunnused,
- (9) liikide levik ja biogeograafia,
- (10) liigiteke ja makroevolutsioon,
- (11) väljasuremine.

## ***2.2 Mis ei ole evolutsioon?***

Mõistmaks evolutsiooni on vajalik jõuda ka arusaamisele, mida evolutsioon ei ole. Välja võib tuua kolm peamist kommentaari, mida evolutsiooni õpetamisel ja õppimisel peaks meeles pidama (Smith, 2010). Kuigi evolutsioon on teadus, mis põhineb paljudel vaieldamatutel eeldustel (looduses esineb korrapärasus, kõigil nähtustel on looduslikud põhjused) nõuab see empiirilist toetust kõikide teaduslike väidete kohta. Seega, esimese kommentaarina, ei ole evolutsioon usuline õpetus, ega ka religioon, nagu antievolutsionistid mõnikord väidavad. Teiseks, kitsamas tähenduses, seletab Darwini evolutsiooniteooria liikide tekkimist eellasliikidest, mitte kõige esimese elusolendi päritolu Maal. Lihtsamal moel ei peaks inimesed omaks võtma täiesti materialistlikku seletust elu tekkest maakeral. Paljud õpilased näevad selles usulisi küsimusi – uskumus Esimesse või Ülimasse Põhjustajasse, mitte umbkaudsesse põhjusesse, millega teadus on piiritletud (Colburn & Henriques, 2006). Seda asjaolu on teadlaste ning evolutsiooni oponentide poolt sageli segamini ajatud. Kuigi paljud ei ole sellise lähenemisega nõus, on taoline kitsas evolutsiooni tõlgendus andnud juhendamisel

positiivseid tulemusi. Kolmandaks on õpilastel keeruline mõista evolutsiooni ja loodusliku valiku protsessi, sest õpilased asetavad protsessi kaudselt valesse ontoloogilisse kategooriasse – evolutsiooni vaadatakse „tekkiva“ või „areneva“ protsessi asemel kui „suunatud“ protsessi (Chi, 2005). Evolutsiooni õpetamine nõuaks seega õpilaste ontoloogilist treeningut, eristamaks arenevaid ja suunatud protsesse ning selle teadmise rakendamist loodusliku valiku mõistmisel (Smith, 2010).

### ***2.3 Mis kasu on ühiskonnal evolutsioonist?***

Arvestades seda, kui raske on evolutsiooniteooriat õpetada ja õppida ning kui palju vastuseisu ning hirmu võivad õpetajad ja õpilased kohata seda teemat õpetades ja õppides, tekib küsimus, miks on õpilastel ja ühiskonnal üldse vaja evolutsiooni mõista? Catley & Novick (2009) arvavad, et ühiskonnas on võimatu saavutada loodusteaduslikku kirjaoskust, ilma evolutsiooniteooria põhimõtete mõistmiseta, mis lubab meil mõtestada looduse kõiki tahke. Loodusteaduslik kirjaoskus sellel alal nõuab teadmisi nii mikroevolutsioonist (looduslik valik, variatsioonid populatsioonides) kui ka makroevolutsioonist (protsessid, mis toimuvad liigist kõrgemate taksonite juures). Smith (2010) on teinud kokkuvõtte paljude autorite argumentidest soosimaks teadmisi teaduse olemusest haridusmaastikul. Need teadmised tunduvad võrdselt kohandatavad ja eriti asjakohased evolutsiooni juhendamisel. Kõnealused autorid väidavad, et teadmised evolutsioonist on olulised:

- (1) majanduslikel põhjustel – on vaja toota teadlasi, kes toodavad teadmisi, mida saab kasutada tehnoloogilisel arengul,
- (2) praktilistel alustel – vajadus mõista igapäevaelus kokku puutuvate teaduslike objektide ja protsesside aspekte (nt. kloonimine, biotehnoloogilised toiduained, jne.), et nendega vastutustundlikult toime tulla,
- (3) demokraatlikel põhjustel – vajadus tagada haritud kodanikke, kes langetaksid hästi põhjendatud otsuseid, mis puudutavad küsimusi teadusest,
- (4) kultuurilistel põhjustel – et mõista, kuidas ja millisel määral mõjutab teadus meie igapäeva elu ja kultuuri,
- (5) moraalsetel põhjustel – vajadus kasutada teadust viisil, mis on kooskõlas eetiliste ja moraalsete normide ja väärtustega, et see toimiks.

Need argumendid on õpetajaid ja teadlasi veennud evolutsiooni tähtsuses hariduses. Õpilased on rohkem huvitatud teemadest, mis seostuvad nende eludega väljaspool kooli (Smith 2010). Juhendamise vajalikkust, mis hõlmab teaduse praktilist väärtust ja vaidlusi tekitava teooria rakendamist, on rõhutanud ka Mindell (2006), kes väidab, et üldtunnustatud heliotsentrilise maailmavaate ja haiguse pisiku teooria (ingl. k. *germ theory*) vastuvõtt ühiskonnas sõltus suuresti nende teooriate praktilisest sisust arusaamises. Seetõttu on evolutsiooniteooria õpetamisel oluline siduda teemad õpilaste jaoks oluliste probleemidega.

## ***2.4 Evolutsiooni õpetamist raskendavad tegurid***

Iga õpetaja ja õpilane, kes klassiruumi siseneb, toob endaga kaasa oma isikliku „naivse“ psühholoogia (ingl. k. *naïve psychology*) ja kognitiivsed võimed, mis mõjutavad õpetamist ja õppimist (Smith, 2010). Inimeste isiklik raamistik koosneb varasematest teadmistest, uskumustest, loomusest, arengutasemest, võimetest, väärtustest, emotsioonidest ja tunnetest, mis on kõik mõjutatud kultuuri ja keskkonna poolt (Demastes *et al* 1995). Üldjoontes võib märkida, et esile kerkivad kaks levinud maailmavaadet, mis enamasti evolutsiooni ja religiooni vahelistes küsimustes kaasa räägivad. Need on materialism ja teism (usk Jumala olemasolusse). Materialism on veendumus, et ainus, mis eksisteerib on materia ning üleloomulikkust ei ole. Teism on seevastu usk transtsendentsesse Jumalasse, kes on maailma loonud ja juhib kõike selles toimuvat (Smith, 2010).

## ***2.5 Kognitiivsed tegurid, mis mõjutavad evolutsiooni õppimist***

Psühholoogilised uuringud on näidanud, et inimesed ilmutavad enne õppimist „naivset“ psühholoogiat, mis kujutab endast sisseehitatud vääramatutest nn. rusikareeglitest koosnevat mudelit ning on põhjustatud muude teadmiste puudumisest (Evans 2008). Üks põhjus, miks selliseid mõttemudeleid on nii keeruline muuta, seisneb selles, et õppijad ise sageli ei näe nendes vigu (Sinatra *et al.* 2008). Evolutsioonialane haridus on eriti komplitseeritud, sest evolutsioonilised selgitused on vastuolus õppijate igapäevaelu eeskirjadega ning nn. rusikareeglitega. Igapäevased lähenemisviisid taoliste probleemide lahendamisel võivad



mõnikord toota ekslikke selgitusi, sest need on tavaliselt oma olemuselt ennekõike tõhusad otsuste tegemise mudelid. Need mudelid annavad toimiva selgituse, mis on enamikul juhtudel ka piisav. Selline tegevus maksab siiski kallist hinda – see muudab teatud selgitused teistest loomupäraselt atraktiivsemateks (sageli parim teaduslik selgitus) ning võib viia sügavalt juurdunud väärarusaamadeni (Smith, 2010).

Uurimustööd on tuvastanud kolm sellist psühholoogilist piirangut: teleloogia, essentsialism ja intentsionaalsus.

(1) Teleloogia on seisukoht, et asjadel on vajadustele tuginev eesmärgipärasus. Seda on omistatud Platoni ja Aristotele filosoofiale. Teleloogia paistab olevat üks tugevamaid ja sagedamini täheldatud „naiivse“ psühholoogia esinemisviise. Õpetajad on juhendamisel teadlikud, et õpilased selliseid vajaduspõhiseid selgitusi kasutavad. Näiteks „kaelkirjakud arendasid välja pikad kaelad, sest neil oli vaja ulatuda kõrgeimate puude lehtedeni. Eelistatud keelekasutus oleks: „Kaelkirjakutel (ilmselt/võib olla) on pikk kael, sest ...“ (Kampourakis & Zogza 2008).

(2) Essentsialistlik kitsendus tuleneb kalduvusest uskuda, et teatud tüüpi entiteetidel on olemus, mis on iseloomustatav olemuslike omadustega. Pealegi, see olemus on muutmatu – lind ei saa hakata koeraks ja poiss ei saa hakata tüdrukuks. See kitsendus piirab mõistmist uute liikide päritolust olemasolevatest liikidest, sest Darwini seletus rikub liikide (ingl. k. *kind*) puutumatus. Üks liik saab teiseks liigiks (Sinatra *et al.* 2008).

(3) Inimestele näivad samuti olevat sisse ehitatud intentsionaalsed kitsendused – tendents eeldada, et sündmused ei ole mitte ainult eesmärgipärased, vaid need võivad ka olla põhjustatud tegija poolt, kellel on „oma vaim“ (Sinatra *et al.* 2008). See piirang häirib ilmselt mistahes materialistlikku selgitust uute liikide tekkest ja teeb kreatsioonistide selgitused intelligentsest disainist loomupäraselt rohkem ahvatlevamaks.

Evolutsiooni mõistmist pärsivad ka piirangud, mis tulenevad individuaalsest arengust. Evans (2008) leidis, et lapsed teevad oma selgitustes läbi tüüpilise jada arengulisi muutusi alustades spontaanse generatsioonistina, liikudes edasi kreatsioonistliku seletuseni ning lõpetades evolutsionistliku mõtlemisega, mida ei ole juhendatud. Viimast etappi iseloomustavad peaaegu alati larakistlikud tunnused.

Võib-olla kõige kasulikum arenguteooria, mida kohaldatakse evolutsiooni õpetamisel, on välja pakkunud Perry (1970, 1981). See teooria väidab, et inimesed on alguses dualistid – nad

vaatlevad teadmisi kui tõde ja valet ning kalduvad nõustuma autoriteetsema seisukohaga. Edaspidi võivad inimesed jõuda etapini, kus eksisteerib teadmiste paljusus ning igal ühel on õigus oma arvamusele. Seejärel jõutakse relativismini – tunnistades, et sõltuvalt kontekstist, on mõned vastused paremad kui teised, ning lõpuks jõudes mõistmiseni, kus inimesed on võimelised oma arvamusi kaitsma. Uuringud on näidanud ülikooli alustavad tudengid kalduvad maailma nägema dualistlikust vaatenurgast, mis muudab väga raskeks teaduse üldise katselise olemuse ning evolutsiooniteooria tõenäosuslike väidete mõistmise (Smith, 2010).

## ***2.6 Evolutsioonipedagoogika teoreetilised alused***

Paljud inimesed on evolutsiooni mõistmisel sunnitud ületama barjääre teatud arusaamades, kuna igal ühel on omad vaatenurgad ja hoiakud maailma mõtestamisel, teisisõnu – kindlad kontseptsioonid ja arusaamad maailmast. Kui eesmärgiks on aidata inimestel evolutsiooni mõista, ei ole küsimus selles, kui palju uut informatsiooni edasi anda, vaid kuidas aidata inimesel oma varasemaid mudeleid ümber korraldada nägemaks maailma täiesti uut moodi (Sinatra *et. al.* 2008).

