

TALLINNA ÜLIKOOL

Informaatika Instituut

Helle Kiviselg

**Veebipõhiste mudelite rakendamise mõju  
visuaalse kirjaoskuse arendamisele põhikooli  
bioloogias**

Magistritöö

Juhendaja: j.-tead. Tago Sarapuu

Autor: \_\_\_\_\_ “ \_\_\_\_\_ “ \_\_\_\_\_ 2014.a.

Juhendaja: \_\_\_\_\_ “ \_\_\_\_\_ “ \_\_\_\_\_ 2014.a.

Instituudi direktor: \_\_\_\_\_ “ \_\_\_\_\_ “ \_\_\_\_\_ 2014.a.

Tallinn 2014

## Autorideklaratsioon

Deklareerin, et käesolev magistritöö on minu töö tulemus ja seda ei ole kellegi teise poolt varem kaitsmisele esitatud. Kõik töö koostamisel kasutatud teiste autorite tööd, olulised seisukohad kirjandusallikatest ja mujalt pärinevad andmed on viidatud.

---

(kuupäev)

---

(allkiri)

## Sisukord

Autorideklaratsioon.....	2
Sissejuhatus.....	4
1. Kirjanduse ülevaade.....	6
1.1 Visuaalse info esitus ja töötlus.....	6
1.2 Mudelid ja mudelipõhine õpe.....	11
2. Materjalid ja metoodika.....	15
2.1 Uuringu ülesehitus.....	15
2.2 Valim.....	16
2.3 Õpikeskkond.....	16
2.3.1 Fotosünteesi ja hingamise mudel.....	18
2.4 Kirjalikud küsimustikud.....	19
2.5 Tööleht.....	20
2.6 Andmeanalüüs.....	20
3. Tulemused ja arutelu.....	22
3.1 Eelküsimustiku tulemused.....	22
3.2 Järelküsimustiku tulemused.....	23
3.3 Mudeli rakendamise mõju visuaalsele kirjaoskusele ja arusaamisele protsessidest.....	25
3.4 Visuaalse info analüüsi seoste kujunemine töölehe ja järelküsimustike põhjal.....	26
Kokkuvõte.....	28
Tänuõnad.....	30
Summary.....	31
Kasutatud kirjandus.....	33
Lisad.....	38

## Sissejuhatus

Loodusainete õpetamisel kujundatakse loodusteaduste- ja tehnoloogiaalast kirjaoskust, taotledes sellega, et õpilased saavad aru elus ja eluta looduses toimuvatest protsessidest. Eeldatavate õpitulemuste saavutamiseks rakendavad õpilased uurimuslikku õpet ja teisi praktilise töö meetodeid ning oskavad esitada suuliselt ja kirjalikult vaatluse või uuringu tulemusi. Suur abi on haridustehnoloogilistest vahenditest ning nendele tuginevatest arvutimudelitest ja -simulatsioonidest. Kõik see seostub omakorda visuaalse kirjaoskusega, mida arendatakse läbivalt kõigis õppeainetes (Sarapuu, 2013).

Visuaalne kirjaoskus ei ole enam mõningate professionide puhul vajaminev erioskus, see on muutunud nii hädavajalikuks argioskuseks, et traditsioonilised kunstiõpetus ja joonistamine ning asjakohased erialad kõrgkoolides ei ole piisavad – see on valdkond, milles harimine peaks senisest tõhusamalt leidma aset igas haridusastmes (Põhjala, 2011).

Mitmed autorid on oma töödes näidanud, et õpilaste teadmiste kvaliteet sõltub info esitamise tüübist (De Jong, 1998; Kanselaar jt., 2000). Seejuures omistatakse info visuaalsele esitusele väga suurt mõju teadmistevaheliste seoste loomisel (e.g. White, 1993; Zhang & Norman, 1994). Ühtlasi on leitud, et õpitulemuste kvaliteedi seisukohalt on info esitamine visuaalsel kujul tihti tulemuslikum kui verbaalse info esitusel (e.g. Larkin & Simon, 1987; Stenning & Oberlander, 1995).

Visuaalse kirjaoskuse (*visual literacy*) mõiste pärineb XX sajandi 60ndatest (Debes, 1968, 1969). See hõlmab mitmeid tegevusi ja oskusi, mis on seotud visuaalse info eritüübiliste esitustega, neist arusaamisega ning ülekandega teistesse info esitamise vormidesse. Loodusainetes peetakse enamasti visuaalse kirjaoskuse all silmas kolme omavahel tihedalt seotud tegevust ja nendega kaasnevaid oskusi (nt Avgerinou 2003):

1. Visuaalse (pildilise) info analüüsimine ning selle esitamine verbaalses vormis. See eeldab ühtlasi nii suulist kui ka kirjalikku väljendusoskust.
2. Verbaalse info analüüsimine ja selle ülekandmine otstarbekalt valitud visuaalsesse vormi. Pildilise materjali koostamine võib lähtuda nii suulisest kui ka kirjalikust esitusest. Seejuures on tähtis sobivaima visuaalse vormi valik ning nõuetekohane rakendamine.

3. Ühes vormis esitatud visuaalse info analüüsimine ja selle ülekandmine teise visuaalsesse vormi. See on kõige komplitseeritum ning tugineb kahele eelnevale tegevusele ning nendega seotud oskustele. Ülesande täitmiseks tuleb algne pildiline info üle viia verbaalsele kujule ning selle alusel koostada vormilt teistsugune visuaalne esitus.

Käesolev töö uurib loodusteaduslike mudelite mõju visuaalse kirjaoskuse kujundamisele. Töö autori töötab bioloogiaõpetajana ja seetõttu tunneb huvi selle teema vastu. Diagrammide, jooniste, skeemide jms. pealt informatsiooni lugemine on õpilastel üsna kesine, sellepärast on vaja arendada visuaalset kirjaoskust ning uurida, kas loodusteaduslike mudelite abil on see võimalik.

Sellest tulenevalt ongi antud magistr töö eesmärk välja selgitada, kuidas loodusteaduslikud mudelid aitavad kaasa visuaalse kirjaoskuse kujundamisele põhikoolis. Eesmärgi saavutamiseks püstitati järgmised uurimisküsimused:

1. Mil määral arendab arvutipõhine mudel põhikooli õpilaste visuaalset kirjaoskust bioloogias?
2. Mil määral arendab arvutimudeli rakendamine õpilaste arusaamist bioloogilistest protsessidest?

Uurimisküsimustele vastuste leidmiseks viidi läbi eksperiment, mille käigus kasutati veebipõhise õpikeskkonna „Loodusteaduslikud mudelid põhikoolile“ (<http://mudolid.5dvision.ee/>) mudelit Fotosüntees ja hingamine taimerakus (<http://mudolid.5dvision.ee/rakk/index.htm>).

# 1. Kirjanduse ülevaade

## 1.1 Visuaalse info esitus ja töötlus

Tehnoloogia kiire areng toob kaasa uusi võimalusi informatsiooni edastamiseks, oluline on sealt välja otsida vajalik ning suuta esitatud informatsiooni analüüsida. Üha rohkem kasutatakse õppeprotsessis videoid, animatsioone, mudeleid jt. võimalusi, millest tulenebki vajadus visuaalse kirjaoskuse järele.

Teaduses ja loodusteaduste õpetamisel kasutatakse mudeleid laialdaselt loodusnähtuste kirjeldamiseks, seletamiseks ja ennustamiseks ning teaduslike ideede edasiandmiseks. Seejuures tuleb silmas pidada, et teaduses võivad kasutuses olla mitmed paralleelsed mudelid, kuna teadlastel võib nähtustest olla erinev ettekujutus, ning teaduslike mudeleid katsetatakse pidevalt ja need muutuvad koos teaduse arenguga (Oh & Oh, 2011).

Silmadega on väliskeskkonnast võimalik vastu võtta nii verbaalset ja kui ka visuaalset informatsiooni, kõrvadega aga ainult verbaalset. Verbaalseks informatsiooniks loetakse sõnalisi esitusi ja visuaalseks informatsiooniks pildilisi esitusi, nagu illustratsioonid, animatsioonid ja videod (Mayer, 1999). Nägemis- ja kuulmissignaali üheaegse vastuvõtu uurimisel on leitud, et need on omavahel tihedalt seotud. Samas on (Leppik, 2000) tulnud hoopis järeldusele, et nägemine domineerib kuulmise üle ja see on tingitud nägemise osavõtust kognitiivses kontrollis, mitte nägemus- ja kuulmissignaali erinevast sensoorsest ümbertöötlemisest (Leppik, 1998). Nägemisinfo võetakse vastu väga kiiresti, seega võib nägemise abil luua situatsioonist ligi 6 korda kiiremini ettekujutuse kui verbaalselt (Leppik, 1992). Selle alusel saab öelda, et nägemisel ja seega ka visualiseerimisel on väga oluline roll õppetöös.

Visualiseerimise ülesandeks on esile tuua objekte või protsesse, mis igapäevaelus on raskesti tajutavad (Merrill & Reiser, 1994). Samas võib visualiseerimine mõjuda õppimisele nii soodustavalt kui ka piiravalt (Lowe, 2003). Eelnevates uuringutes (Scaife & Rogers, 1996) on leitud, et visualiseerimine on tulemuslik vaid siis, kui see:

- vähendab töömälu seoste leidmiseks kasutatava informatsiooni hulka ning kognitiivset ülekoormust;
- esitab probleeme vormis, mis lihtsustab nende lahendamist;
- täiendab õpilaste mõttemudeleid.

Õppimisel on olulisel kohal visuaalne informatsioon, mille kasutamine teadmiste saamiseks ning arusaamise tekkimiseks on vajalik visuaalne kirjaoskus (*visual literacy*) - sellela ei ole visuaalne õppimine tulemuslik. Christophersoni (1997) järgi suudab visuaalne kirjaoskaja:

- tõlgendada, hinnata ja aru saada visuaalsete sõnumite mõtet;
- paremini suhelda, kasutades peamisi visuaalse informatsiooni põhikomponente;
- moodustada visuaalseid sõnumeid kasutades arvutit ja teisi tehnoloogiaid;
- kasutada visuaalset mõtlemist, et leida probleemidele lahendusi.

Mayeri (1999, 2002) uuringud on näidanud, et visuaalse info rakendamine tagab positiivseid tulemusi õppeprotsessis, kui õppematerjal on esitatud nii piltide kui ka tekstina. Sellist nähtust nimetab autor multimeedia efektiks. Multimeediaga õppimise eeliseks on see, et kombineerides omavahel teksti ja pilti, saab suunata õppijat sügavamale õppimisele (nt. Mayer, 2002; Mayer & Moreno, 2002). Teksti alla kuulub kirjalik tekst või suuline esitus, piltide all mõistame nii staatilisi (illustratsioonid, kaardid, fotod) kui ka dünaamilisi esitusi (animatsioonid, videod). Kui õppijale on antud ainult illustratsioonideta tekst, siis oma mõttemudeli moodustamine võib paljudele keeruliseks osutuda (Mayer, 1999). Õppimise kvaliteet on kõrgem, kui õpilane suudab omavahel ühendada eelteadmised ja moodustunud individuaalse mõttemudeli õpitud materjalist (Lewalter, 2003).

Kosslyn ja Koenig (1995) eristavad visuaalse informatsiooni töötlemisel järgmisi üksteisele järgnevaid etappe:

1. Toimub objekti vaatamine, mille tulemusena moodustuvad töömälu visuaalsest infost mustrid.
2. Tekkinud mustreid võrreldakse püsivalt olevate mustritega, mis ongi esialgne hüpotees objekti määramisel.
3. Kui uus muster sobib hästi olemasolevaga, siis suudetakse objekt määratleda. Kui aga mitte, siis kasutatakse töömälu selleks, et leida alternatiivseid hüpoteese objekti määramiseks.
4. Alternatiivsed hüpoteesid töömälu seostatakse objekti informatiivsete detailidega.
5. Seejärel saadakse uus vaatenurk objektist, uus ülevaade, mida võrreldakse eelnevalt tehtud ennustustega.
6. Selline võrdlus lubab teha uue järelduse algse hüpoteesi korrektsusest.

Kuna pildid pole alati õppeprotsessi toetavad, siis on uuritud, millised tegurid mõjutavad teksti ja pildi positiivset koosmõju. Mitmete uuringute tulemusena leidsid Mayer ja tema kolleegid, et pildid toetavad tekstist arusaamist, kui (Mayer, 1997):

- nii tekst kui pildid on selgitava sisuga;
- pildilise ja tekstilise esituse sisu on omavahel seotud;
- tekstiline ja pildiline esitus on üksteisele ajaliselt ja ruumiliselt lähedal;
- õpilasel on õpitava osas madalad eelteadmised, kuid kõrged ruumilised kognitiivsed võimed.

