

Tartu Ülikool
Loodus- ja täppisteaduste valdkond
Ökoloogia ja maateaduste instituut
Loodusteadusliku hariduse keskus

Sirje Lulla
Klassikalisest geneetikast arusaamine ja teadmiste rakendamine
Eesti gümnaasiumiõpilaste näitel
Magistritöö (30 EAP)
Gümnaasiumi loodusteaduste õpetaja

Juhendaja: Helin Semilarski, MA

TARTU
2022

Klassikalisest geneetikast arusaamine ja teadmiste rakendamine Eesti gümnaasiumiõpilaste näitel

Geneetikast tulenevad teadmised on muutunud inimeste igapäevaelus üha olulisemaks osaks. Nende teadmiste mõistmiseks peavad inimesed aru saama nii klassikalisest geneetikast kui ka rakkude ehitusest, jagunemisest ja paljunemisest. Puudulikud teadmised geneetikast võivad mõjutada neile oluliste meditsiiniliste otsuste tegemist. Mõistmaks Eesti gümnaasiumiõpilaste arusaamasid ja teadmiste rakendamise oskust klassikalises geneetikas, uuriti antud töös gümnaasiumi 11. ja 12. klassi õpilastelt, kes olid eelnevalt läbinud pärilikkuse ja muutlikkuse teema, nende arusaamasid ja teadmiste rakendamise oskust klassikalises geneetikas. Lisaks õpilaste arusaamadele uuriti ka nende motivatsiooni teema õppimisel ning teadmisi selle kohta, millistes ametites klassikalise geneetika teadmisi vaja võiks minna. Eesmärgi saavutamiseks viidi läbi küsitlusuuring, millest selgus, et valimis osalenud õpilastel on puudulikud arusaamad ja oskused geneetika mõistmisel ning rakendamisel.

Märksõnad: geneetika, arusaamine, teadmiste rakendamine, motivatsioon

CERCS: S272 Õpetajakoolitus

Comprehension of classical genetics and application of the knowledge on the basis of the example of Estonian gymnasium students

Understanding genetics has become a relevant part of people's everyday life. In order to understand it, people must know classical genetics, including the structure, distribution and reproduction of cells. Inadequate knowledge of genetics may influence their important medical decisions. In order to study the understanding and the application skills of classical genetics among Estonian gymnasium students, the given paper studied 11th and 12th grade students of the gymnasium by carrying out a questionnaire among students, who had studied the topic of genetics and variability. In addition to students' knowledge, also their motivation to study the topic and possible career choices, which require the knowledge of classical genetics, were explored. The survey demonstrated that students in the sample have inadequate comprehension and skills in understanding and applying genetics.

Keywords: genetics, comprehension, application of skills, motivation

CERS: S272 Teacher education

Sisukord

Sissejuhatus	4
1. Kirjanduse ülevaade	6
1.1. Geneetikast arusaamise vajalikkus	6
1.2. Pärilikkuse ja muutlikkuse õpetamine Eesti koolides	7
1.2.1. Õppematerjalid põhikoolile	8
1.2.2. Õppematerjalid gümnaasiumile	9
1.3. Geneetikast arusaamine	10
1.4. Õppimine ja õpetamine	11
1.5. Motivatsioon ja karjääriteadlikkus	13
2. Metoodika	14
2.1. Uuringu ülesehitus	14
2.2. Valim	15
2.3. Instrument	15
2.4. Andmete analüüs	16
3. Tulemused	17
3.1. Õpimotivatsioon	17
3.2. Õpilaste hinnang oma teadmistele klassikalise geneetika ja kasutatavate õppematerjalide arusaadavuse kohta	19
3.3. Klassikalise geneetika teadmiste vajalikkus tulevikus	24
3.4. Õpilaste teadmised pärilikkusest ja klassikalisest geneetikast	26
3.4.1. Geneetilisest informatsioonist arusaamine erinevates rakkudes	26
3.4.2. Klassikalisest geneetikast arusaamine	29
4. Arutelu ja järeldused	33
Kokkuvõte	37
Kasutatud kirjandus	39
Summary	44
Lisad	47

Sissejuhatus

Kui Gregor Johann Mendel pani aluse klassikalise geneetika põhitõdedele, ei hinnanud teised teadlased tema avastusi vääriliselt. Tänapäeval on aga geneetikast tulevad teadmised muutunud igapäevasteks ning nende arusaamist eeldatakse kõikidelt kodanikelt, olenemata tema karjäärivalikutest. Viimase 100 aasta jooksul on geneetika valdkond kaugemale arenenud kui lihtsalt pärilikkuse uurimine. Geneetika mõistmiseks peavad inimesed omandama teadmisi nii rakkude ja rakkudes olevate organelide struktuuri, funktsiooni kui ka rakkude jagunemise ja paljunemise kohta (Chattopadhyay, 2005). Puudulikud teadmised geneetikast võivad inimestes põhjustada ärevust või mõjutada neile oluliste meditsiiniliste otsuste tegemist (Hawkins ja Ho, 2012). Seega on äärmiselt oluline, et põhikoolis ning gümnaasiumis õpetatavad geneetika teadmised omandatakse süstemaatiliselt.

Geneetika on suhteliselt abstraktne teema, mille mikro- ja molekulaartasandil on õpilastel keerukas ette kujutada (Hallden, 1988). Õpilastele keerukat ja paljudele vähem huvipakkuvat teemat tuleks õppida mitmekülgset omavahel seotud kontseptuaalsetel tasanditel nagu geneetiline, meiotiline ja molekulaarne mudel (Stewart, Cartier ja Passore, 2005; Buske ja Bartholomei-Santos, 2021). Õppimisprotsessi rikastamisel tuleks kasutada näiteks interaktiivseid multimeedia materjale, mis aitavad abstraktse teema muuta õpilastele arusaadavaks ning muudavad teemast arusaamise ja seoste tegemise lihtsamaks (Marbach-Ad, Rotbain ja Stavy, 2008).

Autorile teadaolevalt ei ole Eesti gümnaasiumiõpilaste arusaamasid klassikalises geneetikas ja selle rakendamise oskust varem uuritud. Välisriikides on antud teema kohta oluliselt rohkem uuringuid läbi viidud (Lewis, Leach ja Wood-Robinson, 2000; Chattopadhyay, 2005; Caleb, 2015). Mõistmaks Eesti gümnaasiumiõpilaste arusaamasid ja teadmiste rakendamise oskust klassikalises geneetikas, uuriti gümnaasiumi 11. ja 12. klassi õpilaste, kes on läbinud pärilikkuse ja muutlikkuse teema, arusaamasid ja teadmiste rakendamise oskust klassikalises geneetikas. Lisaks õpilaste arusaamadele uuriti ka nende motivatsiooni teema õppimisel ning millised võiksid olla õpilaste hinnangul ametid, kus klassikalise geneetika teadmisi vaja võiks minna. Lähtuvalt töö eesmärkidest, püstitati järgmised uurimisküsimused:

1. Kuidas on õpilased motiveeritud bioloogiat ja klassikalist geneetikat õppima?
2. Kuidas hindavad õpilased klassikalise geneetika keerukust ning kasutatavate õppematerjalide raskusastet?

3. Millistel karjäärivalikutel läheb õpilaste hinnangul vaja klassikalise geneetika teadmisi?
4. Millised on gümnaasiumiõpilaste arusaamad ja teadmiste rakendusoskused klassikalises geneetikas?
5. Millised on õpilaste sugude vahelised erinevused klassikalisest geneetikast arusaamisel ja teadmiste rakendusoskustel?

Eesmärkideni jõudmiseks tutvuti erialase kirjandusega, valiti juba eelnevalt kasutuses olnud küsimustikud, täiendati ja modifitseeriti küsimustikku, kaasati küsimustiku hindamiseks ekspert, viidi läbi küsimustik nii õpilaste kui ka õpetajate seas, analüüsiti tulemusi ja tehti järeldused.

Töö autor on väga tänulik õpilastele ja õpetajatele, kes võtsid vaevaks küsimustele vastata. Töö valmimisele oli suureks abiks Riho Teras, kes andis autorile väga asjakohast ja kriitilist nõu koostatud küsimustiku kohta, Liia Raun ja Aili Tagoma, kes autori kirjatekstid kriitiliselt üle lugesid ja täpsustavaid küsimusi küsisid. Eriliselt tänulik on töö autor oma juhendajale, kelle toetav suhtumine ja head ning asjakohased nõuanded olid suureks abiks magistritöö valmimisele. Töö autor on tänulik oma perele ja oma kooliperele, kes võimaldasid ja toetasid lõputöö valmimist.

1. Kirjanduse ülevaade

1.1. Geneetikast arusaamise vajalikkus

Möödas on üle 100 aasta, kui inglise teadlane William Bateson võttis kasutusele termini *geneetika* (teadus pärilikkusest ja muutlikkusest) (Hauserman, 2014) ja taani teadlane Wilhelm Johansen termini *geen* (pärilikkuse ühik, mis asub kromosoomi kindlas punktis) (Peirson, 2012). Selle aja jooksul on geneetika valdkond laienenud kaugemale kui lihtsalt pärilikkuse uurimine. Tänapäeval nõuab hea arusaamine geneetikast ka teadmisi rakkude ja rakkudes olevate organelide struktuuri ja funktsiooni ning rakkude jagunemise ja paljunemise kohta (Chattopadhyay, 2005).

Geneetikat peetakse üheks raskemaks teemaks, mida bioloogias õpitakse (Longden, 1982; Hallden, 1988; Chattopadhyay, 2005). Geneetika õppimise teevad keeruliseks mitmed põhjused, näiteks vajadus arutleda keerukate mehhanismide üle ning seostada mehhanisme, mis esinevad erinevatel aja- ja ruumiskaaladel (Castro-Faix ja Duncan, 2021). Hoolimata oma keerukusest, on geneetilistest uuringutest tulenevad teadmised ja saavutused muutunud meie igapäevaelu üheks osaks. Inimestele on kättesaadavad geenitestid, toidupoodides võime leida geneetiliselt muundatud organismide (GMO) saaduseid, suurenenud on sünnieelne diagnostika ning kasutust on leidunud geeniteraapia (Boerwinkel, Yarden ja Waarlo, 2017; Metcalfe, 2018). Lisaks tervishoiuprobleemidele on geneetika seotud ka eetiliste, poliitiliste, personaalsete ja majandusprobleemidega (Buske ja Bartholomei-Santos, 2021), mistõttu ei ole geneetika arusaamine enam ainult loodusteaduste või meditsiinivaldkonna inimeste pärusmaa.

Inimestele, kel on kesised teadmised geneetikast või kellel on raskusi geneetilise häire tekkimise tõenäosust mõista, võib olla geneetikast arusaamine aga problemaatiline (Castro-Faix ja Duncan, 2021). Geneetika keerukas tõlgendamine võib inimestes põhjustada ärevust või mõjutada olulisi meditsiiniliste otsuste tegemist, näiteks kas võtta osa rinnavähi sõeluuringust või sünnieelsest diagnostikast (Hawkins ja Ho, 2012). Seetõttu on äärmiselt oluline, et põhikoolis ja gümnaasiumis õpitavad geneetika teadmised omandataks süstemaatiliselt.

1.2. Pärilikkuse ja muutlikkuse õpetamine Eesti koolides

Eesti haridussüsteemis käsitletakse esmaselt pärilikkuse ja muutlikkuse õppimist põhjalikumalt põhikooli III kooliastmes 9. klassis. Antud teema läbimisel peab õpilane saavutama järgmised õpitulemused:

1. analüüsib pärilikkuse ja muutlikkuse osa inimese tunnuste näitel;
2. selgitab DNA, geenide ning kromosoomide seost ja osa pärilikkuses ning geenide pärandumist ja avaldumist;
3. lahendab dominantsete ja retsessiivsete geenialleelide avaldumisega seotud lihtsamaid geneetikaülesandeid;
4. hindab päriliku ja mittepäriliku muutlikkuse osa inimese tunnuste näitel ning analüüsib diagrammidel ja tabelites esitatud infot mittepäriliku muutlikkuse ulatusest;
5. hindab organismide geneetilise muutmise võimalusi, tuginedes teaduslikele ja teistele olulistele seisukohtadele;
6. analüüsib pärilike ja päriliku eelsoodumusega haiguste vältimise võimalusi;
7. kirjeldab geenitehnoloogia tegevusvaldkondi ning sellega seotud elukutseid;
8. suhtub mõistvalt inimeste pärilikku ja mittepäriliku mitmekesisusse. (Põhikooli riiklik ..., 2011)

Gümnaasiumi 3. kursusel ehk siis 11. või 12. klassis jätkatakse pärilikkuse ja muutlikkuse teema käsitlemist. Gümnaasiumi riiklikus õppekavas (GRÕK) on välja toodud, et kursuse lõpuks peaks õpilane omandama järgmised õpitulemused:

1. toob näiteid pärilikkuse ja muutlikkuse avaldumise kohta eri organismirühmadel;
2. võrdleb mutatsioonilise ja kombinatiivse muutlikkuse tekkepõhjust ning tulemusi;
3. analüüsib modifikatsioonilise muutlikkuse graafikuid;
4. hindab pärilikkuse ja keskkonnategurite mõju inimese tunnuste kujunemisel;
5. seostab Mendeli katsetes ilmnunud fenotüübilisi suhteid genotüüpide rekombineerumisega;
6. selgitab inimesel levinumate suguliiteliste puuete geneetilisi põhjusti;
7. lahendab geneetikaülesandeid Mendeli seadusest, AB0- ja reesusüsteemi vererühmadest ning suguliitelisest pärandumisest;
8. suhtub vastutustundlikult keskkonnategurite rolli inimese puuete ja haiguste tekkes. (Gümnaasiumi riiklik ..., 2011)

1.2.1. Õppematerjalid põhikoolile

Põhikooli eeldatavate õpitulemuste kujundamisega alustatakse kaudselt juba teises kooliastmes 4. klassis, kus õpitakse inimese anatoomiat. Kirjastuse Koolibri õpikus (Kaljula ja Sirel, 2018) on välja toodud, et hulkraksete organismide keha koosneb paljudest rakkudest. Õpikusse on tutvustamiseks lisatud ka raku ehitusest lihtsam joonis, kuhu on märgitud rakumembraan, tuum ja tsütoplasma. Põhitekstist võib leida ka nende rakuosade ülesanded. Rakutuuma kohta on mainitud, et tegemist on tähtsama osaga, mis juhib kogu raku ehitust. Koolibri 4. klassi õpikus on mainitud ka mõistet “geen”. Õpilased saavad teada, et inimese keha kõikides rakkudes on isalt ja emalt päritud geenid. Geenid aga sisaldavad juhendit, mis ütleb rakkudele, kuidas tuleb keha üles ehitada. Samas pole mainitud, kus geenid rakkudes asuvad. Erinevalt Koolibri õpikust saab õpilane kirjastuse Avita õpikust (Elvisto, Läänelaid ja Stamm, 2014) teada vaid, et hulkraksed loomad koosnevad paljudest rakkudest.

Põhikooli 7. klassi bioloogi tundides käsitletakse taas raku mõistet. Nii kirjastuse Avita (Relve, Kirk, Tuvikene, Pappel, Hain, Mägi, 2011) kui ka Koolibri (Kons, 2016) õpikust saavad õpilased teada, et organism koosneb rakkudest ning nad on elu põhiüksused, kus toimuvad kõik eluks vajalikud protsessid. Kirjastuse Avita õpik toob õppeteksti sisse ka mõiste “pärilikkusaine ehk DNA” ning mainib, et pärilikkusaine asub tuumas. 2021. aastal ilmunud Mauruse kirjastuse 7. klassi bioloogia tööraamat (Pohla ja Hamburg, 2021) käsitleb vaid üldiselt, et kõik organismid on rakulise ehitusega ning õpilased saavad teada, et taimerakk ja loomarakk on erinevad, kuid erinevusi käsitletakse alles 8. klassis.

