

Tartu Ülikool
Sotsiaalteaduste valdkond
Haridusteaduste instituut
Haridusinnovatsiooni õppekava

Ismail Mirzojev

KUTSEÕPETAJATE VALMISOLEK VESINIKUTEHNOLOOGIA ÕPETAMISEKS:
TÄIENDUSKOOLITUSE ARENDUSUURING

Magistritöö

Juhendajad: Haridusteaduste instituudi nooremlektor Diana Eller
Tartu Rakendusliku kolledži inseneriakadeemia juht Arne Küüt

Tartu 2026

Kokkuvõte

Kutseõpetajate valmisolek vesinikutehnoloogia õpetamiseks: täienduskoolituse arendusuuring

Magistritöö eesmärk oli kavandada, rakendada ja analüüsida täienduskoolituse mudelit, mis põhineb GreenSkills for H2 materjalidel ning toetab kutseõpetajate valmisoleku kujunemist vesinikutehnoloogia õpetamiseks. Uuring tugines arendusuuringu metoodikale, ADDIE mudelile, Kolbi kogemusõppe teooriale ja TPACK raamistikule. Andmeid koguti küsitluste, osalusvaatluse, uurijapäeviku ja intervjuude kaudu. Tulemused näitasid, et koolitus suurendas õpetajate teadmisi, praktilist valmisolekut ja kindlust. Olulised tegurid olid praktilised tegevused, refleksioon ja arutelud. Valmisoleku areng väljendus TPACK komponentide paremas lõimimises. Järeldati, et õpetajate valmisolek eeldab ainealase, pedagoogilise ja tehnoloogilise teadmise lõimimist ning praktilist ja reflektiivset õppimist. Tõhus täienduskoolitus peab olema seotud töökontekstiga ning toetama koostööd ja kogemuste mõtestamist.

Võtmesõnad: vesinikutehnoloogia, kutseharidus, õpetajate valmisolek, TPACK, arendusuuring, täienduskoolitus

Abstract

Vocational teachers' readiness to teach hydrogen technology: a design-based study of an in-service training development

The aim of this study was to design, implement, and analyse an in-service training model based on the GreenSkills for H2 materials, supporting vocational teachers readiness to teach hydrogen technology. The study used a design research approach, supported by the ADDIE model, Kolb's experiential learning theory, and the TPACK framework. Data were collected through surveys, observation, a researcher's journal, and interviews. The results showed increased knowledge, practical readiness, and confidence. Practical activities, reflection, and discussions were key factors. Readiness developed through stronger integration of TPACK components. The study concludes that teachers' readiness requires integration of content, pedagogical, and technological knowledge, supported by practical and reflective learning. Effective training should be work-related and support collaboration and reflection.

Keywords: hydrogen technology, vocational education, teacher readiness, TPACK, design-based research, in-service training

Sisukord

Sissejuhatus	4
1. Teoreetiline ülevaade	5
1.1 Vesinikutehnoloogia alus ja Euroopa vesinikuvisioon	5
1.2 Vesinikutehnoloogia õppe võimalused ja kitsaskohad kutsehariduses	6
1.3 Õpetaja roll ja digimaterjalide pedagoogiline rakendamine (GreenSkills for H2 näitel) ..	8
1.4 Täienduskoolituse teoreetiline raamistik	9
1.5 Teoreetilise ülevaate süntees ja uurimisraamistik.....	10
2. Metoodika.....	12
2.1 Valim ja uuringu kontekst.....	13
2.2 Sekkumise disain ja läbiviimine	14
2.3 Andmekogumine.....	16
2.3.1 Eelküsitlus.....	16
2.3.2 Andmekogumine koolituse käigus.....	17
2.3.3 Järelküsitlus ja poolstruktureeritud intervjuud	17
2.4 Andmeanalüüs	18
2.5 Eetilised kaalutlused ja usaldusväärsus	20
3. Uurimistulemused.....	21
3.1 Kutseõpetajate valmisolek vesinikutehnoloogia õpetamisel	21
3.2 Vesinikutehnoloogia täienduskoolitus GreenSkills for H2 materjalide põhjal.....	23
3.3 Koolituse elemendid ja nende mõju õpetamise omaksvõtule.....	24
3.4 Muutused kutseõpetajate valmisolekus vesinikutehnoloogia õpetamiseks	26
4. Arutelu	28
Tänuõnad.....	31
Autorluse kinnitus	32
Kasutatud kirjandus	32
Lisad	36

Sissejuhatus

Üleminek kliimaneutraalsele majandusele on Euroopa Liidu üks keskseid strateegilisi prioriteete, mille raames nähakse vesinikutehnoloogial olulist rolli energiamajanduse ja transpordisektori ümberkujundamisel (European Commission, 2019, 2021). Nende arengute hariduslik mõõde ei seisne aga üksnes uute tehnoloogiate olemasolus, vaid eelkõige selles, kuidas neid suudetakse õpetada ja mõtestada kutsehariduses (CEDEFOP, 2020; UNESCO-UNEVOC, 2022). Käesolevas töös käsitletakse vesinikutehnoloogia õpetamise integreerimist kutseharidusse haridusinnovatsioonina, lähtudes arusaamast, et sisuline muutus hariduses toimub eelkõige õpetamispraktikate ümberkujundamise kaudu, mitte pelgalt uute tehnoloogiate kasutuselevõtu tulemusena (Fullan, 2007; OECD, 2020).

Eesti kontekstis on tööjõu- ja oskuste vajadusi käsitlevad analüüsid toonud esile kvalifitseeritud spetsialistide nappuse tehnika- ja tootmisvaldkondades (Keskkonnaministeerium, 2023; OSKA, 2021). See suurendab ootusi kutseõpetajatele, kes peavad suutma siduda tehnoloogilised arengud õppekavade, õppemeetodite ja õppijate vajadustega (Billett, 2011). Vesinikutehnoloogia õpetamine esitab seejuures erilise väljakutse, kuna tegemist on abstraktse, ohutus kriitilise ja interdistsiplinaarse valdkonnaga, mis eeldab teadmiste lõimimist keemiast, füüsikast ja tehnoloogiast (Gilbert, 2005; Tynjälä, 2013). Õpetaja ülesanne on luua turvaline õpikeskkond, visualiseerida keerukaid protsesse ning siduda teooria praktikaga (Mayer, 2009; Shulman, 1987), mis eeldab sihipärast professionaalset tuge.

Õpetaja valmisolek kujutab endast professionaalsete teadmiste, oskuste ja tajutud kindluse tervikut, mis võimaldab uut õppesisu tulemuslikult õpetada (Desimone, 2009; Guskey, 2002). See ei piirdu üksikute pädevustega, vaid eeldab ainealase, pedagoogilise ja tehnoloogilise teadmise lõimimist õpetamispraktikasse (Koehler & Mishra, 2009; Mishra & Koehler, 2006).

Kuigi digitaalsed õppematerjalid, sealhulgas GreenSkills for Hydrogen (2024) projekti materjalid, on üha enam kättesaadavad, on endiselt vähe teadmisi selle kohta, kuidas kujuneb kutseõpetajate valmisolek sellise uue ja kompleksse tehnoloogia õpetamiseks ning millised koolituse elemendid seda protsessi toetavad. Õppematerjalide tulemuslik rakendamine sõltub õpetaja suutlikkusest lõimida ainealane sisu õpetamisviiside ja tehnoloogiliste vahenditega (Koehler & Mishra, 2009).

Käesoleva arendusuuringu lähtekoht on olukord, kus Eesti kutseõpetajatel napib vesinikutehnoloogia õpetamiseks nii ainealaseid teadmisi kui ka praktilist kogemust. Samal ajal on selle valdkonna õpetamist toetavaid täienduskoolitusi veel vähe. Seetõttu keskendub

arendusuuring sellele, kuidas toetada kutseõpetajate valmisolekut vesinikutehnoloogia õpetamiseks süsteemselt kavandatud täienduskoolituse kaudu.