Üheks võimaluseks, kuidas käsitleda visuaalset informatsiooni on võimalus jagada seda staatiliseks ja dünaamiliseks. Staatiliseks informatsiooniks on pildid ja graafikud ning dünaamiliseks informatsiooniks on liikuvad illustratsioonid, videod ja arvutimudelid (Ainsworth, 2004). Dünaamiline informatsioon annab edasi ajalisi ja positsioonilisi muutusi, staatiline mitte. Sellise informatsiooni abil on võimalik näha muutusi ajas ja ruumis. Vastavalt sellele võib dünaamilist informatsiooni Lowe (2003) järgi jagada kolmeks:

- 1) toimub vormi muutus (*transformation*). Muutused tekivad objektide suurus, kujus ja struktuuris.
- 2) toimuvad positsioonilised muutused (*translations*). Objekte saab liigutada.
- 3) toimuvad üleminekulised muutused (*transitions*). Osad, mis on esitatud visuaalselt, võivad kaduda ja uuesti ilmuda.

Selleks, et toetada õppimist ja muuta õppeprotsess efektiivsemaks, on sageli dünaamiline visuaalne informatsioon esitatud koos tõlgendava tekstiga. Tulemuslikkus oleneb sellestki, mis tüüpi toetust pakutakse. Staatilistel illustratsioonidel on teatud tingimustel toetav roll teksti kõrval õpitulemuste paranemisel (Rieber, 1994), aga dünaamilised illustratsioonid pakuvad täieliku mudeli, mis genereerib liikumisest vaimse mõttemudeli. Parem arusaam peaks tekkima juhul, kui vähendatakse abstraktsioonide taset. Objektide vahel luuakse dünaamilise informatsiooni abil paremad seosed kui staatilise visuaalse informatsiooni abil. Staatilise visuaalse informatsiooni kasutamisel peavad õppijad ise endale looma mõttemudeli. Dünaamiline visuaalne informatsioon aitab aga rohkem kaasa õpiprotsessi tulemuslikkusele, mis on eriti oluline juhtudel, kus õppematerjali omandamisel on vajalik kolmemõõtmeline ruum (Park & Hopkins (1993). Dünaamiliselt esitatud informatsiooni lihtsus võib aga ka vähendada õpilaste vaimset panust ning tahtlikku tähelepanu (Rieber, 1989).



Dünaamilise info esituse alla liigitatakse ka õpikeskkonnad (Siegler, 2002), mis võrreldes teiste info edastamise meetoditega on võimelised arendama mitmeid olulisi oskusi. Autor toob välja neli oskust, sealjuures toetudes uuringu tulemustele:

- mudeleid rakendanud õpilased oskasid ennast paremini seostada ümbritseva keskkonnaga;
- õpilaste suhtumine tehnoloogiasse muutus positiivsemaks nii sotsiaalses kui ka isiklikus kontekstis;
- õpilaste loovus suurenes, millele viitas asjaolu, et nad suutsid leida erinevaid tehnoloogiaalaseid meetodeid erinevate probleemide lahendamisel;
- mudeleid rakendanud õpilaste andmekogumise, selle hindamise ja töötamise ning järeltunde tegemise oskused paranesid.

Burkhardt koos kolleegidega (2003) lisavad siia juurde, et arvutipõhiste õpikeskkondade suurim eelis seisneb õpilaste hilisemates võimetes lahendada keerulisi igapäevaelulisi probleemsituatsioone.

Õpetamisel rakendatakse ka mitmikesisitlusi (*multiple representation*), milleks on esitlused, kus kasutatakse eri informatsiooni tüüpe omavahel kombineerituna (Ainsworth & van Labeke, 2004). Ainsworthi (1999) järgi on mitmikesisitlustel kolm üldist funktsiooni:

- 1) toetada õppimist andes täiendavat informatsiooni;
- 2) mitmikesisitlusi saab kasutada seoste loomiseks, mis tähendab, et üks esitus sisaldab teise tõlgendust;
- 3) toetada sügavama arusaamise konstrueerimist.

Üha rohkem levib võimalus kasutada traditsiooniliste tekstide ja piltide kombinatsioonide kõrval ka arvutimudeleid ja animatsioone. Pildi ja teksti vormis esitatud informatsioon toob kaasa positiivseid tulemusi õppeprotsessis (Mayer, 1999, 2002). Selline kombineerimine on kasulik seetõttu, et suunab õpilasi teema sügavuti õppimisele (nt. Mayer, 2002; Mayer & Moreno, 2002). Ka animatsioonide kasutamine parandab oluliselt õpitulemusi just keerulistest ja abstraktsetest protsessidest arusaamisel (Rieber, 1994).

Mitmed uuringud on näidanud, et õpilaste jaoks on kahe erineva visuaalse info seostamine teiste infoesitusmeetoditega raske. Esitatud informatsiooni nähakse isoleerituna ning ei märgata nendevahelisi erinevusi ja sarnasusi (Ainsworth, 2004).

Info ülekandmisoskusi on uuritud ning jõutud erinevatele järeldustele. TabachneckSchijf jt. (1997) koostasid mudeli, millega simuleeritakse eksperdi info ülekandmisoskusi ühelt visuaalse vormilt teisele. Autorid on uuringu aluseks võtnud *Mind's eye* hüpoteesi, mille kohaselt pilt jääb püsिमällu täpselt samas vormis, nagu see sisenes lühimällu. Mudeli püsिमälus ja lühimälus on info jagatud verbaalseks ja visuaalseks. Saadud teadmised organiseeritakse nii, et mudel on võimeline leidma seoseid vormide vahel. Koostatud mudel võimaldab uurida, kui olulised on info analüüsi eelnevad oskused ning kuidas on omavahel seotud visuaalsest ja verbaalsest infost järelduste tegemine.

Erinevad uuringud on näidanud, et vanuse suurenedes kasvab infotöötlusprotsessi maht näiteks info töötlemise kiirus (Vernon, 1987) ning info töötlemise ulatus (Pascual-Leone, 1970). Uurijad on silmas pidanud seda, et mida vanem on õpilane, seda suuremat osa on ta võimeline töötlemata. Vanadel inimestel selline seos kaob ning vanusest sõltu ka oskus analüüsida mitmetasandilist infot. Halford (1993) väidab, et alles üheteistkümne aastastel lastel on välja arenenud oskus töödelda neljatasandilist informatsiooni. Mitmetasandilisuse on uurija defineerinud kui erinevate iseseisvate objektide arvu, mida tuleb töödelda paralleelselt ning sellist jaotust nimetatakse Halfordi dimensionaalsuse määrajaks (*Halford's description of dimensionality*). Halford väidab, et suurema dimensionaalsusega infolt on kergem üle minna väiksema dimensionaalsusega info esitusele, kuid vastupidist liikumist kohtab harva.

Infotöötlusprotsessis on oluline koht ka omandatud teadmiste kogusel. Visuaalse infoga töötavatel õpilastel on keeruline teha esitatava põhjal järeldusi, sest neil võivad puududa vajalikud teadmised õpetatavast valdkonnast. Sageli jääb neile arusaamatuks, milline osa infost on oluline. Näiteks üritades lugeda joondiagrammi, on oluline teada, millal pöörata tähelepanu joone kallakusele ja millal on vaja jälgida joone kõrgust (Ainsworth, 1999).

Brna (1996) uuris, kuidas rakendatakse täiesti uutset infot ja leidis, et programmeerimist õppivad õpilased, kellele eelnevalt tutvustati uues programmis uusi visuaalseid objekte, ei suutnud neid ühildada eelnevalt mälus paiknenud sarnaste objektidega. Mõnede uuringute tulemused näitavad, et ka seoste loomine geomeetriliste esemete kuju ja ruumala vahel tekitab suuri raskusi (Laborde, 1996). Boulton-Lewis ja Halford (1990) juhivad tähelepanu, et sellised raskused tekivad isegi väga konkreetsetes situatsioonides nagu sõrmedel arvutamine ning seetõttu võib väita, et infotöötamise ulatus on esitatud andmevaheliste sarnasuste leidmiseks paljudel juhtudel laste jaoks liiga suur, et esitatavast infost kasu saada.

Eelnevad uuringud on näidanud, et animatsioonide kasutamine õppetöös võib õpilaste arusaamist looduslikest protsessidest kas parandada, halvemaks muuta või üldse mitte mõjutada (Lowe, 2003). Lowe (2003) on välja toonud kaks põhjust, miks animatsioonide abil õppimine ei pruugi olla tulemuslik:

1. Infotöötlusprotsesside ülekoormatus (*overwhelming*). Liialt keerukate animatsioonide abil õppimine ei ole alati efektiivne, kuna esitatud info on liiga mahukas ja õpilase infotöötlusprotsessid üle koormatud. Ekraanil on korraga liiga suur kogus informatsiooni, mida õpilased peavad jälgima. Kõike aga ei suudeta samaaegselt jälgida ning seetõttu võidakse protsessidest valesti aru saada.
2. Infotöötlusprotsesside alakoormatus (*underwhelming*). Animatsioonide abil õppimine võib olla väheefektiivne, kuid esitatud visuaalne info on liiga lihtne, ega nõua õpilastelt piisavalt mahukat töötlust. Õpilased ei mõtle kaasa kuna juba teavad seda, mis neile animatsioonis näidatakse.

Olenemata arvukatest uuringutest, millega on püütud mõista erineva info translatsiooni oskusi õpilastel ning mille tulemustes on jõutud järeldustele, et informatsiooni ülekande ühelt vormilt teisele ja seoste loomine õpitava valdkonnaga valmistab raskusi, on edasised uuringud selles valdkonnas vajalikud (Ainsworth, 2004).

## 1.2 Mudelid ja mudelipõhine õpe

Mõistele „mudel“ on välja pakutud mitmeid definitsioone, kuid kokkuvõtlikult võib nende põhjal öelda, et mudel on mingi objekti, protsessi, teooria või süsteemi kujutis (Gilbert & Boulter, 2000; Oh & Oh, 2010). Modelleerida võib väga mitmesuguseid objekte ja nähtusi ning seda, mida modelleeritakse, nimetatakse mudeli sihtmärgiks (*target*) (Oh & Oh, 2010). Mudel ei pea hõlmama oma sihtmärgi kõiki omadusi, vaid ainult seda, mida peetakse modelleerimisel oluliseks (Oh & Oh, 2010).

Paljud bioloogilised protsessid on õpilastele raskesti mõistetavad, sest pole palja silmaga nähtavad. Me võime protsessidel eristada makroskoopilist, mikroskoopilist ja sümbolistlikku tasandit (Johnstone, 1991). Õpilaste jaoks on kõige keerulisem aru saada mikroskoopilise ja sümboltasandisse kuuluvatest objektidest ja protsessidest, sest need pole realselt jälgitavad.

Molekulaarsel tasemel toimuvate bioloogiliste protsesside silmaga nähtavaks muutmiseks saab kasutada arvutipõhiseid mudeleid. Need võimaldavad bioloogilisi protsesse visualiseerida ja lihtsustada (Gilbert & Boulter, 2000) ning muuta teadust konkreetsemaks ja õppijale arusaadavamaks (Hestenes, 1996). Mudeli animatsiooniga saab edasi anda protsessi kulgu, selles osalevate komponentide olemust, nende vahelisi seoseid ja muutusi (Lowe, 2003).

Mudelid võivad olla nii staatilised kui ka dünaamilised (nt. Ainworth & van Labeke, 2004). Kurtz dos Santos ja Ogburn (1994) uuring näitas, et dünaamiliste mudelite abil omandavad õpilased protsesse paremini kui staatilistelt illustratsioonidelt. Tihti on dünaamilise visuaalse info eeliseks selle kompaktsus võrreldes staatilise esitusega. Tänu sellele pole töömälu maht nii koormatud ja kognitiivne koormus väiksem (Zhang, 1997).

Mudelite abil õppimise eeliseks on lisaks seegi, et õpilane saab aktiivselt protsessis osaleda (Hestenes, 1996). Õppijat saab tegevusse rakendada mitmel viisil: näiteks saavad õpilased ise muuta teatud parameetreid või osaleda mudeli konstrueerimisel (Löhner jt., 2003).

