

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

Mare Sadam

**Gümnaasiumiõpilaste oskus lahendada sotsiaalse kandepinnaga
interdistsiplinaarseid loodusteaduslikke probleeme**

Magistritöö

Gümnaasiumi loodusteaduste õpetaja

Juhendaja: Loodusteadusliku hariduse professor Miia Rannikmäe, PhD

TARTU

2025

Käesolevas veebiversioonis on vormistusvead parandatud.

Gümnaasiumiõpilaste oskus lahendada sotsiaalse kandepinnaga interdistsiplinaarseid loodusteaduslikke probleeme

Magistritöös uuriti gümnaasiumiõpilaste oskust lahendada interdistsiplinaarseid loodusteaduslikke probleeme, millel on sotsiaalne kandepind. Uurimuses keskenduti hariduse kvaliteedile ja alates 1970. aastatest muutunud loodusteaduste õpetamise paradigmale, mida kõrvutati vanale paradigmale sarnaneva teadmistekeskse lähenemisega. Töö eesmärk oli määratleda loodusteaduslike probleemide lahendamise kontseptsioon ja selgitada välja gümnaasiumiõpilaste oskus lahendada sotsiaalse kandepinnaga interdistsiplinaarseid probleeme. Uurimisküsimused hõlmasid õpilaste probleemide lahendamise oskust ja loodusteaduslike teadmiste rolli selles oskuses. Empiiriliste andmete kogumiseks koostati test ülesannetega fotosünteesi kui interdistsiplinaarse nähtuse teemal. Andmeid analüüsiti, kasutades kirjeldavat statistikat ja korrelatsioonanalüüsi. Tulemused näitasid, et õpilaste probleemilahendamise oskus vajab arendamist ning on seotud terviklike loodusteaduslike kontseptsioonide mõistmisega, milles tuntakse mõistete vahelisi järelussuhteid.

Märksõnad: Loodusteaduslik kirjaoskus, teaduslikud teadmised, fotosüntees, probleemi lahendamise oskus

CERCS: S272 „Õpetajakoolitus“

High School students' ability to solve socially relevant interdisciplinary scientific problems

In this master's dissertation, high school students' ability to solve interdisciplinary scientific problems with social relevance was investigated. The study focused on the quality of education and the paradigm shift in science education since the 1970s, comparing it with a knowledge-centered approach resembling the earlier paradigm. The aim of the work was to define the concept of scientific problem-solving and to clarify high school students' ability to solve interdisciplinary scientific problems with social relevance. The research questions included students' problem-solving skills and the role of subject-specific knowledge in these skills. To collect empirical data, test tasks were created based on the interdisciplinary scientific phenomenon of photosynthesis. The collected data were analysed using descriptive statistics and correlation analyses. The results indicate that students' problem-solving ability needs further development, and that the ability is associated with the understanding of comprehensive scientific concepts, in which the inferential relationships between concepts are recognized.

Keywords: Scientific literacy, powerful knowledge, photosynthesis, problem-solving skills

CERCS: S272 „Teacher education“

Sisukord

Sissejuhatus	4
1. Kirjanduse ülevaade	7
1.1 Paradigmaatiline raamistik	7
1.2 Alus uurimuse empiirilisele osale.....	10
2. Metoodika.....	12
2.1 Andmekogumise instrument.....	12
2.2 Empiiriliste andmete analüüsi meetod.....	13
2.3 Empiiriliste andmete analüüsi protsess.....	14
2.4 Valim	15
2.5 Uurimisprotsessi eetilised põhimõtted.....	15
2.6 Uurimistöö teostamise ajakava	16
3. Tulemused	16
4. Arutelu.....	21
Kokkuvõte	25
Kirjanduse loetelu	27
Summary	30
Lisad.....	32

Sissejuhatus

Selle magistritöö raames uuriti, milline on gümnaasiumiõpilaste oskus lahendada interdistsiplinaarseid loodusteaduslikke probleeme, millel on sotsiaalne kandepind. Teema seostub laiemalt hariduse kvaliteediga ja küsimustega, kuidas loodusteadusi peaks õpetama.

Loodusteaduste õpetamisel on alates 1970. aastatest toimunud olulised muutused. Käesoleval sajandil on taotletud paradigmat “Loodusteaduste õpetamine õpilastele hariduse andmiseks” liikumist paradigmat “Haridus loodusteaduste kaudu”. Kui esimene paradigma on suunatud sellele, et kujundada teadmiste kogum fundamentaalsetest põhiideedest, mõistetest ja teooriatest, mille lõpptulemuseks on kompleksne teaduslik arusaam ning analüüsi- ja hinnangute andmise oskus, siis teine paradigma väärtustab haridust eluks, kodanikuna käitumiseks ja karjääriks ning lõpptulemuseks on probleemide lahendamise ja sotsiaalteaduslike otsuste tegemise oskused. Paradigma muutused lähtuvad muutustest ühiskonnas, kus haridus ei ole enam elitaarne, vaid on kättesaadav ja suunatud massidele, kelle puhul ei ole eesmärgiks ainult teadlaste ja õpetlaste koolitamine, vaid on loomulik, et teadmisi rakendatakse teistel erialadel või igapäevases elus (Holbrook & Rannikmäe, 2007). Selle paradigmaga on kooskõlas karjääriteadlikkus, mille all mõeldakse õpilaste oskust seostada loodusteaduslikke teadmisi ja oskusi erinevate loodusteadustega seotud elukutsetega (Holbrook & Rannikmäe, 2009).

Paradigma muutustega seoses suunavad teised haridusteadlased haridustöötajaid pigem ettevaatlikkusele. Nad osutavad sellele, et riiklike õppekavade sisu määramisel antakse haridusteadlaste asemel üha suurem roll ettevõtjatele, kes on huvitatud, et koolid valmistaksid ette tööjõudu, mis muudab õpitava liiga konkreetseks ja kitsaks. Nende väitel võimaldavad sügavad ja süstematiseeritud, teaduslikes distsipliinides verifitseeritud spetsiifilised teadmised õppijatel edaspidi hakkama saada elulistes olukordades, mida nende kooliajal ei ole veel võimalik ette näha (Muller & Young, 2019). Seega lähenevad nad uuest perspektiivist teadmistekeskele õpetamisele, mis domineeris 1960. aastateni. Vanem loodusteaduste õpetamise paradigma oli teadmistekeskne ja suunatud kodanike kasvatamisele, kes saavad teadusest aru ja kellele meeldiks töötada teadlastena (DeBoer, 2000). Uus perspektiiv seaks teaduslike teadmiste õpetamise uuesti fookusesse, sest vaid sellised teadmised on hiljem hästi rakendatavad.

Paradigmade vaheline diskussiooni koht seisneb pigem selles, mida ja kuidas õpetada, et interdistsiplinaarsete loodusteaduslike probleemide lahendamise oskuse kujundamise eesmärki

paremini saavutada. Siit lähtub ka üks õppekavateooria keskne küsimus: kuidas on parem süstematiseerida teadmised õppekavas – kas õppeainete põhiselt või tervikuks lõimituna. Ka Eestis õpetatakse teadmisi õppekavajärgselt õppeainete põhiselt, aga samas, teadmiste praktikas rakendamise huvides, rõhutatakse õppeainete lõimimise tähtsust. Gümnaasiumi riikliku õppekava üldosas on sätestatud, et õppeaineid lõimitakse, mille eesmärk on toetada õpilaste tervikliku maailmapildi kujunemist ja arendada nende võimet lahendada keerulisi probleeme, mis nõuavad teadmisi mitmest valdkonnast. Õppekava loodusainete ainevaldkonna „Õppe kavandamise ja korraldamise” alaosas sätestatakse lisaks, et aine sisu õpitakse, oskusi arendatakse ning hoiakuid kujundatakse probleemipõhiselt, mis aitab õpitut ja selle vajalikkust mõista (Haridus- ja Teadusministeerium, 2023). Teoreetilisi lähtekohti nii ainekeskse kui ka lõimitud õpetamise poolt avan magistritöö kirjanduse analüüsi peatükis.

Teema on oluline nii ühiskonna, kooli kui ka õppijate seisukohalt. Tänapäeva ühiskondade majanduse ja sotsiaaleluga seostub mitmeid interdistsiplinaarseid loodusteaduslikke probleeme, mistõttu on nende probleemide lahendamise oskustega kodanikud ühiskonnas väga vajalikud.

Tundub, et nii elulisele kontekstile kui ka teadmiste keskenduvates õpetamisparadigmades püüeldakse ühise eesmärgi poole – toetada õppijate suutlikkust tulla pärast kooliõpingute lõppu toime loodusteaduslike probleemide lahendamisega. Seetõttu on käesoleva **magistritöö lähtekohaks probleem**, et kuigi gümnaasiumis õpetatakse loodusteaduslikke teadmisi ning õpilased omandavad neid, ei suuda nad sageli teadmisi probleemide lahendamisel rakendada, ja see oskus ka ei parane gümnaasiumiõpingute jooksul (Rannikmäe et al., 2017).

Loodusteaduslike probleemide lahendamise oskuse õpetamise tähtsust rõhutatakse mitmes hariduskorraldust reguleerivas dokumendis (Haridus- ja Teadusministeerium, 2023a). Kuna Eesti õppekava on pädevuspõhine, on muutunud ka juhised hindamisele. Loodusvaldkonna õpitulemuste e-hindamise kontseptsioonis on olulisel kohal nii ainealaste teadmiste rakendamine kui ka probleemide lahendamise ja otsuste tegemise oskused (Rannikmäe et al., 2021). Need oskused on osa loodusteaduslikust kirjaoskusest, mis on võime kasutada loovalt asjakohaseid, tõenduspõhiseid teaduslikke teadmisi karjääri või igapäevaelu probleemide lahendamisel ühelt poolt. Teiselt poolt on see võime kasutada loodusteaduslikke teadmisi oluliste, keeruliste teadusprobleemide lahendamisel ja vastutustundlike sotsiaalteaduslike otsuste tegemisel (Holbrook & Rannikmäe, 2009). Loodusteadusliku kirjaoskuse arendamise tähtsust on rõhutatud ka sellistes Eesti strateegilistes dokumentides nagu Eesti riiklik

arengukava 2021–2035 (Eesti Vabariigi Valitsus, 2021) ning Haridusvaldkonna arengukava 2021–2035 (Haridus- ja Teadusministeerium, 2021).

Magistritööl on kaks **eesmärki**. **Esimene eesmärk** on koostada kirjandusele tuginedes sotsiaalse kandepinnaga interdistsiplinaarse loodusteadusliku probleemi lahendamise töökontseptsioon ja töötada välja alused testiülesannete loomiseks. Alameesmärk on sotsiaalse kandepinnaga interdistsiplinaarse loodusteadusliku nähtusega seotud ülesannete koostamine gümnaasiumiõpilastele.

Teine eesmärk on selgitada, milline on gümnaasiumiõpilaste oskus lahendada sotsiaalse kandepinnaga interdistsiplinaarseid loodusteaduslikke probleeme.

Lähtudes eesmärkidest, püstitati tööle järgmised **uurimisküsimused**.

1. Milline on gümnaasiumiõpilaste oskus lahendada sotsiaalse kandepinnaga loodusteaduslikke probleeme?
2. Milline on seos loodusteadusliku sisu tundmise ja sotsiaalse kandepinnaga loodusteadusliku probleemi lahendamise oskuse vahel?

Eesmärkide saavutamiseks ning uurimisküsimustele vastamiseks analüüsin teaduskirjanduse alusel, milline on sotsiaalse kandepinnaga interdistsiplinaarse loodusteadusliku probleemi lahendamise kontseptsioon, millele tuginedes koostasin testi, mis sisaldas probleem- ja loodusteadusliku sisu ülesandeid interdistsiplinaarsest loodusteaduslikust nähtusest. Ülesannete koostamise eelduseks oli ka kontseptsioonikaardi koostamine interdistsiplinaarsest loodusteaduslikust nähtusest, milleks käesolevas uurimistöös on fotosüntees. Testi abil kogusin empiirilised andmed ühe gümnaasiumi õpilastelt, mida hindasin ja kodeerisin ning mida analüüsisin kasutades kirjeldavat statistikat ja korrelatsioonanalüüsi.