Raku ehitust õpitakse taas üksikasjalikumalt 8. klassis, kus õpilased kordavad üle, et rakk on väikseim üksus, millel on kõik elu tunnused. Täpsemalt vaadeldakse raku ehitust, võrreldes looma- ja taimerakku. Raku skemaatilise joonise leiab nii kirjastuse Avita (Toom, Tedersoo ja Relve, 2012) kui ka kirjastuse Koolibri (Särg, 2019) õpikutest. Lisaks selgitavad mõlemad õpikud täpsemalt rakutuuma paiknemist ja ülesannet. Mõlemast õpikust leiab ka mõiste “kromosoom”, ja on välja toodud, et kromosoomid paiknevad tuumas. Avita õpikus mainitakse, et kromosoomides paikneb raku elutegevuseks vajalik pärilik informatsioon ning et kromosoomi iga väike lõik on nagu kood, mille lugemine ja kopeerimine tagab jaguneva raku mõlema poole sarnasuse. Sealjuures jäetakse mainimata mõiste “geen”. Kirjastuse Koolibri õpikus saavad õpilased teada, et “kromosoomis paikneb pärilikkusinfo DNA ehk desoksüribonukleiinhape, mis juhib kõiki rakus toimuvaid protsesse”. Geneetilist sarnasust käsitletakse mõlemas õpikus, kui õpilastele tutvustatakse taimede näitel sugulist ja

mittesugulist paljunemist. Õpilased saavad teada, et sugulisel teel saadud järglased on pärilike omaduste poolest vanematest ja üksteisest erinevad. Samas mittesugulisel ehk vegetatiivsel paljunemisel on järglased pärilike omaduste poolest vanematega ja omavahel sarnased. Kirjastuse Koolibri õpikus kasutatakse pärilike omaduste asemel mõistet “geneetiliselt”.

Süvendatult õpitakse pärilikkust ja muutlikkust põhikooli 9. klassis, kus õpetaja saab kasutada kirjastuse Avita õpikut (Kokassaar, 2013). Õpiku alguses korratakse üle raku ehitus, sealhulgas raku tähtsamad osad ja nende ülesanded. Pärilikkuse ja muutlikkuse teema omandamist alustatakse mõistete õppimisega. Õpilane saab teada, et pärilikku informatsiooni sisaldav DNA kandub paljunemisel vanematelt järglastele. DNA koosneb kahest ahelast, mis on keerdunud spiraalselt ning valkudega kokku pakitult moodustab kromosoomi. Õpik käsitleb täpsemalt ka mõistet “geen” ning selgitab, et “geen on DNA lõik, mis osaleb organismi ühe või mitme tunnuse kujunemises”. Dominantse alleeli ja retsessiivse alleeli erinevust käsitletakse samuti 9. klassis ning õpilastel on võimalik lahendada lihtsamaid klassikalise geneetika ülesandeid nagu näiteks liigsõrmsus, hemofiilia ning värvipimeduse pärandumine. Õpikus tutvustatakse ka temaga seonduvaid elukutseid nagu geenitehnoloog, arst-geneetik, sotsiaaltöötaja.

Põhikoolis kasutatavad õpikud on ilmunud nii eesti kui ka vene keeles, välja arvatud Mauruse kirjastuse tööraamat, mis on ilmunud vaid eesti keeles.

1.2.2. Õppematerjalid gümnaasiumile

Käesoleval ajal on gümnaasiumis bioloogia õpetamise toetamiseks Avita kirjastuse bioloogiaõpikud, mis on avaldatud nii eesti kui ka vene keeles ning on lisaks paberile trükitud õpikule olemas ka digitaalsena. Geneetikat käsitletakse antud kirjastuse õpiku 3. osas (Tenson, Kaldalu, Tenhunen, Hain, Venäläinen, Tihtarinen-Ulmanen jt, 2014). Digiõpiku kirjelduses on välja toodud, et õpik on mõeldud kasutamiseks tavaklassides ning vastab riiklikule õppekavale. Antud õpiku esimeses osas käsitletakse molekulaarbioloogia põhiprotsesse, päriliku info kandjaid ja selle avaldumist. Õpiku teises osas pööratakse tähelepanu viirustele ja bakteritele ning nende tähtsusele biotehnoloogias ja geenitehnoloogias. Viimases osas käsitletakse pärilikkuse ja muutlikkuse seaduspärasusi ning pärilikkuse ja keskkonna vahelisi mõjusid.

Avita kirjastuse õpiku pärilikkuse ja muutlikkuse teema on jagatud kuude peatükki. Klassikalist geneetikat ehk teisisõnu Mendeli seadusi ning Mendeli seaduste rakendamist käsitletakse kahes esimeses peatükis. Peatükid sisaldavad selgitavat põhiteksti ja illustreerivaid jooniseid ning pilte. Erinevalt paber kandjal olevast õpikust on digiõpiku põhiteksti vahele lisatud enesekontrolliülesandeid, mille abil saab õppija kontrollida teksti arusaamist. Õpiku teemat seostatakse erinevate teadusharudega nagu eugeenika ja epigeneetika ning meditsiinivaldkonnaga.

Lisaks Avita kirjastuse õpikule saavad gümnaasiumi bioloogiaõpetajad kasutada õppimise toetamiseks mitmeid digitaalseid materjale. Üks selline keskkond on Digiõppevaramu, kus ühe autori poolt üles pandud õppematerjal on jagatud kaheksasse peatükki (Tesiul, 2018). Klassikalist geneetikat käsitleb üks peatükk pealkirjaga “Mendeli hübriidiseerimiskatsetes ilmnunud seaduspärasused”. Nii nagu Avita kirjastuse paber kandjal õpik ja digiõpik on ka Digivaramus olevates peatükkides ülesehitus sarnane. Digitaalsed õppematerjalid sisaldavad selgitavat teksti ning illustreerivaid jooniseid ja pilte. Sarnaselt Avita digiõpikule on ka siin lisatud peatükkide juurde enesekontrolliülesanded, millega õppija saab kontrollida teksti arusaamist. Erinevalt Avita kirjastuse digiõpikust on Digiõppevaramu peatükkidele lisatud ka lisamaterjalidele suunavad lingid, mida õppijad saavad külastada ja täiendavat informatsiooni juurde lugeda.

Audiovisuaalset õppematerjali on klassikalise geneetika omandamiseks võimalik leida veebiportaalist *YouTube*. Sealsest veebikeskkonnast on võimalik leida üks eestikeelne õppevideo, mis on üles laetud Tallinna Täiskasvanute Gümnaasiumi poolt. Enamus *YouTube*'is ülespandud õppevideodest on siiski ingliskeelsed ning võivad keelebarjääri tõttu raskesti mõistetavad olla.

1.3. Geneetikast arusaamine

Klassikaline geneetika ja molekulaargeneetika on olulised biomeditsiinivaldkonna erialade õppimisel ja uurimuste läbiviimisel ning mõistmisel. Nad mängivad olulist rolli ka geneetilise muundamise, genoomika ja kloonimisega seotud tänapäevaste probleemide arusaamisest. Koolibioloogias on geneetika üks väheseid teemasid, mis julgustab õpilasi arutlema ja probleeme lahendama. (Tsui ja Treagust, 2007) Varasemad uuringud on leidnud, et geneetika on käsitluselt ja keeleliselt keerukas õppida ja õpetada keskkoolides (Venville ja Treagust, 1998). Sisu ja materjalide omavaheline seos, abstraktsete mõistete kasutamine ning mitte ühetimõistetav terminoloogia ja meetoodika üleküllus on põhjused, mis muudavad õpitu

omandamise keeruliseks (Knippels, Waarlo ja Boersma, 2005; Williams, Morgomery ja Manokore, 2012). Näiteks Halldeni (1988) uuringust selgus, et õpilased ei osanud luua seoseid kromosoomide, geenide ja Mendeli seaduste ning meioosi vahel, ometi olid nad koolis eelnevalt läbinud evolutsiooni ja pärilikkuse teemad.

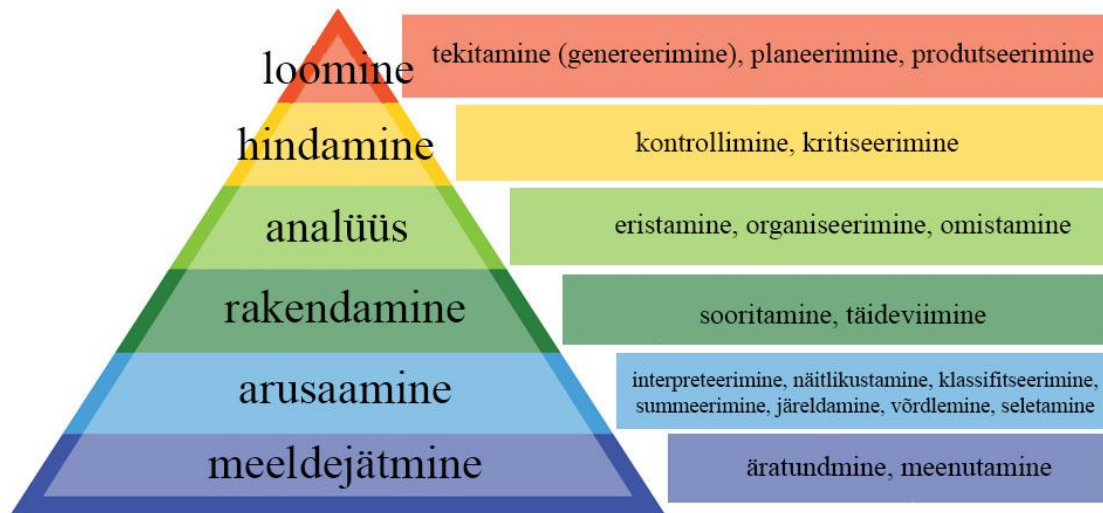
Keeruliseks muudab õppimise ka teadmiste omandamine erinevatel tasanditel. Õpilased mõistavad paremini geneetikat, kui seda õppida makrotasandil (silma nähtavate organismide uurimine), sest seda tasandit saab ise kogeda. Liikudes aga mikro- (silma nähtavate organismide uurimine nagu näiteks bakterid) ja molekulaartasandile (püüab mõista rakkudes ja rakkude vahel toimuvaid bioloogilisi protsesse), siis nad ei mõista geneetiliste tunnuste ja geneetiliste materjalide omavahelisi seoseid. (Hallden, 1988) Et õppija mõistaks geneetilisi protsesse, on tal vaja aru saada kolme omavahel seotud konseptuaalset tasandit nagu geneetiline, meiotiline ja molekulaarne mudel (Stewart jt, 2005). Kui õpilastel ei ole selged meiotilise tasandi mõisted, siis on tal raske mõista näiteks keharakkude ja sugurakkude geneetilist erinevust (Lewis jt, 2000; Chattopadhyay, 2005).

Abstraktsuse ja keerukuse vähendamiseks võiks tunde rikastada simulatsioonidega. Tundide mitmekesistamine interaktiivsete multimeedia materjalidega pakub õpilastele erinevaid õppimisvõimalusi, mis muudavad õppimise sügavamaks. (Tsui ja Treagust, 2007) Õpilastele abstraktseks jäävaid teemasid nagu näiteks molekulaargeneetika nähtused ja protsessid, võiks õpilastele edastada, kasutades animatsioonide abi. Animatsioonid aitavad õpilastel kujutada ette molekulide struktuure ja omavahelisi seoseid, arendades võimet mõelda keemilistest protsessidest molekulaarsel tasandil. (Marbach-Ad jt, 2008) Lisaks peaks õppetegevuses tähelepanu pöörama tegevustele, mille eesmärk on lõimimine, mitte eri tasandite eraldamine (Marbach-Ad ja Stavy, 2000).

1.4. Õppimine ja õpetamine

Õpetamist saab Bloom'i taksonoomia järgi jaotada kolmeks suureks valdkonnaks: kognitiivne, afektiivne ja psühhomotoorne. Kõige rohkem levis neist kolmest õppe- ja kasvatuseesmärkide klassifikatsioonist kognitiivne taksonoomia. Aastate jooksul on see läbi teinud mitmeid uuenduskuure. (Krull, 2018) Võrreldes varasema kognitiivse taksonoomiaga (avaldatud 1956. aastal), on modifitseeritud kognitiivse taksonoomia (avaldatud 2001. aastal) läbi teinud muudatusi nii põhi- kui ka alamkategoriate nimetustes. Üheks märkimisväärsemaks uuenduseks on hindamise ja sünteesi järjestuse muutmine vastupidiseks. Sellest lähtuvalt toimub hindamine enne loomist (joonis 1). (Krull, 2018)

Kognitiivse protsessi moodsed kirjeldab kognitiivse keerukuse suurenemise suunda (joonis 1). See tähendab, et õppimist alustatakse madalama astme mõtlemisoskustest, liikudes kõrgema astme mõtlemisoskusteni. Anderson ja Krathwohl, kes avaldasid modifitseeritud kognitiivse taksonoomia, toovad välja 19 alamkategoriat, mis täpsustavad kuut põhikategoriat (joonis 1). (Heer, 2015; Krull, 2018)



Joonis 1. Moderniseeritud kognitiivse taksonoomia kognitiivsete protsesside moodsed – põhikategoriad ja alamkategoriad. Modifitseeritud: Armstrong, 2010; Krull, 2018

Õppeedukust ei saa mõõta mitte ainult selle järgi, mida õpilane õpitust mäletab. Hinnata tuleks ka seda, mida õpilased oma teadmistega teha suudavad. (Crowe, Dirk ja Wenderoth, 2017) Meeldejäätmine on madalama astme kognitiivne oskus, mis nõuab vaid minimaalset mõistmise taset (joonis 1). Seevastu teadmiste rakendamine ja kriitiline mõtlemine on kõrgema astme kognitiivsed oskused, mis nõuavad õpilaselt teadmiste sügavamast arusaamist (joonis 1). (Zoller, 1993; Bissell ja Lemons, 2006)

Õpilastel on sageli raskusi saavutada kõrgematel tasemetel omandatud teadmisi (Zoller, 1993). Kui klassiruumis tehtavad õppetegevused on suunatud vaid kõrgema astme kognitiivsetele oskustele, kuid õpetaja kontrollib ainult faktide meenutamist, õpivad õpilased kiiresti, et nad ei pea tunnis pingutama ja teadmisi omandada kõrgemal tasemel. Samuti kui õpetaja arutleb klassiruumis põhiliselt faktide ja üksikasjade üle, aga kontrollib õpilaste kõrgemaid kognitiivseid oskusi, siis ei ole õpilastel piisavat praktilist kogemust, et õpitavast materjalist kujuneks sügavam kontseptuaalne arusaamine. Eelmainitud olukorrad võivad viia selleni, et õpilased sooritavad sageli tööd kehvasti, sest neil puudub õpitavast materjalist sügavam arusaam. Mõlemad olukorrad põhjustavad õpetajates ja õpilastes märkimisväärset frustratsiooni. (Crowe jt, 2017)

Kuigi Bloom'i taksonoomiat saab kasutada laialdaselt, peab siiski oma valdkonna kontekstis määrama algsed klassifikatsioonid (Crowe jt, 2017). Bioloogias on Bloom'i taksonoomiat kasutatud hindamismudelite koostamisel (Bissell ja Lemons, 2006; Allen ja Tanner, 2006), kujundavate hindamisküsimuste väljatöötamisel sobival kognitiivsel tasemel ja kursuse planeerimisel (Allen ja Tanner, 2002; Allen ja Tanner, 2007; Crowe, 2017). Bloom'i taksonoomiast lähtuvad õppetegevused sisaldavad mitmesuguseid õppemeetodeid ning õpilased saavad neid kasutada oma õpioskuste täiustamiseks, et saada tõhusamaks ning tulemuslikumaks õppijaks (Crowe, 2017).

