

Tartu Ülikool
Sotsiaalteaduste valdkond
Haridusteaduste instituut
Põhikooli mitme aine õpetaja õppekava

Helen Puusalu

9. KLASSI SOOJUSÕPETUSE ÕPITULEMUSTE SAAVUTAMIST TOETAVA
PROJEKTÕPPE MATERJALI KOOSTAMINE NING FÜÜSIKAÕPETAJATE
ARVAMUSED JA ARENDUSETTEPANEKUD LOODUD MATERJALILE
Magistritöö

Juhendajad: lektor Svetlana Ganina ja lektor Liina Lepp

Tartu 2021

Kokkuvõte

9. klassi soojusõpetuse õpitulemuste saavutamist toetava projektõppe materjali koostamine ning füüsikaõpetajate arvamused ja arendusettepanekud loodud materjalile

Kõigi Eesti koolide distantsõppele minek tekitas vajaduse internetipõhise õppe kasutuselevõtuks. Käesoleva töö eesmärgiks oli koostada 9. klassi soojusõpetuse õpitulemuste saavutamist toetav projektõppe materjal ning selgitada välja füüsikaõpetajate arvamused loodud materjalidest ja nende arendusettepanekud. Projektõppeks võib nimetada päriselulise probleemi lahendamist. Üks võimalus on seda teha läbi katsete, mis on tehtavad koduste vahenditega ning tulemusi õpibogis kajastades. Valmis neli töölehte, mille parendamiseks koguti füüsikaõpetajatelt küsimustikuga arendusettepanekuid. Õppematerjali katsetas üks õpilane ning hindas kümme õpetajat. Peamiselt arvati, et töölehed on huvitavalt koostatud, arusaadava tekstiga, õpilastele jõukohased ning muudavad õpetamise mitmekesisemaks. Töölehti saab lisaks distantsõppele kasutada ka tavaõpingute ajal või õpetaja haigestumise korral. Tehtud arendusettepanekud olid seotud vormistamise ning õppematerjali sisuga. Neile toetudes tuuakse töös välja edasised arendamise võimalused.

Võtmesõnad: projektõpe, distantsõpe, soojusõpetus, töölehed, õppimine interneti vahendusel

Abstract

Compilation of project-based learning materials supporting the achievement of the 9th grade thermal physics learning outcomes, and physics teachers' opinions and suggestions for improvement as regards the created materials

The transition to distance learning created a need to introduce online-learning. The aim of this master thesis was to create project-based learning materials which support the achievement of the 9th grade thermal physics learning outcomes, and to collect the opinions and suggestions for improvement of physics teachers about the created materials. One way to do project-based learning is by means of experiments that can be done at home and where the results are reflected in study-blogs. Four worksheets were composed. The learning material was evaluated by teachers. The general opinion was that the worksheets were interestingly drafted, the wording was clear, they were feasible for learners, and made teaching more diverse.

Worksheets can also be used during face-to-face learning. The suggestions for improvement were related to the structure and the content of the learning material.

Keywords: distance learning, project-based learning, thermal physics, worksheets, online-learning

Sisukord

Sissejuhatus	5
1. Teoreetiline ülevaade	6
1.1. Projektõppe olemus.....	6
1.2. Arvutite kasutamine õpetamisel.....	7
1.3. Soojusõpetus põhikooli füüsika ainekavas	8
1.4. Õppematerjali koostamine	10
2. Metoodika	12
2.1. Õppematerjali koostamine	13
2.2. Valim	15
2.3. Andmekogumine ja -analüüs	17
3. Tulemused.....	19
3.1. Ekspertide arusaam projektõppe olemusest.....	19
3.2. Ekspertide hinnangud õppematerjalile/töölehtedele	20
3.3. Ekspertide arendusettepanekud.....	21
4. Arutelu	23
Tänuõnad	28
Autorsuse kinnitus.....	28
Kasutatud kirjandus.....	29
Lisad	32
Lisa 1. Tagasiside pöördumine ja küsimustik (esitatud Google Formsi kaudu)	
Lisa 2. Tööleht 1 – Aine ehituse mudel. Soojusliikumine	
Lisa 3. Tööleht 2 – Soojusülekanne I	
Lisa 4. Tööleht 3 – Soojusülekanne II	
Lisa 5. Tööleht 4 – Soojusülekanne III	
Lisa 6. Kuvatõmmis töölehti piloteerinud õpilase P. blogist	
Lisa 7. Väljavõte uurijapäevikust	

Sissejuhatus

Kõigi Eesti koolide distantsõppele minek 2020. aasta kevadel (Valitsuskabinet otsustas viia..., 2020) tekitas vajaduse kontaktõppe asemel internetipõhise õppe kasutuselevõtuks. Ka 2020/2021 õppeaastal olid koolid distantsõppel. Seega oli reaalne vajadus metoodika järele, mida nendes tingimustes õpetamisel kasutada saaks. Üheks võimaluseks on internetipõhine projektõpe. See on õpe, milles leitakse mõni päriseluline probleem ning õpilased asuvad seda lahendama (Hiiesalu, Jürimäe, Kotkas, Saart, & Tuisk, 2019). Õpilased esitavad õppetulemused interneti kaudu, näiteks spetsiaalses aine jaoks loodud blogis (Andersen, Wark, & Annand, 2005). Õpiblogide kasutamine on uudne lähenemine, mis sobib hästi e-keskkonda ja on tänapäeva nutiühiskonna õppijale atraktiivne ning huvitav võimalus (Ristikivi, 2016). Õpiblogide eesmärgiks on, et õppijal kujuneks isiklikum suhe õpitava materjaliga (Karm, 2013). Blumenfeld'i jt (1991) järgi erinevad projektõppe ülesanded tavapärasest õpetegevustest, kuid samas suunab selline õpe õpilasi uurima ning leidma probleemidele lahendusi pannes neid realistlikesse olukordadesse ning luues silla klassielu ning reaalelu kogemuse vahel.

Arvamused projektõppest on erinevad. Põder` (2020) järgi on küsitletud Lääne-Eesti II ja III kooliastme loodusainete õpetajate seas tundides projektõppe kasutamine populaarne. Seda meetodit kasutas õpetamisel 34% õpetajatest. Holubova (2008) aga toob välja, et õpetajad ei kasuta projektõpet, sest nad ei suuda või ei taha projekte ette valmistada. Samas on autor (Holubova, 2015) leidnud, et õpilased on rohkem motiveeritud füüsikat õppima kui nad saavad kasutada kaasaegset infotehnoloogiat, arvuteid, interneti, mobiiltelefone. Vana (2019) poolt läbi viidud eksperimendi tulemusel paranesid õpilaste ainealased teadmised ning seetõttu soovitas ta kasutada nutivahendeid uurimuslike ülesannete lahendamisel. Kui õpilastelt küsiti arvamust iseseisva õppimise kohta, siis nemad pidasid Ganina (2011) uuringu järgi seda kõige efektiivsemaks mooduseks teadmiste omandamisel ning samas on katsete tegemine õppimiseks motiveeriv.

Kokkuvõttes võib väita, et koolidel on järjest suurenev vajadus internetipõhiste õppemeetodite järgi. Projektõpe sobib selleks, kuna selles tegeletakse päriseluliste probleemidega, meetod on vaheldusrikas ning soodustab õpilaste arengut. Projektõppe materjali ettevalmistamine on aga aeganõudev. Seega soodustaks valmis õppematerjal selle meetodi laialdasemat kasutamist füüsikatundides.

Sellest tulenevalt kavandati käesoleva töö raames koostada õppematerjal, mis toetab ainealaste teadmiste omandamist. Esmalt antakse ülevaade projektõppe olemusest ning

võimalusest teha seda interneti teel. Seejärel kajastatakse soojusõpetuse õpitulemusi, mida saab omandada iseseisvalt läbi katsete ning õppematerjali koostamist.

1. Teoreetiline ülevaade

1.1. Projektõppe olemus

Läheneviisi valikust ilmneb pedagoogika mõju füüsikaõppele (Karu, 1996). Äraõppimist rõhutava strateegia korral õpilane piirdub vaid materjali meeldejätmisega, teadvustab õpitava oma varasemas teadusskeemis, kuid ei tee seda õpitava sisuga seotult, sellele vastandub strateegiana aktiivõpe, mille rakendamiseks on erinevaid meetodikaid (Krull, 2018).

Projektõhise lähenemise kasutamist õppeprotsessi läbiviimisel nimetatakse projektõppeks (Salumaa & Talvik, 2004). Selle käigus õpilased lahendavad mõnda päriselulist probleemi või küsimust (Hiiesalu, Jürimäe, Kotkas, Saart, & Tuisk, 2019; Karm, 2013). Blumenfeld'i jt (1991) järgi projektõppe ülesanded erinevad tavapära õppetegevustest, kuid samas suunab selline õpe õpilasi uurima ning leidma probleemidele lahendusi pannes neid realistlikesse olukordadesse ning luues silla klassi- ja reaalelu kogemuse vahel.

Projektõppe edukust mõjutavad läbiviimist ja jälgimist valdav kompetentne õpetaja, õpilaste piisavad organiseerimisalased oskused, õige planeerimine ning õppe suunatus probleemide lahendamisele, mis pakuvad õpilasele huvi (Salumaa & Talvik, 2004). Projektõppe puhul on olulised õpilaste õpioskused, sest distantsilt õppijad määravad ise oma õpingute aja ja koha (Andersen, 2005; Thiessen & Spring 2016). Selline individuaalne õppimine nõuab õpilaselt enesedistsipliini (Leppik, 2006), lisanduvad veel initsiatiiv ja loovus (Karm, 2013). Ennastjuhtiv õppija muudab oma vaimsed võimed akadeemilisteks oskusteks (Zimmerman, 2002). Kui õpilane peab õppimisel ise oma aega planeerima, siis saamaks edukaks, on oluline, et tal oleks reaalne arusaam ajalikest piirangutest. Selle saavutamiseks soovitatakse meeldetuletuste kasutamist, aja planeerimist ning struktureerimist, tähtaegade meeldetuletuste kasutamist (Veletsianos, Kimmons, Larsen, & Rogers, 2021).

Eduka õppimise aluseks on õige õpimeetodi valik (Leppik, 2006). Õpilaste arvamuse järgi on iseseisev õppimine kõige efektiivsem moodus teadmiste omandamiseks (Ganina, 2011). Õpitu salvestumiseks püsivõime ei piisa ainult materjali läbi lugemisest, loetavat tuleks ka aktiivselt mõtestada, sellest aru saada ja püüda luua seoseid (Leppik, 2006). Stout (2016) jõudis järeldusele, et õppeainetes, kus õpilased saavad teha laboratoorseid katseid, töötavad nad iseseisvamalt ning õpivad protsessist muutes õppimise uurimistegevuseks. Samas motiveerib õpilasi laboritööde, eksperimentide ja katsete tegemine (Ganina, 2011). Isegi kui

tõeline katse õpilasel ebaõnnestub, annab see võimaluse mõelda miks nii juhtus ning katsete tajumine mitme meelega aitab kujundada mõisteid ja luua seoseid ehk ümbritsevat maailma mõtestada (Leppik, 2006).

Holubova (2008) jaotas projektõppe ettevalmistustöödeks, taustalugemiseks, kirjanduse otsimiseks, projekti teostamiseks, aruandluseks, esitluseks, aruteluks ning järelduste tegemiseks. Arvestada tuleb, et kui õpilased pole varem probleeme sisaldavaid ülesandeid lahendanud, siis nad ei suuda alguses keerukate kaudsete protsesside tõttu saavutada soovitud õpitulemusi (Wang, Yuan, Kirchner, Kushiruk, & Peng, 2018). Siin on oluline roll õpetajatel, kes aitavad õpilasi selles protsessis kujundades õppimisvõimalusi, juhendades õpilaste mõtlemist ning aidates konstrueerida uusi arusaamu (Blumenfeld *et al.*, 1991).