Uurimuse valmimist toetas stipendiumiga Tartu Raefond.

1. Kirjanduse ülevaade

Selle peatüki eesmärk on esiteks avada laiemas paradigmaatilises taustas sisalduvat diskussiooni teadmiste rollist loodusteaduslike probleemide lahendamise õppimises. Teiseks on eesmärk selgitada olulisi mõisteid ning koostada loodusteaduslike probleemide lahendamise töökontseptsioon aluseks uurimuse empiirilisele osale.

1.1 Paradigmaatiline raamistik

Paradigmaatiline lähenemine loodusteaduste õpetamisele, mille raames peetakse tähtsaks sotsiaalse kandepinnaga loodusteaduslike probleemide lahendamise oskust, hakkas kujunema 1970. aastatel. See õpetamise paradigma erineb 1960. aastateni kehtinud teadmistekesksest paradigmat elulise konteksti tähtsuse rõhutamise poolest õppetöös. Selle lähenemise puhul tuginen peamiselt Miia Rannikmäe ja Jack Holbrooki ning teiste Tartu Ülikooli Loodusteadusliku hariduse keskuse teadlaste artiklitele (Holbrook & Rannikmäe, 2007; Holbrook & Rannikmäe, 2009; Rannikmäe & Soobard, 2014). Uurimistööd raamistan ka ühe tänapäevase teadmistekeskse lähenemisega õpetamisele, kuna käesoleva töö üks uurimisküsimustest suunab tähelepanu loodusteaduslike teadmiste rollile probleemilahendusoskuse kujunemisel. Selles tänapäevases lähenemises käsitletakse eriti STEM-ainete (ingl. *science, technology, engineering and mathematics*) teadmisi kui omavahel kontseptuaalselt seotuid, ajatuid ja suure üldistusvõimega teadmisi. Vana õpetamisparadigmaga sarnaneb ka traditsioonilise ainepõhise õpetamise pooldamine. Selle lähenemise puhul tuginen haridussotsioloogia ja õppekavateooria teadlase Michael F. D. Young'i ning tema kaasautori, haridussotsioloogia teadlase Johan Muller'i teadusartiklitele (Muller & Young, 2019; Young, 2013). Nende autorite teaduslikest ideedest moodustub põhiline osa teoreetilisest raamistikust, kuid kasutan ka teiste autorite artikleid raamistiku täiendamiseks ja terminite selgitamiseks.

Kuni 1960. aastateni oli loodusteaduste õpetamise paradigmas keskmis loodusteaduslikud teadmised iseeneses. Eesmärgiks oli kujundada baas fundamentaalsetest põhiideedest, mõistetest ja teooriatest, mille tulemuseks oleks kompleksne teaduslik arusaam ning oskus analüüsida ja anda hinnanguid. Eesmärk oli võimaldada õppijal kasutada omandatud teadmisi hilisemas teadustegevuses. Paradigma muutumist mõjutas hariduse üha laiem kättesaadavus – olukord, kus õppijatest enamik hiljem teadusega erialaselt ei tegelenud, tõi kaasa vajaduse arendada koolis loodusteadusliku sisu rakendamisoskust igapäevaelu probleemide lahendamisel. Loodusteadusliku hariduse osaks sai ka hoiakute kujundamine, et toetada

vastutustundliku kodaniku arengut. Õpetusse hakati integreerima ühiskondlikult ja eluliselt olulisi kontekste, et arendada õpilaste kriitilist mõtlemist, väärtushinnanguid, sotsiaalselt vastutust, teadlikkust ühiskondlikest probleemidest ning oskust pakkuda neile lahendusi, kasutades loodusteaduslikke teadmisi (Holbrook & Rannikmäe, 2007).

Koolihariduse parema elus rakendatavuse huvides, uuema paradigma kohaselt, on Eesti riiklikus hariduskorralduses hakatud rõhutama õppeainete omavahelise lõimimise tähtsust – sest harva on elus ettetulev probleem ühe õppeaine keskne. Lõimimise all mõistetakse omavahel sobivatest osadest terviku moodustamist (Kuusk, 2010). Tervikuks üritatakse siduda teadmisi nii ühes õppeaines, ainevaldkondades kui ka erinevate ainevaldkondade vahel. Loodusainetes peavad õpilased mõistma, et erinevad õppeained uurivad loodust erinevast aspektist. Rõhutatakse, et õppeainete lõimimine, ühendades erinevate distsipliinide kontseptsioone ja meetodeid, aitab õpilastel saavutada sügavamalt ja tähenduslikumat arusaamist. Nii nagu teaduslikes distsipliinides, on ka paljud õppeainetes käsitletavat looduslikud nähtused olemuselt interdistsiplinaarsed. Näiteks mitokondris toimuvat peaks käsitlema füüsikalise-keemilise-bioloogilise aspektist (Pärtel, 2010). Seega on interdistsiplinaarsete nähtuste puhul õppeainete lõimumine iseeneslik. Ka selle uurimistöö testiülesannete sisuks olev fotosüntees on olemuselt interdistsiplinaarne, mida olen kirjeldanud kontseptsioonikaardil (vt Lisa 1).

Teadmiste keskse lähenemise rõhutatakse, et õpetamises ei pea niivõrd lähtuma õpilaste vahetust kogemusest, vaid sellest, et teaduslike teadmiste üldistatavus võimaldab õpilastel hakkama saada elulistes olukordades, mida nende kooliajal pole veel võimalik ette näha. M. Young nimetab oma käsitlust mõjukatest/võimsatest teadmistest (Powerful Knowledge) sotsioloogiliseks kontseptsiooniks. Võimsad teadmised on määratletud kui teaduslike distsipliinide põhised teadmised, mis on eristatud õppija igapäevakogemusest, usaldusväärset, kontseptuaalselt seotud ning üldistatavad, tuginedes mõistete vahelistele järelussuhetele ja teoreetilisele struktuurile (Muller & Young, 2019; Young, 2013). Näited loodusteaduslikest teadmistest, mis on võimsad, on Newtoni liikumisseadused ja Mendelejevi perioodilisustabel, kuna need säilitavad oma üldistatavuse ja rakendatavuse üle oma ajaloolise ja sotsiaalse konteksti (Moore & Young, 2001). STEM-ainetes, milles mõisted on sisemiselt progresseeruvad ja kumuleeruvad, tuleb võimsate teadmiste kontseptsioon eriti selgelt esile, kuid kehtib ka humanitaarias. Näiteks ajaloos ei ole omavahel vastastikusel seoses olevaid kontseptsioone, ammugi teoreeme. Siiski on olemas reeglid, kuidas esitada põhjendatud väiteid,

milline peab olema tõendusmaterjal ja kuidas ära tunda põhjus–tagajärg-seoseid (Muller & Young, 2019).

Teadmised peavad võimaldama õpilastel tõusta kognitiivselt kõrgemale oma igapäevastest kogemustest. Teadmistel on väärtus iseeneses ja teadmised ei pea olema koheselt rakendatavad spetsiifilises situatsioonis, ehkki on siiski rakendatavad paljudes eri situatsioonides üldistatavuse tõttu. Neid teadmisi kogutakse, uuendatakse ja luuakse juurde teaduslike distsipliinide raames (Young, 2013). Young rõhutab, et võimsad teadmised ei viita teadmistele, mida omavad võimupositsioonil olevad isikud, või et nende teadmiste kasutamine vähendaks nende kättesaadavust teiste inimeste jaoks. Näiteks Pythagorase teoreemi kasutamine kellegi poolt ei vähenda selle kasutatavust kellegi teise jaoks (Muller & Young, 2019).

Teadmistekeskse lähenemises peetakse õppeainete põhise lähenemist õpetamisele parimaks eelkõige sellepärast, et õppeainete kaudu jõuavad võimsad teadmised koolidesse. Õppeained on pedagoogilistel põhjustel ümberkontekstualiseeritud teaduslikud distsipliinid. Võimsaid teadmisi antakse edasi põlvest põlve ja avastusest avastusse teaduslike distsipliinide raames. Kuna üldhariduskoolide õppeained on ümberkontekstualiseeritud teaduslikud distsipliinid, on nad seotud teadusasutuste teaduslike distsipliinidega ja nii jõuavad uued teadmised kõige paremini koolidesse (Young, 2013).

Tundub, et nii elulisele kontekstile kui ka teadmistele keskenduvates lähenemistes püüeldakse ühise eesmärgi poole – toetada õppijate suutlikkust oma teadmisi rakendada. Ka teadmistekeskse lähenemises ei leidu nii-öelda faktidele keskendumise eesmärki. Vastupidi, väidetakse, et ainult mõistetest endist ei piisa olemasolevate teadmistega töötamiseks, vaid on vaja tunda mõistete vahelisi järelussuhteid. On vaja teada, kuidas kontseptsioonid töötavad, millised reeglid on kindlad, millised paindlikud ja kuidas mõistete vahel liikuda. Vajalikud on teadmised uute teadmiste hindamise, testimise, tõendamise ja omandamise protseduuridest, et teha järeldusi ja luua uusi teadmisi (Winch 2010, viidanud Muller & Young, 2019). Samas rõhutatakse kontekstipõhises lähenemises õpetamisele, et kontekstipõhisus ei tähenda ainult eluliste näidete toomist, vaid ka sügavama arusaama arendamist sellest, kuidas teaduslikud teadmised kujunevad. Arusaamise kujunemisele aitab kaasa uurimuslik või probleemipõhine õpe, milles õpilased saavad aktiivselt osaleda ja teadmisi ise avastada (Rannikmäe et al., 2014). Teadmistekeskse lähenemise järgi on ainult teaduslikult tõendatud ja üldistatavatest teadmistest kasu probleemidele lahenduse leidmises, eriti olukordades, mida kooliajal veel ette näha ei osata. Eestis läbiviidud uurimused näitavad, et loodusteaduslike teadmisi küll õpetatakse koolis, aga probleem seisneb selles, et õpilased ei oska neid tihti rakendada (Rannikmäe &

Soobard, 2014a). Pikaajaline uurimus näitab, et madal loodusteaduslike probleemide lahendamise oskus gümnaasiumiõpilaste seas ka ei parane nende gümnaasiumiõpingute jooksul (Rannikmäe et al., 2017). Sellepärast uurin, milline on seos loodusteadusliku sisu tundmise ja sotsiaalse kandepinnaga loodusteadusliku probleemi lahendamise oskuse vahel.