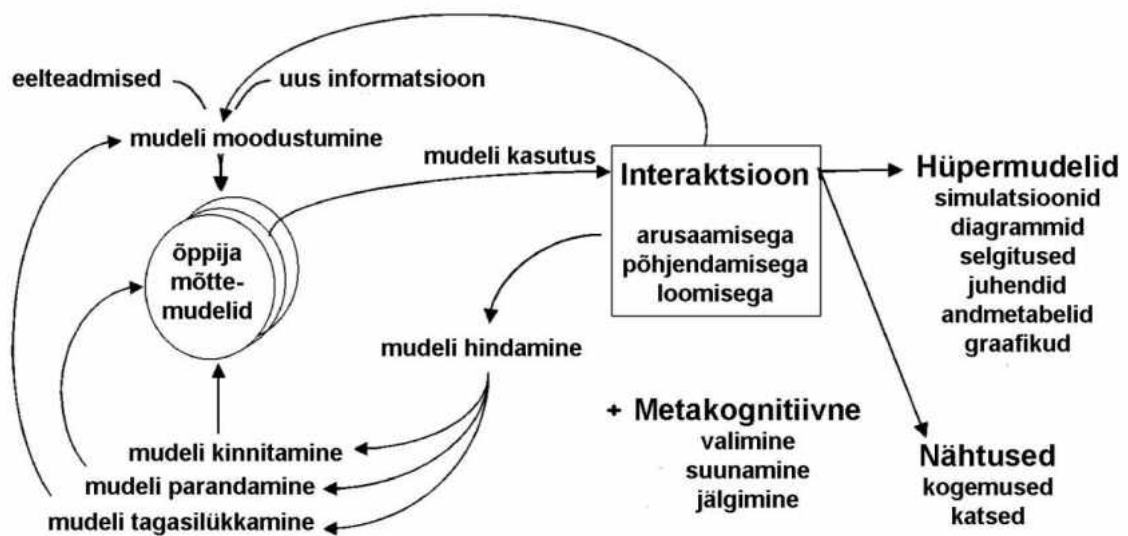
Arvutipõhiseid mudeleid on klassifitseeritud erinevatel alustel. Gilbert ja Boulter (2000) jagasid mudelid väljenduslikeks (*expressive*) ja uurimuslikeks (*exploratory*). Uurimuslik mudel on juba lõplikult programmeeritud. Õpilaste ülesandeks on vaid lisada või muuta teatud parameetreid, et mudeli lõpptulemust mõjutada. Näitena toovad autorid keemilise tiitrimise. Väljenduslik mudel on mittetäielikult programmeeritud ning õppija saab ise muutujaid lisada ning konstrueerida sellise mudeliga, nagu ta õigeks peab.

Ekspertide poolt loodud, testitud ja teaduslikult sisult korrektseid mudeleid nimetatakse kontseptuaalseteks mudeliteks (Gobert & Buckley, 2000), nende hulka saab liigitada ka „Loodusteaduslikud mudelid põhikoolile“ (<http://mudelid.5dvision.ee/>). Selliste mudelite puhul on autor eelnevalt määranud mudelite erinevate komponentide töö seaduspärasused ja liikumise vastavalt õpilase poolt tehtavatele muutustele (Bajzek jt., 2006). Mitmetest uuringutest on selgunud, et kontseptuaalsete mudelite abil õppimine parandab õpilaste arusaamu uuritavatest nähtustest, arendab nende põhjendamisoskust, suurendab huvi õpitava vastu ning muudab seeläbi õpiprotsessi tulemuslikumaks (Gobert & Buckley, 2000; Siegle, 2004).

Haridusteaduses on käibel veel mõiste „mõttemudel“ (*mental model*), tähistades sihtmärgi vaimset kujutist või esitust, mis säilitab sihtmärgi struktuuri (Vosniadou, 2002). Mudelipõhise õppe aluseks on eeldus, et arusaamiseks on vaja uuritavast nähtusest koostada mõttemudelid,

mille abil toimub kogu edasine mõttekäik ja probleemide lahendamine (Johnson-Laird, 1983). Mõtted mudelid mõjutavad nähtuste tajumist ja informatsiooni mõistmist ning kokkupuuted nähtuste ja objektidega mõjutavad omakorda mõtted mudelid (Johnson-Laird, 1983).

Interaktiivsetes arvutikeskkondades realiseeritud kontseptuaalseid mudeleid on nimetatud ka hüpermudeliteks (Buckley jt., 2004). Vastupidiselt mõtted mudelitele on need välised kujutised, mida õppija mõjutab, konstrueerides või muutes selle käigus oma mõtted mudelit. Seejuures peetakse väliseid kujutisi mudeliteks ainult juhul, kui need esitavad sihtmärgi struktuurseid, dünaamilisi ja/või põhjuslikke aspekte, mitte ei ole lihtsalt nähtuse joonised või diagrammid.



**Joonis 1.** Mudelipõhise õppe skeem (Buckley jt., 2004)

Mudelipõhise õppe korral moodustab õppija mõtted mudelid, tuginedes oma eelteadmistele ja uuele informatsioonile, mida ta saab interaktsioonidest nähtuste ja hüpermudelitega (Buckley jt., 2004, joonis 1). Õppija interaktsioone nähtuste ja hüpermudelitega toetavad metakognitiivsed protsessid nagu valimine, millele tähelepanu pöörata (*selecting*), interaktsioonide suunamine (*directing*) ja nende tulemuste jälgimine (*monitoring*). Moodustunud mõtted mudelit hinnatakse vastavalt interaktsioonidele hüpermudelite ja nähtustega; see võib viia mudeli kinnitamise, parandamise või tagasilükkamiseni (*reinforcement, revisjon, rejection*). Seega on mudelipõhine õpe dünaamiline ja korduv protsess, mille käigus konstrueeritakse uuritavatest nähtustest üha keerukamaid ja loodetavasti täpsemaid mõtted mudelid (Johnson-Laird, 1983; Buckley jt., 2004).

Mudelitega töö arendab ja soodustab teatud põhjendamisviise (Magnani & Nersessian, 2005; Pata & Sarapuu, 2006). Ühtlasi on leitud, et madala teadmistega õpilastel on raskem alustada uurimusliku mudeliga, sest nad ei suuda mõista ja jälgida kõiki aspekte, mida mudel neile pakub (Pata & Sarapuu, 2006). Mitmed uuringud on tegelenud uurimusliiku ja väljenduslikke tüüpi ülesannete lahendamise võrdlusega (Mellar jt., 1994). Uuringut tulemusena on selgunud, et väljenduslikku ja uurimuslikku tüüpi mudelid eeldavad erinevaid põhjendamisprotsesse ja kujundavad erinevaid mõttemudeleid.

## 2. Materjalid ja metoodika

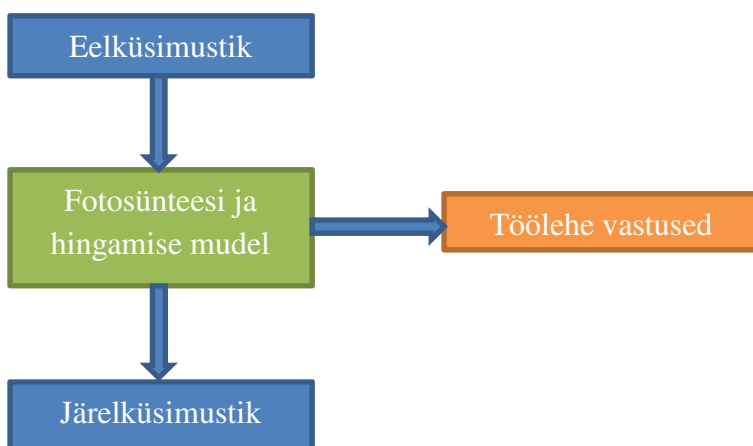
Vastavalt töö eesmärkidele moodustati 8. klassi õpilastest valim ning viidi läbi eksperiment, kus rakendati õpikeskkonna „Loodusteaduslikud mudelid põhikoolile“ fotosünteesi ja hingamine taimerakus veebipõhist mudelit. Uuringu jaoks vajalike andmeid koguti töölehe ning eel- ja järelküsimustikega.

### 2.1 Uuringu ülesehitus

Kuue Raplamaa kooli 8. klassi õpilastega viidi läbi eksperiment, mille võib jagada kolmeks osaks (joonis 2):

- 1) õpilaste eelteadmiste kontrollimine fotosünteesi ja hingamise protsessi osas ning visuaalse info erinevate vormide analüüsioskuste kindlakstegemine eelküsimustikuga;
- 2) fotosünteesi- ja hingamisalaste teadmiste omandamine õpilase poolt dünaamilise või staatilise info ja töölehe abil;
- 3) erineva visuaalse info rakendamise tulemused fotosünteesi ja hingamise protsesside arusaamisel ning visuaalse info lugemisele järelküsimustikuga.

Uuring viidi läbi kordamisena pärast vastavate teemade õppimist.



**Joonis 2.** Uuringu skeem.

Uuringu esimeses osas vastasid õpilased eelküsimustikule, milleks kulus keskmiselt 20 min. Küsimustikuga kontrolliti arusaamist fotosünteesi ja hingamise protsessidest ning visuaalse info erinevate vormide analüüsisioskust.

Uuringu teises osas toimus tund arvutiklassis, kus lahendati töölehe ülesandeid kasutades fotosünteesi ja hingamise mudelit - selleks kulus aega umbes 40 min.

Kolmanda osa uuringust moodustas järelküsitlus, mis võrreldavuse huvides koosnes samadest küsimustest, mis eelküsimustik, aga need olid paigutatud teise järjekorda. Küsimustik täideti 7-10 päeva pärast arvutiklassis toimunud tundi. Selle täitmiseks kulus umbes 20 min.

## **2.2 Valim**

Nii piloot- kui põhiuuringu andmete kogumiseks moodustati mugavusvalim (Cohen jt., 2007).

Pilootuuring instrumentide valideerimiseks viidi läbi detsembris 2013, valimisse kuulus 24 õpilast Rapla Vesiroosi Gümnaasiumi 8 klassidest.



Põhiuuringu valimisse kuulus 148 õpilast viiest Rapla maakonna koolist: Kohila Gümnaasiumist 52 õpilast, Märjamaa Gümnaasiumist 53 õpilast, Kehtna Põhikoolist 16 õpilast, Kaiu Põhikoolist 15 õpilast ja Järvakandi Gümnaasiumist 12 õpilast. Andmeid koguti jaanuaris-veebruaris 2014. Lõppvalimi moodustasid õpilased, kes olid täitnud nii eel- kui ka järelküsimustikud ning osalenud arvutitunnis.

## **2.3 Õpikeskkond**

Veebipõhine õpikeskkond „Loodusteaduslikud mudelid põhikoolile“ (<http://mudelid.5dvision.ee/>) on loodud Tartu Ülikooli Loodusteadusliku hariduse keskuses ja mõeldud põhikooli õpilastele. Mudelite eesmärgiks on eelkõige võimaldada õpilastel katsetades mõista modelleeritud objektidega seotud protsesse ja neile mõjuvaid tegureid. Seega ei keskenduta mudelile kui demonstratsioonivahendile, vaid mudelile kui õpilase abistajale nähtustest, seaduspärasusest ja protsessidest arusaamiseks. Mudel interakteerub õpilase tegevusega ning arendab avastusliku õppe läbi õpilase teadmisi (Adojaan & Sarapuu, 2003).



Tagamaks lihtsamat ja mugavamat kasutamist on kõik loodusteaduslikud mudelid koostatud sarnaseid kujundus- ja ülesehitusprintsippe järgides:

- mudeli kasutusjuhend avaneb  ikoonil klõpsates.  
Kasutusjuhendil on kirjas, kuidas mudel töötab ja millises järjekorras tegutseda. Esitatakse ka mudeli ekraanikuva, kus kirjeldatakse mudeli osi, nuppe ja menüüd;
- mudelil toimuva(te) protsessi(de) juhtimiseks on võimalik katsetada erinevaid tingimusi – valikuid tehakse rippmenüüdest ning tavaliselt on see kohustuslik. Valikuid tegemata ei lubata mudelit käivitada ning kuvatakse vastav veateade;
- mudelitel on võimalik arvulisi väärtusi sisestada selleks ettenähtud lahtritesse. Vältimaks sobimatute väärtuste sisestamist, toimub selle kontroll, mis ebasobiva arvu korral annab veateate ja soovitusel. Täiendavaid vahendeid protsesside juhtimiseks ja valikute tegemiseks kirjeldatakse kasutusjuhendis;
- mudel käivitatakse enamasti „Start“ nupu abil. Mõne mudeli keskseks objektiks on dünaamiline põhijoonis(ed), mis kujutab sellel mudelil esitatavaid protsesse. Mudelil võib olla ka graafikuid, diagramme vms;
- iga mudeliga koos on võimalik näha ka mudelil käsitletava teemaga seonduvat teoreetilist infot, mis avaldub eraldi aknas,  ikoonil klõpsates;
- puhul käivitub protsess automaatselt pärast valikute tegemist või mõne muu tegevuse käigus;
- märkmete tegemiseks või tingimuste muutmiseks saab mudeli töö peatada kasutades nuppu „Stopp“;
- käimasoleva katse lähteasendisse tagasi viimiseks on mudelil nupp „Tagasi“. Kogu mudeli lähteasendisse viimiseks on kõigil mudelitel nupp „Algusse“.

Mudelid on paigutatud ühtsesse keskkonda, mis võimaldab õpetajatel hankida ka lisateavet ja -materjali (tööjuhendid ja muud abimaterjali). Pakutavaid töölehti võib kasutada tunni läbiviimiseks, neid saab vajaduse korral muuta ja täiendada (Adojaan & Villako, 2005).

Baskini (1997) uuringud on näidanud, et arvutipõhise õppe üheks suurimaks eeliseks teiste meetodite ees on õpitava materjali omandamise võimalus läbi uuringute, eksperimentide ja analüüsi teostamise. Käesolevas töös uuriti mudeli mõju visuaalse kirjaoskuse kujundamisele. Selleks kasutati fotosünteesi ja hingamise mudelit, sest mõlemad protsessid toimuvad elusorganismides ja on looduses olulised.

