

Tartu Ülikool

Loodus- ja täppisteaduste valdkond

Ökoloogia ja maateaduste instituut

Loodusteadusliku hariduse keskus

Piret Must

**Gümnaasiumiastmele õppemooduli “Kui taimed kaoks ehk miks
on vaja fotosünteesi” koostamine ja selle mõju hindamine
õpipädevustele ühe kooli näitel**

Magistritöö

Gümnaasiumi loodusteaduste õpetaja

Juhendaja: Helin Semilarski, PhD

TARTU

2023

Gümnaasiumiastmele õppemooduli “Kui taimed kaoks ehk miks on vaja fotosünteesi” koostamine ja selle mõju hindamine õpipädevustele ühe kooli näitel

Fotosünteesi protsess on Maa elustiku ja ökosüsteemi toimimiseks ülioluline, kuid oma keerukuse tõttu on õpilastel sellest raske aru saada. Antud magistritöö eesmärgiks on luua kontekstipõhine õppemoodul, mis lisaks ainealastele teadmistele arendaks kriitilist ja loovat mõtlemist ning koostööoskust. Uuringu instrumendiks on küsimustikud, mis eelnesid ja järgnesid mooduli läbimisele. Uuringus selgus, et tulemused kattusid suures osas varasemate uuringutega. Mooduli läbimine toetas õpilaste sõnul kriitilise ja loova mõtlemise arengut.

Märksõnad: fotosüntees, kriitiline mõtlemine, loov mõtlemine, koostöö

CERCS: S272 Õpetajakoolitus

Compilation of the study module "If plants were to disappear, why is photosynthesis necessary" for the high school level and evaluation of its effect on learning competencies using the example of one school

Photosynthesis is crucial to the functioning of Earth's life and ecosystem, but its complexity makes it difficult for students to understand. The goal of this Master's thesis is to create a context-based learning module that, in addition to subject knowledge, would develop critical and creative thinking and cooperation skills. The research instrument is the questionnaires that preceded and followed the completion of the module. The study found that the results largely overlapped with previous studies. According to the students, completing the module supported the development of critical and creative thinking.

Keywords: photosynthesis, critical thinking, creative thinking, collaboration

CERCS: S272 *Teacher education*

Sisukord

Sissejuhatus	4
1. Kirjanduse ülevaade.....	6
1.1. Loodusteaduslik kirjaoskus	6
1.2. Bloomi taksonoomia.....	8
1.2.1. Kriitiline mõtlemine.....	9
1.2.2. Loov mõtlemine	9
1.3. Õpilaste arusaamine fotosünteesist.....	10
1.4. Kontekstipõhised õppematerjalid	11
2. Metoodika	13
2.1. Uuringu disain	13
2.2. Valim	14
2.3. Instrument.....	14
2.4. Pilootuuring	15
2.5. Andmeanalüüs	16
3. Tulemused ja analüüs.....	17
3.1. Moodul “Kui taimed kaoks ehk miks on vaja fotosünteesi”	17
3.1.1. Mooduli esimene osa - teooria.....	17
3.1.2. Mooduli teine osa - grupitöö.....	18
3.1.3. Mooduli kolmas osa - eneseanalüüs ja kokkuvõte.....	18
3.1.4. Mooduli õpitulemused	18
3.2. Uuringu tulemused	18
3.2.1. Õpilaste arusaamine fotosünteesist enne ja pärast mooduli läbimist.....	20
3.2.2. Taimede ja fotosünteesi olulisus ja valmisolek koostööks	24
3.2.3. Mooduli mõju kriitilise mõtlemise arengule ning loovülesande ja loova mõtlemise kasulikkus	26
4. Arutelu ja järeldused	30
Kokkuvõte	34
Kirjanduse loetelu	35
Summary	40
Lisad.....	41
Lihtlitsents magistritöö elektroonseks avaldamiseks DSpace.....	59

Sissejuhatus

Gümnaasiumi riiklikus õppekavas on välja toodud, et loodusainete õpetamise eesmärk on kujundada õpilastes loodusteaduslikku pädevust. See tähendab, et õpilasel on oskus mõista ja selgitada keskkonnas (nii tehis-, sotsiaal- kui ka looduskeskkonnas) eksisteerivaid objekte ja protsesse, analüüsida olukordi, märgata ja leida lahendusi probleemidele ning kasutada nende lahendamisel loodusteaduslikku meetodit. (Gümnaasiumi riiklik ..., 2011, lisa 4)

Fotosüntees on Maa elustiku ja ökosüsteemide toimimiseks ülioluline protsess. Ilma fotosünteesita oleks elu Maal praegusel kujul võimatu. Seetõttu käsitletakse seda kõikides kooliastmetes. Protsessi keerukuse ja kompleksuse tõttu on õpilastel seda sageli keeruline mõista ning seetõttu levivad ka mitmed väärarusaamad (Štukert, 2021). Kui õpilased ei saa aru, milline on fotosünteesi roll keskkonna toimimise juures, siis on neil väga raske hinnata ka selle olulisust.

Varasemalt on mitmel pool maailmas uuritud erinevates vanusegruppides fotosünteesist arusaamist ning väärarusaamade teket. Näiteks Marmaroti ja Galanopoulou ning Keles ja Kefeli jõudsid oma uuringutes tõdemuseni, et fotosünteesiga seonduvaid väärarusaamu, esineb väga palju. (Keles & Kefeli, 2009; Marmaroti & Galanopoulou, 2006) Eestis on teemat uuritud viimaste aastate jooksul ning tulemused sarnanevad eespool nimetatud uurimistulemustega (Ojarand, 2022; Štukert, 2021). Need näitavad, et probleem ei ole kadunud, õpilaste jaoks on endiselt fotosüntees väga abstraktne ja raskesti mõistetav protsess. Seetõttu oleks vaja leida õppemeetodeid, mis võimaldaks õpilases äratada huvi ning seeläbi luua isklik seos õpitavaga.

Üheks võimaluseks, kuidas keerulisemaid teemasid selgitada, on kontekstipõhiste õppematerjalide kasutamine. Kontekstipõhised õppematerjalid võimaldavad luua isiklikke seoseid ja selle kaudu omandada ka raskemini mõistetavaid teemasid. (Rannikmäe & Soobard, 2014; Teppo *et al.*, 2017) Kuna fotosüntees on õpilaste jaoks raskesti mõistetav, siis püstitati töö eesmärk - luua kontekstipõhine moodul, mis lisaks ainealastele teadmistele arendaks kriitilist ja loovat mõtlemist ning koostööoskust.

Pidades silmas magistritöö eesmärki, sai püstitatud järgmised uurimisküsimused:

1. Milline on õpilaste arusaamine fotosünteesist enne ja pärast mooduli läbimist?
2. Kui oluliseks peavad õpilased taimi ja fotosünteesi ning milline on nende valmisolek koostööks? Milline erinevus on tulemustes enne ja pärast mooduli läbimist?
3. Kuidas mõjutab mooduli läbimine õpilaste hinnangul kriitilise mõtlemise arengut ning kuidas aitavad loovülesanded ja loov mõtlemine teadmiste omandamisele kaasa?

Esimese tegevusena sai tutvunud erialase kirjandusega, et luua moodul “Kui taimed kaoks ehk milleks on vaja fotosünteesi”. Mooduli valiidsuse hindamiseks paluti abi ekspertidelt. Seejärel koostati eel- ja järelküsimumstik, millega hinnati õpilaste teadmisi ja hoiakuid enne mooduli läbimist ning selle järgselt. Saadud tulemusi analüüsi ning selle baasil tehti järeldusi mooduli mõju, st eesmärgi täitmise, osas.

Autor tänab oma juhendajat, Helin Semilarsskit, kes andis asjakohaseid soovitusi ning nõu kogu kirjutamise protsessi jooksul, motiveeris ning innustas kriitilisematel hetkedel. Lisaks tahab autor tänada kõiki uuringus osalenud õpilasi nende panuse eest. Tänuõnad kuuluvad ka ekspertidele, kelle tagasiside põhjal sai tehtud moodulisse täiendusi. Autor tänab ka kooli juhtkonda, kes võimaldas uuringu läbiviimist. Lõpetuseks soovib autor tänada oma perekonda, kes oli toeks ning motiveeris keerulisematel hetkedel.

1. Kirjanduse ülevaade

1.1. Loodusteaduslik kirjaoskus

Praegust aega iseloomustab vajadus saada aru loodusteadustest ja tehnoloogiast. Seetõttu on noorte hariduses järjest enam oluline tähelepanu pöörata loodusteaduslike ja tehnoloogiaalaste pädevuste arendamisele. Elus tuleb sageli ette hetki, kus probleemi lahendamise oskus sõltub loodusteaduslikest või tehnilistest eelteadmistest. (Loodusteadusliku kirjaoskuse raamdokument, 2006) Teadust ja tehnoloogiat eristav keskne tunnus on nende eesmärgi erinevus: teaduse eesmärk on mõista looduses toimuvat ja tehnoloogia eesmärk on teha maailmas muudatusi, et rahuldada inimeste vajadusi. Mõlemad on omavahel tihedalt seotud, sest ühel probleemil on sageli nii teaduslikud kui ka tehnoloogilised aspektid.

Loodusteaduslike või keskkondlike probleemide lahendamise vajadus ajendab uusi tehnoloogilisi tooteid/teenuseid välja töötama. Teisalt võivad tehnoloogilised vajadused suunata teadusuuringuid. (National Academies Press, 1996) Teadusliku uurimismeetodi tutvustamine õpilastele on üks osa loodusteadusliku kirjaoskuse arendamisest, mille käigus nad arendavad teadmisi ja arusaamist teaduslikest ideedest, samuti arusaamist sellest, kuidas teadlased loodusmaailma uurivad (*ibid.*). Loodusteaduste tundide käigus peaks õpilased saama oma õpikogemuse käigus ka tagasisidet ning teostama eneseanalüüsi, et nad suudaks oma teadmisi ja oskusi adekvaatselt hinnata. Niisugusel moel saab loodusteaduslikku kirjaoskuse kujunemist toetada. (Rannikmäe & Soobard, 2014)

Loodusteadusliku kirjaoskust defineeritakse kahel moel: esimesel juhul on tegu mõistega, „mis määrab loodusteaduste õpetamise eesmärkides teadusliku sisu“ ja teisel juhul määratleb mõiste õpetamise eesmärkide dimensioone, ehk milline on vajaminevate teadmiste ja oskuste tase ning kuidas õpitakse (*ibid.*). Laias laastus saab loodusteaduslikku kirjaoskust jagada kolmeks põhivaldkonnaks. Esimese valdkonna moodustavad loodusteaduslikud teadmised, kuhu alla saab paigutada teadmised loodusest, seal esinevatest protsessidest, teooriatest jne. Lisaks ka selle, mida peaks teadma loodusteadusest, nt teaduslik uurimine, teaduslikud seletused jne. Teise valdkonna alla lähevad praktilised oskused ja loodusteadusliku meetodi rakendamine. Kolmas valdkond on aga seotud väärtushinnangute ja hoiakutega, mis toetavad loodusteaduslike küsimustega tegelemist. (Põhikooli riiklik..., 2011, lisa 4) Valdkondade kokkuvõtteks võib öelda, et loodusteaduslik kirjaoskus arendab loodusteaduslikke pädevusi. Pädevuse mõistet saab kasutada integreerituna ühendades omavahel teadmised, kuidas tegutseda ja olla ehk väärtused ning arusaamad. (Rutiku, 2014)

Loodusteadusliku kirjaoskuse arendamine baseerub huvil loodusainete vastu ning huvi tekitamisel. Kui õpilasel on huvi teema vastu, siis on ta ka motiveeritud õppima. (Teppo *et al.*, 2017) Eesti keele seletav sõnaraamat defineerib “huvi”, kui tähelepanu ja mõtete keskendumist objektile, mida tahetakse tundma õppida (Eesti keele seletav sõnaraamat, 2009). Huvi loodusteaduste ja nende mõistmise vastu tuleks kasvatada juba algkoolis. Selle laiem eesmärk on laste arengu toetamine, et neist kasvaks vastutustundlikud täiskasvanud, kes väärtustavad teaduslikke saavutusi ja nende mõju inimühiskonnale laiemalt ning loodust ja keskkonda. Siinkohal on suur roll õpetaja tegevusel õpilaste suunajana, et õigeid meetodikaid kasutades jõuda loodusteaduste praktiliste ja igapäevaeluliste seosteni. (Eley, 2022) See, millist meetodit kasutatakse võib mõjutada õpilase huvi ja sooritusedukust. Õpetaja roll on, vastavalt õpilase individuaalsele vajadusele ning võimekusele, leida õige õpetamismeetod. (Henno *et al.*, 2013)

Põhikooli riiklikus õppekavas on välja toodud, et „Loodusainete õpetamise eesmärk põhikoolis on kujundada õpilastes eakohane loodusteaduslik pädevus, st suutlikkus väärtustada looduslikku mitmekesisust ning vastutustundlikku ja säästvat eluviisi; oskus vaadelda, mõista ning selgitada loodus-, tehis- ja sotsiaalkeskkonnas eksisteerivaid objekte, nähtusi ning protsesse, märgata ja määratleda elukeskkonnas esinevaid probleeme, neid loovalt lahendada, kasutades loodusteaduslikku meetodit; hinnata looduses viibimist. (Põhikooli riiklik..., 2011, lisa 4) Gümnaasiumi riiklikus õppekavas lisandub täiend, et loodusteadusliku pädevuse arendamise tulemusena peaks kujunema vastutustundlik ja ennastjuhtiv õpilane. Lisaks mõistmisele ja väärtustamisele peab suutma gümnaasiumi lõpetaja kasutada, rakendada ja analüüsida saadud teadmisi ning olema teadlik edasistest karjäärivõimalustest loodusteaduste valdkonnas. Ühe olulise osana pädevusest on gümnaasiumi lõpetaja võimeline lahendada probleeme ja langetama otsuseid rakendades loodusteaduslikke teadmisi kasutades sealjuures loovat ja kriitilist mõtlemist. (Gümnaasiumi riiklik..., 2011, lisa 4)

Õppekavades välja toodud üldpädevused sisaldavad muuhulgas ka väärtus- ja enesemääratluspädevust, mille seos loodusteadusliku kirjaoskuse ja selle kaudu loodusteaduslike pädevuste arendamisega, on kaudsem. Enesemääratluspädevuse üks oluline osa on enda analüüsi juures teadusmõisteline mõtlemine, mis võimaldab oma seesmiste omaduste ja tunnete kirjeldamist ja järelduste tegemist. Selle abil saab enda arengut ja õppeprotsessi suunata. Õpilane, kelle enesemääratlus on tugev, on võimeline kohanema erinevate olukordadega ja suunama oma käitumist. (Arro, 2015; Kikas *et al.*, 2016) Gümnaasiumi õppekavas on eraldi välja toodud, lisaks üldpädevuste osale ka valdkonnapädevuste all elurikkuse ja jätkusuutlikkuse väärtustamine ning loodusteaduslikku

maailmapilti ja teaduslikku mõtteviisi väärtustav suhtumine, mis on loodusteaduslike pädevuste tuumaks (Gümnaasiumi riiklik..., 2011, lisa 4).

Eestis uuriti 2011 ja 2013 aastal samu gümnaasiumi õpilasi, et selgitada välja pädevuste/kompetentside põhise gümnaasiumi õppekava, tõhusus loodusteadusliku kirjaoskuse arendamisel. Sellest selgus, et suurel hulgal õpilastel olid väga madalal tasemel arutus- ja järeldusoskus ning ka probleemide lahendamise oskus, teisisõnu just kriitiline ja loov mõtlemise oskus. (Laius & Rannikmäe, 2016) Sama testiga uuriti lisaks loodusteaduslikele teadmistele ka õpilaste analüüsisioskust, hoiakuid ja arusaamu. (Rannikmäe & Soobard, 2014)

Loodusainete õpetamisel on õppekava järgi oluline pöörata tähelepanu ettevõtlikkuspädevuse arendamise raames ka koostöö arengule. "Loodusainete õppimisega kujundatakse õpilastes loovust ja oskust seada eesmärged ning teha eesmärkide saavutamiseks koostööd." (Gümnaasiumi riiklik..., 2011, lisa 4) Koostöö olulisus, ning selle arendamine, käib läbi kõikide loodusainete õppesisudest, mis näitab vajadust pöörata sellele õppimise protsessis tähelepanu. Koostööoskuste arendamist õppetöös saab teha ainult läbi praktilise koostöise õppe, mida õpetaja juhtimisel saab tundides rakendada (Malleus *et al.*, 2021).