1.2 Alus töökontseptsioonile

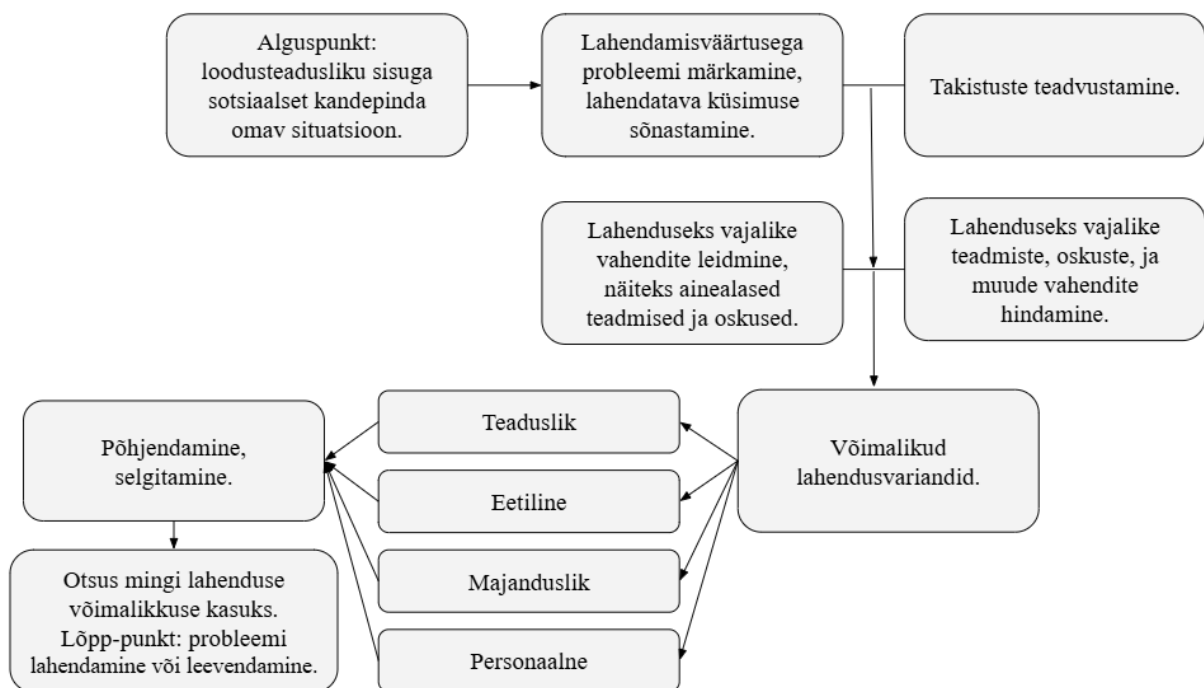
Selle alaosa eesmärk on koostada kirjandusele tuginedes sotsiaalse kandepinnaga interdistsiplinaarse loodusteadusliku probleemi lahendamise töökontseptsioon ja teised alused uurimuse empiirilise osa ettevalmistuseks. Tuginen põhiliselt riiklikele hariduskorralduslikele dokumentidele (Haridus- ja Teadusministeerium, 2023a, 2023b; Rannikmäe et al., 2021; Pedaste & Sarapuu, 2011) ja Tartu Ülikooli Loodusteadusliku hariduse keskuse teaduspublikatsioonidele (Rannikmäe, Laius & Holbrook, 2010; Soobard & Rannikmäe, 2011). Terminite täpsustamisel toetun ka teiste autorite töödele.

Põhikontseptsiooni – sotsiaalse kandepinnaga interdistsiplinaarset loodusteaduslikku probleemi – mõistan kui loodusteaduslikku küsimust või väljakutset, millel on märkimisväärne mõju ühiskonnale ja mis nõuab lahendamiseks interdistsiplinaarset lähenemist. Sõna probleem tuleneb kreekakeelsest sõnast problēma ja tähendab ülesannet, ehk uurimisülesannet või raskesti lahendatavat küsimust (Vääri, Kleis & Silvet, 2000). Teised autorid on välja toonud, et selleks, et raskesti lahendatav küsimus oleks probleem, peab lahendus olema kellelegi väärtuslik – kellelgi, kellel on soov küsimust lahendada. Probleem ei pea alati olema sõnastatud küsimuse vormis, kuid see peab: 1) olema tundmatu lahendi ja lahenduskäiguga ning 2) omama lahendamisväärtust (Pedaste & Sarapuu, 2011). Loodusteaduslik sotsiaalse kandepinnaga probleem ilmneb mingis loodusteadusliku sisuga situatsioonis, milles sotsiaalse mõju tõttu ei tohiks otsuseid teha üksnes loodusteaduslikest vaatekohtadest lähtudes (Rannikmäe et al., 2021). Sotsiaalse kandepinnaga loodusteaduslikud probleemid on näiteks kliimamuutus, keskkonnareostus, bioloogilise mitmekesisuse vähenemine, loodusvarade liigkasutus – need probleemid mõjutavad nii loodust kui ka inimühiskonda. Nende probleemide lahendamine eeldab teadmisi ja oskusi nii loodusteaduste kui ka sotsiaalelu valdkonnast.

Sotsiaalse kandepinnaga interdistsiplinaarse loodusteadusliku probleemi *lahendamise oskuse* definitsiooni kohandasin loodusteadusliku kirjaoskuse rakendamise teemalisest artiklist (Soobard & Rannikmäe, 2011). Mõistan lahendamise oskust kui oma teadmiste kriitilist hindamist ja sobivate oskuste valimist nende teadmiste kasutamiseks konkreetsetes

olukordades, et tegeleda interdistsiplinaarsele loodusteaduslikule väljakutsele või küsimusele vastuse leidmisega.

Loodusteaduslike probleemide lahendamise oskust on mitmekülselt käsitletud, kuid testi struktuuri kujundamise jaoks on vaja mõningaid täpsustusi. Loodusteaduslike probleemide lahendamise oskus hõlmab mitut loodusteadusliku kirjaoskuse komponenti. Mõnel juhul on komponentide hulka arvatud otsuste tegemine ja põhjendamine, ainealased teadmised ning ka uurimuslikud oskused (Rannikmäe, 2010). Teisel juhul käsitletakse probleemide lahendamist ja otsuste tegemist koos, aga uurimuslikke oskusi eraldiseisvana (Rannikmäe et al., 2021). Selgete piiride määratlemiseks loon uurimuse jaoks töökontseptsiooni (vt Joonis 1).



Joonis 1. Loodusteadusliku sisuga sotsiaalse kandepinnaga probleemi lahendamine.

Töökontseptsioon on loodud sotsiaalteadusliku otsuse tegemise mudeli (Rannikmäe, Laius & Holbrook, 2010) ja probleemilahendamise skeemi (Pedaste & Sarapuu, 2011) kombineerimise tulemusel.

Loodud töökontseptsioonis on probleemi lahendamine ja otsuse tegemine ühendatud (vt Joonis 1). Uurimuses nimetan probleemilahendamise ja otsuse tegemise ülesandeid ühtselt probleemülesanneteks, vaatamata sellele, millisel kontseptsiooni osal on põhirõhk.

Testi ülesannete keskseks teemaks on valitud interdistsiplinaarne loodusteaduslik nähtus fotosüntees. Teema sisulise katmise eesmärgil koostas üldhariduskoolile kohase kontseptsioonikaardi fotosünteesist (vt Lisa 1). Testi jaoks koostas kuus probleemülesannet

ja üksteist loodusteadusliku sisu ülesannet. Enne testi läbiviimist määrasin, milline loodusteaduslik sisu on vajalik iga probleemülesande lahendamiseks, et välja selgitada seoseid probleemülesannete lahendamise ja vastavate loodusteaduslike teadmiste omamise vahel.^[1] Testi hindamiseks koostas in 0–4-astmelise skaala, mida on täpsemalt kirjeldatud metoodika peatükis. Inspiratsiooni skaala väljatöötamisel sain Loodusvaldkonna õpitulemuste e-hindamise kontseptsioonist. Selles dokumendis rõhutatakse, et hindamisel on loodusteaduslikel teadmistel kandev osa, kuid loodusteaduslike teadmiste ja oskuste isoleerimine väärtushinnangutest ja sotsiaalses elus vajalikest oskustest tekitaks vastuolu teaduse olemuse ja innovatsiooni mõistmisel. Väärtustena, mida hinnata, on nimetatud looduslikku mitmekesisust, vastutustundlikku ja säästvat eluviisi ning looduskeskkonnas viibimist (Haridus- ja Noorteamet, 2010). Skaala koostamisel konsulteerisin loodusteadusliku hariduse eksperdiga, et hinnata sobivust, mille tulemusel viidi skaalasse sisse muudatused.

2. Metoodika

Selle peatüki eesmärk on avada uurimuse disaini: andmekogumise instrumenti, andmete kogumist ja analüüsimeetodit ning valimit – ehk kokkuvõtlikult seda, kuidas uurimus on teostatud ja tulemusteni jõutud. Peatüki lõpuosas esitan ka eetilised põhimõtted, millest uurimust koostades lähtusin.

2.1 Andmekogumise instrument

Empiiriliste andmete kogumise jaoks koostas in testi. Testi ülesanded peavad sisaldama interdistsiplinaarset loodusteaduslikku nähtust, milleks sobib fotosüntees. Fotosüntees seondub üldhariduskooli bioloogiast taimefüsioloogia ja fotosünteesi pimeduse ja valguse staadiumitega, fotosünteesi lähteainete ja saaduste temaga, keemiast fotosünteesi keemilise reaktsiooniga, füüsikast energia muundumisega ning valgusõpetusega. Ülesannetega on kaetud kõik osad fotosünteesi kontseptsioonikaardil (vt Lisa 1). Testi peab olema võimalik lahendada ühe koolitunni ajal – mis seab piirangud testi mahule. Testis on seitseteist ülesannet: neist kuus on probleemülesanded – ül.1, ül.7, ül.9, ül.13, ül.14, ül.17 – ja üksteist loodusteadusliku sisu ülesanded – ül.2, ül.3, ül.4, ül.5, ül.6, ül.8, ül.10, ül.11, ül.12, ül.15, ül.16. Iga probleemülesandes sisalduva loodusteadusliku sisu kohta on koostatud loodusteadusliku sisu tundmist testivad ülesanded, selleks et analüüsis oleks võimalik leida omavahelist seost.

Testi ülesandeid saab eristada lahenduse jaoks vajaliku kognitiivse pingutuse alusel – kui madalamat ja kõrgemat järku keerukusega ülesandeid –, sest testis oli nii valik- kui avatud

vastustega ülesandeid. Valikvastuseid anda on õpilaste jaoks enamasti lihtsam võrreldes avatud vastustega (Pérez-Marín et al., 2009).

Valikvastuste koostamisel sain koolikogemusele lisaks inspiratsiooni ühest varasemast Tartu Ülikooli Loodusteadusliku hariduse keskuse magistritöö raames tehtud uurimusest, milles käsitleti õpilaste arusaamu fotosünteesist (Must, 2023). Magistritöös esitatud väärarusaamadest sain inspiratsiooni valede vastusevariantide koostamiseks. Näiteks koostas 10. ülesandesse väärad fotosünteesi määratlused, nagu: „*Fotosüntees on taimede hingamine, aga erinevalt loomadest hingab taim sisse süsihappegaasi ja väljutab hapnikku,*“ ja „*Fotosüntees on taimede lehtedes toimuv protsess, mille käigus taim muundab süsihappegaasi hapnikuks.*“ Uuritud väärarusaamadest lähtub näiteks ka 11. ülesande vale vastusevariant: „*Valgusstaadiumis toimub taime väljahingamine ja pimedusstaadiumis sissehingamine, sest valgusstaadiumis väljub kloroplastist O_2 ja pimedusstaadiumis siseneb CO_2 .*“

Testi ülesandeid katsetati esmalt ühes gümnaasiumis ning neid korrigeeriti saadud tagasiside põhjal. Enne lõplikku kasutamist hindasid ülesannete kohasust riiklikule õppekavale loodusteadusliku hariduse ekspert ja aineõpetajad.

Testi viisin läbi veebipõhisel platvormil *Google Forms*, viibides õpilastega samas ruumis. Kõigi kolme valimisse võetud klassikollektiivi tund toimus testi tegemiseks kooli arvutiklassis. Enne testi tegemist selgitasin õpilastele ülesannete interdistsiplinaarsuse ja sotsiaalse mõju tähendust suuliselt ning ka kirjalikult testi alguses järgnevalt: „*Loodusteadustes õpitud igapäevaelus või töös rakendades tuleb teadmisi alati seostada ka teiste teemadega. Harva on igapäevaelus ettetulev probleem ainult bioloogia, füüsika, keemia või mõne muu aine keskne. Probleemi mõistmiseks tuleb kasutada teadmisi mitmest erinevast loodusainest. Näiteks fotosüntees on teema, mis seob taimefüsioloogia bioloogiast, keemilised reaktsioonid ning valguse- ja energiaõpetuse füüsikast. Fotosünteesiga seotud teemad on olulised keskkonnakaitses ja energiamajanduses, mis teeb need probleemid tähtsaks ka ühiskonna seisukohast.*“

2.2 Empiiriliste andmete analüüsi meetod

Empiiriliste andmete analüüsi meetod on segatüüpi (Niglas, 2004), mille põhiosa moodustab kvantitatiivne analüüs, kuid millesse on kaasatud ka märkimisväärne osa kvalitatiivset analüüsi andmete kodeerimisel. Kodeerisin õpilaste testivastused nii, et omavahel oleksid võrreldavad valikvastustega ja avatud vastustega ülesannete lahenduste tulemused, omistades kõigi ülesannete vastustele arvulise väärtuse sama skaala alusel. Andmeid analüüsisin kasutades kirjeldavat statistikat ja korrelatsioonanalüüsi. Andmete kodeerimist ja analüüsi avan täpsemalt

käesoleva peatüki *Empiiriliste andmete analüüsi protsessi* alaosas.

