

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

Monika Ojarand
Õpilaste arusaamine energiast bioloogia-alases kontekstis
Magistritöö (15 EAP)
Gümnaasiumi loodusteaduste õpetaja

Juhendaja: Helin Semilarski, MA

TARTU
2022

Õpilaste arusaamine energiast bioloogia-alases kontekstis

Magistritöö eesmärgiks on uurida gümnaasiumiõpilaste arusaamist energiast bioloogia-alases kontekstis ning sellega seotud mõisteid, selgitamaks erinevaid protsesse. Teine eesmärk on välja selgitada õpilaste väärarusaamad seoses energiaga bioloogia-alases kontekstis. Antud eesmärkide saavutamiseks viidi õpilastega läbi avatud küsimustega kirjalik test. Tulemuste analüüsiks kasutati kvantitatiivset ja kvalitatiivset meetodit. Testi tulemused näitavad õpilaste teadmistes suuri lünkasid energiaga seotud protsessides sh. energia kasutusega ja energia saamisega. Samuti selgus, et õpilastel on suured väärarusaamad protsessidega, mis on seotud energiaga bioloogia-alases kontekstis.

Märksõnad: bioloogia, energia, bioloogia-alane kirjaoskus

CERCS: S272 „Õpetajakoolitus“.

Students' understanding of energy in a biological context

The aim of the master's thesis is to study upper secondary school students' understanding of energy in a biological context and concepts related to it in order to explain different processes. The second aim is to find out students' misconceptions about energy in a biological context. To achieve these goals, students were given a written test with open-ended questions. Quantitative and qualitative methods were used to analyze the results. The results of the test show large gaps in students' knowledge of energy-related processes, incl. energy use and energy production. It was also found that students have major misunderstandings about the processes connected to energy in a biological context.

Keywords: biology, energy, biological literacy

CERCS: S272 „Teacher education“.

Sissejuhatus	3
1. Kirjanduse ülevaade	5
1.1 Loodusteaduslik kirjaoskus	5
1.2 Bioloogia-alane kirjaoskus	6
1.3 Õpilaste teadmised ja arusaamad loodusteadustes	6
1.3.1 Bloomi taksonoomia	7
1.3.2 Väärarusaamade olemus	8
1.3.3 Väärarusaamade tekke põhjused	9
1.3.4 Õpilaste väärarusaamad bioloogias	10
1.4 Õpilaste arusaamine energiast	10
1.5 Energiateema käsitus koolibioloogias	11
2. Metoodika	13
2.1 Ülevaade uuringu disainist	13
2.2 Valim	13
2.3 Instrument	14
2.4 Andmeanalüüs	15
3. Tulemused ja analüüs	16
3.2 Õpilaste poolt teadusliku sisuga selgituste andmine	21
3.3 Õpilaste loodusteaduslikud teadmised ja arusaamad ning õpilaste poolt teadusliku sisuga selgituste andmine	23
4. Arutelu ja järeldused	27
Kokkuvõte	29
Kasutatud kirjandus	30
Summary	37
Lisad	38

Sissejuhatus

Bioloogia uurib erinevaid protsesse elus looduses, mis põhinevad energia muundumisel. Energia on füüsikaline suurus, mida saame mõõta töö kaudu. Igapäevaselt saame kasutada energia mõistet erinevate nähtuste selgitamiseks ning iseloomustamiseks. (Anijärv ja Seedre, 2014) Energia liigub ökosüsteemis läbi erinevate tasemete ning selleks, et organismid saaksid seda kasutada ja säilitada on vajalik energia muundumine kas fotosünteesi abil või ainevahetuse kaudu (PRÕK, 2011).

Tulenevalt energiaallikate piiratusest sõltub organismide evolutsiooniline edukus ja ellujäämine energiatransformatsioonide efektiivsusest. Seega võime öelda, et energia on üks peamisi mõisteid bioloogiliste protsesside analüüsimisel. (Reece jt, 2011) Energia teema käsitlemine koolis on oluline kujundamaks õpilase ettekujutus nähtustest ja objektidest, mis kuuluvad loodusteaduste ainevaldkonda (PRÕK, 2011).

Gümnaasiumi bioloogiahariduse eesmärgiks õpilasele on, et õpilane omandaks tervikliku maailmapildi ja saaks aru bioloogia osast loodusteadustes ning selle üldisest ja erilist tähendusest (GRÕK, 2011). Uuringuid õpilaste teadmistest ja arusaamadest on läbi viidud aastakümneid, seniste uuringute tulemusel võib järeldada, et õpilastel esineb väärarusaamu bioloogia mõistete ja protsessidega seoses (Parts, 2000; Teixeira, 2000; Keles ja Kefeli, 2010; Özgür, 2013; Yates ja Marek, 2015). Eestis on vähe teaduslikult uuritud õpilaste bioloogiaga seotud arusaamu ja teadmisi (Semilarski ja Laius, 2019).

Enamik uuringuid, mis on uurinud õpilaste mõistmist energiast on siiani kirjeldanud energia mõistmist pigem füüsika kontekstis ning õpilaste arusaamadest energias erinevates distsipliinikontekstides, antud haru edasiseks uurimiseks on vaja omada vastavat testimisvahendit (Opitz, Neumann, Bernholt ja Harms, 2017).

Antud töös keskendutakse energiast arusaamisele bioloogia-alases kontekstis, sest seda on eelnevalt uuritud pigem füüsika kontekstis (Dyrenfurth ja Goris, 2010). Bioloogia-alane energia on biokeemia ja rakubioloogia valdkond, mis käsitleb energiavoogu läbi elussüsteemide (Nelson jt, 2013). Tänu bioloogia-alasele energiale saame seletada erinevad fenomene looduses. Energia on üks raamteemadest, mille kontseptsiooni tähtsusest tingituna identifitseerivad erinevate riikide hariduslikud standardid energiat kui olulist nähtust bioloogias ja teiste teadusainete õpetamises ja õppimises (Semilarski, Soodbard ja Rannikmäe, 2019).

Töö eesmärk on uurida gümnaasiumiõpilaste teadmisi energiast ja kui palju kasutavad õpilased koolis omandatud teadmisi energiaga seotud protsesside selgitamisel. Teiseks eesmärgiks on välja selgitada õpilaste väärarusaamad energiast bioloogia-alases kontekstis.

Eesmärkidest lähtudes on püstitatud tööle alljärgnevad uurimisküsimused:

- 1) Millised on gümnaasiumiõpilaste teadmised ja arusaamad energiast bioloogia-alases kontekstis ning mil määral kasutavad nad antud teadmisi energiaga seotud protsesside selgitamisel ja mõistete defineerimisel?
- 2) Missugused väärarusaamad esinevad gümnaasiumiõpilastel seonduvalt energiast bioloogia-alases kontekstis?

Eesmärkide saavutamiseks ja uurimisküsimustele vastamiseks koostati avatud küsimustega test. Magistritöö koosneb neljast peatükist. Esimeses, töö kirjanduse osas on antud ülevaade loodusteaduslikust ja bioloogia-alasest kirjaoskusest ning ka teadmiste ja arusaamade kujunemisest. Tähelepanu on pööratud ka õpilaste väärarusaamadele ning nende tekkimisele bioloogias. Lisaks on töös välja toodud bioloogia-alase energia teema käsitus PRÕK-is ja GRÕK-is (2011) ning bioloogiaõpikutes. Teises peatükis on tutvustatud uurimistöö metoodikat. Kolmandas osas on kirjeldatud ning analüüsitud töö tulemusi ning viimane osa koosneb arutelust ja järeldustest.

Täna oma juhendajat Helin Semilarskit, samuti soovin tänada oma peret ning kolleege ja kursusekaaslasi.

Avaldan tänu ka uurimuses osalenud õpilastele ja nende õpetajatele.

1. Kirjanduse ülevaade

1.1 Loodusteaduslik kirjaoskus

Loodusteadusliku hariduse üks tähtsamaid eesmärke on loodusteadusliku kirjaoskuse kujundamine (DeBoer, 2000; Holbrook ja Rannikmäe, 2009). Aastakümneid on üritatud määratleda ja formuleerida loodusteadusliku kirjaoskuse olemust (Millar ja Osborne, 1998; Miller, 1998; Laugksch, 2000; Holbrook ja Rannikmäe, 2009; Choi jt, 2011). Erimääratlustes on lähtutud õpiprotsessi tulemustest või rõhutatud teadmisi ja oskusi, mida õppija peab omandama (Laugksch, 2000). Leidub ka käsitlusi, kus keskendutakse pigem õpetaja tegevusele ja õppemeetoditele, millele toetudes kujundatakse õpilase loodusteaduslikku kirjaoskust (Van Eijck, 2012).

Holbrook ja Rannikmäe (2009) on loodusteaduslikku kirjaoskust määratlenud kui teadmiste kogumit, mida saab kasutada igapäevaelus ning mille abil on võimalik lahendada loodusteaduslikke probleeme ja vastu võtta otsuseid. Seega saab öelda, et need oskused on vajalikud igas vanuses, olenemata karjäärivalikust (Millar ja Osborne, 1998). Loodusteaduslikku kirjaoskust võib vaadelda kui pädevust, mis põhikooli riikliku õppekava (PRÕK) ja gümnaasiumi riikliku õppekava (GRÕK) järgi on vastavate teadmiste, hoiakute ja oskuste kogum, mis kindlustab võimekuse teatud tegevusalal või -valdkonnas resultatiivselt tegutseda (GRÕK, 2011). Loodusteaduslik pädevus peitub võimekuses mõista, vaadelda ja selgitada loodus-, tehis- ja sotsiaalkeskkonnas olevaid objekte, sündmuste kulgu ja nähtusi, samuti märgata ja lahendada antud meetodi alusel eri keskkonnas erinevaid probleeme ning hinnata vastutustundlikku ja säästvat eluviisi (PRÕK, 2011).

Loodusteadusliku kirjaoskuse kujunemine on katkematu areng, seega saab rääkida eri tasemetest, mida õpilased omandavad (Rannikmäe ja Teppo, 2010). Bybee on nimetanud neli alljärgnevat loodusteadusliku kirjaoskuse taset (Bybee, 1993, viidatud Rannikmäe ja Teppo, 2010 järgi):

- 1) nominaalne loodusteaduslik kirjaoskus – õpilased oskavad eristada loodusteaduslikke mõisteid, rakendavad õpitud teadmisi või õpetaja õpetusi, aga neil esinevad väärarusaamad;
- 2) funktsionaalne loodusteaduslik kirjaoskus – õpilased on võimelised meenutama eelnevalt õpitut ning rakendama seda neile tuntud situatsioonides;

3) strukturealne loodusteaduslik kirjaoskus – õpilastel on välja kujunenud isiklikud arusaamad, mis vastavad teaduslikele arusaamadele;

4) mitmedimensiooniline loodusteaduslik kirjaoskus – õpilased on motiveeritud osalema aruteludes, saavad aru loodusteaduste lõimingu teiste õppeainetega ning loodusteaduste ja ühiskonna vahelistest sidemetest.