Sellest tulenevalt on töö uurimisprobleem selles, et puudub piisav teadmine, kuidas kavandada täienduskoolitusi nii, et need toetaksid kutseõpetajate tervikliku valmisoleku kujunemist uue ja keeruka tehnoloogia õpetamisel. Samuti on vaja paremini mõista, milliste tegevuste ja kogemuste kaudu õpetajate valmisolek koolituse käigus areneb.

1. Teoreetiline ülevaade

1.1 Vesinikutehnoloogia alus ja Euroopa vesinikuvisioon

Vesinikutehnoloogia kiire areng energiamajanduses ja transpordis on toonud kaasa ulatuslikud arutelud nende rolli, võimaluste ja riskide üle nii teadus- kui poliitikakogukondades (IPCC, 2021). Euroopa Liidu strateegilised suunad, sealhulgas Euroopa rohelepe ja „Fit for 55“ meetmepakett positioneerivad vesiniku üheks keskseks tehnoloogiliseks lahenduseks kliimaneutraalsuse saavutamisel (European Commission, 2019, 2021). Vesiniku olulisus tuleneb selle laiaulatuslikust kasutuspotentsiaalst: seda saab rakendada energiasalvestina, transpordikütusena ning toorainena rasketööstuses, kus fossiilkütuste asendamine on keeruline (European Commission, 2020).

Euroopa Komisjoni (2020) vesinikustrateegia käsitleb vesinikuökosüsteemi tervikuna, rõhutades vajadust arendada samaaegselt tootmist, ladustamist, transporti ja taristut. Strateegiliselt peetakse prioriteediks rohevesiniku tootmist taastuenergia baasil, mis toetab energiasüsteemide pikaajalist ümberkujundamist. Seejuures on kriitilise tähtsusega ohutusstandardid ja tehnilised regulatsioonid. Vesiniku füüsikalise-keemilised omadused nagu madal süttimisenergia, värvusetus ja lõhna puudumine ning võime teha metalle hapraks, seavad seadmete käitlemisele ja hooldusele erakordselt kõrged nõudmised, mis on vesiniku laialdase kasutuselevõtu eeltingimuseks (European Commission, 2021).

Sarnased strateegilised eesmärgid on sõnastatud ka Eesti riiklikul tasandil. 2023. aastal valminud "Eesti vesiniku teekaart" toob välja, et Eesti potentsiaal seisneb eelkõige rohevesiniku tootmises tuuleenergia baasil ning selle rakendamises raskeveostes ja ühistranspordis. Teekaart rõhutab aga tugeva riskina kvalifitseeritud spetsialistide puudust, märkides, et olemasolev haridussüsteem ei valmista veel ette piisaval hulgal insenere ja tehnikuid, kes suudaksid vesinikutaristut turvaliselt hallata (Keskkonnaministeerium, 2023).

Siiski ei taga ainuüksi tehnoloogiline valmisolek ja regulatsioonid rohepöörde edukust. Euroopa Komisjon (2022) ja CEDEFOP (2020) viitavad kasvavale lõhele tehnoloogiliste ambitsioonide ja tööjõu tegelike oskuste vahel. Vesinikutehnoloogia rakendamine eeldab spetsialistidelt uut tüüpi tehnoloogilist kirjaoskust, mis ühendab keemia, füüsika ja

ohutustehnika teadmised (European Commission, 2020). Tavapärase "ühe eriala" põhine õpe (nt ainult lukksepp või ainult elektrik) ei ole vesinikusüsteemide puhul piisav, kuna riskid tekivad just valdkondade kokkupuutepunktides (GreenSkills for H2, 2023).

Kokkuvõtvalt võib öelda, et vesinik on Euroopa energiasüsteemide ümberkujundamise võtmetehnoloogia, kuid selle potentsiaali realiseerimine sõltub otseselt kvalifitseeritud spetsialistide olemasolust (GreenSkills for H2, 2022). Sellest tulenevalt seisab kutseharidussüsteem silmitsi vajadusega töötada välja tõhusad meetodikad, kuidas integreerida see abstraktne ja ohutuskriitiline tehnoloogia õppeprotsessi viisil, mis oleks õppijale jõukohane ja turvaline.

Sellises kontekstis muutub keskseks kutseõpetaja roll, kelle ülesanne on vahendada kompleksne ja interdistsiplinaarne teadmistevaldkond didaktiliselt läbimõeldud viisil. Seetõttu ei seisne väljakutse üksnes tehnoloogia arengus, vaid eelkõige õpetaja valmisolekus vesinikutehnoloogiat mõtestatult ja tulemuslikult õpetada.

1.2 Vesinikutehnoloogia õppe võimalused ja kitsaskohad kutsehariduses

Vesinikutehnoloogia integreerimine kutseõppesse seisab silmitsi mitmete didaktiliste väljakutsetega (CEDEFOP, 2023; UNESCO-UNEVOC, 2022). Õpetajad on vastakuti ülesandega transformeerida keerukas insenertehniline teadmine õppijale arusaadavaks ja praktiliseks oskuseks, mis nõuab spetsiifilist ainedidaktilist pädevust (Gessler & Howe, 2015; Shulman, 1987).

Seda väljakutset ilmestab tõsiasi, et tehnoloogiliste eesmärkide kõrval pööratakse üha enam tähelepanu tööjõu pädevustele. Euroopa Komisjon (2022) ning CEDEFOP (2020) rõhutavad, et vesiniku kasutuselevõtt sõltub otseselt tööjõu teadmistest ning suutlikkusest mõista vesiniku tootmise ja käitlemise tehnoloogilist loogikat, ohutusnõudeid ja rakendusprotsesse. Rahvusvaheline projekt *GreenSkills for H2* (2022; 2023) laiendab seda arusaama, rõhutades interdistsiplinaarsete teadmiste ja tehnoloogilise kirjaoskuse vajadust. Selline pädevusprofiil haakub tihedalt tööstuse digipöördega, mis eeldab tööjõult süsteemset mõtlemist, tehnoloogiliste protsesside modelleerimist ja riskianalüüsi (Hecklau *et al.*, 2016).

Kutsehariduse kontekstis on oluline täpsustada mõistet **vesinikutehnoloogia õpe**. Käesolevas töös käsitletakse vesinikutehnoloogia õpet kui kutsepedagoogilist protsessi, mille eesmärk on kujundada õppijas terviklik arusaam vesinikupõhiste energiasüsteemide väärtusahelast, tootmisest kuni lõpptarbimiseni, fookusega ohutusele ja süsteemsele arusaamisele (Lucas *et al.*, 2012).

Hariduslikust vaatenurgast tähendab see, et vesinikutehnoloogia õpe ei saa piirduda vaid teoreetiliste üksikteadmiste edasiandmisega. Vesinik kui õppesisu on oma olemuselt

abstraktne (nähtamatu gaas) ja ohutuskriitiline, mistõttu tavapäraseid õppemeetodid ei pruugi olla piisavad. Tehnoloogiaõppe eripärad nõuavad strateegiaid, mis toetavad protsesside visualiseerimist (Gilbert, 2005) ja autentsete praktiliste tegevuste sidumist teooriaga (Tynjälä, 2013). Billett (2011) ja Illeris (2018) toovad välja, et kutseõppijad omandavad uusi tehnoloogiaid efektiivsemalt just praktilise tegevuse ja juhendatud katsetamise kaudu. See on kooskõlas OECD *Learning Compass 2030* põhimõtetega, mis väärtustavad kriitilist mõtlemist ja süsteemset probleemilahendust (OECD, 2020).