1.5. Motivatsioon ja karjääriteadlikkus

Motivatsioon on inimese sisemine jõud, mis tagab tema vajadust jõuda saavutusteni (Hagay, Baram-Tsabari, Ametller, Cakmakci, Lopes, Moreira ja Pedrosa-de-Jesus, 2013). Õppimise protsessis mängib motivatsioon olulist rolli (Ames, 1990). Motiveeritud õpilane tunneb õpitava valdkonna vastu huvi, arendab selle valdkonnaga seotud oskusi ja rakendab saadud teadmisi (Özbaş, 2019). Samuti siirdub motiveeritud õpilane talle meelepärast ainet edasi õppima ka kõrgkooli. DeWitt ja Arcer (2015) tõid oma uurimistöös välja, et õpilane, kes on motiveeritud õppima loodusaineid seob ka suure tõenäosuse oma karjääri loodusainetega.

Motivatsiooni saab jagada kaheks: väliseks ja sisemiseks. Välise motivatsiooni korral on õppimine sageli pealiskaudne, sest motivaatoriks on tasustus. Sisemine motivatsiooni puhul on oluline tegevusest saadav rahuldus. (Krull, 2018) Mitmed uuringud on näidanud, et õpilased on üldiselt motiveeritud õppima bioloogiat, kuid suurem motiveeritus on õpilastel õppida teemasid, mis käsitlevad bioloogiat makrotasandil (Baram-Tsabari, Sethi, Bry ja Yarden 2010; Teppo, Semilarski, Soobard ja Rannikmäe, 2017). Motivatsioon õppida loodusaineid võib sõltuda ka soolisest erinevusest. Uuringutest selgub, et neid on enam motiveeritud õppima bioloogiat kui noormehed, kes eelistavad õppida füüsikat ja tehnoloogiat (Baram-Tsabari ja Kaadni, 2009; Teppo jt, 2017).

2. Metoodika

2.1. Uuringu ülesehitus

Käesolevas töös uuriti gümnaasiumiõpilaste arusaamist klassikalisest geneetikast ja selle rakendamise oskust. Samuti uuriti õpilaste motivatsiooni antud teemat õppida ning millised võiksid olla õpilaste arvates ametid, milles läheb klassikalise geneetika teadmisi vaja. Uurimistöö etapid on toodud joonisel 2.



Joonis 2. Uurimistöö etapid

Uurimise praktilise töö läbiviimiseks tutvuti eelnevalt erialase kirjandusega. Seejärel valiti juba eelnevalt kasutuses olnud küsimustikud õpilastele (Lewis jt 2000; Caleb, 2015), mis tõlgiti ja kohandati Eesti oludele sobivaks ning pandi kokku üheks küsimustikuks.

Küsimustikule lisati ka magistratöö autori enda poolt koostatud küsimusi, et koguda taustaandmeid, teada saada õpilaste arvamusi õpimotivatsiooni kohta (bioloogia kui õppeaine ja klassikalise geneetika osas), õpilaste hinnangut klassikalise geneetika raskusastmele ja kasutatavatele õppematerjalidele, õpilaste arvamust klassikalise geneetika teadmiste vajalikkusest tulevikus ja millisel ametil neid vaja võiks minna. Klassikalise geneetika arusaamise ja teadmiste rakendamise oskusi hindavasse küsimustikku lisati ka paar teadmist

kontrollivat küsimust (küsimused 18 ja 19) (lisa 1) raamatust “Geneetika ülesanded” (Heinaru ja Viikmaa, 1992).

Küsimustik saadeti hindamiseks Tartu Ülikooli molekulaar- ja rakubioloogia instituudi geneetika kaasprofessorile Riho Terasele, kelle soovitude põhjal küsimustikku modifitseeriti. Uuendatud küsimustiku arusaadavust kontrolliti 11. klassi õpilaste peal, kelle teadmised klassikalisest geneetikast pärinevad põhikoolist. Pärast 11. klassi õpilaste vastuseid kohandati üksikute küsimuste sõnastust, et need oleksid paremini mõistetavad. Lisaks õpilastele suunatud küsimustikule koostati ka küsimustik õpetajatele, mille eesmärk oli hinnata õpilaste motiveeritust ja õpitust arusaamist ning rakendamist õpetajate vaatenurgast.

2.2. Valim

Andmete kogumiseks kasutati mugavusvalimit. Koolid valiti veebilehe koolikaart.hm.ee abil. Kokku saadeti küsimustik 22 gümnaasiumi õppejuhile, kellel paluti küsimustikud edastada sihtgrupile. Küsimustikele vastamine oli vabatahtlik ning vastajatele tagati täielik anonüümsus. Uuringus osales kokku 11 õpetajat ning 47 õpilast (tabel 1).

Tabel 1. Uuringus osalenud õpilased ja õpetajad

Sihtgrupp	Meeste arv	Naiste arv	Osalejate arv kokku
11. klass	3	8	11
12. klass	11	25	36
Õpetajad	6	5	11
Kokku	20	38	58

Esialgelt oli osalejatel aega küsimustikele vastata kaks nädalat. Pärast meeldetuletuskirja edastamist õppejuhtidele pikendati vastamisperioodi ühe nädala võrra. Pikenduse põhjuseks oli madal vastamisaktiivsus valitud koolide õpetajate ja õpilaste poolt.

2.3. Instrument

Õpilastelt ja õpetajatelt vastuste kogumiseks kasutati töös elektroonilist *Google* vormi küsimustikku. Küsimustikud sisaldasid avatud ja valikvastustega küsimusi ning Likerti (1-5) skaalaga küsimusi. Õpilastele suunatud küsimustik (lisa 1) jaotati viide ossa, et vastajatel oleks lihtsam vastata. Esimene osa sisaldas küsimusi, millega koguti taustaandmeid, teises osas uuriti õpilaste motiveeritust klassikalist geneetikat õppida ning milline võiks olla selle teema teadmiste vajalikkus tulevikus (lisa 1). Ülejäänud osades olevad küsimused olid

suunatud õpilaste teadmiste hindamiseks (küsimused 1-29) (lisa 1). Kogu küsimustiku peale kokku tuli õpilastel vastata 40 küsimusele. Õpetajate küsimustik (lisa 2) koosnes 9 küsimusest, mis oli jagatud kahte ossa. Esimeses osas koguti taustaandmeid ning teise osa küsimuste kaudu hinnati õpetaja vaatenurgast õpilaste motiveeritust õppida klassikalist geneetikat.

2.4. Andmete analüüs

Kogutud andmete analüüsiks eksporditi *Google* vormi vastused *Google* arvutustabelisse. Anonüümsuse tagamiseks kasutati kodeerimist (õpilased ID nr ja õpetajad ÕP-ID nr). Tulemuste analüüsiks kasutati *Google* arvutustabeli funktsioone ja andmetöötlusprogrammi IBM SPSS 22.0 (*Statistical Package for the Social Sciences*), kuhu eksporditi andmed *Google* arvutustabelist. Saadud tulemuste analüüsil leiti aritmeetilised keskmised, standardhälve ja standardviga. Õpilaste vastustele küsimustele 1–29 anti väärtused, mis on näha tabelis 2.

Tabel 2. Õpilaste teadmisi kontrollivate küsimuste hindamine

Küsimused	Hindamine
1 kuni 6	3 punkti õige vastuse ja korrektse põhjenduse eest, 2 punkti õige vastuse ja ebatäpse põhjenduse eest, 0 punkti vale vastus ja/või vale põhjendus eest
7 kuni 19	1 punkt õige vastuse eest, 0 punkti vale vastuse eest
20	2 punkti mõlema õige vastuse eest, 1 punkt ühe õige vastuse eest, 0 punkti vale vastuse eest
21 kuni 29	1 punkt õige vastuse eest, 0 punkti vale vastuse eest

Õpilaste ja õpetajate vabavastustena kirja pandud vastuseid ja põhjendusi kasutati tulemuste ilmestamiseks. Andmete analüüsil saadud graafikut kohandati ja täiendati ning pildipaneelide koostamisel kasutati programmi *Adobe Photoshop 2022*.

3. Tulemused

Küsitluses osales 47 gümnaasiumiõpilast, nendest 11 (23%) õpilast õppis 11. klassis ja 36 (77%) õpilast õppis 12. klassis (tabel 1). Pärilikkuse ja muutlikkuse teemat käsitlesid 18 (38%) õpilast 11. klassis ning 29 (62%) õpilast 12. klassis. Enamikul vastanutest oli teema käsitlemisest möödas rohkem kui üks kuu (81%), kuu aega tagasi õppisid teemat 7 õpilast (15%) ning 2 õpilast käsitlesid teemat vähem kui kuu tagasi enne küsimustikule vastamist. Enamik küsimustele vastanuist olid neid (33 õpilast, 70%), noormeestest edastas vastused 14 õpilast (30%).

Õpetajate küsitlusele vastas 11 õpetajat, neist 5 naist (45,5%) ja 6 meest (54,5%) (tabel 1). Vastanud õpetajatest 5 õpetajat on koolis bioloogiat õpetanud 1 kuni 15 aastat ning 6 õpetajat 20 kuni 46 aastat.

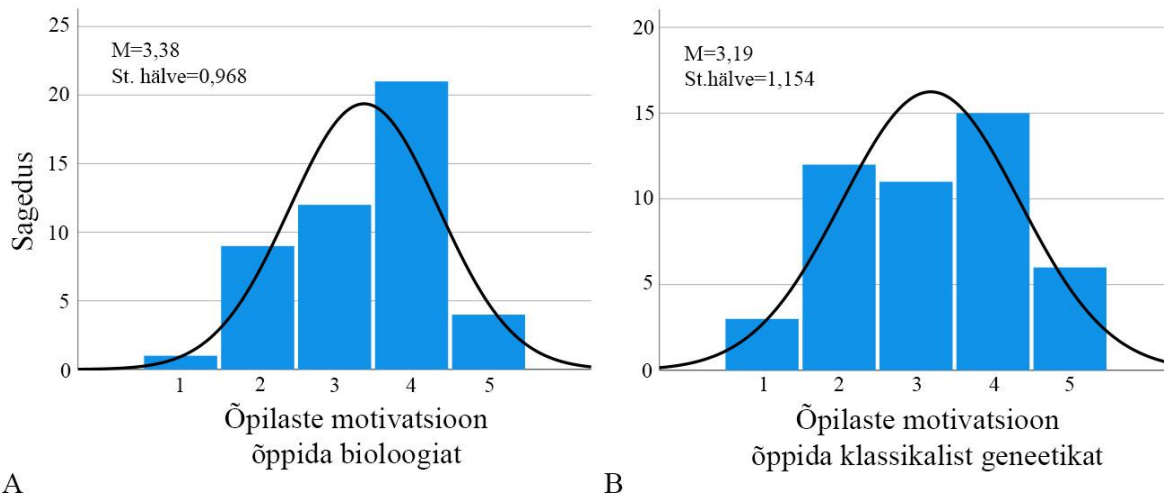
Andmete usaldusväärsuse hindamiseks kasutati *Reliability Analysis*'t. Õpilaste vastuste *Cronbach*'i alfa väärtuseks saadi 0,826, mis hindab õpilaste andmete usaldusväärsuse heaks. Õpetajatelt kogutud andmete *Cronbach*'i alfa väärtuseks saadi 0,526, mis hindab antud andmed kehvaks. (George ja Mallery, 2003) See võib tulla sellest, et õpetajate valim oli liiga väike.

3.1. Õpimotivatsioon

Antud uurimuses vaadeldi küsimustikule vastanud gümnaasiumiõpilaste motivatsiooni õppida üldiselt bioloogiat kui õppeainet ning motivatsiooni õppida klassikalist geneetikat. Tulemustest selgus, et vastanud õpilastest enamik on motiveeritud või pigem motiveeritud õppima bioloogiat (25 õpilast, 53,2%, $M=3,38$) (M -keskmine tulemus) (joonis 3A). Suur hulk vastanud õpilastest (12 õpilast, 25,5%) ei osanud anda hinnangut oma õpimotivatsioonile ning 10 õpilast (21,2%) olid mittemotiveeritud või pigem mittemotiveeritud õppima bioloogiat (joonis 3A).

Enamik vastanud õpilastest olid motiveeritud või pigem motiveeritud õppima klassikalist geneetikat (21 õpilast, 44,7%, $M=3,19$) (joonis 3B). Mittemotiveeritud või pigem mittemotiveeritud õppima klassikalist geneetikat oli 31,9% õpilastest (15 õpilast). Oma õpimotivatsiooni ei osanud hinnata 11 õpilast (23,4%) (joonis 3B).

Võrdlemaks omavahel õpimotivatsiooni õppida bioloogiat ja klassikalist geneetikat kasutati *Spearman*'i korrelatsiooni. Antud analüüsist selgub, et nende kahe tunnuse vahel ilmneb statistiline olulisus ($p < 0,001$), mis on tugevalt positiivses korrelatsioonis ($r = 0,664$).



Joonis 3. Õpilaste motivatsioon õppida bioloogiat (A) ja klassikalist geneetikat (B)

Note. Y-teljel on toodud vastuste esinemise sagedus ja x-teljel Likerti skaala väärtused (1- ei ole motiveeritud, 2 - pigem ei ole motiveeritud, 3 - ma ei tea, 4 - pigem motiveeritud, 5 - väga motiveeritud). Lühendid: M-keskmine väärtus, St.hälve-standardhälve.

Vastanud õpetajad hindasid õpilaste motivatsiooni õppida bioloogiat kahel erineval viisil. Kolme õpetaja (27,3%) hinnangul õpilased pigem ei ole motiveeritud õppima bioloogiat ning 72,7% vastanutest (8 õpetajat) pigem arvavad, et õpilased on motiveeritud õppima bioloogiat (tabel 3).

Tabel 3. Õpetajate hinnang õpilaste motivatsioonile õppida bioloogiat ja klassikalist geneetikat

Likerti skaala väärtus	Õpilaste motivatsioon õppida bioloogiat		Õpilaste motivatsioon õppida klassikalist geneetikat	
	Vastuste arv	Protsent	Vastuste arv	Protsent
1	0	0	0	0
2	3	27,3	2	18,2
3	0	0	1	9,1
4	8	72,7	8	72,7
5	0	0	0	0

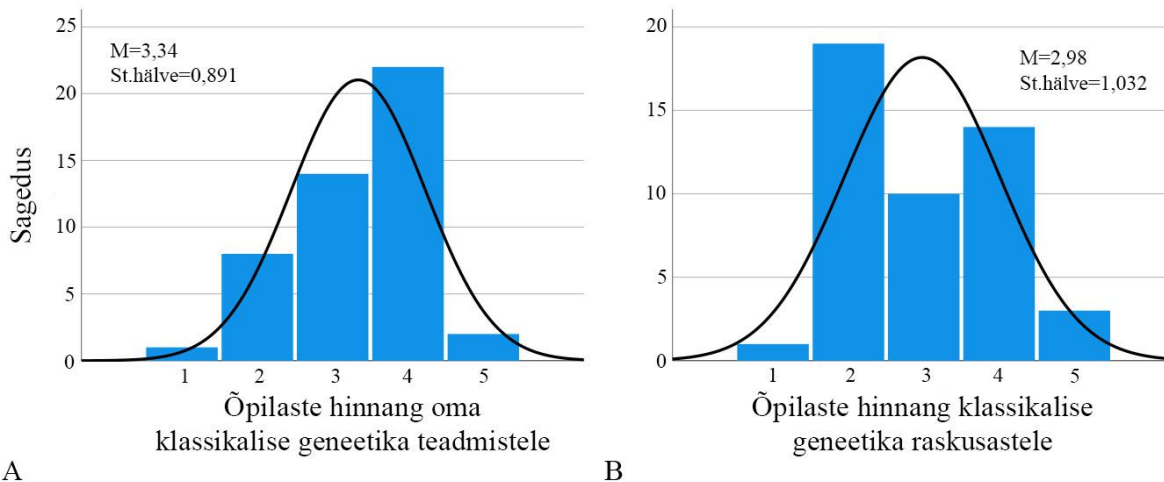
Note. Likerti skaala väärtused: 1- ei ole motiveeritud, 2 - pigem ei ole motiveeritud, 3 - ma ei tea, 4 - pigem motiveeritud, 5 - väga motiveeritud.