### 2.3.1 Fotosünteesi ja hingamise mudel

Mudelite peamine eesmärk on fotosünteesi ja hingamise protsesse mõjutavate keskkonnategurite toime uurimine ning järelduste tegemine tegurite toimest protsessi tulemuslikkusele (Lisa 1, joonis 3).

Muutes keskkonnategureid, saavad õpilased jälgida fotosünteesi- ja hingamisprotsesside kulgu, sest taimerakus võib samaaegselt toimuda kaks protsessi.

Mudeli teoorialehel on protsesside lühikirjeldus: fotosünteesi lähteaineks on vesi ( $H_2O$ ) ja süsihappegaas ( $CO_2$ ) ning lõpp-produktideks glükoos (glük.) ja gaasiline hapnik ( $O_2$ ). Süsihappegaas saadakse õhust ja see jõuab taime lehte läbi õhulõhede. Ka fotosünteesil eralduv hapnik väljub õhulõhede kaudu. Fotosüntees toimub üksnes taime roheliste osade (lehtede või varte) rakkudes, mis sisaldavad kloroplaste. Selle protsessi põhieesmärgiks on valgusenergia salvestamine glükoosi molekulidesse.

Hingamine toimub kõigi rakkude mitokondrites. Selle käigus lagundatakse glükoosi ja vabaneb elutegevuseks vajalik energia. Hingamiseks vajatakse hapnikku ( $O_2$ ) ja glükoosi (glük.) ning jääkainetena eralduvad süsihappegaas ( $CO_2$ ) ja vesi ( $H_2O$ ). Hapnikku hangitakse õhust läbi õhulõhede. Kui aga samaaegselt toimub fotosüntees, siis saab selle tulemusena eraldunud hapnikku kasutada ka hingamiseks. Hingamise käigus eraldunud süsihappegaas eraldub õhulõhede kaudu väliskeskkonda. Kui samal ajal kulgeb ka fotosüntees, siis saab selleks ära kasutada hingamisel moodustunud süsihappegaasi.

Mis gaas (kas  $O_2$  või  $CO_2$ ) parajasti läbi õhulõhede liigub, see sõltub fotosünteesi ja hingamise vahekorrast. Nii näiteks pimedas, kui fotosünteesi ei toimu, vajab taim hingamiseks väliskeskkonnast hapnikku. Päeval ajal jääb aga fotosünteesil moodustuvat hapnikku üle ja see väljub ümbritsevasse keskkonda ([http://mudelid.5dvision.ee/rakk/rakk\\_teooria.htm](http://mudelid.5dvision.ee/rakk/rakk_teooria.htm)).

Mudeliga saab uurida eri tegurite mõju taime fotosünteesile ja hingamisele. Mudelil on kujutatud nende protsesside intensiivsust iseloomustavad graafikud, kloroplasti ja mitokondri pildid koos ainete liikumist näitavate nooltega, tulpdiagrammid eralduvate ja kulutatavate gaaside koguste kohta, valikmenüüd tingimuste muutmiseks ning nupud graafiku käivitamiseks ja peatamiseks (Lisa 1).

Uuringu läbiviija koostatud töölehe ülesandeid lahendasid õpilased antud mudeliga.

## 2.4 Kirjalikud küsimustikud

Käesoleva töö uurimisküsimustele vastuse saamiseks koostati eel- ja järelküsimustik, mis valideeriti pilootuuringu käigus.

Eelküsimustikuga (Lisa 2) kontrolliti õpilaste esialgset arusaamist fotosünteesist ja hingamisest ning visuaalse info erinevate vormide analüüsi oskust. Eelküsimustik koosnes 9 küsimusest. Kuna küsimused paljundati ja seetõttu graafikud ei olnud värvilised. Selleks, et oleks graafikul võimalik vahet teha fotosünteesil ja hingamisel, joonistati musta markeriga üle fotosünteesi joon graafikul, et protsesse eristada.

Järelküsimustikuga (Lisa 4) kontrolliti õpilaste arusaamist ja visuaalse info analüüsi oskust pärast mudeli ja töölehega töötamist. Et järelküsimustik oleks eelküsimustikuga võrreldav, koosnes see samadest küsimustest, kuid nende järjekord oli erinev.

Käesoleva töö esimeseks uurimisküsimuseks oli, mil määral arendab arvutipõhine mudel põhikooli õpilaste visuaalset kirjaoskust bioloogias. Informatsiooni on võimalik esitada nii visuaalses kui ka verbaalses vormis, siis selle küsimuse all uuriti õpilaste oskust viia info ühest vormist teise ning seda analüüsida. Eelküsimustiku 1., 7. ja 9. küsimus uurisid info viimist visuaalsest verbaalsesse vormi, 4. ja 6. küsimus uurisid info viimist verbaalsest visuaalsesse ning 2. ja 5. küsimus, kuidas info viia ühest visuaalsest vormist teise visuaalsesse vormi. Uurimisküsimusele vastuse leidmiseks võrreldi õpilaste vastuseid eel- ja järelküsimustikus. Küsimuste koostamisel oli kasutatud erinevaid võimalusi informatsiooni edastamiseks nii visuaalset (joonis koos nooltega, tulpdigramme, graafikuid ja teksti). Õpilastel tuli aru saada selle informatsiooni põhjal fotosünteesi ja hingamise protsessidest taimerakus.

Teiseks uurimisküsimuseks oli, mil määral arendab arvutimudeli rakendamine õpilaste arusaamist bioloogilistest protsessidest. Sellele uurimisküsimusele vastuse saamiseks oli koostatud eelküsimustiku 3., 7. ja 8. küsimus. 3. küsimuse puhul tuli õpilastel oma sõnadega kirjutada, kuidas mõjutab valguse intensiivsus fotosünteesi kiirust, keskkonnategurite mõju mõlemale protsessile kajastus 7. ja 8. valikvastustega küsimustes.

## 2.5 Tööleht

Tööleht on vajalik õpilase töö organiseerimiseks. Oluliseks osaks arvutiga õppimisel on korrektsete juhiste andmine (Dalgarno, 2001). Seetõttu koostati uuringus kasutatav tööleht nii, et õpilased saaksid iseseisvalt töötada ning seejuures koguda käesolevaks tööks vajalikke andmeid.

Mudeli kasutamise toetamiseks koostati tööleht (Lisa 4), mida täideti arvutitunnis paralleelselt mudeli rakendamisega. Tööleht algas lühikese sissejuhatusega, milles tutvustati õpilastele tunnis toimuvat ning anti juhised õpikeskkonda pääsemiseks. Järgnesid ülesanded, mille lahendamiseks tuli kasutada fotosünteesi ja hingamise mudelit. Töölehe ülesannete lahendamiseks oli õpilastel vaja muuta keskkonnategureid, mis mõjutavad fotosünteesi ja hingamise protsesse ning seejärel analüüsida saadud informatsiooni, kasutades sealjuures mudelil tekkinud graafikuid, tulpdigramme ja jooniseid.

## 2.6 Andmeanalüüs

Õpilaste eel- ja järelküsimustike analüüsiks jagati kõik vastused kolme kategooriasse: 1 - vastus oli vale või puudus, 2 – vastus oli pooleldi õige, 3 – vastus oli õige.

Küsimuste vastused loeti pooleldi õigeks juhul, kui vähemalt pool esitatud informatsioonist oli korrektselt esitatud. 3. kategooriasse kuulusid vastused, mis sisaldasid täielikult õiget visuaalse info analüüsi tulemust.

Valguse mõju fotosünteesi küsimuste vastused loeti pooleldi õigeks, kui oli välja toodud, kuidas valgus mõjutab fotosünteesi kiirust. Täiesti õige vastuse puhul arvestati, et õpilane teadis, et fotosünteesi ei saa kiirendada lõpmatult.

Valikvastustega küsimuse vastused olid kas õiged või valed.

Töölehtede vastused jagati samuti kolme kategooriasse. Pooleldi õigeks loeti vastused, kus oli välja toodud küll diagrammil olev info, kuid puudus analüüs või selgitus, mida küsimus eeldas.

Õpilastelt kogutud andmete analüüsiks kasutati *Microsoft Excel 2010* programmi. Lõppvalimisse kuulunud õpilaste eel- ja järelküsimumustike andmed kanti *Exceli* ühele töölehele ja mudeliga täidetud töölehtede andmed teisele.

Järgnevas analüüsiks kasutati SPSS 20 (*Statistical Package for Social Studies*, 2011) programmis sisalduvat *Wilcoxon signed-rank* testi ning *Spearman'-s rho* korrelatsioonianalüüsi. *Wilcoxon signed-rank* testi kasutatakse kahe sõltuva valimi võrdlemiseks (SPSS, 2011). Käesolevas töös võrreldi *Wilcoxon signed-rank* testiga eel- ja järelküsimumustikes esitatud vastuseid, et hinnata arvutimudeli rakendamise tulemuslikkust.

Tulenevalt uuringu kategooriate jaotusest kasutati kahe muutuja vaheliste seoste leidmiseks töölehtede ja järelküsimumustiku vastuste vahel *Spearman'-s rho* korrelatsioonimeetodit, sest see annab võimaluse korreleerida tulemusi, mis moodustavad järjestus-skaala (Cohen, 2007). Kasutati mitteparameetrilist statistikat, kuna tunnuste väärtused ei vastanud normaaljaotusele (nt. Venables jt., 2012).

### 3. Tulemused ja arutelu

Magistritöö eesmärkide saavutamiseks rakendati kirjalikku eel- ja järelküsimustikku ning veebipõhise õpikeskkonna „Loodusteaduslikud mudelid põhikoolile“ fotosünteesi ja hingamise mudelit. Saadud vastused võimaldasid hinnata õpilaste arusaamist bioloogilistest protsessidest ning uurida erinevalt esitatud info analüüsisioskusi.

#### 3.1 Eelküsimustiku tulemused

Eelküsimustikuga (Lisa 2) hinnati õpilaste visuaalset kirjaoskust ning arusaamist fotosünteesi ja hingamise protsessidest (vt. ptk. 2.4).

Eelküsimustiku tulemused on esitatud tabelis 1, jagatuna uuritava aspekti põhjal neljaks:

- 1) visuaalse info ülekandmisoskus verbaalsesse vormi;
- 2) verbaalse info ülekandmisoskus visuaalsesse vormi;
- 3) ühest visuaalsest vormist info ülekandmine teise visuaalsesse vormi
- 4) arusaamine fotosünteesi ja hingamise protsessidest.

Tabelis 1 on tulemused esitatud küsimuste kaupa summeeritult, detailselt iga küsimuse osade kohta on tulemused esitatud lisas 5.

**Tabel 1.** Fotosünteesi ja hingamise mudelit kasutanud põhikooli õpilaste (n=123) eelküsimustiku tulemused.

Uuritav aspekt (küsimuse nr. eelküsimustikus)	Õigete vastuste keskmine	Õigete vastuste %
Visuaalne info verbaalsesse vormi (1, 7, 9)	45	37
Verbaalne info visuaalsesse vormi (4, 6)	30	25
Visuaalne info visuaalsesse vormi (2, 5)	54	43
Arusaamine protsessidest (3, 7, 8)	44	36

Eelküsimumustiku tulemustest nähtub, et õpilaste esialgsed visuaalse info analüüsi oskused olid sageli ebakorrektsed või puudusid.

Kõige paremini suutsid õpilase analüüsi käigus viia info ühest visuaalsest vormist teise (keskmine õigete vastuste osa 43%). Peaaegu sama hästi suudeti visuaalses vormis antud info viia verbaalsesse vormi (keskmine õigete vastuste osa 37%). Keerulisemaks osutus verbaalselt esitatud info viimine visuaalsesse vormi (keskmine õigete vastuste osa 25%).

Arusaamine fotosünteesi ja hingamise protsessidest oli küllaltki kesine (keskmine õigete vastuste osa 36%), kuigi vastavad teemad olid eelnevalt õpitud.

Eelküsimumustiku analüüsi tulemusena osutus kõige keerulisemaks verbaalse info viimine visuaalsesse vormi, mis võib olla seotud õpilaste kesise suulise ja kirjaliku väljendusoskusega.

Mitmed uuringud on näidanud, et õpilaste jaoks on keeruline samasisulise eri vormis esitatud info ülekandmine ühest vormist teise (e.g. Brna, 1996; Laborde, 1996; Boulton-Lewis & Halford, 1990).

### **3.2 Järeloküsimumustiku tulemused**

Järeloküsimumustiku (Lisa 4) vastuste analüüs andis ülevaate uuringus osalenud 8. klassi õpilaste visuaalsest kirjaoskusest ning arusaamisest fotosünteesi ja hingamise protsessidest peale mudeli ja töölehtedega töötamist. Analüüsideks liideti sama aspekti käsitlevate küsimuste vastused kokku sarnaselt eelküsimumustikuga (vt. ptk.3.1).

Järeloküsimumustiku tulemused on esitatud tabelis 2, jagatuna uuritava aspekti põhjal neljaks grupiks. Detailsed tulemused on esitatud lisa 5.