2.3 Empiiriliste andmete analüüsi protsess

Esimeste sammudena pärast empiiriliste andmete kogumist kodeerisin vastused ja puhastasin andmed. Kodeerisin õpilaste testitulemused nii, et omavahel oleksid võrreldavad valikvastustega ja avatud vastustega ülesannete lahendused, omistades kõigi ülesannete vastustele viieastmelisel skaala alusel arvulise väärtuse 0-4. 0 osutab valele lahendusele või lahenduse puudumisele ning 1, 2, 3, 4 iseloomustavad kasvavalt hinnangut lahendusele.

Inspiratsiooni viieastmelise skaala loomiseks sain sellest, et varasemates uurimustes õpilaste loodusteadusliku kirjaoskuse ning ka probleemide lahendamise oskuse hindamiseks on Eesti uurijad eristanud nelja taset (Rannikmäe et al., 2021; Rannikmäe & Soobard, 2014b; Soobard & Rannikmäe, 2011). Vaatamata sellele ei ole minu loodud skaala varasematega otseselt võrreldav, sest ma ei erista testi ülesannete keerukust hindamisel, vaid ainult vastuse sisu. Testi ülesannete iseloomustamist madalamat või kõrgemat järku keerukuse alusel kasutan vaid korrelatsioonanalüüsi tulemuste interpreteerimisel.

Kodeerimisel osutus väljakutseks testi ülesannete ja vastuste mitmekesisus. 17 ülesandest 8 puhul oodati avatud tekstilist vastust, teised ülesanded olid valikvastustega. Valikvastused erinesid selle poolest, kas õigeid vastusevariante oli üks või mitu ning kui suur osakaal vastusevariantidest oli õigeid. Kokkuvõttes ei saanud ei vaba tekstiga ega valikvastustega ülesandeid kodeerida ühest reeglit rakendades. Avatud vastustele tuli läheneda täiesti kvalitatiivselt selles tähenduses, et hinnangut andes tuli iga vastuse sisuliselt läbi mõelda. Kvalitatiivse lähenemise vajadus hindamisele tulenes sellest, et enamus testi avatud vastustega ülesannetest olid vähe struktureeritud ülesanded. Ülesannete liigitust struktureerituteks ja vähestruktureerituteks avavad Tartu Ülikooli haridusteadlased Margus Pedaste ja Tago Sarapuu oma artiklis *Probleemülesannete tüübid ja lahendusstrateegiad* (2011). Selle liigituse järgi puudub vähestruktureeritud ülesannetel üks võimalik lahend, vaid on palju erinevaid lahendivõimalusi ning lahend sõltub ka lahendaja individuaalsetest väärtustest ja hoiakutest (Pedaste & Sarapuu, 2011). Seega, arvulisti väärtust andes pidin iga lahendust hindama sisuliselt ja eraldiseisvalt. Avatud vastustega ülesanded olid 1, 3, 6, 7, 9, 13, 16 ja 17, milles palusin õpilastel oma vastust selgitada või põhjendada mõne lausega.

Valikvastuste puhul ei pidanud lähenema igale vastusele eraldi kvalitatiivselt – piisas vastusetüübile iseloomuliku kodeerimisreegli kehtestamisest. Siiski oli ühese reegli kohaselt võimalik vastuseid hinnata vaid ülesannetes nr 2, 8 ja 12, kuna nende ülesannete valikuvariantide seas oli ainult üks õige variant ja ülejäänud väärad, millele omistasin arvulised

väärtused vastavalt 4 ja 0. Ülesannetele 10 ja 14 olin eelnevalt määranud õige, osaliselt õige ja väärad vastused, kuid pidasin vajalikuks hinnata kummagi ülesande vastuseid erinevalt. Ülesannetes 4, 5, 11 ja 15 pidid õpilased valima mitme väite seast välja kõik õiged väited. Valiidsuse huvides lähenesin igat tüüpi valikvastusele arvulist väärtust omistades individuaalselt ja erinevalt. Reliaabluse suurendamiseks esitan uurimuse lisades kõigi vastuste tüüpide kodeerimise ükshaaval tabeli kujul (vt Lisa 2).

Pärast vastustele arvuliste väärtuste omistamist analüüsisin andmeid, kasutades kirjeldavat statistikat ja korrelatsioonanalüüsi. Ülesannete vastused jaotusid ligikaudu normaaljaotuse alusel, mistõttu kasutasin Pearsoni korrelatsiooni. Pearsoni korrelatsiooni abil selgitasin välja, milliste ülesannete lahendamise vahel on statistiliselt oluline seos, et teha järeldusi loodusteadusliku sisu tundmise osa kohta probleemilahendamise oskuses. Kirjeldava statistika meetodil selgitasin välja, millistele ülesannetele on vastatud keskmiselt paremini ja millistele mitte, ning tegin järeldusi selle kohta, milline seos on ülesannete lahendamise ja interdistsiplinaarse loodusteadusliku nähtuse tervikliku mõistmise vahel.

2.4 Valim

Uurimuse valim on eesmärgistatud, mille optimaalne suurus võimaldab ka üldistamist ülekantavuse vormis (Teddlie & Tashakkori, 2009). Valimisse võeti abiturientid ühe Eesti linna ilma erikallakuta gümnaasiumi kolmest paralleelklassist. Selle uurimuse tulemused võivad olla ülekantavad sarnaste tunnustega Eesti linnade gümnaasiumite õpilastele. Oodatud testile vastajate arv oli ligikaudu 90 õpilast. Testile vastajate tegelik arv kujunes väiksemaks, sest varakevadisel ajal puudusid mitmed õpilased haiguste tõttu koolist. Lõplik valim koosnes 70 õpilasest 72 vastanu seast, sest kahe õpilase testi eemaldas eetilistel põhimõtetel.

2.5 Uurimisprotsessi eetilised põhimõtted

Uurimuse igas etapis lähtusin Hea teadustava kokkuleppes ja Isikuandmete kaitse seadusest (Tartu Ülikooli eetikakeskus, 2017; Riigiteataja, 2025), mille alusel pidasin kinni järgmistest põhimõtetest: vastaja võimalus keelduda osalemisest, konfidentsiaalsus ja andmete kaitstus ning läbipaistvus uurimistöö teostuses. Uurimuse valimisse võetud õpilased olid 18-aastased ja vanemad. Teavitasin neid õpilasi oma eesmärgist kasutada teste uurimuses suuliselt tunni alguses ning kirjalikult testi sissejuhatuses, kuhu lisasin võimaluse vabatahtlikult märgistada või mitte märgistada lahter teadlikkusest uurimuses osalemisest. Õpilase vanuse palusin samuti märkida testi alguses taustaandmete seas.

72-st vastatud testist eemaldasid enne andmeanalüüsi kaks: ühe märgistuseta uurimusest teadlikkuse lahtri pärast ja teise sellepärast, et vastaja vanuseks oli märgitud 17. Konfidentsiaalsuse eesmärgil ei kasutata uurimuses gümnaasiumi, õpilaste ega ka nende õpetajate nimesid. Kogutud andmeid pole jagatud kõrvalistele isikutele.

2.6 Uurimistöö teostamise ajakava

Uurimistöö teostamise ajakava esitan tabelina, mis kajastab töö peamisi tegevusi ja nende osaliselt kattuvat ajastust (vt Tabel 1).

Tabel 1

Uurimistöö teostamise ajakava

Uurimistegevus	Aeg
Kirjanduse analüüs teoreetilise raamistiku ning empiirilise uurimuse aluste koostamiseks	oktoober, 2023.a. – mai, 2025.a.
Testi ülesannete koostamine ja katsetamine ühes gümnaasiumis	september, 2024.a. – märts, 2025.a.
Analüüsimeetodi konkretiseerimine	november, 2024.a. – märts, 2025.a.
Empiiriliste andmete kogumine	märts, 2025.a.
Empiiriliste andmete analüüs	märts, 2025.a. – mai, 2025.a.
Uurimistöö vormistamine kirjalikult	detsember, 2024 – mai, 2025.a.

3. Tulemused

Selles peatükis esitan analüüsi tulemused ja tabelid oluliste statistiliste seostega järelduste tegemiseks.

Esmalt analüüsin ülesannete lahendamisel saadud keskmisi tulemusi. Analüüsile eelnevalt oli vastustele omistatud arvuline väärtus skaalal 0–4. Eraldi on esitatud probleemülesanded ja loodusteadusliku sisu tundmise ülesanded, milles viimased on eristatud kõrgemat ja madalamat järku keerukuse poolest. Ülesannete keerukust määrasin üldiselt, võttes arvesse lahendamiseks vajalikku kognitiivset pingutust — valikvastustega faktiteadmiste ülesannete lahendamine nõuab vähem pingutust kui avatud vastustega ülesannete lahendamine (Pérez-Marín et al., 2009). Keskmiste tulemuste kõrval on tabelis esitatud ka standardhälve (vt Tabel 2).

Tabel 2*Ülesannetele vastamise keskmised tulemused skaalal 0-4 ja standardhälve*

Probleemülesande number	Loodusteadusliku sisuülesande number ja keerukus	M	SD
1.		1,41	0,94
	2. madalam	3,66	1,13
	3. kõrgem	1,47	1,36
	4. madalam	1,34	1,67
	5. madalam	1,54	1,76
7.		1,23	0,89
	6. kõrgem	0,09	0,50
	8. kõrgem	0,57	1,41
9.		1,31	0,65
	10. madalam	2,04	1,94
	11. kõrgem	0,4	0,92
	12. madalam	2,06	2,01
13.		1,39	0,94
14.		1,8	1,87
	15. madalam	1,16	1,38
	16. kõrgem	2,13	0,87
17.		1,59	0,75

Märkused. M – keskmine; SD – standardhälve

Tabelist nähtub, et madalamat järku ülesannetes saadi sagedamini üle keskmise tulemus kui kõrgemat järku ülesannetes. Antud valimi puhul oli loodusteadusliku sisu ülesannete lahendamise üldine keskmine tulemus 1,5 (SD 1,71). Loodusteadusliku sisu ülesannete keskmine tulemus viitab sellele, et ülesannete lahendamine oli õpilaste jaoks üldiselt keeruline. Keskmisest kõrgem standardhälve viitab samas sellele, et õpilaste teadmiste ja oskuste tase selles valdkonnas oli väga erinev. Loodusteadusliku sisu ülesannetest keerukamate ülesannete keskmine tulemus oli 1,46 (SD 1,10), mis näitab, et ülesannete lahendamine oli õpilaste jaoks üldiselt keeruline, aga vastuste hajutus näitab, et osa õpilaste jaoks oli lahenduse leidmine siiski lihtne. Madalama keerukusega ülesannete keskmine tulemus oli 1,95 (SD 1,68), mis läheneb skaala keskmisele, kuid kõrge standardhälve näitab suurt erinevust õpilaste vastustes. Probleemülesannete lahendamise keskmine tulemus oli 1,46 (SD 1,01) (0–4 astmelisel skaalal). Statistilised näitajad – madal keskmine ja mõõdukas standardhälve – viitavad, et probleemülesanded olid õpilaste jaoks keerulised ja individuaalsed erinevused lahendamises olid väiksemad kui loodusteadusliku sisu ülesannetes, kuid siiski märgatavad.