Siin ilmneb vesinikutehnoloogia õpetamise keskne didaktiline väljakutse: kuidas õpetada praktiliselt ja turvaliselt tehnoloogiat, mis on koolikeskkonnas potentsiaalselt ohtlik, kulukas ning mille jaoks puudub enamikes kutsekoolides, sealhulgas Eestis, vastav füüsiline laboritaristu. Sellele väljakutsele pakub lahendusi rahvusvaheline projekt *Green Skills for Hydrogen*, Euroopa Liidu *Erasmus+* programmi raames rahastatav nelja-aastane algatus (2022–2026), mis koondab 15 Euroopa riigi haridus- ja tööstuspartnereid ning mida juhib Karlsruher Tehnoloogiainstituut (*Karlsruher Institut für Technologie, KIT*). Projekti eesmärk on arendada kutsehariduse õppekavasid ja koolitusmaterjale, mis vastaksid vesinikusektori kasvavale tööjõuvajadusele. Projekti partnerite hulka kuulub ka Tartu Rakenduslik Kolledž, sidudes vesinikutehnoloogia õppe arendamise Eesti kutsehariduse kontekstiga. Käesolevas töös kasutatud õppematerjalid on välja töötatud rahvusvahelise koostööna projekti *GreenSkills for Hydrogen* (2024) raames, kaasates erinevate riikide haridus- ja tööstuspartnereid.

Projekti raames on välja töötatud struktureeritud õppematerjalid, sealhulgas esitlusmaterjalid, videoloengud ja õppekavaraamistikud, mis toetavad vesinikutehnoloogia õpetamist kutsehariduses (*GreenSkills for H2*, 2024). Lisaks sisaldab projekt klassiruumis rakendatavat hariduslikku vesinikumängu (*hydrogen game*), mis toetab õppijate aktiivset kaasamist ja süsteemse arusaama kujunemist (Gøtz, 2023). Olulise komponendina pakutakse juhendmaterjale õppetendide ja seadmete valikuks, võimaldades rakendada praktilist õpet turvaliselt ka piiratud infrastruktuuri tingimustes. Seeläbi käsitletakse vesinikutehnoloogia õpetamist tervikliku õpikäsitlusena, mis ühendab erinevad didaktilised vahendid ja lähenemised (*Green Skills for H2*, 2023).

Samas asetab selline lahendus õpetaja uude professionaalsesse olukorda, kus ta ei pea valdama mitte ainult keerukat ainesisu, vaid ka suutma valida ja kombineerida erinevaid õpivahendeid ning lähenemisi vastavalt õpieesmärkidele. See eeldab õpetajalt võimet lõimida tehnoloogiline, pedagoogiline ja ainealane teadmine, tõstatades küsimuse tema valmisolekust selliste lahenduste teadlikuks ja eesmärgipäraseks rakendamiseks õppeprotsessis (Koehler & Mishra, 2009).

1.3 Õpetaja roll ja digimaterjalide pedagoogiline rakendamine (GreenSkills for H2 näitel)

Õppematerjalide olemasolu iseenesest ei taga õppimist, määrav on see, kuidas õpetaja integreerib need pedagoogiliselt läbimõeldud tervikusse. See ülesanne eeldab õpetajalt kõrgetasemelist tehnoloogilis-pedagoogilist sisuvaldamist (TPACK), kus õpetaja peab suutma sünkroniseerida keeruka ainesisu (vesinikutehnoloogia), pedagoogilised strateegiad ja tehnoloogilised võimalused (Koehler & Mishra, 2009). *GreenSkills for H2* materjalide rakendamist on otstarbekas analüüsida konstruktiivse joondamise (*constructive alignment*) teooria valguses (Biggs & Tang, 2011), mis eeldab, et õpiväljundid, õppemeetodid ja hindamine peavad moodustama sidusa süsteemi.

Vesinikutehnoloogia õpetamisel on keskne väljakutse siduda teoreetiline teadmine praktilise rakendusega. Siin pakub *GreenSkills for H2* platvorm õpetajale tõhusaid vahendeid rakendada kogemuslikku õpet (Kolb, 1984). Kolbi ringmudeli kohaselt algab õppimine konkreetsest kogemusest, millele järgneb vaatlus, mõtestamine ja uutes olukordades katsetamine. Õpetaja saab kasutada vesiniku õppestende (nt vesiniku tootmine elektrolüüsi teel) turvalise „konkreetse kogemusena“, kus õppija saab protsessi läbi teha ilma reaalse riskideta. Füüsilised ja virtuaalsed laborid täiendavad teineteist: füüsilised laborid toetavad praktilisi oskusi ja seadmete tundmist, virtuaalsed simulatsioonid aga võimaldavad visualiseerida abstraktseid protsesse ning ohutult katsetada keerukaid süsteeme (de Jong et al., 2013; Rutten et al., 2012). Sellele peab aga järgnema õpetaja juhitud refleksioon, mille käigus mõtestatakse protsessi kulgu ja selle põhjusi. Ilma õpetaja juhitud refleksioonita võivad õppetegevused jääda õppija jaoks üksikuks kogemuseks ilma sügavama mõtestamiseta (Boud et al., 1985; Dewey, 1933).

Samuti muutub digitaalsete materjalide kasutamisel õpetaja roll teadmiste edastajast õppija toetajaks õppeprotsessis (Wood et al., 1976). Kuna vesinikutehnoloogia on keerukas, ei pruugi õppijad iseseisvalt materjalides orienteeruda. Õpetaja ülesanne on disainida õpiteekond nii, et *GreenSkills for H2* moodulid toimiksid kognitiivsete tugistruktuuridena, alustades lihtsamatest vesiniku omadustest ja liikudes keerukamate süsteemide (nt kütuseelemendid) poole. See lähenemine toetab Vygotsky (1978) lähima arengu tsooni teooriat, kus õppija suudab digitaalse toe ja õpetaja suunamise abil lahendada keerukamaid ülesandeid ka iseseisvalt.

Lisaks meetodilisele toele võimaldab *GreenSkills for H2* modulaarne ülesehitus rakendada Knowlese (1975) ennastjuhtiva õppija kontseptsiooni. Kutsehariduses on oluline, et õppija võtaks vastutuse oma arengu eest. Õpetaja saab suunata õppijaid läbima mooduleid iseseisvas tempos, jättes kontaktõppe ajaks süvitsi minevad arutelud ja rühmatööd. Selline

põimõppe mudel on eriti efektiivne tehnoloogiaõppes, kus teoreetiline baas omandatakse digikeskkonnas ja praktiline käeline oskus töökojas (Garrison & Kanuka, 2004).

Kokkuvõttes ei asenda *GreenSkills for H2* materjalid õpetajat, vaid nõuavad pedagoogilt uut tüüpi professionaalsust. Õpetaja peab toimima õppeprotsessi disainerina, kes suudab valida sobivad digimoodulid, siduda need kogemusõppe põhimõtetega ning toetada õppija arengut keerukas ja uudses teemavaldkonnas (Laurillard, 2012).

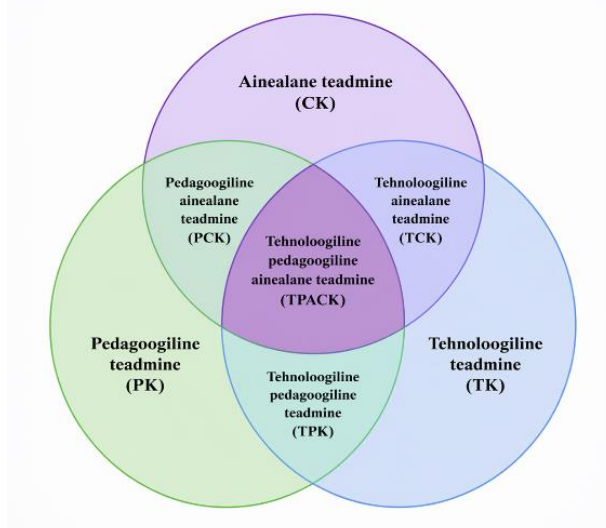
Selline didaktiliselt läbimõeldud rakendamine eeldab õpetajalt kõrgetasemelist tehnoloogilis-pedagoogilist valmisolekut ning tõstatab küsimuse, kuivõrd on õpetajad valmis neid lähenemisi oma õpetamispraktikas rakendada.