Üheks paljulubavaks teoreetiliseks aluseks evolutsiooni õpetamisel on kontseptuaalne muutuste teooria (Smith, 2010). Suuremal määral põhineb see teooria paljudel Jean Piaget töödel, kes uuris inimeste kognitiivset arengut, eriti assimilatsiooni ja akkomodatsiooni. Selles valdkonnas on Posner jt (1982) avaldanud hilisemaid uuringuid tugevalt mõjutanud artikli. Artiklis esitavad nad neli tingimust, mis aitavad kaasa suurematele muutustele mõtlemises, kui tegeletakse teaduses esinevate mõistete õppimisega.

(1) Olemasolevate arusaamade ja kontseptsioonide kontekstis peab inimesel olema rahulolematust. Enne, kui akkomodatsioon saab toimuda, on mõistlik eeldada, et inimesel on kogunenud rida mõistatusi või anomaaliaid, ning et ta ei oska neid lahendada olemasolevate teadmistega.

(2) Uus kontseptsioon peab olema arusaadav. Inimene peab taipama, kuidas uusi kogemusi on võimalik struktureerida uute kontseptsioonide kaudu.

(3) Uus kontseptsioon peab olema algselt usutav. See tähendab, et uute kontseptsioonide kaudu on võimalik lahendada eelnevaid mõistatusi või anomaaliaid. Vastasel korral ei tundu see kontseptsioon usutav. Näiteks astronoomias oleks uus teooria rohkem usutav, kui see on kooskõlas käibeololevate füüsikaliste teadmistega.

(4) Uuel kontseptsioonil peaks olema potentsiaal pakkuda võimalusi uute uurimisvaldkondade laiendamiseks ja avardamiseks.

Selleks, et kontseptuaalsete muutuste teooriat klassiruumides rakendada, tegelevad õpetajad õpilaste olemasolevate kontseptsioonide väljaselgitamisega. Seejärel võimaldavad õpetajad õpilastel rakendada oma kontseptsioone uutes kontekstides, mis põhjustavad õpilastel kognitiivset dissonantsi ning aitavad neil luua rohkem standardseid arusaamasid. Õpetajad julgustavad õpilasi hindama konkureerivate arusaamade suhtelisi väärtusi ning varustavad õpilasi probleemülesannetega, mille lahendamisel kasutavad õpilased uusi arusaamasid, tehes sealjuures ennustusi uute arusaamade põhjal (Nelson, 2008).

Kontseptuaalsete muutuste teooria laiendusena pakuvad Dole ja Sinatra (1998) kognitiivse rekonstrueerimise mudeli (*Cognitive Reconstruction of Knowledge Model*), milles rahulolematust kombineerub isiklikult tähtsate küsimustega ning õppijal tekib vajadus töödelda informatsiooni sügavamalt ning määratleda seeläbi motivatsioon. Kui õppija ja sõnumi (juhendamise) omaduse (arusaadavus, sidusus, usutavus, kas sõnum on retooriliselt mõjuv) vahel on positiivne vastasmõju, siis on õppija rohkem motiveeritud informatsiooni töötlemisel ning võib aset leida tugev kontseptuaalne muutus (õppimine). Sellele lisandub asjaolu, et õppimine ei pruugi toimuda olukorras, kus õpilase varasemad kontseptsioonid on järjekindlad ning tihedalt omavahel seotud ning õppija on sügavalt nendesse arusaamadesse pühendunud. Kognitiivne rekonstrueerimise mudel põhineb kognitiivpsühholoogial, teadusharidusel ja sotsiaalpsühholoogilistel uuringutel.

Seega nõuab tulemuslik evolutsiooni õpetamine õpilaste esinevatest argikontseptsioonidest arusaamist ning nende mõjust õpilaste maailma tajumisele. Uurijate poolt disainitud sekkumisi, mis peaksid hõlbustama õpilaste kontseptsioonide muutumist, on keeruline kavandada ja ellu viia ning need saavutavad tõenäoliselt minimaalset edu (Smith, 2010).

Viimased akadeemilised saavutused on üldiste õppimisteooriate valguses välja selgitanud valdkonnapõhised õpetamismeetodid ning soovitud evolutsiooni õpetamiseks. Smith (2010) on kokku võtnud evolutsioonis õpetamisel kasutatavad meetodid:

- (1) Õpilaste aktiivne osalemine õppetöös. Näiteks võimaldades õpilastel kogeda evolutsioonilisi nähtusi vahetult.
- (2) Eesmärk tõsta õpilaste motivatsiooni, muuta õppimine huvitavaks, stimuleerida uudishimu.
- (3) Rakendades „leebe“ klassiruumi põhimõtet, kus õpilased saavad oma ideid julgelt arutada, jagada ja kajastada.
- (4) Keskendudes relevantsusele – päevakajalised teemad, igapäevased kogemused, potentsiaalsed erialad.
- (5) Kujundav hindamine, mille eesmärgiks on õpetamise ja õppimise kvaliteeti parandada.

## ***2.7 Evolutsiooniteemalised sekkumisuuringud***

Evolutsiooni õpetamise teoreetiliste aluste põhjal ning erinevate õppimismeetodite kombinatsioone kasutades on välja töötatud ja katsetatud mitmeid instruksioonilisi lähenemisviise.

Banet ja Ayuso (2003) on koostanud gümnaasiumi õpilastele 6-nädalase (18 õppetundi) evolutsiooni ja geneetika kursuse. Kursuse ülesehitamisel on kasutatud Sanchez ja Valcarcel (1993) poolt koostatud õpetamismudelit. Õppematerjalide iseloomu on kirjeldatud järgnevalt: „õppimine põhineb mõistmisel/arusaamisel tegevuse kaudu“. Õppemeetod keskendub probleemi lahendamisele ning põhineb selgesõnaliselt kontseptuaalsete muutuste teorial, kasutades „päris“ probleeme ning kognitiivset konflikti. Pärast kursust leiti, et 70% osalenud õpilastest esindas seisukohti, mis on kooskõlas kaasaegse sünteetilise evolutsiooniteooriaga (võrreldes eeltestiga oli kasv 44%). Tulemusi hindas uurija, kasutades objektiivseid hindamisvahendeid. Kolme kuu möödudes oli kasvuprotsent ainult 52. Autorid märgivad samuti ära, et evolutsiooni nähtuste mõistmiseks peavad õpilastel olema algteadmised geneetikast ja evolutsioonist.

Kampourakis ja Zogza (2009) uurisid 32 õppetunni käigus 98 kreeka teise kooliastme õpilase (14-15 aastased) „konstruktivistlikku perspektiivi“, kasutades selleks loenguid ja arutelusid. Kursus keskendus õpilaste eelarvamuste kindlakstegemisele enne õpetamist. Õpetamisel kasutati slaidiprogramme julgustamaks õpilasi silmitsi seisma kontseptuaalsete konfliktidega. Kursuse sisu keskendus evolutsiooniprotsessi juhuslikkusele ja ettearvamatusel. Õpilased pidid täitma eel- ja järeltestina uurija poolt koostatud viie ülesandega küsimustiku. Kõik selgitused kodeeriti kategooriatesse „evolutsiooniline“, „ligikaudne“ ja „teleoloogiline“. Järeltesti keskmine protsentuaalne tulemuste tõus (kuni evolutsiooniliste selgitusteni alates ligikaudne kuni teleoloogiline) oli 43% (vahemikus 33% kuni 62%). Keskmine protsentuaalne tulemuste langus (alates evolutsioonilise selgitusega lõpetades vähem vastuvõetavama selgitusega) oli 11% (vahemikus 5% kuni 17%). Keskmine neto tulemuste juurdekasv oli 32%. Järeltesti kõigi viie ülesande lahendanud õpilaste hulk oli 59%.

Beardsley (2004) uuris keskastme õpilaste arusaamist evolutsioonist läbi loodusliku valiku mõnevõrra ideaalse õpetamise korral. Klassiruumis oli lisaks pühendunud õpetajale veel evolutsioonilise bioloogia taustaga doktorant, kellel oli ulatuslik taust uurimusliku õppetöö korraldamises kõrgkooli tasemel. Enne evolutsiooni kursust läbisid õpilased geneetika kursuse. Uurimustöö valim koosnes äärelinna kooli õpilastest. Õpetamisel kasutati ajaloolise taustaga ülesandeid ning uurimusliku laadiga ülesandeid. Eeltesti tulemused näitasid, et 78,7% õpilastel oli kehv teadmiste tase. 21,3% õpilastest omasid parajaid teadmisi evolutsioonist. Järeltesti tulemused näitasid, õpilaste arusaamad evolutsioonist suurenesid 58%.

## **3. Metoodika**

### ***3.1 Uurimistöö ülesehitus***

Käesoleva magistritööga uuriti evolutsiooni teema käsitlemise tulemuslikkust erinevate õppemeetodite puhul gümnaasiumi õpilaste hulgas. Uuring viidi läbi 2011. aasta esimesel kahel kuul Tartu ühe gümnaasiumi mõlemas 12. klassis. Võrreldi kahte erinevat klassi, kus katseklassi õpetas käesoleva uuringu koostaja oma õppematerjali alusel. Kontrollklassi juhendas 25 aastase kogemusega aineõpetaja oma metoodikaga alusel. Eesmärgiks oli koostada uurija poolt evolutsiooniteemaline õppematerjal ning andmete kogumiseks testid. Eeltesti koostamiseks analüüsiti kuue aasta (2004.–2009. a.) gümnaasiumi bioloogia riigieksamite protokolle. Välja valiti evolutsiooniteemalised ülesanded, mille keskmine lahendusprotsent oli alla 50. Eeltest (Lisa 1) koostati neid ülesandeid arvestades ning tulemuste analüüsi põhjal koostas uurija evolutsiooniteemalise õppematerjali. Järeltesti (Lisa 2) läbiviimine toimus pärast õppetsükli ning olid õpilastele hindelisteks kontrolltöödeks.