Selgub ka, et õpilastel ei ole omandatud kõiki teadmisi õppekavakohasest fotosünteesi kontseptsioonist, mida testiga kontrolliti. Puudulik oli näiteks põhikooli füüsika teadmine valgusõpetusest 6. ülesandes, kus tuli vastata sinist värvi päikesepaneeli elemendi joonise

alusel, milline valguspektri osa ei neeldu, ja selgitada oma vastust mõne lausega. Selle ülesande keskmine tulemus on 0,09, mis näitab, et õpilased ei osanud vastata, ning võrdlemisi väikese standardhälbe (SD 0,50) kohaselt ei osanud vastata enamik õpilastest. Arvandmeid vahetult analüüsid on sellele ülesandele vastanud 70 õpilasest 67 saanud 0 punkti. 12. ülesande lahenduse keskmisel tulemusel on teistega võrreldes suurem standardhälve (SD 2,01). Suurem standardhälve viitab, et osale õpilastest oli ülesande lahendamine väga lihtne, aga teistele raske. 12. ülesanne oli madalamat järku keerukusega, valikvastustega ja ühe õige vastusevariandiga. Küll aga nõudis valiku tegemine teadmist fotosünteesi keemilisest reaktsioonist, sest tähistada tuli võrrand, mis kirjeldas kõige paremini keemilisi reaktsioone fotosünteesi pimedusstaadiumis.

Järgnevalt analüüsisin testi koostamisel määratud seoseid probleemülesannete ja loodusteadusliku sisu ülesannete vahel. Analüüsisin seost Pearsoni korrelatsiooni kaudu, mille tulemus on esitatud järgnevas tabelis (vt Tabel 3). Esitan tabelis ülesannete teksti osa reliaabluse eesmärgil, et lugejal oleks võimalik ülesannete sisu seostumist ka ise hinnata.

Tabel 3

<i>Probleemülesannete ja nendele vastavate loodusteadusliku sisu ülesannete lahendamise seos</i>		
Probleemülesande number ja tekst	Loodusteadusliku sisu ülesande number ja tekst	Pearsoni r
1. Inimesed on saanud taimedelt inspiratsiooni püüda päikeselt valguseenergiat ja muundada see endale kasutatavaks energiaks. Päikeseplatadeid muundatakse valguseenergia elektriksi. Vastajoonise alusel, kuhu sa paigutaksid päikeseplatadeid selle Eesti maja juures ja kuhu suunaksid valgust neelava pinna, et saada kõige rohkem elektrit. Palun põhjenda otsust erinevatest seisukohtadest mõne lausega.	2. Millist liiki energiat väliskeskkonnast muundab pildilolev organism?	0,245 *
	3. Taim kasvab. Kuidas selgitada energia muundumist taime kasvamisel? Kirjuta sobiv vastus mitme lausega.	0,355 **
	5. Millised protsessid on sarnased päikesepaneelides ja fotosünteesivates taimedes? Tähistajärgnevas loetelus kõik valikud, mis kehtivad nii fotosünteesi kohta taimedes kui ka fotoelektrilise efekti kohta päikesepaneelides!	0,116
7. Joonisel on graafik, mis näitab, kui hästi erinevate spektriosade valgus klorofüllis neeldub. Palun otsustajoonisele tuginedes: millise valgusspektriga lampide kasutamine kasvahoones oleks kõige soodsam	6. Joonisel on näidatud päikesepaneelide päikeselement, mis on valmistatud ränist. Räni on pooljuht, milles neeldub valgus. Palun vasta joonisele tuginedes: millise valgusspektri osa lained	0,020

taimede kasvatamiseks? Põhjenda oma otsust mõne lausega.	ränikristallides ei neeldu. Selgita oma vastust mõne lausega.	
	8. Mis värvi paistaksid teile tomatilehed, kui seisaksite kasvuhooes, mis on ehitatud rohelisest klaasist?	0,079
9. Linnavalitsus ehitab linna serva kasvuhooone, kus kasvatatakse aastaringselt kurke ja tomateid. Linnaelanikud kurdavad aga, et öösiti häirib neid kasvuhooone tekitatud valgusreostus. Millise otsuse peaks linnavalitsus kasvuhooone osas tegema? Palun põhjenda otsust erinevatest seisukohtadest.	◇ 7. Joonisel on graafik, mis näitab, kui hästi erinevate spektriosade valgus klorofüllis neeldub. Palun otsusta joonisele tuginedes: millise valgusspektriga lampide kasutamine kasvuhooones oleks kõige soodsam taimede kasvatamiseks? Põhjenda oma otsust mõne lausega.	-0,001
	8. Mis värvi paistaksid teile tomatilehed, kui seisaksite kasvuhooones, mis on ehitatud rohelisest klaasist?	-0,079
13. Ehitati uus kasvuhooone talveks kurkide ja tomatite kasvatamiseks. Kasvuhooone oli valgustatud ning külma kaitseks korralikult soojustatud ja tihedalt suletud. Ometi märgati, et taimede kasv on liiga aeglane. Mis võis põhjustada taimede kasvuprobleeme selles kasvuhooones? Anna selgitav vastus mõne lausega.	3. Taim kasvab. Kuidas selgitada energia muundumist taime kasvamisel? Kirjuta sobiv vastus mitme lausega.	0,458***
	4. Kuidas liiguvad taimes valgusenergia ning fotosünteesi lähteained ja saadused? Tähistage kõik õiged väited.	-0,077
	10. Milline allolevatest selgitustest fotosünteesi kohta on tõeseim?	0,430***
	11. Joonisel on näidatud fotosünteesi valguse ja pimeduse staadiumid kloroplastis. Tuginedes joonisele, tähistage kõik õiged väited.	0,305*
	12. Milline neist võrranditest kirjeldab kõige paremini fotosünteesi pimedusstaadiumi reaktsioone? Tähistage õige valik.	0,065
14. Taanielil on suur akvaarium kahe kalaga ja paari taimega. Akvaariumi valgustab lamp, mille valguse intensiivsus on 8. Lambi valguse intensiivsusest sõltub, kui palju gaasi mulle taimed eraldavad (joonisel). Taaniel soovib akvaariumisse panna rohkem kalu, kuid selleks peab ta lahendama probleemi, kuidas tekitada akvaariumi vette rohkem hapnikku. Mida tuleks Taanielil teha, et akvaariumi vees oleks rohkem hapnikku? Tähistage kõige parem lahendus.	3. Taim kasvab. Kuidas selgitada energia muundumist taime kasvamisel? Kirjuta sobiv vastus mitme lausega.	0,038
	15. Tähistage järgnevate vastuste seas kõik autotroofsed organismid.	-0,111

17. Ühel valgusküllasel niidul elasid Eesti rahvusliblikad, pääsusabad, kes on väga valguslembelised. Hiljuti toimusid niidul muutused. Lõunaserva olid kasvanud puud, millel pesitsesid putuktoidulised linnud, kes sõid ka liblikaid. Naabruses oleva talu loomade toiduks niideti niidult rohtu kaks korda aastas. Nende muudatustega kaasnes liblikate vähenemine niidul. Mis oleks kõige tähtsam teha liblikate arvukuse taastamiseks? Palun selgita lahendust erinevatest seisukohtadest.	15. Tähista järgnevate vastuste seas kõik autotroofsed organismid.	0,064
	16. Joonisel on kujutatud ökoloogilist püramiidi. Palun selgita mõne lausega joonise alusel, miks nimetatakse fotosünteesivaid organisme ökosüsteemides tootjateks.	0,283 *

Märkused. * – seose olulisus: * ($p < 0,05$), ** ($p < 0,01$), *** ($p < 0,001$)

◇ – probleemülesanne, mis antud juhul sobis loodusteadusliku sisu ülesandena.

Testi täiskomplekti jooniste, graafikute ja valikvastuste variantidega uurimuses ei avaldata.

Tabelist nähtub, et probleemülesannete ja testi eel määratud vastava loodusteadusliku sisuga ülesannete lahendamise vahel on seos oluline vaid 6 juhul 16-st. Loodusteadusliku sisu ülesanded (keerukuse järk), mis nendes 6 juhul seostusid, olid 2. (madalam), 3. (kõrgem), 3. (kõrgem), 10. (madalam), 11. (kõrgem) ja 16. (kõrgem). 3. ülesandega seos ilmnis kahel juhul, sest selle ülesande eeldatav seos rohkem kui ühe (kolme) probleemülesandega oli määratud enne testi ning ülesande sisu hõlmab ulatuslikku osa fotosünteesi kontseptsioonist. Keerukama astme ja ulatuslikuma sisuga ülesannete sagedasemat andmete kogumise eelset seostamist teiste ülesannetega saab selgitada nende sisulise mitmekesisuse ja kontseptuaalse kattuvusega. Kuna mõni loodusteadusliku sisu ülesanne jäi paljudel õpilastel lahenduseta, siis need praktiliselt lahendamata ainealased ülesanded, nagu 6. ülesanne, ei saa ka korreleeruda vastavate probleemülesannetega. 6. ülesandega seotud probleemülesanne oli kõrge keerukuse astmega 7. ülesanne, millele vastates on saadud tulemus 1,23 (SD 0,89), mis on keskmisest madalam tulemus, ja et madal tulemus oli õpilastest enamusel (vt Tabel 2).

Järgnevalt analüüsisin seoseid kõigi ülesannete lahenduste vahel testis (vt Lisa 3). Lahenduste vahelise analüüsi tulemustest koondasin allolevasse tabelisse ülesanded, mille lahendamise vahel leidis statistiliselt oluline seos (vt Tabel 4).

Tabel 4

Olulised seosed ülesannetele vastamise vahel

Ülesannete numbrid	Pearsoni r
1. ja 2.	0,245 *
1. ja 7.	0,371 **
2. ja 5.	0,262 *
3. ja 1.	0,355 **
3. ja 9.	0,355 **
3. ja 10.	0,581 ***
3. ja 11.	0,344 **
3. ja 13.	0,458 ***
3. ja 15.	0,455 ***
3. ja 17.	0,364 **
5. ja 8.	0,257 *
7. ja 10.	0,374 **
9. ja 17.	0,271 *
10. ja 15.	0,486 ***
11. ja 15.	0,282 *
13. ja 1.	0,392 ***
13. ja 7.	0,241 *
13. ja 10.	0,430 ***
13. ja 11.	0,305 *
13. ja 15.	0,367 **
13. ja 16.	0,473 ***
13. ja 17.	0,354 **
15. ja 16.	0,492 ***
16. ja 17.	0,283 *

Märkused. r – Pearsoni korrelatsioonikordaja

* – seose olulisus: * ($p < 0,05$), ** ($p < 0,01$), *** ($p < 0,001$)

Rasvases kirjases on testimiseelselt määratud vastavus probleemi ja loodusteadusliku sisu vahel.

Tabelist nähtub, et olulisi seoseid ülesannete lahendamise vahel esineb, kuid olulisi seoseid ilmneb enam teiste ülesannete vahel, mitte nende vahel, mis olid testimise eel seotuks määratud probleemi ja lahenduseks vajaliku loodusteadusliku sisu poolest. Tabelist nähtub teiste ülesannete lahendamise seoses eriliselt kahe ülesande esile tõus.