Projektõppe kasutamisse õppetöös suhtutakse erinevalt. Pöder (2020) küsitles Lääne-Eesti II ja III kooliastme loodusainete õpetajaid. Nimetatud uuringust selgus, et projektõppe kasutamine on populaarne ning õpetajatest kasutas seda 34%. Samas Holubova (2008) leidis, et kuna õpetajad ei suuda või ei taha projekte ette valmistada, siis nad projektõpet õppetöös ei kasuta.

Kokkuvõttes võib väita, et koolidel on järjest suurenev vajadus erinevate õppemeetodite järgi. Projektõppe sobib selleks, kuna selles tegeletakse päriseluliste probleemidega, meetod on vaheldusrikas ning soodustab õpilaste arengut. Projektõppe materjali ettevalmistamine on aga aeganõudev. Seega soodustaks valmis õppematerjal selle meetodi laialdasemat kasutamist füüsikatundides.

1.2. Arvutite kasutamine õpetamisel

Infoühiskonnaga kaasneb pidev informatsioonivoog (Aru, 2010). Põhikooli riiklikus õppekavas on määratud üldpädevuste, täpsemalt digipädevuse all muu hulgas digivahendite abil info leidmise, säilitamise ning asjakohasuse ja usaldusväärsuse hindamise oskus; osalemine digitaalses sisu loomises ning digikeskkondades suhtlemine (Põhikooli riiklik õppekava, 2011).

Tehnoloogia areng ja kättesaadavus koolides edendavad projektipõhise hariduse levikut, toetades õpilasi ja õpetajaid informatsiooni hankimisel, jagamisel ning analüüsimisel (Blumenfeld *et al.*, 1991). Holubova (2015) järgi motiveerib kaasaegse infotehnoloogia, arvutite, interneti või mobiiltelefoni kasutamine füüsikatunnis õpilasi õppima. Samuti on leitud, et e-õppematerjali juhiseid järginud õpilased olid eksperimentide läbiviimisel entusiastlikud (Repnik & Grubelnik, 2010). Uurimuslike ülesannete lahendamisel on Vana

(2019) järgi soovituslik nutivahendite kasutamine. Internetipõhise õppematerjali kasutamine õppetöös toetab lisaks ainealastele teadmistele ka õpilase digipädevuse arengut.

Internetipõhised tehnoloogiad loovad võimalusi uut tüüpi õppimisteks, mis võimaldavad õppijatel õppida oma tempos, kuid samas ka suhelda teisega, mis toob kaasa arenemise, õppimise ning aine nautimise (Andersen, Wark, & Annand, 2005). Õpitulemusi saab esitada erinevalt, näiteks suuliselt või kirjalikult (Karm, 2013). E-keskkonda sobib nutiühiskonna õppijale atraktiivne ja huvitav võimalus – õpiblogi (Ristikivi, 2016). Blogi kasutamist õppetulemuste näitamiseks toetab uuring, mille järgi 95% õpilastest soovis pääseda ligi ka kaasõpilaste töödele (Andersen, Wark, & Annand, 2005). Avalikult internetis info jagamisel on väga oluline õppijate privaatsuse tagamine ning tasakaalu leidmine õpilaste mugavustsoonist väljatulekule ning oma teadmiste jagamisele kaasõppijatega (Chang, 2021). Õppetulemusi kajastava blogiga on täidetud ka Informaatika üks kolmanda kooliastme õpitulemustest – õpilane loob ja kasutab ajaveebi õpikogemuse refleksiooniks (Põhikooli riiklik õppekava, 2011). Selline õppeainete integreerimine on probleemikeskselt ülesehitatud õppekavade pooldajate arvates otstarbekam kui õppeainete eraldi õpetamine (Krull, 2020).

Kokkuvõttes saab öelda, et kaasaegses infoühiskonnas motiveerib internetipõhine tehnoloogia õpilasi teistmoodi õppima ning õppetulemusi esitama. Üks võimalus on seda teha läbi blogi. Selline õpe arendab lisaks ainealastele teadmistele ka õppija digipädevust.

1.3. Soojusõpetus põhikooli füüsika ainekavas

Põhikooli riiklik õppekava (2011) sätestab, et füüsika koosneb neljast kursusest - valgusõpetusest, mehaanikast, elektriõpetusest ning soojusõpetusest. Antud magistritöös valiti nimetatud teemadest soojusõpetus, kuna autorile teadaolevalt pole selle teema kohta distantsõppesse sobivat õppematerjali ning õpilastel on kodudes olemas katseteks vajalikud materjalid.

Põhikooli riiklik õppekava (2011) näeb ette, et pärast iga kursuse läbimist peavad õpilased saavutama teatud õpitulemused. Soojusõpetuse õpitulemused on esitatud tabelis 1. Lähtutud on Bloomi taksonoomia põhikategoriatest (Krull, 2020).

Tabel 1. Põhikooli füüsika aine soojusõpetuse kursuse õpieesmärkide analüüs lähtudes Bloomi taksonoomiast (Krull, 2020 lk 139; Põhikooli riiklik õppekava, Lisa 4 – 2.4.4.4., 2011)

Tase	Õpieesmärk
Teadmine	<p>Nimetab...</p> <ul style="list-style-type: none"> mõistete siseenergia, temperatuurimuut, soojusjuhtivus, konvektsioon ja soojuskiirgus olulisi tunnuseid <p>Loetleb...</p> <ul style="list-style-type: none"> sulamise, tahkumise, aurumise ja kondenseerumise olulisi tunnuseid;
Mõistmine	<p>Selgitab...</p> <ul style="list-style-type: none"> seost, et mida kiiremini liiguvad aineosakesed, seda kõrgem on temperatuur; termomeetri otstarvet ja kasutamise reegleid; soojushulga tähendust ja mõõtmise viisi ning teadma seejuures kasutatavaid mõõtühikuid; sulamissoojuse, keemissoojuse ja kütuse kütteväärtuse tähendust ja teab kasutatavaid mõõtühikuid. <p>Kirjeldab...</p> <ul style="list-style-type: none"> tahkise, vedeliku, gaasi ja osakestevahelise vastastikmõju mudeleid; soojusliikumise ja paisumise olulisi tunnuseid, seost teiste nähtustega ning kasutamist praktikas.
Rakendamine	<ul style="list-style-type: none"> Viib läbi eksperimendi, mõõtes katseliselt keha erisoojuse, töötleb katseandmeid ning teeb järeldusi keha materjali kohta; Lahendab rakendusliku sisuga osaülesanneteks taandatavaid kompleksülesandeid; Selgitab seose $Q = c m \Delta t$ tähendust, seost soojusnähtustega ja kasutab probleemide lahendamisel; Selgitab seoste $Q = \lambda m$, $Q = L m$ ja $Q = r m$ tähendusi, seostab neid teiste nähtustega ning kasutab neid probleemide lahendamisel. Seostab sulamise, tahkumise, aurumise ja kondenseerumise tunnuseid teiste nähtustega ning kasutab neid praktikas.
Analüüs	<p>Selgitab...</p> <ul style="list-style-type: none"> Termose, päikesekütte ja soojusmaterjalide otstarvet, töötamise põhimõtet, kasutama näiteid ning ohutusnõudeid. <p>Sõnastab järgmist seost ning kasutab seda soojusnähtuste selgitamisel...</p> <ul style="list-style-type: none"> Soojusülekande korral levib siseenergia soojemalt kehalt külmemale; Keha siseenergiat saab muuta kahel viisil: töö ja soojusülekande teel; Kahe keha soojusvahetuse korral suureneb ühe keha siseenergia täpselt nii palju, kui väheneb teise keha siseenergia; Mida suurem on keha temperatuur, seda suurema soojushulga keha ajaühikus kiirgab; Mida tumedam on keha pind, seda suurema soojushulga keha ajaühikus kiirgab ja neelab; Aastaajad vahelduvad, sest Maa pöörlemistelg on tiirlemistasandi suhtes kaldu.

Lähtudes loodud õppematerjalidest asetab autor käesolevas töös rõhu järgmistele üldpädevustele:

- Õpipädevus – sh suutlikkus individuaalselt oma õppekeskkonda organiseerida; hanikida õppimiseks vajalikku teavet; planeerida oma õppimist ning seda plaani järgida; seostada omandatud teadmisi varemõpituga; analüüsida oma teadmisi ja oskusi;
- Suhtluspädevus – sh oma seisukohtade esitamine ja põhjendamine; teabetekstide lugemine ja mõistmine; eri liiki tekstide kirjutamine;
- Matemaatika-, loodusteaduste ja tehnoloogiaalane pädevus – sh suutlikkus kirjeldada ümbritsevat maailma loodusteaduslike mudelite ja mõõtmisvahendite abil ning teha tõenduspõhiseid otsuseid;
- Digipädevus – sh oskus leida ja säilitada digivahendite abil infot ning hinnata selle asjakohasust ja usaldusväärsust; osaleda digitaalses sisuloomes; osata kaitsta oma privaatsust (Põhikooli riiklik õppekava § 4, 2011).

1.4. Õppematerjali koostamine

Õpetaja peab õpetamisel ja õppetöö planeerimisel lähtuma riiklikust ainekavast, kus on aineti õppesisu ning õpitulemused (Põhikooli riiklik õppekava, 2011). Samas on ka kirjas, et õpet kavandades tuleb kasutada nüüdisaegset ja mitmekesist õppemetoodikat, -viise ja –meetodeid. Kui õpetaja koostab õppematerjali ise, siis on oluline jälgida, et õpilane saavutaks ainekavaga määratud õpitulemused. Järgnevalt annab autor edasi soovitusel õppematerjali koostamiseks.

Õpilaste loodusteadusliku kirjaoskuse arendamisel on väga olulisel kohal õige lähenemise valimine õpetamisele (Hiiesalu, Jürimäe, Kotkas, Saart, & Tuisk, 2019). Üks võimalus selleks on teha seda füüsikakatsete kaudu. Autor on järginud mõtet, et meie ümber oleva tegeliku maailma selgitamise üks võimalus on teha seda läbi katsete (Repnik & Grubelnik, 2010). Õppematerjal peab õpilasi julgustama ise katsetama (Repnik & Grubelnik, 2010). Katseid ise tehes jääb teema õpilastele paremini meelde, on arusaadavam ning füüsika tund huvitavam, kuid õpitava relevantsuse jaoks on oluline katsete seostamine igapäevaeluga, sest õpilased tahavad õppida ainult oluliste teemade puhul (Timakova, 2015).

Lisaks õppemeetodile on oluline ka õppematerjali visuaal ehk vormistus. Individuaalse töö juhendi koostamisel tuleks jälgida, et

- juhendid oleksid lihtsad;
- juhendite lugemine ei tekitaks täpsustavaid küsimusi;

- eelistada tuleks kirjalikke juhendeid;
- juhendis esitatakse tööülesanded;
- juhendis oleksid kirjas esitamise vorm;
- juhendis oleks antud töövahendite loetelu (Salumaa & Talvik, 2004).

Järgnevalt selgitab autor nõudeid, millest lähtuda õppematerjali ehk antud juhul töölehtede koostamisel. Kujundamisel on esmatähtis töölehe ühtlane kirjastiil ning teksti osas võiks kasutada kirjatüüpe, millega õpilased on harjunud (Luik, 2004). Luik (2002) järgi on raskem lugeda teksti, kus on pikad sõnad, mõisted ja kaldkirjas tekst ning vältima peaks punase, helesinise, -rohelise, kollase ja pruuni kasutamist. Oluline on, et tekst oleks segmenteeritud, sest õpilased mõistavad esitust paremini, kui see on esitatud väikeste segmentidena, mitte pideva esitusena (Luik, 2004). Luik (2004) eksperimendist ilmnes, et õpitulemus oli parem kui informatsioon oli esitatud heledal taustal (taust kas valge või beež) võrreldes seda tumedal taustal esitatud informatsiooniga. Samas leiti ka, et tekstiga koos esitatud graafika halvendas õpilaste õpitulemust ning vältida tuleks mitme erineva graafikaliigi korruga kasutamist.