Loodusteadusliku kirjaoskuse uurimuste tulemustest on selgunud, et õpilastele valmistab pigem raskusi saavutada loodusteadusliku kirjaoskuse tase, mis oleks strukturealne ja mitmedimensiooniline (Murcia, 2009; Soobard ja Rannikmäe, 2011).

1.2 Bioloogia-alane kirjaoskus

Bioloogia on fundamentaalne ja rakendusteaduslik distsipliin, mis laieneb väga kiiresti ning mängib suurt rolli meie arusaamades elu erinevatel tasemetel, alates molekulaarbioloogiast kuni globaalse skaalani (Kampourakis ja Reiss, 2018). Bioloogia-alase kirjaoskuse kui loodusteadusliku kirjaoskuse osa on kontseptualiseerinud Uno ja Bybee (1994), kes väitsid, et bioloogia-alane kirjaoskus ei ole üks tulemus, mida saab ühe bioloogiakursuse jooksul hinnata, vaid see on järjepidev areng kogu elu jooksul.

Antud kirjaoskus on loodusteadusliku kirjaoskuse alamhulk, mis keskendub peamiselt bioloogia-alasele kontekstile ja püüab laiendada bioloogiahariduse silmaringi. Selle kirjaoskuse esiletõstmise peamine mõte on ühiskonna vajadus tulla toime kiiresti muutuva maailmaga ning teha õigustatud otsuseid, kus bioloogilisi aspekte näha peamiste komponentidena. Kuigi paljud inimesed väljendavad oma tõekspidamisi teaduslike protsesside kohta, ei hinda nad tingimata teadust ja on seetõttu alati andma mitteteaduslike hinnanguid. (Semilarski ja Laius, 2021)

1.3 Õpilaste teadmised ja arusaamine loodusteadustes

Bloomi taksonoomia kuus põhiliiki saab jaotada kahte gruppi: teadmise- ja arusaamistasemeks. Teadmistena mõistame Bloomi taksonoomias inimese oskust reprodutseerida meelde jäänud informatsiooni. Selleks, et saaksime seda eristada õpitulemuse arusaamisest, eeldatakse, et meenutamine peab toimuma minimaalse arutluse tulemusel, ehk teadmistasemele vastavale küsimusele peaks õpilane vastama küllaltki kiirelt. (Bloom jt, 1956)

Arusaamise madalamaks tasemeks võib pidada mõistmist. Mõistmine avaldub oskuses sooritada vaimseid tegevusi, millel on piiritletud tähendus, mida inimene suudab korraga tajuda või mille üle arutleda. Täpsemalt väljendub mõistmine Bloomi taksonoomia alusel järgmisel viisil: oskuse transleerida edastatud informatsiooni ühest kujust teise ja võimena ennustada sündmuste tulevast käiku arenguseaduspärasuste alusel (Krull, 2010).

Kokkuvõttes saab öelda, et teadmistasemena oskab õpilane taasesitada meelde jäänud informatsiooni, kuid arusaamisel suudab õpilane mõista ning arutleda vastavate teadmiste üle.

1.3.1 Bloomi taksonoomia

Õppe-eesmärkide taksonoomiate ülesanne on kirjeldada õppimise tulemusi psühholoogiliste oskussõnadega. Antud taksonoomia lõi Benjamin S. Bloom ja tema kaastöölised sooviga korrastada ja ühtlustada õpetajate arvamusi õppematerjalide omandamise võimalikest tasanditest (Bloom jt, 1956). Selleks klassifitseerisid ja analüüsisid nad suurel hulgal õppetöös kasutatavaid teste ja muid õpilaste õppimise ja sotsiaalse arengu hindamise vahendeid.

Töö tulemusel jõudis Bloomi meeskond uskumiseni, et inimtegevuse, sh õppimise tulemusi saab liigitada kolmeks suureks valdkonnaks ehk sfääriks: kognitiivne ehk tunnetuslik, afektiivne ehk väärtushinnanguline; hoiakuline ja psühhomotoorne ehk ümberkujundav-soorituslik (Bloom jt, 1956).

Kolme valdkonna jaoks loodi õpitulemusi väljendavate tegevuste põhitüübid ehk kategooriad, mis on esitatud tabelis 1. Põhikategooriad on autorite poolt jagatud veel omakorda paljudeks alakategooriateks. (Krull, 2001)

Tabel 1. Bloomi koolkonna taksonoomiate põhikategooriad ning nende alamkategooriad (Krull, 2011)

Kognitiivne taksonoomia	Afektiivne taksonoomia	Psühhomotoorne taksonoomia
- teadmine - mõistmine - rakendamine - analüüs - süntees - hindamine	- märkamine - reageerimine - väärtustamine - väärtuste süstematiseerimine - isiksuslike väärtusorientatsioonide formeerumine	- reflektorsed liigutused - baasliigutused - liigutuste taju - füüsilised võimed - motoorsed oskused

		- mitteverbaalne kommunikatsioon
--	--	-------------------------------------

Suuna kolmest õppe- ja kasvatusesmärkide liigitusest on kõige enam levinud kognitiivne taksonoomia, mis on üles ehitatud hierarhiliselt, oletades, et kõrgema astme mõtlemisvõime ni pürgimiseks on vaja eelnevale kategooriale vastava arutlustaseme saavutamine, ehk mõistmine pole võimalik ilma teadmisteta, rakendamine ilma mõistmiseta, analüüs ilma rakendamiseta jne (Krull, 2010). Sellest tingituna uuritakse antud uurimistöös just kognitiivset taset.

1.3.2 Väärarusaamade olemus

Üldiselt vastavad väärarusaamad mõistele, millel on õpilastele omapärased tõlgendused ja tähendused, samuti pole need teaduslikult täpsed. Kirjanduses nimetatakse väärarusaamu ka naiivseteks uskumusteks (Caramazza jt, 1981), ekslikeks ideedeks (Fisher, 1985), eelarvamusteks (Hashweh, 1988), teaduse mitmeks versiooniks (McClelland, 1984), vigade allikaks (Fisher ja Lipson, 1986), personaalse reaalsuse mudeliks (Champagne jt, 1983), spontaanseks argumentatsiooniks (Viennot, 1979), isetekivateks teadmisteks (Pines ja West, 1985), alternatiivseteks raamideks ideedeks (Driver ja Easley, 1978) ja lasteteaduseks (Gilbert jt, 1982). Kuigi kirjanduses domineerib mõiste „väärarusaam“, eelistab mõni teadlanti (nt Abimbola, 1988; Gilbert ja Swift, 1985; Wandersee jt, 1994) kasutada hoopis terminit „alternatiivne kontseptsioon“ (Sidekli ja Yangin, 2014).

Kaheksa väidet väärarusaamade kohta võib kokku võtta järgmiselt (Wandersee jt, 1994):

1. Õpilased alustavad loodusõpetuse õppimist erinevate väärarvamustega loodusobjektide ja sündmuste kohta.
2. Väärarusaamad, mis loodusõpetust õppides ilmnevad, ei sõltu vanusest, võimetest, soost ja kultuurilistest piiridest.
3. Väärarusaamad on visad ja tavapäraseid õpetamisstrateegiaid kasutades väljasuremisele vastupidavad.
4. Väärarusaamad on sageli loodusnähtuste selgitusele, mida pakkusid eelmiste põlvkondade teadlaste ja filosoofide seletused.

5. Väärarusaamad tulenevad mitmekesistest isiklikest kogemustest, sealhulgas otsesest vaatlusest ja tajumisest, kaaslaste kultuurist ja keelest, aga ka õpetajate selgitustest ja juhendmaterjalidest.

6. Õpetajad järgivad sageli samu väärarusaamu nagu nende õpilased.

7. Õpilaste eelteadmised mõjutavad formaalses õppes esitatud teadmisi, mille tulemuseks on mitmekesine soovimatute õpitulemuste kogum.

8. Kontseptuaalseid muudatusi soodustavad juhendamise viisid võivad olla tõhusad klassiruumis kasutatavad vahendid. (Dyrenfurth ja Goris, 2010)

1.3.3 Väärarusaamade tekke põhjused

Üks põhilisi väärarusaamade põhjustajaid on keelekasutus. Lapsed jälgivad ja kuulevad, milliseid mõisteid vanemad ja ühiskond nende ümber iga päev kasutavad, ning tuletavad selle põhjal oma mõisted. Teaduslikud mõisted esitatakse täiskasvanute sõnaliste seletuste põhjal, näiteks haridusasutuses. (Võgotski, 1994; Kikas, 2000) Võib tekkida oht, et uued mõisted võivad peale tunni lõppu meelest kaduda, seega jäävad alles ainult tavamõisted, mis on olnud inimese mälus pikemat aega ning seetõttu saanud rohkem juurduda kui uued teaduslikud kontseptid. Seega on oluline mõistete pidev kordamine. (Barke jt, 2009)

Väärarusaamade kujunemises mängib suurt rolli ka õpetaja ja tema õpetamismetoodika (Yip, 1998). Paljud haridusasutuses tekkinud väärarusaamad tekivad just siis, kui õpetaja ei pööra tähelepanu teaduslikule keelele (Barke jt, 2009). Õpetajate endi arusaamad võivad kujundada ka õpilaste väärarusaamu (Narjaikaew, 2013). Väärarusaamade tekkeks on suur oht, kui õpilased kombineerivad uued õpitud mõisted igapäevaelus tekkinud lihtsate arusaamadega (Tekkaya, 2002).

Üheks väärarusaamade tekke põhjuseks peetakse õpikuid (Storey, 1992a; Storey 1992b). Uurimistööde tulemusel on selginud, et õpikutes on palju lihtsustusi ja üldistusi ning esineb ebatäpseid jooniseid, diagramme ning analooge (Galvin jt, 2015). Samuti on suur roll õpilaste arusaamade kujunemises, et käsitlevad teemade vahel puudub lõimumine ning neid tutvustatakse õpikutes sobimatult (Tekkaya, 2002).

Väärarusaamad võivad takistada õpilastel teaduslike arusaamade kujunemist (Shaw jt, 2008). Kui väärarusaamad on avaldunud, siis võib nendest vabanemine osutuda väga keerukaks

(Thompson ja Logue, 2006). Väärarusaamad peab võimalikult kiirelt elimineerima. On leitud, et kui väärarusaamadele suunatakse kohe tähelepanu ja õpilastele antakse võimalus oma ideid rekonstrueerida, siis õpilaste osakaal, kes suudavad teaduslikult korrektselt nähtusi seletada, kasvab (Deshmukh ja Deshmukh, 2007).

1.3.4 Õpilaste väärarusaamad bioloogias

PRÕK-is (2011) on rõhutatud, et bioloogia peaks kujundama õpilastel tervikliku arusaama eluslooduse põhilistest objektidest ja protsessidest ning elus- ja eluta looduse seostest, kuna abstraksete bioloogiateemade puhul ei leia õpilased seoseid igapäevaeluga ning seetõttu on suur oht väärarusaamade kujunemiseks (Yip, 1998).