### ***3.2 Valim***

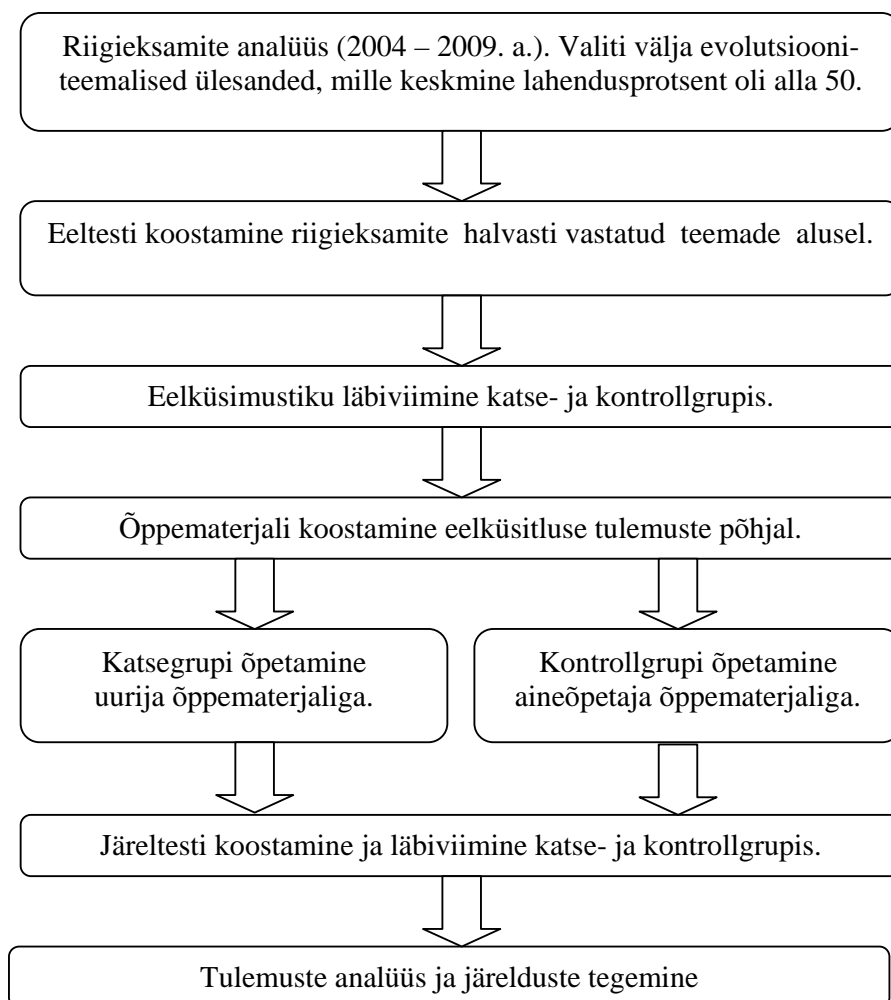
Uurimistöös osalesid Tartu linna ühe gümnaasiumi 12. klassi õpilased ning üks aineõpetaja ning uurimuse läbiviija. Valim koosnes kahest klassist: katsegrupp koosnes 27 õpilasest ja kontrollgrupp 28 õpilasest. Eeltesti täitsid katsegrupist 15 õpilast (56%) ja kontrollgrupist 13 õpilast (46%). Järeltesti täitsid katsegrupist 25 õpilast (92%) ja kontrollgrupist 21 õpilast (75%). Lõppvalimisse kuulusid õpilased, kes andsid mõlema testi kõik vastused. Kui õpilane oli täitnud eeltesti ja millegipärast jätnud järeltesti täitmata, arvati need andmed tulemuste analüüsil välja. Tabelis 1 on toodud katse- ja kontrollgrupi lõplik arvuline koosseis. Eel- ja järeltesti täitnud õpilaste erinev arvuline vahe võis olla tingitud sellest, et järeltest oli õpilastele kontrolltöö eest ning arvestava hinde saamiseks vajalik. Uurimustöös kasutati mugavusvalimit.

**Tabel 1.** Uurimustöös osalenud õpilaste jaotumine katse ja kontrollgrupi vahel.

	<b>Katsegrupp (n)</b>	<b>Kontrollgrupp (n)</b>
	14 (51%)	11 (39%)
Õpilasi kokku	27	28

### **3.3 Instrumendid**

Uuringu jaoks koostati eeltest (Lisa 1) õpilaste evolutsioonialaste teadmiste väljaselgitamiseks enne evolutsiooni osa õpetamist. Järeltest (Lisa 2) koostati õpilaste teadmiste kontrollimiseks pärast evolutsiooni teema õpetamist. Üks küsimustik koostati ka aineõpetaja seisukohtade selgitamiseks, mis puudutab evolutsiooni osa õpetamist (Lisa 3).



**Joonis 1.** Uurimistöö disain.

### 3.3.1 Testid

Eeltesti eesmärk oli välja selgitada õpilaste eelnevad evolutsioonilased teadmised, arvestades, et 9. klassis on õppekava järgi selle teemaga juba tutvutud. Test koosneb kahest osast: valikvastustega küsimused ning ülesannete lahendamised. Valikvastustega ülesannetega mõõdeti õpilaste teadmisi evolutsioonist üldiselt. Küsimused puudutasid liigiteket, olemusvõitlust, evolutsiooni tõendeid ja liikide tundmist.

Eeltesti teise poole vastamisel pidid õpilased kasutama teaduslikku põhjendust nelja ülesande (kohastumine, liigiteke, evolutsiooni tõendid ja -mehhanismid) lahendamisel. Ülesanded olid esitatud probleemküsimustena. Vastamisel ei eeldatud, et õpilased kasutaksid erialaseid mõisteid, vaid et nad selgitaksid oma sõnadega ülesande vastuse sisu.

Järgnevalt on esitatud kõnealused ülesanded.

Kohastumise teemat puudutab küsimus: *Paljusid kõrbetaimi iseloomustab lehtede puudumine, suur kuumataluvus, lühike vegetatsiooniperiood jne. Miks on sellised kohastumused kasulikud ning kuidas on need tekkinud evolutsiooni käigus?*

Siinkohal eeldati, et õpilane teab, et kohastumused kujunevad loodusliku valiku tulemusena ning suurendab tõenäosust saada rohkem järglasi ning ka seda, et need on tekkinud vastavalt keskkonnale.

Liigitekke küsimus: *Jooniselt on näha, et vaalade esivanemad olid maapeal elavad imetajad. Kuidas seletaks bioloog vaalaliste evolutsioonilist kulgu tänapäevani välja?*

Õpilaste vastustest eeldati, et tänapäeval elavatel liikidel on kunagi olnud ühine eellane ning aja jooksul loodusliku valiku tulemusena tekivad organismidel uued tunnused ning tulemusena arenevad uued liigid.

Evolutsiooni tõendite küsimus: *Enamiku organismide jäsemed on sarnase põhiehitusega. Missugust olulist informatsiooni annab selline tähelepanek?*

Põhikoolis ei nõuta õpilastelt homoloogia ja analoogia eristamist, samuti ka siin. Vastuseks oodati sarnase ehitusega jäsemete seostamist ühise eellasega.

Evolutsiooni mehhanismide küsimus: *Miks on suguliselt paljunevate organismide muutlikkus suur?*



Evolutsiooni mehhanismide all mõeldakse looduslikku valikut, mutatsioone, geneetilist triivi, geenivoolu ja päriliku materjali rekombineerumist. Kuna evolutsiooni mõistmiseks on vaja teada ka geneetika seaduspärasusi, uurib see küsimus õpilaste teadmisi geneetikast.

Järeltestid olid sarnase ülesehitusega, kuid rohkem tuli lahendada probleemülesandeid. Testidele vastati peale evolutsiooni kursuse läbimist kontrolltööna. Selle eesmärgiks oli selgitada, kuidas muutusid õpilaste teadmised neljast teemast (kohastumine, liigiteke, evolutsiooni tõendid, -mehhanismid) katseperioodi vältel.

Eel- ja järeltestid jagati vastuste põhjal vastavalt neis esitatud arusaamadele kolme kategooriasse (Tabel 2): nõrk, rahuldav, hea. Sarnast jaotust kasutas Beardsley (2004) oma töös, uurides keskkooli õpilaste arusaamisi evolutsiooniteooriast. Alljärgnevas tabelis on välja toodud hindamiskriteeriumid nelja teema hindamiseks.

**Tabel 2.** Hindamiskriteeriumid õpilaste eel- ja järeltesti hindamiseks.

	<b>Nõrk</b>	<b>Rahuldav</b>	<b>Hea</b>
<b>Liigiteke</b>	Organismid satuvad uude keskkonda ning neil on vaja kohaneda uute tingimustega.	On kasutatud geograafilist isolatsiooni, kuid puudub geneetiline põhjendus ning ristumisbarjääri kasutamine	Põhjendatud mutatsioonide, loodusliku valiku ja teisi evolutsiooni mehhanismide mõisteid kasutades.
<b>Kohastumine</b>	Organismid tekitavad endale sobivaid kohastumusi, kuna need on vajalikud ellujäämiseks.	Kohastumused on tunnused, mis tekivad organismidel nende elukeskkonnas. Puudub põhjendus, miks kohustumused tekivad.	Loodusliku valiku tagajärjel kujunenud soodsad tunnused ellujäämisel. Kasutatud põhjendusi ka genotüübi tasandil.
<b>Evolutsiooni tõendid</b>	Organismide ehituses leidub sarnaseid jooni. Aetakse segamini homoloogia ja analoogia.	Organismide ehituslik sarnasus eeldab ühise eellase olemasolu. Teatakse, mis on analoogia ja homoloogia, kuid ei suudeta näiteid tuua.	Organismidel on olnud ühine eellane, mida tõestavad paleontoloogilised leiud ja organismide ehituse ja arengu võrdlused. Tehakse vahet homoloogial ja analoogial.

	<b>Nõrk</b>	<b>Rahuldav</b>	<b>Hea</b>
<b>Evolutsioonimehhanismid</b>	Õpilane oskab nimetada mõned tegurid, kuid ei tea, millised tegurid suurendavad ja millised vähendavad geneetilist mitmekesisust.	Õpilane tunneb ära evolutsiooni mehhanismid, kuid ei suuda anda piisavat teaduslikku põhjendust nende sisu kohta.	Õpilane tunneb ära ja oskab kirjeldada geenitriivi, -voolu, loodusliku valiku, sugulise paljunemise ja mutatsioonide rolli evolutsioonilistes protsessides.

### ***3.4 Riigieksamite analüüs***

Uuringud on näidanud, et evolutsiooni õpetamine ja õppimine on keeruline (Smith, 2010). Et saada ülevaadet Eesti kooliõpilaste teadmistest evolutsiooni teemal, analüüsiti viimaste aastate bioloogia riigieksamite tulemusi (2004. – 2009. a.). Gümnaasiumi riigieksamite tulemuste kokkuvõtted koguti Riikliku Eksami- ja Kvalifikatsioonikeskuse koduleheküljelt.

Analüüsides sisu ja vormistus oli iga aasta raportis erinev. Näiteks kahe viimase aasta, 2009. ja 2008. analüüsides on esitatud ülesannete keskmised lahendusprotsendid tabelina, aga 2004., 2006. ja 2007. aastal analüüsiti ja kommenteeriti ka ülesandeid eraldi. 2005. aasta eksami analüüsis puudusid ülesannete õigesti vastamise keskmised protsendid ning selle aasta andmeid polnud võimalik kasutada.

Uurija ülesandeks oli jagada riigieksamite ülesanded vastavalt teemadele ning võrrelda nende keskmisi lahendusprotsente omavahel. Küsimused rekombineerumisest, geenivoolust, geenitriivist, looduslikust valikust ja mutatsioonidest liigitati kategooriasse evolutsioonilised mehhanismid. Lihtsam oli liigitada küsimusi kohastumise ja liigitekke valdkonnas. Teemade valikul õppematerjali ja eeltesti koostamisel arvestati nende teemadega, mille lahendusprotsent jäi alla 50%, kuna nende teemade küsimustele vastamisel eksamil esines kõige rohkem vigu ning väärarusaamasid.

Järgnevalt on toodud välja bioloogia riigieksamite analüüsid aastatel 2004 kuni 2009. Analüüsides on esitatud ka ülesanne ning raporti koostaja poolne kommentaar.

## 2004. aasta bioloogia riigieksami analüüs

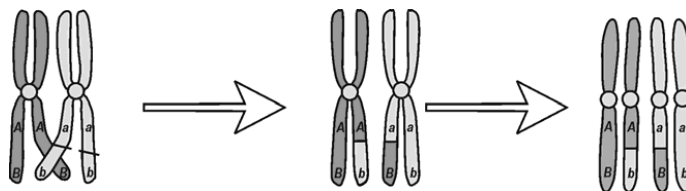
**Selgitage bioloogilise ja geograafilise isolatsiooni mõistet. Tooge mõlema kohta üks näide.** Ülesande keskmine lahendatus oli 61,55%.

Paljude õpilaste jaoks on bioloogilise isolatsiooni mõiste jäänud segaseks. Õpilased ei ole aru saanud, et ristumisbarjäär esineb liikide vahel. Vastustes jäeti välja toomata mõiste "ristumisbarjäär". Tihti jäi valitud näites lahti seletamata, milles seisneb bioloogiline isolatsioon. Geograafilise isolatsiooni mõiste on vastajatele paremini arusaadav ja eksimusi oli selgitamisel oluliselt vähem.