Õppematerjalil olevad ülesanded peavad olema teemakesksed, õpilastele jõukohased ning neid peab olema piisavas koguses, et mitte õpilasi üle koormata (Salumaa & Talvik, 2004).

Kokkuvõttes saab öelda, et õppematerjali koostamisel tuleb ühelt poolt järgida ainekavaga määratud õpitulemusi, teisalt tuleb ka tähelepanu pöörata õppematerjali vormistamisele ja visuaalile.

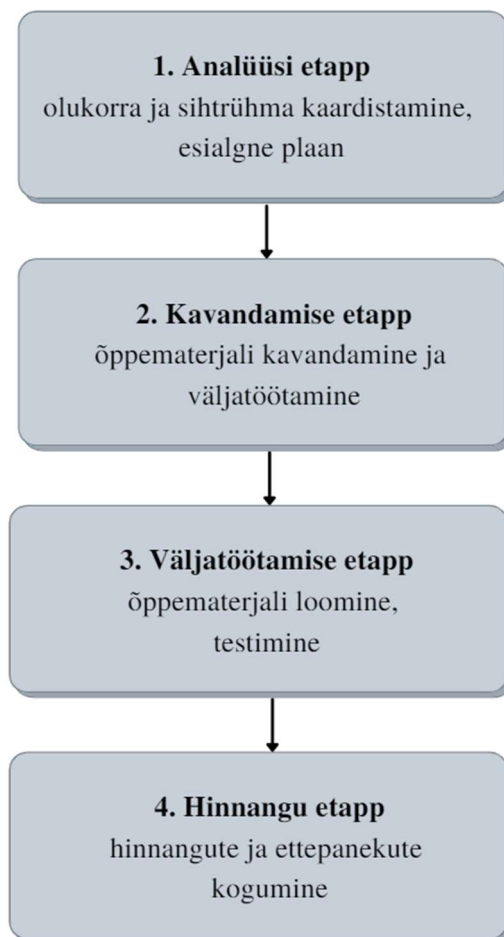
Autorile teadaolevalt puudub distantsõppel kasutatav soojusõpetuse õppematerjal. Seega käesoleva töö eesmärgiks oli koostada 9. klassi soojusõpetuse õpitulemuste saavutamist toetav projektõppe materjal ning selgitada välja füüsikaõpetajate arvamused loodud materjalidest ja nende arendusettepanekud.

Autor püstitas järgmised uurimisküsimused:

1. Missugused on füüsikaõpetajate arvamused (autori poolt koostatud) 9. klassi soojusõpetuse õpitulemuste saavutamist toetavate õppematerjalide kohta?
2. Missugused ettepanekud on füüsikaõpetajatel (autori poolt koostatud) 9. klassi soojusõpetuse õpitulemuste saavutamist toetavate õppematerjalide arendamiseks?

2. Metoodika

Õppematerjali koostamisel on lähtutud ADDIE mudelist. Selles mudelis eristatakse viit etappi – analüüs, kavandamine, väljatöötamine, kasutamine ning hinnangu andmise etapp (Villem, *et al.*, 2012). Antud magistritöö raames ei läbita selle mudeli neljandat ehk kasutamise etappi. Seega koosneb magistritöö uurimuslik osa neljast etapist (vt joonis 1).



Joonis 1. Uurimuse etapid

Esimene oli analüüsi etapp, kus kaardistati olukord, sihtrühm ning tehti esialgne plaan. Teine etapp oli projektõppe materjali kavandamine ja väljatöötamine 9. klassi füüsika soojusõpetuses. Kolmandas etapis loodi õppematerjal võttes aluseks põhikooli füüsika ainekava eesmärgid. Katsed valiti sellised, et õpilastel oleks neid võimalik kodus leiduvate vahenditega teha, sest distantsõppele üleminek võib tulla järsku ning spetsiifilisi katsevahendeid pole alati võimalik koolist kõigile õpilastele kaasa anda. Viimases etapis koguti õpetajatelt hinnanguid ja ettepanekuid õppematerjali parendamiseks. Andmeid koguti ankeediga, milles olid küsimused õpetajate taustaandmete, materjali ülesehituse ning

ettepanekud arendamiseks. Ankeedis oli nii suletud kui avatud vastustega küsimusi. Analüüsi ja järelduste tegemiseks koostas autor sarnased vastused. Teostati kirjeldav statistika.

Küsimusi analüüsiti kvalitatiivse induktiivse sisuanalüüsiga.

2.1. Õppematerjali koostamine

Kavandamise etapis õppematerjali koostamisel järgiti Põhikooli riiklikku õppekava (2011). 9. klassi füüsika soojusõpetuses saavutatavad õpieesmärgid on toodud eelnevalt töös alapeatükis 1.3. Käesoleva töö soojusõpetuse projektõppe on ülesehitatud töölehtedele. Iseseisvalt katseid tehes ning õpiku teooriale toetudes loob õpilane internetikeskkonda blogi, kus ta selgitab tehtud katseid, seostab neid teooriaga ning analüüsib katsetulemusi. Refleksiooniks blogi kasutamise valis autor, et toetada õpilaste Informaatika õpitulemuste täitmist ajaveebi loomise ja kasutamisega (Põhikooli riiklik õppekava, 2011) ning pakkuda õppetulemustele ligipääsu kaasõpilastele ja õpetajale (Andersen, Wark, & Annand, 2005).

Kolmas etapp oli õppematerjali väljatöötamine, milles järgiti ühtset stiili. Vastavalt Luik (2002, 2004) uuringutele kasutati töölehel must-valget kujundust, välditi kaldkirja ja graafikat. Õpilastele edastatav õppematerjal on eraldiseisvatel töölehtedel, mis on autoril tehtud Canva programmiga ning muudetud õpilastele saatmiseks pdf-vormingusse. Õppematerjali koostamise eesmärk on, et õpetaja saaks saata töölehe arvuti vahendusel ning õpilane ise planeerida oma tegevust kindla ajavahemiku jooksul (Veletsianos, Kimmons, Larsen, & Rogers, 2021) ning selle lõppedes esitada tulemuse interneti vahendusel, näiteks õppeotstarbel loodud blogis (Andersen, Wark, & Annand, 2005). Privaatsuse tagamiseks (Chang, 2021) kasutab õpilane varjunime või muudab blogis oleva info kättesaadavaks ainult tema poolt saadetud lingi omanikele. Oluline on, et õpetaja ja õpilase vahel lepitaaks kokku, kas õpetaja tagasisidestab blogi sissekandeid avaliku kommentaarina või privaatelt e-kirja või mõne teise kanali kaudu. Töölehtedel on kirjas ka tähtajad – üks nädal, millal katsed peavad olema tehtud ning analüüsitud. Need on olulised, et õpilasel oleks reaalne arusaam ajalistest piirangutest (Veletsianos, Kimmons, Larsen, & Rogers, 2021).

Väljatöötamise etapis on ka õppematerjali testimine. Enne õppematerjali õpilastele andmist on otstarbekas kontrollida, kas juhendist saadakse aru nii nagu koostaja on mõelnud, andes selle mõnele kolleegile või õpilasele (Salumaa & Talvik, 2004). Töölehed on valideeritud juhendaja ning ühe kaasüliõpilase poolt. Töölehed tegi läbi üks sihtrühma kuuluv õpilane, kes samuti tegi ettepanekuid ning märkusi. Piloteerimise eesmärk oli teha kindlaks töölehtede kitsaskohad, näiteks materjalide kättesaadavus, ajaline kestus. Kokku koostati neli töölehte, mis on esitatud lisades 2-5. Esimene tööleht on aine ehituse mudeli ja

soojusliikumise katsetega. Töölehel on neli katset (vt tabel 2 ja lisa 2). Teine, kolmas ja neljas tööleht on soojusülekande kohta. Teisel töölehel on kolm katset (vt tabel 2 ja lisa 3), kolmandal kaks katset (vt tabel 2 ja lisa 4) ning neljandal üks ülesanne (vt tabel 2 ja lisa 5). Töölehti saab kasutada üksteisest sõltumata.

Tabel 2. 9. klassi õpitulemused soojusõpetuses (Põhikooli riiklik õppekava, 2011. Lisa 4 - 2.4.4.4.).

Õpitulemus	Katse	Tööleht ja katse
Kirjeldama tahkise, vedeliku, gaasi ja osakestevahelise vastastikmõju mudeleid. Loetlema sulamise, tahkumise, aurumise olulisi tunnuseid, seostab neid teiste nähtustega ning kasutab neid praktikas	Katse teel aine kolme erineva oleku näitamine (Saks & Baumer, 2012)	Tööleht 1 – katse 1 (lisa 2)
Kirjeldama soojusliikumise ja – paisumise olulisi tunnuseid, seost teiste nähtustega ning kasutamist praktikas	1. Jahtumisel vedeliku kokkutõmbumise tõestamine 2. Õhupalliga külma pudeli sooja vette panemine (Craig & Rosney, 1996)	Tööleht 1 – katse 4 (lisa 2) Tööleht 1 – katse 3 (lisa 2)
Selgitama seost, et mida kiiremini liiguvad aineosakesed, seda kõrgem on temperatuur	Difusiooni sõltuvus temperatuurist	Tööleht 1 – katse 2 (lisa 2)
Kirjeldama soojusülekande olulisi tunnuseid, seost teiste nähtustega ja selle kasutamist praktikas	Erinevate materjalide soojusjuhtivus (kuum vesi, erinevatest materjalidest esemed) (Pearce, 1999)	Tööleht 2 – katse 3 (lisa 3)
Nimetama mõistete siseenergia, temperatuurimuut, soojusjuhtivus, konvektsioon ja soojuskiirgus olulisi tunnuseid	Teepaki katse (konvektsioon) (Saks & Baumer, 2012)	Tööleht 2 – katse 1 (lisa 3)
Sõnastama järgmist seost ning kasutama seda soojusnähtuste selgitamisel - soojusülekande korral levib siseenergia soojemalt kehalt külmemale	Kohvi ja külm lusikas (soojusülekanne, soojuslik tasakaal)	Tööleht 2 – katse 2 (lisa 3)
Sõnastama järgmist seost ning kasutama seda soojusnähtuste selgitamisel - mida tumedam on keha pind, seda suurema soojushulga keha ajaühikus kiirgab ja neelab	Soojuskiirguse tõestamine jääkuubikutega, sh ühte tumedaks tehes.	Tööleht 3 – katse 1 (lisa 4)
Selgitama termose ja soojusmaterjalide otstarvet, töötamise põhimõtet, kasutama näiteid ning ohutusnõudeid	Termose kavandamine.	Tööleht 4 (lisa 5)

Loetlema aurumise olulisi tunnuseid, seostab neid teiste nähtustega ning kasutab neid praktikas	Märja riidetüki erinevad kuivatamisviisid (aurustumine) (Glover, 2003)	Tööleht 3 – katse 2 (lisa 4)
---	--	------------------------------

Katsete valiku tegi autor raamatutes ning ka varemalt teadaolevate katsete seast. Autor jälgis, et katse oleks õpilasel teostatav iseseisvalt ning kodus leiduvate vahenditega. Katsed ning nendega saavutatav õpitulemus on toodud tabelis 2.