Loodusteadusliku sisu ülesannetest on kõige enam (7/16) teiste ülesannete lahendamise seotud 3. ülesanne: „*Taim kasvab. Kuidas selgitada energia muundumist taime kasvamisel? Kirjuta sobiv vastus mitme lausega.*“ Kusjuures kõik 3. ülesande seosed teiste ülesannetega on olulised ja väga olulised ($p < 0,01$ ning $p < 0,001$). 3. ülesanne on kõrgemat järku

loodusteadusliku sisu ülesanne. Kõige tugevam seos ($r = 0,581$) on 3. ülesandel 10. ülesandega: „*Milline allolevatest selgitustest fotosünteesi kohta on tõeseim?*“ Siin ilmnenud Pearsoni korrelatsioonikordaja ($r = 0,581$) on üldse kõige tugevam ilmnenud seosenäit selles analüüsis. 10. ülesanne on valikvastustega loodusteadusliku sisu ülesanne. Probleemülesannetest ilmnes 3. ülesandel kõige tugevam seos ($r = 0,458$) 13. ülesandega: „*Ehitati uus kasvuhoone talveks kurkide ja tomatite kasvatamiseks. Kasvuhoone oli valgustatud ning külma kaitseks korralikult soojustatud ja tihedalt suletud. Ometi märgati, et taimede kasv on liiga aeglane. Mis võis põhjustada taimede kasvuprobleeme selles kasvuhoones? Anna selgitav vastus mõne lausega.*“ Kõik need omavahel tugevas seoses olevad ülesanded – 3., 10. ja 13. ülesanne – nõuavad lahenduseks fotosünteesi protsessi terviklikku mõistmist. 3. ülesanne nõuab protsessis toimuva energia muundamise seostamist taime kasvuga ning selle selgitamist oma sõnadega. 10. ülesandele vastamine nõuab fotosünteesi definitsiooni äratundmist eksitavate definitsioonide seast ning 13. ülesanne nõuab probleemi identifitseerimist, mille lahenduses peab kajastuma loodusteaduslik selgitus, et puuduliku aineringluse tõttu on fotosünteesi keemiline reaktsioon takistatud. Probleemülesannetest on kõige enam (8/16) teiste ülesannete lahendamisega seotud 13. ülesanne: „*Ehitati uus kasvuhoone talveks kurkide ja tomatite kasvatamiseks. Kasvuhoone oli valgustatud ning külma kaitseks korralikult soojustatud ja tihedalt suletud. Ometi märgati, et taimede kasv on liiga aeglane. Mis võis põhjustada taimede kasvuprobleeme selles kasvuhoones? Anna selgitav vastus mõne lausega.*“ Loodusteadusliku sisu ülesannetest ilmneb 13. ülesande kõige tugevam seos ($r = 0,473$) 16. ülesandega: „*Joonisel on kujutatud ökoloogilist püramiidi. Palun selgita mõne lausega joonise alusel, miks nimetatakse fotosünteesivaid organisme ökosüsteemides tootjateks.*“ Probleemülesannetest on 13. ülesandel tugevaim seos ($r = 0,392$) 1. ülesandega: „*Inimesed on saanud taimedelt inspiratsiooni püüda päikeselt valguseenergiat ja muundada see endale kasutatavaks energiaks. Päikesepatareides muundatakse valgusenergia elektrienergiaks. Vasta joonise alusel, kuhu sa paigutaksid päikesepatareid selle Eesti maja juures ja kuhu suunaksid valgust neelava pinna, et saada kõige rohkem elektrit. Palun põhjenda otsust erinevatest seisukohtadest mõne lausega.*“ 1. ülesanne on suunatud energia muundamise eeltingimuste ja kasu mõistmisele analoogiliselt taimedes ja inimeste loodud rakendustes.

4. Arutelu

Võtan selles peatükis uurimuse tulemused kokku uurimisküsimuste kaupa ning arutlen, mida tulemuste põhjal järeldada ja kuidas tulemused ja järeldused seostuvad diskussiooniga laiemas paradigmaatilises taustas.

Esimene uurimisküsimus oli, milline on gümnaasiumiõpilaste oskus lahendada sotsiaalse kandepinnaga loodusteaduslikke probleeme. Õpilaste keskmine probleemilahendamise oskus osutus madalaks. Probleemülesannete lahendamise statistilistest näitajatest – madal keskmine tulemus ja mõõdukas standardhälve – järeldub, et probleemülesanded olid õpilaste jaoks üldjoontes keerulised, kuid individuaalsed erinevused lahendamisvõimes olid siiski märgatavad. Tulemus on kooskõlas Tartu Ülikooli Loodusteadusliku hariduse keskuse varasema pikaajalise uurimusega, mille kohaselt gümnaasiumiõpilaste probleemilahendamise oskused on madalad ja ka ei muutu paremaks gümnaasiumiõpingute jooksul (Rannikmäe et al., 2017). Ka selle uurimuse tulemused näitavad, et loodusteaduslike probleemiülesannete lahendamises ei ole õpilased tugevad ja loodusteadusliku sisu ülesannetest osatakse paremini vastata madalama keerukusega küsimustele, milles vastusevariandid on ette antud. Kõrgema keerukusega loodusteadusliku sisuga ülesannetes on tulemused oodatavalt madalamad. Loodusteadusliku sisu ülesannete lahendamise statistilistest näitajatest – madal keskmine tulemus ja keskmisest kõrgem standardhälve – järeldub siiski, et osa õpilaste jaoks oli nende ülesannete lahendamine lihtne. Loodusteadusliku sisu ülesanded osutusid õpilaste jaoks üldiselt keerukaks, kuid õpilaste teadmiste ja oskuste tase selles valdkonnas oli väga erinev.

Teine uurimisküsimus oli, milline on seos loodusteadusliku sisu tundmise ja sotsiaalse kandepinnaga loodusteadusliku probleemi lahendamise oskuse vahel. Lüngad loodusteadusliku sisu ülesannete lahendamises viitavad, et õpilaste teadmised fotosünteesist kui interdistsiplinaarsest nähtusest tervikuna on lünklikud. Seega ei ole ka võimalik tunda järeldussuhteid fotosünteesi kui kontseptsiooni osade vahel. Ometi ei piisa teadmiste rakendamise jaoks vaid päheõpitud mõistete teadmisest, vaid on vaja tunda mõistete vahelisi järeldussuhteid, mis on kooskõlas uurimuse paradigmaatilise raamistuse mõlema lähenemisega õppimisele. Kummaski lähenemises ei leidu nii-öelda faktidele keskendumise eesmärki. Eelkõige uuemas, praegu kehtivas, paradigmaatilises lähenemises rõhutatakse elulise konteksti toomise tähtsust õppimisse, selleks, et mõista teadmiste seost sotsiaalelus toimuvaga ja et saaks harjutada teadmiste rakendamist probleemide lahendamisel (Holbrook & Rannikmäe, 2007). Ka teadmistekeskse lähenemises väidetakse, et ainult mõistetest (kui faktidest) ei piisa teadmiste rakendamiseks. Rakendamiseks on vaja tunda mõistete vahelisi järeldussuhteid, mis

tähendab, et on vaja teada, kuidas kontseptsioonid töötavad, millised reeglid on kindlad ja millised paindlikud, ja kuidas mõistete vahel liikuda. Vajalikud on teadmised ka uute teadmiste tõendamise protseduuridest, et teha ise järeldusi ja luua uusi teadmisi (Winch 2010, viidanud Muller & Young, 2019). Faktidekeskse õpetamise levik koolihariduses ei tulene tingimata veendumusest selle tõhususes, vaid sageli pigem praktilistest kaalutlustest, näiteks sellest, et faktikeskset õpet on lihtsam korraldada, eriti teadmiste kontrolli seisukohalt. Kuid faktide keskses õppes on õpilaste erakordselt keeruline saavutada arusaamist interdistsiplinaarsetest nähtustest, nagu fotosüntees või ka mitokondrites toimuv protsess, mida peab õpetama nii füüsikalise-, keemilise- kui ka bioloogilise aspektist lähtuvalt ehk interdistsiplinaarselt (Pärtel, 2010, 394-395).

Korrelatsioonanalüüsi tulemusel tõusis esile kaks ülesannet, üks probleemilahendamise ülesanne ja üks loodusteadusliku sisu ülesanne, mille lahendamine oli teiste ülesannetega olulises statistilises seoses. Probleemülesande lahendamise olulist seost mitme ülesandega võis eeldada, sest probleemi lahendamiseks läheb vaja teadmisi rohkem kui ühest õppeainest. See leid on kooskõlas Eesti riiklikus hariduskorralduses oluliseks peetud õppeainete lõimimise taotlusega. Ühendades erinevate distsipliinide kontseptsioone ja meetodeid, loodetakse saavutada õpilaste sügavamalt ja tähenduslikumat arusaamist (Haridus- ja Teadusministeerium, 2023.a). Samal ajal on interdistsiplinaarsete nähtuste puhul õppeainete lõimumine iseeneslik. Esiletõusnud loodusteadusliku sisu ülesannet võib aga pidada nõndanimetatud indikaatorülesandeks. Sama tüüpi ülesande lahendamisega võiks prognoosida probleemülesannete lahendamise edukust. Sellele ülesandele vastamine nõudis õpilaselt fotosünteesi käigus energia muundamise selgitamist taimede kasvamise kontekstis, mis tähendab, et õpilane pidi selle lahendamiseks mõistma fotosünteesi protsessi tervikuna ja vastuse oma sõnadega kirjutama. Sellise ülesande lahendamine viitab, et õpilane on omandanud teadmised, millel on iseloomulikke jooni kontseptsioonile võimsatest teadmistest. Võimsad teadmised ei pea olema koheselt rakendatavad spetsiifilises situatsioonis, ehkki on siiski rakendatavad paljudes eri situatsioonides üldistatavuse tõttu (Young, 2013). Nõnda on õpilane omandanud tervikliku arusaama fotosünteesi protsessist, ehk sellest, millised mõisted on selles kontseptsioonis ja millistes omavahelistes järeldussuhetes need mõisted on. Seda arusaama omandades polnud veel ette näha, et neid teadmisi saab kasutada probleemidele lahenduste väljapakkumiseks, kasvõi selles samas uurimuses kasutatud testis.

Kokkuvõtteks saab tulemuste alusel järeldada, et sotsiaalse kandepinnaga interdistsiplinaarsete loodusteaduslike probleemide lahendamise oskus on seotud terviklike loodusteaduslike kontseptsioonide mõistmisega, milles tuntakse mõistete vahelisi järeldussuhteid.

Selles järelduses peitub suunis nii elulise konteksti- kui teadmistekeskssele lähenemisele õpetamisest, mille vahelist diskussiooni avati kirjanduse ülevaates. Mõlemal lähenemisel on ühine eesmärk toetada õppijaid teadmiste rakendamises pärast õpingute lõppu, erinevused seisnevad pigem pedagoogilistes arusaamades, kuidas eesmärki saavutada.

Olgu arutelu lõpetuseks välja toodud uurimuse piirangud: valimi piiratus; erineva keerukusega ülesannete vastuste võrreldavus kodeerimisel; analüüsi polnud kaasatud kaaskodeerijat, kuid hinnanguga valimi õpilaste oskusele nõustusid kaks aineõpetajat.

Kokkuvõte

Käesoleva magistritöö eesmärk oli uurida gümnaasiumiõpilaste oskust lahendada interdistsiplinaarseid loodusteaduslikke probleeme, millel on sotsiaalne kandepind. Uurimus keskendus loodusteadusliku hariduse kvaliteedile ja õpetamisele lähtuvalt kahest erinevast paradigmat. Alates 1970. aastatest on loodusteaduste õpetamise paradigma muutunud teadmistekesksest elulise konteksti tähtsust rõhutavaks (Holbrook & Rannikmäe, 2007). Muutunud paradigmat kõrvutati tänapäevase, kuid vanale paradigmat sarnaneva, teadmistekesksse lähenemisega, milles peetakse samuti oluliseks teadmiste rakendamist elulistes situatsioonides, kuid väidetakse, et rakendatavad on vaid teaduslike distsipliinide põhised teadmised, mis on eristatud õppija igapäevakogemusest, usaldusväärsed, kontseptuaalselt seotud ning üldistatavad, tuginedes mõistete vahelistele järeldussuhetele ja teoreetilisele struktuurile (Muller & Young, 2019; Young, 2013).

Magistritöö **lähtekohaks oli probleem**, et kuigi gümnaasiumis õpetatakse loodusteaduslikke teadmisi ning õpilased omandavad neid, ei suuda nad sageli teadmisi probleemide lahendamisel rakendada ja see oskus ei parane ka gümnaasiumiõpingute jooksul (Rannikmäe et al., 2017).

Uurimuse **esimene eesmärk** oli koostada kirjandusele tuginedes sotsiaalse kandepinnaga interdistsiplinaarse loodusteadusliku probleemi lahendamise töökontseptsioon ja töötada välja alused testiülesannete loomiseks. Alameesmärk on sotsiaalse kandepinnaga interdistsiplinaarse loodusteadusliku nähtusega seotud ülesannete koostamine gümnaasiumiõpilastele.

Teine eesmärk oli selgitada, milline on gümnaasiumiõpilaste oskus lahendada sotsiaalse kandepinnaga interdistsiplinaarseid loodusteaduslikke probleeme.

Lähtudes eesmärkidest vastati järgmistele **uurimisküsimustele**.