1.4 Täienduskoolituse teoreetiline raamistik

Vesinikutehnoloogia täienduskoolituse tulemuslik kavandamine eeldab teoreetiliselt põhjendatud raamistikku, mis arvestab õppesisu eripära, täiskasvanud õppija vajadusi ning koolitusprotsessi terviklikku ja süsteemset ülesehitust. Vesinikutehnoloogia õpetamine eeldab kutseõpetajalt mitmekülgset ja integreeritud kompetentsi: sügavaid ainealaseid teadmisi, digitaalsete materjalide (*GreenSkills for H2* materjalide) ja õppetendide valdamist ning oskust neid pedagoogiliselt mõtestada (vt Lisa 7-9). Haridusuuenduste uurija Fullan (2007) rõhutab, et uute õppematerjalide kasutuselevõtt ebaõnnestub sageli just seetõttu, et õpetajad jäetakse uuenduste rakendamisel üksi või piirduakse vaid tehnilise instruktiaaziga. Seega ei piisa vaid *GreenSkills for H2* materjalide kättesaadavaks tegemisest, vajalik on süsteemne täienduskoolitus, mis toetaks õpetaja professionaalset arengut ja vähendaks vastupanu muutustele.

Vesinikutehnoloogia õppe kontekstis on koolitusvajaduse analüüsimisel ja sekkumise disainimisel sobivaks raamistikuks TPACK mudel (*Technological Pedagogical Content Knowledge*) (Mishra & Koehler, 2006).

Joonis 1. TPACK mudel (Koehler & Mishra, 2009)



Joonis 1 näitab, et tehnoloogia tulemuslik lõimimine eeldab mitte üksikute komponentide eraldiseisvat valdamist, vaid nende integratsiooni ühtseks tervikuks. Käesoleva töö kontekstis tähendab see **ainealase teadmise (CK)**, vesiniku omadused, tootmisahel, ohutusstandardid), **pedagoogilise teadmise (PK)**, aktiivõppe meetodid, rühmatööd, uurimuslik õpe) ja **tehnoloogilise teadmise (TK)**, *GreenSkills for H2* platvormi, õppesendide ja digitaalsete vahendite võimaluste ja piirangute mõistmine) integreerimist. Täienduskoolituse eesmärk on arendada neid komponente integreeritult, liikudes üksikutelt teadmistelt **TPACK** poole.

Kuna sihtgrupiks on kogenud kutseõpetajad, peab koolitusmudel lähtuma andragoogilistest põhimõtetest (Knowles, 1984): täiskasvanud õppija on autonoomne ja probleemikeskne ning väärtustab õppimist, millel on vahetu seos tema tööga. Sotsiaalne õppimine ja praktikakogukonna teke on uue tehnoloogia omaksvõtul kriitilise tähtsusega (Wenger, 1998). Oluline on ka õpetajate tajutud kindlus: ebakindlus ja vähene valmisolek on üks peamisi barjääre uute tehnoloogiate rakendamisel klassiruumis (Ertmer, 1999). Seetõttu peab täienduskoolitus pakkuma võimalusi kogeda õppesisu turvalises keskkonnas.

Kokkuvõtvalt tuleneb koolitusvajadus lõhest vesinikutehnoloogia kasvava keerukuse ja õpetajate olemasoleva valmisoleku vahel. Selle lõhe ületamiseks peab täienduskoolitus olema disainitud TPACK-raamistiku alusel, arvestama täiskasvanud õppija vajadustega ning toetama tajutud kindluse kasvu.

Selleks, et siduda TPACK-raamistikus kirjeldatud mitmekülgne kompetentsivajadus ning andragoogikast tulenevad täiskasvanud õppija eripärad ühtseks toimivaks tervikuks, lähtuti koolituse kavandamisel ja uurimisel ADDIE mudelist (Branch, 2009). Mudel võimaldab struktureerida koolituse arendusprotsessi süsteemselt, selle rakendamist käesolevas uuringus kirjeldatakse detailsemalt peatükis 2.2.

1.5 Teoreetilise ülevaate süntees ja uurimisraamistik

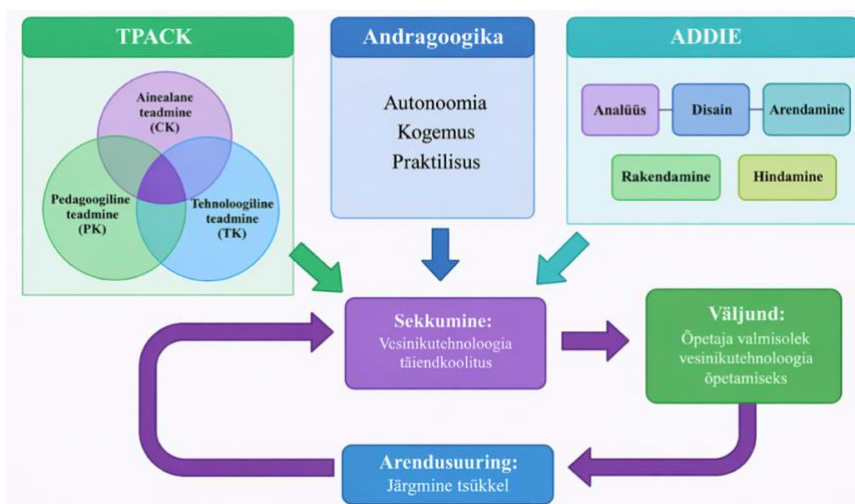
Magistritöö teoreetiline analüüs toob esile vastuolu ühiskondlike ootuste ja haridusliku reaalsuse vahel. Ühelt poolt on vesinikutehnoloogiad Euroopa rohepöörde keskmes, nõudes tööturul uue kompetentsiprofiiliga spetsialiste. Teiselt poolt on kutseõpetajad uue ja kompleksse tehnoloogia õpetamisel silmitsi didaktiliste väljakutsetega. Teoreetilisele kirjandusele tuginedes saab järeldada, et ainuüksi digitaalsete õppematerjalide olemasolu ei taga innovatsiooni juurdumist, vaid õppeprotsessi edukus sõltub õpetaja valmisolekust integreerida tehnoloogiline sisu pedagoogiliselt läbimõeldud meetoditega.

Sellest tulenevalt on magistritöö uurimisraamistik üles ehitatud kolmele teoreetilisele sambale: TPACK mudelile (Mishra & Koehler, 2006), mis moodustab koolituse sisu

struktuuri, andragoogilisele lähenemisele (Knowles, 1984), mis määrab koolitusprotsessi disaini ning ADDIE mudelile (Branch, 2009), mis pakub protsessiraamistikku.

Õppimisprotsessi tasandil toetab koolituse ülesehitust Kolbi (1984) kogemusõppe tsükkel. Käesolevas töös ei käsitleta nimetatud teooriaid eraldiseisvate mudelitena, vaid täiendavate raamistikena, mis võimaldavad terviklikult mõtestada nii õpetajate valmisoleku kujunemist kui ka koolituse disaini ja rakendamist.

Joonis 2. Magistritöö uurimisraamistik.



Eelnevast tulenevalt on magistritöö eesmärk kavandada, rakendada ja analüüsida täienduskoolituse mudelit, mis põhineb GreenSkills for H2 materjalidel ning toetab kutseõpetajate valmisoleku kujunemist vesinikutehnoloogia õpetamiseks.