Hinnates õpilaste motivatsiooni õppida klassikalist geneetikat, jagunes vastanud õpetajate arvamus kolmeks. Kahe õpetaja (18,2%) arvates õpilased pigem ei ole motiveeritud õppima klassikalist geneetikat ja 8 õpetajat (72,7%) arvasid, et õpilased pigem on motiveeritud õppima klassikalist geneetikat (tabel 3). Üks õpetaja (9,1%) ei osanud hinnata õpilaste motivatsiooni õppida klassikalist geneetikat (tabel 3).

3.2. Õpilaste hinnang oma teadmistele klassikalise geneetika ja kasutatavate õppematerjalide arusaadavuse kohta

Järgmisena uuriti, mis hinnangu annavad õpilased oma teadmistele klassikalises geneetikas. Vastanud õpilastest 24 hindavad oma klassikalise geneetika teadmisi “pigem oskan” või “väga hästi oskan” (51,1%, $M=3,34$) (joonis 4A). Üheksa õpilase hinnangul nad pigem ei oska või ei oska klassikalist geneetikat (19,1%). Oma teadmistele ei osanud hinnangut anda vastanutest 14 õpilast (29,8%) (joonis 4A).

Õpilastel paluti hinnata klassikalise geneetika raskusastet. Ligi poolte vastanud õpilaste (21 õpilast, 42,5%, $M=2,98$) arvates on klassikaline geneetika väga keeruline või pigem keeruline (joonis 4B). Umbes kolmandiku õpilaste hinnangul (17 õpilast, 36,2%) on klassikaline geneetika pigem lihtne või väga lihtne ning 21,3% vastanud õpilastest (10 õpilast) ei osanud hinnata klassikalise geneetika raskusastet (joonis 4B).



Joonis 4. Õpilaste hinnang oma klassikalise geneetika teadmistele (A) ja klassikalise geneetika teema raskusastmele (B)

Note. Y-teljel on toodud vastuste esinemise sagedus ja x-teljel Likerti skaala väärtused (A) (1- ei oska, 2 - pigem ei oska, 3 - ma ei tea, 4 - pigem oskan, 5 - väga hästi oskan), (B) (1- väga keeruline, 2 - pigem keeruline, 3 - ma ei tea, 4 - pigem lihtne, 5 - väga lihtne). Lühendid: M-keskmine väärtus, St.hälve-standardhälve.

Õpilastel paluti põhjendada oma hinnangut klassikalise geneetika raskusastmele. Õpilased, kes hindasid klassikalist geneetikat väga raskeks või pigem raskeks, põhjendasid järgmiselt:

... *Muutis raskeks: huvipuudus teema vastu.* (ID 38)

... *Õpiku seletused jäid minu jaoks puudulikuks.* (ID 40)

... *Geneetika on keeruline teema, sest seal on palju erinevaid reegleid ja seaduspärasusi, mida peab teadma.* (ID 46)

Vastanud õpilastest 10 (21,3%), kelle arvates klassikalise geneetika teema on pigem lihtne või väga lihtne, tõid põhjuseks hea õpetaja või õpetaja oskusliku seletamise. Üks õpilane tõi põhjuseks:

... *Sain sellest teemast aru juba 9. klassis ning seetõttu gümnaasiumis oli juba lihtsam lahendada ja uuest materjalist aru saada.* (ID 20)

Vastanud õpilased, kes ei osanud anda hinnangut klassikalise geneetika raskusastmele, põhjendasid oma valikut järgmiselt:

... *Õppimist raskendasid paljud erinevad mõisted, õppimise tegi huvitavaks seos igapäevaeluga.* (ID 25)

... *Õppimist aitas enda huvi. Takistas tunni ülesehitus.* (ID 43)

... *Põhjalikult kogu teemat hallata ei olegi alati lihtne, kuid siiski huvitav, mistõttu oli parem õppida.* (ID 3)

Spearman'i korrelatsiooniga võrreldi õpilaste hinnangut oma klassikalise geneetika teadmistele ja klassikalise geneetika raskusastmega. Antud võrdluses ei täheldatud statistilist olulisust ($p=0,099$, $r=0,244$). Seevastu võrreldes õpilaste motivatsiooni õppida klassikalist geneetikat ning nende hinnanguid oma teadmistele, täheldati, et need kaks tunnust on omavahel seotud ($p=0,037$, $r=0,305$).

Vastanud õpetajate hinnangul õpilased enamasti pigem oskavad või oskavad väga hästi klassikalist geneetikat (9 õpetajat, 81,8%). Ainult üks õpetaja (9,1%) arvas, et õpilased pigem ei oska klassikalist geneetikat ning üks õpetaja (9,1%) ei osanud hinnata õpilaste teadmiste omandamist klassikalises geneetikas. Hinnates klassikalise geneetika raskusastet, arvas enamik vastanud õpetajatest, et teema on pigem lihtne või väga lihtne (8 õpetajat, 72,7%). Ainult 3 õpetajat (27,3%) arvas, et klassikaline geneetika on pigem keeruline. Õpetajatel paluti põhjendada oma valikut, mis aitab või mis muudab raskeks/takistab õpilastel klassikalise geneetika õppimist. Õpetajad tõid välja, et peamiseks takistuseks õppimisel on taustateadmiste puudumine ning õpilased ei tee endale selgeks põhimõisteid. Takistavateks teguriteks peeti ka puudulikke õpioskuseid ning tihedat õppekava.

... *Õpilased ei tee endale selgeks põhimõisteid ja nende tähendust (geen, alleel, dominantsus, retsessiivsus, homosügootsus...). Ei ole harjunud pidevalt õppima ja õpivad vaid konkreetseks tunniks. Mõtted on mujal nt suhtlusportaalides ja ei pea õpitavat oluliseks.* (ÕP-ID 9)

... *Klassikalise geneetika osa seaduspärasid aitavad mõista praktilised geneetika ülesanded. Selleks peavad aga õpilastel olema taustateadmised molekulaarbioloogiast, rakubioloogiast ja tõenäosusteooriast matemaatikas (nendele õpilastele, kellel eelmistest kursustest taustateadmisi ei ole, siis nendel on raske). Tegemist on osaga bioloogias, kus õpilased ei pea niivõrd palju mõisteid tuupima, kuivõrd rakendama oma mõistmist ja analüüsisioskust.* (ÕP-ID 1)

Osade vastanud õpetajate arvates aitavad õpilastel klassikalist geneetikat õppida näidisülesanded, teema seotus igapäevaeluga ning teema huvitavus õpilaste jaoks.

... Näidisülesanded aitavad paremini mõista aga probleem on selles, et tegelikult on aega vähe, et tegeleda nendega, sest õppekava on tihe.

(ÕP-ID 2)

... Huvitav ja igapäevaeluga seotud teema aitab õppimisele kaasa. Puudujäägid nt meioosi mõistmisel ja mõistete teadmises raskendavad.

(ÕP-ID 11)

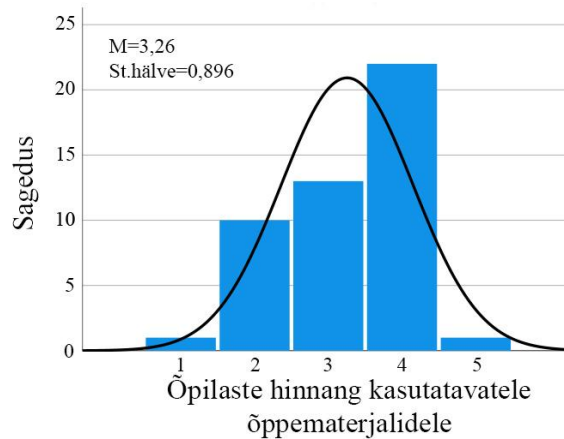
Õpetajatelt küsiti, millised oskused takistavad õpilastel klassikalise geneetika õppimist. Õpetajad said valida 1 kuni mitu vastust ning valikus oli antud neli varianti: terminite omandamine, funktsionaalne lugemisoskus, matemaatika kasutamine ja muu. Kõik vastanud õpetajad tõid välja, et puudulik funktsionaalne lugemisoskus ei võimalda õpilastel klassikalisest geneetikast aru saada. Lisaks toodi välja ka puudulik terminite omandamine (6 õpetajat, 54,5%). Ühe õpetaja (9,1%) arvates on takistuseks ka oskamatus matemaatika teadmisi rakendada ning üks õpetaja tõi välja muu põhjuse.

... Ülesannete lahendamisel osad õpilased jätavad poole töökäsust lugemata ning seetõttu kogu lahenduskäik on vale. Lahenduskäigust saadakse aru, kuid lähteandmed valitakse valesti praktilistel ülesannetel. (ÕP-ID 1)

... Geeni ja alleelide vahekorda nad ei taju. Kui on erinevad mõisted "mängus", siis ei suuda ülesande teksti mõista. (ÕP-ID 9)

... Ei viitsita teha korrektseid ristamisskeeme või kasutada ettenähtud tähistust. (ÕP-ID 6)

Õpilastel paluti hinnata kasutatavate õppematerjalide arusaadavust. Vastanud õpilastest ligi pooled hindasid õppematerjalid pigem lihtsaks või väga lihtsaks (23 õpilast, 48,9%, M=3,26) (joonis 5). Õppematerjale pidas pigem keeruliseks või väga keeruliseks 11 õpilast (23,4%). Hinnangut ei osanud anda 13 õpilast (27,7%) (joonis 5).



Joonis 5. Õpilaste hinnang kasutatavatele õppematerjalidele

Note. Y-teljel on toodud vastuste esinemise sagedus ja x-teljel Likerti skaala väärtused (1- väga keerulised, 2 - pigem keerulised, 3 - ma ei tea, 4 - pigem lihtsad, 5 - väga lihtsad). Lühendid: M-keskmine väärtus, St.hälve-standardhälve.

Kui õpilased põhjendasid, mis raskendas õppematerjalide arusaadavust, siis tõid osad välja, et õppematerjalid olid kohati raske sõnastusega või teaduslikult kirjutatud ja iganenud. Lisaks toodi välja, et arusaamist takistasid ka keerulised mõisted.

... Hästi teaduslikult kirjutatud ja seega keeruline kohati mõista. (ID 5)

... Spetsiifilised sõnad ning kohati kahemõttelised väljendid, mis jätsid teema arusaama n.ö kõhkleva lünga. (ID 32)

... Ma arvan, et see oleneb küll inimesest, aga minu jaoks mõnikord õppematerjal on veidi raske sõnastusega ja vajab selgitamist õpetaja poolt. (ID 12)

Õpilaste arvates muutsid kasutatavad skeemid, joonised, videod ja näidisülesanded õppematerjalid arusaadavamaks. Oli ka neid õpilasi, kelle arvates kasutatav gümnaasiumi bioloogiaõpik on lihtsalt ja arusaadavalt kirjutatud. Osad vastanud õpilastest märkisid, et ka õpetaja täiendavad materjalid ja selgitused abistasid õppematerjalide arusaadavust.

... Pildid aitavad hästi seletada geneetika protsesse. (ID 35)

... Kirjutatud küll spetsiifilise sõnavaraga, kuid seegi on arusaadav, kui mõisted on selgelt defineeritud ja lahti seletatud. (ID 7)

... Õpetajal olid slaidid, mis olid väga head ja arusaadavad. (ID 45)

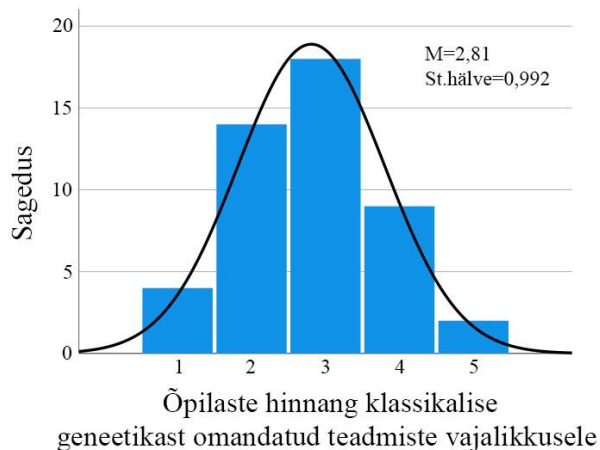
Spearman’i korrelatsiooni abil võrreldi omavahel õpilaste hinnangut klassikalise geneetika teadmistele ning õpilaste hinnangut kasutatavate õppematerjalide arusaadavusele ning ilmnes, et need kaks tunnust on omavahel seotud ($p=0,009$, $r=0,375$).

Õpetajatel paluti nimetada, milliseid õppematerjale nad kasutavad, kui õpetavad klassikalist geneetikat. Enamus vastanud õpetajatest kasutab Avita kirjastuse bioloogiaõpikut ning E-koolikoti materjale. Päris mitu õpetajat tõi välja, et kasutavad enda koostatud materjale (esitlust, töölehti, enesekontrolliteste, loengusalvestusi). Mainiti ka Tartu Ülikooli Kirjastuses välja antud raamatut “Geneetika ülesandeid” ning Nobelprize simulatsiooni vereülekandest “patsientidele”.

Õpetajatelt uuriti, millistest õppematerjalidest nad klassikalise geneetika õpetamisel puudust tunnevad. Vastanud õpetajatest viis tõi välja, et vaja oleks kaasaegsemaid ülesandeid. Suureks abiks oleks ka animatsioonid, mis aitaksid ülesannete lahenduskäiku paremini selgitada. Ühe õpetaja arvates oleks õpilastele vaja näitematerjale dominantsetest ja retsessiivsetest tunnustest ja suguliitelistest tunnustest inimestel. Kahe vastanud õpetaja arvates on materjale kogunenud piisavalt ning pigem oleks vaja rohkem aega õppimiseks (tihe õppekava).

3.3. Klassikalise geneetika teadmiste vajalikkus tulevikus

Järgnevalt uuriti, kuidas hindavad õpilased klassikalises geneetikas saadud teadmiste vajalikkust tulevikus. Vastanud õpilastest 18 (38,3%, $M=2,81$) (joonis 6) arvas, et neil klassikalise geneetika teadmisi tulevikus ei lähe vaja või pigem ei lähe vaja. Sama palju õpilasi ei osanud hinnata, kas neil klassikalise geneetika teadmisi tulevikus vaja läheb (18 õpilast, 38,3%). Seevastu 11 õpilast (23,4%) arvasid, et neil pigem läheb vaja või läheb vaja õpitud teadmisi ka tulevikus (joonis 6).



Joonis 6. Õpilaste hinnang klassikalise geneetikast omandatud teadmiste vajalikkusele tulevikus

Note. Y-teljel on toodud vastuste esinemise sagedus ja x-teljel Likerti skaala väärtused (1- ei lähe vaja, 2 - pigem ei lähe vaja, 3 - ma ei tea, 4 - pigem läheb vaja, 5 - läheb vaja). Lühendid: M-keskmine väärtus, St.hälve-standardhälve.