Suured lüngad bioloogia-alastes teadmistes võivad tekitada olukorra, kus õpilased ei ole suutelised tegema otsuseid tervise suhtes, lähtudes oma teadmistest (Lukin, 2013). Bioloogiahariduses läbiviidud uuringute käigus on leitud, et õpilastel esinevad väärarusaamad peamiselt bioloogia-alase energia seotud mõistete defineerimisel ning protsesside selgitamisel, näiteks osa bioloogia-alasest energiast (Canal, 1999; Teixeira, 2000; Tekkaya, 2003; Keles ja Kefeli, 2010).

Õpilastel esineb rohkelt väärarusaamu ka fotosünteesi protsessi mõistmisel. Õpilased arvavad, et süsihappegaas (CO_2) on taimedele toiduks ja päikeseenergia muudab taimed tugevamaks ning annab neile ilusa värvuse (Canal, 1999; Keles ja Kefeli, 2010), samuti arvavad õpilased, et taimedele on kahjulik suurenev CO_2 hulk (Keles ja Kefeli, 2010). Peale fotosünteesi on uuritud ka õpilaste arusaamasid taimede hingamise protsessist. Põhilised väärarusaamad antud teemal on, et rohelised taimed ei hinga, vaid fotosünteesivad, ja hingamiseks vajavad taimed ainult CO_2 -te, mille abil vabaneb hapnik. (Yenilmez ja Tekkaya, 2006)

1.4 Õpilaste arusaamine energiast

Energia on loodusteadusliku raamteema ja interdistsiplinaarne kontseptsioon (Semilarski jt, 2019). Hiljutised uuringud on kirjeldanud energia mõistmise edenemist nelja energiaaspekti raames: energiavormid, energia ülekandmine/muundumine, energia kasutamine ja energiasäästmine. Enamik õpilaste energia mõistmist käsitlevaid uuringuid on seni kirjeldanud energia mõistmist füüsika kontekstis. Selle kohta, kuidas õpilased erinevates distsipliinikontekstides energiast aru saavad, on väga vähe teadmisi ning selle valdkonna uurimiseks on suur vajadus omada vastavat testimisvahendit. (Opitz jt, 2017)

Vastavalt käesoleva uuringu fookusele, milleks on õpilaste arusaamine energiast bioloogia-alases kontekstis ning sellega seotud väärarusaamade uurimine, vaadeldakse uuringuid, mis

keskenduvad konkreetsetl energia õpetamisele ja õppimisele bioloogia-alases kontekstis (nt Jennison ja Reiss, 1991; Jin ja Anderson, 2012; Opitz jt, 2016).

Uurimused teemal, kuidas õpilased mõistavad energiat, on tuvastanud neli aspekti, millel on energia mõistmisel suur roll: (1) energia vormid ja allikad, (2) energia ülekanne ja muundumine, (3) energia kasutamine ja hajumine ning (4) energia säästmine (nt Neumann jt, 2013; Lancor, 2015). Loodusliku valiku oluline tegur on see, mil määral organism suudab muuta piiratud olemasolevat energiat soovitud energiavormideks (nt kineetiliseks energiaks), selle asemel, et muundada seda soojusenergiaks. Seetõttu keskendutakse bioloogilistes lähenemisviisides (nt energiavoo diagrammides) sageli energia muundamise efektiivsusele ja soojuse emissioonile (Opitz jt, 2017).

1.5 Energiateema käsitus koolibioloogias

Ühiskonna kiire areng seab õpilastele üha enam nõudmisi seoses nende teadmiste ja oskustega (Holbrook ja Rannikmäe, 2009). Tänapäeva täisväärtuslik kodanik valdab teadmisi ja oskusi, millest paljusid saab kokku võtta mõistega „loodusteaduslik kirjaoskus“ (Holbrook ja Rannikmäe, 2009; Choi jt, 2011; OECD, 2016).

Kuna Eesti gümnaasiumites õpitakse loodusteaduslikke õppeaineid eraldi distsipliinidena ja sageli õpetavad neid ka erinevad õpetajad, siis hoolimata 2011. aastal vastu võetud kompetentsuspõhisest õppekavast (GRÕK, 2011), mis on loodusvaldkonna osas üles ehitatud rahvusvaheliselt aktsepteeritud kontseptsioonile „Haridus loodusteaduste kaudu“ (Holbrook ja Rannikmäe, 2009), ilmnevad üksikute õppeainete ainekavades endiselt erinevad rõhuasetused.

Viimased uuringud on kirjeldanud energia mõistmist nelja energiaaspekti raames ning suuremosa nendest uuringutest on käsitletud energia mõistmist füüsikalises kontekstis (Opitz jt, 2017). Õpilaste väljendatud mõtted energiakontseptsiooni kohta sisaldavad ebasobivaid või ebaõigete väidete rühmitusi, sageli just nimelt selgitustes kasutatavate sõnade tõttu, nimelt on paljud õpilased koostanud lauseid, nagu "elusorganismide jõulisel tegemisel kasutatakse energia ära". Ehkki selline lause võib olla tõene, arvestades õpilase terminoloogiat, on see teaduslikult vale ainult fraasi "kasutatud" tõttu, mis rikub teaduskeele seisukohalt energiasäästu põhimõtet (nt Trumper ja Gorsky, 1993; Kesidou ja Duit, 1993).

Mitu autorit on viidanud, et õpilastel on raskusi energiasäästuprintsiibi rakendamisel bioloogiliste nähtuste puhul (nt Warren, 1986; Solomon, 1982). Warreni läbiviidud uuringu järeldused on väärtuslikud loodusteaduste koolitajatele, eriti bioloogiaõpetajatele, sest nende ülesanne on selgitada, kuidas energia ja sellega seotud mõisted läbivad teadust, sealhulgas

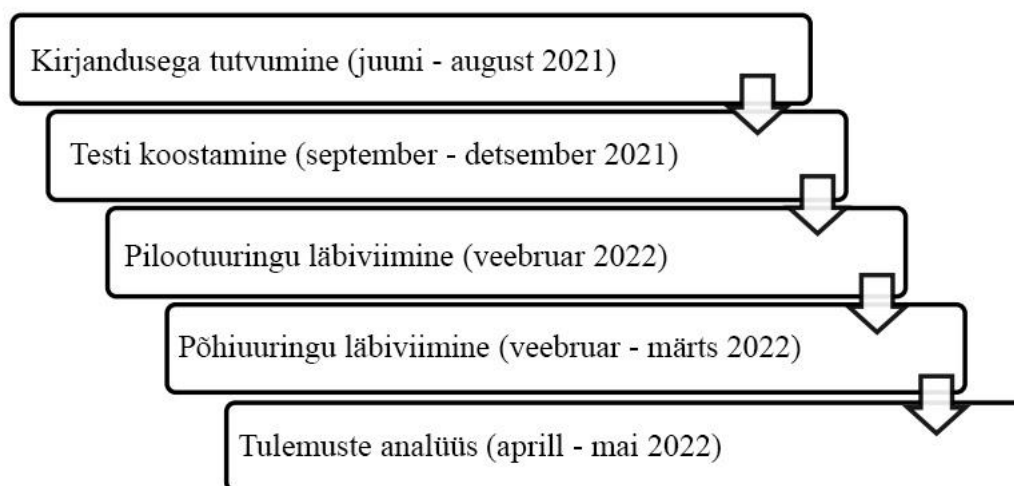
bioloogiat (Warren, 1986). Mitmed teadlased on leidnud, et õpilased selgitavad energiat nii, nagu oleks see konkreetne objekt (nt füüsikaline suurus) (Eisen ja Stavy, 1988; Trumper ja Gorsky, 1993).

Gümnaasiumis on energiat käsitletud põhiliselt bioloogia õpiku II osas. Energiale keskendunud peatükkideks on: eluks on vaja energiat ja süsinikku; energia vahendajaks organismis on ATP; fotosünteesis muudetakse valgus keemiliseks energiaks; fotosüntees mõjutab kogu elu Maal; energia vabaneb toitainetest raku-hingamisel; energiat saab toota ka ilma hapnikuta (Tenhunen jt, 2022).

2. Metoodika

2.1 Ülevaade uuringu disainist

Esmalt tutvuti kirjanduse ja varasemate uurimistöödega ning seejärel koostati instrument. 2022. aasta veebruaris viidi õpilastega läbi pilootuuring, mille eesmärgiks oli välja selgitada testile vastamiseks kulunud aeg ning leida võimalikke kitsaskohti. Pilootuuringu järel ei olnud vajadust teha muudatusi küsimustikus. Põhiuuring viidi läbi 2022. aasta veebruaris ja märtsis ühes gümnaasiumis. Enne põhiuuringu läbiviimist tutvustati aineõpetajatele uuringuga seotud eesmärgid ning lepidi kokku testi tegemiseks kellaajad ning klassiruumid. Testid sooritati elektroonselt ning testi lingi said õpilased käesoleva töö autorilt. Testi tegemine võttis õpilastel aega ligikaudu 25 minutit. Tehtud uuringu etappe on iseloomustatud joonisel 1.



Joonis 1. Uuringu disain

2.2 Valim

Käesolevas töös kasutati andmete kogumiseks mittetõenäosuslikku mugavusvalimit (Cohen jt, 2007). Uuring viidi läbi gümnaasiumis 10.-12.klassi õpilaste seas (tabel 2).

Tabel 2. Põhiuuringus osalenud õpilased

Klass	Õpilaste arv
10. klass	48
11. klass	19
12. klass	67
Kokku:	134

Uuringus osalenud õpilaste arvust klasside kaupa on antud ülevaade tabelis 2. Anonüümsuse tagamiseks ei ole nimetatud uuringus osalenud kooli nime.

2.3 Instrument

Andmete kogumiseks koostati avatud küsimustega kirjalik küsimustik (vt lisa 1). Kasutades sellist testimise moodust saame lisaks teadmistele anda ka ülevaate õpilaste arusaamisest (Tanner ja Allen, 2005), samuti saame välja tuua ka õpilaste väärarusaamad (Tanahoung jt, 2010). Testi koostamisel võeti aluseks GRÕK-is (2011) välja toodud õpitulemused, pädevused, õppesisu ja gümnaasiumi bioloogiaõpikus olevad mõisted energiaga seotud teemade kohta ja varasemad uurimistööd. Test koosnes kokku 16 küsimusest, millest üheksa küsimust olid magistritöö autori koostatud ning seitse (küsimused 10; 11; 12; 13; 14; 15; 16) küsimust oli võetud varasemalt läbiviidud uuringust (Opitz jt, 2017). Küsimused olid koostatud eesmärgiga saada teada õpilaste arusaamist energiast bioloogia-alases kontekstis. Õpilaste arusaamist hinnati selle järgi, kuidas nad oskavad kirjeldada energiaga seotud protsesside toimumist ning mõisteid. Test koostati ühe variandina, küsimused ja mõõdetavad oskused ja teadmised on välja toodud tabelis 3.

Tabel 3. Testi küsimuste struktuur, mõõdetavad teadmised ja oskused (Bloom jt, 1956)

Küsimus	Mõõdetavad teadmised/oskused
1; 2	Taustaandmete kogumine
3; 4; 11; 14; 15	Loodusteaduslikud teadmised ja arusaamine Väärarusaamad
5; 6; 10; 12; 13	Teadusliku sisuga selgituse andmine Väärarusaamad
7; 8; 9; 16	Loodusteaduslikud teadmised ja arusaamine Teadusliku sisuga selgituse andmine Väärarusaamad

Valiidsuse tagamiseks andsid kolm eksperti uuringu instrumendi kohta hinnangu ja 2022. aasta veebruaris viidi õpilastega läbi pilootuuring.