Töö on oma olemuselt arendusuuring (*design research*), mille käigus kavandatakse teoreetilisele mudelile tuginev sekkumine (täienduskoolitus), rakendatakse seda autentse hariduslikus keskkonnas ning analüüsitakse selle mõju, et teha järeldusi koolitusmudeli edasiseks arendamiseks (McKenney & Reeves, 2012). Käesolevas töös realiseerub arendusuuring ühe tsükliina, mis hõlmas koolituse kavandamist, rakendamist ja analüüsi. Tsükklilisus väljendub saadud tulemuste põhjal tehtavates järeldustes ja soovituses koolitusmudeli edasiseks arendamiseks.

Töö eesmärgi saavutamiseks on püstitatud järgmised uurimisküsimused.

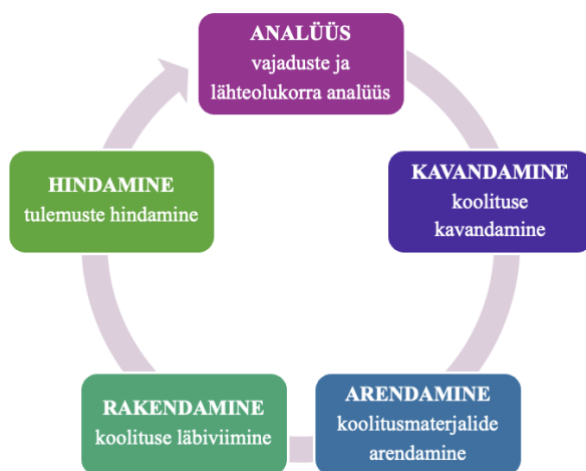
1. Kuidas hindavad kutseõpetajad oma valmisolekut vesinikutehnoloogia õpetamiseks enne täienduskoolitust?
2. Milline on GreenSkills for H2 materjalidel põhinev vesinikutehnoloogia täienduskoolitus kutseõpetajatele?
3. Millised koolituse elemendid toetavad kutseõpetajate hinnangul valmisolekut vesinikutehnoloogia õpetamiseks?
4. Kuidas muutub kutseõpetajate valmisolek vesinikutehnoloogia õpetamiseks pärast täienduskoolitust ning millised on nende kavatsused õpitud rakendada?

2. Metoodika

Lähtudes magistritöö eesmärgist kavandada, rakendada ja analüüsida vesinikutehnoloogia täienduskoolitust kutseõpetajatele, on uurimisstrateegiaks valitud arendusuuring (*design research*). Arendusuuring võimaldab lahendada praktilisi probleeme ning luua tõendus põhiseid uuendusi haridusvaldkonnas (McKenney & Reeves, 2012; Niglas, 2015). See on koosõlas magistritöö eesmärgiga toetada kutseõpetajate professionaalset arengut vesinikutehnoloogia õpetamisel. Arendusuuringule on iseloomulik uurimise ja arendustegevuse tihe põimumine autentses õpikeskkonnas, kus teadustöö ei piirdu olemasolevate nähtuste kirjeldamisega, vaid on suunatud praktikate mõtestamisele ja parendamisele (Van den Akker *et al.*, 2006).

Käesolevas uuringus kasutati täienduskoolituse kavandamisel ja rakendamisel ADDIE mudelit kui struktureerivat raamistikku (Branch, 2009). ADDIE mudel koosneb viiest etapist: analüüs, disain, arendamine, rakendamine ja hindamine. Neid etappe kasutati koolitusprotsessi loogilise alusena, võimaldades siduda vajaduste kaardistamise, õppetegevuste kavandamise, koolituse läbiviimise ning tulemuste analüüsi ühtseks tervikuks. Joonisel 3 on esitatud arendusuuringu etapid ning nendes ellu viidud tegevused.

Joonis 3. Arendusuuringu etapid ja tegevused (ADDIE-mudel).



Õppetegevuste kavandamisel lähtuti Kolbi kogemusõppe tsüklist (Kolb, 1984), mille põhimõtted rakendusid praktiliste ülesannete, refleksiooni ja arutelude kaudu. Selline lähenemine võimaldas siduda teoreetilise teadmise praktilise kogemusega ning toetada õpetajate sügavat arusaamist vesinikutehnoloogia rakendamisest õppeprotsessis.

Andmekogumise ja analüüsi lähenemisena kasutati kvalitatiivset uurimisviisi, mis võimaldab käsitleda uuritavat nähtust süvitsi ja kontekstuaalselt. Kvalitatiivne lähenemine on sobiv olukorras, kus uurimisprobleem eeldab osalejate kogemuste, hinnangute ja hoiakute mõistmist (Denzin & Lincoln, 2011; Patton, 2015). Kuna vesinikutehnoloogia õpe Eesti

kutsehariduses on alles kujunemisjärgus, puuduvad ka standardiseeritud mõõdikud õpetajate valmisoleku kvantitatiivseks hindamiseks.

2.1 Valim ja uuringu kontekst

Uuringu kontekstiks on Eesti kutsehariduse tehnikaerialade arendamine rohepöörde tingimustes, kus kasvav vajadus uute tehnoloogiate, sh vesinikutehnoloogia õpetamiseks seab uusi nõudmisi õpetajate pädevusele. Täienduskoolitus viidi läbi Tartu Rakendusliku Kolledžis, mis osaleb rahvusvahelises *Erasmus+ GreenSkills for H2* projektis ning arendab rohetehnoloogiate alast õpet.

Koolituse läbiviimine toimus koostöös kooli juhtkonnaga, kes oli koolituse korraldusest teadlik ning toetas selle elluviimist. Koolitus viidi läbi eraldiseisva täienduskoolitusena. Koolitusel osalesid lisaks Tartu Rakendusliku Kolledži õpetajatele ka teiste Eesti kutseõppeasutuste õpetajad, mis laiendas uuringu konteksti ning võimaldas kaasata mitmekesisema erialase ja töökogemusega osalejaid.

Valimi moodustamisel lähtuti sihipärase valimi põhimõttest, kus uuritavad valitakse teadlikult kindlate kriteeriumide alusel (Beilmann & Rämmer, 2025).

Valimi kriteeriumiteks olid:

1. töötamine tegev kutseõpetajana tehnika-, tootmise- või transpordivaldkonnas;
2. õpetamiskogemus valdkonnas, kus vesinikutehnoloogial on potentsiaalne rakendus.

Selline valik võimaldas kaasata uurimusse õpetajaid, kellel on otsene seos uuritava teemaga ning kelle hinnangud on uurimisküsimustele vastamisel olulised.

Täienduskoolituse kutse oli suunatud tehnoloogiaerialade kutseõpetajatele (sh mehatronika, elektriala, mootorsõidukite remondi, tööstus- ja energiatehnoloogia ning majandusõppe valdkonnad). Kutses (vt Lisa 1) rõhutati vesinikutehnoloogia seoseid erinevate erialadega ning koolituse praktilist ja didaktilist fookust, mis võimaldas kaasata õpetajaid erineva erialase tausta ja kogemusega.

Täienduskoolitusel osales kokku 15 kutseõpetajat erinevatest Eesti kutseõppeasutustest. Andmekogumine toimus mitmes etapis. Eelküsitlusele vastas 11 registreerunud kutseõpetajat, kes osalesid ka täienduskoolitusel 19. veebruaril 2026. Järelküsitlusele vastas 13 osalejat. Poolstruktureeritud intervjuudes osales 7 kutseõpetajat, kes andsid nõusoleku süvaintervjuuks pärast koolitust. Vastajate arv varieerus andmekogumise etappides vabatahtliku osaluse tõttu. Tabel 1 annab ülevaate intervjuueeritavate taustast. Tabelist ilmneb märkimisväärne varieeruvus valimis nii õpetajate tööstaaži kui ka varasema vesinikutehnoloogiaalase kogemuse osas.

Tabel 1. Intervjueeritavate profiilid.