Õpilased, kelle arvates neil klassikalist geneetikat tulevikus vaja ei lähe, põhjendasid oma vastust peamiselt sellega, et nad ei seo oma tulevikku bioloogiavaldkonna erialadega. Sarnaseid põhjusi tõid välja ka õpilased, kes ei osanud hinnata teadmiste vajalikkust tulevikus või nad ei tea veel, mida tulevik tuua võiks.

... Mind huvitab kunsti ja humanitaarvaldkonnad, lähen EKAsse muinsuskaitset ja konserveerimist õppima. (ID 10)

... Ebatõenäoline on selle vajadus programmeerimise või füüsilise töö valdkonnas. (ID 38)

... Ei ole kindel, mis tulevik toob. (ID 23)

Õpilased, kes arvasid, et õpitud teadmisi läheb neil vaja ka tulevikus, põhjendasid oma valikut sellega, et nad lähevad ülikooli edasi õppima loodusteadusi või meditsiini. Üks õpilane tõi välja, et klassikalise geneetika teadmisi võiks vaja minna ka psühholoogil, kelleks ta soovib õppida. Vajalikkuse põhjendustena toodi välja ka, et saab paremini mõista arsti, mediatekste, kasu pereplaneerimisel või kui suguvõsas esineb vähki. Päris mitu vastanud õpilast põhjendasid ka, et klassikalise geneetika teadmised avardasid nende silmaringi ning arendasid nende loogilist mõtlemist.

... See oleneb sellest mida keegi peale gümnaasiumi õppima läheb ja mina arvan, et mul ei lähe seda vaja, aga kunagi ei või teada, sest see teadmine geneetikast ei jookse mööda külge maha. (ID 12)

Vastanud õpilased seostasid klassikalise geneetika teadmisi järgmiste elukutsetega: meditsiinitöötaja (arst, ämmaemand, kirurg), geenitehnoloog, õpetaja, bioloog, biokeemik, ravimitootja, keemik, toidutehnoloog ja psühholoog. Enamik vastanud õpilastest arvasid, et klassikalist geneetikat läheb vaja meditsiinitöötajal (21 õpilast), geenitehnoloogidel (17 õpilast), bioloogidel (12 õpilast) ja õpetajal (7). Ülejäänud ameteid nimetati 4 ja vähem kordi.

3.4. Õpilaste teadmised pärilikkusest ja klassikalisest geneetikast

Pärilikkuse ja klassikalise geneetika teadmistest arusaamiseks kasutati 29 küsimust, mis jagati nelja ossa (küsimustiku teine kuni viies osa (lisa 1)). Kõik küsimused olid valikvastustega, kuid esimese 5 küsimuse puhul tuli õpilasel oma valikut ka põhjendada. Õpilaste vastuseid hinnati punktide põhisedelt (tabel 2).

3.4.1. Geneetilise informatsioonist arusaamine erinevates rakkudes

Teise osa viie küsimusega uuriti teadmisi ja arusaamist geneetilisest seosest sama isendi rakkude vahel ning geneetilisest seosest erinevate isendite rakkude vahel (lisa 1). Küsimustes kasutati mõisteid põserakk, närvirakk ja seemnerakk. Õpilastelt eeldati arusaamist, et ühe isendi keharakkudes on sama geneetiline informatsioon ning erinevate indiviidide keharakkudes on erinev geneetiline informatsioon. Samuti eeldati, et õpilased teavad, et iga seemnerakk sisaldab ainulaadset geneetilise teabe kombinatsiooni (Lewis jt, 2000). Teises osas olevate küsimuste põhjal oli õpilasel õigete vastuste eest võimalik koguda 15 punkti ($M=6,38$). Vastanud õpilaste parimaks tulemuseks oli 14 punkti, mille saavutas üks õpilane (2,1%). Üle keskmise tulemuse said 25 õpilast (53,2%) ning alla keskmise 22 õpilast (46,8%). Nendest 4 õpilast (8,5%) ei saanud ühegi küsimuse juures punkte.

Vastanud õpilased mõistsid kõige paremini, et kui võtame ühe Martini põseraku ja ühe Juhani närviraku, siis nende geneetiline informatsioon on erinev (40 õpilast, 85,1%, $M=2,6$) (tabel 4). Üks õpilane ei osanud vastata ning viis õpilast oskasid nimetada, et tegemist on erineva geneetilise informatsiooniga, kuid ei osanud anda korrektset põhjendust oma vastusele (6 õpilast, 12,8%). Üks õpilane teadis, et rakud sisaldavad erinevat pärilikkuse ainet, kuid põhjendus jäi ebapiisavaks (1 õpilane, 2,1%) (tabel 4).

Küsimusele, kui võtta kaks Martini põserakku, siis nendes olev geneetiline informatsioon on, oskasid korrekselt vastata 5 õpilast (10,6%, $M=1,43$) (tabel 4), andes nii õige valikvastuse kui ka teadsid, et inimese keharakkudes on sama geneetiline informatsioon. Suur hulk õpilasi (26 õpilast, 55,3%) (tabel 4) küll teadsid, et põserakud sisaldavad sama geneetilist informatsiooni, kuid nende põhjendus jäi ebatäpseks. Õpilased ei osanud kasutada mõistet keharakud, pigem põhjendasid nad, et tegemist on ühe koe rakkudega või inimese rakud on geneetiliselt sama informatsiooniga. Küsimusele õiget vastust anda ei osanud või ei osanud oma vastust põhjendada 16 õpilast (34,0%) (tabel 4).

Kui õpilased pidid otsustama, kas Martini põserakk ja Martini närvirakk sisaldavad sama geneetilist informatsiooni, siis 32 õpilast (68,1%, $M=0,74$) arvasid, et tegemist on erineva geneetilise informatsiooniga või ei osanud põhjendada (tabel 4). Peamiselt toodi välja, et nendes rakkudes on erinevad alleelid või neis avalduvad erinevad geenid. Üheks põhjuseks toodi, et kui on tegemist erinevates kudedes paiknevate rakkudega, siis on ka nendel rakkudel erinev geneetiline informatsioon. Õpilased, kes teadsid, et tegemist on sama geneetilise teabega, kuid ei osanud korrekselt põhjendada, oli vastanute seas 10 (21,3%). Ka selle vastuse põhjendamisel ei osanud õpilased kasutada mõistet keharakud ning pigem üldistasid, et inimese rakkudes on sama geneetiline informatsioon. Vastanud õpilastest 5 õpilast (10,6%) oskasid anda õige valikvastuse ning põhjendada seda korrekselt (tabel 4).

Kolmandas küsimuses paluti õpilastel otsustada, kas Martini põserakk ja seemnerakk sisaldavad sama või erinevat geneetilist informatsiooni. Enamik õpilasi küll teadsid, et tegemist on erineva geneetilise informatsiooniga, kuid ei suutnud anda oma valikule õiget põhjendust (29 õpilast, 61,7%, $M=0,83$) (tabel 4). Vastanud õpilastest 18 arvasid (38,3%), et tegemist on sama geneetilise informatsiooniga või ei osanud oma valiku põhjendada. Neist 15 õpilast (31,9%) teadsid, et sugurakkudes ja keharakkudes on erinev geneetiline informatsioon, kuid ei suutnud korrekselt oma valikut põhjendada. Peamiselt põhjendati oma valikut sellega, et tegemist on erinevate rakkudega või neil on erinevad alleelid. Esines ka nn kinnitavaid põhjendusi, et seemnerakul on erinev informatsioon, kuid jäi põhjendamata, miks nad nii arvavad. Kõikide vastanute seast teadsid vaid kolm õpilast (6,4%), et seemnerakkudes ja keharakkudes on erinev informatsioon ning põhjendusi järgmiselt (tabel 4):

... Sugurakkudes on vaid pool isiku geneetilisest informatsioonist, seega ei ole keharakus ja sugurakud leiduv info täpselt sama. (ID 7)

... Sugurakkudes on erinev geneetiline informatsioon, sest need luuakse meioosi teel. (ID 6)

Kui õpilastel paluti otsustada, kas sama isendi seemnerakud sisaldavad sama või erinevat geneetilist informatsiooni, siis vastanud õpilastest 5 (10,6%, M=0,79) teadis, et sisaldavad erinevat geneetilist informatsiooni ning oskasid oma vastust põhjendada (tabel 4). Vastanud õpilastest 11 (23,4%) teadsid, et sisaldavad erinevat geneetilist informatsiooni, kuid ei osanud anda korrektset põhjendust. Peamiselt põhjendati oma valikuid, et neis rakkudes paiknevad erinevad alleelid või põhjendusega kinnitati, et tegemist on geneetiliselt erinevate rakkudega. Enamik õpilastest kas arvas, et tegemist on sama geneetilise informatsiooniga, ei osanud vastata või ei osanud anda õigele valikule õiget põhjendust (31, õpilast, 66,0%) (tabel 4).

Tabel 4. Vastanud õpilaste keskmised tulemused esimese viie küsimuse kohta

Küsimus	Kõik õpilased			Sooline erinevus					
	Keskmised tulemused			Noormehed		Neiud		Erinevus	
								(Noormees - Neiu)	
	Keskm. tulemus	St. viga	St. hälve	Keskm. tulemus	St. viga	Keskm. tulemus	St. viga	Keskm. tulemuste vahe	T-testi p väärtus
1	1,43	0,16	1,08	1,21	0,30	1,52	0,19	-0,31	0,388
2	0,74	0,17	1,13	0,64	0,29	0,79	0,20	-0,15	0,693
3	08,3	0,16	1,09	0,71	0,27	0,88	0,20	-0,17	0,641
4	0,79	0,17	1,14	0,93	0,30	0,73	0,20	0,20	0,586
5	2,6	0,15	1,01	3,0	0	2,42	0,20	0,58	0,008*

Note. *statistiliselt oluline p on väiksem kui 0,05. Lühendid: St.hälve-standardhälve, St.viga-standardviga

Kui võrrelda saadud keskmisi tulemuste erinevuse sõltuvust soost *Independent samples T-test'iga*, siis esimese kolme küsimuse vastamisel on neiud noormeestest saanud keskmiselt paremad tulemused, kuid need tulemused pole statistiliselt olulised ($p > 0,05$) (tabel 4). Kahe viimase küsimuse korral on noormehed vastanud keskmiselt paremini kui neiud, kuid statistiliselt oluline on vaid viienda küsimuse keskmiste tulemuste võrdlus ($p = 0,008$) (tabel 4).

Esimese viie küsimuse pealt oli õpilastel võimalik teenida maksimaalselt 15 punkti. Vastanud õpilastest saavutas üle keskmise tulemuse 25 õpilast (53,2%, M=6,38).

3.4.2. Klassikalisest geneetikast arusaamine

Klassikalisest geneetikast arusaamise kontrollimiseks kasutati vastusevariantidega küsimusi, mis võib jagada kolmeks osaks. Esimeses, küsimustiku kolmandas osas (lisa 1), uuriti õpilaste terminite teadmist. Küsimustiku neljandas osas uuriti õpilaste oskust lahendada klassikalise geneetika ülesandeid (lisa 1) ning küsimustiku viiendas osas õpilaste analüüsi ja järelduse oskust (lisa 1).

Vastanud õpilastele osutus kõige keerulisemaks küsimus nr 6 (40 õpilast, 85,1%, $M=0,15$), kus enamik õpilasi vastas valesti. Küsimustele 7 (45 õpilast, 95,7%, $M=0,96$), 8 (40 õpilast, 85,1%, $M=0,85$), 9 (42 õpilast, 89,4%, $M=0,89$), 12 (39 õpilast, 83,0%, $M=0,83$) ja 14 (30 õpilast, 63,8%, $M=0,64$) vastas suurem osa õpilasi õigesti. Küsimuste 10, 11 ja 13 puhul vastas küsimustele õigesti 27 õpilast (57,7%, $M=0,57$). Võrreldes noormeeste ja neidude keskmisi tulemusi, leiti, et neid vastasid noormeestest paremini küsimustele 6, 10, 11, 12 ja 13. Noormehed on see-eest paremini vastanud küsimustele 7, 8, 9 ja 14. Antud tulemused ei ole statistiliselt olulised ($p>0,05$). (tabel 5, lisa 1 ja 3)

Tabel 5. Vastanud õpilaste keskmised tulemused küsimustele 6-14 kohta

Küsimus	Kõik õpilased			Sooline erinevus					
	Keskmised tulemused			Noormehed		Neidud		Erinevus (Noormees - Neiu)	
	Keskm. tulemus	St. viga	St. hälve	Keskm. tulemus	St. viga	Keskm. tulemus	St. viga	Keskm. tulemuste vahe	T-testi p väärtus
6	0,15	0,05	0,36	0,07	0,07	0,18	0,07	-0,11	0,271
7	0,96	0,03	0,2	1	0	0,94	0,04	0,06	0,357
8	0,85	0,05	0,36	0,93	0,07	0,82	0,07	0,11	0,271
9	0,89	0,05	0,31	0,93	0,07	0,88	0,06	0,05	0,622
10	0,57	0,07	0,5	0,43	0,14	0,64	0,09	-0,21	0,196
11	0,57	0,07	0,5	0,43	0,14	0,64	0,09	-0,21	0,196
12	0,83	0,06	0,38	0,79	0,11	0,85	0,06	-0,06	0,61
13	0,57	0,07	0,5	0,43	0,14	0,64	0,09	-0,21	0,196
14	0,64	0,07	0,49	0,79	0,11	0,58	0,09	0,21	0,154

Note. Lühendid: St.hälve-standardhälve, St.viga-standardviga

Üle keskmise tulemuse saavutas 19 õpilast (40,4%). Kaks õpilast (4,3%) saavutasid maksimaalse tulemuse ning kõik õpilased ületasid õigete vastustega 20% lävendi.

Neljandas osas vastas enamik õpilasi õigesti küsimusele nr 15 (29 õpilast, 61,7%, $M=0,62$). Rohkem vastati valesti küsimusele nr 16 (42 õpilast, 89,4%, $M=0,11$). Enamik vastanud õpilastest vastas valesti ka küsimustele 17 (30 õpilast, 63,8%, $M=0,36$), 18 (32 õpilast, 68,1%, $M=0,32$) ja 19 (33 õpilast, 70,2%, $M=0,3$). Võrreldes 15–19 küsimuste neidude ja noormeeste keskmiseid tulemusi, siis vastasid noormehed paremini küsimustele 15, 16 ja 19. Neiud vastasid paremini küsimusele 18 ja 17. küsimuse keskmised tulemused olid neidudel ning noormeestel samad. Antud tulemused ei ole statistiliselt olulised ($p>0,05$). (tabel 6, lisa 1 ja 3)

Tabel 6. Vastanud õpilaste keskmised tulemused küsimustele 15-19 kohta

Küsimus	Kõik õpilased			Sooline erinevus					
	Keskmised tulemused			Noormehed		Neiud		Erinevus	
								(Noormees - Neiud)	
	Keskm. tulemus	St. viga	St. hälve	Keskm. tulemus	St. viga	Keskm. tulemus	St. viga	Keskm. tulemuste vahe	T-testi p väärtus
15	0,62	0,07	0,49	0,79	0,11	0,55	0,09	0,24	0,106
16	0,11	0,05	0,31	0,14	0,1	0,09	0,05	0,05	0,607
17	0,36	0,07	0,49	0,36	0,13	0,36	0,09	0	0,967
18	0,32	0,07	0,47	0,14	0,1	0,39	0,09	-0,25	0,062
19	0,3	0,07	0,46	0,36	0,13	0,27	0,08	0,09	0,573

Note. Lühendid: St.hälve-standardhälve, St.viga-standardviga

Enamik vastanud õpilastest saavutas üle keskmise tulemuse (25 õpilast, 53,2%, $M=1,7$). Õpilased, kes ei ületanud keskmist tulemust, jäid alla ka õigete vastuste 20%-sist lävendist. Neljal õpilasel (8,5%) ei õnnestunud terminite tundmises üldse punkte saada.