2.4 Andmeanalüüs

Andmete analüüsimisel kasutati kvantitatiivset ja kvalitatiivset andmeanalüüsi. Õpilaste vastused sisestati tabelitöötlusprogrammi *Microsoft Excel* 2021. Sisestatud vastused loeti korduvalt läbi, iga küsimuse vastust hinnati vastavalt hindamisjuhendile, mille järgi anti vastustele punktilised väärtused. Õpilaste vastustes esinenud väärarusaamad toodi esile Exceli tabelis teise värviga. Tulemuste sagedusjaotuse leidmiseks eksporditi Excelis loodud tabel andmetöötlusprogrammi IBM SPSS 28.0 (*Statistical Package for the Social Sciences*).

3. Tulemused ja analüüs

Edasiselt on tulemused esitatud ja analüüsitud küsimuste kaupa. Õpilaste poolt vastamata jäetud küsimusi andmete analüüsi arvestusse ei võetud. Tabelisse on märgitud hinnangud ja esinemissagedused küsimuste kaupa. Õpilaste poolt mitte vastatud või vastusega „ma ei tea“ küsimusi andmete analüüsi arvesse ei võetud.

Andmete kasulikkuse suurendamiseks kasutati hindajate vahelise usalduse meetodit, mille abil on võimalik näha erinevate sõltumatute hindajate saadud tulemuste kokkulangevust (Gwet, 2008). Uuringu hindajateks olid eksperdid, kes hindasid õpilaste vastuseid. Hindajate antud punktide kokkulangevus oli 94%.

Uuringu kodeerimiseks loodi hindamistabel, mille alusel hinnati igat vastust 0-3punkti skaalal (va küsimus 8, mille punkti skaala on 0-2punkti). Hindamisjuhendi järgi tähistab 0punkti vastusele mitte vastamist või vastamist, mis on võrdne vastusele „ma ei tea“. 1punktiline vastus tähendab, et küsimusele on vastatud, kuid vastus oli vale. 2punktiline vastus eeldab, et küsimusele on vastatud ning vastus on osaliselt õige. 3punkti saab vastuse eest, mis on õige ning mida on põhjendatud.

Antud andmed töödeldi SPSS programmis, mille abil leiti iga küsimuse keskmine ning standardhälve, mis on välja toodud tabelis 4. Samuti leiti uuringu Cronbach's alpha kontrollimaks sisereliaabluse koefitsenti, tulemuseks oli 0,753. Tuginedes George ja Mallery (2003) tulemustele, siis võib antud tulemuse lugeda aksepteeritavaks ($0.7 \leq \alpha < 0.8$ aktsepteeritav; $0.8 \leq \alpha < 0.9$ hea; $\alpha \geq 0.9$ väga hea).

Tabelis 4 on välja toodud küsimuste numbrid ning kas küsimusele on vastatud keskmiselt paremini (ehk keskmine on suurem kui 1,5) või halvemini (keskmine väiksem kui 1,5). Tabelit analüüsides saab öelda, et keskmisest paremini on vastatud küsimustele 4; 5; 8; 11 ja 16, antud küsimused keskenduvad inimese energia vajadusele, saamisele ja kulutamisele. Küsimus number 8 on keskmisena erand, kuna antud küsimuse skaala on 0punkti kuni 2punkti. Keskmisest halvemini vastatud küsimusteks olid ülejäänud ehk küsimused 3; 6; 7; 9; 10; 12; 13; 14 ja 15, antud küsimused keskendusid energiaga seotud mõistete defineerimisele, rakuhingamisele, energia salvestamisele, muundumisele kulutamisele ja taimedega seotud protsessidele.

Tabel 4. Küsimustikus olnud küsimuste keskmised tulemused ja standardhälve

Küsimuse number	Keskmine (M)	Standardhälve (SD)
3	1,24	0,667
4	1,86	0,554
5	1,67	0,662
6	0,94	0,963
7	1,01	0,815
8	1,41	0,676
9	1,08	0,567
10	1,14	0,644
11	1,59	0,676
12	0,69	0,753
13	0,77	0,780
14	0,99	0,517
15	1,20	0,986
16	1,65	0,720

Samuti on tabelis ära toodud iga küsimuse standardhälve, mis iseloomustab vastuste hajumist keskmise ümber. Mida väiksem on standardhälve, seda lähemal on vastajate vastused keskmisele, suurema standardhälve puhul saab öelda, et vastajate vastused on üldisest keskmisest kaugemal. Antud tabeli põhjal (tabel 4) saab öelda, et küsimuste 6; 7 ja 15 vastused olid keskmisest palju suurema standardhålbega, ehk nendel küsimuste väärtuste hajuvus on suurem võrreldes ülejäänud küsimustega.

3.1 Õpilaste arusaamine ja väärarusaamad energiast bioloogia-alases kontekstis

Mida mõistame bioloogias energiana?

Esimese küsimuse eesmärk oli uurida, millised on õpilaste arusaamine energiast bioloogia-alases kontekstis ja kuidas kasutavad õpilased koolis selgeks saanud teadmisi ja mõisteid selgituste andmisel. Vastused jaotusid kolmeks: vale, osaliselt õige ja õige (vt lisa 2). Vale vastuse korral esines õpilaste antud vastustes energia kohta mitmeid sisulisi vigu ja puudusi.

Näited: Toitaineid, mis toidavad rakke.

Osaliselt õige vastuses esines pealiskaudsust ja mõningate väärarusaamade esinemist. Mõiste sõnastamisel kasutatakse pigem tavapärasest kõnekeelt kui teaduslikke mõisteid.

Näited: See, mida me võtame väliskeskkonnast et töödelda seda mingiks otstarbeks organismis.

Õige vastuse puhul kasutas õpilane korrektseid akadeemilisi mõisteid.

Näited: See on energia, mis aitab inimesel liikuda ja igapäevatoiminguid täita. Mida organismid saavad toidust või päikese abil anorgaanilistest ühenditest.

Kõige enam domineeris vale vastus.

Õpilaste hulgas on levinud ka arusaam, et bioloogiline energia on toitained rakkudele, mille abil saab keha energiat.

Näited: Toit rakkudele, mille abil saame elutegevuseks jõudu.

Läbib ja täidab kõik meie keha rakud ja aatomid, ühendades need ühtseks tervikuks.

Mis mõjutab inimeste energiavajadust?

Küsimusega sooviti teada saada õpilaste teadmisi, mis on seotud inimese energiavajadusega ning mis seda mõjutab. Vastused jaotusid kolmeks: vale, osaliselt õige ja õige (vt lisa 2). Vale vastuse korral esines õpilaste antud vastustes energiavajaduse kohta mitu sisulist viga ja puudust.

Näited: Et oleks tahe elada, et oleks jõud teha kõike mida peab.

Osaliselt õiges vastuses suutis õpilane nimetada vähemalt ühe faktori, mis mõjutab inimeste energiavajadust.

Näited: See, mida me võtame väliskeskkonnast, et töödelda seda mingiks otstarbeks organismis.

Õige vastuse puhul kasutas õpilane korrektseid akadeemilisi mõisteid ning oskas nimetada vähemalt kaks faktorit, mis mõjutavad inimese energiavajadust.

Näited: Toit, uni, füüsiline aktiivsus, õhutemperatuur.

Üheks levinumaks väärarusaamaks esimese küsimuse puhul oli, et inimese meeleolu ja mõtteviis on seotud energiavajadusega.

Näited: Eluviis, mõtteviis. Inimeste füüsiline aktiivsus ja poliitilised otsused.

Õpilaste hulgas on levinud ka arusaam, et inimese energiavajadust mõjutavad välistegurid.

Näited: Õhureostus, õhu kvaliteet,.

Kust saadakse energia, mida inimene kasutab jooksmisel? (Opitz jt, 2017).

Küsimusega mõõdeti õpilaste teadmisi loodusteaduslikest protsessidest. Vastused jaotuseid kolmeks: vale, osaliselt õige ja õige (vt lisa 2). Vale vastuse korral esines õpilaste vastustes mitmeid sisulisi vigu ja puudusi.

Näited: Aju annab impulssi lihastesse.

Osaliselt õiges vastuses oskas õpilane seostada toitumist energia saamiseks.

Näited: Toidust ja meie energia varudest.

Õige vastuse puhul kasutas õpilane korrektseid akadeemilisi mõisteid ning teab, et sprindi- ja maratoni on puhul erinev glükoosi lagundamise protsess. Nimetab vähemalt 1 faktori, kust tuleb energia.

Näited: Oleneb kui kaua jooksed, on olemas 3 staadiumit, viimane on rasvakogusest.

Kõige enam domineeris osaliselt õige vastus.

Üheks levinumaks väärarusaamaks esimese küsimuse puhul oli, et inimene saab energia hingamise teel.

Näited: Kui inimene hingab tugevalt.

Õpilaste hulgas on levinud ka arusaam, et jooksmiseks saab inimene energia lihastest.

Näited: Lihastest.

Puu kasutab energiat kasvamiseks. Kust saab ta energiat pärast selle ära kasutamist? (Opitz jt, 2017).

Küsimusega mõõdeti õpilaste teadmisi loodusteaduslikest protsessidest. Vastused jaotuseid kolmeks: vale, osaliselt õige ja õige (vt lisa 2). Vale vastuse korral esines õpilaste antud vastustes energia kasutamise kohta sisulisi vigu ja puudusi.

Näited: Päikesest ja mullast.

Osaliselt õiges vastuses tõi õpilane välja fotosünteesi.

Näited: Fotosünteesist.

Õige vastuse puhul kasutas õpilane korrektseid akadeemilisi mõisteid ning oskas välja tuua fotosünteesi ning lagunemise protsessi, mille abil vabaneb energia.

Näited: Puu kasutab päikeseenergiat ja mineraalaineid, et fotosünteesida, mille käigus tekib hapnik ja kasvamiseks vajalikud ained.

Kõige enam domineeris vale vastus.

Õpilaste hulgas on levinud ka arusaam, et energia tuleb puule ka toitumisest ja hingamisest.

Näited: Toitumine ja hingamine.

Puu erinevates eluprotsessides kulub energiat. Milles see seisneb? (Opitz jt, 2017).

Küsimusega mõõdeti õpilaste teadmisi loodusteaduslikest protsessidest. Vastused jaotuseid kolmeks: vale, osaliselt õige ja õige (vt lisa 2). Vale vastuse korral esines õpilaste antud vastustes energia kulumise kohta sisulisi vigu ja puudusi.

Näited: See seisneb puulehtede kukkumises, puude kuivamises.

Osaliselt õiges vastuses tõi õpilane välja selle, et puu kulutab energiat endale toidu sünteesimiseks.

Näited: Kasvamiseks, viljade kasvatamiseks, elus püsimiseks.