1.2. Bloomi taksonoomia

Bloomi taksonoomia on üks võimalik määratlus, kuidas formaalses hariduses eesmärkideni jõuda. Bloom oma 1956 aastal avaldatud teoses, "*Taxonomy of educational objectives: the classification of educational goals*", jaotas õppimise tulemused kolme valdkonda: kognitiivsed ehk tunnetuslikud, afektiivsed ehk väärtushinnangulised ja psühhomotoorsed ehk ümberkujundav-soorituslikud. (Krull, 2001)

Bloomi taksonoomia kasutamine on üle maailma levinud haridusalaste eesmärkide ja õppekavade väljatöötamise alusena (Fisher, 2005). Näiteks Rootsis väärtustatakse lihtsalt suure hulga valmisteadmiste omandamise asemel nende faktide seostamist igapäevaeluga ja argumenteerimisoskust (Jürimäe *et al.*, 2016).

Bloomi taksonoomiast on enim kasutatust/tõlgendamist leidnud kognitiivne ehk tunnetuslik taksonoomia. Selle hierarhiline ülesehitus võimaldab määratleda õppeprotsessi arengusuunda. Hierarhia astmetel on teadmine madalaim, sellele järgnevad mõistmine, rakendamine, analüüs süntees ja hindamine. Sellest lähtuvalt eeldatakse enamasti, et kõrgematele tasanditele liikumiseks on kindlasti vaja läbida eelmised. Krull toob siinkohal välja ka ühe ohukoha, kus Bloomi taksonoomia puhtalt mehhaaniline käsitlemine võib viia valearusaamani. Taksonoomia on kõigest raam, mille sees saab liikuda paindlikult, st kujutada teadmisi võrkudena, mis

võimaldaks alustada õppimist erinevatelt tasemetelt. (Krull, 2001)

1.2.1. Kriitiline mõtlemine

Kriitiline mõtlemine, kui oskus, on hinnata olemasoleva info usaldusväärsust ja teha selle alusel adekvaatseid järeldusi (Haridussõnastik 2019 *sub* kriitiline mõtlemine). See eeldab oskust analüüsida oma teadmiste põhjal infot ja suutlikkust, vahel ka julgust, teha järeldusi ning võtta vastu otsuseid.

Gümnaasiumihariduse juurde kuuluv, probleemide lahendamise oskus kriitilise mõtlemise abil, eeldab õpilase oskust oma kogemusi analüüsida, oma teadmisi, argumente ja ideid hinnata ja kaaluda (Fisher, 2005). Bloomi taksonoomias on hariduse kognitiivsete eesmärkide seas välja toodud kõige kõrgemal, kuuendal, hierarhia tasandil “hindamine”, mis oma sisu poolest on võrreldav kriitilise mõtlemisega. Kategooria üldiseloostusena on välja toodud järgmist: “suutlikkus hinnata vahendite ja meetodite sobivust püstitatud eesmärkide saavutamiseks ning otsuste langetamine, kuivõrd rahuldavad vahendid ja meetodid hindamiskriteeriume.” (Krull, 2001)

Kriitilist mõtlemist defineeritakse vahel ka, kui kriitilis-loovat mõtlemist. Sellise vormi üks mõte on kaotada ära negatiivne varjund sõnalt “kriitiline”. Teine eesmärk on pöörata tähelepanu sellele, et teiste inimeste argumentide, ideede ja mõtete läbi töötamiseks kriitilise pilguga peab olema piisaval hulgal loovust, oskust näha teise nurga alt, märgata uusi võimalusi või leida uut informatsiooni. (Fisher, 2001)

1.2.2. Loov mõtlemine

Loovat mõtlemist võib defineerida, kui uute lahenduste leidmist mõtteprotsessi tulemusena. (Orav, 2021) Haridussõnastik annab mõiste selgituseks “loov mõtlemine, produktiivne mõtlemine - probleemide lahendamisele ja uue leidmisele suunatud mõtlemine”. (Haridussõnastik 2019 *sub* loov mõtlemine) OECE (*Organization for Security and Co-operation in Europe*) projektis hariduse ja oskuste tulevik 2030 eesmärkide hulgas on ühe võtmepädevusena välja toodud loov mõtlemine. Ilma selle oskuseta ei ole tulevikus enam tööl võimalik hakkama saada. Tulevik on suunatud innovatsioonile, kus inimesed tehes koostööd, kasutavad oma olemasolevaid teadmisi uute teadmiste loomiseks. Antud oskuse aluseks on kohanemisvõime, loovus, uudishimu ja avatud meel. (OECE, 2018)

Loov mõtlemine ei tähenda tingimata millegi täiesti uue loomist või idee välja töötamist, seda võib ka käsitleda, kui olemasolevate teadmiste vahel uute seoste loomist. Selle tulemusena on võimalik meil analüüsida igapäevaelulisi olukordi ning leida viise, kuidas efektiivsemalt neis

tegutseda. (Loov mõtlemine, 2023) Loomingulisuseks saab nimetada ka kogumit hoiakutest ja võimetest, mis võimaldavad meil oma eesmärkide ja unistusteni jõuda (Fisher, 2005). Bloomi taksonoomiaga seostub loominguiline mõtlemine viiendal ehk sünteesi tasandil. Siin on oluline rakendada oma varasemaid teadmisi millegi uue ja originaalse loomiseks või sünteesiks. (Krull, 2001) Laps, kes on leidlik, on ka loominguiline, see omakorda saab viia uute ideede tekkimiseni. Loominguliste tegevuste kaudu on võimalik otsida lahendusi probleemidele, kuid selle käigus ei tohi ära unustada ka kriitilist mõtlemist. Parim on kasutada kriitilis-loovat mõtlemist, mille abil saab luua uusi ideid, lahendusi, mis on vajalikud ning viivad edasi. (Fisher, 2004)

1.3. Õpilaste arusaamine fotosünteesist

Bloomi taksonoomia esimestelt tasanditelt leiame teadmise ja mõistmise. Kusjuures viimane on arusaamise madalaim tase. See võimaldab lahti mõtestada ja ümber sõnastada informatsiooni sisu. Seejuures on oluline, et oleks olemas esimeselt tasandilt teadmised, mille baasil arusaamine saab tekkida. Õpilane peaks suutma, lähtuvalt oma teadmistest, arutleda info üle. (Krull, 2001)

Fotosüntees on Maa elustiku ja ökosüsteemide toimimiseks ülioluline protsess. Seetõttu käsitletakse koolides fotosünteesi protsessi peaaegu kõikjal üle maailma. Vaatamata sellele, et igal pool seda õpetatakse, on fotosüntees õpilaste jaoks raskesti hoomatav. (Keles & Kefeli, 2009; Marmaroti & Galanopoulou, 2006; Ojarand, 2022; Štukert, 2021) Selle peamine põhjus on eelkõige protsessi mitmetahulisus (Marmaroti & Galanopoulou, 2006). Kuna loodusteaduslikud mõisted on aluseks edasistele loodusteaduslikele küsimustele ja probleemide lahendamistele, on nende mõistete õige ja sisukas õpetamine põhikoolis ja gümnaasiumis loodusteadusliku hariduse seisukohalt eluliselt oluline (Keles & Kefeli, 2009).

Erinevad uuringud on näidanud, et valdavalt õpivad õpilased fotosünteesi protsessi lihtsalt pähe, ilma et nad selle olemusest aru saaks. Välja on toodud, et see on tingitud paljuski sellest, et õpilasel ei teki endal sellega isiklikku tähendust. Lisaks on leitud, et liiga varajane teema käsitlemine ei võimalda lastel oma kogemustele tuginedes luua seoseid. (Parsons *et al.*, 2021) Näiteks 2006 aastal uurisid Marmaroti ja Galanopoulou põhjalikult, kuidas õpilased fotosünteesist aru saavad. Nad tegid oma uuringu põhjal järelduse: õpilased ei saa aru, et fotosüntees on keemiline reaktsioon, nad ei mõista energia muundumisi ning klorofüll rolli ning ollakse arvamusel, et taimed saavad oma toidud keskkonnast, st juurtega maapinnast. (Skribe-Dimec & Strgar, 2017)

Väärarusaamu on uurinud ka Canal, kes leidis, et õpilased üle maailma on võtnud omaks

taimede nõ pöördhingamise idee, kus nad fotosünteesi käigus “hingavad” sisse süsihappegaasi ja “hingavad” välja hapnikku. (Canal, 1999) Ka süsinikdioksiidi roll jääb paljudele mõistmatuks. Arvatakse, et see on toit taimedele või see muudetakse hapnikuks ja äärmuslikul juhul arvati isegi, et süsinikdioksiid on taimedele kahjulik. (Keles ja Kefeli, 2010) Eestis tehtud uuringutest selgub (Ojarand, 2022; Štukert, 2021), et ka siin on märgata õpilastel raskusi fotosünteesist arusaamisega ning seetõttu on väärarusaamad lihtsad tulema. Levinud on näiteks arvamus, et fotosüntees on taime hingamise protsess. Siiski on teadmised ja mõistmine fotosünteesist paremad vanemate klasside õpilastel, kes on läbinud põhjalikuma teema käsitluse. (Štukert, 2021)

1.4. Kontekstipõhised õppematerjalid

Õpilaste huvi aine ja/või teema vastu sõltub paljuski kontekstist ning sellest, kui palju tal tekib isiklikke seoseid. Kui kasutada kontekstipõhiseid õppematerjale, mis seostuvad õpilasega ja tema igapäevaeluga, on võimalik suurendada motivatsiooni õppida loodusaineid. Eriti oluline on see keeruliste teemade puhul. (Rannikmäe & Soobard, 2014; Teppo *et al.*, 2017)

Fotosünteesi protsessi käsitletakse Eesti haridussüsteemis kõikides kooliastmetes, minnes järkjärgult järjest täpsemaks ning põhjalikumaks. Lisaks õpikutele on tänapäeval võimalik õpetajal kasutada erinevaid e-õppe materjale, videoid ning interaktiivseid mängu. Mitmetest uuringutest on selgunud, et õpilastel tõuseb motivatsioon õppida teemat, kui ta saab teha seda kasutades digitaalseid vahendeid, nt animatsioone, 3D-mudeleid, simulatsioone (Bruff, 2011; So *et al.*, 2019). Visuaalsete materjalide kasutamine võimaldab anda laiemat pilti ja luua seoseid. Oluline on ka õpetamisstiili sobitamine sisuga. Kõige parema tulemuse aga saavutame siis, kui õpilane puutub teemaga korduvalt ning erineval moel kokku. (Bruff, 2011)

Gümnaasiumiastme õpikutest käsitletakse fotosünteesi II kursuse alguses, kus teema on jaotatud kahte suurde peatükki - Fotosünteesis muudetakse valgus keemiliseks energiaks ja Fotosüntees mõjutab kogu elu Maal. Esimeses osas on välja toodud fotosünteesiprotsess: valguse vajalikkus ja selle sidumine, fotosünteesi etapid. Teine osa keskendub sellele, miks on fotosünteesi vaja ning mida fotosüntees toimimiseks vajab. (Tenhunen *et al.*, 2012)

Fotosüntees on keerukas protsess ning õpilased jäävad selle mõistmisega sageli hätta. Kuna protsessi on tehniliselt keerukas eksperimendina näidata, siis on võimalik appi võtta videod ja animatsioonid. Oluline on siinkohal ka õpetaja roll, kes paralleelselt peaks lisama kindlasti teaduslikku mõõdet terminite ja mõistete kasutamisega ning nende sisu selgitamisega. 2019 aastal tehtud uuringus toodi välja ka, et videote ja animatsioonide kasutamine ei paranda

õpilaste jooniste lugemise oskust, kuid võimaldab paljudel õpilastel fotosünteesi protsessist paremini aru saada. (Ayunda *et al.*, 2019)

Ühe meetodina võib kasutada ka mõistekaartide koostamist, mis võimaldab luua seoseid ja aru saada seaduspärasustest. See on visuaal-graafiline tööriist, mis saab kasutada lisaks paber kandjale ka arvutis loodavana. Mõistekaardi abil saab arendada õpilastes loovat ja kriitilist mõtlemist ning see aitab mõtteid korrastada/analüüsida. Mõistekaart võimaldab õpetajal hinnata õpilase arusaamist teemast, kuid selle kasutamise puhul on tähtis ka valminud mõistekaardi analüüs ja tagasisidestamine õpilasele. (Rannikmäe & Soobard, 2014)

Teaduspõhised digimängud on õpetajatele kasulikud abilised tulevikus loodusteaduslike probleemide õpetamise toetamisel. Digitaalsete vahendite kasutamine on tõusev trend ja nende kasutamine loodusteaduste tundides võimaldab õpilastel paremini haarata teema sisu ning sellega lihtsustada teadmiste omandamist. (Wilson *et al.*, 2018) Digitaalsete vahendite loomine ja kasutamine on üle maailma järjes enam levinud. Plahvatusliku vajaduse arvutipõhiste vahendite leidmiseks, loomiseks ja kasutamiseks tekitas e-õppe suurenenud kasutamine COVID-19 pandeemia ajal. (Antón-Sancho *et al.*, 2021) Samas tuleb tõdeda, et mitte kõik õpilased ei suuda tõhusalt kasutada e-õppe vahendeid, säilitada keskendumisvõimet iseseisval õppel ning minna loodusteaduste õppimisega süvitsi ilma õpetaja juhendamiseta (So, *et al.*, 2019).

2. Metoodika

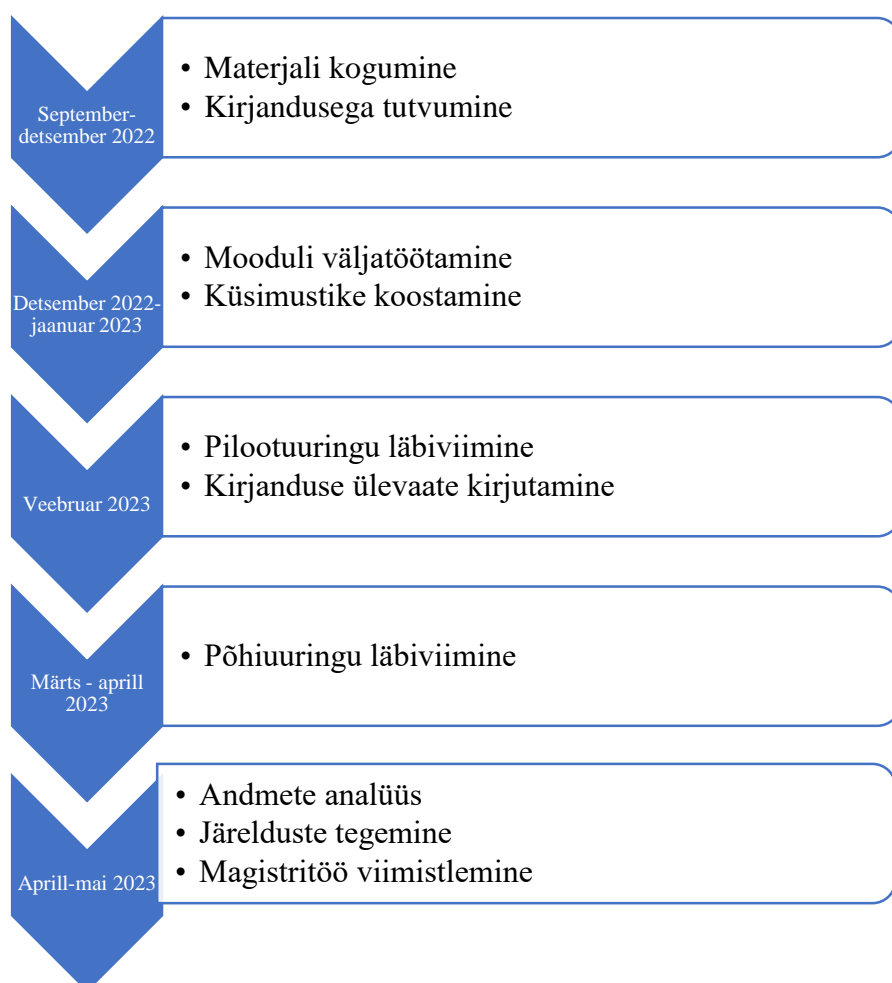
Uurimuse läbi viimiseks valiti metoodika lähtuvalt magistritöö eesmärgist. Sellest tulenevalt pandi paika eesmärgipärane valim. Järgnevas peatükis on kirjeldatud täpsemalt uuringu disaini ja valimit, antud ülevaade uuringuinstrumentidest, pilootuuringust ning andmeanalüüsist.