2.2. Valim

Töölehtede parendamise eesmärgil koguti tagasisidet sihtgrupi õpetajatelt. Valim moodustati mugavusvalimi põhimõttel, mis Õunapuu (2014) järgi tähendab, et liikmeid kaasatakse uurijale kergesti kättesaadavate huvialuste hulgast. Eelistati isiklikku tutvusringkonda kuuluvaid põhikooli füüsikaõpetajaid ehk eksperte, kelle kontaktandmed olid autoril eelnevalt olemas ning kes olid nõus uuringus osalema. Lisaks sai autor magistritöö juhendajalt soovitusi uuritavateks ja leidis seejärel nende kontaktid koolide kodulehtedelt.

Valimi moodustamise kriteeriumid olid järgmised:

1. õpetamiskogemus III kooliastmes;
2. erinevad tööstaažid;
3. erinevad keskmised õpilaste arvud klassis;
4. nii nais- kui meesõpetajate esindatus;
5. vabatahtlik soov töölehti hinnata ning küsimustikule vastata.

Kuna magistritöö raames koostatud töölehed on mõeldud 9. klassile, siis oli õpetamiskogemus III kooliastmes oluline. Usaldusvääruse tagamiseks valiti erinevate tööstaažidega ja õpetatavate arvuga õpetajad ning arvestati, et oleks esindatud nii nais- kui meesõpetajad.

Uuritavateni jõudmiseks pöördus autor gmaili või Messengeri kaudu üheteistkümne eksperdi poole, edastades neile palve õppematerjaliga tutvumiseks ning küsimustikule vastamiseks. Õpetajatel paluti tutvuda töölehtedega ning täita Google Formsis küsimustik. Nõusoleku uuringus osalemiseks andis kümme eksperti. Tabelis 3 on toodud küsitletavate taustaandmed. Töös kasutatakse õpetajate pseudonüüme (Ekspert 1 jne).

Tabel 3. Küsimustikule vastanud eksperdid.

Ekspert	Kooliaste kus õpetab	Mitu aastat on töötanud füüsikaõpetajana	Palju õpilasi on keskmiselt klassis	Kas on projektõpet varem ise läbi viinud?
Ekspert 1	põhikool	15 aastat	6 õpilast	jah
Ekspert 2	põhikool ja gümnaasium	7 aastat	17 õpilast	jah
Ekspert 3	gümnaasium	22 aastat	26 õpilast	jah
Ekspert 4	põhikool ja gümnaasium	9 aastat	20 õpilast	ei
Ekspert 5	põhikool	15 aastat	25 õpilast	ei
Ekspert 6	põhikool	8 aastat	24 õpilast	jah
Ekspert 7	põhikool	8 aastat	6 õpilast	jah
Ekspert 8	põhikool	7 aastat	22 õpilast	jah
Ekspert 9	põhikool	10 aastat	46 õpilast	vastaja ei tea, mis on projektõpe
Ekspert 10	põhikool	2 aastat	9 õpilast	jah

Uuringus osalesid Eesti erinevate maakondade õpetajad. Neist kuni viieaastase staažiga oli üks, 5-10-aastase staažiga kuus ning üle kümne aasta oli töötanud füüsikaõpetajana kolm vastanut (tabel 3). Lisaks füüsikale õpetas kaheksa õpetajat ka teisi õppeaineid. Kõige rohkem oli loodusõpetuse õpetajaid. Õpetati ka keemiat, matemaatikat, informaatikat, bioloogiat, geograafiat, loovust ning juhendati teadusringi. Uuringust selgus (vt tabel 3), et projektõpet oli nende endi sõnul füüsikatunnis kasutanud kümnest seitse eksperti. See on märgatavalt rohkem kui Pöder (2020) uuringus, kus uuritavatest II ja III kooliastme loodusainete õpetajatest kasutas projektõpet ainult 34%. Küsitletutest üks ekspert ei teadnud, mis on projektõpe.

Töölehtede piloottestimiseks osales valimis ka üks üheksanda klassi õpilane. Tegu oli mugavusvalimiga: autor valis oma õpilase. Testimise eesmärgiks oli katsetada, kas

- õpilasel kerkib üles küsimusi (Salumaa & Talvik, 2004);
- töölehtede põhjal saab kodus katseid läbi viia;
- ülesannete raskusaste on sobiv;
- ajalimiit on piisav;
- töölehtedel pole vigu.

2.3. Andmekogumine ja -analüüs

Magistritöö eesmärgist lähtudes koguti kõigepealt andmeid töölehtede koostamiseks ning seejärel nende hindamiseks. Uurimuse usaldusväärsuse tõstmiseks tegi töö autor kogu protsessi jooksul märkmeid uurijapäevikusse (Laherand, 2010). Magistritöö raames eraldi uurijapäevikut ei analüüsita. Õppematerjalis olevate katsete koostamiseks saadi ideid kirjandusest. Katsete sobivust arutati juhendajaga. Ideede korje viidi läbi veebruaris ja märtsis 2021. aastal.

Autor viis läbi töölehtede piloottestimise ühe üheksanda klassi õpilase peal.

Katsetustejärgsel arutelul soovitas õpilane P.:

- Muuta katsematerjalide valikut;
- Kaotada ära töölehel olev pilt;
- Muuta töölehtede tausta heledamaks.

Esialgu oli ühes katses materjalidena nimetatud kolme kahvlit (metallist, puidust ja plastikust). Kuna neid ei pruugi kõigis kodudes leiduda, muutis autor sõnastust ning kirjutas sõna „kahvel“ asemel „eri materjalidest peenikesi esemeid“. Algselt oli autoril planeeritud ka katsed, mille tegemiseks läks vaja termomeetrit. Need katsed töölehtedele ei läinud, sest termomeetrit õpilaste kodudes ei pruugi leiduda. Seda ei olnud ka piloteerinud õpilasel. Raskusaste oli õpilasele sobiv. Samuti piisas töölehtedel olnud ajalimiidist. Vigu õpilane P. ei leidnud. Esimesel töölehel oli ka illustratiivne pilt, kuid õpilane leidis, et see on liigne. Autor nõustus temaga, sest see tõesti ei sobinud ning eemaldas pildi. Õpilase soovitusel järgselt muutis autor töölehtede tausta heledamaks. Luik (2004) järgi on õpitulemus parem kui informatsiooni esitatakse heledal taustal. Kuvatõmmis õpilasel projektõppe tulemusena loodud blogi katkest on toodud lisas 6. Õpilase arvamus sellisest töölehtedel ja blogil põhineva õppe kohta oli

Selline õppemeetod on uus ja meeldiv, katsed on vaheldusrikkad, blogi loomine ja avalike postituste tegemine huvitav. /.../ teen meelevdi need katsed ka vabast ajast ära, uus ja huvitav kogemus see blogimine ka /.../ (õpilane P.)

Õppematerjalile tagasisidet küsiti õpetajatelt elektroonilise ankeediga (vt lisa 1). Küsitlus on levinumaid andmekogumise meetodeid, mis seisneb uuritavatele küsimuste esitamise ja vastuse registreerimise vormis uurimisprobleemi lahendamise eesmärgil (Õunapuu, 2014). Andmekogumiseks valis autor selle meetodi, sest see võimaldas lihtsalt ja kiiresti küsitletavateni jõuda. Ankeet koostati Google Formsis.

Vastavalt uurimisküsimustele moodustas autor kolm küsimuste plokki. Esimene plokk küsimusi oli eksperdi tausta ning teadlikkuse kohta projektõppest, näiteks „Millises kooliastmes õpetate?“, „Mitu aastat olete töötanud füüsika õpetajana?“, „Kas teate, mis on projektõpe?“, „Kui vastasite eelmisele küsimusele jaatavalt, siis palun selgitage mõne lausega, mis on teie jaoks projektõpe“. Lisas 1 on esitatud ankeet tervikuna.

Teises plokis olid küsimused materjali ülesehituse ning jõukohasuse kohta. Autor palus anda hinnangut töölehtede kohta käivatele väidetele: „Töölehed on huvitavalt koostatud“, „Töölehtede kasutamine muudab õpetamise mitmekesisemaks“, „Töölehtede tekst on minu hinnangul õpilastele arusaadav“, „Töölehtedel pakutud ülesanded toetavad Bloomi taksonoomia tasemeid – arusaamist, mõistmist, rakendamist, analüüsi, sünteesi, hindamist“, „Töölehed on minu hinnangul õpilastele jõukohased“. Kuna autor töötas hindamiseks välja väiteplokid, siis sai vastaja väidet hinnata liitskaalat kasutades: 1-täiesti nõus, 2-pigem nõus, 3-nii ja naa, 4-pigem ei ole nõus, 5-ei ole nõus, 6-ei oska öelda. Skaala kasutamine uurimistöös aitab vastuseid piiritleda (Õunapuu, 2014). Uuriti ka, „Mis olukordades Te annaksite sellise projekti õpilastele teha?“ ning „Kas oleksite huvitatud selliste töölehtede kasutamisest oma ainetundides?“

Kolmas plokk oli õppematerjali arendusettepanekud. Neid küsis autor töölehtede põhiselt ehk arendusettepanekud töölehele „Aine ehituse mudel. Soojusliikumine“, „Soojusülekanne I“, „Soojusülekanne II“ ning „Soojusülekanne III“. Lõpuks oli vastajatel võimalus täpsustusteks – „Mida soovite veel lisada või täpsustada töölehtedega seoses?“ Esimeses ja kolmandas plokis olid avatud küsimused. Küsimustik on esitatud lisas 1.

Töö kvaliteedi suurendamiseks tegi autor 22. aprillil 2021. aastal, enne küsimustiku ekspertidele saatmist, pilootküsitluse, saamaks teada esmase hinnangu töölehtedele ja küsimustikule ning võimalikele vigadele. Selleks saatis autor eelnevalt loa saanuna kaasüliõpilasele ning samal ajal ka töötavale füüsikaõpetajale töölehed ning lingi küsimustikule. Piloteerija vastas samal päeval. Küsimustiku muutmise soovitusi ei tehtud. Töölehtede arendusettepanekutest parandati üks kirjaviga, muudeti töölehel „Soojusülekanne I“ sõnastust – kuum vesi, asendati sõnadega keev vesi. Põhjuseks, et kuna ka mõnda aega seisnud vett võib nimetada kuumaks, on katse seisukohast oluline keeva vee kasutamine. Töölehel „Soojusülekanne II“ kaotati ära ebaoluline sõna, lisaks asendati sõna kagardunud sõnaga kortsutatult, sest esialgsest sõnast ei pruugi kõik õpilased aru saada. Katse kirjeldusse lisati sõna „kuiva“, sest mõni õpilane võib viimase riidetüki jätta veega kaussi. Tööleht „Soojusülekanne III“ oli lühike, selge ja arusaadav ning jätab õpilasele piisavalt võimalusi

loomingulisuseks. Seega piloteerija ei muudaks ülesandes midagi. Muudatusi tegi autor piloteerija soovitusel töö sooritamise ajas, asendades kümme päeva ühe nädalaga.

Ankeet saadeti ekspertidele 4. – 6. mail 2021. aastal elektrooniliselt kasutades rakendust Google Forms. Kirjale lisati manusena õppematerjali pdf. Vastamiseks anti aega 1-3 päeva. Küsimustikule laekusid vastused 4.-9. mai 2021. Andmete analüüsimiseks salvestas autor küsitluse tulemused Microsoft Excelisse. Avatud küsimused koondati gruppidesse, näiteks vormistuslikud soovitused, muudatused katsevahendites, sisulised täpsustused. Andmeid analüüsiti kirjeldava statistika abil.