**Nimetage üks biotiline ja üks abiotiline tegur, mis mõjutab olelus-võitlust metsas. Märkige pildil ringiga üks isend, kes tõenäoliselt olelus-võitluses hukkub. Põhjendage oma valikut.** Ülesande keskmine lahendatus oli 50,20%.

Suur osa vastajatest ei tea, mis on biotilised tegurid. Olelusvõitluses hukkuva isendi määramisel loeti õigeks liigisisest konkurentsi selgitavad valikud. Väga suur osa vastajatest valis selleks isendiks joonisel kujutatud väikese kuuse ja põhjendas valikut valguse puudumisega või toitainete vähesusega. See valik oli kahtlemata vale ja näitas, et eksaminandid ei tea, et kuusk on varjulembeline taim, mis kasvab edukalt mändide all.

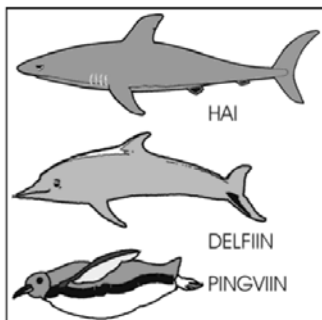
**Mis protsessi on kujutatud joonisel? Mis toimub selle protsessi käigus? Missugune evolutsiooniline tähtsus on sellel protsessil?**



Ülesande keskmine lahendatus oli 51,91%.

Mõned vastajad piirdusid kromosoomide ristsirde evolutsioonilise tähtsuse väljatoomise asemel sellega, et mainisid muutusi järgnevas põlvkonnas ja jätsid kirjutamata kromosoomide ristsirde osa kombinatiivse muutlikkuse kujunemisel ja uute liikide tekkes.

**Joonisel on kujutatud konvergentsi. Selgitage selle nähtuse olemust.**



**Tooge veel üks näide konvergentsi kohta.** Ülesande keskmine lahendus oli 36,92%.

Keskmise lahendatuse protsendi ja nulli saajate määra poolest on käesolev näide selle osa kõige halvemini lahendatud ülesanne. Vastustest võib teha järelduse, et paljudele on jäänud konvergentsi olemus selgusetuks ja joonis pigem eksitas, kui aitas kaasa õige selgituse toomisele.

**Reastage liigitekke protsessid ajaliselt loogilisse järjekorda. Kasutage reastamisel numbreid.**

..... Suunav looduslik valik

..... Mutatsioonide teke

..... Geograafiline isolatsioon

..... Ristumisbarjääri teke

Ülesande keskmine lahendus oli 39,70%.

Vähem eksiti selles, et ajaliselt viimane liigitekkes on ristumisbarjääri teke.

2005 aasta bioloogia riigieksami analüüsis ei ole analüüsitud ülesandeid eraldi ning välja pole toodud ka ülesannete keskmisi tulemusi. Seega ei saa selle aasta analüüsi tulemusi uurimistöös kasutada.

**2006. aasta bioloogia riigieksami analüüs**

Ülesanded, mis kontrollisid evolutsioonilaseid teadmisi, olid kaetud teemaga „elu päritolu“ Analüüsis ei ole esitatud ülesannete kirjeldust, vaid ülesande keskmine lahendusprotsent ning kommentaar.

**Ülesanne 1.2**, keskmine tulemus 71,5%.

Evolutsioonivorme teati küllalt hästi, hätta jäädi rohkem näidete toomisel nende avaldumise kohta.

**Ülesanne 1.7**, keskmine tulemus 53%. Vaja oli nimetada hulkraksete eeliseid ainuraksete ees, siin on väga palju õigeid ja osaliselt õigeid vastusevariante, korduv viga oli see, et hulkraksete organismide tekke juures unustati ainuraksete eukarüootide olemasolu ja räägiti eukarüootsuse tekkest.

**Ülesanne 2.5**, keskmine tulemus 59,3%. Vaja oli selgitada liikide tekkimist. Evolutsiooniõpetusel põhinevad argumendid olid sageli poolikud: räägiti vaid geograafilisest isolatsioonist või ainult looduslikust valikust. Geneetikateadmistel põhinevat argumenti osati paremini sõnastada, kuid geneetilist kombineerumist ei märgitud siingi kuigi sageli. Kõige paremini oli vastatud küsimuse kolmas osa, kus tuli tuua näide inimetegevusest, mis võib viia liikide hävimiseni.

**Ülesanne 2.7**, keskmine tulemus 56,7%. Vastuses oli vaja esitada kolm näidet inimese tunnuste kohta ja loomarühm, kellelt tunnus pärit on. Sagedased vead: nimetati kogu elusloodusele omaseid eluavaldusi, nagu paljunemine, ainevahetus, arenemine; eellase asemel nimetati mõnda muud loomarühma, kellel on sama tunnus; loomarühma asemel nimetati konkreetne loom – koer, ahv jne; väga levinud väljend oli sabakont. Väga paljusid imetajatelt pärit inimese tunnuseid seostatakse ainult ahvidega – karvad, järglaste eest hoolitsemine. Üllatavalt sageli toodi välja inimese rudimentsed elundid ja nende päritolu, mis ei ole muidugi viga, aga võib olla märk sellest, et ülesannet ei mõistetud täielikult. Tasuks korrata, et ka inimese mitterudimentsed organid on pärit mingilt eellaselt.

**Ülesanne 2.9**, keskmine tulemus 61%. Küsimus puudutas kohastumuse suhtelisust, tuli seletada mõistet ja tuua näiteid. Sageli nimetati mingi tunnus, kuid ei seletatud, milles seisneb konkreetse kohastumuse suhtelisus.

**Ülesanne 3.8**, keskmine tulemus 34%. Kuue esitatud fakti alusel tuli teha järeldus. Järelduse asemel oli sageli ebamäärane üldise sisuga lause, paraku tuleb tunnistada, et esitatud faktide põhjal oligi raske aru saada, mille kohta järeldust oodati.

## 2007. aasta bioloogia riigieksami analüüs

Millised alljärgnevatest tunnustest iseloomustavad makroevolutsiooni ja millised mikroevolutsiooni? Märkige tabelisse sobivad tähed.

A – liigisisese evolutsioonilised muutused

B – uute geenialleelide teke

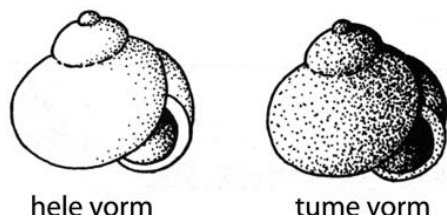
C – liigist kõrgemate organismirühmade teke ja areng

D – alleelisageduste muutumine populatsiooni genofondis

E – toimub looduslik valik

Ülesanne oli keskmise raskusastmega, kuna keskmine punktisumma oli 68% maksimaalselt võimalikust. Tüüpiline eksimus oli, et uute geenide teke liigitati makroevolutsiooni asemel mikroevolutsiooni hulka.

Joonisel on kujutatud ühe teoliigi kaks erinevat rühma, mis erinevad värvuse poolest.



Tabelis on andmed nende leidumise kohta ühe piirkonna erinevates kasvukohtades.

Analüüsige andmeid ja pealkirjastage tabeli lahtrid.

Elupaik		
Tihe mets	14	64
Avatud rohumaa	58	12

Ülesanne oli raskemate hulgast, kuna keskmine punktisumma oli 43% maksimaalselt võimalikust. Tüüpvigu selle ülesande puhul ei esinenud.

## 2008. aasta bioloogia riigieksami analüüs

Riigieksami tulemuste lühikokkuvõttes on esitatud üksikküsimuste keskmised protsendid tabelina. Ei ole esitatud ülesannete detailset analüüsi ning kommentaare. Alljärgnevad kaks ülesande sõnastust on saadud 2008 aasta bioloogia riigieksami ülesannete kogust.

*Havaile elava ritsika emasloomad leiavad isaslooma hääle järgi. Isaslooma tiibadel on kühmud, mida kokku hõõrudes tekib iseloomulik siristamine. Mõnel isasel kühmud puuduvad või on nõrgalt arenenud. Havaile tuli kiletiivaliste populatsioon, kes muneb oma munad ritsikatesse, kelle leiavad hääle järgi. Mõnede aastate pärast oli ritsikaliste arvukus oluliselt langenud, sest kiletiivalised olid tapnud palju isaseid ritsikaid. Seejärel hakkas arvukus taastuma, kuid iseloomulikku siristamist polnud saarel enam kuulda.*

**Selgitage, miks ritsikate arvukus langes ning seejärel jälle tõusma hakkas. Prognoosige, mis võib pikema aja jooksul edasi juhtuda. Selgitamisel kasutage ka mõisteid mutatsioon, pärilik muutlikkus, looduslik valik, fenotüüp, liigiteke.**

**Arvukuse languse põhjus -**

**Arvukuse tõusu põhjus -**

**Prognoos -**

**Millise loodusliku valiku vormiga on tegemist? Märkige õige vastus ristiga.**

**A - suunav valik**

**B - stabiliseeriv valik**

**C - lõhestav valik**

Ülesande keskmine lahendusprotsent oli 54,69.

**Miks suguliselt paljuneva populatsiooni geenifond (genofond) muutub põlvkondade vältel? Esitage kolm erinevat selgitust. Ülesande keskmine lahendusprotsent oli 42,98.**

## 2009. aasta bioloogia riigieksami analüüs

**Millise evolutsioonivormiga on seotud järgnevad sündmused? Märkige õige täht tabeli sobivasse lahtrisse. Ülesande keskmine lahendusprotsent oli 83,05.**

Küsimus oli esitatud ainsuses, ilmselt seetõttu märkis osa vastajaid tabeli lahtrisse ühe tähe, jättes seostamata ülejäänud näited.

**Liikidevahelist ristumist takistavad geograafiline ja bioloogiline isolatsioon. Selgitage näite abil, kuidas avaldub geograafiline ja bioloogiline isolatsioon.** Ülesande keskmine lahendusprotsent oli 68,54.

Vastajad esitasid bioloogilise isolatsiooni definitsiooni, aga näidet selle kohta tuua ei osanud. Tüüpveaks oli, et bioloogilise isolatsiooni all toodi näide geograafilisest isolatsioonist.

**Kirjutage kolm erinevat selgitust väitele: lülijalgsed on eluks Maal väga hästi kohastunud loomarühm.** Ülesande keskmine lahendusprotsent oli 61,89.

Tüüpilised vead: korراتi ühte tunnust eri rühmade kohta (näiteks kolm selgitust on seotud liikumisega). Mõnedel vastajatel oli ununenud mõiste lülijalgsed, arvati, et tegu on kahepaiksetega. Palju oli üldsõnalisi vastuseid, mida ei saa seostada just lülijalgsetega: suudavad kohaneda Maa tingimustega, kohastunud eluks nii vees kui kuival maal, üle elanud kõik väljasuremised jm.

**Järgneval pildil kujutatakse ühe geoloogilise ajastu elustikku. Vastake joonise põhjal küsimustele. Kas joonisel kujutatud ajastul eksisteerisid Maal kalad? Põhjendage oma vastust. Mis klassidesse kuuluvad pildil numbritega viidatud loomad?** Ülesande keskmine lahendusprotsent oli 61,86.

Vastusteks kirjutati näiteks, et joonisel kujutatud roomaja kuulub klassi kiskjad, hulkraksed, selgroogsed, dinosaurused, kahepaiksed, imetajad, hulkjalgsed. Arvati, et putukas kuulub klassi putuklased, kiletiivalised, sisalikud, ämblikulaadsed. See ja eelmine küsimus näitavad, et põhikoolis õpitud süstemaatika kategooriaid ei oska paljud gümnaasiumilõpetajad kasutada.