2.1. Uuringu disain

Esimese asjana tutvuti teemakohase kirjandusega ning varasemate uurimistöödega. Ajaliselt oli selleks planeeritud september kuni detsember 2022. aastal. Detsembris lisandus mooduli väljatöötamine ning valdkonnaspetsilistidelt sellele tagasiside saamine. Järgmiseks sammuks oli uuringuinstrumentide, eel- ja järelküsimustiku koostamine. Instrumendid valmisid jaanuaris-veebruaris 2023. aastal. Täpsemat uuringu disaini on kujutatud joonisel 1.

Joonis 1

Uuringu disain



Pilootuuring oli alguses plaanis viia läbi veebruaris, kuid toimus märtsis. Pärast pilootuuringut analüüsiti küsimustikke ja korrigeeriti küsimusi. Põhiuuring viidi läbi märtsis ja aprillis 2023. aastal. Küsimustikele vastati elektrooniliselt bioloogia tundide raames. Nende täitmine võttis õpilastel aega ligikaudu 20 minutit.

2.2. Valim

Uuringu läbiviimiseks kasutati mugavusvalimit (Õunapuu, 2012). Uuringus osalesid ühe gümnaasiumi 11. klasside õpilased. Anonüümsuse tagamiseks on jäetud välja kooli nimi. Uuring viidi läbi bioloogi tundide raames.

Uuringu läbiviimiseks saadi luba lapsevanematelt ja kooli juhtkonnalt. Küsimustikus ei küsitud õpilaste nimesid ja osalemine oli vabatahtlik. Eel- ja järelküsimustiku vastuseid ei seostatud isikupõhiselt. Õpilastele rõhutati anonüümsust ja selgitati saadavate andmete edasist kasutamist.

2.3. Instrument

Uuringu instrumendina kasutati eel- ja järelküsimustikku (vt lisa 3; lisa 4). Kahe küsimustiku vahel läbisid õpilased autori poolt koostatud mooduli (vt lisa 1). Mooduli läbimine toimus viie ainetunni raames ühe nädala jooksul.

Tabel 1.

Eel- ja järelküsimustiku küsimused ja seosed üldpädevustega

Uuritavad pädevused	Eelküsimustikus olevate küsimuste nr.	Järelküsimustikus olevate küsimuste nr.
Väärtuspädevus		1–2
Loodusteaduslik pädevus		3–10*
Sotsiaalne pädevus		11
Enesemääratluspädevus		12–18

*4–9. küsimustes on kasutatud varasemates uuringutes kasutatut (Marmaroti & Galanopoulou, 2006; Štukert, 2021)

Eelküsimustik täideti ära vahetult enne mooduliga alustamist ning järelküsimustik vahetult pärast, st viienda tunni lõpus. Eelküsimustiku kaudu sooviti teada saada õpilaste varasemaid teadmisi ja arusaamist fotosünteesist ning nende väärtushinnanguid seonduvalt taimede olulisusega. Lisaks oli seal ka küsimus koostöövalmiduse (sotsiaalne pädevus) hindamiseks. Järelküsimustikuga uuriti kuidas mõjutas mooduli läbimine arusaamist, kriitilist

mõtlemisoskust ja hoiakuid. Tabelis 1 on toodud eel- ja järelküsimustike küsimuste struktuur ning seos üldpädevustega.

Loodud moodul sisaldas sissejuhatavat arutelu, teoreetilist materjali esitluse näol, töölehte ja grupitöö ülesandeid ning eneseanalüüsi küsimustikku. Töölehel olevad ülesanded seostusid teooriaga ning olid suunatud lisaks ainealaste teadmiste kontrollile ka kriitilise ning loova mõtlemisoskuse arendamisele. Grupitöö koosnes kahest osast: loovülesandest ja mõistekaardi koostamisest. Loovülesande käigus pidid grupid leidma seoseid fotosünteesi ja erinevate valdkondade vahel. Näiteks - miks on fotosüntees oluline vaimsele tervisele. Ühiselt leitud seosed tuli grupil ette kanda nende poolt valitud vormis (luuletus, laul, joonistus, plakat jne). Mõistekaardi koostamisel pidid grupid loovtöö ettekannetest saadud info meelde tuletama ning vormistama mõistekaardina paberkandjale.

Küsimustike koostamisel kasutati osaliselt 2006 aastal Marmaroti ja Galanopoulou poolt läbiviidud uuringu küsimusi. Samu küsimusi kasutas oma magistritöö uuringu raames ka Štukert 2021. aastal.

Eelküsimustik koosnes 11 küsimusest, millest varasemate uuringutega kattusid osaliselt või täielikult kuus küsimust (küsimused 4–9). Kahe küsimuse puhul, hoiakute ja suhtumiste hindamiseks, kasutati skaala-tüüpi küsimusi (Õunapuu, 2014) ja avatud vastustega küsimusi.

Järelküsimustikus oli kokku 18 küsimust. Ainealaste teadmiste kontrolliks kasutati samu küsimusi, mis eelküsimustikus, et tekiks võimalus hinnata, kuidas mõjutab mooduli läbimine teadmisi ja teemast aru saamist. Võrreldes eelküsimustikuga olid järelküsimustikus lisaks küsimused, mis võimaldasid õpilasel hinnata oma kriitilise ja loova mõtlemisoskuse, koostööoskuse ja hoiakute muutusi ning anda hinnang oma teadmiste arengule. Nende küsimuste hindamiseks kasutati taas skaala-tüüpi küsimusi ja avatud vastustega küsimusi, nt “põhjenda oma eelmist vastust”.

2.4. Pilootuuring

Loodud õppematerjali valiidsuse tagamiseks pöördui hinnangu saamiseks ekspertide poole. Moodulit hindasid bioloogiahariduseekspert ja bioloogia aineekspert. Tagasiside saadi e-kirja teel ja ka suuliselt. Ekspertide hinnang oli tööle positiivne, anti mõned soovitused, mida osaliselt sai ka arvesse võetud. Mooduli esitlusse soovitatud täpsustused ja pildimaterjal, sai viidud muudatustena sisse. Samas aga välja pakutud idee, lisada ka audiofaile, jäi kasutamata, sest olemas oli juba video, mis andis kogu vajaliku informatsiooni edasi. Töölehe osas välja pakutud täiendused sõnastuse osas sai võetud arvesse, sest see parandas töökäsust arusaamist.

Pärast ekspertidelt saadud tagasisidet oli võimalik alustada pilootuuringuga.

Pilootuuring viidi läbi ühe klassi õpilastega samas gümnaasiumis, kus hiljem teostati põhiuuring. Pilootuuring toimus algsest planeeringust hiljem, jäädes vahemikku 13.–17.märts 2023. Piloteerimise eesmärkideks olid: 1) küsimustikes olevate küsimuste sõnastuse ja asjakohasuse hindamine, 2) küsimustikele vastamise ning mooduli läbimise ajakulu väljaselgitamine, 3) tulemuste loetavuse ja andmete edasise töötlemise testimine, 4) kitsaskohtade leidmine, et vältida nende ilmumist põhiuuringu ajal. Pilootuuringu tulemusena sai mõlemast küsimustikust eemaldatud küsimus õppesuuna kohta, sest erinevate õppesuundade teadmiste ja hoiakute võrdlust ei olnud plaanis uurimusse lisada. Lisatud sai küsimus loovülesande kohta, et välja selgitada loova mõtlemise olulisust.

2.5. Andmeanalüüs

Andmete kogumiseks kasutati *Google Forms* keskkonnas loodud küsimustikke. Olenevalt küsimusest, kasutati analüüsiks vastavalt kas kvalitatiivset või kvantitatiivset analüüsimeetodit.

Andmete esmaseks töötlemiseks sai need sisestatud MS Exceli tabeli formaati. Seal kodeeriti vastused, mis näitasid õpilaste teadmisi, st vastustele anti numbrilised väärtused vastavalt sellele, kas tegu oli vale vastusega (1p), osaliselt õige vastusega (2p) või õige vastusega (3p). Valeks loeti ka vastused, kus õpilane oli vastanud “ei tea”. Edasiseks analüüsiks ja sagedusjaotuste leidmiseks eksporditi andmed andmetöötlusprogrammi IBM SPSS 28.0 (*Statistical Package for the Social Sciences*).

Skaala küsimuste analüüsis sai määratud keskmine ja standardhälve. Skaala küsimuste vabavastuseliste küsimuste puhul - põhjenda oma eelmist vastust - sai välja sõelatud levinumad vastused ja nende esinemissagedus. Eel- ja järelküsimustiku keskmiste tulemuste erinevuste statistiliseks hindamiseks kasutati *t*-testi.

3. Tulemused ja analüüs

Järgnevas peatükis on välja toodud loodud mooduli, “Kui taimed kaoks ehk miks on vaja fotosünteesi”, sisu, uuringu tulemused ning nende analüüs. Peatükki saab jagada osadeks lähtuvalt küsimuste ülesehitusest ning vajadusest võrrelda eel- ja järelküsimustiku tulemusi. Küsimuste vastuseid on analüüsitud küsimuste kaupa.

3.1. Moodul “Kui taimed kaoks ehk miks on vaja fotosünteesi”

Mooduli (vt lisa 1) eesmärgiks on arendada õpilastes loodusteaduslikke- ja üldpädevusi. Lisaks võimaldab moodulis olevate ülesannete lahendamine õpilaste loova mõtlemise, kriitilise mõtlemise, suhtlus- ja koostööoskuste arendamist ning hoiakute kujundamist.

Moodul on üles ehitatud kolme osalisena, millest esimeses on esmalt aruteluring, kus tuuakse välja stsenaarium: Mis saab siis, kui taimed kaoks? Seejärel antakse õpetaja poolt ülevaade teooriast kasutades *PowerPoint* esitlust (vt lisa 2) ja õpilased lahendavad ülesandeid töölehel. Teises osas sooritavad õpilased grupitööna (3-4 liiget grupis, olenevalt klassi suurusest) loovülesande ning loovad mõistekaardi. Mooduli kolmas osa on kokkuvõte ja tagasiside, kus iga õpilane teostab eneseanalüüsi andes hinnangu oma arengule ning teemast arusaamisele. Moodul toetab gümnaasiumi bioloogia teise kursuse õpetamist ning baseerub Gümnaasiumi riiklikul õppekaval. Selle läbimise tulemusel õpilane „analüüsib fotosünteesi eesmärke, tulemust ja tähtsust; koostab ning analüüsib mõistekaarte fotosünteesi seoste kohta; väärtustab fotosünteesi tähtsust taimedele, teistele organismidele ning kogu biosfäärile“ (Gümnaasiumi riiklik..., 2021).

3.1.1. Mooduli esimene osa - teooria

Mooduli käigus on võimalik õpilasel täiendada oma arusaamist ja kinnistada varasemat järgmistest valdkondades: bioloogia - fotosünteesi eesmärk, tulemus ja tähtsus, taimede olulisus, nende roll ökosüsteemis; keemia – keemilised elemendid ja ained fotosünteesi reaktsioonides, valgusenergia muutumine keemiliseks energiaks.

Mooduli esimese, st teooriaosa õppimiseks on esitlus (vt lisa 2), mis koosneb 13 slaidist fotosünteesi protsessi astmelisest kirjeldusest, joonistest, animatsioonist ja videost. Lõpus on välja toodud kasutatud materjalid. Esitlusega tutvumine toimus uurimuse käigus iseseisvalt võimalusega õpetajalt küsida täpsustusi ja kommentaare.

Paralleelselt esitlusega täidab õpilane individuaalse töölehe. Ülesanded töölehel on suunatud õpilase fotosünteesist arusaamise kontrolliks, nt *Millise molekuli lagunemisel eraldub hapnik*

fotosünteesi protsessis?, seoste ja tervikpildi loomiseks, nt *Täida tabel valgus- ja pimedusstaadiumi erinevustest* ja kriitilise mõtlemise arendamiseks.

3.1.2. Mooduli teine osa - grupitöö

Mooduli teises osas moodustavad õpilased 3-4 liikmelised grupid. Esimese grupitöö ülesande raames tuleb grupiliikmetel, vastavalt loositud teemale, leida võimalikult palju seoseid fotosünteesi ja mõne valdkonna vahel. Nt fotosüntees ja energia. Õpilaste ülesanne on leida üles nii otsesed ja kaudsed seosed. Järgmise sammuna on vaja saadud tulemusi teistele esitleda kasutades selleks vabalt valitud vahendeid (plakat, joonistus, skeem, luuletus, film jne). Esitluse järgselt annab õpetaja kohest suulist tagasisidet vajadusel täiendades ja/või parandades õpilaste poolt välja toodut. Grupitöö viimane osa on luua kõikide kuulnud esitluste põhjal terviklik mõistekaart fotosünteesi seostest erinevate valdkondadega.

3.1.3. Mooduli kolmas osa - eneseanalüüs ja kokkuvõte

Moodul viimases osas täidab iga õpilane individuaalse eneseanalüüsi küsimustiku, mis võimaldab tal mõelda tagasi õpitule ning oma arengule. Teema kokkuvõtteks saab teha veel suulise vestlusringi või arutelu, nt mis meelde jäi, mis oli uut, mis ei meeldinud jne.

3.1.4. Mooduli õpitulemused

Mooduli läbimise järel õpilane:

- mõistab fotosünteesi eesmärke, tulemust ja tähtsust;
- loob loodusteaduslikke, majanduslikke, sotsiaalseid seoseid fotosünteesi olulisusega;
- koostab mõistekaarte fotosünteesi seoste kohta;
- suhtleb ja teeb koostööd kaasõpilastega;
- kasutab loovaid lahendusi ülesannete sooritamisel;
- analüüsib enda arengut.

3.2. Uuringu tulemused

Eelküsimustiku täitis 94 õpilast. Küsimustiku täitmine toimus enne mooduli läbimist. Õpilastele selgitati, miks uurimust tehakse, kuidas andmeid kasutatakse, rõhutati anonüümsust, vabatahtlikkust ja konfidentsiaalsust. Järeloküsimustiku täitis 70 õpilast. Vastanute arv kahanes erinevatel põhjustel. Suulisel tagasisidel toodi enim välja vahepealne puudumine, mille tõttu ei saadud moodulit tervikuna läbida ja seetõttu ei peetud oluliseks järeloküsimustiku täitmist.

Uuringus saadud andmete kodeerimiseks ja hilisemaks analüüsiks loodi hindamiskaala (vt

tabel 2), milles on juhised punktide määratlemiseks 1–3 palli skaalal. Tulemuste reliaabluse tõstmiseks kasutati kahte eraldi sõltumatut hindajat, eksperti, kelle saadud tulemuste kokkulangevust võrreldi. Kahe hindaja tulemused langesid kokku 93 % ulatuses. Eriarvamused lahendati arutelu käigus ning saavutati konsensus.

Tabel 2

Andmete kodeerimiseks koostatud hindamiskaala

Vastuse tüüp	Selgitus	Punktid
Vale vastus	Õpilane ei tea vastust; esineb sisulisi vigu ja/või väärarusaamu. Küsimusele miks taimed on rohelised vastus: <i>taimed on rohelised selleks, et fotosünteesida</i>	1 punkt
Osaliselt õige vastus	Kasutatud on õigesti mõistet, kuid puudub selgitus; näiteid on toodud vähem, kui küsitud (1-2) <i>Nt taimed on rohelised, sest neis on klorofüll</i>	2 punkti
Õige vastus	Kasutatud on korrektselt mõisteid; on loodud seoseid ja/või teostatud analüüsi; küsitud arv õigeid näiteid. <i>Nt taimed on rohelised, kuna neil on klorofüllil nimeline pigment, mis neelab päikesevalgust ja muudab selle energiaks, mida taim kasutab fotosünteesiks, et toota toitu. Klorofüll peegeldab rohelist värvi, mis annab taimedele nende iseloomuliku välimuse.</i>	3 punkti

Andmeid analüüsid SPSS-is leiti tulemuste keskmine (*M*) ja standardhälve (*SD*). Eel- ja järelküsimustikus olnud samu küsimusi võrreldi t-testi kaudu, et leida kas kahe testi keskmiste erinevus on statistiliselt oluline.