Kood	Valdkond	Tööstaaž kutseõpetajana	Vesinikutehnoloogia teadmiste tase enne koolitust	Eelnev kogemus ja erialane taust
O1	Autotehnika	11-20 aastat	Madal-keskmise	Kokkupuude elektrisõidukitega
O2	Autotehnika	6-10 aastat	Minimaalne	Väga vähene varasem kokkupuude
O3	Autotehnika	6-10 aastat	Madal	Hübriidsüsteemide alane taust
O4	Mehhatroonika	6-10 aastat	Minimaalne	Vesinikutehnoloogiaga kokkupuude puudub
O5	Elektriala	11-20 aastat	Madal-keskmise	Keemiaalane taust, teoreetiline kokkupuude
O6	Autotehnika	11-20 aastat	Madal	Baastadmised vesinikust
O7	Inseneria	Üle 20 aasta	Keskmine	Laiapõhjaline tehniline taust

Eetikanõuete kohaselt teavitati kõiki osalejaid uuringu eesmärgist ja ülesehitusest nii e-kirja teel kui ka koolituse alguses suuliselt. Osalejatelt küsiti teadlik nõusolek, rõhutades osalemise vabatahtlikkust ja konfidentsiaalsust ning võimalust uuringust igal ajal loobuda ilma negatiivsete tagajärgedeta (Laherand, 2008). Intervjuud salvestati osalejate eelneval nõusolekul ning helisalvestised olid ligipääsetavad ainult uurijale. Andmed kustutatakse pärast töö kaitsmist.

2.2 Sekkumise disain ja läbiviimine

Uuringu keskseks elemendiks oli käesoleva töö raames kavandatud ja läbi viidud täienduskoolitus, mis põhines *GreenSkills for H2* projekti materjalidel. Sekkumine kujundati eesmärgiga toetada kutseõpetajate valmisolekut ja kindlust vesinikutehnoloogia õpetamisel. Koolitus kandis nimetust „Vesinikutehnoloogia õpetamine tehnoloogiaerialadel“. Koolitusprogrammi disainimisel ja läbiviimisel lähtuti ADDIE mudelist (Branch, 2009), mida täiendati Kolbi kogemusõppe tsükliga, et toetada õppimist kogemuse, refleksiooni ja rakendamise kaudu. Joonisel 4 on esitatud kõigi etappide konkreetsete tegevused.

Arendusuuringu I etapp, analüüs. Protsessi algfaasis kaardistati eelküsitle (vt Lisa 2) abil sihtrühma vajadused, lähteseisund ja ootused. Selgitati välja õpetajate varasemad teadmised (CK), praktilise kogemusega seotud puudujäägid ning peamised ebakindlused seoses vesiniku õpetamisega. Eelküsitlele vastas 11 kutseõpetajat. Analüüsitulemused näitasid, et õpetajate varasem kokkupuude vesinikutehnoloogiaga oli üldiselt vähene ning valmisolek seda teemat õpetada pigem puudub. Sellest tulenevalt oli vaja pakkuda õpetajatele praktilist ja turvalist kokkupuudet seadmetega, selgeid õppematerjale ning lihtsat sissejuhatust

vesinikutehnoloogia põhimõistetesse. Analüüsifaasi tulemused esitati ka koolituse alguses, mis võimaldas osalejatel teadvustada oma lähteseisundit ja suhestuda kohe koolituse eesmärkidega.

Arendusuuringu II–III etapp, disain ja arendamine. Koolituse disain kujunes kahe peamise sisendi koostoimel: eelküsitle kaudu kaardistatud sihtrühma vajaduste ning GreenSkills for H2 projekti õppematerjalide analüüsi põhjal. Eelküsitus tõi esile kolm keskset puudujääki: ebakindluse vesinikutehnoloogia toimimispõhimõtetes (ainealane teadmine, CK), vähese kokkupuute vesinikutehnoloogia seadmete ja praktiliste lahendustega (tehnoloogiline teadmine, TK) ning selgusetuse teema didaktilise käsitlemise osas (pedagoogiline teadmine, PK), mis kattusid TPACK-raamistiku komponentidega (Mishra & Koehler, 2006). Paralleelselt analüüsiti GreenSkills for H2 materjalipaketti, sh teoreetilisi esitlusmaterjale, praktilist õpet toetavaid õppestende, vesinikumängu ning õpetajale suunatud juhendmaterjale.

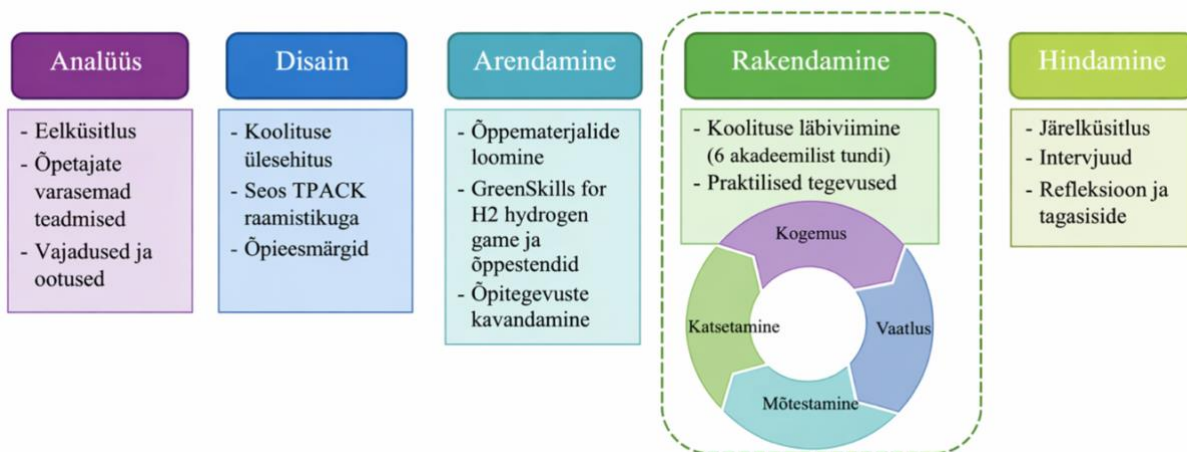
Koolituse kavandamisel seoti tuvastatud vajadused sihipäraselt vastavate projektimaterjalidega: ainealaste teadmiste arendamiseks kasutati teoreetilisi esitlusmaterjale, tehnoloogiliste teadmiste kujundamisel loodi võimalus otseseks kokkupuuteks vesinikutehnoloogia õppestendide ja seadmetega ning pedagoogilise teadmiste arendamiseks tugineti *Green Skills for Hydrogen* juhendmaterjalidele ning didaktilistele aruteludele.

Selle koostoime tulemusena kujunes kolmeosaline koolitus (vt Lisa 3), mille struktuur lähtus TPACK-raamistiku loogikast. Esimene osa (ainealane teadmine, CK) keskendus vesiniku füüsikalise-keemilistele omadustele, tootmisahelale ja ohutusstandarditele, eesmärgiga luua osalejatele teaduspõhine teoreetiline baas ning vähendada ebakindlust. Teine osa (tehnoloogiline, TK) hõlmas praktilist tööd GreenSkills for H2 vesinikumängu (vt Lisa 7) ning vesiniku tootmise ja kasutuse õppestendidega (vt Lisa 8), pakkudes õpetajatele turvalist praktilist õpikogemust. Kolmas osa (pedagoogiline teadmine, PK) koosnes rühmatöödest ja didaktilisest arutelust, mille käigus analüüsiti vesinikuteema lõimimise võimalusi erinevates õppeainetes ning sobivaid õpetamismeetodeid. Koolituse kava kooskõlastati enne läbiviimist magistr töö juhendajatega.