Õige vastuse puhul kasutas õpilane korrektseid akadeemilisi mõisteid ning oskas välja tuua, et puu kulutab (erineva koguse) energiat sünteesiprotsessideks.

Näited: Algul on puul vaja rohkem energiat, et ellu jääda ja kasvada, aja jooksul see energia saamise vajadus väheneb, aga mingil määral on seda ikka vaja.

Kõige enam domineeris osaliselt õige vastus.

Õpilaste hulgas on levinud ka arusaam, et energia kulutamine on seotud päikesega.

Näited: Päikeses.

3.2 Õpilaste poolt teadusliku sisuga selgituste andmine

Miks inimesed peavad energia saamiseks toituma? Põhjenda oma vastust.

Küsimuse eesmärk oli uurida, millised on õpilaste arusaamised seosed energia saamiseks läbi toitumise ning kuidas kasutavad õpilased koolis omandatud teadmisi ja mõisteid selgituste andmisel. Vastused jaotuseid kolmeks: vale, osaliselt õige ja õige (vt lisa 2). Vale vastuse korral esines õpilaste antud vastustes energia saamise kohta sisulisi vigu ja puudusi.

Näited: Tervislike toitu, sest see sisaldab rohkem vajalike elemente ja annab rohkem energiat.

Osaliselt õiges vastuses tõi õpilane välja selle, et toidus on olemas vajalikud toitained, mille kaudu saame energiat.

Näited: Toidust me saame energiat ning vajalike toitained, mis aitavad olla meil hea füüsilises ja vaimses vormis.

Õige vastuse puhul kasutas õpilane korrektseid akadeemilisi mõisteid ning oskas välja tuua selle, et vajame toitumist selleks, et organism saaks töötada kuna toidust saame me suure osa energiat.

Näited: Toidust saab süsivesikuid ja su toidus on erinevad komponendid (valgud, rasvad ja süsivesikud), mis lõhestumisega muutuvad energia suhkruid, millest saab teha energiat.

Kõige enam domineeris osaliselt õige vastus.

Mis on ATP roll organismis?

Neljanda küsimusega sooviti õpilastel teada saada mõiste tähendust, mis on juba põhikoolis nendele tuttav. Vastused jaotuseid kolmeks: vale, osaliselt õige ja õige (vt lisa 2). Vale vastuse korral esines õpilaste antud vastustes ATP rolli kohta sisulisi vigu ja puudusi.

Näited: Hoiab keha tugevana.

Osaliselt õiges vastuses tõi õpilane välja selle, et ATP on seotud energiaga.

Näited: Energia talletaja.

Õige vastuse puhul kasutas õpilane korrektseid akadeemilisi mõisteid ning teab, et ATP (adenosiintrifosfaat) on universaalne energia talletaja ja ülekandja, mis osaleb kõigi rakkude ja organismide metabolismis.

Näited: Peamine energia salvestaja, vabastamisel annab organismile energiat.

Kõige enam domineeris osaliselt õige vastus.

Üheks levinumaks väärarusaamaks esimese küsimuse puhul oli, et ATP roll on seotud keha vormis hoidmisena.

Näited: Hoiab keha tugevana.

Hoida keha heas vormis.

Miks toimuvad organismis lagundamise protsessid?

Vastused jaotuseid kolmeks: vale, osaliselt õige ja õige (vt lisa 2). Vale vastuse korral esines õpilaste antud vastustes lagundamise kohta mitmeid sisulisi vigu ja puudusi.

Näited: Et tekiks ruumi, uuendatud ainetele/ rakkudele.

Osaliselt õiges vastuses teadis õpilane välja, et vabaneb energia.

Näited: Energia saamiseks.

Õige vastuse puhul kasutas õpilane korrektseid akadeemilisi mõisteid ning oskas välja tuua täpsustatud kirjelduse: ehk toiduga saadud orgaanilised ained lagundatakse läbi mitmete järjestikuliste reaktsioonide järjest lihtsama ehitusega molekulideks. Reaktsiooni juhivad neile ainuomased ensüümid. Valdav osa dissimilatsiooniprotsessidest toimub energia saamise eesmärgil. Vabanev energia salvestatakse energiarikastesse orgaanilistesse ainetesse, mida nimetatakse makroenergilisteks ühenditeks.)

Kõige enam domineeris vale vastus.

Üheks levinumaks väärarusaamaks esimese küsimuse puhul oli, et organismis toimub lagundamise protsess ainult selleks, et vabaneda organismis olevatest ebavajalikest/üleliigsetest ainetest.

Näited: Et eemaldada ebavajalikud ning vanad toitained organismist.

Et saada lahti üleliigsetest asjadest.

Keemiline energia salvestatakse inimkeha erinevatesse osadesse. Kuidas see energia inimkehale kättesaadavaks tehakse? (Opitz jt, 2017).

Vastused jaotuseid kolmeks: vale, osaliselt õige ja õige (vt lisa 2). Vale vastuse korral esines õpilaste antud vastustes energia salvestamise kohta sisulisi vigu ja puudusi.

Näited: Veri kannab energia vajalikku kohta.

Osaliselt õiges vastuses teadis õpilane, et energia saab muunduda.

Näited: Inimese keha hoiab energiat rasvana, et see oleks kättesaadav.

Õige vastuse puhul kasutas õpilane korrektseid akadeemilisi mõisteid ning oskas energia muundumise ning selle protsessi kirjelduse.

Kõige enam domineeris vale vastus.

Jooksmisel toimub energia "ülekandmine" ja "muundumine". Mis nendes protsessides toimub? (Opitz jt, 2017).

Küsimusega mõõdeti õpilaste teadmisi loodusteaduslikest protsessidest. Vastused jaotuseid kolmeks: vale, osaliselt õige ja õige (vt lisa 2). Vale vastuse korral esines õpilaste antud vastustes energia ülekandumise ja muundumise kohta sisulisi vigu ja puudusi.

Näited: Energia väljub inimese kehast.

Osaliselt õiges vastuses tõi õpilane välja energia muundumise ja ülekandumise.

Näited: Ülekandumisel keha kannab energia vajalikesse kohtadesse ning muundumisel keha muundab energiat.

Õige vastuse puhul kasutas õpilane korrektseid akadeemilisi mõisteid ning oskas välja tuua ülekandumise, muundumise ja kirjeldab protsesse.

Kõige enam domineeris vale vastus.

Üheks levinumaks väärarusaamaks esimese küsimuse puhul oli, et energia liigub kehas.

Näited: Ühelt keha osalt kandub teisele, higistamisel läheb energia välja.

3.3 Õpilaste loodusteaduslik arusaamine ning õpilaste poolt teadusliku sisuga selgituste andmine

Seleta oma sõnadega, kuidas toimub raku hingamine.

Antud küsimusega mõõdeti õpilaste oskust selgitada bioloogilist protsessi. Vastused jaotuseid kolmeks: vale, osaliselt õige ja õige (vt lisa 2). Vale vastuse korral esines õpilaste antud vastustes raku hingamise kohta sisulisi vigu ja puudusi.

Näited: Läbi naha.

Osaliselt õiges vastuses teab õpilane, millised etapid on raku hingamisel.

Näited: Rakk "hingab" sisse hapniku, väljastab aga CO₂ ja muid aineid, mida vaja enam pole.

Hapnik tuleb rakku ning organism hingab.

Õige vastuse puhul kasutas õpilane korrektseid akadeemilisi mõisteid ning teab, mis etapid on raku hingamisel (Raku hingamine koosneb kolmest protsessist: glükolüüsist, tsitraaditsüklist ja hingamisahela reaktsioonidest) ning oskab neid kirjeldada.

Näited: Rakuline- ehk koehingamine on elusorganismide rakkudes toimuvate biokeemiliste reaktsioonide kogum, mille käigus toimub süsivesikute, lipiidide ja aminohapete oksüdeerumine süsinikdioksiidiks ja veeks, samuti energia moodustumine.

Kõige enam domineeris vale vastus.

Üheks levinumaks väärarusaamaks esimese küsimuse puhul oli, et raku hingamine toimub läbi naha või läbi raku kehapinna. Õpilaste hulgas on levinud ka arusaam, et raku hingamise protsessil on oluline ainult inimese hingamine.

Missugust energiat kasutavad rohelised taimed toidu tootmiseks/saamiseks?

Küsimusega mõõdeti õpilaste teadmisi loodusteaduslikest protsessidest. Vastused jaotuseid kaheks: vale ja õige (vt lisa 2). Vale vastuse korral esines õpilaste antud vastustes taimede energia kasutamisel toidu tootmiseks/ saamiseks sisulisi vigu ja puudusi.

Näited: Soojus energia ja valgus energia.

Õiges vastuses teadis õpilane, et tegu on päikseenergiaga.

Näited: Päikseenergia.

Kõige enam domineeris õige vastus.

Üheks levinumaks väärarusaamaks esimese küsimuse puhul oli, et taimed kasutavad toidu tootmiseks/ saamiseks loodusenergiat/roheenergiat.

Näited: Loodusenergiat.

Roheenergiat.

Mis on hingamise roll energia saamisel?

Küsimusega taheti teada õpilaste teadmisi loodusteaduslikest protsessidest. Vastused jaotuseid kolmeks: vale, osaliselt õige ja õige (vt lisa 2). Vale vastuse korral esines õpilaste antud vastustes hingamise rolli kohta energia saamisel sisulisi vigu ja puudusi.

Näited: Taim saab õhust energiat.

Osaliselt õiges vastuses tõi õpilane välja selle, et tänu hingamisele saame välikeskkonnast erinevaid aineid mis on seotud energia saamisega.

Näited: Organism saab tänu sellele vajalikud ained.

Õige vastuse puhul kasutas õpilane korrektseid akadeemilisi mõisteid ning oli välja toonud, et hapniku abil toimub põletamise protsess, ning tänu sellele vabaneb energia.

Näited: Süsivesikud lagunevad õhuhapniku toimel oksüdeerides süsinikdioksiidiks ja veeks ning vabanev energia kulub organismide elutähtsa aktiivsuse, kasvu ja paljunemise säilitamiseks.

Kõige enam domineeris vale vastus.

Üheks levinumaks väärarusaamaks esimese küsimuse puhul oli, et hingamine on seotud energia kasutamisega.

Näited: Hingamisel on roll energiat raisata ja varustada organismi hapnikuga.

Kas kasvamisel kulutatakse kogu energiat inimese kasvamiseks? Põhjenda oma valikut. (Opitz jt, 2017).

Küsimusega mõõdeti õpilaste teadmisi loodusteaduslikest protsessidest. Vastused jaotuseid kolmeks: vale, osaliselt õige ja õige (vt lisa 2). Vale vastuse korral esines õpilaste antud vastustes energia kulutamise kohta sisulisi vigu ja puudusi.

Näited: Jah, mida vanem inimene, seda rohkem energiat on vaja.

Osaliselt õiges vastuses oskas õpilane vastata küsimusele, kuid mitte põhjendada seda või põhjendus oli vale.

Näited: Ei, osa energiast läheb selleks, et elusana püsida.