Spearman’i korrelatsiooniga võrreldi õpilaste terminite arusaamist ja klassikalise geneetika arvutusülesannete lahendamist. Antud võrdluses täheldati, et need kaks tunnust on omavahel seotud ($p<0,001$, $r=0,638$).

Küsimusele 20, kus õigeid vastusid oli kaks, vastas õigesti 12 õpilast (25,5%, $M=1,15$). 30 õpilast (63,8%) suutsid küsimusele anda ühe õige vastuse. Suur osa vastanud õpilastest vastas õigesti küsimustele 21 (40 õpilast, 85,1%, $M=0,85$), 24 (35 õpilast, 74,5%, $M=0,74$), 26 (31

õpilast, 66,0%, M=0,66), 27 (36 õpilast, 76,6%, M=0,77) ja 29 (34 õpilast 72,3%, M=0,72). Küsimustele 22 (26 õpilast, 55,3%, M=0,55), 23 (24 õpilast, 51,1%, M=0,51), 25 (24 õpilast, 51,1%, M=0,51) ja 28 (24 õpilast, 51,1%, M=0,51) ei olnud õigesti vastanute hulk märgatavalt suurem kui valesti vastanute arv. Võrreldes 20–29 küsimuse neidude ja noormeeste keskmiseid tulemusi, siis vastasid noormehed enamikule küsimustele paremini (20, 21, 22, 25, 26, 28 ja 29). Neiud vastasid paremini küsimustele 23, 24 ja 27. Antud tulemused ei ole statistiliselt olulised ($p>0,05$). (tabel 7, lisa 1 ja 3)

Tabel 7. Vastanud õpilaste keskmised tulemused küsimustele 20-29 kohta

Küsimus	Kõik õpilased			Sooline erinevus					
	Keskmised tulemused			Noormehed		Neiud		Erinevus	
								(Noormees - Neiud)	
	Keskm. tulemus	St. viga	St. hälve	Keskm. tulemus	St. viga	Keskm. tulemus	St. viga	Keskm. tulemuste vahe	T-testi p väärtus
20	1,15	0,09	0,59	1,21	0,15	1,12	0,1	0,09	0,626
21	0,85	0,05	0,36	0,93	0,07	0,82	0,07	0,11	0,271
22	0,55	0,07	0,5	0,64	0,13	0,52	0,09	0,12	0,432
23	0,51	0,07	0,51	0,5	0,14	0,52	0,09	-0,02	0,926
24	0,74	0,06	0,44	0,57	0,14	0,82	0,07	-0,25	0,123
25	0,51	0,07	0,51	0,64	0,13	0,45	0,09	0,19	0,247
26	0,66	0,07	0,48	0,79	0,11	0,61	0,09	0,18	0,219
27	0,77	0,06	0,43	0,64	0,13	0,87	0,07	-0,23	0,254
28	0,51	0,07	0,51	0,64	0,13	0,45	0,09	0,19	0,247
29	0,72	0,07	0,45	0,79	0,11	0,7	0,08	0,09	0,544

Note. Lühendid: St.hälve-standardhälve, St.viga-standardviga

Enamiku vastanud õpilaste (61,7%) tulemused ületasid keskmist tulemust (M=6,98). Maksimaalse tulemuse saavutas üks õpilane (2,1%) ning ühe õpilase tulemus jäi alla 20% lävendi.

Vastanud õpilaste seast 23 õpilast saavutasid üle keskmise tulemused (48,9%, M=14,72). Enamiku vastanud õpilaste tulemus jäi keskmisele tulemusele alla (51,1%). Nendest kahe õpilase tulemus jäi 20% lävendi piiresse ning üle 90% lävendit ei saavutanud ükski õpilane.

Spearman´i korrelatsiooniga võrreldi õpilaste terminite arusaamist ja klassikalise geneetika ülesannete lahendusi, kus õpilane analüüsis ülesande teksti ning tegi järelduse, valides valikvastuste seast õige. Antud võrdluses täheldati, et need kaks tunnust on omavahel seotud ($p < 0,001$, $r = 0,457$).

4. Arutelu ja järeldused

Töös küsitleti gümnaasiumi 11. ja 12. klassi õpilasi, kes on läbinud pärilikkuse ja muutlikkuse teema bioloogias. Lisaks õpilaste arusaamadele uuriti ka nende motivatsiooni teema õppimisel ning millised võiksid olla õpilaste hinnangul ametid, kus klassikalise geneetika teadmisi vaja võiks minna.

Uuringust selgus, et küsimustikule vastanud õpilased on üldiselt motiveeritud õppima bioloogiat. Kuigi motiveeritud õpilaste osakaal jäi 50% ligidale kõikidest vastustest, oli motiveeritud õpilasi umbes poole võrra rohkem kui mittemotiveeritud. Saadud tulemusi kinnitasid ka kirjanduses loetud artiklid, kus toodi välja, et õpilased on üldiselt motiveeritud õppima bioloogiat, kuid suurem motiveeritus on õpilastel õppida teemasid, mis käsitlevad bioloogiat makrotasandil (Baram-Tsabari jt, 2010; Teppo jt, 2017). Mõnevõrra vähem vastanud õpilastest olid motiveeritud õppima klassikalist geneetikat kui bioloogiat ning suurenenud oli nende õpilaste arv, kes ei osanud oma motivatsiooni hinnata või ei olnud motiveeritud õppima klassikalist geneetikat.

Antud uuringus tuli välja, et kui õpilased on motiveeritud õppima bioloogiat on nad ka üldiselt motiveeritud õppima klassikalist geneetikat. Kui uurida õpilaste õpimotivatsiooni õppida bioloogiat ja klassikalist geneetikat õpetajate käest, siis vastanud õpetajate arvamus langeb kokku õpilaste omadega. Õpetajatest enamik on arvamusel, et õpilased on bioloogiat ja klassikalist geneetikat motiveeritud õppima. Seevastu kirjandus toob välja, et kuna geneetika on keerukas teema, siis õpilased on vähem motiveeritud antud teemat õppima (Buske ja Bartholomei-Santos, 2021). Erinevus käesoleva töö ja kirjanduse vahel võib tulla sellest, et antud uurimistöö küsimustikule vastasid õpilased vabatahtlikult. Seega võib järeldada, et valimisse sattusid õpilased, kes on kohusetundlikumad ja rohkem motiveeritud õppima.

Seevastu hindavad vastanud õpilased klassikalise geneetika teemat keeruliseks. Õpilased tõid välja, et keeruliseks muudab teema see, et seal on rohkelt keerulisi sõnu/mõisteid, palju erinevaid reegleid ja seaduspärasusi, mida tuleb meeles pidada. Vastanud õpilaste hinnang ühtib ka kirjandusest saadud teabega (Knippels jt 2005; Williams jt 2012). Seevastu õpetajate arvates on klassikaline geneetika pigem lihtne või väga lihtne. Kuna selle küsimuse puhul ei palutud täiendavalt põhjendada, siis võib vaid oletada, et õpetajad võisid hinnangut andes lähtuda osaliselt enda teadmistest klassikalise geneetika vallas.

Uuringus osalenud õpilased hindavad õpetajate poolt kasutatavaid õppematerjale pigem keerulisteks või ei oska hinnata materjalide raskusastet. Õpilased toovad välja, et õppematerjalide arusaadavust parandavad kasutatavad skeemid, joonised, videod ja näidisülesanded. Õpilaste arvamus langeb kokku ka teadlastega, kes soovivad geneetika õpetamisel õppetegevust rikastada nii, et pakkuda õpilastele erinevaid õppimisvõimalusi, mis suurendaks kõrgema astme kognitiivsete oskuste saavutamist ning lihtsustaks materjalidest arusaamist (Zoller, 1993; Tsui ja Treagust, 2007). Selgitamaks, milliseid õppematerjale õpetajad kasutavad, tuli välja, et enamik kasutab Avita kirjastuse bioloogiaõpikut ja E-koolikotti loodud materjale. Siiski selgub, et õpetajad otsivad päris palju lisamaterjale või koostavad neid ise. Enda koostatud materjalide all nimetati enesekontrolliteste, esitlusi. Lisamaterjalide otsimine ja koostamine võib olla märk, et ainult kirjastuse loodud õpikut ja E-koolikoti materjalidest siiski ei piisa, et õpilastele õpetada klassikalist geneetikat.

Peamiselt tunnevad õpetajad puudust kaasaegsematest ülesannete kogudest ning erinevatest animatsioonidest. Õpilased toovad ka välja, et õppematerjalidest arusaamist parandavad õpetajate selgitused, millest võiks järeldada, et iseseisva õppimise korral ei pruugi õpilased teemast aru saada ning nad vajaks täiendavat abi näiteks animatsioonide näol, mis aitavad abstraktset materjali arusaadavaks muuta (Tsui ja Treagust, 2007; Marbach-Ad jt, 2008). Kui võrrelda õpilaste hinnangut enda klassikalise geneetika teadmistele ja hinnangut kasutatavate õppematerjalide arusaadavusele, ilmneb, et need kaks tunnust on omavahel seotud. Sellest võib järeldada taaskord, et valimisse sattunud õpilased olid kohusetundlikumad õppijad. Materjalide raskusastme õiglasemaks hindamiseks peaks olema nende õpilaste, kes hindavad oma teadmisi klassikalises geneetikas "oskan", osakaal võrdne nende õpilastega, kes hindavad oma klassikalise geneetika teadmisi "ei oska".

Antud töös hindasid vastanud õpilased enamasti, et nad oskavad klassikalist geneetikat. Võrreldes õpilaste motivatsiooni klassikalist geneetikat õppida ning nende hinnangut oma teadmistele, saame kinnituse, et need kaks tunnust on omavahel seotud. Ka õpetajate hinnangul õpilased enamasti pigem oskavad või oskavad väga hästi klassikalist geneetikat. Siiski toovad õpetajad välja, et peamiseks takistuseks õppimisel on taustateadmiste puudumine ning õpilased ei tee endale selgeks põhimõisteid. Takistavateks teguriteks peetakse ka puudulikke õpioskusi, nagu näiteks puudulik funktsionaalne lugemisoskus ja terminite tundmine, ning tihedat õppekava.

Õpilaste hinnangul läheb tulevikus klassikalise geneetika teadmisi vaja meditsiinitöötajatel, geenitehnoloogidel, õpetajatel, bioloogidel, biokeemikutel, ravimitootjatel, keemikutel, toidutehnoloogidel ja psühholoogidel. Ükski vastanud õpilastest ei seostanud klassikalisest geneetikast saadavaid teadmisi kõikide eluvaldkondadega. Tundub, et õpilastel ei ole tekkinud seoseid, et neil tuleb igapäevaselt geneetika teadmistega kokku puutuda, olgu siis poest toitu ostes, geenitesti tehes või sünnieelses diagnostikas (Boerwinkel jt 2017; Metcalfe, 2018). Sellest võib järeldada, et teemat õpetades keskendutakse teadmiste omandamisele, kuid ei pöörata tähelepanu teadmiste vajalikkusele. Ka õpikute analüüsist selgub, et õpilastele tutvustatakse konkreetselt elukutseid, kus geneetika teadmisteta hakkama ei saa, kuid jääb selgusetuks, et neid teadmisi võiks vajada igäüks (Kokassaar, 2013; Tenson, 2014).

Õpilaste teadmiste ja arusaamiste hindamiseks koostati küsimustik, mis koosnes 29 küsimusest. Esimese viie küsimusega uuriti teadmisi ja arusaamist geneetilisest seosest sama isendi rakkude vahel ning geneetilisest seosest erinevate isendite rakkude vahel. Uuringus selgus, et vastanud õpilaste seas ei olnud ühtegi õpilast, kes oleks kõigile viiele küsimusele korrektselt vastanud. Vastustest selgub, et õpilastel on puudulikud teadmised, et ühe isendi keharakkudes on sama geneetiline informatsioon ning iga seemnerakk sisaldab ainulaadset geneetilise teabe kombinatsiooni. Õpilased said paremini aru, et erinevatel indiviididel on erinev pärilikkuse informatsioon. Sarnased tulemused said ka Lewis jt (2000) ning Chattopadhyay (2005) oma uuringutes. Lewis (2000) toob välja, et üks võimalikke põhjusi võib olla selles, et õppimine on toonud kaasa faktide killustunud teadmise, kuid ei ole andnud kontseptuaalset raamistikku, mis omandatud fakte seletaks ja seoks. Ka antud uuringus oli märgata, et kui õpilased teadsid faktiliselt, et rakkudes on erinev geneetiline informatsioon, siis ei osanud nad oma vastust põhjendada. Tulemustest selgub, et vastanud õpilased on saavutanud madalama astme kognitiivse oskuse (meeldejätmine), mis nõuab neilt minimaalset mõistmise taset. Kuid et osata oma vastust põhjendada, see nõuab õpilastelt teadmiste sügavamat arusaamist (Zoller, 1993; Bissell ja Lemons, 2006).

Klassikalise geneetika teadmiste analüüsist selgub, et enamiku vastanud õpilaste saavutatud tulemused jäid alla keskmise tulemuse. Kuigi õpilaste hinnangul oskavad nad hästi klassikalist geneetikat, siis küsimustiku vastused seda ei kinnita. Kõige keerulisemaks osaks osutus terminite arusaamine, kus vaid umbes 40% õpilastest suutsid saavutada üle keskmise tulemuse. Saadud tulemus kinnitab ka õpetajate hinnangut, et õpilastele tekitab klassikalise geneetika õppimises raskusi puudulik terminite omandamine. Autori hinnangul ja toetudes kirjandusele, võib terminite omandamine jääda puudulikuks, kuna õppimisel kasutatakse vaid

kirjalikku seletust või pilti/skeemi. Kuid abstraktse mõiste paremaks mõistmiseks peab õpilane oskama seda millegagi seostada või ette kujutada, seega tuleks kasuks õppimisel kasutada animatsioone, mis selgitaks mõisteid läbi liikuva pildi (Tsui ja Treagust, 2007; Marbach-Ad jt, 2008).

Klassikalise geneetika arvutusülesandeid ja analüüsi ning otsuste tegemise ülesandeid oskasid uuringus osalenud õpilased enamasti lahendada. Võrreldes terminite omandamist ja klassikalise geneetika arvutusülesannete oskust, saadi teada, et need on omavahel seotud. Samasugune seos saadi ka, kui võrreldi omavahel õpilaste terminite arusaamist ja ülesannete lahendamist, kus õpilane analüüsis ülesande teksti ning tegi selle põhjal otsuse. Millest võib järeldada, et kui terminid pole omandatud, on õpilastel raskusi lahendada ülesandeid, analüüsida ja võtta vastu otsuseid. Lähtuvalt tulemustest võib järeldada, et uuringus osalenud õpilased pole geneetikast täielikult aru saanud ning see võib hilisemas elus mõjutada nende igapäevaseid otsuseid (Boerwinkel, Yarden ja Waarlo, 2017; Metcalfe, 2018; Buske ja Bartholomei-Santos, 2021). Siinkohal tasub mainida, et saadud tulemused kehtivad vaid antud valimi kohta ja neid ei saa üldistada üldsusele. Täpsemate teadmiste saamiseks tuleks uurimist korrata suurema valimiga.