Arendusuuringu IV etapp, rakendamine. Täienduskoolitus viidi läbi 19. veebruaril 2026 Tartu Rakenduslikus Kolledžis. Koolituse maht oli 6 akadeemilist tundi. Nädal enne koolitust saadeti osalejatele e-postiga kutse ja kava (vt Lisa 1 ja 3), mis võimaldas neile eelneva ülevaate koolituse ülesehitusest. Koolitus toimus kontaktõppe vormis, kus teoreetilised osad vaheldusid praktiliste tegevuste ja ühiste aruteludega, arvestades täiskasvanud õppija vajadust vahelduse ja praktilisuse järele (Knowles *et al.*, 2015). Koolitusel osales 15 kutseõpetajat erinevatelt inseneeriaerialadelt.

Arendusuuringu V etapp, hindamine. Osalejate tajutud muutuste analüüsimine toimus kahes etapis. Vahetult pärast koolitust täitsid osalejad reflekteeriva järelküsitle (vt Lisa 4). Üks kuni kaks nädalat pärast koolitust viidi läbi poolstruktureeritud intervjuud seitsme osalejaga, et koguda põhjalikumat teavet nende kogemuste ja tajutud muutuste kohta. Selle etapi andmed moodustavad magistritöö peamise empiirilise andmestiku.

Joonis 4. Koolitusprogrammi arenduse etapid.



2.3 Andmekogumine

Andmekogumine kavandati metodoloogilise triangulatsiooni põhimõttest lähtudes, kombineerides küsitlusi, uurijapäevikut ja poolstruktureeritud intervjuusid, et käsitleda uuritavat nähtust mitmekülgelt (Cohen *et al.*, 2018; Denzin, 1978). Peamiseks andmeallikaks olid poolstruktureeritud intervjuud, mille abil koguti süvitsi andmeid kutseõpetajate kogemuste ja hinnangute kohta vesinikutehnoloogia õpetamisega seoses. Küsitlusi ja uurijapäevikut kasutati toetavate meetoditena taustainfo kogumiseks ning tulemuste täiendamiseks. Andmeid koguti kolmes omavahel seotud etapis, mis vastasid ADDIE mudeli etappidele ning võimaldasid käsitleda õpetajate professionaalset arengut protsessina.

2.3.1 Eelküsitus

Andmekogumine algas eelküsitlelusega, mille eesmärk oli kaardistada osalevate kutseõpetajate varasemad kogemused, tajutud valmisolek ja ootused seoses vesinikutehnoloogia õpetamisega. Küsitlus viidi läbi veebipõhises keskkonnas (*Google Forms*), mis võimaldas osalejatel vastata anonüümselt ja neile sobival ajal. Eelküsitlet kasutati sisendina täienduskoolituse sisu ja rõhuasetuste täpsustamiseks ning sihtrühma vajadustega arvestamiseks, mitte õpetajate pädevuse taseme mõõtmiseks.

Eelküsitlet koosnes nii suletud kui ka avatud küsimustest. Suletud küsimused põhinesid Likerti tüüpi skaaladel ning võimaldasid kaardistada õpetajate tajutud teadmisi, valmisolekut ja enesekindlust vesinikutehnoloogia õpetamisel erinevates aspektides,

sealhulgas ainealaste teadmiste, õpetamismeetodite valiku, ohutuse käsitlemise ja digivahendite kasutamise osas. Lisaks kaardistati õpetajate varasem kokkupuude vesinikutehnoloogiaga ning digimaterjalide kasutamise sagedus.

Avatud küsimused keskendusid õpetajate tajutud peamistele takistustele ning ootustele täienduskoolituse osas, võimaldades koguda kvalitatiivset sisendit koolituse disaini kujundamiseks. Enesehinnanguliste küsimuste kasutamine on sobiv viis õpetajate valmisoleku kaardistamiseks enne koolitust (Patton, 2015). Küsitlus saadeti registreerunud osalejatele e-postiga nädal enne koolitust ning sellele vastas 11 kutseõpetajat.

2.3.2 Andmekogumine koolituse käigus

Koolituse läbiviimise ajal koguti andmeid uurijapäeviku kaudu (vt Lisa 10), mida kasutati kogu arendusuuringu vältel alates uurimisprotsessi algusest kuni andmeanalüüsi etapini. Käesolevas etapis võimaldas uurijapäevik dokumenteerida õpetajate aktiivsust, esitatud küsimusi, arutelusid ning reaktsioone simulatsioonide ja õppetendide kasutamisel.

Uurijapäevikus fikseeriti uurija vaatlusmärkmeh ja refleksioonid, keskendudes eelkõige õpetajate osalusele ja koostööle, esilekerkivatele raskuskohtadele ning sellele, kuidas õpetajad seostasid uut õppesisu oma varasemate kogemustega. Samuti kajastati õppimisprotsessi kulgu ning muutusi õpetajate aktiivsuses ja tajutud valmisolekus vesinikutehnoloogia õpetamisel. Selline andmekogumine on arendusuuringule iseloomulik ning toetab sekkumise protsessi mõtestamist (McKenney & Reeves, 2012).

2.3.3 Järeloküsitlus ja poolstruktureeritud intervjuud

Pärast täienduskoolituse läbiviimist koguti andmeid järeloküsitluse ja poolstruktureeritud intervjuude abil. Järeloküsitlus saadeti osalejatele e-postiga (vt Lisa 5) vahetult pärast koolitust ning sellele vastas 13 kutseõpetajat. Järeloküsitlus sisaldas nii Likerti tüüpi enesehinnangulisi küsimusi kui ka avatud küsimusi. Likerti skaalal põhinevaid vastuseid kasutati kirjeldava ülevaate saamiseks õpetajate hinnangutest, mitte statistiliseks võrdlemiseks eelküsitlelusega. Järeloküsitluse eesmärk oli toetada õpetajate kogemuste refleksiooni ja nende mõtestamist (Patton, 2015).

Poolstruktureeritud intervjuud viidi läbi 7 osalejaga kahe nädala pärast peale koolitust (vt Lisa 6). Intervjuud toimusid veebipõhiselt MS Teamsi keskkonnas, kuna osalejad töötavad erinevates Eesti kutseõppeasutustes ning veebiintervjuud võimaldasid paindlikku ajaplaneerimist ilma osalejate täiendava ajakuluta. Intervjuud kestsid keskmiselt 45 minutit ning salvestati MS Teamsi salvestusfunktsiooniga osalejate eelneval nõusolekul. Intervjuukava (vt Lisa 11) koostati uurimisküsimustest ja teoreetilisest raamistikust lähtudes ning see struktureeriti kolmeks ploki: valmisolek enne koolitust (ÜK1), koolituse

elemendid (ÜK3) ning muutused valmisolekus pärast koolitust (ÜK4). Teisele uurimisküsimusele vastamisel intervjuuandmeid ei kogutud, kuna koolituse disaini kirjeldatakse ADDIE protsessiraamistiku alusel metoodika peatükis.

Intervjuud võimaldasid süvendada eelküsitusel ja järelküsitusel ilmnunud mustrite mõistmist, täpsustada õpetajate hinnanguid koolituse elementidele ning kirjeldada muutusi õpetajate tajutud valmisolekus pärast täienduskoolitusel osalemist.

Intervjuukava usaldusvääruse tagamiseks viis uurija enne põhiandmete kogumist läbi prooviintervjuu, mille tulemusel täpsustati mõnede küsimuste sõnastust. Prooviintervjuu andmeid uuringus ei kasutatud. Poolstruktureeritud intervjuu võimaldab ühendada temaatilise fookuse ja paindlikkuse, võimaldades uurijal vajadusel vastuseid täpsustada ja süvendada (Kvale & Brinkmann, 2009).

2.4 Andmeanalüüs

Kogutud andmete analüüsimisel lähtuti kvalitatiivse sisuanalüüsi põhimõtetest.