Õige vastuse puhul kasutas õpilane korrektseid akadeemilisi mõisteid ning oskas vastata küsimusele, kuid ning ka põhjendada seda.

Näited: Ei, osa energiat läheb tagavaraks selleks, et tulevikus kasutada seda ning organism pole suhteline kasutada kogu energia kasvamiseks, liikumiseks on seda ju ka vaja ning muudeks tegevusteks.

Kõige enam domineeris osaliselt õige vastus.

Üheks levinumaks väärarusaamaks esimese küsimuse puhul oli, et arvati, et inimene kasutab kasvamisel koguenergia kasvamiseks.

Näited: Jah, mida vanem inimene, seda rohkem energiat on vaja.

Jah, sest et see on protsess, mis vajab palju energiat.

4. Arutelu ja järeldused

Testis esinenud tähtsamate bioloogia-alase energiaga seotud teemade (energiavajadus, ATP, rakuhingamine, energia kasutamine, energia salvestamine/ muundumine/ ülekandumine) puhul oli ülekaalus gümnaasiumiõpilastel osaliselt õiged vastused ning lünklikud selgitused. Sarnaselt varasematele uurimustele on leitud, et õpilastele valmistab suurt raskust energiaga seotud lagunemise/hajumise ja säästmise mõistete selgitamisega ja mõistmisega (Opitz jt, 2016; Chabalengula jt, 2011; Dyrenfurth ja Goris, 2010).

Vaadates õpilaste tulemusi (tabel 4), saab öelda, et väheste küsimuste vastused on keskmisest paremini vastatud. Kõrge keskmine esines küsimustel, mis keskenduvad inimese energia vajadusele, saamisele ja kulutamisele. Seega saame järeldada, et uuringus osalenud õpilastel on hea arusaamine inimeste bioloogia-alase energia vajadusest ning energia saamisest ning kulutamisest.

Keskmisest madalamad tulemused (tabel 4) olid küsimustele, mis keskendub mõistele, mis on bioloogias energia. Samuti olid keskmiselt madalamad tulemused küsimusel, mis soovis teada saada õpilaste teadmiste seoses hingamise rollile energia saamisel ja organismis aset leidvate lagunemise protsessile ning taimede energia hankel. Ehk järeldusena saab öelda, et nendes valdkondades on õpilaste teadmised madalad

Samuti on antud tabelis (tabel 4) välja toodud vastuste standardhälve, antud andmeid (keskmine ja standardhälve) võrreldes, näeme, et 4. ja 14. küsimuse standardhälve on keskmisest palju väiksem, seega saab öelda, et õpilaste vastused on üldisele keskmisele lähemal ning õpilastel on kujunenud sarnased teadmised antud teemadest.

Bioloogilise energiaga seotud nähtuste ja protsesside selgitamisel kasutasid õpilased paljus osas tavakeelt, näiteks kasutati väljendeid „rakud hingavad“, „bakterid vananevad“. Varasemates uuringutes on leitud, et õpilased kasutavad mõistet „päikesevalgus“ kirjeldamaks soojusenergiat (Opitz jt, 2016).

Uuringust selgus, et valimis olnud gümnaasiumiõpilastel esineb mitmeid väärarusaamu bioloogia-alasest energiast. Eelnevad uuringud on leidnud, et õpilastele valmistab suuri raskusi abstraksetest mõistetest ja protsessidest arusaamine (Catherall, 1981; Canal, 1999; Lewis ja WoodRobinson, 2000; Parts, 2000; Teixeira, 2000; Tekkaya, 2003; Saka jt, 2006; Keles ja Kefeli, 2010; Özgür, 2013; Yates ja Marek, 2015). Käesoleva uurimistöö vastustest tuli välja, et õpilastel pole kujunenud täielikku arusaama bioloogia-alasest energiast. Õpilased töid välja, et energia on toidust saadud ained, samuti arvati, et toit sisaldab vitamiine, mis annavad

energiat. Energia liikumise mõiste on ka varasemates uuringutes tekitanud õpilastes raskusi (Opitz jt, 2016).

Tabelis (tabel 4) olevaid andeid kõrvutades, saame öelda, et 14. küsimuse keskmine kui ka standardhälve on keskmisest palju madalamad. Madala keskmise skoori järgi saame öelda, et vastused antud küsimusele olid suuremas osas valed (lisa 2), vaadates madalat standardhälvet saame järeldada, et õpilaste vastused on keskmisemast sarnasemad ehk võib eeldada, et õpilastel on kujunenud ühtsed väärarusaamad antud teemadest.

Käesolev töö annab kinnitust, et kui õpilased ei ole varasemalt omandanud arusaamist bioloogia-alase energia algmõistete kohta siis ei pruugi tekkida neil bioloogia-alasest energiast terviklikku pilti. Selle põhjuseks võib olla bioloogiatundides käsitletavate teemade omavahelise lõimingu puudumine, mis käsitleb õpilaste arusaamasid (Tekkaya, 2002).

PRÕK-i (2011) järgi õpitakse mikroorganisme ja nende ehitust 8. klassis ning immuunsüsteemi osa bakter- ja viirushaiguste tõkestamisel 9. klassis. Kui mikroorganismide teema on omandatud lünklikult ja seoste loomine on olnud nõrk, siis võib teaduslike arusaamade kujunemine immuunsüsteemist olla takistatud. Seega on väga oluline, et õpetajad pööraksid koolis väärarusaamade ilmnemisel nendele koheselt tähelepanu.

Uurimistöö töö tulemustele tuginedes võib teha järgmised järeldused:

1. Gümnaasiumiõpilaste teadmisi ja arusaamist bioloogia-alasest energiast iseloomustab lünklikus. Õpilased kasutavad selgitamisel omavahel mitte seotud mõisteid, mistõttu on tervikpildi tekkimine bioloogia-alase energia protsessides kaheldav. Enamjaolt tuleneb see väärarusaamade esinemisega.
2. Gümnaasiumiõpilastel valmistab raskusi bioloogia-alase energiaga seotud protsesside põhjendamine kuna eelnevad teadmised on puudulikud. Protsesside kirjeldamisel puudusid paljud etapid ning kirjeldamisel kasutati igapäevaelulisi väljendeid.
3. Gümnaasiumiõpilastel esinevad väärarusaamad konkreetsete mõistete kasutamisel. Nad samastavad mõisteid „päike“ ja „valgus“ ning „päikseenergia“ ja „fotosüntees“.

Uurimistöö piirangud ja edasised uurimissoovitused. Käesoleva uurimistöö tulemused on kvantitatiivse loomuga ning kehtivad valimisse kuulunud õpilaste kohta. Töös on järeldusi tehes eeldatud, et õpilased on omavahel võrreldavad. Tulemuste paikapidavuse kontrolliks oleks vajalik test ka teiste koolide õpilastega. Täpsemate tulemuste saamiseks ja väärarusaamade tekke väljaselgitamiseks oleks vaja edasistel uuringutel läbi viia intervjuud.

Kokkuvõte

Bioloogia-alase energia mõistmine on oluline mõistmaks protsesse, mis toimuvad meie ümber. Eelnevad uurimused bioloogia-alasest energiast näitavad, et õpilastel esineb mitmeid väärarusaamu seoses bioloogiamõistete ja – protsessidega. Käesoleva magistritöö esimene eesmärk oli uurida gümnaasiumiõpilaste teadmisi energiast ja kui palju kasutavad õpilased koolis omandatud teadmisis energiaga seotud protsesside selgitamisel. Teiseks eesmärgiks oli välja selgitada õpilaste väärarusaamad bioloogilise energiaga. Eesmärkide saavutamiseks koostati avatud küsimustega test. Uuring viidi läbi 2022. aasta veebruaris. Kokku osales testis 134 õpilast. Testi tulemusi analüüsiti kvantitatiivse meetodiga.

Teadmisi ja arusaamist bioloogia-alase energia olemusest iseloomustab õpilaste seas teadmiste pealiskaudsus. Õpilased oskasid kasutada erinevate mõisete selgitamisel koolis omandatud bioloogiateadmisis ja mõisteid, kuid ei osanud neid omavahel seostada. Lisaks selgus, et õpilastele valmistab raskusi bioloogia-alase energia protsesside kirjeldamine.

Uurimistöö tulemused näitasid, et gümnaasiumiõpilastel ilmnesid väärarusaamad bioloogilisest energiast ja sellega seotud protsessidest. Õpilased pidasid päikeseenergiat ja fotosünteesi samaks mõisteks. Samuti oli üheks enamlevinud väärarusaamaks, et raku hingamine toimub läbi raku keha pinna. Tulemustest ilmnes, et õpilastel esinevad väärarusaamad peamiselt konkreetsete mõistetega seondult. Kõige enam esines väärarusaamu küsimustes, mis olid seotud bioloogia-alase energia protsesside põhjendamisega. Õpilased tõid välja, et energia liigub kehas ringi ning kasvades kastame ära kõik energia kehas.

Toetudes uurimistulemustele, võib väita, et tööle püstitatud eesmärgid said täidetud, küll aga ei saa valimist tingitud piirangud töö tulemusi üldistada kõigi gümnaasiumiõpilaste suhtes.

Kasutatud kirjandus

Abimbola, I. O. (1988). The problem of terminology in the study of student conceptions in science. *Science Education*, 72 (2), 175–184.

Anijärv, H. & Seedre, P. (2014). *Loodusõpetus 8.klass*. SA Innove, HARNO.

Barke, H. D., Hazari, A., & Yitbarek, S. (2009). Students' misconceptions and how to overcome them. *Misconceptions in chemistry addressing perceptions in chemical education*. (21–36). Berliin: Springer-Verlag.

Catherall, R. W. (1981). Children's beliefs about the human circulatory system. Master's thesis, University of British Columbia, Vancouver.

Canal, P. (1999). Photosynthesis and 'inverse respiration' in plants: an inevitable misconception. *International Journal of Science Education*, 21 (4), 363–371.

Caramazza, A., McCloskey, M., & Green, B. (1981). Naive beliefs in „sophisticated“ subjects: Misconceptions about trajectories of objects. *Cognition*, 9 (2), 117–23.

Chabalengula, V., M., Sanders, M., & Mumba, F. (2011). Diagnosing students' understanding of energy and its related concepts in biological context. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 10 (2), 241–266.

Champange, A. B., Gunstone, R. F., & Klopfer, L. E. (1983). Naive knowledge and science learning. *Research in Science and Technological Education*, 1 (2), 173–183.

Choi, K., Lee, H., Shin, N., Kim., S., & Krajcik, J. (2011). Re-conceptualization of scientific literacy in South Korea for the 21st century. *Journal of Research in Science Teaching*, 48 (6), 670–697.

DeBoer G. E. (2000). Scientific literacy: Another look at its historical and contemporary meanings and its relationship to science education reform. *Journal of Research in Science Teaching*, 37 (6), 582–601.

Deshmukh, N. D., & Deshmukh, V. M. (2007). *A study of students' misconceptions in biology at the secondary school level*. *Proceedings of epiSTEME-2: An International Conference to*

Review Research on Science, Technology and Mathematics Education (137–141). Delhi, India: Macmillan India Ltd.