Käesoleva magistritöö valiidsuse ja reliaabluse tagamiseks autor tegi järgnevat:

1. Ekspertide taustaandmete küsimine (Tooding, 2015);
2. Enne töölehtede saatmist valimile valiteeriti need juhendaja ning ühe kaasüliõpilase poolt (Tooding, 2015);
3. Töölehed katsetati läbi ühe 9. klassi õpilase poolt (Salumaa & Talvik, 2004);
4. Autor pidas ka uurijapäevikut, kus fikseeris andmeid ning kirjeldas kõiki tegevusi (Laherand, 2010);
5. Töö reliaablust suurendas küsitlusele vastajate võimalus lisaks valikvastustele ka oma mõtteid vabas vormis selgitada;
6. Vastajatele tagati konfidentsiaalsus. Autor kasutab töös pseudonüüme (Ekspert 1, jne).

3. Tulemused

Antud magistritöö eesmärgiks oli koostada 9. klassi soojusõpetuse õpitulemuste saavutamist toetav projektõppe materjal ning selgitada välja füüsikaõpetajate arvamused loodud materjalidest ja nende arendusettepanekud. Koostatud õppematerjal baseerub töölehtedel. Valmis neli töölehte, millele küsiti füüsikaõpetajatelt ehk ekspertidelt arvamusi ning arendusettepanekuid. Tulemuste peatükis tuuakse esimesena välja ekspertide arusaam projektõppe olemusest ning seejärel küsimustiku analüüsimisel saadud vastused lähtudes uurimisküsimustest.

3.1. Ekspertide arusaam projektõppe olemusest

Ekspertide käest küsiti „Kas teate, mis on projektõpe?“ ning neilt, kes vastasid sellele küsimusele jaatavalt, paluti selgitust selle kohta, mis nende jaoks on projektõpe. Projektõpet ei teadnud üks ekspert. Ekspert 2 kirjeldas projektõpet kui probleemi lahendumisele

keskendumist läbi uurimisprotsessi ja Ekspert 5 kasutas projektõppe selgitamisel lähenemist läbi probleemi.

See on pikem õppeprotsess, kus õpilased loovad endale probleemi (või neile antakse ette probleem) ning nad peavad selle lahendama. Koostama nõu projekti. (Ekspert 5)

Projektõppe mõiste seletamisel töid pooled eksperdid välja uute teadmiste, oskuste ning seoste omandamise (Ekspertid 1, 2, 5, 6, 8, 10). Rõhutati ka teemade sidumist õppekavas sätestatuga (Ekspert 5) ning võimalust õppeainete vaheliseks lõiminguks (Ekspert 3).

Projektõppe on eesmärgistatud õppimine õpiprojekti elluviimise kaudu. /.../ Selle käigus on võimalik teha ka õppeainete vahelist lõimingut. (Ekspert 3)

Ekspertid töid ka välja, et õpilane ise leiab mooduse eesmärgi saavutamiseks, seejuures seoseid avastades ning tehes seda sisemise motivatsiooni toel (Ekspert 5). Õpetajat nähakse suunaja, abistaja ja tagasisidestaja rollis (Ekspert 7).

3.2. Ekspertide hinnangud õppematerjalile/töölehtedele

Esimene uurimisküsimus käsitles füüsikaõpetajate arvamusi 9. klassi soojusõpetuse õpitulemuste saavutamist toetavate õppematerjalide kohta, milleks olid autori poolt koostatud neli töölehte. Küsimustele vastasid kõik kümme eksperti.

Esimene küsimus oli „Palun andke hinnang töölehtedele kasutades hindamisskaalat“. Vastuse variandid olid - täiesti nõus, pigem nõus, nii ja naa, pigem ei ole nõus, ei ole nõus, ei oska öelda. Eelnevalt nimetatud küsimusel oli viis alapunkti.

Esimese alapunktiga „Töölehed on huvitavalt koostatud“ olid täiesti nõus kaks ning pigem nõus kuus vastajat. Kaks eksperti valis vastuse nii ja naa. „Töölehtede kasutamine muudab õpetamise mitmekesisemaks“ vastanutest oli kõige sagedasem vastus pigem nõus. Nii arvas seitse vastajat. Kaks eksperti olid selle väitega täiesti nõus ning üks vastas nii ja naa. Väitega „Töölehtede ülesannete tekst on minu hinnangul õpilastele arusaadav“ oli täiesti nõus neli ning pigem nõus kolm eksperti. Nii ja naa arvast kolm vastajat. „Töölehtedel pakutud ülesanded toetavad Bloomi taksonoomia tasemeid - arusaamist, mõistmist, rakendamist, analüüsi, sünteesi, hindamist“ sai autor erinevaid vastuseid. Täiesti nõus oli selle väitega 3 eksperti. Variandi „pigem nõus“ valis neli eksperti. Variante „nii ja naa“, „pigem ei ole nõus“ ning „ei oska öelda“ valiti üks kord. Väitega „Töölehed on minu hinnangul õpilastele

jõukohased“ olid vastajad täiesti nõus või pigem nõus. Vastuste protsent oli vastavalt 40% ja 60%.

Autor küsis ka ekspertidelt, „Mis olukordades Te annaksite sellise projekti õpilastele teha?“. Vastajatele olid antud variandid – distantsõpe, haigus, tavaõpingute korral. Lisaks oli võimalik valida vastusevariant „Muu“ ning seda täpsustada. Valida sai korraga mitu vastusevarianti. Valiku „Distantsõpe“ tegid kõik vastajad. Lisaks sellele valis 80% ekspertidest valiku „tavaõpingute korral“. 40% vastajatest kasutaks sellist projekti oma haiguse korral. Varianti „Muu“ ei valinud ükski vastajatest.

Viimane küsimus oli „Kas oleksite huvitatud selliste töölehtede kasutamisest oma ainetundides?“. Vastusevariandid olid jah, ei ning võib-olla. Vastuse „Jah“ valis 60% vastajatest, „Võib-olla“ 30% ning „Ei“ 10% vastajatest ehk üks ekspert.

3.3. Ekspertide arendusettepanekud

Teine uurimusküsimus oli ettepanekutest 9. klassi soojusõpetuse õpitulemuste saavutamist toetavate õppematerjalide arendamiseks. Arendusettepanekuid tegi seitse eksperti. Kaks eksperti jätsid nendele küsimustele vastamata.

Ekspertide poolt tehti vormistuslikke soovitusi, mis kehtisid kõikide töölehtede kohta. Oli ettepanek töölehele pildi juurde lisamiseks (Ekspert 1). Pilt võiks olla vahenditest, protsessist vms (Ekspert 1). Ekspert 5 soovitas tööülesandeid rohkem liigendada, sest teksti on raskem lugeda kui see on ühtse tekstina. Tehti ettepanek teise töölehe teksti rööpjoondamiseks (Ekspert 5). Oli ka arvamus, et kuna leidub õpilasi, kes ei oska ise õpikust teooriat leida, siis võiks olla viide õpikule täpsem (Ekspert 7). Praegu on teooriaga tutvumise viide liiga ebamäärane. Soovitati ka mitte rõhutada blogisse üles panemist (Ekspert 9). Tehti soovitus katsetele järgmiste osade lisamiseks:

Kõik töölehed võiksid sisaldada lisaks katsetele veel järgvaid osasid: 1) suunaseadmine, kus õpilastel tekitatakse huvi antud teema vastu, 2) hüpoteesi püstitamine, et panna mõte tööle, milline võiks olla tulemus, 3) katsetulemuste kirjeldamine, 4) hüpoteesi kontrollimine, 5) tulemuste analüüs (miks hüpotees oli tõene või mitte) (Ekspert 8).

Tööleht 1 oli „Aine ehituse mudel. Soojusliikumine“. Esimese katse vahenditele soovitati lisada vee asemel jää või siis veele lisada sügavkülm/külmkapp/külmkamber ja pliit (Ekspertid 2 ja 4). Teisele katsele arendusettepanekuid ei tehtud. Kolmanda katse puhul oli märkus, et juba 60°-70° kraadises vees võib plastpudel kokku tõmmata või sulada (Ekspert 10). Õpilane võiks kasutada katset tehes termokindaid. Neljanda katse märkus oli, et

/.../ kui õpilane valib vedelikuks vee, siis 4 kraadi juures on vee tihedus suurim, aga 4-st kraadist allapoole jahtudes vesi paisub. Olenevalt valikutest ei pruugi katse õnnestuda (Ekspert 2).

Töölehel 2 - „Soojusülekanne I“ olevale esimesele ja teisele katsele arendusettepanekuid ei tehtud. Kolmanda katse katsevahendites soovitati teha muudatus. Telefon asendada taimeriga, sest telefonis on taimer enamasti olemas, aga saab ka muud taimerit kasutada (Ekspert 2). Sama töölehe kolmandas katses peaks juurde märkima, et kasutatavad eri materjalist esemed peaksid olema samade mõõtmetega (Ekspert 2). Katse juurde soovitas ekspert lisada ka järgneva lause

/.../ pane metall ese keevasse vette osaliselt, ülemisest servast, mis veega kokku ei puutu hoia kinni ja mõõda /.../ (Ekspert 4).

Kolmas tööleht „Soojusülekanne II“. Esimeses katses tehti märkus sõna „neeldaja“ kohta, et see pole päris õige sõna ning soovitati ka muuta paremaks esimese katse kirjeldust (Ekspert 2). Teise katse puhul tehti ettepanek kaalu kasutamiseks, sest visuaalne hinnang on subjektiivne.

/.../ Ehk peaks kasutama kaalu, sest visuaalne hinnang on subjektiivne. Ühtlaselt määrjad - sarnase massiga. Vahepeal hinnates peaks ehk ka kaaluma /.../ (Ekspert 5).

Neljanda töölehe „Soojusülekanne III“ ülesanne kohta arvas ekspert, et selle projekti teema on veidi ebareaalne ning õpilased ei teeks seda ülesannet eelduspäraselt (Ekspert 2).

Selle projekti teema on veidi ebareaalne. Ma õpilasena kirjutaks, et "selleks, et toitu mitte raisku lasta, sööksin jäätise ära". Ja ilmselt vastaksid elukogenumad õpilased, et paneks ikkagi sügavkülma, sest see säilitab temperatuuri päris kaua (uuemad mingi 24h) (Ekspert 5).

Ekspert 5 soovitas ka õpilasele vahendite loetelu ette anda, sest nõrgemad õpilased ei suuda selle ülesandega toime tulla. Ekspert 2 soovitas see katse asendada teise ülesandega, näiteks soojusjuhtivuse uurimisega (soojustusmaterjalide uurimine, kirjeldamine vms).

Küsitluse lõpus oli võimalus täiendavateks märkusteks „Mida soovite veel lisada või täpsustada töölehtedega seoses?“. Ekspert 5 tegi täpsustusi teksti ja numbrite suuruse, liigenduse kohta. Ülesannetel võiksid olla suuremad vahed vahel (Ekspert 9).

Numbrid katsete ees on väga hea suurusega :) Algul tundus, et teksti väga palju, oleks tahtnud mõnda pilti ka. Kuna tekst on ühe lõiguna (katse), siis algul ei kutsunud selline

paigutus teksti lugema. Samas, kui teksti liigendada, siis ei mahuks sama suurusega tekst enam ühele lehele ära. Hea, et kogu tekst ühel lehel. Samuti teksti suurus, on hea! (Ekspert 5)

Tehti ka ettepanek töölehe all oleva kasti tõstmiseks katsekirjelduste ette (Ekspert 7) ning kirjas võiks olla ka töö vormistusnõuded (Ekspert 9). Samuti võiks õpilast rohkem järelduste tegemisel suunata.

Kõikide töölehtede juures võiks õpilast järelduste tegemisel suunata. Katse lõpus eraldi välja toodult, mida märkasid, millised muutused toimusid, milline füüsikaline nähtus esines jne. /.../ (Ekspert 4)

Ekspertid arvasid, et töölehed on sobilikud põhikoolis kasutamiseks (Ekspert 3), aga vajavad veel läbimõttlemist (Ekspert 2). Juurde võiks lisada ka milliseid pädevusi soovitakse saavutada ning ülesandeid rohkem siduda igapäevaeluga (Ekspert 6). Ära ei tohi unustada ka teaduspõhist mõttlemist (Ekspert 8).