1. Milline on gümnaasiumiõpilaste oskus lahendada sotsiaalse kandepinnaga loodusteaduslikke probleeme.
2. Milline on seos loodusteadusliku sisu tundmise ja sotsiaalse kandepinnaga loodusteadusliku probleemi lahendamise oskuse vahel.

Empiiriliste andmete kogumiseks koostati test, mille ülesanded käsitlesid fotosünteesi kui interdistsiplinaarset loodusteaduslikku nähtust. Testis olid probleemülesanded ja vastavad loodusteadusliku sisu ülesanded. Hindamiseks töötati välja 0–4 astmeline skaala.

Uurimuse valim oli eesmärgistatud ning koosnes ühe Eesti linna ilma erikallakuta gümnaasiumi kolmest paralleelklassist. Lõplik valim koosnes 70 õpilasest, kuna kaks testi eemaldati eetilistel kaalutlustel. Valimi suurus võimaldab tulemuste üldistamist ülekantavuse põhimõttel (Teddlie & Tashakkori, 2009).

Andmeid analüüsiti kvantitatiivselt pärast seda, kui õpilaste vastustele oli kvalitatiivselt omistatud arvulised väärtused. Kvantitatiivseks analüüsiks kasutati kirjeldavat statistikat ja korrelatsioonanalüüsi. Analüüsi eesmärk oli selgitada, milliste ülesannete lahendamise vahel esineb statistiliselt oluline seos, et teha järeldusi ainealaste teadmiste rolli kohta probleemilahendusoskuses. Kirjeldava statistika abil tuvastati, millistele ülesannetele vastati keskmiselt paremini ja millistele nõrgemini, võimaldades hinnata seoseid ülesannete lahendamise ja interdistsiplinaarse nähtuse tervikliku mõistmise vahel.

Tulemused näitavad, et loodusteaduslike probleemiülesannete lahendamises ei ole õpilased tugevad ja loodusteadusliku sisu ülesannetest osatakse paremini vastata madalamat järku keerukusega küsimustele, milles vastusevariandid on ette antud. Kõrgemat järku keerukusega loodusteadusliku sisuga ülesannetes on tulemused oodatavalt madalamad. Gümnaasiumiõpilaste oskus lahendada sotsiaalse kandepinnaga loodusteaduslikke probleeme vajab arendamist. Uurimuse tulemustes peitub vihje jätku-uurimuseks, et selgitada, kas oskuse arendamiseks võib abiks olla kõrgema keerukusega loodusteaduslike ülesannete lahendamine õpingute käigus.

Korrelatsioonanalüüsi tulemusel tõusis esile loodusteadusliku sisu ülesanne, mida võib pidada nõndanimetatud indikaatorülesandeks, mille lahendamisega prognoosida probleemülesannete lahendamise edukust. Sellele ülesandele vastamine nõudis õpilaselt fotosünteesi käigus energia muundamise selgitamist taime kasvamise kontekstis, mis tähendab, et õpilane pidi lahendamiseks mõistma fotosünteesi protsessi tervikuna ja vastuse oma sõnadega kirjutama. Sellise ülesande lahendamine viitab, et õpilane on omandanud teadmised, millel on

iseloomulikke jooni kirjanduse ülevaates käsitletud kontseptsioonile võimsatest teadmistest. Võimsad teadmised ei pea olema koheselt rakendatavad spetsiifilises situatsioonis, ehkki on siiski rakendatavad paljudes eri situatsioonides üldistatavuse tõttu (Young, 2013).

Kokkuvõtteks saab tulemuste alusel järeldada, et sotsiaalse kandepinnaga interdistsiplinaarsete loodusteaduslike probleemide lahendamise oskus on seotud terviklike loodusteaduslike kontseptsioonide mõistmisega, milles tuntakse mõistete vahelisi järeldussuhteid. Selles järelduses peitub suunis nii elulise konteksti- kui teadmistekesksele lähenemisele õpetamisest, mille vahelist diskussiooni avati kirjanduse ülevaates. Mõlemal lähenemisel on ühine eesmärk toetada õppijaid teadmiste rakendamises pärast õpingute lõppu, erinevused seisnevad pigem pedagoogilistes arusaamades, kuidas eesmärki saavutada.

Kirjanduse loetelu

- DeBoer, G. E. (2000). Scientific literacy: Another look at its historical and contemporary meanings and its relationship to science education reform. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(6), 582–601. [https://doi.org/10.1002/1098-2736\(200008\)37:6<582::AID-TEA5>3.0.CO;2-L](https://doi.org/10.1002/1098-2736(200008)37:6<582::AID-TEA5>3.0.CO;2-L)
- Eesti Vabariigi Valitsus. (2021). *Eesti riiklik arengukava 2021–2035*. Riigi Teataja. <https://www.riigiteataja.ee/akt/129082014021?leiaKehtiv>
- Haridus- ja Teadusministeerium. (2021). *Haridusvaldkonna arengukava 2021–2035*. <https://www.hm.ee/media/1488/download>
- Haridus- ja Noorteamet. (2024). Aruanne 2023/2024. õppeaasta loodusainete IV kooliastme katselise tasemetöö tulemustest. URL: Haridus- ja Teadusministeerium. (2023a). *Gümnaasiumi riiklik õppekava*. Riigi Teataja. <https://www.riigiteataja.ee/akt/129082014021?leiaKehtiv>
- Haridus- ja Teadusministeerium. (2023a). *Gümnaasiumi riiklik õppekava*. Riigi Teataja. <https://www.riigiteataja.ee/akt/108032023006>
- Haridus- ja Teadusministeerium. (2023b). *Põhikooli riiklik õppekava*. Riigi Teataja. <https://www.riigiteataja.ee/akt/129082014020?leiaKehtiv>
- Holbrook, J., & Rannikmäe, M. (2009). The meaning of scientific literacy. *International journal of environmental and science education*, 4(3), 275–288. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ884397.pdf>
- Holbrook, J., & Rannikmäe, M. (2007). The nature of science education for enhancing scientific literacy. *International Journal of science education*, 29(11), 1347–1362. <https://doi.org/10.1080/09500690601007549>
- Kuusk, T. (2010). Õppeainete seostamisest õppekava lõimingu kontekstis. Jaani, J., Aru, L. (Toim.) *Lõiming*, 6-30. Tartu: Tartu Ülikooli haridusuuringute ja õppekavaarenduse keskus. <http://www.digar.ee/id/nlib-digar:55785>

- Moore, R., & Young, M. (2001). Knowledge and the curriculum in the sociology of education: Towards a reconceptualisation. *British Journal of Sociology of Education*, 22(4), 445-461. 10.1080/0142569012009442 1
- Muller, J., & Young, M. (2019). Knowledge, power and powerful knowledge re-visited. *The curriculum journal*, 30(2), 196-214. <https://doi.org/10.1080/09585176.2019.1570292>
- Must, P. (2023). Gümnaasiumiastmele õppemooduli “Kui taimed kaoks ehk miks on vaja fotosünteesi” koostamine ja selle mõju hindamine õpipädevustele ühe kooli näitel (Magistritöö, Tartu Ülikool). Tartu Ülikooli digiarhiiv DSpace. <https://dspace.ut.ee/items/ef4cddf2-276f-4f5b-8849-23e3a7e986d1>
- Niglas, K. (2004). The combined use of qualitative and quantitative methods in educational research. *Sotsiaalteaduste dissertatsioonid*. Tallinn: Tallinna Pedagoogikatülikool. <https://www.etera.ee/zoom/199255/view>
- Pedaste, M., & Sarapuu, T. (2011). Probleemülesannete tüübid ja lahendusstrateegiad. Koppel, L. (Toim.). *Gümnaasiumi valdkonnaraamat. Loodusained*. Võrguteavik. Tallinn: Riiklik Eksami- ja Kvalifikatsioonikeskus. <https://oppekava.ee/probleemulesannete-tuubid-ja-lahendusstrateegiad/>
- Pérez-Marín, D., Pascual-Nieto, I., & Rodríguez, P. (2009). Computer-assisted assessment of free-text answers. *The Knowledge Engineering Review*, 24(4), 353–374. 10.1017/S026988890999018X
- Pärtel, E. (2010). Loodusainete valdkond. Jaani, J., Aru, L. (Toim.) *Lõiming*, 394-398. Tartu: Tartu Ülikooli haridusuuringute ja õppekavaarenduse keskus. <http://www.digar.ee/id/nlib-digar:55785>
- Rannikmäe, M. (2010). Loodusteaduste- ja tehnoloogiaalase kirjaoskuse kujundamine. *Põhikooli valdkonnaraamat LOODUSAINED*. Riiklik Eksami ja Kvalifikatsioonikeskus. <https://oppekava.ee/loodusteaduste-ja-tehnoloogiaalase-kirjaoskuse-kujundamine/>
- Rannikmäe, M., & Soobard, R. (2014a). Loodusteaduslik ja tehnoloogia-alane kirjaoskus ja selle erinevad tasemed. Rannikmäe, M., & Soobard, R. (Toim.), *Paradigmaatilised suundumused loodusainete õpetamisel üldhariduskoolis* (lk 11–20). Tartu: Eesti Ülikoolide Kirjastus. <https://dspace.ut.ee/server/api/core/bitstreams/a68d392a-b2a2-4858-8332-1f4c38a959cb/content>
- Rannikmäe, M., & Soobard, R. (2014b). Loodusteadusliku kirjaoskuse arendamine kui loodusteadusliku hariduse eesmärk. M. Rannikmäe & R. Soobard (Toim.), *Paradigmaatilised suundumused loodusainete õpetamisel üldhariduskoolis* (lk 7–26). Tartu: Eesti Ülikoolide Kirjastus. <https://dspace.ut.ee/server/api/core/bitstreams/a68d392a-b2a2-4858-8332-1f4c38a959cb/content>
- Rannikmäe, M., Soobard, R., Teppo, M., Valdmann, A., & Holbrook, J. (2014). Kontekstipõhine õpetamine. M. Rannikmäe & R. Soobard (Toim.), *Paradigmaatilised suundumused loodusainete õpetamisel üldhariduskoolis* (lk 62–70). Tartu: Eesti Ülikoolide Kirjastus. <https://dspace.ut.ee/server/api/core/bitstreams/a68d392a-b2a2-4858-8332-1f4c38a959cb/content>

- Rannikmäe, M., Soobard, R., Reiska, P., Rannikmäe, A., & Holbrook, J. (2017). Õpilaste loodusteadusliku kirjaoskuse tasemete muutus gümnaasiumiõpingute jooksul. *Eesti Haridusteaduste Ajakiri*, 5(1), 59–98. <https://doi.org/10.12697/eha.2017.5.1.03>
- Rannikmäe, M., Soobard, R., Vaino, K., & Rosin, T. (2021). *Loodusvaldkonna õpitulemuste e-hindamine põhikooli kolmandas astmes ja gümnaasiumis: Kontseptsioon*. Tartu: Haridus- ja Noorteamet. <https://projektid.edu.ee/download/attachments/182782683/Loodusainete%20III%20kooliastme%20ja%20g%C3%BCmnaasiumi%20e-hindamise%20kontseptsioon%202021.pdf?version=1&modificationDate=1692608120634&api=v2>
- Riigikogu. (2025). *Isikuandmete kaitse seadus* (RT I, 31.12.2024, 44). Riigi Teataja. <https://www.riigiteataja.ee/akt/IKS>
- Soobard, R., & Rannikmäe, M. (2011). Assessing Student's Level of Scientific Literacy Using Interdisciplinary Scenarios. *Science Education International*, 22 (2), 133-144. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ941672.pdf>
- Tartu Ülikooli eetikakeskus. (2017). *Hea teadustava*. Tartu Ülikool. <https://eetika.ee/et/sisu/hea-teadustava>
- Teddlie, C., & Tashakkori, A. (2009). *Foundations of Mixed Method Research. Integrating Quantitative and Qualitative Approaches in the Social and Behavioral Sciences*. London: Sage Publications. <https://uk.sagepub.com/en-gb/eur/foundations-of-mixed-methods-research/book252072>
- Vääri, E., Kleis, R., & Silvet, J. (2000). *Võõrsõnade leksikon*. (6., uuendatud trükk). Tallinn: Valgus. <https://raamatupood.utlib.ee/et/sonaraamatud/13679-voorsonade-leksikon.html>
- Young, M. (2013). Overcoming the crisis in curriculum theory: A knowledge-based approach. *Journal of curriculum studies*, 45(2), 101-118. <https://doi.org/10.1080/00220272.2013.764505>

Summary

High School students' ability to solve socially relevant interdisciplinary scientific problems

The aim of this master's thesis was to investigate upper secondary school students' ability to solve interdisciplinary scientific problems with a social relevance.