Järeloküsimumustiku tulemustest nähtub, et fotosünteesi ja hingamise mudelitunni läbinud õpilaste visuaalne kirjaoskus ning arusaam nendest protsessidest oli paranenud (Tabel 2, Lisa 5). Kõigi küsimuste keskmine õigete vastuste osa oli kasvanud.

Kõige rohkem oli arenenud visuaalse info ülekandmise oskus verbaalsesse vormi viimisel (keskmine õigete vastuste osa 50%). Rohkem õigeid vastuseid oli ka visuaalse info

ülekanemisoskuses teise visuaalsesse vormi (keskmine õigete vastuste osa 52%) ja arusaamine protsessidest (keskmine õigete vastuste osa 45%).

**Tabel 2.** Fotosünteesi ja hingamise mudelit kasutanud põhikooli õpilaste (n=123) järelküsimustiku tulemused.

Uuritav aspekt (küsimuse nr. järelküsimustikus)	Õigete vastuste keskmine	Õigete vastuste %
Visuaalne info verbaalsesse vormi (2, 4, 5)	61	50
Verbaalne info visuaalsesse vormi (6, 9)	40	33
Visuaalne info teise visuaalsesse vormi (1, 8)	64	52
Arusaamine protsessidest (3, 4, 7)	55	45

Kõige väiksem vahe eel- ja järelküsitlustes keskmiste õigete vastuste tasemetes oli verbaalse info ülekanemisoskuses visuaalsesse vormi viimisel (keskmine õigete vastuste osa 33%).

Ka järelküsimustikes esines, ehkki vähemal määral kui eelküsimustikes, õpilaste teadmiste ebakindlust, mis väljendus selles, et sisuliselt samale küsimusele võidi ühes kohas vastata õigesti või osaliselt õigesti, kuid teisel valesti.

Käeoleva uuringu tulemustele toetudes võib töös püstitatud esimesele uurimisküsimusele vastata, et õpilaste visuaalne kirjaoskus paranes peale loodusteadusliku mudeli kasutamist. Kõige rohkem arenes visuaalse info viimine verbaalsesse vormi ning kõige keerulisemaks osutus verbaalse info viimine visuaalsesse vormi, mida võis põhjustada vastavate ülesannete puudumine mudeliga töötamisel.

Loodusteaduslike mudelite kasutamine aitas kaasa õpilaste visuaalse kirjaoskuse paranemisele. Mudelite visuaalsete tabelite, liikuvate diagrammide ja jooniste jälgimine köidab rohkem õpilaste tähelepanu. Seetõttu on õpilastel selliseid diagramme, jooniseid ja graafikuid huvitavam vaadelda ning andmetest lihtsam aru saada. Need jäävad paremini meelde ja see aitab kaasa visuaalse kirjaoskuse paranemisele.



### 3.3 Mudeli rakendamise mõju visuaalsele kirjaoskusele ja arusaamisele protsessidest

Käesoleva magistr töö esimese uurimisküsimusega sooviti teada saada, mil määral arendab arvutipõhine mudel põhikooli õpilaste visuaalset kirjaoskust. Vastuste saamiseks analüüsiti *Wilcoxon sign-rank* testiga õpilaste eel- ja järelküsimustike vastuseid, mille tulemused on näha tabelist 3.

**Tabel 3** Õpilaste arusaamise areng fotosünteesi ja hingamise protsessist eel- ja järelküsimustike põhjal analüüsitud *Wilcoxon sign-rank* testiga.

Uuritav aspekt	Eelküsimustik	Järelküsimustik	Z	p
Visuaalne info verbaalsesse vormi	45 37%	61 50%	-4,096	<0,001
Verbaalne info visuaalsesse vormi	30 25%	40 33%	-2,303	<0,05
Visuaalne info teise visuaalsesse vormi	54 43%	64 52%	-2,306	<0,05
Arusaamine protsessidest	44 36%	55 45%	-3,396	<0,001

Tabelist võib näha, et fotosünteesi ja hingamise mudeli rakendamine parandas õpilaste tulemusi kõige enam visuaalse info verbaalsesse vormi viimise osas ( $Z=-4,096$ ;  $p<0,001$ ). Vähem paranes õpilaste oskus verbaalse info viimisel visuaalsesse vormi ( $Z=-2,303$ ;  $p<0,05$ ). Seejuures paranes ka õpilaste oskus viia informatsiooni ühest visuaalsest vormist teise visuaalsesse vormi ( $Z=-2,306$ ;  $p<0,05$ ).

Samuti arenes õpilaste arusaam fotosünteesi ja hingamise protsessidest mudeli rakendamise tulemusena ( $Z=-3,396$ ;  $p<0,001$ ).

Eelnevatest analüüsides saab järeldada, et veebipõhiste kontseptuaalsete mudelitega õppimine arendas õpilaste arusaamist käsitletavatest protsessidest statistiliselt olulisel määral ( $p < 0,001$ ). Statistiliselt olulisel määral paranes ka õpilaste visuaalselt antud informatsiooni viimine verbaalsesse vormi ( $p < 0,001$ ).

Kõige vähem mõjutas mudeliga töölehe täitmine õpilaste oskust verbaalselt esitatud info viimine visuaalsesse vormi, mis võib olla tingitud sellest, et mudeliga seda arendada ei saanud ( $p < 0,05$ ).

Magistritöö põhjal võib öelda, et arvutipõhised mudelid muudavad olulisel määral õpilaste arusaamist bioloogilistest protsessidest, andes vastuse teisele töös püstitatud uurimisküsimusele. Samuti arenes uuringus osalenud õpilastel visuaalne kirjaoskus ning olulisel määral visuaalse info viimisel verbaalsesse vormi. Seetõttu saab teha järelduse, et õpetaja, kes kasutab oma töös arvutimudeleid, rakendab mitmekülgsemat õpetamise metoodikat, mille abil ta aktiveerib õpilasi looma seoseid verbaalse ja visuaalse kodeerimise vahel ning seda paremad võivad olla õppeprotsessi tulemused.

Eelnevatest analüüsides saab järeldada, et veebipõhiste mudelite kasutamine aitas õpilaste arusaamist käsitletavatest protsessidest arendada statistiliselt olulisel määral. Sarnaste järeldusteni on jõutud ka mitmetes teadusuuringutes (nt. Ainsworth, 1999; Mayer, 2001; Rieber jt., 2004).

Uurimusliku meetodi rakendamine osutus tõhusaks, sest uurimisobjekti ja mõjuteguri vahelised seosed olid õpilastele paremini mõistetavad visuaalselt liikuva pildi abil. Visuaalne ettekujutamine aitab kaasa meeldejätmisele ja meeldejäetut on õpilasel seetõttu lihtsam rakendada vajalike seoste loomisele loodusprotsessidest arusaamiseks.

### **3.4 Visuaalse info analüüsi seoste kujunemine töölehe ja järelküsimustike põhjal**

Käesoleva uurimistööga taheti teada, mil määral seostuvad töölehe vastused õpilaste visuaalse info analüüsi hilisemate oskustega. Seetõttu oli vajalik analüüsida töölehel läbiviidud info analüüsi vastuste (vt. ptk. 2.5, Lisa 3) seostumist järelküsimustiku info analüüsi vastustega (vt. ptk. 2.6, Lisa 4). Selleks, et neid seoseid leida, analüüsiti töölehe ja järelküsimustiku vastuseid *Spearman*'-s *rho* korrelatsioonimeetodiga ning tulemused on esitatud tabelis 4.

Tulemuste põhjal väita, et mudelitega töölehtede täitmine avaldas suuremat mõju protsessidest arusaamisele ( $p < 0,01$ ). Verbaalse info viimist visuaalsesse vormi ei saanud töölehtede abil analüüsida, sest mudel ei võimaldanud seda. Verbaalselt oli küll esitatud info, milliseid parameetreid muuta ja mudel viis seejärel info visuaalsesse vormi.

**Tabel 4.** Töölehe vastuste ( $n=123$ ) seosed järelküsimumstikuga. Statistilised tulemused saadi *Spearman'-s rho* korrelatsioonianalüüsiga.

Uuritav aspekt	Õigete vastuste arv töölehel	Õigete vastuste arv järelküsimumstikus	$\rho$	$p$
Visuaalne info verbaalsesse vormi	85 69%	61 50%	0,124	<0,05
Visuaalne info teise visuaalsesse vormi	41 33%	64 52%	0,123	<0,05
Arusaamine protsessidest	51 41%	55 45%	0,152	<0,01

Tulemustest selgub ka, et visuaalse info ülekandmine teise visuaalsesse vormi või verbaalsesse vormi ei valmistanud õpilastele erilisi raskusi ( $p < 0,05$ ), kuid tegemist on statistiliselt nõrga seosega ( $\rho = 0,124$ ;  $\rho = 0,123$ ).

Käesolevas uurimistöös seatud eesmärgile uurida loodusteaduslike mudelite mõju õpilaste visuaalse kirjaoskuse kujundamisele osutus tulemuslikuks. Loodusteaduslike mudelite rakendamine õppetöös koos uurimusliku õppemeetodiga avaldab positiivset mõju visuaalse kirjaoskuse arendamisele põhikoolis ning parandab õpilaste arusaamist looduslikest protsessidest.

## Kokkuvõte

Käesoleva magistritööga sooviti uurida loodusteaduslike mudelite mõju visuaalse kirjaoskuse kujundamisele põhikoolis. Töös kasutati veebipõhise õpikeskkonna „Loodusteaduslikud mudelid põhikoolile“ mudelit „Fotosüntees ja hingamine taimerakus“ (<http://mudelid.5dvision.ee/rakk/index.htm>).

Magistritöö eesmärgiks oli välja selgitada, kuidas loodusteaduslikud mudelid aitavad kaasa visuaalse kirjaoskuse kujundamisele põhikoolis.

Uuringu instrumentideks, koostati kirjalik eel- ja järelküsimumstik ning tööleht, mida kasutati koos fotosünteesi ja hingamise mudeliga. Magistritöö andmete kogumiseks moodustati mugavusvalim, millesse kuulus 148 õpilast viie Rapla maakonna kooli 8. klassidest. Uuring viidi läbi 2014.a. jaanuaris ja veebruaris.

Uuringu esimeses osas täitsid õpilased eelküsimumstiku, millega uuriti nende arusaamist fotosünteesi ja hingamise protsessidest ning visuaalset kirjaoskust. Uuringu teises osas viidi läbi arvutitund, kus õpilased kasutasid fotosünteesi ja hingamise mudelit, täites töölehe ülesandeid. Uuringu viimases osas täitsid õpilased järelküsimumstiku, millega hinnati mudeli rakendamise mõju visuaalse kirjaoskuse kujundamisele ning arusaamisele käsitletavatest protsessidest.

Magistritöö esimese uurimisküsimumusega taheti teada, mil määral arendab arvutipõhine mudel põhikooli õpilaste visuaalset kirjaoskust bioloogias. Õpilaste eel- ja järelküsimumstike vastuste analüüsist *Wilcoxon signed-rank* testiga selgus, et õpilaste visuaalne kirjaoskus paranes mudeleid kasutades statistiliselt olulisel määral, kuigi esines erinevusi visuaalse info erinevate vormide teisendamisel ühest vormist teise. Kõige enam paranes õpilaste oskus viia infot ühest visuaalsest vormist teise visuaalsesse vormi ja visuaalse info viimise oskus verbaalsesse vormi. Raskusi valmistas verbaalse info viimine visuaalsesse vormi.

Töö teise uurimisküsimumusega taheti teada, mil määral arendab arvutimudeli rakendamine õpilaste arusaamist bioloogilistest protsessidest. Selleks võrreldi eel- ja järelküsimumstike vastuseid. Analüüsi tulemusena selgus, et arusaam fotosünteesi ja hingamise protsessidest paranes mudeleid kasutades statistiliselt olulisel määral, kuigi töölehe ja järelküsimumstike vahel oli statistiliselt nõrk positiivne seos.

Eelnevale tuginedes, võib väita, et käesolev magistritöö on oma eesmärgi täitnud. Veebipõhise arvutimudeli rakendamine arendas õpilaste arusaama fotosünteesi ja hingamise protsessidest. Käesolevas töös leiti ka, et fotosünteesi ja hingamise töölehte ja veebipõhist mudelit kasutanud põhikooli õpilaste visuaalne kirjaoskus arenes statistiliselt olulisel määral. Seega võiksid õpetajad senisest enam rakendada loodusteaduslikke mudeleid õppetöös, et saavutada paremaid tulemusi loodusprotsessidest arusaamisel.

## **Tänuõnad**

Avaldan tänu oma juhendaja Tago Sarapuule asjalike nõuannete, konstruktiivse kriitika ja kannatlikkuse eest. Tänan Raplamaa bioloogiaõpetajaid, kes olid nõus oma õpilastega selles uuringus osalema. Veel soovin tänada õppejõude ning entusiastlikke kaasmagistrante, kes loiid arendava õpikeskkonna.

## Summary

### **The Influence of the Application of Web-based Models on the Development of Visual Literacy in Basic School Biology**

Helle Kiviselg

This master's thesis researches the influence of the application of web-based models on the development of students' visual literacy. It is important to analyze if application of web-based models are useful for developing visual literacy, because students nowadays understand and read diagrams, drawings and tables poorly.