NB! Töölehe täitmine ei saa olla kunagi eesmärgiks. Täpselt samuti nagu tee ei ole kunagi teede ehituses eesmärk. Eesmärk on kiirendada transporti mingis piirkonnas. Seega soovitaks juurde kirjutada, milliseid üldpädevusi, läbivaid teemasid või ainealaseid pädevusi antud teemaga soovitakse saavutada. Viimane tööleht oli eluline. Ka esimesel ja teisel lähenemisel tuleks mõelda juurde, kuidas antud teema on seotud igapäevaeluga, et see õpilast kõnetaks. (Ekspert 6)

Töölehtede koostamisel tuleb hoolikalt mõelda, MIDA TAHAN ÕPILASELT TEADA SAADA SELLE TEEMAGA SEoses. Hetkel on ülesanded väga toredad ja kindlasti ka huvitavad õpilaste jaoks. Aga teaduspõhisele mõttlemisele suunamisel on väga oluline roll, et õpilane teeks oletusi (hüpotees) ja analüüsiks oma tulemusi. Kui see osa puudub, siis jääb ka areng õpilasel seisma. (Ekspert 8)

4. Arutelu

Käesoleva magistritöö raames koostati 9. klassi soojusõpetuse õpitulemuste saavutamist toetav projektõppe materjal. Valmis neli töölehte, mida katsetati ühe sihtgrupi õpilasega ning seejärel küsiti füüsikaõpetajatelt ehk ekspertidelt arvamust töölehtede kohta ja arendusettepanekuid.

Veendumaks, et eksperdid teavad, mis on projektõppe, küsis autor seda ning palus selgitada. Selgus, et üldiselt õpetajad teavad selle õppemetoodika tähendust, kuid nad tõid selgituses välja erinevaid aspekte. Kui Hiiesalu jt (2019) järgi lahendavad õpilased projektõppe kaudu mõnda päriselulist probleemi ning Blumenfeld'i jt (1991) rõhutas, et lahenduste leidmine käib läbi realistlike olukordade uurimise, siis seda arvasid ka küsitlusele vastajad. Projektõppe peamine eesmärk on õige õppemeetodi valikuga (Leppik, 2006)

akadeemiliste oskuste kaudu (Zimmerman, 2002) uute arusaamade konstrueerimine (Blumenfeld, et al., 1991). Projektõppe mõiste seletamisel tõid pooled eksperdid välja uute teadmiste, oskuste ning seoste omandamise. Rõhutati ka teemade sidumist õppekavas sätestatuga ning võimalust õppeainete vaheliseks lõiminguks. Projektoõppel on suur roll õpilasel. Iseseisev õppimine nõuab enesedistsipliini (Leppik, 2006), õpi- (Andersen, Wark, & Annand, 2005) ning ajaplaneerimise oskust (Veletsianos, Kimmons, Larsen, & Rogers, 2021). Eksperdid tõid välja, et õpilane ise leiab mooduse eesmärgi saavutamiseks, seejuures seoseid avastades ning tehes seda sisemise motivatsiooni toel. Õpetajat nähakse suunaja, abistaja ja tagasisidestaja rollis. Blumenfeldi (1991) järgi on õpetaja oluline õppimisvõimaluste kujundaja, õpilase mõtlemise juhendaja ning nende arusaamade konstrueerija. Kuna projektõpet saab selgitada läbi erinevate aspektide, siis olid ka ekspertide lähenemised erinevad. Üheksa vastajat oskasid seda selgitada, seega saab autor väita, et valim oli teadlik sellest õppemeetodist.

Autori koostatud töölehed baseerusid koduste vahenditega tehtavatel katsetel. Nimetatud õppemeetod valiti, sest meid ümbritsevat maailma on võimalik selgitada läbi katsete (Repnik & Grubelnik, 2010) ning katseid tehes on füüsika õpilaste jaoks arusaadavam ja huvitavam (Timakova, 2015). Katsete kirjeldused, tulemused, analüüsid ning fotod esitab õpilane blogi kaudu. Digivahendite abil digitaalse sisu loomine on üks digipädevuse osa ning ajaveebi loomine ja kasutamine täidab Informaatika kolmanda kooliastme õpitulemuse (Põhikooli riiklik õppekava, 2011). Selline õpe motiveerib õpilasi õppima (Holubova, 2008), nad saavad seda teha omas tempos (Andersen, Wark, & Annand, 2005) ning nad on eksperimente tehes entusiastlikumad (Repnik & Grubelnik, 2010).

Esimene uurimusküsimus oli ekspertide hinnang töölehtede kohta. Põhikooli riiklikus õppekavas (2011) on öeldud, et õpetades tuleb olla mitmekesine. Eksperdid olid nõus väitega, et töölehtede kasutamine muudab õpetamise mitmekesisemaks. Kui distantsõppel veedavad õpilased palju aega arvutite taga, siis iseseisev katsete tegemine muudab õppe nende jaoks vaheldusrikkamaks. Töölehtede arusaadavusega nõustus 70% vastajatest. Kuna 30% vastas „Nii ja naa“, siis vajaks see edasist uurimist, et teha kindlaks, mis ekspertide arvates võiks õpilastele töölehtedel segaseks jääda. Autor on põhikooli füüsika soojusõpetuse kursuse õpieesmärke analüüsinud lähtudes Bloomi taksonoomiast (Põhikooli riiklik õppekava, 2011; Krull, 2020). Seega oli järgmine väide ülesannete toetusest Bloomi taksonoomia tasemetele. Autor sai küsimustikule erinevaid vastuseid. 70% vastajatest oli küll täiesti nõus või pigem nõus, kuid kuna vastuste seas oli ka variante „nii ja naa“, „pigem ei ole nõus“ ning „ei oska öelda“, siis kindlat seisukohta siin võtta ei saa. Selguse mõttes oleks autor pidanud enne väite

esitamist selgitama lähemalt Bloomi taksonoomiat ning andma ka vastajatele võimaluse oma arvamuse põhjendamiseks. Väitega „Töölehed on minu hinnangul õpilastele jõukohased“ olid vastajad täiesti nõus või pigem nõus. Vastuste protsent oli vastavalt 40% ja 60%. Jõukohasus on oluline, sest liiga raskete või keeruliste ülesannete korral võib õpilane heituda ning loobuda edasi õppimast. Ekspertide hinnangutest lähtub, et nad on loodud õppematerjaliga rahul. Tulenevalt ekspertide hinnangutest võib väita, et töölehed on mitmekesised, arusaadavad ning jõukohased. Seega on täidavad need püstitatud eesmärgid ning on sobilikud kasutamiseks 9. klassi füüsikatundides.

Eesti koolide viibimine distantsõppel (Valitsuskabinet otsustas viia ..., 2020) on tekitanud reaalse vajaduse metoodika järele, mis võimaldaks kontaktõppe asemel kasutada internetipõhist õpet. Küsimus selle kohta, mis olukordades eksperdid sellist projekti kasutaksid õpetamisel, vastasid kõik, et distantsõppe ajal. Valminud töölehtede eelis on see, et nad on koheselt kasutatavad ning ei nõua õpetajatelt mahukat eeltööd. Lisaks sellele ei ole õpilastel vaja spetsiaalseid õppevahendeid. Lisaks arvas 80% vastajatest, et nad kasutaksid seda ka tavaõpingute korral. Haigestumisel võtaks selle õppematerjali kasutusele 40% vastajatest. Siit järeldub, et on reaalne vajadus sellise õppematerjali järele ning seda saaks kasutada ka tavaõppe korral. 60% ekspertidest kasutaksid neid töölehti kindlasti, 30% kasutaks võib-olla. Üks ekspert väitis, et tema neid töölehti ei kasutaks, aga tema puhul on arvatavasti põhjus selles, et momendil õpetab ta ainult gümnasiste.

Teine uurimusküsimus oli õppematerjali arendamise kohta. Selleks küsis autor ekspertidelt arendusettepanekuid. Antud töö raames parandusi sisse ei viidud. Autor kirjeldab järgnevalt, milliste ettepanekutega on oluline edaspidi arvestada.

Vormistuslikult soovitati töölehtedele lisada pilte vahenditest või protsessist. Kõige esimeses töölehe versioonis autor lisis pildid, kuid üldmulje muutus liiga kirjuks. Teiseks piltide mitte paneku põhjuseks oli, et Luik (2004) järgi halvendab tekstiga koos esitatud graafika õpitulemusi. Kõik vajalik ei mahuks praegusele töölehele ning seega tuleks formaati muuta. Samal põhjusel ei saa täita ka soovitusi ülesannetele suuremate vahede ning liigenduste tegemiseks. Soovitused teksti ja numbrite suuruse kohta jätkas autor tegemata, sest erinevaid võimalusi proovides oli töölehele jõudnud font kõige paremini loetav.

Esimesel töölehele „Aine ehituse mudel. Soojusliikumine“ olid soovitusel katsevahendite muutmiseks. Esimese katse arendusettepanek tuleks sisse viia. Muudatuseks on kaks võimalust, kas asendada katsevahend vesi jääga või lisada katsevahendiks sügavkülm. Lisaks eelpool nimetatutele on vajalik katsevahendina pliit. Teisele katsele muudatuse ettepanekuid ei tehtud. Kolmanda katse puhul tuleks täpsustada temperatuur,

millal plastpudel hakkab kokku tõmbama või sulama. Eksperdi arvates võib see juhtuda juba 60°-70° kraadises vees. Seega tuleks katses asuv sõna “kuum“ täpsemalt defineerida. Oluline märkus, mis kindlasti tuleb töölehele lisada, on see, et õpilane kasutaks termo- või pajakindaid. Neljandale katsele peab lisama juurde, et õpilane ei kasutaks vedelikuna vett. Vastasel juhul võib tal katse ebaõnnestuda.

Teisel töölehele „Soojusülekanne I“ olevale kahele esimesele katsele ekspertide poolt arendusettepanekuid ei tehtud. Kolmandas katses soovitati asendada katsevahendites telefon taimeriga. Põhjuseks, et telefonides on taimerid tavaliselt olemas, kuid peale selle saaks õpilane kasutada ka muud taimerit. Samal katsel tuleks sisse viia ka täpsustus, et kasutatavad eri materjalist esemed peaksid olema samade mõõtmetega. Väga oluline märkus on, et tööle peaks lisama lause – „*Pane metallese keevasse vette osaliselt, ülemisest servast, mis veega kokku ei puutu, hoida kinni ja mõõda!*“. See on õpilase turvalisuse mõttes väga oluline, sest vastasel juhul võib ta keeva veega ennast ära kõrvetada. Kokkuvõttes tuleksid kõik mainitud muudatused sisse viia.

Kolmanda töölehe „Soojusülekanne II“ esimeses katses on kirjaviga. Sõna neeldaja tuleb asendada sõnaga neelaja. Tuli ka ettepanek muuta paremaks esimese katse kirjeldust. Kuna täpsustavat selgitust ei olnud mida ja kuidas muuta võiks, siis seda ettepanekut kasutada ei saa. Teisele katsele soovitati lisada katsevahendina kaal, sest visuaalne hinnang on subjektiivne. Kuigi katse seisukohast on sarnane mass oluline, siis seda arendusettepanekut ikkagi ei saa arvesse võtta. Töölehtedel olevate katsete eelduseks oli, et katsevahendid on õpilasel kodus olemas. Kaalu ei pruugi igas peres olla.