Driver, R. & Easley, J. (1978). Pupils and paradigms: A review of literature related to concept development in adolescent science students. *Studies in Science Education*, 10, 37–60.

Dyrenfurth, M. & Goris, T. (2010). Students' misconceptions in science. *International Journal of Engineering Education*, 29 (1), 1–12.

Eisen, Y. & Stavy, R. (1988). Students' Understanding of Photosynthesis. *The American Biology Teacher*, 50 (4), 208–212.

Fisher, K. M., & Lipson, J. I. (1986). Twenty questions about student errors. *Journal of Research in Science Teaching*, 23 (9), 783–803.

Fisher, W. R. (1985). The Narrative Paradigm: In the Beginning. *Journal of Communication*, 35 (4), 74–89.

Galvin, E., Simmie, G. M., & O'Grady, A. (2015). Identification of misconceptions in the teaching of biology: a pedagogical cycle of recognition, reduction and removal. *Higher Education of Social Science*, 8 (2), 1–8.

Gilbert, J. K., & Swift, D. J. (1985). Towards a Lakatosian Analysis of the Piagetian and Alternative Conceptions Research Programs. *Science Education*, 69(5), 681–96.

Gilbert, J. K., Watts, D. M., & Osborne, R. J. (1982). Students' Conceptions of Ideas in Mechanics. *Physics Education*, 17, 62–66.

Gwet, K. L. (2008). Computing inter-rater reliability and its variance in the presence of high agreement. *British Journal of Mathematical and Statistical Psychology*, 61 (1), 29–48.

Gümnaasiumi riiklik õppekava (GRÕK). (2011). Riigi Teataja I, 14.01.2011, 2. <https://www.riigiteataja.ee/akt/129082014021> (12.02.2022).

Hashweh, M. (1988). Descriptive studies of students' conceptions in science. *Journal of Research in Science Teaching*, 25 (2), 121–134.

Holbrook, J. & Rannikmäe, M. (2009). The meaning of scientific literacy. *International Journal of Environmental and Science Education*, 4 (3), 275–288.

- Jennison, B. M. & Reiss, M. J. (1991).** Does anyone know what energy is? *Journal of Biological Education*, 25(3), 173–176.
- Jin, H. Ja Anderson C. W. (2012).** A learning progression for energy in socio-ecological systems. *Journal of Research in Science Teaching*, 49, 1149–1180.
- Kampourakis, K & Reiss, M. J. (2018).** *Teaching Biology in Schools*. New York. Routledge.
- Keles, E. & Kefeli, P. (2010).** Determination of student misconceptions in „Photosynthesis and respiration“ unit and correcting them with the help of CAI material. *Procedia Social and Behavioral Sciences*, 2(2), 3111–3118.
- Kesidou, S. & Duit, R. (1993).** Students' conceptions of the second law of thermodynamics: An interpretive study. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(1), 85–106.
- Kikas, E. (2000).** Pedagoogiline psühholoogia: arenguteooriad, õppimisteooriad, motivatsioon. Tartu : Tartu Ülikooli Kirjastuse trükikoda.
- Krull, E. (2001).** *Pedagoogilise psühholoogia käsiraamat*. Tartu. Tartu Ülikooli Kirjastus.
- Laugksch, R. C. (2000).** Scientific literacy: A conceptual overview. *Science Education*, 84 (1), 71–94.
- Lewis, J. & Wood-Robinson, C. (2000).** Genes, chromosomes, cells division and inheritance – do students see any relationship? *International Journal of Science Education*, 22 (2), 177–195.
- Lukin, K. (2013).** Exciting middle and high school students about immunology: An easy, inquiry-based lesson. *Immunology Research*, 55 (1-3), 201–209.
- Miller, J. D. (1998).** The measurement of civic scientific literacy. *Public Understanding of Science*, 7 (3), 203–223.
- Millar, R., & Osborne, J. F. (1998).** *Beyond 2000: Science Education For The Future*. London: King's College London. <https://www.nuffieldfoundation.org/wp-content/uploads/2015/11/Beyond-2000.pdf> (12.02.2022).
- Murcia, K. (2009).** Re-thinking the development of scientific literacy through a rope metaphor. *Research in Science Education*, 39 (2), 215–229.

McClelland, D. C. (1984) Motives, Personality, and Society: Selected Papers. Praeger, New York.

Narjaikaew, P. (2013). Alternative conceptions of primary school teachers of science about force and motion. *Procedia Social and Behavioral Sciences*, 88, 250–257.

Nelson D. L., Cox M. M. & Lehninger A. L. (2013). *Lehninger: Principles of Biochemistry*. New York: W.H. Freeman and Company.

OECD (2016). PISA 2015 results (Vol. 1): *Excellence and equity in education*. Paris: OECD Publishing.

Opitz, S. T., Neumann, K., Bernholt, S. & Harms, U. (2016). How Do Students Understand Energy in Biology, Chemistry, and Physics? Development and validation of an assessment instrument. *Journal of Mathematics Science and Technology Education*, 13 (7), 3019–3042.

Opitz, S. T. (2017). Student conceptions about energy in biological contexts. *Journal of Biological Education*, 51 (4), 427–440.

Parts, A. (2000). Mõistestruktuuride mõju bioloogiateadmiste omandamisele. Magistritöö, Tartu Ülikool.

Rannikmäe, M. & Teppo, M. (2010). Õpilaste arusaamade arvestamine loodusainete õpetamisel. Põhikooli valdkonnaraamat loodusained. http://www.oppekava.ee/index.php/%C3%95pilaste_arusaamade_arvestamine_loodusainete_%C3%B5petamisel (28.11.2021)

Reece, J. B., Urry, L. A., Cain, M. L., Wasserman, S. A., P. Minorsky, Jackson, R. B., & Campbell, N. A. (2011). *Campbell Biology*. Boston, MA. Benjamin Cummings/Pearson.

Saka, A., Cerrah, L., Akdeniz, A. R. ja Ayas, A. (2006). A Cross-Age Study of the Understanding of Three Genetic Concepts: How Do They Image the Gene, DNA and chromosome? *Journal of Science Education and Technology*, 15 (2), 192–202.

Semilariski, H., & Laius, A. (2019). A complex instrument for measuring the components of gymnasium students' biological literacy. EDULEARN19 Proceedings: 11th International Conference on Education and New Learning Technologies, 1st-3rd July, 2019. Palma, Mallorca, SPAIN 6285–6293.

Semilarski, H. & Laius, A. (2021). Exploring biological literacy: A systematic literature review of biological literacy. *European J Ed Res.* 10 (3), 1181–1197.

Semilarski, H.; Soodbard, R.; Rannikmäe, M. (2019). Modeling Students' Perceived Self-efficacy and Importance toward Core Ideas and Work and Life Skills in Science Education. *Science Education International*, 30 (4), 261–273.

Shaw, K. R., Van Horne, K., Zang, H. & Boughman, J. (2008). Essay contest reveals misconceptions of high school students in genetics content. *Genetics*, 178 (3), 1157–1168.

Sidekli, S. & Yangın, S. (2014). Prospective teachers' misconceptions about classification of plants and changes in their misconceptions during pre-service education. *Journal of Baltic Science Education*, 13 (1), 105–117.

Soobard, R. & Rannikmäe, M. (2011). Assessing student's level of scientific literacy using interdisciplinary scenarios. *Science Education International*, 22(2), 133–144.

Solomon, J. (1982). How children learn about energy or Does the first law come first? *School Science Review*, 63 (224), 415–422.

Storey, R. D. (1992b). Textbook errors and misconceptions in biology: Cell physiology. *American Biology Teacher*, 54 (4), 200–203.

Storey, R. D. (1992a). Textbook errors and misconceptions in biology: Cell energetics. *American Biology Teacher*, 54 (3), 161–166.

Tanner, K. & Allen, D. (2005). Approaches to biology teaching and learning: understand the wrong answers – teaching toward conceptual change. *Cell Biology Education*, 4 (2), 112–117.

Tanahoung, C., Chitaree, R. & Soankwan, C. (2010). Probing thai freshmen science students' conceptions of heat and temperature using open-ended questions: a case study. *Eurasian Journal of Physics and Chemistry Education*, 2 (2), 82–94.

Teixeria, F. (2000). What happens to the food we eat? Children's conceptions of the structure and function of the digestive system. *International Journal of Science Education*, 22 (5), 507–520.

Tekkaya, C. (2002). Misconceptions as barrier to understanding biology. *Journal of Education*, 23, 259–266.

Tenhunen, A., Hain, E., Venäläinen, J., Tihtarinen-Ulmanen, M., Holopainen, M., Panu Happonen, S. P., Tsaro, K., Haldre, K. & Sepp, T. (2022) *Bioloogia õpik gümnaasiumile, II kursus. Organismide energiavajadus, areng ja regulatsioon*. Tallinn. Avita.

Thompson, F. & Logue, S. (2006). An exploration of common student misconceptions in science. *International Education Journal*, 7 (4), 553–559.

Tekkaya, C. (2003). Remediating high schools' misconceptions concerning diffusion and osmosis through concept mapping and conceptual change text. *Research in Science and Technological Education*, 21 (1), 5–16.

Trumper, R. & Gorsky, P. (1993). Learning about energy: The influence of alternative frameworks, cognitive levels, and closed-mindedness. *Journal of Research in Science Teaching*, 30 (7), 637 – 648.

Uno, G. E. & Bybee, W. R. (1994). Understanding the dimensions of biological literacy. *BioScience*, 44 (8), 553–557.

Van Eijck, M. (2012). Capturing the dynamics of science in science education. In B. J. Fraser, K. G. Tobin, C. J. McRobbie (Eds.), *Second international handbook of science education* Vol. 2. (1029–1039). London. Springer.

Viennot, L. (1979). Spontaneous Reasoning in Elementary Dynamics. *International Journal of Research in Science Teaching*, 1 (2), 205–221.

Võgotski, L. (1994). The development of academic concepts in school aged children. R.van Veer ja J.Valsiner (Toim.) *The Vygotsky reader*. (355–370).

Wandersee, J. H., Mintzes, J. J. & Novak, J. D. (1994). Research on alternative conceptions in science. In D. L. Gabel (Eds.), *Handbook of research on science teaching and learning* (pp. 177–210). New York: Simon & Schuster and Prentice Hall International.

Warren, J. W. (1986). At what stage should energy be taught? *Physics Education*, 21 (3), 154– 156.

West, L. H. & Pines, A. L. (1985). Cognitive structure and conceptual change. Sydney: Academic Press.

Özgür, S. (2013). The persistence of misconceptions about the human blood circulatory system among students in different grade levels. *International Journal of Environmental & Science Education*, 8 (2), 255–268.

Yangin, S., Sidekli, S. & Gokbulut, Y. (2014). Prospective teachers' misconceptions about classification of plants and changes in their misconceptions during pre-service education. *Journal of Baltic Science Education, Journal of Baltic Science Education*, 13 (1), 105–117.

Yates, T. & Marek, E. (2015). A study identifying biological evolution-related misconceptions held by prebiology high school students. *Creative Education*, 6 (8), 811–834.