The goal of this master's thesis is to study how application of web-based models help to shape and develop visual literacy in basic school biology. There were two research questions that needed to be asked to achieve this goal:

1. How do web-based models develop visual literacy of basic school students in biology?
2. How does the application of web-based models develop students' understanding of biological processes?

In order to find answers to these questions, there was an experiment carried out. Model about plant cell's photosynthesis and mitochondrial respiration were used during the experiment (from web-based learning environment "Natural science models for Basic School" (<http://mudelid.5dvision.ee/>)).

A pre- and post-test and a worksheet for photosynthesis and mitochondrial respiration model were composed as the instruments for the study. The sample of the study consisted of 148 students from the 8<sup>th</sup> grades of six Estonian secondary and basic schools. The study was conducted in January and February, 2014.

In the first part of the study, the students filled in a pre-test to assess their initial understanding of photosynthesis and mitochondrial respiration processes. In the second part of the study the participants applied the photosynthesis and mitochondrial respiration model and filled in the respective worksheet. In the last part of study, the students filled in a post-test to assess the effect of the model use on the understanding of the processes under study.

The final test group consisted of the students who filled in pre- and post questionnaires and who also took part in the computer lab lessons.

The aim of the natural science model was to clarify how the environmental conditions affect photosynthesis and mitochondrial respiration.

Students can see different processes of photosynthesis and breathing by changing the environmental conditions in the model. They could examine how the intensity of these processes reflects on graphs, chloroplast and mitochondria on pictures (with arrows to show the movement), movement of gases on different diagrams.

Based on the results of this experiment, one can say that students' visual literacy improved after using the web-based natural science model. The biggest improvement was detected in the translating visual information into verbal form and for them the most difficult was to translate verbal information to visual form, which could have been caused by the lack of corresponding tasks in this model.

It was also found that the application of the model helped students to enhance their visual literacy. Visual tables, moving diagrams and pictures in the model are getting the attention of students. Therefore, for students, it is more interesting to look and easier to understand the data presented in the model. These data can be memorized better and it helps students to develop visual literacy.

Based on this master's thesis, one can say that the application of web-based models develop statistically significantly students' understanding of biological processes.

The study of the present master's thesis about the application of web-based model in the development of visual literacy was successful. The use of natural science model and research methodology in teaching has a positive effect on developing visual literacy of basic school students and it improves students' understanding of natural processes.



## Kasutatud kirjandus

1. Adojaan, K. & Sarapuu, T. (2003). Improving Students` Understanding in Scientific Processes by Conceptual Web-Based Models. Proceedings of the International Conference „e-Learning in Science and Environmental Education“. Tartu, October 2-4
2. Adojaan, K. & Sarapuu, T., (2005). Loodusteaduslikud mudelid põhikoolile. [veebimaterjal] URL: <http://mudelid.5dvision.ee>
3. Adojaan, K., & Villako, H.-A. (2005). Arvutimudelite kasutamine põhikooli loodusainete õppes. Kogumikus: Loodusainete õpetamisest koolis I osa, koostanud I. Henno. Riiklik Eksami- ja Kvalifikatsioonikeskus, Tallinn:Argo
4. Ainsworth, S. (1999). The functions of multiple representation. *Computers and Education*, 33, 131-152. Loetud aadressil: <http://www.compassproject.net/sadhana/teaching/readings/ainsworth.pdf>
5. Ainsworth, S. & van Labeke, N., (2004). Multiple forms of dynamic representation. *Learning and Instruction*, 14, 241-255.
6. Avgerinou, M. D. (2003). A mad-tea party no more: the visual literacy definition problem. –Turning Trees / Eds. R. E. Griffin, V. S. Williams, L. Jung. Loretto, PA: IVLA, pp. 29–41.
7. Bajzek, D., Burnette, J., & Rule, G. (2006). Constructing computer models to provide accurate visualizations and authentic online laboratory experiences in an introductory biochemistry course. *Processing of world conference on E-learning in corporate Government, healthcare and higher education 2006*. Ceaspeake, AACE, 14-19.
8. Baskin, B. H. (1997). The role of computer graphics in literacy attainment. *Handbook of reseach on teaching literacy throught the communicativeand visual arts*. New York: International Reading Assiciation/Macmillan, pp. 872-873.
9. Brna, P. (1996). Can't see the words for the tree: Interpretation and graphical representation. In I.E.E.E Colloquium on Thinking with Diagrams Digest no 96/010. London.
10. Bukhardt, G., Mansour, M., Valdez, G., Gunn, C., Dawson, M., Lemke, C., Coughlin, E., Thadani, V., & Martin, C. (2003). 21th century skills: Literacy in the digital age. Retrieved December 30, 2003.
11. Buckley, B. C., Gobert, J. D., Kindfield, A. C. H., Horwitz, P., Tinker, R. P., Gerlits, B., Wilensky, U., Dede, C., & Willett, J. (2004). Model-Based Teaching and Learning

- With BioLogica™: What Do They Learn? How Do They Learn? How Do We Know?  
*Journal of Science Education and Technology*,13, 23-41.
12. Boulton-Lewis, G. M., & Halfords, G. S. (1990). An analysis of the value and limitation of mathematical representations used by teachers and young children. *Proceeding of the 14th International Conference for the Psychology of Mathematics Education*, 199-206.
  13. Christopherson, J. T. ( 1997). *The geowing need for visual literacy at the university*. 28th Annual Conference of the International Visual Literacy Association WY: Cheyenne.
  14. Cohen, L., Manion, L., & Morrison, K. (2007). *Research methods in education*. London: Routledge
  15. Dalgarno, B. (2001). Interpretations of constructivism and consequences for computer assisted learning. *British Journal of Educational Technology*, 32, 183-194.
  16. Debes, J. (1968). Some foundations for visual literacy. *Audiovisual Instruction*, 13, pp. 961–964.
  17. De Jong, T., & van Joolingen, W. R. (1998). Scientific discovery learning with computer simulations of conceptual domains. *Review of educational Research*, 68,,178-201.
  18. Gilbert, J. K., & Boulter, C. J. (Eds.) (2000). *Developing models in science education*. Dordrecht: Kluwer Academic.
  19. Gilbert, J., & Boulter, C. J. (1998). Learning science through models and modelling. In B. Frazer, D. K. Tobin (Eds.), *The International handbook of science education*, Dordrecht: Kluwer. 53-66.
  20. Gobert, J. D., & Buckley, B. C. (2000). Introduction to model based teaching and learning in science education. *International Journal of Science Education*, 22, 891-894.
  21. Hestens, D. (1996). Modeling software for learning and doing physics. In C. Bernardine, C. Tarsitani, D. M. Vincentini (Eds.), *Thinking Physics for Teaching*, Plenum, New-York, 25-66.
  22. Johnson-Laird, P. N. (1983). *Mantal Models*. Cambridge: Cambridge University Press.
  23. Johnstone, A. H. (1991). Why is science difficult to learn? Things are seldom what they seem. *Journal on Computer Assisted Learning*, 7, 75-83.

24. Kanselaar, G., van Boxtel, C., & van der Linden, J. (2000). Collaborative learning tasks and the elaboration of conceptual knowledge. *Learning and Instruction*, 10, 311-330.
25. Kosslyn, S. M. & Koenig, O. (1995). *Wet mind: The New Cognitive Neuroscience*. The Free Press, New York.
26. Kurtz dos Santos, A. C., Thielo, M. R., & Kleer, A. A. (1997). Students modelling environmental issues. *Journal of Computer Assisted Learning*, 13, 35-47.
27. Larkin, J. H. & Simon, H.A. (1987). Why a diagram is (sometimes) worth ten thousand words. *Cognitive Science*, 11, 65-99.
28. Leppik, P. (1992). *Nägemismälust, näitlikustamisest ja tehnovahenditest tundides*. Tallinna Pedagoogikaülikool, Tallinn.
29. Leppik, P. (1998). *Uurimistöö koolis on huvitav*. Tallinna Pedagoogikaülikool, Tallinn.
30. Leppik, P. (2000). *Lapse arendamise ja õpetamise probleeme koolis*. Tallinna Pedagoogikaülikool, Tallinn.
31. Lewalter, D. (2003). Cognitive strategies for learning from static and dynamic visuals. *Learning and Instruction*, 13, 177-189.
32. Lowe, R. K. (2003). Animation and learning: selective processing of information in dynamic graphics. *Learning and Instruction*. 13, 157-176.
33. Löhner, S., Van Joolingen, W. R., & Savelsbergh, E. R. (2003). The effect of external representation on constructing computer models of complex phenomena. *Instructional Science*, 31, 395-418.
34. Mayer, R. M. (1999). Multimedia aids to problem-solving transfer. *International Journal of Educational Research*, 31, 611-623.
35. Mayer, R. M. (1997). Multimedia learning: are we asking the right questions? *Educational Psychologist*, 32 (1), 1-19.
36. Mayer, R. M. (2002). The promise of multimedia learning: using the same instructional design methods across different media. *Learning and Instruction*, 13, 125-135.
37. Mayer, R. M. & Moreno, R. (2002). Animation as an Aid to Multimedia Learning. *Educational Psychology Review*, 14,1.
38. Mellar, J. & Bliss, J. (1994). Introduction: Modelling and education. In H. Mellar, J. J. Bliss, R. Boohan, J. Ogburn, & C. Tompsett (Eds.), *Learning with artificial worlds*. Computer-based modelling in the Curriculum, London: Falmer Press, pp. 1-8.

39. Merrill, D. C., & Reiser, P. J. (1993). Scaffolding the acquisition of complex skills with reasoning-congruent learning environments. *In Proceedings of the Workshop in Graphical Representations, Reasoning and Communication from the World Conference on Artificial Intelligence in Education*. Edinburgh, Schotland.
40. Oh, P. S., & Oh, S.J. (2011). What Teachers of Science Need to Know about Models: An overview. *International Journal of Science Education* 33, 1109-1130.
41. Park, O. C. & Hopkins, R. (1993). Instructional conditions for using dynamic visual displays:a review. *Instructional Science*, 21, 427-449.
42. Pata, K. & Sarapuu, T. (2006). A Comparison of Reasoning Processes in a Collaborative Modeling Environment: Learning about genetics problems using virtual chat. *International Journal of Science Education*, 28, 11, 1347-1368.
43. Põhjala, P. (2011). Kuidas õpetada visuaalset kommunikatsiooni? Õpetajate Leht 7. Juuni 2011 nr. 24 lk.11 Loetud aadressil: [http://opleht.ee/arhiiv/?archive\\_mode=article&articleid=5739](http://opleht.ee/arhiiv/?archive_mode=article&articleid=5739)
44. Rieber, L. P. (1990). Using computer animated graphics with science instruction with children. *Journal of Educational Psychology*, 82, 125-140.
45. Rieber, L. P. (1994). *Computers, graphics & learning*. WI: Brown & Benchmark.
46. Sarapuu, T. (2013). *Visuaalset kirjaoskust arendavad ülesanded*. Üldhariduse riiklik õppekava. Gümnaasiumi valdkonnaraamatud. Ainevaldkond „Loodusained“. Loetud aadressil: [http://www.oppekava.ee/index.php/Visuaalset\\_kirjaoskustarendavad\\_%C3%BClesanded](http://www.oppekava.ee/index.php/Visuaalset_kirjaoskustarendavad_%C3%BClesanded) (15.09.2014)
47. Scaife, M. & Rogers, Y. (1996). How do graphical representations work? *International Journal on Human-Computer Studies*, 45, 185-213. Loetud aadressil: <http://users.mct.open.ac.uk/yvonne.rogers/papers/externalcognition.pdf>
48. Siegle, D. (2002). The Merging of Literacy and Technology in the 21th Century: A Bonus for Gifted Education. *Technology, Gifted Child Today*, 27. Loetud aadressil: <http://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ682660.pdf>
49. Stenning, K. & Oberlander, J. (1995). A cognitive theory of graphical and linguistic reasoning: Logic and implementation. *Cognitive Science*, 19, 97-140.
50. Tabachnek-Schijf, H. J. M., Leonardo, A. M., & Simon, H. A. (1997). CaMeRa: A computational model of multiple representations. *Cognitive Science*, 21(3), 305-350.