Kolmanda töölehe „Soojusülekanne III“ kohta arvas piloteerinud õpetaja, et see on *lühike, selge ja arusaadav ning jätab õpilasele piisavalt võimalusi loomingulisuseks* ning tema ei muudaks ülesandes midagi. Samas arvas küsitletud ekspert, et see projekt on ebareaalne ning õpilased ei teeks seda ülesannet eelduspäraselt. Elukogenud õpilased vastaksid, et nad paneksid jäätise ikkagi sügavkülma, sest see säilitab temperatuuri päris kaua. Nõrgematele õpilastele soovitati ette anda vahendite loetelu, sest nad ei suuda selle ülesandega toime tulla. Soovitati ka see ülesanne välja jätta või siis asendada näiteks soojusjuhtivuse uurimisega (soojusmaterjalide uurimine, kirjeldamine vms). Kuna ekspertide ettepanekud olid vastukäivad, siis selle ülesande projektõppes kasutamise soovitab autor jätta õpetaja otsustada, kes tunneb oma õpilasi ja nende võimeid paremini.

Täiendavate täpsustustena soovitati tööle lisada vormistusnõuded. Lisaks võiks õpilasi järelduste tegemisel rohkem suunata ning katse lõpus eraldi välja tuua mida märkasid, millised muutused toimusid, milline füüsikaline nähtust esines jne. Tulenevalt

arendusettepanekutest võiks töölehtedele lisada lisalehe. Kuna koolides on erinevad vormistusnõuded ning klasside tase on muutuv, võiksid õpetajad enne töölehtede kasutamist enda klassile sobiva lisalehe vormistama. Samale lehele saab õpetaja vajadusel lisada ka katsete teooriaosa leheküljed õppetöös kasutatavast õpikust. See oleks eriti vajalik neile õpilastele, kes ise ei suuda vajalikku informatsiooni õpikust leida.

Ekspertid arvasid, et töölehed on sobilikud põhikoolis kasutamiseks, aga vajavad veel läbimõtlemist. Soovitus oli teaduspõhisuse arendamiseks ning töölehtedele võiks juurde lisada järgnevad osad:

1. suunaseadmine – õpilasel antud teema vastu huvi tekitamiseks;
2. hüpoteesi püstitamine – panemaks mõtet tööle, milline võiks olla tulemus;
3. katsetulemuste kirjeldamine;
4. hüpoteesi kontrollimine;
5. tulemuste analüüs (miks hüpotees oli tõene või ei olnud tõene).

Töölehtedele võiks juurde kirjutada seda, milliseid üldpädevusi, läbivaid teemasid ja ainealaseid pädevusi antud teemaga soovitakse saavutada.

Ekspertid tegid erinevaid arendusettepanekuid. Kindlasti on neid, mida tuleks kohe töölehtedele lisada, näiteks turvalisuse kaalultusel tehtud ettepanekud. Samas oli ka neid, mis sõltuvad õpilastest. Kui nõrgemad õpilased vajavad detailsemat töölehte, siis tugevamatele piisab olemasolevast. Kuna eelnevalt on kõik ettepanekud kirjeldatud, siis saab tulevikus töölehti kasutav õpetaja ise teha just temale sobilikud muudatused.

Magistritöö piiranguks toob autor välja oma kogememata küsimustiku koostamisel. Eriti tuli see välja Bloomi taksonoomia küsimusega, kus saadud vastused ei anna selgust ning tulemusi saab vaid konstateerida. Teadmata jääb ka see, miks üks ekspertidest valminud töölehti kasutada ei soovi. Selgema ülevaate saamiseks oleks võinud küsimustik olla sisukam ning rohkemate täpsustavate küsimustega. Selgitavate küsimuste rohkus tooks aga kaasa vastamisaktiivsuse languse. Kui valikvastustega küsimustele vastasid kõik ekspertid, siis avatud küsimuste puhul oli mitmeid vastamata jätmisi. Liigne detailidesse minek oleks ka küsitletavale ajamahukam. Seega tuleks tulevikus hoolega kaaluda kõigi küsimuste täpsust ja olulisust. Piiranguks oli ka magistritöö koostamine COVID-piirangute ajal. Valimi väiksuse tõttu ei saa magistritöö tulemusi projektõppe kasutamise kohta üldistada.

Kuna õppematerjali koostamine on ajamahukas, siis on magistritöö praktiline väärtus, et füüsikaõpetajad saavad koostatud töölehti oma õppetöös kasutada. Edaspidi saaks käesoleva magistritöö tulemusi aluseks võttes välja töötada sarnaseid õppematerjale teiste õppeainete õpetamise toetamiseks.

Tänuõnad

Töö autor tänab juhendajaid Liina Leppa ja Svetlana Ganinat, piloottestis osalenud üheksanda klassi õpilast ning kaasüliõpilast, kes piloteeris ning uuringus osalenud füüsikaõpetajaid.

Autorsuse kinnitus

Kinnitan, et olen koostanud ise käesoleva lõputöö ning toonud korrektselt välja teiste autorite ja toetajate panuse. Töö on koostatud lähtudes Tartu Ülikooli haridusteaduste instituudi lõputöö nõuetest ning on kooskõlas heade akadeemiliste tavadega.

Helen Puusalu

/allkirjastatud digitaalselt/

24.05.2021

Kasutatud kirjandus

- Andersen, T., Wark, N., & Annand, D. (2005). The search for learning community in learner paced distance education: Or, 'Having your cake and eating it, too!'. *AJET* 21(2), 222-241.
- Aru, L. (2010). *Lõiming: lõimingu võimalusi põhikooli õppekavas*. Tartu: TÜ haridusuuringute ja õppekavaarenduse keskus.
- Blumenfeld, P. C., Guzdial, M., Krajcik, J. S., Marx, R., Palincsar, A., & Soloway, E. (1991). Motivating Project-Based Learning: Sustaining the Doing, Supporting the Learning. *Educational Psychologist*, 26(3-4), 369-398.
- Chang, B. (2021). Student privacy issues in online learning environments. *Distance Education*, 42(1), 55-69.
- Craig, A., & Rosney, C. (1996). *Laste teaduseentsüklopeedia*. Tallinn: Koolibri.
- Ganina, S. (2011). *Hajusandmetega ülesanded kui üks võimalus füüsikaõppe efektiivsuse tõstmiseks*. Tartu: TÜ Kirjastus.
- Glover, D. (2003). *Nooruk avastab maailma. Lendamine ja ujumine: katseid õhu ja veega*. Tallinn: Koolibri.
- Hiiesalu, T., Jürimäe, M., Kotkas, T., Saart, K., & Tuisk, T. (2019). *Kvaliteetsem huviharidus*. Tartu: SA Eesti Teadusagentuur.
- Holubova, R. (2008). Effective Teaching Methods – Project-based Learning in Physics. *USChina Education Review*, 5, 12. 27-35.
- Holubova, R. (2015). How to Motivate our Students to Study Physics? *Universal Journal of Educational Research*, 3, (10), 727-734.
- Karm, M. (2013). *Õppemeetodid kõrgkoolis*. Sihtasutus Archimedes.
- Karu, G. (1996). *Füüsika didaktika*. Tallinn: Koolibri.
- Krull, E. (2018). *Pedagoogilise psühholoogia käsiraamat*. Tartu Ülikooli kirjastus.
- Krull, E. (2020). *Õppekava koostamise lähtealused: teooria ja praktika*. Tartu Ülikooli Kirjastus.
- Laherand, M.-L. (2010). *Kvalitatiivne uurimisviis*. Sulesepp.
- Leppik, P. (2006). *Õppimine on tõesti huvitav : õpiprotsessi psühholoogilisest mõtestamisest*. Tartu: Tartu Ülikooli Kirjastus.
- Luik, P. (2002). Factors of efficiency of electronical multimedia textbooks. *Learning and Educational Media. The Third IARTEM Volume*. University of Tartu.

- Luik, P. (2004). *Õpivara efektiivsed karakteristikud elektrooniliste õpikute ja drillprogrammide korral*. Tartu: TÜ Kirjastus.
- Õunapuu, L. (2014). *Kvalitatiivne ja kvantitatiivne uurimisviis sotsiaalteadustes*. Tartu Ülikool. Külastatud aadressil https://dspace.ut.ee/bitstream/handle/10062/36419/ounapuu_kvalitatiivne.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Allikas: http://dspace.ut.ee/bitstream/handle/10062/36419/ounapuu_kvalitatiivne.pdf
- Pearce, Q. L. (1999). *60 ülimalt lihtsat teaduslikku eksperimenti*. Sinisukk.
- Pöder, K. (2020). *Lääne-Eesti II ja III kooliastme loodusainete õpetajate kasutatavad õppemeetodid ja nende hinnangud loodusainete õpetamise võimalustele*. Publitseerimata bakalaureusetöö: Tartu Ülikool.
- Põhikooli riiklik õppekava*. (2011). Allikas: Riigi Teataja I 14.01.2011,1.: Külastatud aadressil <https://www.riigiteataja.ee/akt/129082014020?leiaKehtiv>
- Repnik, R., & Grubelnik, V. (2010). E-learning Materials for 3rd Grade of Primary School - Physics. *iJET Volume 5, Special Issue 2*, 43-45.
- Ristikivi, J. (2016). *Simulatsioonil kasutatavad õppemeetodid ja nende rakendamise tulemuslikkus õdede õppes: integreeriv kirjanduse ülevaade*. Publitseerimata magisträtöö. Tartu Ülikool.
- Saks, K., & Baumer, A. (2012). *Teistmoodi füüsikaraamat*. AS Ajakirjade Kirjastus.
- Salumaa, T., & Talvik, M. (2004). *Ajakohastatud õppemeetodid*. Tallinn: Merlecons.
- Stout, R. P. (2016). CO2 Investigations: An Open Inquiry Experiment for General. *Journal of Chemical Education*, 93, 4, 713-717.
- Thiessen, J. (Spring 2016). Web 2.0 and Social Media Connecting Learners in Self-Paced Study: Practitioners' Perspectives. *CJLT (Canadian Journal of Learning and Technology)*, Volume 42(2).
- Timakova, K. (2015). *Huvitava füüsika tunni tunnused põhikooli õpilaste arvamusel*. Publitseerimata bakalaureusetöö. Tartu Ülikool.
- Tooding, L.-M. (2015). *Andmete analüüs ja tõlgendamine sotsiaalteadustes*. Tartu: Tartu Ülikooli Kirjastus.
- Valitsuskabinet otsustas viia nakkusohu tõttu haridusasutused distantsõppele*. ((s.a.)). Külastatud aadressil <https://www.hm.ee/et/uudised/valitsuskabinet-otsustas-viia-nakkusohu-tottu-haridusasutused-distantsoppele>.

- Vana, E. (2019). *Nutivahendite kasutamise tulemuslikkus õpilaste omavahelises koostöös uurimuslike ülesannete lahendamisel 9. Klassis*. Publitseerimata magistritöö. Tartu Ülikool.
- Veletsianos, G., Kimmons, R., Larsen, R., & Rogers, J. (2021). Temporal flexibility, gender, and online learning completion. *Distance Education, 42:1*, 22-36.
- Villems, A., Kusmin, M., Peets, M. -L., Plank, T., Puusaar, M., Pilt, L., . . . Rogalevitš, V. (2012). *Juhend kvaliteetse õpiobjekti loomiseks*. Tallinn.
- Wang, M., Yuan, B., Kirchner, P., Kushniruk, A. W., & Peng, J. (2018). Reflective learning with complex problems in a visualization-based learning environment with expert support. *Computers in Human Behavior 87*, 406-415.
- Zimmerman, B. J. (2002). *Becoming a Self-Regulated Learner. Theory into practice Spring 2002*.

Lisad

Lisa 1. Tagasiside pöördumine ja küsimustik (esitatud Google Formsi kaudu)

Hea füüsikaõpetaja!