3.2.1. Õpilaste arusaamine fotosünteesist enne ja pärast mooduli läbimist

Kui oluliseks pead taimede olemasolu? Küsimused 1-2

Esimese küsimuse eesmärk oli hinnata õpilaste taimede väärtustamist ja sellega koos väärtuspädevuse arengut. Küsimuse vastusega hindas õpilane skaalal ühest viieni taimede olulisust, kus üks tähendas, et taimed on mõttetud ja 5 ilma taimedeta poleks elu ehk taimed on väga olulised ja väärtuslikud. Uuringus selgus, et kõik õpilased pidasid taimi eelküsimustikus vastates keskmisest kõrgemaks, kusjuures 84,6% leidis, et ilma taimedeta poleks elu. Vastuste keskmine oli väga kõrge (vt tabel 3), $M = 4,85$ ja standardhälve oli $SD = 0,41$ ehk vastajad olid arvamuse osas küllaltki üksmeelsed. Pärast mooduli läbimist tõusis keskmine veelgi, $M = 4,94$ ja standardhälve kahanes $SD = 0,23$. Järelküsimustikus näitas skaala, et 23 õpilase arvamus paranes mooduli läbimise järgselt.

Õpilastel oli võimalus ka põhjendada oma eelmist vastust (2.küsimus). Eelmisel skaalal antud punktisumma põhjenduste osas oli vabavastuselisena enim välja toodud vajadus hapniku järele. Sellise vastuse tõid välja ühena põhjustest 72 õpilast, mis on 58,5% vastanutest. Näiteks vastati (vastused toodud välja muutmata kujul): *“Ilma taimedeta poleks nii palju hapnikku kui praegu”* või *“Taimed toodavad hapniku, mis on vajalikud organismidele”*. Samas oli märgata ka valearusaamu, nt *“Taimed toodavad hapniku ja CO₂te”* või *“Taimed on põhilised allikad hapnikule”*.

Teise põhjusena taimede olulisuse osas märgiti toitu ja/või toiduahela lülilik olemist (43 vastust, 35%). *“Sellepärast, et taimed on meie elus kõige alus, nad on toiduahela alglülid ja ka meie toitume nendest”*. Veidi vähem, 29 korral, leiti, et taimedeta ei eksisteeriks elu. Siinkohal oli vastuste hulgas ka väärarusaamu, nt *“Kui poleks taimi, poleks elu”* või *“Sest kui maal poleks ühtegi taimet, ei saaks me reaalselt elada”*, aga ka põhjalikke vastuseid, nt *“Sellepärast, et taimed on meie elus kõige alus, nad on toiduahela alglülid ja ka meie toitume nendest, lisaks fotosünteesi käigus loovad nad jääkainena hapniku, mida on eluksõlemiseks vaja”*.

Lisaks eelmainitule oli välja toodud olulisuse all ökosüsteemi ja/või aineringe osaks olemist (17 vastust, 13,8%), CO₂-e vähendamist (11 vastust, 8,9%), fotosünteesi (10 vastust, 8,1%). Huvitavamad vastused olid nt *“täidavad kodufunktsiooni erinevate putukate ja pisemate loomade jaoks. Nt. lehetäid ja taimsetest jääkidest kuhjasid ehitavad sipelgad”* ja *“annavad vitamiine, hoiavad maad koos (mulda ja liiva ühes kohas)”*. Kolm õpilast tunnistasid ausalt, et neid eriti taimed ei huvita, kuid saavad aru, et need on siiski vajalikud, *“ei paku suurt huvi mulle aga ei toimuks elutegevust kui taimi ei oleks”*.

Tabelis 3 on toodud välja eel- ja järelküsimustiku kattuvate küsimuste keskmised skoorid (M), standardhälve (SD) ja t-testiga saadud statistiline olulisus (p). Alljärgnevatel peatükkidel kirjeldatakse tulemusi põhjalikumalt. Küsimustele 3, 4 ja 9 vastasid õpilased mõlemas testis vabavastuselisena. Tulemusi hinnati väljatöötatud skaala (Tabel 2) abil.

Tabel 3

Õpilaste teadmistele suunatud küsimuste keskmised (M), standardhälve (SD), statistiline olulisus (p)

Küsimus	Eelküsimustik		Järelküsimustik		t-test
	M	SD	M	SD	p
3.Mis juhtuks kui taimed kaoks? 1-3 tagajärge	1,89	0,52	1,91	0,72	0,4111
4.Miks on taimed rohelised?	1,71	0,58	2,09	0,70	0,0001
5.Kust saavad taimed eluks vajalikud toitained?	1,89	1,00	2,34	0,95	0,0020
6.Millist liiki energiat on fotosünteesi toimumiseks vaja?	2,49	0,58	2,6	0,52	0,1051
7.Mis on fotosünteesi lähteaineteks?	1,86	0,73	1,97	0,64	0,1603
8.Millised ained tekivad fotosünteesi käigus?	2,48	0,74	2,67	0,68	0,0449
9.Too 3 näidet, kuidas on fotosüntees oluline	2,26	0,62	2,37	0,64	0,1222
10.Kuidas sina fotosünteesist kasu saad? 1-3 näidet	2,26	0,60	2,14	0,52	0,1062

Mis juhtuks, kui taimed Maa pealt kaoks? Too välja 1–3 tagajärge

Vastuseid hinnati 1-3 punktiga vastavalt väljatöötatud hindamisskaalale (vt tabel 2). Keskmiste skooride tulemused (vt tabel 3) olid eelküsimustikus $M = 1,89$ ($SD = 0,52$) ja järelküsimustikus

$M = 1,91$ ($SD = 0,72$). Tulemused paranesid küll mooduli läbimise järel, kuid mitte statistiliselt olulisel määral, sest $p = 0,4111$, mis on $> 0,05$.

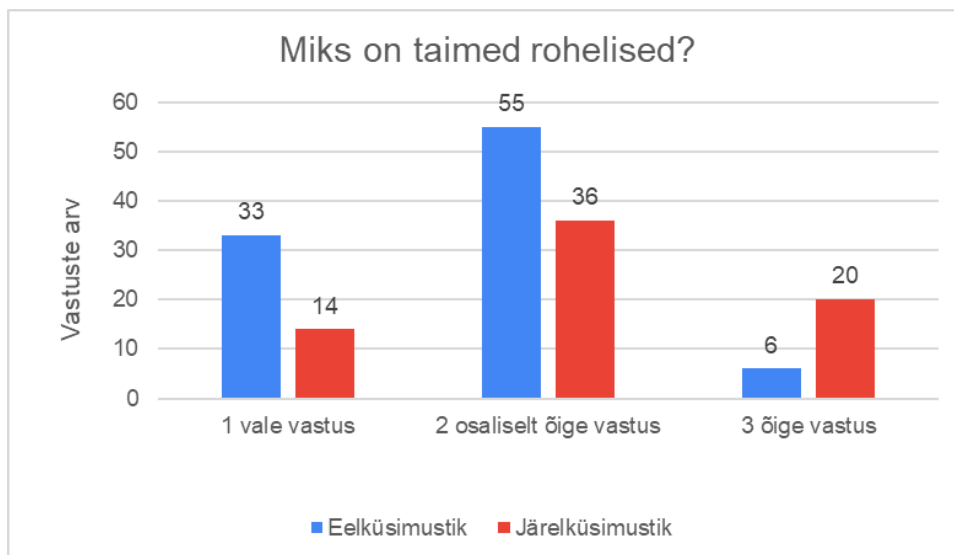
Vastuste variantidena tõid õpilased eelküsimumstikus ülekaalukalt välja hapniku kao, mida vastas 65 õpilast ehk 69,1%. Teisena toodi välja toidu puudus (47 õpilast, 50%) ja kolmandana väljasuremine ja/või elu võimalikkuse kadumine (38 õpilast, 40,4%). Mõned korrad mainiti ka CO₂ tõusu (10 õpilast), ökosüsteemi hävingut (5 õpilast), roheline värvi kadumist (4 õpilast). Esines ka väärarusaamu: “tekiks CO₂ puudus” või “vesi reostuks”

Järelküsimumstikus tõid õpilased välja küll enim ikka hapnikuga seonduva (35 õpilast, 50%), kuid mainiti rohkem hapniku hulga vähenemist, mitte selle otsa saamist. Teise tagajärjena tõid õpilased välja toidupuuduse (29 õpilast, 41,4%) ning kolmandana muutused ökosüsteemis (23 õpilast, 32,8%). Lisaks oli vastuste hulgas ka liikide hävimine (6 õpilast), kliimamuutuseid (kliimasoojenemine – 6 õpilast, õhuniiskuse vähenemine - 3 õpilast), mõju vaimsele tervisele (9 õpilast). Ühe õpilase poolt välja toodud vastus, “Süsihapet oleks rohkem,” näitas puudujääke mõistetest/terminitest arusaamise osas.

Miks on taimed rohelised?

Joonis 2

Küsimus 4 – Miks on taimed rohelised? Tulemused eel- ja järelküsimumstiku võrdlusena



Jooniselt saab välja lugeda, et eelküsimumstikus vastas küsimusele valesti 33 õpilast, mis on 35,1%, kuid järelküsimumstikus oli valede vastuste osakaal 20%, so 14 õpilast. Osaliselt õiget vastust oli mõlemas küsimustikus kõige rohkem, vastavalt 55 õpilast (58,5%) ja 36 õpilast (51,4%). Õigete vastuste arv eelküsimumstikus oli väga väike, 6 vastust, mis on vaid 6,38%,

järelküsimustikus tõusis aga õigete vastuste osakaal ligi 28,6%-ni (20 õpilast). Tabelis 3 on näha, et $p = 0,0001$, mis viitab statistiliselt olulisele muutusele.

Sagedaseim vastus oli nii eel- kui ka järelküsimustikus „*klorofüllli tõttu*“. Valgusspektri sinise ja punase osa neeldumist ning roheline-kollase peegeldumist oskasid eelküsimustikus välja tuua vaid 6 õpilast. Mooduli järgselt tõusis õigete vastuste osakaal tunduvalt, 6,38%lt 28,6%ni.

Küsimused 5 – 8

Järgnevas tabelis 4 on välja toodud küsimuste 5 – 8 tulemused. Välja on toodud vastuste arv ja osakaal protsentides vastanute arvust.

Tabel 4

Küsimused 5 – 8. Vastuste arv ning osakaal protsentides hindepallide kaupa

	Eelküsimustik			Järelküsimustik		
Küsimuse number	Hindepall	Vastuste arv	Protsent %	Hindepall	Vastuste arv	Protsent %
5	1	52	55,3	1	23	32,8
	3	42	44,6	3	47	67,1
6	1	4	4,2	1	1	1,4
	2	40	42,5	2	26	37,1
	3	50	53,2	3	43	61,4
7	1	32	34,0	1	15	21,4
	2	43	45,7	2	41	58,6
	3	19	20,2	3	13	18,6
8	1	14	14,9	1	8	11,4
	2	21	22,3	2	7	10,0
	3	59	62,7	3	55	78,6

Küsimusi 5 – 8 hinnati samuti eelmainitud hindamiskaala alusel (Tabel 2). Tegemist oli valikvastuseliste küsimustega, kus sai, olenevalt küsimusest, valida ühe või mitu võimalikku vastust. Küsimusel 5 - Kust saavad taimed eluks vajalikud toitained? - oli üks vastuse variant

ja hinnanguskaalal punktid vastavalt 1-vale vastus, 3-õige vastus. Küsimustele 6 - Millist liiki energiat on fotosünteesi toimumiseks vaja?, 7 - Mis on fotosünteesi lähteaineteks? ja 8 - Millised ained tekivad fotosünteesi käigus? - sai valida mitu vastust ning hinnanguskaalal sai olla tulemuseks ka osaliselt õige vastus 2 punktiga. Küsimuste keskmised, standardhälve ja statistiline olulisus on välja toodud tabelis 3.

Viienda küsimusega uuriti õpilastelt, kust saavad taimed eluks vajalikke toitaineid. Vastustest (vt tabel 3) võib välja lugeda, et eelküsimustiku keskmine jäi 1,89 juurde, kuid tõusis järelküsimustikus 2,34-ni. Standardhälved, vastavalt 1,00 ja 0,95, näitavad vastuste paiknemist keskmisest kaugel. Tabelist 4 on näha, et õigesti vastanute protsent suurenes mooduli läbimise järgselt 44,6%lt 67,1%le, mis on statistiliselt oluline ($p = 0,002$). Eelküsimustik näitas suuresti väärarusaama levikut, et taimed saavad toitaineid juurtega maapinnast või lagundades orgaanilisi aineid (55,3% vastanutest).

Kuuenda küsimusega sooviti välja selgitada, milline on õpilaste arusaamine fotosünteesi protsessis vajamineva energia osas. Siin teati enamasti, et taimed vajavad fotosünteesi toimimiseks valgusenergiat, kuid lisaks sellele oli välja toodud ka soojusenergia vajalikkus. Eel- ja järelküsimustike vastuste vahel ei ole suuri erinevusi, mis väljendub ka statistilises näitajas $p = 0,1051$ (vt tabel 3).

Seitsmenda küsimusega kontrolliti õpilaste arusaamist fotosünteesi lähteainete osas. Õpilastel oli võimalus ise valida kõik õiged vastused, mille tõttu oli täpsete vastuste arv madal (vt tabel 4). Lisaks veele ja süsinikdioksiidile lisati lähteainete hulka ka valgus, mida ei saa nimetada täpseks vastuseks. Valgust on küll vaja fotosünteesi toimumiseks, kuid valgust ei saa lugeda aineks. Sellest on tingitud ka järelküsimustikus vähenenud õigete vastuste osakaal.

Kaheksanda küsimusega uuriti õpilaste arusaamist fotosünteesil tekkivatest ainetest. Selle küsimuse juures oli märgata, et valede ja osaliselt õigete vastuste osakaal vähenes (vt tabel 4) ja selle arvelt tõusis õigete vastuste osakaal (15,9%) mooduli läbimise järel. Statistiline näitaja $p = 0,0449$ (vt tabel 3), mis viitab olulisele seosele.

3.2.2. Taimede ja fotosünteesi olulisus ja valmisolek koostöök

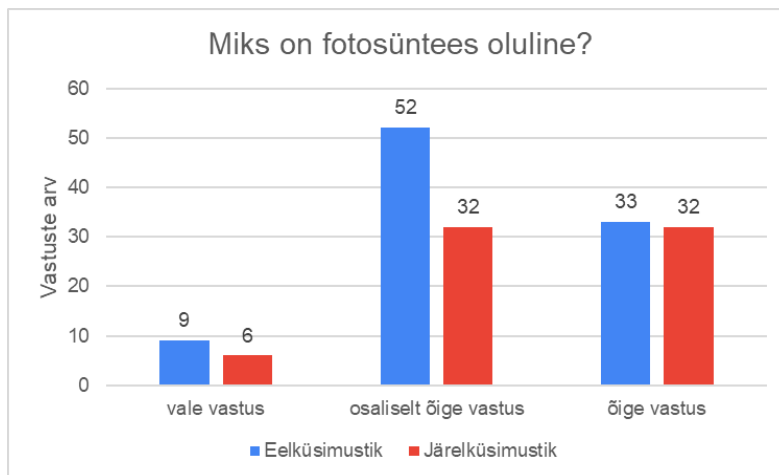
Too kolm näidet, miks on fotosüntees oluline

Küsimus oli esitatud vabavastuselisena. Tulemuste hindamiseks kasutati välja töötatud hindamisskaalat (Tabel 2). Valeks (1 punkt) loeti vastused, kus esinesid väärarusaamad, nt “sellest tekib glükoos, mida inimesed kasutavad suhkru valmistamisel” või vastus puudus.

Osaliselt õige vastuse (2 punkti) puhul oli selgitus minimaalne ja/või polnud piisavalt näiteid, nt “*taim valmistab endale toitaineid, toodab hapniku*”. Õige vastus (3 punkti) tähendas põhjalikumalt selgitust ja kolme näidet, nt *1. Kui poleks taimi ei toodetaks hapnikku. 2. Taimed on toidulüli tähtis osa, ilma nendeta kaoks toit, sest lihasööjad söövad taimetoidulisi. 3. Kui miski süsinikku ei salvestaks hävitaks CO2 elu Maal kliimasoojenemisega.*

Joonis 3

Küsimus 9 – Miks on fotosüntees oluline. Vastanute arvuline jaotus hindamiskaala punktide vahel



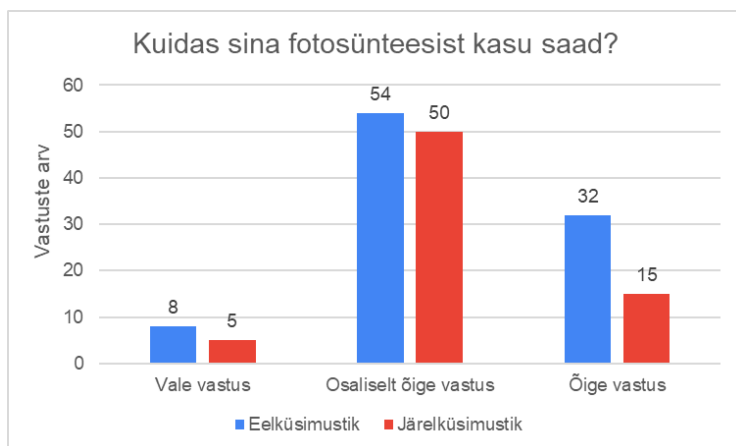
Jooniselt 3 saab lugeda, et eelküsimustikus vastas valesti või jättis vastamata 9 õpilast ehk 9,6%, osaliselt õige vastuse andsid 52 õpilast (55,3%) ja õige 33 õpilast (35,1%). Järelküsimustikus olid osakaalud vale vastuse osas 8,6%, osaliselt õige ja õige võrdselt 45,7%. Kuigi õigesti vastanuid oli järelküsimustikus ühe võrra vähem tõusis siiski nende osakaal protsentuaalselt, kes vastasid põhjalikult ja õigesti mooduli läbimise järgselt, kuid mitte statistiliselt olulisel määral ($p = 0,1222$).