**Inimtegevus on viinud paljude liikide väljasuremisele. Tooge kaks näidet, kuidas inimtegevus võib soodustada uute liikide teket.** Ülesande keskmine lahendusprotsent oli 39,11, üks eksamitöö raskematest ülesannetest.

Vastused näitasid, et õpilased ei saa aru liigitekke põhimõtetest. Näitena toodi liikide kaitsega seotud tegevusi (looduskaitsealade loomine, jahikeeld), mis ei ole seotud liigitekkega. Oli ka vastuseid, mis näitasid, et eksaminand ei lugenud küsimust mõtestatult lõpuni, sest vastuseks kirjutati liikide väljasuremist takistavaid abinõusid.



## Lühikokkuvõte riigieksamite analüüsist

Ülesanded, mille keskmine tulemus oli üle 50% (Tabel 3), olid makroevolutsioonist (2009. a. 61,86% ja 2007. a. 68%), evolutsiooni vormidest (2009. a. 83,05% ja 2006. a. 71,5%), liigitekke protsessid (liikidevaheline isolatsioon) (2009. a. 68,54% ja 2004. a. 61,55%).

Ülesanded, mille keskmine lahendusprotsent jäi alla 50%, olid kohastumisest, liigitekkest, evolutsiooni tõenditest ja evolutsioonilistest mehhanismidest. Siinkohal on mõeldud evolutsiooniliste mehhanismide all geenitriivi, geenivoolu, mutatsioone, rekombineerumist ning looduslikku valikut. Eeltesti koostamisel lähtuti nendest neljast teemast.

**Tabel 3.** Bioloogia riigieksami nõrgemini vastatud teemade keskmised lahendusprotsendid

	Kohastumine	Liigiteke	Evolutsiooni tõendid	Evolutsiooni mehhanismid
2004. aasta		39,7%	36,92%	
2007. aasta	43%	43%		
2008. aasta				42,98%
2009. aasta		39,11%		

### ***3.5 Uuriija poolt koostatud õppetundide kirjeldus***

Uurimustöö üheks eesmärgiks oli evolutsiooniteemalise õppematerjali koostamine ning selle kasutamine õppetöös. Riigieksamite analüüsiga selgitati välja viimaste aastate kehvemini vastatud teemad: kohastumine, liigiteke, evolutsiooni mehhanismid ja evolutsiooni tõendid. Õppevahendite ning õppeperioodi osas konsulteeriti katses osalenud aineõpetajaga. Teemade järjekorra valis uurija. Õppematerjalidena kasutati töölehti, slaidiprogrammi, videomaterjale ning õpilastel oli kasutada ka bioloogia õpik. Tunnid koosnesid peamiselt õpetaja ja õpilaste vahelisest avatud diskussioonist. Sellise meetodiga üritati õpilastes kujundada teadmisi neljast evolutsiooni valdkonnast ning samuti ka kõrvaldada koheselt võimalikud väärarusaamad.

Banet & Ayuso (2003) on arvamisel, et evolutsiooniteooria õpetamist tuleks alustada geneetiliste mehhanismide omandamisega ning õpetada kursuse jooksul üheskoos geneetikaga. Geneetilise pärilikkusega on võimalik põhjendada populatsioonide geneetilist

muutlikkust ning mitmekesisust. Isenditevaheline varieeruvus populatsioonis on aga hea teema, mis pakub ohtralt näiteid loodusest ning mille najal saab seletada evolutsiooni mehhanismide seaduspärasusi. Seepärast valiti õppematerjali esimeseks teemaks evolutsiooni geneetilised alused.

Uuritavas koolis eelnes evolutsiooni teemale rakendusbioloogia ning inimese füsioloogia. Geneetika seaduspärasustega tutvuti aasta varem, st 11. klassis.

Esimene käsitletud teema algas ministsenaariumiga näljahäda põhjuste lahkamisest 19. sajandi Iirimaaal. Õpilastele jagati töölehed tunni materjali konspekterimiseks ning visuaalse materjalina näidati ka slaidiprogrammi. Tunnis tutvustati evolutsiooniliste protsesside geneetilisi põhjusi ning nende olulisust tänapäeva ühiskonnas ning arutati potentsiaalsete tulevikustsenaariumide üle. Selleks kasutati stsenaariumit teemal „Iirimaa kartulinälg“ huvi tekitamiseks ning õpilastele esitati küsimusi teema kohta. Edasine töö käik kulges diskussioonide abil õpetaja ja õpilaste vahel. Kaasaegsema probleemina arutati teemal „monokultuuride kasutamisest põllumajanduses“. Esimeses tunnis arutati õpilastega geenivool ja –triivi erinevusi ning loodusliku valiku erinevaid vorme. Loodusliku valiku teemat käsitleti sügavamalt teises tunnis. Kokku kulus evolutsiooni mehhanismide teema peale kaks õppetundi.

Teiseks teemaks valiti liigiteke, mis hõlmas samuti kaks õppetundi. Sissejuhatusena korrati varem õpitud evolutsiooni geneetilisi aluseid ning arutleti tegurite üle, mis soodustavad liikide teket. Esimesel tunnil pidid õpilased ise konstrueerima pildi, mille abil andsid teaduslikult põhjendatud selgitusetuse geograafilisest liigitekkest. Abimaterjalina oli võimalik kasutada õpikut ning eelmiste tundide materjali. Hiljem kontrolliti vastused ühise arutelu käigus. Teise tunni jooksul pidid õpilased iseseisvalt täitma töölehed eelmise tunni materjali kinnistamiseks ning hiljem tutvuti erinevate liigitekke protsessidega.

Kolmanda teemana käsitleti organismide kohastumuste tekkimist kahe õppetunni käigus. Teema sissejuhatamisel kasutati ministsenaariumi evolutsioonilise võidurelvastumise näitel. Tunni jooksul arutati organismide erinevaid kohastumise vorme (mimikri, hoiatusvärvus). Tunnid sarnanesid eelmiste tundidega, kus õpilastega peeti diskussiooni tunni teemal. Stsenaariumist lähtuvalt lahendati õpilastega loodusteaduslikku probleemi ning selle taustal anti ka evolutsiooniline põhjendus.

Neljandaks teemaks valiti evolutsiooni tõendid ning see hõlmas ühte õppetundi. Tunni jooksul võrreldi erinevate organismide anatoomilist ehitust (loomade jäsemed, rudimendid) ning uuriti ka erinevate loomarühmade lootelist arengut. Diskussioonide käigus pidid õpilased erinevate faktide ning teadlaste järelduste põhjal konstrueerima selgitutuse organismide muutumise kohta. Näiteks oli antud anatoomilised joonised selgroogsete loomarühmade esijäsemetest ning nende põhjal olid teadlased teinud järeldused (selgroogsete jäsemed koosnevad homoloogilistest luudest ning erinevused on tekkinud vastavalt funktsiooni muutumisele). Õpilaste ülesandeks oli anda evolutsiooniteoreetiline põhjendus organismide muutumisele. Jooniste ja fotode järgi pidid nad eristama ka homoloogiat ja analoogiat ning konvergentsi ja divergentsi.

Kogu õppetsükkel kestis 7 õppetundi ning kaheksanda õppetunni ajal viidi läbi järeldused, mis oli õpilastele kontrolltöö eest.

### ***3.6 Aineõpetaja tundide metoodika***

Kontrollgruppi õpetas selle kooli aineõpetaja, milles uurimus läbi viidi. Uuringu käigus täitis õpetaja küsimustiku evolutsiooni õpetamise kohta. Küsimused esitati ka nelja evolutsiooni teema kohta (evolutsioonimehhanismid, kohastumine, liigiteke ja evolutsiooni tõendid). Aineõpetaja metoodika kirjeldamisel olid abiks küsimustik ning struktureerimata intervjuu. Antud õpetaja oli õpetaja koolituse läbinud Tartu Ülikoolis ning õpetajana töötanud 23 aastat. Evolutsiooni õpetamist peab õpetaja oluliseks, kuna see on üldistav, silmaringi laiendav, tolerantsust kasvatav ning maailmapilti avardav. Õpilastel oli tundides kasutada abimaterjalina õpikut ning töövihikut. Õpetaja ise kasutas teemade õpetamisel slaidiesitlust, õppefilme, populaarteaduslike ajakirjade artikleid, Planeet Maa õppevahendit (Ivar Puura) ning õpikut „Pärilikkusmeditsiin“ (2009). Õpetamise poole pealt on kõik teemad evolutsiooni mõistmisel olulised. Aineõpetaja pooldab, et ülevaatlilikult pöörataks tähelepanu ka teistele ideedele elu tekkest ja arengust, et saaks kujundada oma arvamust ja uskumusi.

Evolutsiooni õpetamist alustas aineõpetaja erinevate ideede tutvustamisega elu tekkest. Samuti käsitleti erinevaid vaateid organismide arengust. Rõhku pöörati ka evolutsiooni ja kreationismi erinevatele seisukohtadele ning esimeste tundide sisuks oligi kahe teooria

erinevuste ning põhiseisukohtade tundmine. Sellega valmistati õpilased ette filosoofilisteks aruteludeks, arutledes elu tekkimise ja arengu võimaluste üle. Hilisematel tundidel pöörati tähelepanu ka evolutsiooni mehhanismidele ning liigitekkele ja kohastumustele.

Õppetunnid olid loengu vormis ning õpetaja korraldas õpilaste vahel mitmeid rühmatöid, mille käigus oli näiteks õpilaste ülesandeks erinevate kohastumuste näidete iseloomustamine. Ülesehituselt sarnanesid tunnid suuresti uurija poolt kavandatud metoodikaga. Suurem erinevus seisnes selles, et uurija eesmärk oli teemasid tutvustada ministsenaariumide ja diskussioonide vahendusel, pannes rõhku ka õpilaste väärarusaamade väljaselgitamisele ning nende kõrvaldamisele. Aineõpetaja pööras tähelepanu peale sünteetilise evolutsiooniteooria ka alternatiivsetele ideedele elu arengust. Tundides läbitud teemade näited toodi inimeste populatsioonidest ja nendes toimuvatest muutustes, mis oli ka üldiselt evolutsiooni õppetsükli läbivaks suunaks.

## 4. Tulemused ja analüüs

Käesoleva uurimustöö üheks eesmärgiks oli koostada eel- ja järeltestid õpilaste evolutsioonialaste teadmiste väljaselgitamiseks. Eeltestiga mõõdeti õpilaste teadmisi vahetult enne evolutsiooni teema õppimist. Järeltest viidi läbi peale evolutsiooni õpetamist ning olid õpilastele kontrolltöö eest. Testide tulemused lahterdati kolme vastuse kategooriasse – nõrk, rahuldav, hea. Kui töös oli mõni küsimus vastamata jäetud, siis seda tööd andmete analüüsis ei kasutatud. Samuti ei kasutatud nende õpilaste tööd, kes jätsid mingil põhjusel eel- või järeltesti täitmata. Tulemuste analüüsis kasutati nende õpilaste töid, kes lahendasid nii mõlemad testid.

Riigieksamite analüüsiga selgitati välja viimaste aastate nõrgemini vastatud evolutsiooni teemad. Nendeks osutusid evolutsiooni mehhanismid, liigiteke, kohastumine ning evolutsiooni tõendid. Testidega mõõdeti õpilaste teadmisi nendest teemadest.

Tulemuste analüüsil kasutati *Wilcoxon* testi, kuna see võimaldab kontrollida, kas tulemuste jaotus mõlema testi juures on ühesugune.

### 4.1 Katsegrupi eel- ja järeltesti tulemused

Järgnevalt (Tabel 4) on esitatud andmed katsegrupi tulemuste kohta, mis puudutab nelja eelmainitud evolutsiooni teema õppimist.