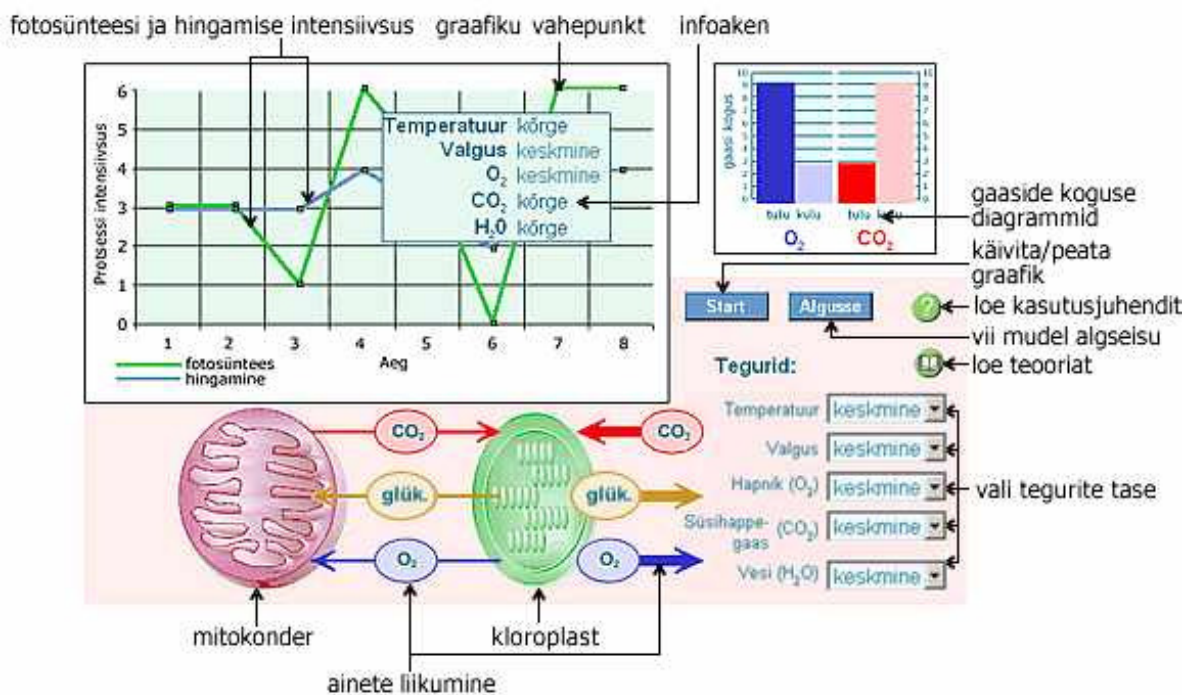
51. Venables, W. N., Smith, D. M., & R Development Core Team (2012). An Introduction to R. Notes on R: A Programming Environment for Data Analysis and Graphics. Version 2.15.0. Loetud aadressil: <http://www.r-project.org>
52. Vosniadou, S. (2002). Mental models in conceptual development. In I. Magnani, N. J. Nersessian (Eds.), *Model Based reasoning: Science, technology, value* (pp. 353-368) New York: Kluwer Academic/Plenum Press.
53. White, B. (1993). ThinkerTools: Casual models, conceptual change and science education. *Cognition and Instruction*, 10(1), 1-100.
54. Zhang, J. & Norman, D. A. (1994). Representations in distributed cognitive tasks. *Cognitive Science*, 18, 87-122.
55. Zhang, J. (1997). The Nature of External Representations in Problem Solving. *Cognitive Science*, 21 (2), 179-217.

# Lisad

## LISA 1

Mudeli kasutusjuhend:

- Klõpsa „Start“ nupul. Kuvatakse graafiku algus. Klõpsa „Stopp“ nupul. Graafiku joonistamine peatub järgmises vahepunktis.
- Muuda rippmenüüdest tingimusi. Klõpsa uuesti „Start“ nupul. Jälgi graafiku, tulpdiagrammi ning kloroplasti ja mitokondri vahel liikuvaid aineid iseloomustavate joonte jämeduse muutumist.
- Millised tingimused graafiku erinevates punktides parajasti olid, saad teada, kui liigutad hiirekursorit üle graafiku roheliste vahepunktide.
- Graafiku kustutamiseks ja mudeli lähteasendisse viimiseks klõpsa nupul „Algusse“ ([http://mudelid.5dvision.ee/rakk/rakk\\_abi.htm](http://mudelid.5dvision.ee/rakk/rakk_abi.htm)).



Joonis 3. Mudeli skeem

## LISA 2

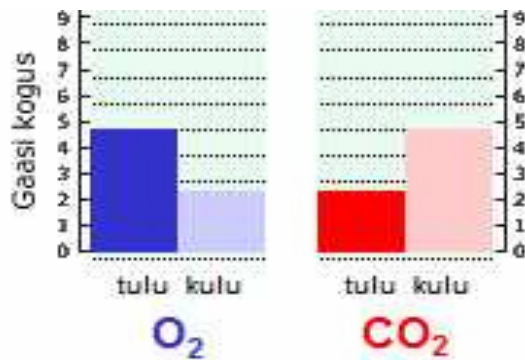
### Eelküsimustik

Nimi \_\_\_\_\_ Kool \_\_\_\_\_

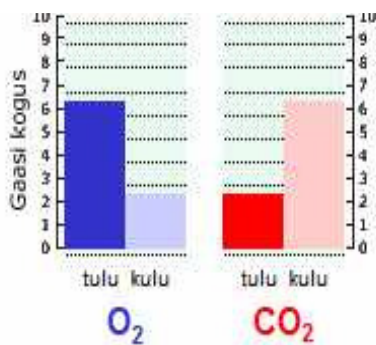
Klass \_\_\_\_\_ Kuupäev \_\_\_\_\_

Palun vasta järgnevatele küsimustele.

#### 1. Mis gaas eraldub keskkonda? Millest seda järeldad?



#### 2. Vaata tulpdiagrammi ja täienda parempoolset joonist nooltega, milline gaas siseneb ja milline gaas eraldub kloroplastist ning milline gaas siseneb ja milline eraldub mitokondrist?



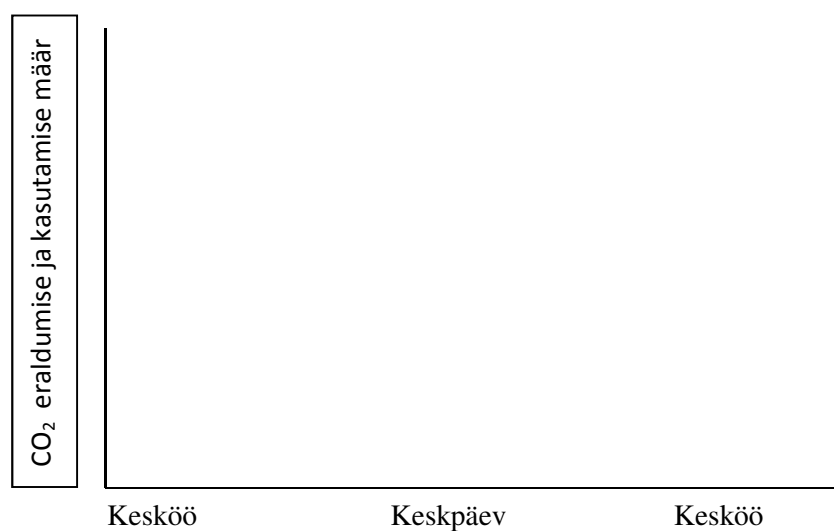
#### 3. Kuidas mõjutab valguse intensiivsus fotosünteesi kiirust?

---

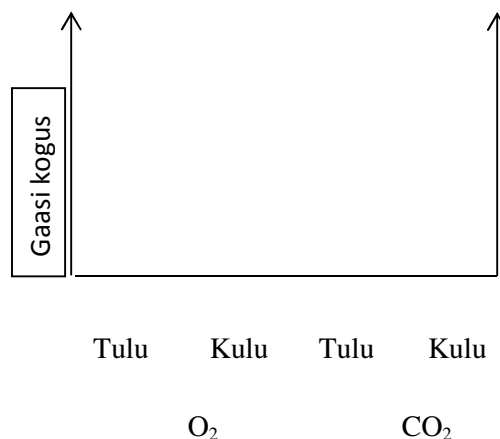
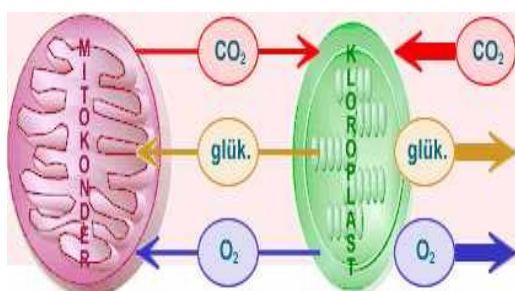
---

4. Taim kasutab õhust süsihappegaasi, kui ta fotosünteesib, ning eritab seda pidevalt hingates. Päeval kasutab taim süsihappegaasi rohkem, kui ta eritab.

Koosta joondiagrammid fotosünteesi ja hingamise kohta, lähtudes süsihappegaasi (CO<sub>2</sub>) kasutamisest ja eraldumisest ühe ööpäeva jooksul. Märkides graafikule fotosünteesil kasutatav süsihappegaas pideva joonega ja hingamisel eralduv süsihappegaas katkendjoonega.

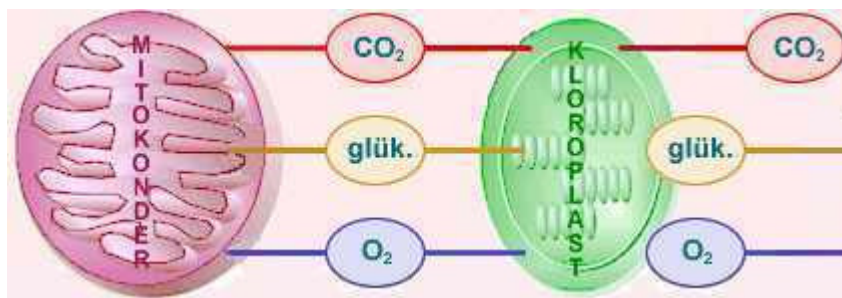


5. Koosta gaaside tulu-kulu kohta tulpdiaagramm, kasutades joonisel olevat informatsiooni!



6. Mis ained sisenevad kloroplasti kui valgus on intensiivne ja teised tegurid keskmisel tasemel (täienda joonist, lisades joontele nooled)?

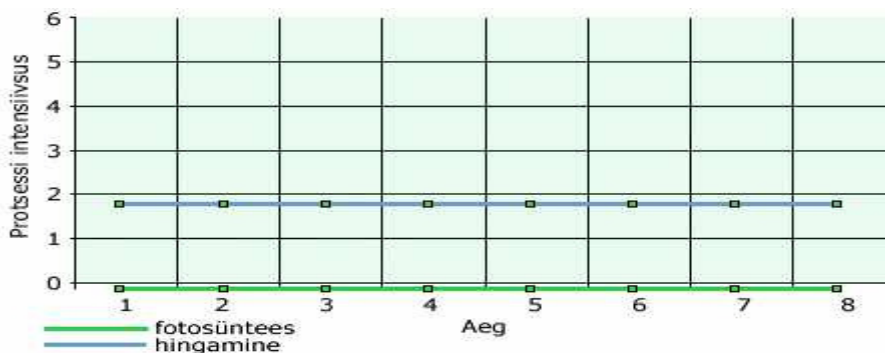




7. Eelmise ülesande skeem iseloomustab fotosünteesi (vali üks õige vastusevariant):

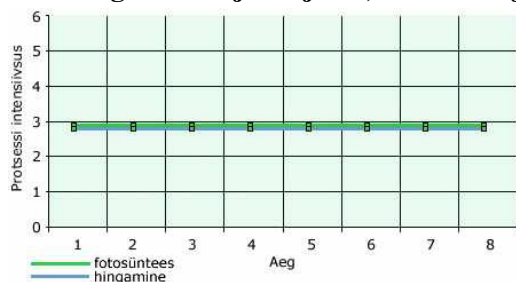
- a) madala valguse taseme, keskmise temperatuuri ja keskmise niiskuse sisalduse juures
- b) madala CO<sub>2</sub> taseme, keskmise niiskus, keskmise temperatuuri tasema juures
- c) kõrge valguse taseme, keskmise niiskuse sisalduse ja keskmise CO<sub>2</sub> taseme juures
- d) madala niiskuse taseme, keskmise temperatuuri ja keskmise valgustaseme juures

8. Milliste tingimuste juures toimuvad graafikul olevad protsessid (vali õige vastusevariant)?



- a) keskmise valguse tase, kõrge niiskuse tase, keskmise temperatuur
- b) kõrge valguse tase, keskmise niiskuse tase, kõrge temperatuur
- c) madal valguse tase, keskmise niiskuse tase, keskmise temperatuur
- d) madal valgusetase, kõrge niiskuse tase, kõrge temperatuur

9. Vaata graafikut ja kirjelda, milline on järgmiste tegurite tase (madal, keskmine, kõrge)?



- valgus-
- temperatuur -
- CO<sub>2</sub> -
- O<sub>2</sub> -
- H<sub>2</sub>O -

Mille järgi otsustasid?

---





---

## TAIMEDE HINGAMINE JA FOTOSÜNTEES

Nimi: \_\_\_\_\_ Kool \_\_\_\_\_  
Klass: \_\_\_\_\_ Kuupäev \_\_\_\_\_

Tänases tunnis tutvud fotosünteesi ja hingamise mudelitega. Selleks mine internetiaadressile

<http://mudelid.5dvision.ee/> Edasi klikki  ikoonil. Mudelite nimekirjas vali teine mudel: Fotosüntees ja hingamine taimerakus ning klikki aadressile <http://mudelid.5dvision.ee/rakk/index.htm>

Enne töölehe täitmist loe läbi **teorialeht** ning **mudeli kasutusjuhend** – need leiad vastavatel  ja  nupukestel klikkides. Seejärel tutvü mõne minuti jooksul mudeli võimalustega: vali keskkonnateguritele erinev intensiivsuseaste, jälgi graafikuid ning fotosünteesil tekkivate ja raku hingamisel kasutatavate ainete vahekordi.