Kuidas sina fotosünteesist kasu saad? Too 1–3 näidet

Antud küsimusele said õpilased taas vastata vabavastuselisena. Vastused hinnati kasutades tabelis 2 välja toodud hindamiskaalat. Joonisel 4 on näha, et enim on vastatud osaliselt õigesti (2 punkti) nii eel-, kui järelküsimustikus.

Joonis 4

Küsimus 10 – Fotosünteesi kasulikkus õpilasele endale. Vastanute arvuline jaotus hindamiskaala punktide vahel



Vastuste osakaalud jagunesid järgnevalt: eelküsimustikus valesid ja/või vastamata vastuseid 8,5%, osaliselt õigeid vastuseid 57,4% ja õigeid vastuseid 34,0% ning järelküsimustikus valesid vastuseid 7,1%, osaliselt õigeid vastuseid 71,4% ja õigeid vastuseid 21,4%.

Enim toodi välja vastuste hulgas: “saan hapnikku” ja “saan toitu”. Põhjalikumalt selgitades toodi välja nt “See tagab meile planeedi ökosüsteemi toimimise ning võimaldab meil nautida puhtamat õhku ja toitu” või “Toodab hapniku, glükoosi kasutame kiire energia allikana, fotosüntees vähendab CO₂ kogust, mis aeglustab globaalset soojenemist”. Näitena vaeleusaamast võib välja tuua järgmise vastuse: “Fotosünteesi kaudu levivad erinevad taimeliigid, osa neist saavad inimesed kasutada toiduks”.

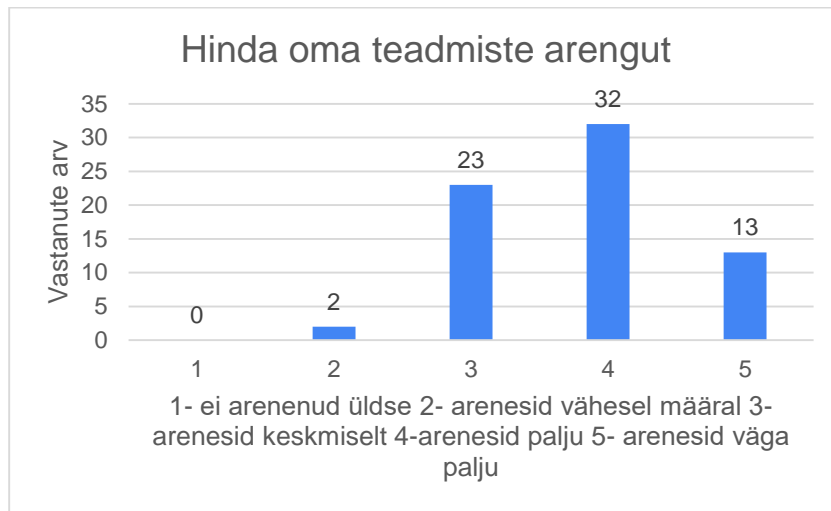
3.2.3. Mooduli mõju kriitilise mõtlemise arengule ning loovülesande ja loova mõtlemise kasulikkus

Hinda oma teadmiste arengut 1–5 palli skaalal. Põhjenda oma eelmist vastust

Oma teadmiste arengut hindasid õpilased keskmise tulemusega $M = 3,80$, $SD = 0,77$, mis näitab suurt erinevust skaala keskmisest 2,5. Joonisel 5 on näha, et enim õpilasi, 32 õpilast (45,7%), leidis, et nende teadmised arenesid palju. Oma teadmiste arengut keskmiseks hindas 23 õpilast (32,8%) ja neid õpilasi, kes leidsid, et nende teadmised arenesid väga palju oli 13 (18,6%). Keegi õpilastest ei toonud välja, et nende teadmised üldse ei arenenud, kuid kahe õpilase meelest arenesid teadmised vaid vähesel määral.

Joonis 5

Teadmiste arengu hindamine 5-palli skaala puhul



Vastuse põhjenduse osas toodi välja kõige rohkem, et *“Sain asjadest paremini aru, kui ennem”*, *“Sain mitmeid uusi teadmisi selles valdkonnas mida ennem ei teadnud”*, *“Algselt seostas in fotosünteesi ainult taimedega, kuid see mõjutab tervet elukeskkonda”*. Oli ka vastuseid, kus toodi välja et *“Teadsin varasemalt asju juba põhikoolist”*, *“Ei süvenenud väga palju”* või *“Selline tavaline, sain ja ei saanud ka, pigem põhikooli teema ja ei pea vajalikuks gümnaasiumis õppida”*.

Mil määral oled valmis tegema klassikaaslastega koostööd? Mil määral aitas koostöö mooduli läbimisele kaasa? Selgita oma eelmist vastust

Skaalaküsimusele koostöövalmiduse osas eelküsimumstikus tähendasid punktid skaalal järgmist: 1 - tahan teha üksi, 2 – olen valmis koostööks vähesel määral, 3 – olen valmis tegema koostööd keskmises mahus, 4 – olen nõus koostööd tegema ja 5 – olen väga valmis koostööks. Tulemuste keskmine $M = 3,98$ ja $SD = 1,11$. Selgus, et kolm õpilast ei olnud valmis teistega koostööd tegema ja 10 õpilast oli nõus koostööd tegema vaid vähesel määral. Ülejäänute koostöövalmidus oli vähemalt keskmisel tasemel.

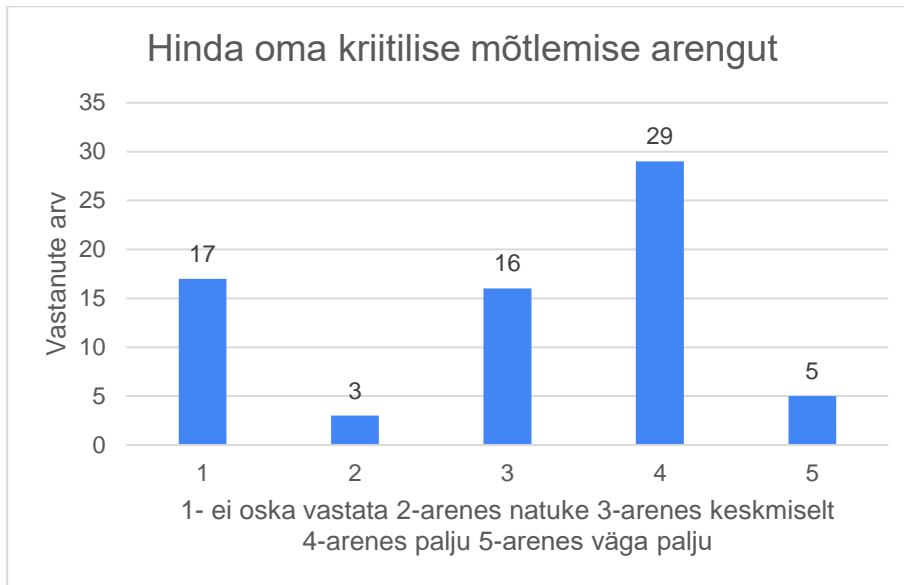
Järeloküsimumstiku vastustest selgus, et üks õpilane leidis, et koostöö ei aidanud mooduli läbimisele kaasa ja kuus leidis, et aitas vähesel määral. Enamus vastanutest leidis siiski, et koostöö aitas palju (44 vastust, 62,8%) või väga palju (18 vastust, 25,7%). Selgitustena toodi välja kõige rohkem: *“ Sai koos läbi arutada, siis sai paremini aru”* (20 kord) ja *“Läbi koostöö sai uusi teadmisi”* (12 korda). Toodi välja ka, et *“Kaaslaste kuulatakse rohkem, kui õpetajat”*, *“Grupitööd pole mu lemmikud”* või *“Olen individualist”*.

Kuidas aitab mooduli läbimine arendada kriitilist mõtlemist? Põhjenda oma eelmist vastust

Oma kriitilise mõtlemise arengut hinnati keskmisest kõrgema tulemusena $M = 3,03$, $SD = 1,32$ näitab suurt vastuste hajuvust võrreldes keskmisega. Joonisel 6 on näha vastanute arvuline jaotuvus hindepallide lõikes.

Joonis 6

Kriitilise mõtlemise arengu hindamine 5-palli skaala puhul



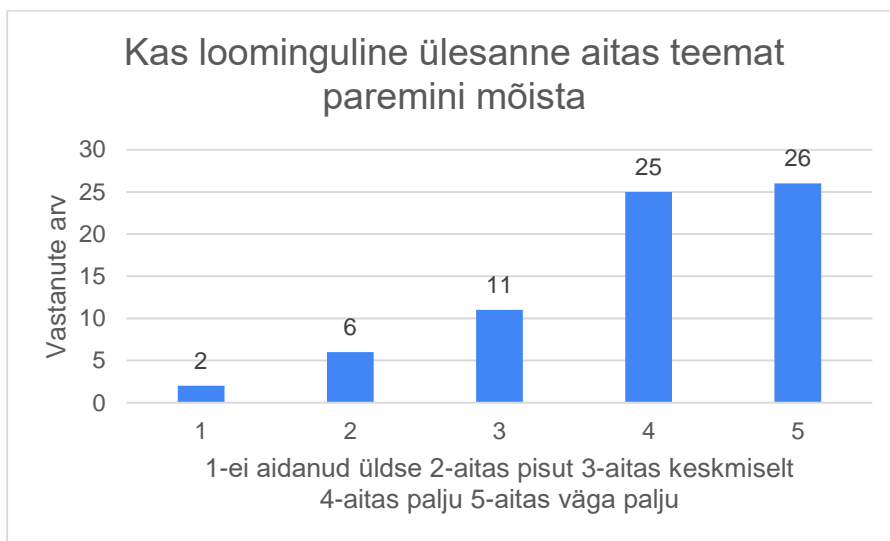
Vastustest selgus, et väga suur hulk õpilasi (17 õpilast, 24,3%) ei osanud küsimusele vastata, mis näitab õpilaste vähest arusaamist kriitilise mõtlemise olemusest. Ka põhjenduste osas jäi 31 õpilast (44,3%) hätta ja tunnistasid ausalt, et nad ei oska vastata. Põhjalikumad selgitused olid: “*Eristasime faktid mittefaktidest ja sain seeläbi teema alast infohindamisvõimet parandada*”, “*Pidin erinevates olukordades mõtlema erinevalt*”, “*Info otsimisel pidin leidma õiged vastused infoallikatest*” või “*Pidime koos mõtlema fotosünteesi kohta laiemalt, näiteks arutama kuidas on inimene seotud fotosünteesiga*”.

Kas loominguline ülesanne aitab teemat paremini mõista? Selgita oma eelmist vastust

Küsimus loomingulise ülesande kasulikkusest teema mõistmisel, näitas keskmiseks tulemuseks $M = 3,96$, $SD = 1,07$, seega on tegemist taas suure hajuvusega keskmise suhtes. Suuremale osale õpilastest oli loomingulisest ülesandest abi palju (25 õpilast, 35,7%) või väga palju (26 õpilast, 37,1%). Joonis 7 kajastab vastanute arve hinnanguskaala lõikes.

Joonis 7

Loomingulise ülesande kasu teema mõistmisel, hinnang 5-palli skaala puhul



Vabavastuseliste selgitustena toodi enim välja: *“Loominguliste ülesannete kaudu mõtleb inimene rohkem ning loob seoseid et asjad meelde jääks”, “Ülesanne pani palju mõtlema”, “Vaatasin teemat teise külje alt”. Vastuste hulgas oli ka eriarvamusi, nt “Isiklikult loovad ülesanded ei meeldi, aga kuna pidi teise nurga alt teemale lähenema, siis pisut selgitas teemat”, “Mind aitab pigem rääkimine” või “Tekitab segadust”.*

4. Arutelu ja järeldused

Fotosünteesi protsessi keerukus ja mitmetahulisus on õpilaste jaoks raskesti hoomatav. See loob probleemi, kuidas õpetada teemat nii, et õpilastel oleks huvi, mis ajendaks protsessi süvenema ja et neil tekiks isiklik seos. Kontekstipõhised õppematerjalid loovad õpilase jaoks taustsüsteemi, mis seostub nende endi igapäevaeluga. (Rannikmäe & Soobard, 2014; Teppo *et al.*, 2017) Antud magistritöö eesmärk on luua kontekstipõhine õppemoodul, mis arendaks õpilaste fotosünteesist arusaamist, kriitilise ja loova mõtlemise oskust ning koostööoskust. Järgnevalt on välja toodud uurimisküsimuste kaupa arutelu ja järeldused.

Milline on õpilaste arusaamine fotosünteesist enne ja pärast mooduli läbimist?

Vaadeldes õpilaste arusaamist fotosünteesist, siis võib tõmmata alljärgnevaid paralleele varasemate uuringutega. Küsimustikes kasutati osaliselt samu küsimusi (vt tabel 1), mida kasutati ka Marmaroti ja Galanopoulou (2006) ning Štukerti (2021) uurimustes. Štukerti töös välja toodud 9.klassi õpilaste vastused on võrreldavad eelküsimustiku tulemustega, sest viimati õppisid uuringus osalejad fotosünteesi just põhikoolis. Järelküsimustik aga on seostatav sama uuringu 11.klassi õpilaste tulemustega.

Esimene võrreldud küsimus oli – miks taimed on rohelised. Kõige rohkem toodi välja selle põhjusena klorofüllil olemasolu. Uuring näitas olulist erinevusi eel- ja järelküsimustiku tulemuste vahel, kus mooduli läbimise järgselt osati põhjalikumalt selgitada valgusspektri siniste ja punaste lainepikkuste neeldumist ja roheline-kollaste peegeldumist. Siinkohal võib tõmmata paralleele Štukerti uurimuses välja toodud 11.klassi õpilaste täpsemate selgitustega võrreldes 9.klassi õpilastega.

Küsimus, kust saavad taimed eluks vajalikke toitaineid, tõi välja suurima vaele arusaamade hulga eelküsimustikus (55,3%). Õpilased olid meelde jätnud põhikoolist, et taimed saavad toitaineid juurtega maapinnast, sünteesides veest ja hapnikust või lagundades orgaanilisi aineid. Tulemus oli võrreldav Marmaroti ja Galanopoulou uuringu tulemustega, kus valede vastuste osakaal oli veelgi suurem, 65,8%. Štukerti uuringus teadsid õpilased rohkem (63%) õiget vastust - sünteesivad ise süsihappegaasist ja veest. Järelküsimustik näitas, et mooduli läbimine andis olulise muutuse ning õigesti vastanute osakaal tõusis 67,1 % peale. Vaele arusaamad paljudel siiski säilisid, mis näitab kui keeruline on sissejuurdunud väärarusaamu muuta.

Järgneva küsimuse – millist liiki energiat on fotosünteesi toimumiseks vaja – tulemuste osas oli märgata varasemate uuringutega sarnast tendentsi. Õpilased on omandanud suures osas teadmise, et fotosünteesiks on vaja päikeseenergiat, kuid oli ka neid, kes lisasid sinna juurde ka

soojusenergia vajaduse. Marmaroti ja Galanopoulou uuringus oli õigesti vastanute osakaal 45,9%, Štukerti uuringus 70%. Antud uuringus oli õigeid vastuseid eelküsimumistikus 53,2% ja järelküsimumistikus 61,4% ehk teisisõnu tulemused paigutusid kahe uuringu vahele. Soojusenergia olulisus räägitaks õppeprotsessis, kui fotosünteesi soodustavast tegurist ja selle tõttu toovad õpilased selle ka vastustesse välja. Marmaroti ja Galanopoulou juhtisid aga tähelepanu oma uuringus ka sellele, et õpilased ei mõtesta lahti mõistet „päikeseenergia“, mis sisaldab endas nii valgus-, kui ka soojusenergiat ning see tingib vale vastuse.