**Tabel 4.** Katsegrupi eel- ja järeltesti keskmised tulemused, standardhälve, Z-väärtus ning statistiline olulisus (p).

N=14	Keskmine tulemus		Muutus (%)	Z	p
	Eeltest	Järeltest			
<b>Mehhanismid</b>	2,14	2,43	28,57	-1,1	,271
<b>Liigiteke</b>	1,29	1,29	0,00	0	1,000
<b>Kohastumine</b>	1,86	2,07	21,43	-0,879	0,380
<b>Evolutsiooni tõendid</b>	2,00	2,21	21,43	-1,134	0,257

Tabelis 4 on esitatud katsegrupi testide keskmised tulemused (N=14). Õpilaste arusaamad paranesid kõikide teemade juures, välja arvatud liigitekke teemal (Z=0, p>0,05). Kõige rohkem paranesid teadmised mehhanismide teemal (28,57%). Võrdselt suurenesid teadmised kohastumise ja evolutsiooni tõendite teemal (21,43%). Järeltesti suurim keskmine tulemus (2,43) oli evolutsiooni mehhanismide teemal (Z=-1,1, p>0,05).

#### **4.2 Kontrollgrupi eel- ja järeltesti tulemused**

Järgnevalt on esitatud andmed kontrollgrupi tulemuste kohta, mis puudutab nelja evolutsiooni teema õppimist.

**Tabel 5.** Kontrollgrupi eel- ja järeltesti keskmised tulemused, standardhälve, Z-väärtus ning statistiline olulisus (p).

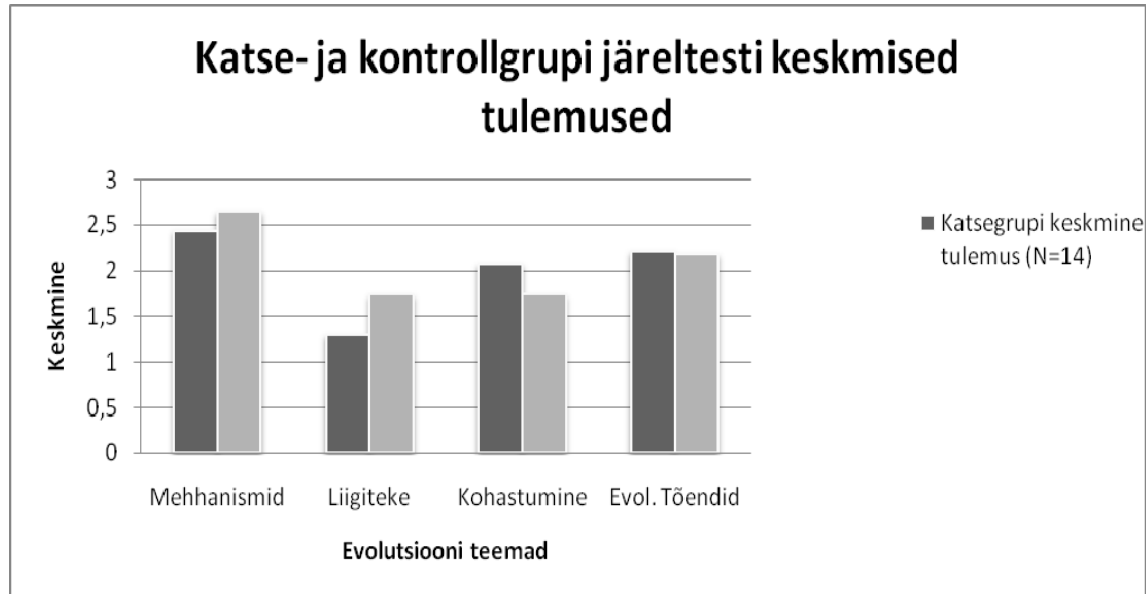
N=11	Keskmine tulemus		Muutus (%)	Z	p
	Eeltest	Järeltest			
<b>Mehhanismid</b>	2,55	2,64	9,09	-0,378	0,705
<b>Liigitekke</b>	1,55	1,73	18,18	-0,577	0,564
<b>Kohastumine</b>	1,91	1,73	-18,18	-0,649	0,516
<b>Evolutsiooni tõendid</b>	2,45	2,18	-27,27	-1	0,317

Tabelis 5 on esitatud kontrollgrupi testide keskmised tulemused (N=11). Õpilaste arusaamad paranesid mehhanismide (Z=-0,378, p>0,05) ja liigitekke (Z=-0,577, p>0,05) teemadel. Ülesannete sooritamise keskmine tulemus ei suurenenud kohastumise ja evolutsiooni tõendite teemal. Nende viimase kahe teema juures ei toimunud arvestatavat muutust õpilaste teadmistes. Kuid sellegipoolest on evolutsiooni tõendite teema keskmine lahendustulemus 2,18. Suurima keskmise tulemusena lahendatud ülesanne oli evolutsiooni mehhanismid 2,64 (Z=-0,378, p>0,05). Kõige suurem muutus õpilaste arusaamades (18,18%) leidis aset liigitekke teemat õppides.

#### **4.3 Katsegrupi ja kontrollgrupi järeltestide võrdlus**

Evolutsiooni õppematerjalide tulemuslikkuse võrdluseks on võrreldud mõlema grupi järeltestide keskmisi lahendustulemusi. Tulemusi iseloomustab joonis 2. Jooniselt võib välja

lugada, et kontrollgrupp sai kõrgemad tulemused evolutsiooni mehhanismide (2,64) ning liigitekke (1,73) teemadel. Suhteliselt võrdseteks jäid tulemused evolutsiooni tõendite teemal (2,21 katsegrupil ja 2,28 kontrollgrupil).



**Joonis 2.** Katse- ja kontrollgrupi keskmiste tulemuste võrdlus.

## 5. Arutelu

Uurija eesmärgiks oli evolutsiooni kursuse õpetamist alustada geneetiliste põhimõtete selgitamisega. Õppematerjali erilisus seisneb selles, et probleemülesandeid lahendades jõuavad õpilased evolutsiooni geneetiliste mehhanismide arusaamisele. Nendeks mehhanismideks on geenitriiv, -vool, looduslik valik, mutatsioonid ja päriliku materjali rekombineerumine. Katse- ja kontrollgruppi analüüsid selgub, et õpilastel oli enne evolutsiooni õppimist keskmiselt kõrgemad teadmised evolutsiooni mehhanismidest. Eeltesti küsimusele geneetilise info rekombineerumisest oskasid valdavalt enamus vastata positiivselt. Kuna põhikoolis ei õpita populatsioonigeneetika mõisteid, siis ei saanud esitada küsimusi geenivoolust ja –siirdest. Järeltesti vastustest geenitriivi kohta võis välja lugeda selle, et õpilased oskavad eristada protsesse üksteisest (geenitriivi ja geenivoolu), kuid sisulise osa põhjendamisega tulevad vaid vähesed toime või ei tule üldse. Viimane tulemus on kooskõlas ka varasemate autorite uuringutega (Smith, 2010; Chi, 2005), milles väidetakse, et õpilastel on raske eristada evolutsiooni erinevaid protsesse.

Liigitekke protsesside kirjeldamisega on õpilastel raskusi nagu ka teiste uuringute tulemused on näidanud (Sinatra *et al.* 2008) seda oli näha nii katse- kui kontrollgrupi eel- ja järeltestide keskmisest tulemusest. Eeltesti vastused liigitekkest on valdavalt teleoloogilised. Teatakse, et liigitekkes on oluline roll kohastumistega ning kohastumised on seotud keskkonnatingimustega. Näiteks tüüpilisemad ning enim esinenud vastused - *vajadus vette minemiseks on muutnud endise imetaja kehakuju, erinevaid tunnuseid vees ellujäämiseks sobivamateks; elutingimused muutusid keerukamateks ja neil tuli vette minna*. Tundides oli õpilaste ülesandeks rühmatööna konstrueerida selgitus uute liikide tekkimise põhjustest toetudes varem õpitud evolutsioonilistele mehhanismidele. Õpilastel oli raske mõista, kuidas looduslik valik võib viia uute liikide tekkeni ning milliseid eeldusi annavad selleks geneetiline mitmekesisus ja päriliku info rekombineerumine. Levinumad väärarusaamad seisnevad liikide tahtlikus muutumises vastavalt keskkonnale ning uute kohastumuste „hankimises“. Ristumisbarjääri mainivad ainult üksikud õpilased. Valdavaks arusaamaks on, et uus liik erineb oluliselt lähteliigist.

Kohastumiste kirjeldamisel olid õpilased mõnevõrra edukamad. Mõistetakse kohastumuste suhtelisust keskkonnas ning kohastumuste eelseid järglaste kasvatamisel. Kuid levinud on



siiski põhjendus, et loomad justkui ise tahtlikult kohanevad keskkonnaga. Sarnaseid põhjendusi leidis nii eel- kui ka järeltestides Ilmselt aetakse segamini inimese ja looma kohastumusi, mõeldes selle all inimese kohanemist erinevate olukordade ja situatsioonidega. Kandes seda üle loomadele, arvatakse, et kui loomad satuvad ebasoodsatesse tingimustesse, siis hangivad nad vajaliku tunnuse sellega toime tulemiseks. Õigete vastustena märgiti ära, et kohastumused aitavad keskkonnas paremini ellu jääda.

Evolutsiooni tõendite teema tulemuslikkus oli üldiselt sarnane kohastumisega. Eeltestis pakuti küsimuse (*Enamiku organismide jäsemed on sarnase põhiehitusega. Missugust olulist informatsiooni annab selline tähelepanek?*) vastuseks kohastumise ning keskkonnatingimusi. Enamik õpilasi pakkus vastuseks päritolu ühisest esivanemast (nt. *võib järeldada, et organismi eellased olid samasugused; enamikud organismid pärinevad ühest esivanemast*). Põhjastena pakuti ka teistlaadi seletusi, näiteks *kõik on arenenud ühest rakust ning edasine areng on toimunud väliskeskkonna mõjutusel ja jumal on laisk olund, või siis enamikel organismidest on olnud ühine eelkäija*. Intentsionaalsed seletused ja põhjendused küsimustele puudusid, välja arvatud mõnel korral, kui mainiti Jumalat või, et Jumal on loonud. Õppetundides uurisid õpilased erinevaid jooniseid loomade anatoomilisest ehitusest ning võrdlesid neid omavahel. Järeltestis oli vaja eristada homoloogiat ning analoogiat. Paljud tundsid ära erinevused ning oskasid anatoomiliselt luid kirjeldada, kuid põhjendamisel ning ühist eellast mainides jäädi hätta.

Katsegrupi ja kontrollgrupi eel- ning järeltestide tulemusi võrreldes paistab silma, et teadmised evolutsioonilistest mehhanismidest on enne õpetamist kõrged ning tulemused paranesid ka peale õppetunde, kus kasutati juba varasemalt tulemusi andnud meetodikat (Nieswandt & Bellomo 2009). Aineõpetaja poolt juhendatud kontrollgrupi keskmised tulemused järeltestis olid eeltestidest madalamad kohastumiste ja evolutsiooni tõendite teemal. Aineõpetaja märgib kohastumise teema õpetamise raskuseks asjaolu, et selgeks peab tegema kohastumuse tekkimise ja selgitamise vajalikkuse, kuna õpilastele tundub see iseenesestmõistetav. Samuti aetakse segi kohastumine ja kohastumus. Evolutsiooni tõendite teemal märgib aineõpetaja, et koolis esineb selle koha peal suur üldistuse tase ning seetõttu jääb küsimus üsna ähmaseks. Aineõpetaja meetodika erinevus uurija meetodikast seisneb suuresti selles, et aineõpetaja pööras tähelepanu ka teistele alternatiivsetele evolutsiooniteooriatele ning õppimist ei alustatud geneetilistest alustest.