The study focused on the quality and teaching of science education from the perspective of two different paradigms. Since the 1970s, the paradigm of science teaching has shifted from a knowledge-centered approach to one that emphasizes the importance of real-life context (Holbrook & Rannikmäe, 2007). The changed paradigm was compared with a contemporary, yet knowledge-centered approach that resembles the old paradigm. This latter approach also values the application of knowledge in real-life situations but asserts that only discipline-based scientific knowledge is applicable—knowledge that is distinct from the learner's everyday experience, considered reliable, conceptually connected, and generalizable, based on inferential relationships between concepts and a theoretical structure — a form of what is described in the literature as 'powerful knowledge' (Muller & Young, 2019; Young, 2013).

The first goal of the work was to define the concept of scientific problem-solving skills to prepare for the empirical study. The sub-goal was to design test tasks related to interdisciplinary scientific phenomena with a social relevance for upper secondary school students. The second aim was to clarify high school students' ability to solve interdisciplinary scientific problems with social relevance.

Based on these objectives, the study addressed the following research questions:

1. What is the ability of upper secondary school students to solve scientific problems with a social relevance?
2. What is the relationship between knowledge of scientific content and the ability to solve scientific problems with a social relevance?

The study employed a purposive sample consisting of students from three parallel classes at an upper secondary school without a specific academic focus in an Estonian city. The final sample included 70 students. The sample size allows for generalization based on the principle of transferability (Teddlie & Tashakkori, 2009).

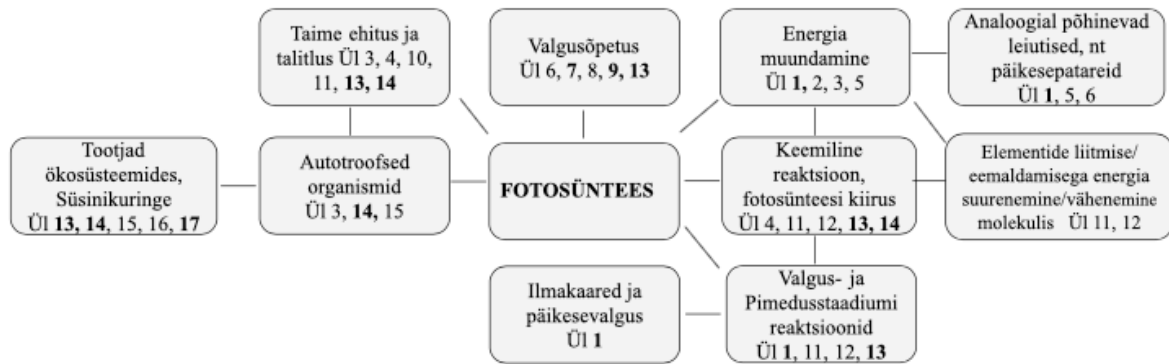
The collected data were analysed using mixed methods. First, the data were coded using a qualitative approach, followed by descriptive statistics and correlation analyses. Students' average problem-solving ability was found to be low. In science tasks, they were generally able to answer only those questions that required knowledge of a single specific concept and offered predefined answer choices. As expected, performance was lower on tasks involving scientific content that demanded more complex reasoning and the integration of multiple concepts.

As a result of the correlation analysis, a specific type of science task emerged as a potential indicator capable of predicting students' success in solving problem-based tasks. This task required students to explain the transformation of energy during photosynthesis in the context of plant growth. Successfully completing the task demanded a comprehensive understanding of the photosynthesis process and the ability to articulate the explanation in their own words. Performance on this task suggests that the student has acquired knowledge with characteristics aligned with the concept of 'powerful knowledge' as discussed in the literature review (Young, 2013)

Based on the results, it can be concluded that the ability to solve socially relevant interdisciplinary science problems is linked to an understanding of comprehensive scientific concepts, in which the inferential relationships between concepts are recognized. This conclusion provides guidance for both context-based and knowledge-centered approaches to teaching, the interplay of which was discussed in the literature review. Both approaches share the common goal of supporting learners in applying knowledge beyond their studies, with the primary differences lying in the pedagogical understandings of how to achieve this goal.

Lisad

Lisa 1. Fotosüntees kui interdistsiplinaarne loodusteaduslik nähtus



Märkused: Fotosünteesi kontseptsioonikaart on kohandatud üldhariduskooli riikliku õppekavaga (Haridus- ja Teadusministeerium, 2023a; 2023b). Kontseptsioonikaardi osadele on lisatud vastavad ülesannete numbrid testist. Probleemülesanded on esile tõstetud rasvases kirjas.

Lisa 2. Kodeerimiskriteeriumid testiülesannete vastusetüüpidele

Ülesande number	Arvulise väärtuse omistamise kriteeriumid
2, 8, 12	Valikvastustega ülesanded, mille vastusevariantide seas oli ainult üks õige vastus ja ülejäänud väärast vastused, said arvulised väärtused vastavalt 4 ja 0.
10	Valikvastustega ülesanded, mille vastusevariantide seas oli õige, osaliselt õige ja väärast vastused, millele omistasin arvulised väärtused vastavalt: 4 – ainus õige vastus; 1 – loodusteaduslikult osaliselt õige; 0 – väärast vastused.
14	Valikvastustega ülesanne, mille vastusevariantide seas oli õige, osaliselt õige ja valed vastused, millele omistasin arvulised väärtused vastavalt: 4 – ainus õige vastus; 2 – loodusteaduslikult õige, aga ebaefektiivne probleemi lahendamiseks; 0 – väärast vastused.
4	Valikvastustega ülesanne, mille vastusevariantide seas oli kokku kaheksa väidet. 6 õiget väidet 6-st – 4; 5 õiget väidet – 3; 4 õiget väidet – 2; 2–3 õiget väidet – 1; vähem kui 3 õiget väidet või üks või rohkem valet väidet või on vastus andmata – 0.
5	Valikvastustega ülesanne, mille vastusevariantide seas oli kokku seitse väidet. 4 õiget väidet 4-st = 4; 3 õiget väidet – 3; valitud 2 õiget väidet – 2; valitud 1 õige väide – 1; valitud väidete seas on üks või rohkem valet väidet või on vastus andmata – 0.
11	Valikvastustega ülesanne, mille vastusevariantide seas oli kokku üksteist väidet. 8 õiget väidet 8-st = 4; 6–7 õiget väidet – 3; 4–5 õiget väidet – 2; 2–3 õiget väidet – 1; vähem kui 2 õiget väidet või üks või rohkem valet väidet või on vastus andmata = 0.
15	Valikvastustega ülesanne, mille vastusevariantide seas oli kokku 10 väidet. 6 õiget väidet 6-st – 4; 4–5 õiget väidet – 3; 3 õiget väidet – 2; 2 õiget väidet – 1; vähem kui 2 õiget väidet või üks või rohkem valet väidet või on vastus andmata – 1.
1, 7, 9, 13, 17	Tegemist oli avatud vastustega ülesannetega interdistsiplinaarse loodusteadusliku sotsiaalse mõjuga probleemi lahendamisest. Kodeerimisele lähenesin kvalitatiivselt, saades vastusele arvulise väärtuse määramisel inspiratsiooni loodusvaldkonna õpitulemuste e-hindamise kontseptsioonist (Rannikmäe et al., 2021).
3, 6, 16	Tegemist oli avatud vastustega loodusteadusliku sisu ülesannetega. Kodeerimisele lähenesin kvalitatiivselt, saades vastusele arvulise väärtuse määramisel inspiratsiooni loodusvaldkonna õpitulemuste e-hindamise kontseptsioonist (Rannikmäe et al., 2021).

Märkused: Ülesanded on tabelis järjestatud vastuse tüübi alusel

Lisa 3. Ülesannetele antud vastuste omavahelised korrelatsioonikordajad

Pearsoni korrelatsioonitõlkesannete vastuste vahel																	
Muutuja	1. ül.	2. ül.	3. ül.	4. ül.	5. ül.	6. ül.	7. ül.	8. ül.	9. ül.	10. ül.	11. ül.	12. ül.	13. ül.	14. ül.	15. ül.	16. ül.	17. ül.
1. ül.	Pearsoni r	–															
2. ül.	Pearsoni r	* 0,245															
3. ül.	Pearsoni r	** 0,355	0,031														
4. ül.	Pearsoni r	0,139	–0,04	–													
5. ül.	Pearsoni r	0,116	0,037	* 0,262	–												
6. ül.	Pearsoni r	–0,076	0,053	–0,123	0,137	–0,152	–										
7. ül.	Pearsoni r	** 0,371	0,079	0,234	0,025	0,226	0,02	–									
8. ül.	Pearsoni r	0,125	–0,021	0,039	–0,134	–0,15	* 0,257	0,079	–								
9. ül.	Pearsoni r	0,045	0,149	** 0,355	0,127	0,052	–0,039	–0,072	–								
10. ül.	Pearsoni r	** 0,34	0,113	*** 0,581	0,13	0,04	0,07	** 0,374	0,161	0,231	–						
11. ül.	Pearsoni r	0,107	0,022	** 0,344	–0,213	0,105	* 0,258	–0,045	0,174	* 0,282	–						
12. ül.	Pearsoni r	0,125	0,111	0,043	–0,092	–0,189	–0,119	–0,012	0,119	–0,097	0,019	–					
13. ül.	Pearsoni r	*** 0,392	0,072	*** 0,458	–0,077	0,038	–0,04	* 0,241	0,203	*** 0,43	* 0,305	0,065	–				
14. ül.	Pearsoni r	0,081	0,022	0,038	–0,006	0,06	–0,043	–0,112	–0,115	–0,078	–0,087	0,08	–0,088	–			
15. ül.	Pearsoni r	* 0,284	0,11	*** 0,455	0,027	0,167	–0,145	*** 0,42	0,219	*** 0,486	0,223	–0,014	** 0,367	–0,111	–		
16. ül.	Pearsoni r	0,183	–0,014	*** 0,403	–0,091	0,163	–0,158	** 0,376	0,159	*** 0,437	*** 0,46	0,145	*** 0,473	0,016	*** 0,492	–	
17. ül.	Pearsoni r	0,123	0,104	** 0,364	–0,174	–0,058	0,095	0,101	* 0,271	* 0,281	0,221	0,15	** 0,354	0,064	* 0,283	–	

Täiendavad seose olulisused: * (p < 0,05), ** (p < 0,01), *** (p < 0,001).

Lisa 4. Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

Mina, Mare Sadam _____,
(*autori nimi*)

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

Gümnaasiumiõpilaste oskus lahendada sotsiaalse kandepinnaga

interdistsiplinaarseid loodusteaduslikke probleeme,

(lõputöö pealkiri)

mille juhendaja on Miia Rannikmäe,

(juhendaja nimi)

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.

Mare Sadam
25.05.2025

Lisa 5. Magistritöö kaitsmisele lubamise tõend

Juhendaja arvamus magistritöö kaitsmisele lubamise kohta

Mare Sadama magistritöö “Gümnaasiumi õpilaste oskus lahendada sotsiaalse kandepinnaga interdistsiplinaarseid loodusteaduslikke probleeme“ vastab Tartu Ülikooli Loodus- ja täppisteaduste valdkonna õpetajakoolituse magistritöödele esitatavatele nõuetele ja selle võib lubada avalikule kaitsmisele.

Töö retsensent on Anne Laius (retsensendi ees- ja perekonnanimi).

Töö juhendaja: Miia Rannikmäe

.....(juhendaja allkiri)

Tartus, 25.05.2025