Küsimus fotosünteesi lähteainete kohta peegeldas samuti väärarusaama, kus lisaks veele ja süsihappegaasile, toodi välja ka valgus - eelküsimumistikus 45,7% ja järelküsimumistikus koguni 58,6%. Sama olukord oli ka Štukerti uuringus, kus 43 % vastanutest tõi valguse vastusena välja. Tulemustest võib järeldada, et õpilased saavad aru, et fotosünteesi toimumiseks on vaja valgust, kuid nad ei mõtesta enda jaoks lahti mõiste olemust. Valgus ei ole aine ning seetõttu ei sobinud see küsimuse vastuseks. Lisaks võib siin probleem olla ka funktsionaalses lugemisoskuses, kus ei suudeta aru saada küsimusest – mis on fotosünteesi lähteaineteks.

Fotosünteesi saadusi teadsid õpilased paremini, kui lähteaineid. Samadele järeldustele jõudsid oma uuringutes ka Marmaroti ja Galanopoulou (2006) ning Štukert (2021). Mooduli läbimine aitas olulisel määral kaasa õpilaste õigete vastuste osakaalu tõusule.

Kui oluliseks peavad õpilased taimi ja fotosünteesi ning milline on nende valmisolek koostöök? Milline erinevus on tulemustes enne ja pärast mooduli läbimist?

Uuringus selgus, et õpilased väärtustavad taimi ja suurem enamus, 84,6%, leidis, et taimed on väga tähtsad ja ilma nendeta poleks elu Maal. Mooduli läbimise järel tõusid hindepallid veelgi. Suulisel tagasisidel peale mooduli läbimist tõid õpilased välja, et nad polnud kunagi mõelnud sellele, kui palju on erinevaid seoseid taimede ja nende endi vahel ning mis siis saaks, kui taimed kaoks. Küsimuse osas, fotosünteesi olulisuse kohta, tõid õpilased peamiselt välja küll hapniku tootmise, CO₂ sidumise ja toidu saamise, kuid mooduli läbimise järgselt oli rohkelt ka neid, kes mõtlesid laiemalt. Välja toodud vastused („Aeglustab kliimasoojenemist“, „Toetab vaimset tervist (taimede olemasolu kaudu)“ jne) näitasid õpilaste oskust märgata kaudsemaid seoseid.

Õpilaste valmisolek koostöök oluliselt mooduli läbimise tulemusena ei muutunud. Uuringus ei seostatud eel- ja järelküsimumistiku vastuseid isikuliselt, seega puudub selgus, kas need kes ei soovinud koostööd teha jäid samale arvamusele (ei teinud koostööd või koostöö aitas vähesel määral) ka järelküsimumistikku täites. Vastuseid analüüsid võib siiski välja tuua, et enne

moodulit ei soovinud koostööd teha või oli nõus seda tegema vähesel määral 11% õpilastest ning järelküsimumstikus tõi 10 % vastajatest välja, et ei teinud koostööd või koostöö aitas vaid vähesel määral.

Kuidas mõjutas mooduli läbimine kriitilise mõtlemise arengut ning kuidas aitasid loovülesanded ja loov mõtlemine õpilaste hinnangul teadmiste omandamisele kaasa?

Kriitilise mõtlemise arengut ei osanud hinnata 24,3% vastajatest ning vastuse selgitamisega jäi hätta veelgi enam õpilasi (44,3%). See annab alust arvata, et õpilastel puudub arusaamine, mida tähendab kriitiline mõtlemine. Bloomi taksonoomia järgi on kriitiline mõtlemine võrdsustatud hindamisega, mis eelkõige tähendab oskust hinnata vahendite sobivust ülesannete lahendamisel (Krull, 2001). Mõnest vastusest selgus, et kriitiliseks mõtlemiseks peetakse kritiseerimise oskust, mis ei ole mõiste tegelik selgitus. Sellest järeldub, et kriitilise mõtlemise tähenduse selgitamisele tuleks pöörata tundides rohkem tähelepanu.

Loovülesande kasulikku mõju (skaalal - aitas palju või väga palju) teadmiste omandamisel tõi välja 72,8% õpilastest. Enamasti leiti, et selline meetod aitas teemast paremini aru saada, pani mõtlema „raamist välja“ või lõi ette visuaalse pildi. Vastuseid analüüsid jäi silma ka, et on neid õpilasi, kes ei tea loova mõtlemise tähendust mõistena. Loov mõtlemine seostub neil loominguga ehk peamiselt kunstiga, mis tekitab nendes õpilastes tõrget, kes ei pea ennast kunstiinimeseks. Siinkohal saavad jällegi õpetajad rohkem ära teha tundides, et sellist väärarusaama muuta.

Kokkuvõttes võib öelda, et õpilastel oli mooduli läbimise järgselt märgata arusaamiste arengut, taimede ja fotosünteesi olulisus õpilaste silmis tõusis ning mooduli ülesanded toetasid kriitilise ja loova mõtlemise arengut.

Uuringu tulemustest lähtuvalt saab anda mõned soovitusel mooduli kasutamise osas:

- Mooduli läbi tegemiseks kasutada rohkem aega. Algselt planeeritud kolm ainetundi jäi õpilastele selgelt liiga lühikeseks. Pikem aeg võimaldaks leida põhjalikumaid seoseid, arutleda omavahel teema üle ning suurendada koostöö arengut.
- Õpetaja peaks enne mooduli läbimist kontrollima, kas õpilased saavad aru kriitilise ja loova mõtlemise olemusest. Vajadusel tuleks seda selgitada ja osutada mooduli käigus nende kohtadele, kus on vaja kriitilise või loova mõtlemise oskust kasutada (ül töölehel, loovülesanne, mõistekaardi koostamine õigete seostega).
- Kindlasti tuleb leida aega mooduli järgseks aruteluks, mis võimaldab välja selekteerida võimalikud tekkinud ja/või kinnistunud valearusaamad.

- Oluline on õpetaja poolne tagasiside, nii jooksvalt mooduli käigus kui ka selle läbimise järgselt. Eneseanalüüsist üksi ei piisa, sest puudub nõ ekspertarvamus.

Uurimistöö piirangud ja edasised uurimissoovitused

Antud uurimuses kasutati ühe kooli õpilaste vastuseid, mis ei võimalda tulemusi üldistada. Edasiseks uurimiseks võiks kaasata rohkem koole ja õpilasi, mis võimaldaks teha põhjalikumaid järeldusi mooduli mõju osas. Teema edasisel uurimisel, kasutades loodud moodulit, võib viia läbi ka intervjuud, mis võimaldaks õpilastel paremini enda arengut analüüsida ning uurijal on võimalus jõuda ka väärarusaamade tekke põhjusteni. Küsimustiku formaat ei tekita õpilastes soovi pikalt vastata ja seetõttu jäävad vastused sageli napisõnaliseks ja/või puudulikuks.

Kokkuvõte

Fotosünteesi protsess on mitmetahuline ja abstraktne, mille tõttu on õpilastel sellest keeruline aru saada. Käesoleva magistritöö eesmärk oli luua kontekstipõhine moodul, mis võimaldaks õpilastel paremini aru saada fotosünteesi protsessist, suurendaks kriitilise ja loova mõtlemise oskust ning koostöövalmidust. Mooduli mõju hindamiseks ja ühtlasi eesmärgi täitmise kontrollimiseks püstitati järgmised uurimisküsimused:

1. Milline on õpilaste arusaamine fotosünteesist enne ja pärast mooduli läbimist?
2. Kui oluliseks peavad õpilased taimi ja fotosünteesi ning milline on nende valmisolek koostööks? Milline erinevus on tulemustel enne ja pärast mooduli läbimist?
3. Kuidas mõjutas mooduli läbimine kriitilise ja loova mõtlemise arengut ja kuidas aitasid loovülesanded õpilaste hinnangul teadmiste omandamisele kaasa?

Uuringuks kasutati *Google Forms* formaadis loodud eel- ja järelküsimustikku. Küsimused kattusid osaliselt (eel- ja järelküsimustikus 6 küsimust) Marmaroti ja Galanpoulou (2006) ja Štukerti (2021) läbi viidud uuringute küsimustega. Eelküsimustiku täitis 94 ning järelküsimustiku 70 õpilast samast koolist. Osalemine uuringus oli vabatahtlik ning selle läbi viimiseks oli saadud luba kooli juhtkonnalt ning lapsevanematelt.

Uuringus selgus, et õpilaste arusaamiste osas kattusid tulemused varasemate uuringute tulemustega. Esines sarnaseid väljakujunenud väärarusaamu, nt valguse käsitlemine ainena, mis ei muutunud ka mooduli läbimise järgselt. Küsimuste vastused näitasid, et õpilased väärtustavad taimi ja fotosünteesi kõrgelt. Uuringu tulemused koostöö osas mooduli läbimise järgselt muutust ei näidanud. Üldiselt oli enamik õpilasi valmis koostööks ning nägi selles ka kasu. Mooduli läbimine aitas õpilastel loovülesannete kaudu paremini fotosünteesi protsessist aru saada ning arendada kriitilist ja loovat mõtlemist.

Magistritöö eesmärk sai täidetud, valmis kontekstipõhine moodul fotosünteesi teema käsitlemiseks gümnaasiumiastmes. Läbi viidud uuringu tulemusi ei saa üle kanda kõikide koolide õpilastele.

Kirjanduse loetelu

- Antón-Sancho, Á., Vergara, D., Lamas-Álvares, V.E., & Fernández-Arias, P. (2021). Digital Content Creation Tools: American University Teachers' Perception. *MDPI*, 11(24), 11649. <https://www.mdpi.com/2076-3417/11/24/11649> (03.05.2023)
- Arro, G. (2015). ...*et kõik ei näeks, milline loll ma tegelikult olen" ehk mis kasu on enesemääratluspädevusest.* Innove. https://oppekava.ee/wp-content/uploads/2015/05/Yp_2_enesemaaratluspadevus_Grete-Arro.pdf (23.05.2023)
- Ayunda, T.R., Rahmat, A., & Diana, S. (2019). Understanding photosynthesis videos: Students' visual-spatial ability and cognitive activities in senior high school. *AIP Conference Proceedings*. <https://pubs.aip.org/aip/acp/article/2120/1/060013/1024614/Understanding-photosynthesis-videos-Students> (23.05.2023)
- Bruff, D. (2011). Learning Styles: Fact and Fiction – A Conference Report. <https://cft.vanderbilt.edu/2011/01/learning-styles-fact-and-fiction-a-conference-report/> (08.05.2023)
- Canal, P. (1999). Photosynthesis and “inverse respiration” in plants: an inevitable misconception? *International Journal of Science Education*, 21(4), 363–371. <https://www.tandfonline-com.ezproxy.utlib.ut.ee/doi/epdf/10.1080/095006999290598needAccess=true&role=button> , (02.05.2023)
- Eesti keele seletav sõnaraamat. [EKSS]. 2009. Eesti Keele Instituut. <http://eki.ee/dict/ekss/index.cgi?Q=huvi>
- Eley, A. (2022). Different approaches to teaching primary science: the role of the teacher is what makes the difference. *International Journal of Science Education*, 171(7), 7–10. <https://www.ase.org.uk/resources/primary-science/issue-171/different-approaches-teaching-primary-science-role-of-teacher> (03.05.2023)
- Fisher, A. (2001). *Critical Thinking. An Introduction.* (lk 13). Cambridge University Press.
- Fisher, R. (2005). *Õpetame lapsi mõtlema.* (lk 27–89). AS Atlex.
- Gümnaasiumi riiklik õppekava. (2011). RT I, 14.01.2011,2. https://www.riigiteataja.ee/akti/isa/1080/3202/3006/18m_gym_lisa4.pdf (23.04.2023).

- Haridussõnastik. [HAR] EKI. 2019. Eesti Keele Instituut.
<https://www.eki.ee/dict/haridus/index.cgi?Q=loov+m%C3%B5tlemine&F=M&C06=e>;
<https://www.eki.ee/dict/haridus/index.cgi?Q=kriitiline+m%C3%B5tlemine&F=M&C06=et> (23.04.2023; 05.05.2023)
- Henno, I., Kollo, L., & Mikser, R. (2013). *Estonian science teachers' pedagogical beliefs, teaching practices and self-efficacy based on the results of the TALIS 2008 and 2013 reports*. Tallinna Ülikool. http://eha.ut.ee/wp-content/uploads/2017/04/8_09_henno_summary.pdf (03.05.2023)
- Jürimäe, M., Soobard, R., Kamp, U., Vaino, K., Herodes, R., Kotkas, T., Raudsepp, A., Rannikmäe, M., Luiks, Ü. (2016). *Erinevate OECE riikide hindamis- ja tagasisidestamissüsteemide analüüs*. Tartu Ülikooli haridusuenduskeskus. https://www.hm.ee/sites/default/files/documents/2022-10/hindamissysteemid_2016.pdf (28.04.2023)
- 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. <https://www.sciencedirect.com.ezproxy.utlib.ut.ee/science/article/pii/S1877042810005148> (02.05.2023)
- Kikas, E., Tulviste, T., Tamm, A., Malleus, E., Arro, G., Aus, K., Jõgi, A.-L., Soodla, P., Palu, A., Kaldoja, M.-L., Kivi, V., & Luptova, O. (2016). *Artiklid üldpädevustest*. https://oppekava.ee/wp-content/uploads/2017/03/Yldpadevuste_kontsept.pdf (24.05.2023)
- Krull, E. (2001). *Pedagoogilise psühholoogia käsiraamat*. (lk 51–52, 294). Tartu Ülikooli Kirjastus.
- Laius, A., & Rannikmäe, M. (2016). Assessment of Scientific Literacy of Estonian Gymnasium Students during the Operation of a Competence-based Science Curriculum. *Universal Journal of Educational Research*, 4(5), 1142–1147. https://www.researchgate.net/publication/301920380_Assessment_of_Scientific_Literacy_of_Estonian_Gymnasium_Students_during_the_Operation_of_a_Competence-based_Science_Curriculum (03.05.2023)
- Loodusteadusliku kirjaoskuse raamdokument. (2006). <https://harno.ee/sites/default/files/documents/2021->

- [02/PISA_2006_loodusteadusliku_kirjaoskuse_raamdokument.pdf](#) (26.01.2023)
- Loov mõtlemine. (2023). *Catalyst Eesti*. <https://www.catalystteambuilding.ee/info/loov-motlemine>, (23.04.2023)
- Malleus, E., Arro, G., Mädamürk, K., Kallaste, M., Toding, M., & Venesaar, U. (2021). *Ettevõtluspädevuse arendamise ja enesehindamise juhend*. <https://ettevotlusope.edu.ee/wp-content/uploads/2021/02/ETTEV%C3%95TLUSP%C3%84DEVUSE-ARENDAMISE-JA-ENESEHINDAMISE-JUHEND-2021.pdf> (25.05.2023)
- Marmaroti, P. M., & Galanopoulou, D. (2006). Pupils' Understanding of Photosynthesis: A questionnaire for the simultaneous assessment of all aspects. *International Journal of Science Education*, 28,(4), 383–403. <https://www-tandfonline-com.ezproxy.utlib.ut.ee/doi/epdf/10.1080/09500690500277805?needAccess=true&role=button>
- National Academies Press. (1996). *National Science Education Standards*. <https://nap.nationalacademies.org/read/4962/chapter/4> (23.04.2023)
- OECD (2018). *The Future of Education and Skills. Education 2030*. [http://www.oecd.org/education/2030/E2030%20Position%20Paper%20\(05.04.2018\).pdf](http://www.oecd.org/education/2030/E2030%20Position%20Paper%20(05.04.2018).pdf) (23.04.2023)
- Ojarand, M. (2022). *Õpilaste arusaamine energiast bioloogia-alases kontekstis*. [Magistritöö, Tartu Ülikool]. DSpace. <https://dspace.ut.ee/handle/10062/83174> (23.04.2023)
- Orav, K. (2021). *Loov mõtlemine*. <https://creativitycatcher.com/loov-motlemine/>
- Parsons, A. E., Heddy, B. C., Wilson, S. N., Williams, L. A., Atkinson, L. K., & Garn, G. A. (2021). Making 'Brain Food': Converting photosynthesis into a positive learning experience through authentic instruction. *Journal of Biological Education*, 55(3), 293–305. <https://doi.org/10.1080/00219266.2019.1682640>
- Põhikooli riiklik õppekava. (2011). RT I, 14.01.2011, 1 <https://www.riigiteataja.ee/akt/114012011001>, (23.04.2023)
- Rannikmäe, M., & Soobard, R. (Eds.). (2014). *Paradigmaatilised suundumused loodusainete õpetamisel üldhariduskoolis* (TÜ Loodusteadusliku Hariduse Keskus, Trans.). TÜ Loodusteadusliku Hariduse Keskus.