Olen Tartu Ülikooli Sotsiaalteaduste valdkonna Haridusteaduste instituudi Põhikooli mitme aine õpetaja eriala üliõpilane Helen Puusalu. Töötan ka teist aastat füüsikaõpetajana. Koostasin oma magistritöö raames õppematerjali põhikooli üheksanda klassi soojusõpetuse õpetamise toetamiseks projektõppe kaudu. Töö raames valmisid töölehed. Töölehtedel on kirjas erinevad katsed, mida õpilased saavad teha iseseisvalt ning kodus leiduvate vahenditega. Oma katsetulemusi peaksid nad kajastama aine raames loodavas blogis, kus nad kirjeldavad oma tegevust, lisavad pildimaterjali ning teevad järeldusi. Töölehtede hindamiseks vajan ma Teie abi. Palun tutvuda töölehtedega enne küsimustiku täitmist. Küsimustikule vastamiseks kulub umbes 15 minutit. Küsimused on Teie tausta, töölehtede ülesehituse ning õpilaste jõukohasuse kohta. Teie vastused on väga olulised töölehtede paremaks muutmiseks.

Küsimustikule vastajale tagan anonüümsuse. Teie vastuseid kasutan ainult magistritöö tegemise ja loodud töölehtede täiustamise eesmärgil, ilma Teie nime ja kooli mainimata. Magistritöös kasutan pseudonüüme.

Täna Teid!

I Taustaandmed

1. Millises kooliastmes õpetate? *

- põhikoolis
- gümnaasiumis
- põhikoolis ja gümnaasiumis

2. Palju õpilasi on keskmiselt teie õpetatavas klassis? *

Lühike vastuse tekst

3. Mitu aastat olete töötanud füüsika õpetajana? *

Lühike vastuse tekst

4. Kas õpetate peale füüsika veel teisi õppeaineid? *

- jah
- ei

4.1 Kui vastasid eelmisele küsimusele jaatavalt, siis kirjuta milliseid aineid veel õpetate.

Pikk vastuse tekst

Mis olukordades Te annaksite sellise projekti õpilastele teha *

- distantsõpe
- haigus
- tavaõpingute korral
- Muu...

Kas oleksite huvitatud selliste töölehtede kasutamisest oma ainetundides? *

- jah
- võib-olla
- ei

III Õppematerjali arendusettepanekud

Arendusettepanekud töölehele "Aine ehituse mudel. Soojusliikumine".

Pikk vastuse tekst

Arendusettepanekud töölehele "Soojusülekanne I".

Pikk vastuse tekst

Arendusettepanekud töölehele "Soojusülekanne II".

Pikk vastuse tekst

Arendusettepanekud töölehele "Soojusülekanne III".

Pikk vastuse tekst

Mida soovite veel lisada või täpsustada töölehtedega seoses?

Pikk vastuse tekst

Aine ehituse mudel. Soojusliikumine.

Mõisted: gaas, vedelik, tahke aine, soojusliikumine, difusioon, soojuspaisumine.

KATSED:

1

- Vajad: vett, panni.
- Sinu ülesanne on näidata katse teel, et ainel saab olla kolm erinevat olekut.

2

- Vajad: vett, toiduvärvi, 2 klaasi.
- Tõesta katseliselt difusiooni sõltuvust temperatuurist.

3

- Vajad: vett, plastpudelit, õhupalli.
- Tee järgnev katse: aseta ilma korgita plastpudel 10 minutiks sügavkülma. Kohe sügavkülmast välja võttes aseta pudelikaelale õhupall. Aseta see õhupalliga pudel kuuma, aga mitte keevasse vette. Kirjelda, mis ja miks toimus.

4

- Koduseid vahendeid kasutades tõesta, et vedelik tõmbub jahtumisel kokku.

- Enne katseid tutvu õpiku peatükkidega.
- Tee blogisse sissekanne nädala jooksul.
- Kirjelda tehtud katseid detailselt, lisa fotod.

Soojusülekanne I

Mõisted: soojusülekanne, soojushulk, energia jäävuse seadus, soojuslik tasakaal, soojusjuhtivus, konvektsioon.

KATSED:

1

- Vajad: vett, teepakki.
- Vala suurde klaasi kuum vesi, aseta sisse teepakk ning jälgi tee värvi liikumist. Selgita katse abil konvektsiooni olemust.

2

- Vajad: tassi kohvi või teed, lusikat.
- Hommikul kohvi või teed tehes, aseta tassi lusikas. Selgita nähtust, nende mõistete abil: soojusülekanne, soojushulk, energia jäävuse seadus, soojuslik tasakaal.

3

- Vajad: vett, tassi, eri materjalidest peenikesi esemeid (metallist, traadist, plastikust, puust), telefoni.
- Tee järgnev katse: 1. Kuumuta vesi ning täida tass keeva veega. 2. Pane metallist ese tassi ja hoia sellest kinni. Mõõda mitme sekundi jooksul soojus sõrmedeni levib. Märki katse tulemus üles. 3. Tühjenda tass ning pane asemele uus keev vesi. Aseta tassi järgmisest materjalist ese. 4. Korda katset kõigi materjalidega. 5. Koosta tulemustest diagramm, lisa järeldused.

- Enne katseid tutvu õpiku peatükkidega.
- Tee blogisse sissekanne nädala jooksul.
- Kirjelda tehtud katseid detailselt, lisa fotod.

Soojusülekanne II

Mõisted: soojuskiirgus, aurumine.

KATSED:

1

- Vajad: 2 ühesuurust jääkuubikut.
- Tõesta kahe jääkuubiku abil soojuskiirguse olemust (vihje: must keha on parem kiirguse neeldaja).

2

- Vajad: 3 ühesuurust ja samast materjalist riidetükki.
- Pane riidetükid vette. Kui need on ühtlaselt märjad, siis võta need veest välja ning pane kuivama - üks nõõrile, üks laota põrandale või lauale ning viimane aseta kokku kortsutatult kuiva kaussi.
- Jälgi iga riidetüki kuivamise aega ning põhjenda nende erinevusi.

- Enne katseid tutvu õpiku peatükkidega.
- Tee blogisse sissekanne nädala jooksul.
- Kirjelda tehtud katseid detailselt, lisa fotod.

Soojusülekanne III

Sa ostsid õhtuse peo jaoks jäätise. Koju jõudes avastad, et külmakapp on rikkis ning ei tööta enam.

1

Kuidas hoiaksid jäätist, et see õhtuks üles ei sulaks?

2

Kui sul oleksid kõik vahendid kättesaadavad, siis millest sa ehitaksid jäätise hoidmiseks sobiva anuma? Joonista kavand ning põhjenda materjalide valikut.

- Enne katseid tutvu õpiku peatükkidega.
- Tee blogisse sissekanne nädala jooksul.
- Kirjelda tehtud katseid detailselt, lisa fotod.

Lisa 6. Kuvatõmmis töölehti piloteerinud õpilase P. blogist

Kuidas tõestada katsega difusiooni sõltumist temperatuurist?

(**Difusioon** - ainete segunemine soojusliikumise tõttu. Toimub ainult vedelikes ja gaasides.)

Täna tõestame lihtsa katsega, et aine lahustuvus sõltub temperatuurist. Katseks vajalikud asjad on enamasti kõigil kodus olemas. **Vaja läheb: kahte klaasi, kuuma vett, külma vett ning toiduvärvi/briljantrohelist** (aine lisamisel võib vaja minna ka pipetti, et mõõta lisatava aine kogust). Jällegi on meie üheks kasutatavaks aineks H₂O, millele mina hakkan seekord lisama briljantrohelist (briljantrohelist kasutatakse ravimina).

Katse on järgmine

- Aseta kaks klaasi kõrvuti, täida üks neist kuuma veega ning teine külma veega.
- Võta toiduvärv/briljantroheline ning tilguta seda mõlemasse klaasi samapalju, seejärel käivita kell/taimer.
- Jälgi, kuidas lisatud aine seguneb H₂Oga 10-15 sekundi jooksul.

!Ole ettevaatlik, briljantrohelise plekke on raske eemaldada!

Mida me näeme?

Klaasis, milles on **külm** vesi, **ei segune** lisatud aine **täielikult**, kiirelt ja lihtsasti.

Kuuma veega klaasis **segunes** lisatud aine üpriski kiiresti ning **peaaegu täielikult**.

Lisa 7. Väljavõte uurijapäevikust

17. märts 2021	<ul style="list-style-type: none">• Õpilane P. sai kätte esimese töölehe ning alustab katsetamisega. Olen samas nii hirmul kui ootusärev. Peas ringleb palju küsimusi: Kas ta oskab teha? Kas töölehel olevast infost piisab? Aga kui õpilasele ei meeldi projektöpe? Kas tal on ikka kõik katsevahendid kodus olemas?• Jätkan teiste töölehtede täiustamisega. Proovin ka teisi kirjastiile ja fonte. Ideid on palju, mis kõik töölehele peaks ära mahtuma, aga tahaks jääda A4 suuruse juurde. Üks variant on kõik vajalik peale mahutada teksti väiksemaks muutes. Trükin töölehed välja, et näha, kuidas need paberil paistavad.
/---/ 12. aprill 2021	<ul style="list-style-type: none">• Lõputöö täiustamine. Tegelen teooriaga. Pinge on suur, sest läheneb Eelkaitsmine, aga teha on veel väga palju.• Ei suuda ühele loetavale teadustööle keskenduda. Hakkan lugema, leian viite, laadin viidatud teadustöö alla ja asun seda lugema, leian sealt uue viite... Lõpuks on ekraan erinevaid pooleldi loetud töid täis, aga magistritöösse ei ole midagi juurde kirjutanud.• Otsustan, et salvestan leitud tööd kausta ning uusi momendil juurde ei otsi. Kerge öelda, raske teha... Kõik leitu tundub nii huvitav.
/----/ 22. aprill 2021	<ul style="list-style-type: none">• Täiendan töölehti ja küsimustikku.• Teen ära juhendaja soovitatud täiendused ja parandused. Loen oma tööd. Pole veel rahul. Tuleb edasi töötada.• Saan kaasüliõpilaselt, kes töötab ka füüsikaõpetajana, nõusoleku ning saadan töölehed ja küsimustiku piloteerimiseks.• Ühe potentsiaalse piloteeri nime sain ka juhendajalt. Saadan ka temale palve ja materjalid.
/----/ 3. mai 2021	<ul style="list-style-type: none">• Sain oma ülemuselt kaks raamatut – „Nähtav õppimine...“ ning „Sügav õppimine“. Proovin homme neid lugeda, järsku saan oma teooriasse materjali.

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

Mina, Helen Puusalu,

1. Annan Tartu Ülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) minu loodud teose „9. klassi soojusõpetuse õpitulemuste saavutamist toetava projektõppe materjali koostamine ning füüsikaõpetajate arvamused ja arendusettepanekud loodud materjalile“, mille juhendajad on Svetlana Ganina ja Liina Lepp, reprodutseerimiseks eesmärgiga seda säilitada, sealhulgas lisada digitaalarhiivi DSpace kuni autoriõiguse kehtivuse lõppemiseni.
2. Annan Tartu Ülikoolile loa teha punktis 1 nimetatud teos üldsusele kättesaadavaks Tartu Ülikooli veebikeskkonna, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace kaudu Creative Commons'i litsentsiga CC BY NC ND 3.0, mis lubab autorile viidates teost reprodutseerida, levitada ja üldsusele suunata ning keelab luua tuletatud teost ja kasutada teost ärieesmärgil, kuni autoriõiguse kehtivuse lõppemiseni.
3. Olen teadlik, et punktides 1 ja 2 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.
4. Kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei riku ma teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse õigusaktidest tulenevaid õigusi.

Helen Puusalu

24.05.2021