## Kokkuvõte

Kuigi katsed arendada sügava evolutsioonilise taustaga õpilasi on kiiduväärt, viitab haridusteaduslik kirjandus olulistele takistustele nende eesmärkide saavutamisel (Beardsley 2004). Evolutsiooni juhendamine võib aga kasu saada õpetamise ja õppimise teadusuuringute uuendustest (Smith, 2010). Käesoleva uurimistöö eesmärkideks oli koostada evolutsiooniteemaline õppematerjal ning selle tulemuslikkust kontrollida aineõpetaja meetodiga.

Lähtuvalt eesmärkidest leiti vastused püstitatud uurimisküsimustele

**Missugused on õpilaste evolutsioonilased teadmised enne gümnaasiumi õppekava evolutsiooni teema õppimist?** Eeltesti vastustest on märgata, et õpilaste põhjendused evolutsiooniliste protsesside kirjeldamisel on valdavalt teleoloogilist laadi. Näiteks loomad tekitavad ise endale kohastumusi või loomad muutuvad tahtlikult vastavalt keskkonnatingimustele. Geneetilisel tasandil esines mõni põhjendatud täislausetega vastus ning ka vastuseid, kus kirjutati, et põhjus on geenides. Intentsionaalsed põhjendusi ei esinenud, välja arvatud mõni vastus liigitekke küsimuses, kus pakuti, et Junal on olund loojaks.

**Missugused on õpilaste evolutsioonilased teadmised uurija metoodika järgi õpetades?**

Katsegrupi õpilaste järeltesti keskmised tulemused paranesid üle 20 % evolutsioonimehhanismide, kohastumiste ja evolutsiooni tõendite teemal. Muutumatuks jäid tulemused liigitekke teemal.

**Missugused on aineõpetaja seisukohad evolutsiooni teema õpetamisel?** Kontrollgruppi õpetanud aineõpetaja peab oluliseks evolutsiooni teema õpetamist, sest see on üldistav, silmaringi laiendav, tolerantsust kasvatav ja maailmapilti avardav. Evolutsiooniidee mõistmiseks on olulised kõik osad. Aineõpetaja pooldab ka, et ülevaatlikult pöörataks tähelepanu ka teistele ideedele elu tekkest ja arengust, et saaks kujundada oma arvamust ja uskumusi.

**Missugused on õpilaste evolutsioonilased teadmised aineõpetaja metoodika järgi õpetades?** Õpilastel esineb aineõpetaja metoodika järgi õpetades kõrged teadmised

evolutsioonilistest mehhanismidest. Mõnevõrra nõrgaks jäävad teadmised liigitekke protsesside tundmisel ja põhjendamisel. Võrreldes õpilaste eelnevate teadmistega gümnaasiumi bioloogiakursuse läbimisel, võib märgata, et kohastumise ja evolutsiooni tõendite mehhanismidega ei ole saavutatud progresseeruvaid tulemusi. Hilisemad teadmised nendest teemadest jäävad alla eelteadmistele.

**Missugused erinevused ilmnevad õpilaste evolutsioonialastes teadmistes, võrreldes õpilaste tulemusi aineõpetaja metoodika ja autori väljatöötatud metoodika kasutamisel?**

Võrreldes kahte õppemeetodit võib väita, et uurija poolt koostatud meetodiga saavutati õpilastes kolmel teemal (mehhanismid, kohastumine, tõendid) positiivne teadmiste kasv. Aineõpetaja meetodi abil suurenes õpilastel teadmised liigitekke protsessidest. Võrreldes mõlema meetodi järelteste, märkame, et aineõpetaja saavutas oma meetodiga õpilastes kõrgemad teadmised enamuse teemadel.

Seega võib soovitada alustada koolides evolutsiooni teemat geneetiliste aluspõhimõtete õpetamisega ning kasutada õppematerjali toetamiseks stsenaariumeid igapäevaelust ning õpilastele olulistel teemadel.

Piirangutena võib välja tuua asjaolu, et uurijal puudub kogemus evolutsiooni teemalise õppematerjali koostamisel. Samuti olid piirangud õppemeetodile (puudus labor, ajapuudus katsete tegemisel).

## Kasutatud kirjandus

**Anderson, D. L., Fisher, K. M., & Norman, G. J.** (2002). Development and evaluation of the conceptual inventory of natural selection. *Journal of Research in Science Teaching*, 39, 952–978.

**Banet E., & Ayuso G. E.** (2003) Teaching of biological inheritance and evolution of living beings in secondary school. *International Journal of Science Education*, Vol. 25, No. 3, 373-407

**Bellomo, K., & Nieswandt, M.** (2009) Written Extended-Response Questions as Classroom Assessment Tools for Meaningful Understanding of Evolutionary Theory. *Journal on Research in Science Teaching*, Vol. 46, NO. 3, PP. 333–356.

**Beardsley, P. M.** (2004) Middle School Student Learning in Evolution: Are Current Standards Achievable? *The American Biology Teacher*, Vol. 66, No. 9: 604-612.

**Catley, K. M., & Novick, L. R.** (2009). Digging deep: Exploring college students' knowledge of macroevolutionary time. *Journal of Research in Science Teaching*, 46, 311–332.

**Chi, M. T.** (2005). Commonsense conceptions of emergent processes: Why some misconceptions are robust. *Journal of the Learning Sciences*, 14, 161–199.

**Colburn, A., & Henriques, L.** (2006). Clergy views on evolution, creationism, science, and religion. *Journal of Research in Science Teaching*, 43, 419–442.

**Crawford, B. A., Zembal-Saul, C., Munford, D., & Friedrichsen, P.** (2005). Confronting perspective teachers' ideas of evolution and scientific inquiry using technology and inquiry-based tasks. *Journal of Research in Science Teaching*, 42, 613–637.

**Evans, E. M.** (2008). Conceptual change and evolutionary biology: A developmental analysis. In S. Vosniadou (Ed.), *International handbook of research on conceptual change* (pp. 263–294). New York: Routledge.

**Demastes, S. S., Good, R. G., & Peebles, P.** (1995). Students' conceptual ecologies and the process of conceptual change in evolution. *Science Education*, 79, 637–666.

**Goldsmith, T.E.** (2000). The evolution of wars. *The Science Teacher*, 67, 8.

**Gregory, T. R., & Ellis, C. A. J.** (2009) Conceptions of Evolution among Science Graduate Students. *BioScience*, 59: 792-799.

**Gümnaasiumi riiklik õppekava. Ainevaldkond „Loodusained“.** Aadressil [https://www.riigiteataja.ee/aktilisa/1140/1201/1002/VV2\\_lisa4.pdf#](https://www.riigiteataja.ee/aktilisa/1140/1201/1002/VV2_lisa4.pdf#) (vaadatud 26.05.13)

**Kampourakis, K., & Zogza, V.** (2008). Students' intuitive explanations of the causes of homologies and adaptations. *Science & Education*, 17(1), 27–47.

- Kampourakis, K., & Zogza, V.** (2009) Preliminary Evolutionary Explanations: A Basic Framework for Conceptual Change and Explanatory Coherence in Evolution. *Science & Education*, 18:1313–1340.
- Lerner, S. L.** (2000) Good Science, Bad Science: Teaching evolution in the States. *The Thomas B. Fordham Foundation*.
- Matthews, D.** (2001) Effect of a Curriculum Containing Creation Stories on Attitudes about Evolution. *The American Biology Teacher*, Vol. 63, No. 6: 404-409.
- Mayr, E.** (2001). What evolution is. New York: Basic Books.
- Mayr, E.** (1982) The growth of biological thought: Diversity, evolution and inheritance. Cambridge, MA: *Harvard University Press*.
- Mindell, D. P.** (2006). The evolving world. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Moore, R.** (2000). The revival of creationism in the United States. *Journal of Biological Education*, 35, 17–21.
- Moore, R.** (2007). What are students taught about evolution? *McGill Journal of Education*, 42, 177–188.
- National Academy of Sciences Staff, Vedral, Joyce L.** (1998) *Teaching about Evolution and the Nature of Science*, Washington: National Academies Press.
- Nieswandt, M. & Bellomo, K.** (2009). Written Extended-Response Questions as Classroom Assessment Tools for Meaningful Understanding of Evolutionary Theory. *Journal of Research in Science Teaching*, Vol. 46, No. 3, 333-356.
- Perry, W. G.** (1970). Forms of intellectual and ethical development in the college years: A scheme. New York: Holt, Rinehart, and Winston.
- Perry, W. G. Jr.** (1981). Cognitive and ethical growth: The making of meaning. In A. W. Chickering (Ed.), *The modern American college* (lk. 76–116). San Francisco: Jossey-Bass.
- Sinatra, G. M., Brem, S. K., & Evans, E. M.** (2008). Changing minds? Implications of conceptual change for teaching and learning about biological evolution. *Evolution: Education and Outreach*, 1, 189–195.
- Smith, M. U** (2009) Current Status of Research in Teaching and Learning Evolution: II. Pedagogical Issues. *Science & Education*, 19:539–571.
- Sundberg, M. D., & Dini, M. L.** (1993). Science majors vs. nonmajors: Is there a difference? *Journal of College Science Teaching*, 22, 299–304.

## Summary

### **The effectiveness of different teaching methods in biological evolution**

**Rolf Saarna**

Evolution is the unifying principle of biology, but it remains controversial to many and misunderstood by most (Gregory & Ellis 2009). Much of what students and the public know about evolution is erroneous and riddled with misunderstandings (Smith 2010).

The purpose of this study is to examine secondary school students' knowledge of evolution before and after learning the topic. Analysis of the previous (years from 2004 to 2009) national exams was made on the subject of evolution. The lessons, which scored the lowest, were the basic subjects of the evolution learning material.

The aims of the present study were:

1. To find out the students' knowledge of evolution before the middle school curriculum topic of evolution.
2. Produce tests to find out the level of students knowledge on evolution.
3. Produce a questionnaire to clarify teachers concerns about teaching evolution.
4. Produce teaching material on evolution.
5. Investigate the effectiveness of learning materials.

Based on the aims of the research the following research questions were answered:

**What are the students' knowledge of evolution before the secondary school curriculum topic of evolution study?** Pre-test responses indicate that the students' reasons for describing evolutionary processes are predominantly in teleological nature. For instance, animals generate their own adaptations to the changing environmental conditions. Responses on the genetic level were some reasonable explanations and some answers which students wrote that the cause is just "genetic". Intentional reasoning did not occur, except one response, which stated that God was the creator.

**What are the students' knowledge of evolution based on the researchers teaching methodology?** The mean scores of the students' tests increased after the course by more than 20% on the following subjects – evolutionary mechanisms, adaptation and the evidence of evolution. The results remained the same on the subject of speciation.

**What are the teachers' views on evolution?** The teacher, who taught the control group, is in favor of evolution education, because it is inferential, broadens the mind and world-view. All the subjects are important for understanding evolution. The teacher is also in favor of paying attention to other ideas in the formation and evolution of life, to be able to form their own opinions and beliefs.

**What are the students' knowledge of evolution based on the teachers methodology?**

Students have high results on the topic of evolutionary mechanisms. Somewhat weak results are on the processes of species formation. Progressive results have not been achieved on the subject of adaptation and the evidence of evolution. Subsequent knowledge of these topics are below previous knowledge.

**What differences are evident in pupils' knowledge of evolution when comparing researcher's methodology and teacher's methodology?** Comparing the two teaching methods, students in the test group achieved positive growth of knowledge in three topics (mechanisms, adaptation, evidence). Students in the control group achieved positive knowledge growth in speciation and negative knowledge growth in adaptation and the evidence of evolution.