**Selle töölehe täitmiseks on sul aega 40 minutit!**

Järgnevatele küsimustele vastamiseks kasuta mudelit. Alusta graafiku joonistamist seisundis, kus kõik keskkonnatingimused on keskmisel tasemel, seejärel klikki „Start“. Mudeli tegevuse lõppedes:

- Vaata joondiagrammi ja vasta küsimusele

**1. Milline on fotosünteesi ja hingamise intensiivsus?**

---

- Vaata nooltega joonist ja vasta järgmistele küsimustele

**2. Mis gaas eraldub?**

---

**3. Mida toodab kloroplast mitokondri jaoks (hingamiseks)?**

---

**4. Selgita joonisel toimuvaid protsesse, kasutades selleks tulpdiagrammil olevat informatsiooni.**

---

---

Edasi klikki nupul „Algusse“. Muuda valguse tase kõrgeks ning jäta ülejäänud keskkonnatingimused keskmisele tasemele. Seejärel klikki uuesti „Start“. Mudeli tegevuse lõppedes:

- Vaata graafikut ja vasta küsimusele

**5. Kuidas muutis valguse kõrgem tase fotosünteesi ja hingamise intensiivsust?**

---

- Vaata tulpdiagrammi ja joonist ning vasta küsimusele

**6. Mis juhtus gaaside kogusega?**

---

**7. Kuidas on see kujutatud joonisel?**

---

Edasi kliki taas nupule „Algusse“. Muuda valgustuse tase madalaks ja ning jäta ülejäänud keskkonnategurid keskmisele tasemele. Seejärel kliki uuesti „Start“. Mudeli tegevuse lõppedes:

- Vaata graafikut ja vasta selle põhjal järgmisele küsimustele:

**8. Kuidas muutis hämarus nende protsesside intensiivsust?**

---

- Vaata joonist ja vasta küsimustele?

**9. Mis ained eralduvad nüüd taimest?**

---

**10. Kuhu kaob hapnik ja mis gaas eraldub?**

---

Kliki taas „Algusse“ . Muuda CO<sub>2</sub> tase kõrgeks, jäta valgus madalaks ning ülejäänud keskkonnategurid keskmisele tasemele. Käivita mudel „Start“ nupust uuesti. Mudeli tegevuse lõppedes:

- Vaata graafikut ning tulpdiagrammi ja seleta joonisel toimuvaid protsesse.

**11. Kuidas mõjutab CO<sub>2</sub> sisalduse tõus fotosünteesi ja taimede hingamist?**

---

Kliki „Algusse“. Muuda temperatuur kõrgeks, jäta CO<sub>2</sub> tase kõrgeks ning valgus madalaks ja ülejäänud keskkonnatingimused keskmisele tasemele. Käivita mudel „Start“ nupust. Mudeli tegevuse lõppedes:

- Vaata joonist ja tulpdiagrammi ja vasta küsimusele

**12. Kas ja kuidas mõjutab temperatuuri tõus nende protsesside intensiivsust?**

---

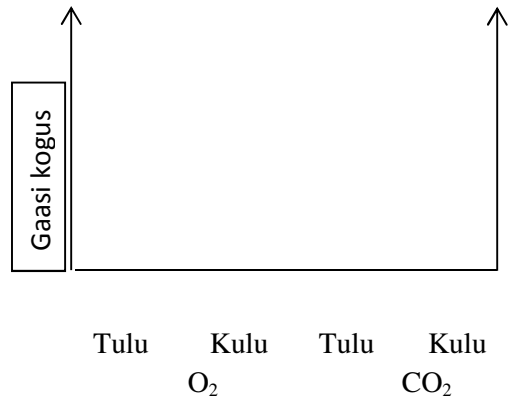
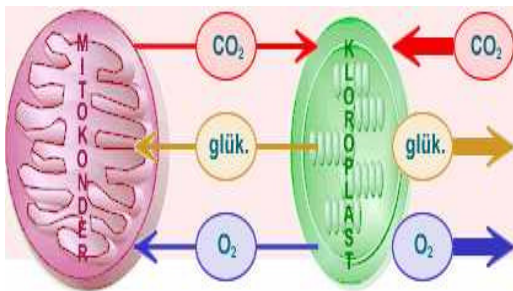
- Anna täidetud tööleht õpetajale ning sulge mudel. Aitäh!

**Järeloküsimustik**

Nimi \_\_\_\_\_ Kool \_\_\_\_\_

Klass \_\_\_\_\_ Kuupäev \_\_\_\_\_

**1. Koosta gaaside tulu-kulu kohta tulpdiaagramm, kasutades joonisel olevat informatsiooni!**



**2. Milliste tingimuste juures toimuvad graafikul olevad protsessid (vali õige vastusevariant)?**



- e) keskmine valguse tase, kõrge niiskuse tase, keskmine temperatuur
- f) kõrge valguse tase, keskmine niiskuse tase, kõrge temperatuur
- g) madal valguse tase, keskmine niiskuse tase, keskmine temperatuur
- h) madal valgusetase, kõrge niiskuse tase, kõrge temperatuur

**3. Kuidas mõjutab valguse intensiivsus fotosünteesi kiirust?**

---



---

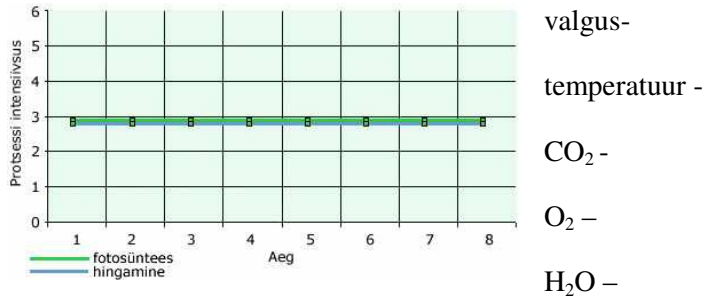


---



---

4. Vaata graafikut ja kirjelda, milline on järgmiste tegurite tase (madal, keskmine, kõrge)?



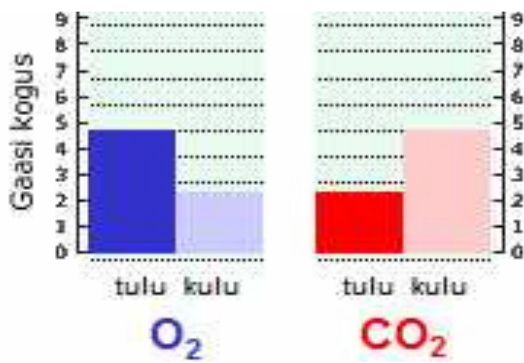
Mille järgi otsustasid?

---



---

5. Mis gaas eraldub keskkonda? Millest seda järeldad?

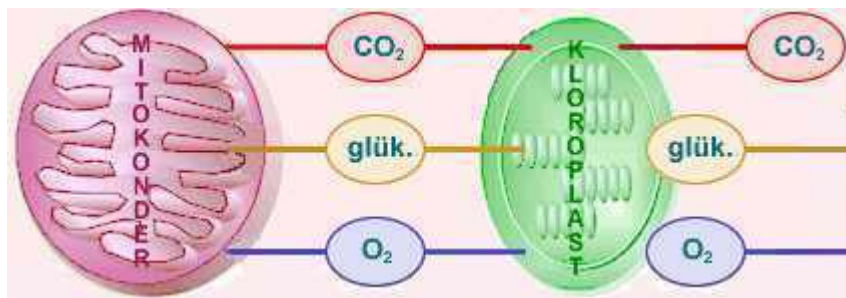



---



---

6. Mis ained sisenevad kloroplasti kui valgus on intensiivne ja teised tegurid keskmisel tasemel (täienda joonist, lisades joontele nooled)?

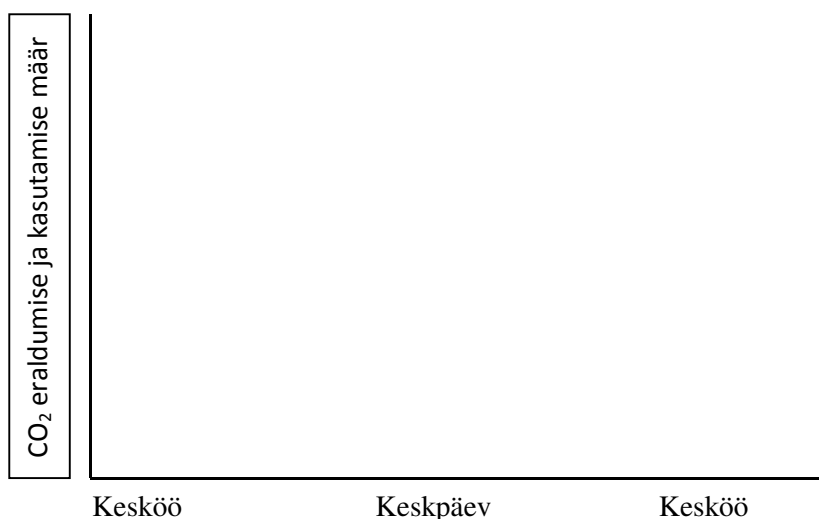


**7. Eelmise ülesande skeem iseloomustab fotosünteesi (vali üks õige vastusevariant):**

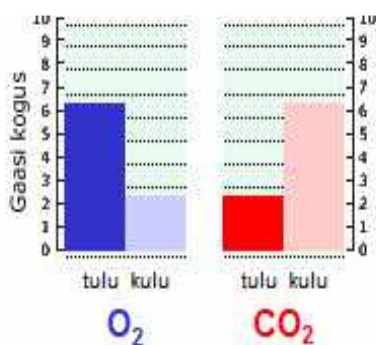
- e) madala valguse taseme, keskmise temperatuuri ja keskmise niiskuse sisalduse juures
- f) madala CO<sub>2</sub> taseme, keskmise niiskus, keskmise temperatuuri tasema juures
- g) kõrge valguse taseme, keskmise niiskuse sisalduse ja keskmise CO<sub>2</sub> taseme juures
- h) madala niiskuse taseme, keskmise temperatuuri ja keskmise valgustaseme juures

**8. Taim kasutab õhust süsihappegaasi, kui ta fotosünteesib, ning eritab seda pidevalt hingates. Päeval kasutab taim süsihappegaasi rohkem, kui ta eritab.**

Koosta joondiagrammid fotosünteesi ja hingamise kohta, lähtudes süsihappegaasi (CO<sub>2</sub>) kasutamisest ja eraldumisest ühe ööpäeva jooksul. Märkides graafikule fotosünteesil kasutatav süsihappegaas pideva joonega ja hingamisel eralduv süsihappegaas katkendjoonega.



**9. Vaata tulpdiagrammi ja täienda parempoolset joonist nooltega, milline gaas siseneb ja milline gaas eraldub kloroplastist ning milline gaas siseneb ja milline eraldub mitokondrist?**



## LISA 5

**Fotosünteesi ja hingamise mudelit kasutanud õpilaste (n=123) õigete, osaliselt õigete ja valede vastuste osakaal eel- ja järelküsimumustikus.** Küsimused on nummerdatud eelküsimumustiku (EK) järgi.

Küs nr. (EK)	Küsimumuse osa	Eelküsimumustik			Järelküsimumustik		
		õige	osaliselt õige	vale	õige	osaliselt õige	vale
1.	Mis gaas eraldub keskkonda, millest seda järeldad?	42 34%	29 24%	52 42%	51 42%	26 21%	46 37%
2.	Vaata tulpdiagrammi ja täienda joonist nooltega!	58 47%	23 19%	42 34%	57 46%	21 17%	45 37%
3.	Kuidas mõjutab valguse intensiivsus fotosünteesi kiirust?	5 4%	77 63%	41 33%	4 3%	79 64%	40 33%
4.	Koosta graafik fotosünteesi ja hingamise protsessidest ööpäeva jooksul!	26 21%	38 31%	59 48%	25 20%	47 38%	51 42%
5.	Koosta gaaside tulu-kulu diagramm, kasutades joonisel olevat informatsiooni!	49 40%	20 16%	54 44%	71 58%	18 14%	34 28%
6.	Mis ained sisenevad kloroplasti?	35 28%	40 33%	48 39%	55 45%	33 27%	35 28%
7.	Millised tegurid kirjeldavad joonisel olevat fotosünteesiprotsessi?	74 60%	0 0%	49 40%	73 59%	0 0%	50 41%
8.	Milliste tingimuste juures toimuvad graafikul olevad protsessid?	53 43%	1 1%	69 56%	88 72%	2 1%	33 27%
9.	Vaata graafikut ja kirjelda, milline on tegurite tase?	19 15%	38 31%	66 54%	60 49%	45 36%	18 15%