Yenilmez, A. & Tekkaya, C. (2006). Enhancing Students' Understanding of Photosynthesis and Respiration in Plant Through Conceptual Change Approach. *Journal of Science Education and Technology*, 15 (1), 81–87.

Yip, D. (1998). Teachers' misconceptions of the circulatory system. *Journal of Education*, 32 (3), 207–215.

Summary

Understanding biological energy is important for understanding the processes that take place around us. Previous research on biological energy shows that students tend to have many misconceptions about biological concepts and processes. The first goal of this master's thesis was to study high school students' knowledge and understanding of energy and how much of the knowledge acquired at school do students use to explain energy related processes. The second goal was to find out students' misconceptions about biological energy. In order to achieve these aims an open-ended test was developed. The survey was conducted in February 2022. A total of 134 students participated in the test. The test results were analysed by a quantitative method.

Knowledge and understanding of the nature of biological energy among students is characterized by superficiality. The students were able to use biological knowledge and concepts acquired at school to explain different concepts, but could not relate them to each other. In addition, it became evident that students have difficulty describing biological energy processes.

The results of the research showed that misunderstandings related to biological energy and processes connected to that appeared among high school students. The students considered solar energy and photosynthesis to be the same concept. It was also a common misconception that cellular respiration occurs through the cell's body surface. The results showed that students have misunderstandings mainly in relation to specific concepts. The most common misunderstandings appeared in questions that were related to the justification of biological energy processes. The students pointed out that energy moves around the body, and as we grow, we use all the energy in the body.

Based on the results of the research, it can be said that the set goals were achieved, although the restrictions due to sampling mean that the results can not be used to generalize about all high school students.

Lisad

Lisa 1. Testi vorm

1. Sugu?
 - a) Mees
 - b) Naine
2. Mitmendas klassis õpid?
3. Mida mõistame bioloogias energiana?
4. Mis mõjutab inimeste energiavajadust?
5. Miks inimesed peavad energia saamiseks toituma? Põhjenda.
6. Mis on ATP roll organismis?
7. Seleta oma sõnadega, kuidas toimub raku hingamine.
8. Missugust energiat kasutavad rohelised taimed toidu tootmiseks/saamiseks?
9. Mis on hingamise roll energia saamisel?
10. Miks toimuvad organismis lagundamise protsessid?
11. Kust saadakse energia, mida inimene kasutab jooksmisel?
12. Keemiline energia salvestatakse inimkeha erinevatesse osadesse. Kuidas see energia inimkehale kättesaadavaks tehakse?
13. Jooksmisel toimub energia "ülekandmine" ja "muundumine". Mis nendes protsessides toimub?
14. Puu kasutab energiat kasvamiseks. Kust saab ta energiat pärast selle ära kasutamist?
15. Puu erinevates eluprotsessides kulub energiat. Milles see seisneb?
16. Kas kasvamisel kulutatakse kogu energiat inimese kasvamiseks? Põhjenda oma valikut.
 - a) Jah
 - b) Ei

Lisa 2. Küsimused ja hinnangud vastuste esinemissageduse kaupa.

Küsimus nr 3	Hinnang vastustele	Kirjeldused	Esinemise sagedus
	Vale	Esineb palju sisulisi vigu ja puudusi.	77
	Osaliselt õige	Selgitus on puudulik. Selgitamisel kasutab lihtsat sõnakasutust.	39
	Õige	Sisu on korrektne. Selgituses on kasutatud õiget terminoloogiat.	4
	Vastanud õpilaste arv kokku		120
	Vastamata õpilaste arv		13
Küsimus nr 4	Hinnang vastustele	Kirjeldused	Esinemise sagedus
	Vale	Esineb palju sisulisi vigu ja puudusi.	13
	Osalisel õige	Selgitus on puudulik. Selgitamisel kasutab lihtsat sõnakasutust. On nimetatud 1 faktorit, mis mõjutab energiavajadust.	108
	Õige	Selgituses on olemas korrektsed teaduslikud mõisted Selgituses on olemas vähemalt 2 faktorit.	6
	Vastanud õpilaste arv kokku		127
	Vastamata õpilaste arv		6
Küsimus nr 5	Hinnang vastustele	Kirjeldused	Esinemise sagedus
	Vale	Esineb palju sisulisi vigu ja puudusi.	53
	Osalisel õige	Selgitus on puudulik Selgituses esineb üksikuid vigu ja väärarusaamu. Teab, et inimene saab toitaineid toidust.	66
	Õige	Sisu on korrektne. Selgituses on olemas korrektsed teaduslikud mõisted. Välja on toodud toitumise rolli organismi töös.	12
	Vastanud õpilaste arv kokku		131

	Vastamata õpilaste arv		2
Küsimus nr 6	Hinnang vastustele	Kirjeldused	Esinemise sagedus
	Vale	Esineb palju sisulisi vigu ja puudusi.	23
	Osalisel õige	Selgitus on puudulik. Selgituses esineb üksikuid vigu ja väärarusaamu. On välja toonud, et ATP on seotud energiaga.	45
	Õige	Selgituses on loogiline. Selgituses on olemas korrektsed teaduslikud mõisted Lisaks ATP seost energiaga on välja toodud ka, et ATP on energia talletaja ja ülekandja.	4
	Vastanud õpilaste arv kokku		72
	Vastamata õpilaste arv		61
Küsimus nr 7	Hinnang vastustele	Kirjeldused	Esinemise sagedus
	Vale	Esineb palju sisulisi vigu ja puudusi.	67
	Osalisel õige	Vastus on puudulik. Esineb üksikuid väärarusaamu. Rakuhindamis etappide väljatoomine.	23
	Õige	Sisu on korrektne. Loogiline selgitus. Lisaks rakuhingamise etappide väljatoomisele on neid ka kirjeldatud.	7
	Vastanud õpilaste arv kokku		97
	Vastamata õpilaste arv		36
Küsimus nr 8	Hinnang vastustele	Kirjeldused	Esinemise sagedus
	Vale	Esineb palju sisulisi vigu ja puudusi.	50
	Õige	Sisu on korrektne. Loogiline selgitus. Vastuses on olemas korrektsed teaduslikud mõisted.	69

	Vastanud õpilaste arv kokku		119
	Vastamata õpilaste arv		14
Küsimus nr 9	Hinnang vastustele	Kirjeldused	Esinemise sagedus
	Vale	Esineb palju sisulisi vigu ja puudusi.	96
	Osalisel õige	Vastus on puudulik. Esineb üksikuid väärarusaamu. Pole mainitud põlemisprotsessi.	21
	Õige	Sisu on korrektne. Selgituses on olemas korrektsed teaduslikud mõisted. Välja on toodud hapniku abil toimub põletamise protsess, ning tänu sellele vabaneb energia.	2
	Vastanud õpilaste arv kokku		119
	Vastamata õpilaste arv		14
Küsimus nr 10	Hinnang vastustele	Kirjeldused	Esinemise sagedus
	Vale	Esineb palju sisulisi vigu ja puudusi.	79
	Osalisel õige	Selgitus on puudulik. Selgituses esineb üksikuid vigu ja väärarusaamu. On kirjeldatud, et vabaneb energia, kuid puudub kirjeldus protsessi kohta.	38
	Õige	Sisu on korrektne. Loogiline selgitus. Vastused on kasutatud korrektseid teaduslikke mõisteid. Lisaks energia vabanemisele, on lisatud täpsustav kirjeldus selle protsessi kohta.	0
	Vastanud õpilaste arv kokku		117
	Vastamata õpilaste arv		16
Küsimus nr 11	Hinnang vastustele	Kirjeldused	Esinemise sagedus
	Vale	Esineb palju sisulisi vigu ja puudusi.	36

	Osalisel õige	Selgitus on puudulik. Selgituses esineb üksikuid vigu ja väärarusaamu. On olemas seos toidu ja energia vahel.	83
	Õige	Sisu on korrektne. Selgituses on olemas korrektsed teaduslikud mõisted. Välja on toodud energiavarude mõiste.	3
	Vastanud õpilaste arv kokku		122
	Vastamata õpilaste arv		11
Küsimus nr 12	Hinnang vastustele	Kirjeldused	Esinemise sagedus
	Vale	Esineb palju sisulisi vigu ja puudusi.	46
	Osalisel õige	Selgitus on puudulik. Selgituses esineb üksikuid vigu ja väärarusaamu. Välja toodud energia muundumine.	23
	Õige	Sisu on korrektne. Selgituses on olemas korrektsed teaduslikud mõisted. Välja on toodud energia muundumine ning protsessi kirjeldus.	0
	Vastanud õpilaste arv kokku		69
	Vastamata õpilaste arv		64
Küsimus nr 13	Hinnang vastustele	Kirjeldused	Esinemise sagedus
	Vale	Esineb palju sisulisi vigu ja puudusi.	46
	Osalisel õige	Selgitus on puudulik. Selgituses esineb üksikuid vigu ja väärarusaamu. Välja toodud energia muundumine ja ülekandumine.	28
	Õige	Sisu on korrektne. Selgituses on olemas korrektsed teaduslikud mõisted. Välja on toodud energia muundumine, ülekandmine ning protsessi kirjeldus.	0
	Vastanud õpilaste arv kokku		74
	Vastamata õpilaste arv		59

Küsimus nr 14	Hinnang vastustele	Kirjeldused	Esinemise sagedus
	Vale	Esineb palju sisulisi vigu ja puudusi.	101
	Osalisel õige	Selgitus on puudulik. Selgituses esineb üksikuid vigu ja väärarusaamu.	14
	Õige	Sisu on korrektne. Selgituses on olemas korrektsed teaduslikud mõisted. Välja on toodud fotosünteesi mõiste ning lagunemis protsessi kirjeldus.	1
	Vastanud õpilaste arv kokku		116
	Vastamata õpilaste arv		17
Küsimus nr 15	Hinnang vastustele	Kirjeldused	Esinemise sagedus
	Vale	Esineb palju sisulisi vigu ja puudusi.	20
	Osalisel õige	Selgitus on puudulik. Selgituses esineb üksikuid vigu ja väärarusaamu. Välja on toodud energia kulutamine toidu sünteesimisel.	59
	Õige	Sisu on korrektne. Selgituses on olemas korrektsed teaduslikud mõisted. Välja on toodud sünteesimise protsess koos energia kogusega.	7
	Vastanud õpilaste arv kokku		86
	Vastamata õpilaste arv		46
Küsimus nr 16	Hinnang vastustele	Kirjeldused	Esinemise sagedus
	Vale	Esineb palju sisulisi vigu ja puudusi.	23
	Osalisel õige	Selgitus on puudulik. Selgituses esineb üksikuid vigu ja väärarusaamu. Puudub põhjendus.	91
	Õige	Sisu on korrektne.	5

		Selgituses on olemas korrektsed teaduslikud mõisted. Välja on toodud põhjendus.	
	Vastanud õpilaste arv kokku		119
	Vastamata õpilaste arv		14

Lisa 3. Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

Mina, Monika Ojarand,

1. annan Tartu Ülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose
Õpilaste arusaamad energiast bioloogia-alases kontekstis,

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, 30.05.2022

/allkirjastatud digitaalselt/