Kokkuvõte

Käesoleva uurimistöö käigus uuriti Eesti gümnaasiumiõpilaste arusaamasid ja teadmiste rakendamise oskuseid klassikalises geneetikas. Lisaks õpilaste arusaamadele uuriti ka nende motivatsiooni teema õppimisel ning millised võiksid olla ametid, kus klassikalise geneetika teadmisi vaja võiks minna. Lähtuvalt töö eesmärkidest püstitati järgmised uurimisküsimused:

1. Kuidas on õpilased motiveeritud bioloogiat ja klassikalist geneetikat õppima?
2. Kuidas hindavad õpilased klassikalise geneetika keerukust ning kasutatavate õppematerjalide raskusastet?
3. Millistel karjäärivalikutel läheks vaja klassikalise geneetika teadmisi?
4. Millised on gümnaasiumiõpilaste arusaamad ja teadmiste rakendusoskused klassikalises geneetikas?
5. Millised on sugude vahelised erinevused klassikalisest geneetikast arusaamisel ja teadmiste rakendusoskustel?

Andmeid koguti veebikeskkonna abil, kasutades *Google* vormi. Uuringu jaoks koostati kaks küsimustikku (õpilastele ja õpetajatele). Õpilaste küsimustiku koostamisel kasutati eelnevalt kasutusel olnud küsimustikke (Lewis jt, 2000; Caleb, 2015), mis sai tõlgitud ja kohandatud Eesti oludele ning pandud kokku üheks küsimustikuks. Küsimustikule sai lisatud enda koostatud küsimusi, et koguda taustaandmeid, ning lisati paar teadmist kontrollivat küsimust raamatust "Geneetika ülesanded" (Heinaru ja Viikmaa, 1992). Uuringus osales 47 õpilast ja 11 õpetajat. Uuringus osalemine oli vabatahtlik ning vastanutele tagati täielik anonüümsus.

Uuringu tulemustest selgub, et õpilased on üldiselt motiveeritud õppima nii bioloogiat kui ka klassikalist geneetikat. Uuringus osalenud õpilased hindavad klassikalise geneetika teemat keeruliseks, kuid kasutatavaid materjale peavad peamiselt lihtsateks. Õpilastel on puudulikud teadmised, et ühe isendi keharakkudes on sama geneetiline informatsioon ning iga seemnerakk sisaldab ainulaadset geneetilise teabe kombinatsiooni. Samuti ei ole õpilaste hinnang oma teadmistele kooskõlas saadud ülesannete lahendamisel saadud tulemustega. Uuringus selgus, et kui õpilased pole omandanud klassikalise geneetika termineid, ei ole nad suutelised korrektselt lahendama ülesandeid ega analüüsima ja võtma vastu otsuseid. Töö tulemused näitasid ka, et õpilastel ei ole tekkinud seoseid, et klassikalise geneetika teadmisi läheb vaja kõigil inimestel, olenemata nende ametist.

Lõpetuseks võib öelda, et uurimistöös püstitatud eesmärgid said täidetud ning uuringu küsimused said esmased vastused, sest saadud tulemused kehtivad vaid antud valimi piires. Kindlasti tasuks antud teemat uurida süvendatult ning suurema valimiga. Parema ülevaate antud teema mõistmiseks annaks, kui teha kordusuuringud sama valimiga pärast põhikooli lõpetamist ning vahetult enne gümnaasiumi lõpetamist. Selline uuringu ülesehitus annaks ülevaate, millised arusaamad ja rakendusoskused omandatakse juba põhikoolis ning millised gümnaasiumis. Samuti tuleks täpsemalt uurida õppevideode mõju teadmiste omandamisele ja sesote loomisele. Lähtuvalt käesolevast uurimistööst soovitaks õpetajatel rohkem tähelepanu pöörata seoste loomisele, et õpilased oskaks oma teadmisi korrektselt põhjendada. Õpetajate ja õpilaste toetamiseks tuleks luua eestikeelseid lisamaterjale kaasaegsemate ülesannetega ning interaktiivseid multimeedia materjale, mis aitaksid antud teema abstraktsust õpilaste jaoks muuta mõistetavamaks.

Kasutatud kirjandus

Allen D., & Tanner K. (2002). Approaches to cell biology teaching: questions about questions. *Cell Biology Education*, 1(3), 63–67.

Allen D., & Tanner K. (2006). Rubrics: tools for making learning goals and evaluation criteria explicit for both teachers and learners. *CBE Life Sciences Education*, 5(3), 197–203.

Allen D., & Tanner K. (2007). Putting the horse back in front of the cart: using visions and decisions about high-quality learning experiences to drive course design. *CBE Life Sciences Education*, 6(2), 85–89.

Ames, C. A. (1990). Motivation: What teacher need to know. *Teachers College Record*, 91(3), 409–421.

Armstrong, P. (2010). Bloom's Taxonomy. *Vanderbilt University Center for Teaching*. <https://cft.vanderbilt.edu/guides-sub-pages/blooms-taxonomy/> (15.05.2022).

Baram-Tsabari, A., & Kaadni, A. (2009). Gender dependency and cultural independency of science interest in an open and distant science learning environment. *International Review of Research in Open and Distance Learning*, 10(2), 1–22.

Baram-Tsabari, A., Sethi, R. J., Bry, L., & Yarden, A. (2010). Identifying students' interests in biology using a decade of self-generated questions. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 6(1), 63–75.

Bissell, A. N., & Lemons, P. P. (2006). A new method for assessing critical thinking in the classroom. *BioScience*, 56(1), 66–72.

Boerwinkel, D. J., Yarden, A., & Waarlo, A. J. (2017). Reaching a consensus on the definition of genetic literacy that is required from a twenty-first-century citizen. *Science & Education*, 26(10), 1087–1114.

Buske, R., & Bartholomei-Santos, M. L. (2021). What is worse: to mislearn or to forget? Knowledge about Mendelian inheritance among high school senior students. *Journal of Biological Education*, 55(5), 461–471.

Caleb, I. (2015). Effects of problem-solving and discussion teaching methods on students' achievement in genetics. *University of Nigeria*.

- Castro-Faix, M., & Duncan, R. G. (2021).** Cross-section study of students' molecular explanations of inheritance patterns. *Science Education*, 106, 412–447.
- Chattopadhyay, A. (2005).** Understanding of genetic information in higher Secondary students in northeast India and the implications for genetics education. *Cell Biology Education*, 4, 97–104.
- Crowe, A., Dirks, C., & Wenderoth, M. P. (2017).** Biology in Bloom: implementing Bloom's taxonomy to enhance student learning in biology. *CBE Life Sciences Education*, 7(4), 368–381.
- DeWitt, J., & Archer, L. (2015).** Who aspires to a science career? A comparison of survey responses from primary and secondary school students. *International Journal of Science Education*, 37(13), 2170–2192.
- Elvisto, T., Läänelaid, A., & Stamm, T. (2014)** *Loodusõpetus õpik 4. klassile 2. osa*. Tallinn. Avita.
- George, D., & Mallery, P. (2003).** *SPSS for Windows step by step: A simple guide and reference, 11.0 update (4th ed.)*. Boston. Ally & Bacon.
- Gümnaasiumi riiklik õppekava (GRÕK). (2011).** Riigi Teataja I, 23.04.2021, 11.
<https://www.riigiteataja.ee/akt/120092011002> (04.02.2022).
- Hagay, G., Baram-Tsabari, A., Ametller, J., Cakmakci, G., Lopes, B., Moreira, A., & Pedrosa-de-Jesus, H. (2013).** The generalizability of students' interests in biology across gender, country and religion. *Research in Science Education*, 43, 895–919.
- Hallden, O. (1988).** The evolution of the species: Pupil perspectives and school perspectives. *International Journal Science Education*, 10, 54–552.
- Hauserman, S. (2014).** William Bateson (1861–1926). *Embryo Project Encyclopedia*. ISSN: 1940–5030. <https://embryo.asu.edu/pages/william-bateson-1861-1926> (12.03.2022).
- Hawkins, A. K., & Ho, A. (2012).** Genetic counseling and the ethical issues around direct to consumer genetic testing. *Journal of Genetic Counseling*, 21(3), 367–373.

- Heer, R. (2015).** A Model of learning objectives–based on a taxonomy for learning, teaching, and assessing: a revision of Bloom’s taxonomy of educational objectives. *Center for Excellence in Learning and Teaching, Iowa State University.*
- Heinaru, A., & Viitmaa, M. (1992).** *Geneetika ülesanded.* Tartu. Tartu Ülikooli Kirjastus.
- Kaljula, S., & Sirel, K. (2018).** *Loodusõpetus 4. klass 2. osa.* Tallinn. Koolibri.
- Knippels, M. C. P. J., Waarlo, A. S., & Boersma, K. T. (2005).** Design criteria for learning and teaching genetics. *Journal of Biology Education*, 39(3), 108–112.
- Kokassar, U. (2013).** *Bioloogia 9. klassile 1. osa.* Tallinn. Avita.
- Kons, A. (2016).** *Sissejuhatus bioloogiasse. Selgroogsed loomad 7. klassile.* Tallinn. Koolibri.
- Krull, E. (2018).** *Pedagoogilise psühholoogia käsiraamat.* Tartu. Tartu Ülikooli Kirjastus.
- Lewis, J., Leach, J., & Wood-Robinson, C. (2000).** What’s in a cell? - Young people’s understanding of the genetic relationship between cells, within an individual. *Journal of Biological Education*, 34(3), 129–132.
- Longden, B. (1982).** Genetics—are their inherent learning difficulties? *Journal of Biological Education*, 16, 135 -140.
- Metcalfe, S. A. (2018).** Genetic counselling, patient education, and informed decision-making in the genomic era. *Seminars in Fetal and Neonatal Medicine*, 23(2), 142–149.
- Marbach-Ad, G., & Stavy, R. (2000).** Students’ cellular and molecular explanations of genetics phenomena. *Journal of Biological Education*, 19, 200-205.
- Marbach-Ad G., Rotbain Y., & Stavy R. (2008)** Using computer animation and illustration activities to improve highschool students’ achievement in molecular genetics. *Journal of Research in Science Teaching*, 45, 273–292.
- Peirson, B. R. E. (2012).** Wilhelm Johannsen's genotype-phenotype distinction. *Embryo Project Encyclopedia*. ISSN: 1940–5030 <http://embryo.asu.edu/handle/10776/4206> (12.03.2022).

- Pohla, K., & Hamburg, T. (2021).** *Bioloogia tööraamat 7. klassile*. Tallinn. Maurus.
- Põhikooli riiklik õppekava (PRÕK). (2011).** Riigi Teataja I, 23.04.2021, 10.
<https://www.riigiteataja.ee/akt/129082014020> (15.02.2022).
- Relve, K., Kirk, A., Tuvikene, A., Pappel, P., Hain, E., Mägi, E., Randveer, A., & Kollist, A. (2011).** *Bioloogia 7. klassile*. Tallinn. Avita.
- Stewart, J., Cartier, J. L., & Passmore, C. M. (2005).** *Developing understanding through model-based inquiry. In How students learn: Science in the classroom (pp. 515–565)*. Washington, D.C. The National Academies Press.
- Särg, A. (2019).** *Sissejuhatus bioloogiasse. Mikroorganismid. Seened. Taimed 8. klassile 1. osa*. Tallinn. Koolibri.
- Zoller U. (1993).** Are lecture and learning compatible? Maybe for LOCS: unlikely for HOCS (SYM). *Journal of Chemical Education*, 70, 195–197.
- Tenson, T., Kaldalu, N., Tenhunen, A., Hain, E., Venäläinen, J., Tihtarinen-Ulmanen, M., Holopainen, M., Sotkas, P., Happonen, P., & Sepp, T. (2014).** *Gümnaasiumi bioloogia III kursus*. Tallinn. Avita.
- Teppo, M., Semilarski, H., Soobard, R., & Rannikmäe, M. (2017).** 9. klassi õpilaste huvi eri kontekstis esitatud loodusteaduslike teemade õppimise vastu ja motivatsioon õppida loodusteadusi. *Eesti Haridusteaduste Ajakiri*, 5(1), 130–170.
- Tesiul, E. (2018).** *Mendeli hübriidiseerimiskatsetes ilmnunud seaduspärasused*. Digiõppevaramu. <https://vara.e-koolikott.ee/taxonomy/term/3604> (15.02.2022).
- Toom, M., Tedersoo, L., & Relve, K. (2012).** *Bioloogia 8. klassile 1. osa*. Tallinn. Avita
- Tsui C. Y., & Treagust D.F. (2007)** Understanding genetics: analysis of secondary students' conceptual status. *Journal of Research in Science Teaching*, 44(2), 205–235.
- Venville, G. J., & Treagust, D. F. (1998).** Exploring conceptual change in genetics using a multidimensional interpretive framework. *Journal of Research in Science Teaching*, 35(9), 1031–1055.
- Özbaş, S. (2019).** High School Students' Motivation Towards Biology Learning. *Çukurova Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 48(1), 945–959.

Williams, M., Montgomery, B. L., & Manokore., V. (2012). From phenotype to genotype: exploring middle school student's understanding of genetic inheritance in a web-based environment. *The American Biology Teacher*, 74(1), 35–40.

Summary

Comprehension of classical genetics and application of the knowledge on the basis of the example of Estonian gymnasium students

When Gregor Johann Mendel established the main principles of classical genetics, other scientists did not appreciate his discoveries adequately. Today, however, the understanding of genetics has become an everyday skill and the comprehension is assumed from all people despite the career choices. Within the last 100 years genetics has developed further than being only the study of genetics. In order to understand genetics people have to know also the structure of cells and the organelles in cells, their function and the distribution as well as the reproduction of cells (Chattopadhyay, 2005). Inadequate knowledge of genetics may cause anxiety or influence important medical decisions (Hawkins and Ho, 2012).

Therefore, it is extremely important that the knowledge of genetics is systematically developed in basic school and gymnasium. A complicated topic, which may be not very interesting for students, has to be taught to students via multifaceted and integrated conceptual levels, including genetics, meiotic and molecular models (Stewart *et al.*, 2021). Genetics is a relatively abstract topic, which micro and molecular level is complicated for students to imagine (Hallden, 1988). Therefore, to verify the learning process interactive multimedia materials have to be used to make abstract topics more comprehensible for students and make the understanding of the topic and the creation of associations easier (Marbach-Ad *et al.*, 2008).

According to the author, the knowledge of classical genetics and the skills of its implementation among gymnasium students in Estonia have not been studied earlier. The given topic has been studied abroad on a more significant level (Lewis *et al.*, 2000; Chattopadhyay, 2005; Caleb, 2015). In order to understand the level knowledge and the application skills of classical genetics, a study was carried out among the 11th and 12th grade student, who have studied the topic of genetics and variability, the comprehension and application of the knowledge in classical genetics. In addition to students' understanding, also their motivation to study the topic and possible career options including genetics were studied. Based on the aims of the survey, research questions were established as follows:

1. How motivated are students to study biology and classical genetics?

2. How do students evaluate the complexity of classical genetics and the level of complexity of learning materials?
3. Which career option require the knowledge in the area of classical genetics in students opinion?
4. Which kind of knowledge and application skills do students have in classical genetics?
5. What are the differences between girls and boys in regard to the knowledge and the application skills of classical genetics?

The data has been collected via the web environment of Google form. Two questionnaires (students and teachers) have been compiled. The questionnaire for students is based on questionnaires used earlier (Lewis *et al.*, 2000; Caleb, 2015) translated and adapted for Estonia and comprised in one questionnaire. The author has added some of her own questions to collect background information and some check-up questions from the book “Geneetika ülesanded” (Heinaru and Viikmaa, 1992). The sample includes 47 students and 11 teachers. The participation in the survey was voluntary and anonymity was guaranteed.

The results of the survey show that in general students are motivated to study biology and also classical genetics. The participating students think that classical genetics is complicated; however, the used materials seem simple for them. Students have inadequate knowledge concerning the information that body cells of an individual contain one and the same genetic information and each sperm contains unique combination of genetic information. Concurrently, the students’ evaluation of their knowledge does not comply with the results of the solved tasks. The survey reveals that when students have not acquired the terminology of classical genetics, they are not able to solve problems, or analyse or make decisions properly. The results of the thesis prove that students have no associations in regard to classical genetics being useful for all people despite their profession.