- Rutiku, S. (2014). *Ülekantavate pädevuste arendamine kõrghariduses* (SA Archimedes Programmi Primus büroo). (23.04.2023)
<http://primus.archimedes.ee/sites/default/files/Ylekantavate%20p2devuste%20arendamine%20k6rghariduses.pdf>
- Skribe-Dimec, D., & Strgar., J. (2017). Scientific Conceptions of Photosynthesis among Primary School Pupils and Student Teachers of Biology. *Center for Educational Policy Studies Journal*, 7(1), 49–68.
https://www.researchgate.net/publication/318266236_Scientific_Conceptions_of_Photosynthesis_among_Primary_School_Pupils_and_Student_Teachers_of_Biology
- So, W.W.M., Chen, Y., & Wan, Z.H. (2019). Multimedia e-Learning and Self-Regulated Science Learning: a Study of Primary School Learners' Experiences and Perceptions. *Journal of Science Education and Technology*, 28, 508–522. <https://link-springer-com.ezproxy.utlib.ut.ee/article/10.1007/s10956-019-09782-y>
- Štukert, K. (2021). *Arusaamad fotosünteesi protsessist 6., 9. ja 11. klassi õpilaste näitel*. [Magistritöö, Tartu Ülikool]. DSpace. <http://dspace.ut.ee/handle/10062/75013>
- Tenhunen, A., Hain, E., Venäläinen, J., Tihtarinen-Ulmanen, M., Holopainen, M., Sotkas, P., Happonen, P., Haldre, K., & Tsaro, K. (2012). *Bioloogia õpik gümnaasiumile, II kursus. Organismide energiavajadus, areng ja regulatsioon*. Tallinn. AVITA.
- Teppo, M., Semilarski, H., Soobard, R., & Rannikmäe, M. (2017). 9. klassi õpilaste huvi eri kontekstis esitatud loodusteaduslike temade õppimise vastu ja motivatsioon õppida loodusteadusi. *Eesti Haridusteaduste Ajakiri*, 5(1), 130–170.
<https://doi.org/10.12697/eha.2017.5.1.05>
- Väljataga, T. (2019). *Andmete kogumine ja analüüs*. Haridusteaduste instituut. Õppematerjal.
<https://lyitmagister.files.wordpress.com/2019/06/5-kontaktpacc88ev-andmete-kogumine-ja-analucc88ucc88s.pdf> (11.05.2023)
- Wilson, C.D., Reichsman, F., Mutch-Jones, K., Gardner, A., Marchi, L., Kowalski, S., Lord, T. & Dorsey, C. (2018). Teacher Implementation and the Impact of Game-Based Science Curriculum Materials. *Journal of Science Education and Technology*, 27, 285–305.
<https://link-springer-com.ezproxy.utlib.ut.ee/article/10.1007/s10956-017-9724-y#Sec19>
- Õunapuu, L. (2012). *Valimid kvantitatiivsetes ja kvalitatiivsetes uurimustes*. Dspace.

<https://dspace.ut.ee/bitstream/handle/10062/27764/mugavusvalim.html> (11.05.2023)

Õunapuu, L. (2014). *Kvalitatiivne ja kvantitatiivne uurimisviis sotsiaalteadustes*. Tartu Ülikool.

http://dspace.ut.ee/bitstream/handle/10062/36419/ounapuu_kvalitatiivne.pdf

(20.05.2023)

Summary

Photosynthesis is multifaceted and abstract, making it difficult for students to understand. This Master's thesis aimed to create a context-based module that would enable students to understand the process of photosynthesis better, increase their ability to think critically and creatively, and their willingness to cooperate. In order to evaluate the impact of the module and also to check the achievement of the goal, the following research questions were posed:

1. What is the students' understanding of photosynthesis before and after completing the module?
2. How important do the students consider plants and photosynthesis, and what is their willingness to cooperate? What is the difference between the results before and after completing the module?
3. How did completing the module affect the development of critical and creative thinking, and how did the creative tasks contribute to the acquisition of knowledge according to the students?

A pre- and post-questionnaire created in Google Forms format was used for the study. The questions partly overlapped (6 questions) with the questions of the studies conducted by Marmarot and Galanpoulou (2006) and Štukert (2021). The pre-questionnaire was completed by 94, and the follow-up questionnaire by 70 students from the same school. Participation in the study was voluntary, and permission to conduct it was obtained from the school management and parents.

In the study, it was found that the results of the students' understanding coincided with the results of previous studies. There were similar misconceptions of the field, e.g. treating light as a substance, which stayed the same even after completing the module. The answers to the questions showed that the students value plants and photosynthesis highly. The study's results showed no change in cooperation after completing the module. In general, most students were ready to cooperate and saw the benefits of it. Completing the module helped students better understand the process of photosynthesis and develop critical and creative thinking through creative tasks.

The goal of the Master's thesis was fulfilled, and a context-based module for dealing with photosynthesis at the high school level was ready. The results of the conducted research cannot be transferred to students of all schools.

Lisad

Lisa 1 – Moodul - Kui taimed kaoks... Miks on vaja fotosünteesi?

Mooduli lühitutvustus

Fotosüntees on õpilaste jaoks kujunenud üheks raskemini mõistetavaks teemaks bioloogiaõppes. Erinevad uurimused on välja toonud, et see on tingitud paljuski sellest, et õpilasel ei teki endal sellega isiklikku tähendust. Lisaks on leitud, et liiga varajane teema käsitlemine ei võimalda lastel oma kogemustele tuginedes luua seoseid. (Parsons *et al.*, 2021; Skribe-Dimec & Strgar, 2017) Probleem võib olla seotud järjest süveneva taimepimedusega, kus üleüldiselt võetakse taimi, kui üldist fooni ja ei teadvustata nende olulisust.

Antud moodul on üles ehitatud kolme osalisena, millest esimeses õpilased tutvuvad teoreetiliste materjalidega ja lahendavad probleemülesandeid, teises teevad grupitööd ning loovad mõistekaardi. Mooduli kolmas osa on kokkuvõtte ja tagasiside, kus iga õpilane teostab eneseanalüüsi andes hinnangu oma arengule ning teemast aru saamisele. Moodul toetab gümnaasiumi bioloogia teise kursuse õpetamist ning baseerub Gümnaasiumi riiklikul õppekaval. Selle läbimise tulemusel õpilane „analüüsib fotosünteesi eesmärke, tulemust ja tähtsust; koostab ning analüüsib mõistekaarte fotosünteesi seoste kohta; väärtustab fotosünteesi tähtsust taimedele, teistele organismidele ning kogu biosfäärile“ (Gümnaasiumi riiklik..., 2021).

Mooduli eesmärgiks on arendada õpilastes üldpädevusi, sh loodusteaduslike, majanduslike, poliitiliste, sotsiaalsete, eetilise-moraalsete aspektide arvestamine probleeme lahendades ja otsuseid tehes. Lisaks võimaldab moodulis olevate ülesannete lahendamine õpilaste loovmõtlemise, kriitilise mõtlemise, suhtlus- ja koostööoskuste arendamist ning hoiakute kujundamist.

Mooduli ainealane sisu

Mooduli käigus on võimalik õpilasel omandada uusi teadmisi ja kinnistada vanu järgmistest valdkondades: bioloogia - fotosünteesi eesmärk, tulemus ja tähtsus; taimede olulisus, nende roll ökosüsteemis. Keemia – keemilised elemendid ja ained fotosünteesi reaktsioonides, valgusenergia muutumine keemiliseks energiaks. (Kunstiõpetus - taimede esteetiline väärtus, taimede kujutamine kunstis - saab kasutada nt humanitaar-kunsti suuna õpilastega)

Mooduli maht ja ülesehitus

Mooduli mahuks on planeeritud kolm ainetundi. Alljärgnevalt on toodud tunnijaotuskava tabeli

vormis.

Tund	Tegevus	Kommentaar
1.tund (45 min)	<p>1) Sissejuhatav arutelu, õpilaste uskumused/arusaamad teema kohta</p> <p>2) Teoreetilise materjaliga tutvumine</p> <p>3) Töölehe täitmine</p>	<p>Stsenaarium – Kui taimed kaoks... Miks on vaja fotosünteesi? (Esitlus)</p> <p>Stsenaariumi järgneb arutelu, kus saab õpilaste eelteadmiste ning uskumuste kohta üldise pildi.</p> <p>Esitlus - Fotosüntees</p> <p>Teostamiseks on kaks varianti: a) õpetaja näitab slaide ja selgitab lisaks veel juurde või b) õpilased tutvuvad esitlusega iseseisvalt ning vajadusel küsivad lisainfot või selgitusi.</p> <p>Töölehe täitmine teoreetilise materjaliga tutvumise ajal.</p>
2.tund (45 min)	<p>Grupitöö:</p> <p>1)Probleem-ülesande lahendamine</p> <p>2)Ülesande lahenduse tutvustamine teistele gruppidele</p>	<p>Moodustada, olenevalt klassis suurusest, 3-4-liikmelised grupid. Gruppidesse jagamisel võib kasutada erinevaid põhimõtteid (nt loosiga, ise valivad, “neljaks loe” jne).</p> <p>Iga grupp tõmbab endale loosiga teema (võib ka ümbrikusse panna, siis valivad ümbriku). Teemadeks on erinevad valdkonnad, mis on vaja siduda fotosünteesiga. Nt Milles seisneb fotosünteesi kasulikkus majandusele?</p> <p>Seejärel on igal grupil aeg 25 minutit, et vastavalt oma teemale välja mõelda seosed ning kuidas neid esitada teistele gruppidele. Võimalikud variandid: plakat, ettekanne, näidend, skeem jne</p> <p>Aja möödudes kannab iga grupp ette oma saadud tulemuse.</p>
3.tund (45 min)	<p>1)Grupitöö jätkub mõistekaardi koostamisega</p> <p>2)Individuaalne</p>	<p>Samad grupid saavad nüüd kasutada arvutit (kui koolis on see võimalik) või paberit, et luua kogu kuulnud/nähtud info põhjal mõistekaart fotosünteesi tähtsuse kohta.</p>

	eneseanalüüs	Teema kokkuvõtteks saab iga õpilane teha eneseanalüüsi, kus saab välja tuua, kuidas tal läks, mida õppis, millise hinnangu annaks enda arengule jne
--	--------------	---

Juhised õpetajale

Esimese tunni õpitegevused:

- Õpetaja esitab stsenaariumi, kus kirjeldab arutelu klassis ning näitab sinna juurde stsenaariumit illustreerivat PowerPoint esitlust.
- Järgneb arutelu klassis, et saada üldine pilt, mida konkreetse klassi õpilased arvavad – kas nende mõtted on sarnased stsenaariumis välja tooduga, miks on taimi vaja ja milline on fotosünteesi olulisus. Õpetaja ülesanne on olla moderaatori rollis.
- Pärast arutelu saab anda õpilastele kätte töölehed (vt lisa1), mille nad peavad ära täitma samal ajal, kui vaatavad/kuulavad esitlust ning selles olevat videot.
- Teoreetilise materjaliga tutvumiseks on kaks võimalust: a) õpetaja näitab esitlust ja selgitab sinna juurde või b) õpilased tutvuvad esitlusega iseseisvalt või paaris ning vajadusel paluvad õpetajapoolset selgitust.
- Tunni lõpuks esitavad õpilased töölehed õpetajale.

Teise tunni õpitegevused:

- Grupidöö - Õpilased moodustavad 3–4 liikmelised grupid. Gruppidesse jaotamine võib toimuda vabatahtlikkuse alusel või mõnel muul moel (loosiga, “neljaks loe”, pikkuse järgi jne). Iga grupp tõmbab endale loosiga teema. Teemadeks on erinevad valdkonnad, mis on vaja siduda fotosünteesiga. Valikus võivad olla teemad:
 - a. Fotosüntees ja majandus
 - b. Fotosüntees ja kunst
 - c. Fotosüntees ja toit
 - d. Fotosüntees ja loomad
 - e. Fotosüntees ja vaimne tervis
 - f. Fotosüntees ja kliima
 - g. Fotosüntees ja ehitus

- h. Fotosüntees ja ökosüsteem
- i. Fotosüntees ja tervis
- j. Fotosüntees ja mina
- k. Fotosüntees ja energia
- l. Fotosüntees ja linnaruum
- m. Fotosüntees ja tööstus
- n. Fotosüntees ja põllumajandus

Õpetajal on võimalus teemade hulka täiendada või muuta.

- Seejärel on igal grupil aeg 25 minutit, et vastavalt oma teemale välja mõelda seosed ning kuidas neid esitada teistele gruppidele. Võimalikud variandid: plakat, ettekanne, näidend, skeem jne
- Aja möödudes kannab iga grupp ette oma idee. Võib kasutada ka võimalust, et teised grupid peavad ära arvama, millist seost on kujutatud.
- Õpetaja saab iga grupi puhul anda kohest suulist tagasisidet.

Kolmanda tunni õpitegevused:

- Gruppidel on võimalus kasutada arvutit või suuremat paberit ja markereid, et panna kokku mõistekaart fotosünteesi olulise kohta. Alternatiiv on ka mõistekaardi loomine fotosünteesi protsessi kohta, kus on välja toodud fotosünteesi protsessi etapid.
- Tunni lõpus täidab iga õpilane individuaalse eneseanalüüsi küsimustiku (Vt lisa 2)
- Lõpetuseks saab teha veel suulise vestlusringi/arutelu, kus kõigil on võimalus avaldada oma arvamust teema osas.

Stsenaarium

Ühes bioloogia tunnis küsis õpetaja: "Mis juhtuks, kui ühel hommikul ärgates avastame, et kõik taimed on kadunud?" Hetkeks oli klassis vaikus. Kõik mõtlesid. "Me ei peaks neid enam koolis õppima!" pakkus esimene julge. Kõik naersid. See vallandas arvamuste laviini: "Enam ei ole vaja muru niita, hekki pügada ja rohida", "Midagi ei juhtu", "Taimetoitlased surevad ära", "Õhk saab otsa!", "Kõik sureb välja!", "Alguses sureks osa välja, hiljem tekiks allesjäänutel kohastumused." jne. Kui suurem sumin vaibus küsis õpetaja teise küsimuse: "Miks meil taimi vaja on?" Enamik oskas pakkuda, et fotosünteesiks, mõni lisas juurde, et söögiks, keegi

arvas, et tegelikult pole vajagi ja paar morni häält leidis, selleks et koolis peaks õpilased neid pähe tuupima.

Miks on siis taimi vaja? Mis juhtub, kui taimed kaovad? Miks on fotosüntees oluline?

Õpitulemused

Mooduli läbimise järel õpilane:

- mõistab fotosünteesi eesmärke, tulemust ja tähtsust;
- loob loodusteaduslikke, majanduslikke, sotsiaalseid seoseid fotosünteesi olulisusega;
- koostab mõistekaarte fotosünteesi seoste kohta;
- suhtleb ja teeb koostööd kaasõpilastega;
- kasutab loovaid lahendusi ülesannete sooritamisel;
- analüüsib enda arengut.

Õpitulemuste hindamine

Õpitulemuste hindamiseks on soovituslik kasutada õpetajapoolset kirjalikku või suulist tagasisidestamist. Lisaks sellele saab iga õpilane ise oma eneseanalüüsis hinnata oma õpitulemusteni jõudmist.

Füüsilise õpikeskkonna ja õppevahendite kirjeldus

Mooduli läbimiseks on oluline klassiruumi olemasolu, kus on olemas õpetajale arvuti ja suurelt seinale näitamise tehnika (dataprojektor, nutitelarvuti jne). Õpetajal on vaja ka teoreetilise osa ning stsenaariumi esitlusi.

Õpilastele peaks grupitöö jaoks olema võimalus valida erinevate vahendite vahel. Klassis võiks olla kätte saadavad järgmised vahendid:

- Suur aluspaber – plakati loomiseks
- Värvilised markerid, vildikad vms
- Pabertahvel ja/või valge tahvel jooniste tegemiseks
- Süle- või tahvelarvuti – esitluse ja/või mõistekaardi tegemiseks

Õpetaja võib nimekirja vajadusel täiendada.