In summary it can be said, that it is advisable to start teaching the basic principles of genetics at the beginning of the evolution course. And to use supportive learning materials, like scenarios on everyday important topics for students.

## Lisad

LISA 1. Eeltest õpilaste evolutsioonialaste väljaselgitamiseks enne evolutsiooni osa õpetamist.

LISA 2. Järeltest õpilaste teadmiste kontrollimiseks pärast evolutsiooni teema õpetamist

LISA 3. Küsimustik aineõpetaja seisukohtade selgitamiseks, mis puudutab evolutsiooni osa õpetamist



## LISA 1

Ees- ja perekonnanimi \_\_\_\_\_  
Klass \_\_\_\_\_

### Vali vastusevariantidest kõige sobivam ja tähista see ristiga.

#### Milline väide looduslikust valikust on õige?

- A. Kohastumus ühes elupaigas peaks olema kasulik ka kõikides teistes elupaikades.
- B. Looduses jäävad ellu ainult kõige tugevamad.
- C. Paremini kohanenud isendid saavad rohkem järglasi, kui vähem kohanenud isendid, ja pärandavad oma geenid järgmisele põlvkonnale.
- D. Looduslik valik on ainuke vahend, mille järgi populatsioonid arenevad.

#### Liigitekke üheks eelduseks on populatsiooniosade isolatsioon. Mis juhtub sel juhul?

- A. Isolatsioon valib liigitekkeks välja kõige kohasemad organismid.
- B. Eraldunud populatsioonid ei muutu mitte kunagi.
- C. Isolatsioon takistab ristumist populatsiooni eri osade vahel.
- D. Isolatsioon soodustab ristumist populatsiooni eri osade vahel.

#### Looduses juhtub tihti nii, et kõik järglased ei jää ellu. Miks ei õnnestu alati kõikidel järglastel ellu jääda?

- A. Ellu jäävad organismid, kes suudavad kohaneda elukeskkonnaga ja olelusvõitluses ellu jääda.
- B. Inimene kütib kõik loomad, kes ellu ei jää.
- C. Ellu jäävad organismid, kes on kõige tugevamad.
- D. Ellu ei jää need, kes ei suuda endale luua kohastumusi.

#### Kuidas on võimalik tõestada evolutsiooni kulgemist? Vali järgmistest väidetest kõige sobivam.

- A. Evolutsiooni jooksul muutuvad organismid rohkem keerukamateks.
- B. Erinevate organismide ehituslikud sarnasused tõendavad nende ühtset päritolu.
- C. Evolutsiooni ei saagi tõestada, see on kõigest teooria.
- D. Maapinna lähedal leiduvad kivistised sarnanevad esimeste organismidega.

#### Eesti metsades elavad koos Euroopa naarits ja mink. Kuidas mõjutavad nad üksteise ellujäämist?

- A. Euroopa naaritsa ellujäämist piirab mink, kes paaritub Euroopa naaritsaga, ning viimane sureb lihtsalt välja.
- B. Mink on Euroopa naaritsa parasiit.
- C. Euroopa naaritsa ellujäämist piirab mink, kes konkureerib samade elutingimuste pärast.
- D. Mink ja Euroopa naarits suudavad elada koos samades elutingimustes.

#### Paljusid kõrbetaimi iseloomustab lehtede puudumine, suur kuumataluvus, lühike vegetatsiooniperiood jne. Miks on sellised kohastumused kasulikud ning kuidas on need tekkinud evolutsiooni käigus?

---

---

---

---

---

Jooniselt on näha, et vaalade esivanemad olid maa peal elavad imetajad. Kuidas seletaks bioloog vaalaliste evolutsioonilist kulgu tänapäevani välja?

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

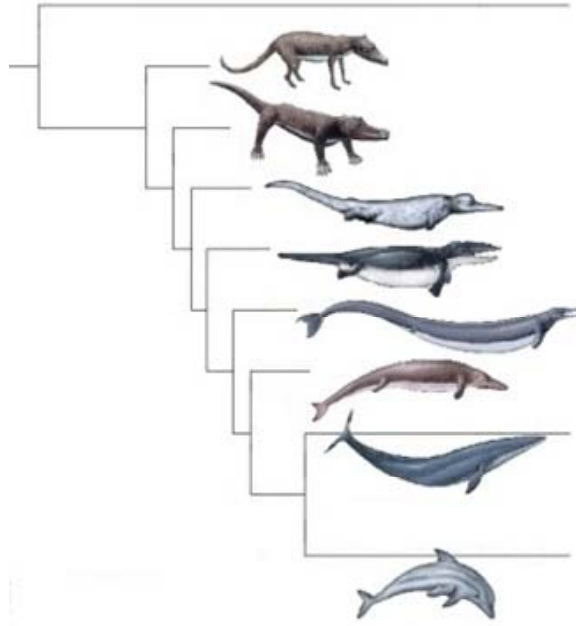
---

---

---

---

---



---

---

Enamiku organismide jäsemed on sarnase põhiehitusega. Missugust olulist informatsiooni annab selline tähelepanek?

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

Miks on suguliselt paljunevate organismide muutlikkus suur?

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**TÄNAN VASTAMAST!**

## KONTROLLTÖÖ

### Evolutsioon

NIMI \_\_\_\_\_

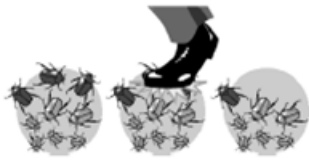
1. Millised evolutsioonilised mehhanismid suurendavad looduses geneetilist mitmekesisust ning millised mehhanismid vähendavad geneetilist mitmekesisust?

---

---

---

---



2. Millist evolutsioonimehhanismi on joonisel kujutatud? Milles see seisneb ning too näiteid.

---

---

---

---

3. Esimene teaduslikult põhjendatud evolutsiooniteooria avaldas Charles Darwin 1859. aastal. Nimeta Darwini evolutsiooniteooria põhiseisukohad.

---

---

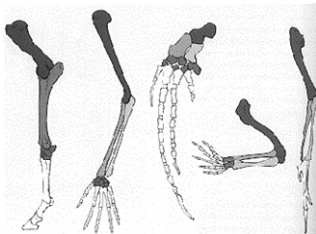
---

---

---

---

4. Millist struktuuri on joonisel kujutatud, kas analoogiat või homoloogiat? Milles seisneb selle olulisus?



---

---

---

---

---

---

---

---

5. Liigiteke saab sageli alguse väikese organismirühma eraldumisega lähteliigist. Millistel tingimustel kujuneb eraldunud organismirühmast uus liik?

---

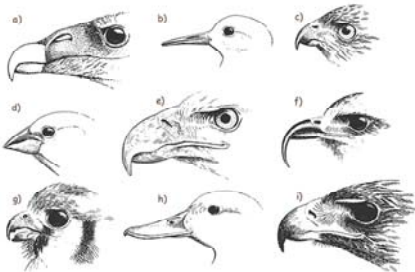
---

---

---

---

6. Lindudel on arenenud aja jooksul mitmed erinevad nokatüübid. Mis on kohastumus ning milles avaldub kohastumuste suhtelisus?



---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

7. Mis on põhiline tunnus, mille poolest inimene erineb teistest loomadest

- A. Artikuleeritud kõne
- B. Tööriistade kasutamine
- C. Sõdivad omavahel
- D. Käivad kahel jalal

8. Milline järgnevatest lausetest iseloomustab evolutsioonilist protsessi?

- A. Evolutsiooniteooria ei kujuta endast reaalselt 'progressi'
- B. Inimene on unikaalne, täiesti uut tüüpi organism
- C. Progress on looduse religioon
- D. Elusorganismide evolutsioon oli aegade algul kiire

9. Kuidas seletada nähtust miks on lindudel arenenud suuremad nokad?

- A. Suuremad nokkade mõõtmed tekkisid mutatsioonide tulemusena igal populatsiooni liikmel.
- B. Selliste lindude esivanemad kohtasid puid, millel olid keskmisest suuremad seemned. Neil oli vaja kasvatada endale suuremad nokad, et suuremaid seemneid süüa ning aja möödudes kohanesid sellise vajadusega.
- C. Mõnedel eellaspopulatsiooni liikmetel olid suuremad nokad, kui teistel. Kui selline tunnus oli kasulik, oli suuremate nokkadega lindudel suurem tõenäosus ellu jääda ja paljuneda. Tulemusena kasvab populatsioonis suuremate nokkadega lindude sagedus.
- D. Selliste lindude esivanemad kohtasid puid, millel olid keskmisest suuremad seemned. Nad avastasid, et kui venitada nokkasid, suurenevad nokkade mõõtmed ning selline kasvatamine pärandati järglastele. Aja möödudes muutuvad nokad suuremaks.

## LISA 3

Järgnev küsimustik on koostatud uurimaks õpetajate seisukohti ja arvamusi evolutsiooni teema õpetamisel põhikoolis. Palun vastake järgmistele küsimustele.

### **1. TAUSTAKÜSIMUSED**

1.1 Millise õpetajakoolituse olete läbinud

---

1.2 Millised on Teie õpetamiskogemused

---

### **2. KÜSIMUSED, MIS PUUDUTAVAD EVOLUTSIOONI ÕPETAMIST**

2.1 Millisel õppeperioodil alustate evolutsiooni õpetamist?

---

---

2.2 Kui palju aega pühendate evolutsiooni õpetamisele 9. ja 12. klassis?

---

---

2.3 Kui oluline on Teie arvates evolutsiooni teema õpetamine?

---

---

2.4 Millist kirjandust kasutavad õpilased evolutsiooniteemalistes tundides?

---

---

2.5 Millist kirjandust kasutate evolutsiooniteemaliste tundide ettevalmistamisel?

---

---

2.6 Mida kavatsete õpetada evolutsiooni teemal? Millised on olulisemad seisukohad ja ideed?

---

---

2.7 Miks on õpilastele oluline just nende seisukohtade ja ideede õpetamine

---

---

### **3. KÜSIMUSED KINDLA EVOLUTSIOONI TEEMA ÕPETAMISEL**

3.1 Millised raskused ja väljakutsed on seotud õpetamisega teemal **looduslik valik**?

---

---

3.2 Millised raskused ja väljakutsed on seotud õpetamisega teemal **kohastumus**?

---

---

3.3 Millised raskused ja väljakutsed on seotud õpetamisega teemal **olelusvõitlus**?

---

---

3.4 Millised raskused ja väljakutsed on seotud õpetamisega teemal **liigiteke**?

---

---

3.5 Millised raskused ja väljakutsed on seotud õpetamisega teemal **viimane ühine eellane**?

---

---

3.6 Mis on peamised mõjutused õpilastele nende teemade selgeks tegemisel?

---

---

3.7 Millises kontekstis tasuks Teie arvates õpetada neid teemasid?

---

---

### **4. LÕPUKÜSIMUSED**

4.1 Kas Teil on toimunud mõni meeldejääv intsident evolutsiooni teemat õpetades?

---

---

---

---

4.2 Mis on Teie arvates oluline, mida peaks veel silmas pidama evolutsiooni õpetamisel?

---

---

---

---

## **Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks**

Mina ROLF SAARNA  
(sünnikuupäev: 26.09.1985)

1. annan Tartu Ülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose

### **Bioloogilise evolutsiooni teema käsitlemise tulemuslikkus erinevate õppemeetoditega** *(lõputöö pealkiri)*

mille juhendaja on Anne Laius,

1.1.reprodutseerimiseks säilitamise ja üldsusele kättesaadavaks tegemise eesmärgil, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace-is lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

1.2.üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tartu Ülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace'i kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.

2. olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.

3. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Tartus, 31. mail 2013.a.