In conclusion it may be stated that the aims established in the survey are completed and research questions have been answered because the achieved results are valid within the given sample. The topic should be studied more thoroughly in a bigger sample. A better overview of the understanding of the topic may be obtained if the survey is repeated with the same sample at the end of basic school and right before graduating the gymnasium. The structure of the survey enables to find out which kind of understanding and application skills are obtained in basic school and which ones in the gymnasium. Based on the survey, the

author recommends teachers to pay more attention to the creation of associations so that students could explain their knowledge properly. To support teachers and students additional supplementary materials should be created in the Estonian language including more modern tasks and interactive multimedia materials, which could help the students to understand the abstract topic more comprehensibly.

Lisad

Lisa 1. Õpilaste küsimustik

Küsitlus


Tere!

Olen Tartu Ülikooli gümnaasiumi loodusteaduste õpetaja eriala tudeng. Uurin oma magistritöös gümnaasiumi õpilaste klassikalise geneetika arusaamist ja rakendamise oskust, huvi antud teemat õppida ning tuleviku valikuid. Olen väga tänulik kui annad oma panuse, minu magistritöö valmimisele.

Küsimustik koosneb kuuest osast ja enamus küsimusi on valikvastustega. Küsimustele vastamine võtab aega umbes 20 - 30 minutit. Vastajale on tagatud anonüümsus ning konfidentsiaalsus.

Olen teie vastuste eest väga tänulik!

Sirje Lulla

 sirje.lulla@lymanda.edu.ee (pole jagatud) [Vaheta kontot](#)



Järgmine

Tühjenda vorm

Taustaandmed

Õpin gümnaasiumi... *

11. klassis
12. klassis

Sugu *

- Naine
- Mees

Pärikkuse ja muutlikkuse osa õppisin ... *

11. klassis
12. klassis

Pärilikkuse ja muutlikkuse õppimisest on möödas... *

- rohkem kui üks kuu
- kuu aega
- vähem kui kuu

Tagasi

Järgmine

Tühjenda vorm

Esimene osa

Hinda kui motiveeritud oled Sa bioloogiat õppides. (1- Ei ole motiveeritud, 2 - Pigem ei ole motiveeritud, 3 - Ma ei tea, 4 - Pigem motiveeritud, 5 - Väga motiveeritud) *

1 2 3 4 5

Ei ole motiveeritud Väga motiveeritud

Hinda kui motiveeritud olid Sa klassikalist geneetikat õppides (Mendeli seadused, geneetika ülesanded). (1- Ei ole motiveeritud, 2 - Pigem ei ole motiveeritud, 3 - Ma ei tea, 4 - Pigem motiveeritud, 5 - Väga motiveeritud) *

1 2 3 4 5

Ei ole motiveeritud Väga motiveeritud

Hinda oma omandatud teadmisi klassikalise geneetika osas. (1- Ei oska, 2 - Pigem ei oska, 3 - Ma ei tea, 4 - Pigem oskan, 5 - Väga hästi oskan) *

1 2 3 4 5

Ei oska Väga hästi oskan

Hinda klassikalise geneetika teema raskusastet. (1- Väga keeruline, 2 - Pigem keeruline, 3 - Ma ei tea, 4 - Pigem lihtne, 5 - Väga lihtne) *

Väga keeruline 1 2 3 4 5 Väga lihtne

Põhjenda oma valikut (mis aitas õppimist või mis muutis õppimise raskeks/takistas). *

Teie vastus _____

Hinda klassikalises geneetikas kasutatavate õppematerjalide arusaadavust. (1- Väga keerulised, 2 - Pigem keerulised, 3 - Ma ei tea, 4 - Pigem lihtsad, 5 - Väga lihtsad) *

Väga keerulised 1 2 3 4 5 Väga lihtsad

Põhjenda oma valikut (mis mõjutas õppematerjalide arusaadavust). *

Teie vastus _____

Hinda, kas Sinul võiks tulevikus klassikalisest geneetikast saadud teadmisi vaja minna. (1- Ei lähe vaja, 2 - Pigem ei lähe vaja, 3 - Ma ei tea, 4 - Pigem läheb vaja, 5 - Läheb vaja) *

Ei lähe vaja 1 2 3 4 5 Läheb vaja

Põhjenda oma valikut. *

Teie vastus

Pane kirja, milliste elukutsete esindajatel võiks klassikalisest geneetikast saadud *
teadmisi vaja minna

Teie vastus

Tagasi

Järgmine

Tühjenda vorm

Teine osa

1. Kui sa saaksid võtta kaks Martini põserakku, siis nendes olev geneetiline *
informatsioon on:

- sama
- erinev
- ei tea

Põhjenda oma vastust. *

Teie vastus

2. Kui sa saaksid võtta ühe Martini põseraku ja ühe Martini närviraku, siis nendes *
olev geneetiline informatsioon on:

- sama
- erinev
- ei tea

Põhjenda oma vastust. *

Teie vastus _____

3. Kui sa saaksid võtta ühe Martini põseraku ja ühe Martini seemneraku, siis nendes olev geneetiline informatsioon on: *

- sama
- erinev
- ei tea

Põhjenda oma vastust. *

Teie vastus _____

4. Kui sa saaksid võtta kaks Martini seemnerakku, siis nendes olev geneetiline informatsioon on: *

- sama
- erinev
- ei tea

Põhjenda oma vastust. *

Teie vastus _____

5. Kui sa saaksid võtta ühe Martini põseraku ja ühe Juhani närviraku, siis nendes olev geneetiline informatsioon on: *

- sama
- erinev
- ei tea

Põhjenda oma vastust. *

Teie vastus

Tagasi

Järgmine

Tühjenda vorm

Kolmas osa

6. Kindel koht kromosoomis, kus asub geen, nimetatakse ... *

- autosoomideks
- alleelideks
- lookuseks
- kromatiiniks

7. Isendile omane geenide ja geenivariantide kogum on ... *

- genotüüp
- fenotüüp
- fenofond
- genofond

8. Alleel, mille avaldumine organismis surub alla teise sama geeni alleeli on ... *

- dominantne alleel
- dihübriidne
- retsessiivne alleel
- antigeenne

9. Ühe tunnusevariandi avaldumist teise tunnusevariandi üle nimetatakse ... *

- hübriidiks
- alleeliks
- retsessiivseks
- dominantseks

10. Inimese soo määrab/määravad *

- Aheldumine
- Hormoonid
- Geenid
- Mutatsioonid

11. Kuidas nimetatakse faktoreid/geneetilisi elemente, mis asuvad homologiliste kromosoomide samas positsioonis ja mõjutavad sama tunnust? *

- Autosoomideks
- Alleelideks
- Lookuseks
- Kromatiiniks

12. Kui ristata omavahel punaste õitega ja valgete õitega taimi ning järgmise põlvkonna isendid on punaste õitega, siis seda tulemust saab kirjeldada ... *

- kodomineerimisega
- domineerimisega
- semidomineerimisega
- risttolmlemisega

13. Millised järgmistest väidetest pärilikkuse kohta ei ole tõesed? Pärilikkus on: *

- tunnust määravad geenid
- geenid, mida sisaldavad munarakk ja seemnerakk
- ühelt vanemalt saadud geenid
- vanematelt järglastele antavad geenid

14. Piimafarmis võimaldatakse järglasi saada vaid neil veistel, kes annavad head *
piima tootlikkust. Selle tulemusel järgmises põlvkonnas piima tootlikkus suureneb. See näide kirjeldab ...

- kunstlikku valikut
- looduslikku valikut
- välisaretust
- ristviljastumist

[Tagasi](#)

[Järgmine](#)

[Tühjenda vorm](#)

Neljas osa

15. Heterosügootse genotüübiga B grupi verega mees abiellub naisega, kellel on *
heterosügootse genotüübiga A grupi veri. Mitu protsenti nende lastest võiksid
olla 0-veregrupiga doonorid?

- 50%
- 25%
- 15%
- 10%

16. Milline on F2 põlvkonna fenotüübiline lahknemissuhe, kui vanempõlvkonnas ristata RR x rr isendid? *

- 1:2:1
- 4:1
- 3:1
- 2:2

17. Mees ja naine on normaalse pigmentatsiooniga, neil on albiino poeg (albinism on retsesiivne tunnusevariant). Kui suure tõenäosusega sünnib perre albiino tütar? *

- 25%
- 75%
- 37,5%
- 12,5%

18. Mõlemad vanemad on blondid. Neil sündis punapäine tütar. Milline on tõenäosus, et järgmisena sünnib punapäine poiss? *

- 1/2
- 1/4
- 1/8
- 1/16

19. Kooli elavnurka toodi paar kuldsekarvalisi hamstreid. Nende järglaste hulgas * oli 7 kuldset ja 3 valget isendit. Missugune on tõenäosus, et neist kuldsetest järglastest ühe ristamisel valgega sünnivad ainult kuldsed?

- 2/3
- 1/2
- 1/3
- 1/8

Tagasi

Järgmine

Tühjenda vorm

Viies osa

20. F1 põlvkonna esindajad on kõik fenotüübiliselt punaste õitega taimed. Milline * alljärgnevatest genotüüpidest iseloomustab vanempõlvkonda, kui R tähistab punast geeni ja r valget geeni?

- RR x Rr
- RR x rr
- Rr x rr
- Rr x Rr

21. Lähtuvalt Mendeli esimesest seadusest, kui ristata omavahel pruun kukk ja * valge kana, siis F1 järglaspõlvkonnas on kõik isendid pruuni värvi. Seda sellepärast, et ...

- sulestiku pruun värvus on retsessiivne
- sulestiku valge värvus on dominantne
- sulestiku pruun värvus on dominantne
- sulestiku valge värvus on osaliselt dominantne

22. Inimene, kellel on B-veregrupp, saab annetada verd patsiendile, kellel on ... *

- A- ja B-veregrupp
- B- ja AB-veregrupp
- 0-veregrupp
- B-veregrupp

23. Kui mõlemad vanemad on sirprakulise aneemia kandjad, siis nende genotüüp oleks ... *

- SS x ss
- ss x ss
- Ss x Ss
- SS x SS

24. Milline neist haigustest on X-liiteline ning peamiselt avaldub ainult meestel? *

- Sirprakuline aneemia
- Hemofiila
- Diabeet
- Malaaria

25. Kui ristata puhtatõulist valget kassi (homosügootne dominantne) puhtatõulise musta kassiga (retsesiivne), siis milline on F1 põlvkonna karva värvus ja genotüüp. *

- Isendid on homosügootsed ja karva värvus valge
- Isendid on homosügootsed ja karva värvus must
- Isendid on heterosügootne ja karva värvus valge
- Isendid on heterosügootsed ja karva värvus must

26. Ristati kahte kõrgekasvulist taime. Järgmises põlvkonnas olid osad isendid kõrgekasvulised ja osad madalakasvulised. Millised genotüübid olid ristatud taimede vanempõlvkonnas? *

- TT x TT
- TT x tt
- Tt x Tt
- Tt x TT

27. Milline järgmistest haigustest ei ole pärilik? *

- Albinism
- Malaaria
- Hemofiilia
- Värvipimedus

28. Millised järgmistest haigustest ei ole põhjustatud muutustest kromosoomide arvus? *

- Edwardsi sündroom
- Usheri sündroom
- Downi sündroom
- Turneri sündroom

29. Inimene, kellel on 0-veregrupp, saab annetada verd patsiendile, kellel on *

- 0-veregrupp
- A-veregrupp
- A- või 0-veregrupp
- A-, B- või 0-veregrupp

Tagasi

Saada ära

Tühjenda vorm

Lisa 2. Õpetajate küsimustik

Küsitlus

Tere!

Olen Tartu Ülikooli gümnaasiumi loodusteaduste õpetaja eriala tudeng. Uurin oma magistritöös gümnaasiumi õpilaste klassikalise geneetika arusaamist ja rakendamise oskust, huvi antud teemat õppida ning tuleviku valikuid. Kuna õpilaste teadmistel ja oskuste kujunemisel on oluline roll ka õpetajal, siis palun teil vastata järgmistele küsimustele. Küsimustele vastamine võtab aega umbes 5 - 10 minutit ning vastajale on tagatud anonüümsus ning konfidentsiaalsus.

Olen teie vastuste eest väga tänulik!
Sirje Lulla

 sirje.lulla@lymanda.edu.ee (pole jagatud) [Vaheta kontot](#)



Järgmine

Tühjenda vorm

Taustaandmed

Sugu *

- Naine
 Mees

Olen bioloogiaõpetajana töötanud ... aastat (vastus täisarvuna) *

Teie vastus

Tagasi

Järgmine

Tühjenda vorm

Õpilaste motiveeritus

Hinda kui motiveeritud on õpilased bioloogiat õppides. (1- Ei ole motiveeritud, 2 *
- Pigem ei ole motiveeritud, 3 - Ma ei tea, 4 - Pigem motiveeritud, 5 - Väga
motiveeritud)

	1	2	3	4	5	
Ei ole motiveeritud	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Väga motiveeritud

Hinda kui motiveeritud on õpilased klassikalist geneetikat õppides. (Mendeli *
seadused, geneetika ülesanded). (1- Ei ole motiveeritud, 2 - Pigem ei ole
motiveeritud, 3 - Ma ei tea, 4 - Pigem motiveeritud, 5 - Väga motiveeritud)

	1	2	3	4	5	
Ei ole motiveeritud	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Väga motiveeritud

Hinda kui hästi õpilased omandavad teadmisi klassikalise geneetika osas. (1- Ei *
oska, 2 - Pigem ei oska, 3 - Ma ei tea, 4 - Pigem oskavad, 5 - Väga hästi oskavad)

	1	2	3	4	5	
Ei oska	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Väga hästi oskavad

Hinda klassikalise geneetika teema raskusastet. (1- Väga keeruline, 2 - Pigem *
keeruline, 3 - Ma ei tea, 4 - Pigem lihtne, 5 - Väga lihtne)

	1	2	3	4	5	
Väga keeruline	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Väga lihtne

Põhjenda oma valikut (mis aitab või mis muutab raskeks/takistas õpilastel *
õppimist).

Teie vastus _____

Millised oskused valmistavad õpilastele klassikalise geneetika osas raskusi? *

- terminite omandamine
- funktsionaalne lugemisoskus
- matemaatika kasutamine
- muu

Põhjenda oma vastust. *

Teie vastus _____

Milliseid õppematerjale kasutate klassikalise geneetika õpetamisel? *

Teie vastus _____

Millistest õppematerjalidest tunnete puudust klassikalise geneetika õpetamisel? *

Teie vastus _____

[Tagasi](#)

[Saada ära](#)

Tühjenda vorm

Lisa 3. Õpilaste küsimustik küsimuste 6-29 õiged vastused

6. lookuseks
7. genotüüp
8. dominantne alleel
9. dominantseks
10. geenid
11. alleelideks
12. domineerimisega
13. ühelt vanemalt saadud geenid
14. kunstlik valikut
15. 25%
16. 3:1
17. 12,5%
18. 1/8
19. 1/3
20. RR x Rr, RR x rr
21. sulestiku pruun värvus on dominantne
22. B- ja AB-veregrupp
23. Ss x Ss
24. hemofiilia
25. isendid on heterosügootsed ja karva värvus must
26. Tt x Tt
27. Malaaria
28. Usheri sündroom
29. A-, B- või 0-veregrupp

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

Mina, Sirje Lulla,

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

Klassikalisest geneetikast arusaamine ja teadmiste rakendamine Eesti gümnaasiumiõpilaste näitel,

mille juhendaja on Helin Semilarski,

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 01.06.2022