Kasutatud kirjandus

Parsons, A. E., Heddy, B. C., Wilson, S. N., Williams, L. A., Atkinson, L. K., & Garn, G. A. (2021). Making ‘Brain Food’: Converting photosynthesis into a positive learning experience through authentic instruction. *Journal of Biological Education*, 55(3), 293–305. <https://doi.org/10.1080/00219266.2019.1682640>

Skribe-Dimec, D., & Strgar., J. (2017). Scientific Conceptions of Photosynthesis among Primary School Pupils and Student Teachers of Biology. *Center for Educational Policy Studies Journal*, 7(1), 49–68. https://www.researchgate.net/publication/318266236_Scientific_Conceptions_of_Photosynthesis_among_Primary_School_Pupils_and_Student_Teachers_of_Biology

Vabariigi Valitsus. (2021). *Gümnaasiumi riiklik õppekava*. Riigi Teataja. <https://www.riigiteataja.ee/akt/123042021011>

Tööleht

1. Milline värv(id) peegeldub roheliselt õunalt? Millised värvid neelduvad?
2. Kirjuta välja tasakaalustatud fotosünteesi võrrand
3. Nimeta 3 tüüpi autotroofe
4. Täida tabel valgus- ja pimedusstaadiumi erinevustest.

	Valgusstaadium	Calvini tsükkel ehk pimedusstaadium
Kus toimub		
Valgus (vajalik/mitte- vajalik)		

Energia (mis tüüpi)		
Lähteained		
Lõppsaadused		
Olulisus (üldiselt)		

5. Millise molekuli lagunemisel eraldub hapnik fotosünteesi protsessis?
6. Milliste ainete lagunemise tulemusena moodustatakse glükoosimolekul? Kirjuta siia ka glükoosi keemiline valem.
7. Mari tahtis osta kodus taimede kasvatamiseks lambi, mis soodustaks taimede kasvu. Ta leidis kaks erinevat lampi e-poest. Esimese lambi kohta oli kirjas järgmine info: 3 VALGUSTUSREŽIIMI - LED-id 660 nm (punane tuli) ja 460 nm (sinine tuli) ning tulede kombinatsiooni (punane + sinine = lilla). (Hind 69.99) Teise lambi kohta aga selline: Sobib taimede valgustingimuste parandamiseks igas kasvufaasis olevate taimede puhul. Hea peegeldusvõimega reflektor. (Hind 36.90)

Aita Maril otsustada, millise lambi peaks ta valima. Põhjenda oma otsust.

Eneseanalüüsi küsimustik

1. Hinda enda arengut mooduli läbimise järel 5-palli skaalal.

Ei arenenud üldse 1 2 3 4 5 Arenesin väga palju

2. Milline ülesanne tuli sul kõige paremini välja?

.....

.....

Miks just see ülesanne kõige paremini välja tuli?

.....
.....

3. Mida said teada, mida varem ei teadnud?

.....
.....

4. Milline oli kõige raskem ülesanne?

.....

Miks just see ülesanne sulle kõige raskem tundus?

.....
.....

5. Hinda 5-palli skaalal, kuidas aitas koostöö ülesannete täitmisele kaasa?

Ei aidanud/segas 1 2 3 4 5 Väga palju aitas

Põhjenda oma vastust.

.....
.....

6. Millise rolli endale grupis võtsid?

.....

7. Hinda grupi toimimist, märgi kõik sobivad variandid.

a. Tegin üksi kõik ära

- b. Keegi grupis tegi kõik ära
- c. Jagasime tööd omavahel osadeks
- d. Mõtlesime ja tegime kõik koos
- e. Meil oli üks juht, kes otsustas, kellel mis ülesanne on
- f. Oli üks juht, kes ütles, millised on õiged mõtted/vastused
- g. Me ei suutnud leida ühist kokkulepet

8. Hinda 5-palli skaala, kuidas aitas loominguline ülesanne teema õppimisele kaasa

Ei aidanud 1 2 3 4 5 Aitas väga palju

9. Põhjenda oma eelmist hinnangut

.....

.....

10. Pane endale hinne, kuidas sul kokkuvõtteks läks

„A“ „B“ „C“ „D“ „E“ „F“

Soovi korral selgita, miks just see hinne.

.....

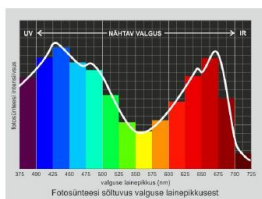
Lisa 2 Mooduli esitlus



Fotosüntees
Piret Must

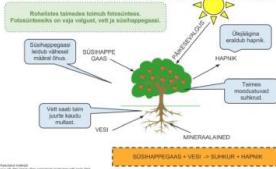
Lihtne selgitus

- ▶ Rohelised taimed on autotroofid, st et nad sünteesivad ise endale eluks vajalikke orgaanilisi aineid (lipiidid, valgud, süsivesikud ja vitamiinid) lihtsatest anorgaanilistest ühenditest (CO₂ ja H₂O)
- ▶ Energiaallikana kasutavad taimed päikesevalgust
- ▶ Fotosünteesi koguvõrrandi võib kirjutada:
6CO₂ + 12H₂O = C₆H₁₂O₆ + 6O₂ + 6H₂O



- ▶ Fotosünteesi toimimiseks on vaja ka klorofüllit
- ▶ Klorofüllit molekulid taimedes neelavad sinist ning punast valgust ja peegeldavad rohelist ning kollast, sellest tuleneb ka taimede roheline värvus

FOTOSÜNTees



- ▶ Süsinikdioksiidi saadakse õhust, vett juurte kaudu maapinnast
- ▶ Fotosünteesi käigus moodustub neist kõigest kokku 6-süsinikuga ühend - glükoos
- ▶ Hapnik ja vesi on nende reaktsioonide kõrvalproduktid

Millest fotosüntees sõltub?

- ▶ CO₂ olemasolu ja kättesaadavus - kui õhulõhed on suletud, siis CO₂ lehte ei pääse
- ▶ H₂O kättesaadavus
- ▶ valguse intensiivsus
- ▶ temperatuur - õige sobivam temperatuur on 20° - 35° C. Kui temperatuur on üle 35° või alla 0° kraadi, siis ensüümide aktiivsus langeb ja pidurdub ka fotosüntees

Fotosüntees toimub kloroplastides

- ▶ Kloroplaste katavad 2 membraani: sisemine membraan on sissepoole liigendunud ja moodustab tülakeide
- ▶ Selles membraanis paiknevad ka pigmendid (klorofüll a ja klorofüll b), mis on vajalikud fotosünteesi ühe staadiumi (valgusstaadiumi) toimimiseks
- ▶ Kloroplastide sisemuses on vedel valguline sisaldis - strooma, milles on ensüümid CO₂ sidumiseks ja muundamiseks

KLOROPLASTI ehitus



http://biomaps.sikimella.org/wiki/File:Schema_Chloroplast-en.svg

Läheme täpsemaks

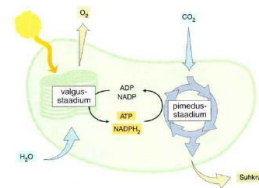
- ▶ Fotosüntees koosneb paljudest reaktsioonidest - osa jaoks neist on vajalik valgus, teiste jaoks mitte
- ▶ Valgust nõudvaid reaktsioone nimetatakse valgusstaadiumiks, teisi pimedusstaadiumiks
- ▶ Valgusstaadiumi reaktsioonid toimuvad kloroplastide sisemembraanides, pimedusstaadiumi reaktsioonid aga stroomas

Valgusstaadium

- ▶ Valgus neeldub lehes ja ergastab pigmendi molekulid
- ▶ Ergastatud klorofüllit molekul kaotab ühe elektroni (elektron liigub ühelt molekulilt teisele)
- ▶ Klorofüllit molekulis on nüüd üks vaba koht uuele elektronile, mis saadakse vee molekuli lõustumisel
- ▶ Vee lõustumiseks hapnikuks ja vesinikioonideks on vaja päikeseenergiat
- ▶ Moodustunud hapnik väljub lehest õhulõhede kaudu (seega pärineb õhuhapnik tegelikult veemolekulidest), vesinikioonid seotakse vaheühend NADP koosseisu, moodustub NADPH₂, mis on vajalik pimedusstaadiumi reaktsioonideks
- ▶ Igal astmel vabaneb veidi energiat - elektronide energia baasil sünteesitakse ATP, sel viisil muudetakse valgusenergia keemilise sideme energiaks

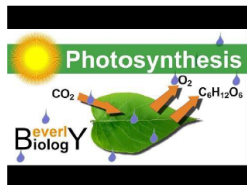
Pimedusstaadium

- ▶ Järgnevateks reaktsioonideks ei ole enam valgust vaja
- ▶ Kasutatakse salvestatud ATP-d ja vesinikioone CO_2 sidumiseks ja biokeemiliseks muundamiseks
- ▶ Pimedusstaadiumi reaktsioonid moodustavad tsükli, seda reaktsioonide ahelat nimetatakse avastaja auku Calvini tsüklik
- ▶ **Pimedusstaadiumi reaktsioonide käigus:**
 - seotakse atmosfäärilist süsihappegaasi
 - kasutatakse ära vesinikuaatomid vaheühendi (NADPH_2) koosseisust
 - sünteesitakse glükoos
- ▶ Selleks kasutatakse valgusstaadiumis sünteesitud ATP energiat
- ▶ Seega pärinevad glükoosi moodustavad aatomid süsihappegaasist (C ja O) ja veest (H)



Fotosünteesi mudel

Vaata ka animatsiooni:
<https://scratch.mit.edu/projects/17110381/>



<https://www.youtube.com/watch?v=fTXh7A7Uc2M>

Mõtlemi seks

- ▶ Milline on fotosünteesi tähtsus:
 - kogu Maa elustikule
 - ökosüsteemidele
 - inimestele
 - sulle endale
- ▶ NB! Mõtle nii otset kui kaudset mõju ning olulisust

Kasutatud materjal

- ▶ <https://kodu.ut.ee/~triinm/bioloogia/fotosntees.html>
- ▶ <https://ebu.ee/tokko/16.php>
- ▶ <https://scratch.mit.edu/projects/17110381/>
- ▶ <https://www.youtube.com/watch?v=fTXh7A7Uc2M>
- ▶ https://moodle.ag.tartu.ee/pluginfile.php/13043/mod_resource/content/1/RAKK_uus.pdf
- ▶ https://www.hariduskeskus.ee/opiobjektid/lood_usained/?RAKU%C3%95PETUS_TAIME_JA_LOOMARAKK_Fotos%C3%BCntees
- ▶ <https://tarmo.koppel.ee/?p=395>
- ▶ <https://www.taskutark.ee/fotosuntees/>

Lisa 3 - Eelküsimustik

Küsimustik - fotosüntees

Olen Piret Must, õpin Tartu Ülikoolis, gümnaasiumi loodusteaduste õpetaja erialal. Olen kirjutamas oma magistritööd teemal "Gümnaasiumi õpilaste teadmised ja aru saamine fotosünteesist".

Sul on võimalus anda oma panus sellesse uurimusse. Uurimuses osalemine on anonüümne ja vabatahtlik. Küsimuste vastuseid kasutan ma üksnes oma magistritöö tegemisel.

Küsimustikule vastamine võtab aega ligikaudu 10 minutit.



* Viitab kohustuslikule küsimusele

1. Kui oluliseks pead taimede olemasolu? *

1 2 3 4 5

Taimed on mõttetud Ilma taimedeta poleks elu

2. Põhjenda oma eelmist vastust *

Teie vastus

3. Too välja 1-3 tagajärge, mis juhtuks, kui taimed Maa pealt kaoks. *

Teie vastus

4. Miks on taimed rohelised? *

Teie vastus

5. Kust saavad taimed eluks vajalikud toitained? Vali kõige õigem vastus. *

- sünteesivad ise hapnikust ja veest
- sünteesivad ise süsihappegaasist ja hapnikust
- sünteesivad ise veest ja süsihappegaasist
- lagundavad orgaanilisi aineid
- juurtega maapinnast

6. Millist liiki energiat on fotosünteesi toimumiseks vaja? Vali üks. *

- keemilist energiat
- päikeseenergiat
- päikeseenergiat ja soojusenergiat
- soojusenergiat
- mehhaanilist energiat
- mitte ühtegi neist

7. Mis on fotosünteesi lähteaineteks? Vali kõik õiged vastused. *

- vesi
- hapnik
- süsinikdioksiid
- ATP
- valgus
- glükoos

8. Millised ained tekivad fotosünteesi käigus? Vali kõik õiged vastused. *

- vesi
- süsinikdioksiid
- hapnik
- glükoos
- valgusenergia

9. Too kolm näidet, miks on fotosüntees oluline. *

Teie vastus

10. Kuidas sina fotosünteesist kasu saad? *

Teie vastus

11. Mil määral oled valmis tegema koostööd klassikaaslastega ülesannete sooritamisel? *

- Tahan teha üksi 1 2 3 4 5 Mulle meeldib väga teha koostööd
-

Lisa 3 - Järeloküsimustik

Järeloküsimustik - fotosüntees

Olen Piret Must, õpin Tartu Ülikoolis, gümnaasiumi loodusteaduste õpetaja erialal. Olen kirjutamas oma magistritööd teemal "Gümnaasiumi õpilaste teadmised ja aru saamine fotosünteesist".

Antud järeloküsimustik on järg varem täidetud küsimustikule "Fotosüntees". Küsimustele vastamine on anonüümne ja vabatahtlik. Eel ja- järeloküsimustiku vastuseid isikutepõhiselt ei seostata. Saadud andmeid kasutan ma vaid oma magistritöö tegemiseks. Küsimustele vastamine võtab aega kuni 15 minutit.



* Viitab kohustuslikule küsimusele

1. Kui oluliseks pead taimede olemasolu? *

1 2 3 4 5

Taimed on mõttetu Taimed on ülilolulised

2. Kas muutsid oma arvamust varasemaga võrreldes? *

- jah, arvamus paranes
- jah, arvamus kahanes
- ei
- ei mäleta
- Muu: _____

3. Mis juhtuks, kui taimed kaoks Maalt? Too välja 1-3 tagajärge. *

Teie vastus _____

4. Miks on taimed rohelised? *

Teie vastus _____

5. Kust saavad taimed eluks vajalikud toitained? Vali kõige õigem vastus. *

- sünteesivad ise hapnikust ja veest
- sünteesivad ise süsihappegaasist ja hapnikust
- sünteesivad ise veest ja süsihappegaasist
- lagundavad orgaanilisi aineid
- juurtega maapinnast

6. Millist liiki energiat on fotosünteesi toimumiseks vaja? Vali üks. *

- keemilist energiat
- päikeseenergiat
- päikeseenergiat ja soojusenergiat
- soojusenergiat
- mehhaanilist energiat
- mitte ühtegi neist

7. Mis on fotosünteesi lähteaineteks? Vali kõik õiged vastused. *

- vesi
- hapnik
- süsinikdioksiid
- ATP
- valgus
- glükoos

8. Millised ained tekivad fotosünteesi käigus? Vali kõik õiged vastused. *

- vesi
- süsinikdioksiid
- hapnik
- glükoos
- valgusenergia

9. Kirjelda kolme näite kaudu, kuidas on fotosüntees oluline. *

Teie vastus

10. Kuidas sina fotosünteesist kasu saad? Too 1-3 näidet *

Teie vastus

11. Hinda oma teadmiste arengut mooduli läbimise järgselt *

1 2 3 4 5

Ei arenenud üldse/ei saanud
uusi teadmisi

Arenesin väga palju/sain
juurde väga palju teadmisi

12. Põhjenda oma vastust *

Teie vastus

13. Millisel määral aitas koostöö mooduli läbimisele ning ülesannete sooritamisele kaasa? *

- Ei aidanud üldse
- Aitas vähesel määral
- Aitas palju
- Aitas väga palju

14. Selgita oma eelmist vastust *

Teie vastus

15. Kuidas aitas mooduli läbimine arendada kriitilist mõtlemist? *

- Ei arendanud üldse
- Arendas vähesel määral
- Arendas palju
- Arendas väga palju
- Ei oska vastata

16. Põhjenda oma eelmist vastust *

Teie vastus

17. Kas loominguline ülesanne aitas teemat paremini mõista? *

- | | | | | | | |
|------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|------------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| Ei aidanud üldse | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | Aitas väga palju |

18. Selgita oma eelmist vastust *

Teie vastus

Saada ära

Tühjenda vorm

Lihtlitsents magistritöö elektroonseks avaldamiseks DSpace

Mina, Piret Must,

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

Gümnaasiumiastmele õppemooduli “Kui taimed kaoks ehk miks on vaja fotosünteesi” koostamine ja selle mõju hindamine õpipädevustele ühe kooli 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, 01.06.2023