Uurimisküsimuste 1 ja 4 puhul rakendati induktiivset sisuanalüüsi, mis võimaldas lähtuda andmete tõlgendamisel materjalist endast ilma eelnevalt määratletud teoreetiliste kategooriateta (Elo & Kyngäs, 2008; Laherand, 2008). Teisele uurimisküsimusele vastamisel ei rakendatud sisuanalüüsi, vaid koolituse disaini kirjeldati ADDIE protsessiraamistiku alusel (Branch, 2009), mis on arendusuuringule iseloomulik väljund (McKenney & Reeves, 2012). Kolmanda uurimisküsimuse puhul kasutati deduktiivset lähenemist, kus kategooriad tuletati TPACK mudelist (Mishra & Koehler, 2006): ainealase teadmise (CK), tehnoloogilise teadmise (TK) ja pedagoogilise teadmise (PK) toetamine ning nende lõimimine (TPACK). Selline kombineeritud lähenemine, kus induktiivset ja deduktiivset sisuanalüüsi rakendati vastavalt uurimisküsimuse iseloomule, võimaldas analüüsida tulemusi nii andmestikust lähtuvalt kui ka teoreetilise raamistiku kaudu, kujundades tervikliku arusaama uuritavast nähtusest (Elo & Kyngäs, 2008).

Tabel 2. Andmeanalüüsi kategooriastruktuur uurimisküsimuste kaupa

Uurimisküsimus	Analüüsimeetod	Kategooriad
UK1, Valmisolek enne koolitust	Induktiivne	Eelteadmised; Praktiline kogemus; Valmisolek õpetada; Struktuurilised takistused
UK2, Koolituse kirjeldus	Disaini kirjeldus (ADDIE)	Analüüs; Disain; Arendamine; Rakendamine; Hindamine
UK3, Disainielemendid	Deduktiivne (TPACK)	CK toetamine; TK toetamine; PK toetamine; TPACK lõimimine
UK4, Muutused valmisolekus	Induktiivne	Teadmiste kasv; Praktiline valmisolek; Kindlustunde muutus; Rakendamiskavatsus

Andmeanalüüsi aluseks olid eelküsitluse ja järelküsitluse avatud vastused, koolituse käigus kogutud uurijapäeviku märkmed ning poolstruktureeritud intervjuude transkriptsioonid. Avatud vastuseid kasutati selleks, et kaardistada õpetajate ootusi, varasemaid kogemusi ja koolituse järel tekkinud arusaamu. Likerti tüüpi küsimuste vastuseid analüüsiti kirjeldavalt, et võrrelda õpetajate enesehinnangulist valmisolekut enne ja pärast koolitust. Kuna vastajate arv oli väike, ei kasutatud statistilist üldistamist, vaid tulemusi käsitleti toetava taustainfona kvalitatiivse sisuanalüüsi kõrval.

Andmeanalüüs algas intervjuude transkribeerimisega. Eestikeelsete helifailide transkribeerimiseks kasutati TTÜ kõnetuvastusprogrammi (Olev & Alumäe, 2022), mille järel kontrolliti transkriptsioone käsitsi, võrreldes neid helisalvestustega ning parandades võimalikud vead. Intervjueeritavate tekst märgistati koodiga O (õpetaja) ning intervjueeri tekst I (intervjueeri). Eetiliste põhimõtete järgimiseks kasutati pseudonüüme O1–O7 ning andmeid säilitati salasõnaga kaitstud seadmes. Sisuanalüüs viidi läbi kolmes omavahel seotud etapis, lähtudes Elo ja Kyngäse (2008) käsitlusest. Analüüsis kasutati kombineeritud lähenemist, kus osaliselt kujunesid kategooriad induktiivselt andmestikust ning osaliselt TPACK mudelile tuginedes.

Ettevalmistus etapis tutvus uurija andmestikuga tervikuna, lugedes intervjuude transkriptsioone ning küsitluste avatud vastuseid korduvalt läbi. Eesmärk oli kujundada üldine arusaam õpetajate kogemustest ning määratleda analüüsiühikuna tähenduslikud tekstiosad, mis vastasid uurimisküsimustele.

Organiseerimis etapis viidi läbi avatud kodeerimine Microsoft Wordis, kus tähendusüksused märgistati kommentaaridena koos koodi ja esialgse kategooriasildiga. Koodid koondati sisuliselt sarnasteks rühmadeks, mille põhjal kujunesid esialgsed kategooriad. Uurimisküsimuste 1 ja 4 kategooriad kujunesid andmestikust induktiivsel teel. Uurimisküsimuse 3 puhul lähtuti TPACK mudelist tuletatud kategooriatest, mida analüüsi käigus täpsustati.

Kodeerimine toimus mitme järjestikuse sammuna. Esmalt märgistati andmestikus tähenduslikud tekstiosad avatud koodidega. Seejärel võrreldi koode omavahel ning koondati sisuliselt sarnased koodid esialgseteks alakategooriateks. Järgmises etapis ühendati alakategooriad laiemateks kategooriateks, lähtudes uurimisküsimustest ja analüüsi loogikast. Kategooriate sõnastusi täpsustati analüüsi käigus korduvalt, kuni need moodustasid uuritavat nähtust kirjeldava terviku.

Analüüsi usaldusvääruse toetamiseks kaasati kaaskodeerija, kes kodeeris sõltumatult ühe intervjuu transkriptsiooni. Seejärel võrreldi kodeeringuid, arutati erinevusi ning täpsustati koodide ja kategooriate sõnastusi (Creswell & Miller, 2000). Kaaskodeerimise käigus uusi

kategooriaid ei lisandunud, kuid täpsustati olemasolevate koodide ja kategooriate sõnastust, mis toetas analüüsi sisulist selgust ja tõlgenduste põhjendatust.

Tulemuste esitamise etapis seostati kujunenud kategooriad omavahel ning kõrvutati neid teoreetilise raamistikuga. Tulemuste tõlgendamisel ja arutelus lähtuti TPACK mudelist, andragoogika põhimõtetest ning Kolbi kogemusõppe käsitlusest.

2.5 Eetilised kaalutlused ja usaldusväärsus

Käesoleva uurimuse läbiviimisel lähtuti haridusteadusliku uurimistöö eetilistest põhimõtetest, pöörates erilist tähelepanu osalejate vabatahtlikkusele, teadlikule nõusolekule, konfidentsiaalsusele ning andmete vastutustundlikule käsitlemisele (Cohen *et al.*, 2018; Laherand, 2008). Kõiki osalejaid teavitati uuringu eesmärgist ja ülesehitusest enne andmekogumise algust ning neil oli igal hetkel võimalus uuringust loobuda ilma negatiivsete tagajärgedeta. Intervjuude transkribeerimisel tagati anonüümsus pseudonüümide (O1–O7) kasutamisega ning andmeid säilitati salasõnaga kaitstud seadmes. Andmete töötlemisel järgiti isikuandmete kaitse üldmääruse (GDPR) põhimõtteid.

Uurimuse usaldusväärsete tagamisel lähtuti Lincoln ja Guba (1985) kvalitatiivse uurimistöö hindamiskriteeriumitest. Usutavust toetati metodoloogilise triangulatsiooni abil, kombineerides mitut andmekogumismeetodit (küsitlused, uurijapäevik ja poolstruktureeritud intervjuud) ning kaasates analüüsi kaaskodeerija (Creswell & Miller, 2000). Ülekantavust ei käsitleta statistilise üldistatavusena, vaid võimalusena pakkuda kontekstipõhist teadmist sarnastes kutsehariduse kontekstides (McKenney & Reeves, 2012). Sõltuvust toetati uurimisprotsessi läbipaistva kirjeldamisega ning uurijapäeviku pidamisega, kuhu talletati analüütilised otsused ja refleksioonid (Lincoln & Guba, 1985). Kinnitatavust toetati uurija eneserefleksiivsuse kaudu ning tulemuste illustreerimisel osalejate otseste tsitaatidega.

Uurija eneserefleksiivsus oli käesolevas uuringus oluline, kuna uurija täitis korraga mitut rolli: koolituse kavandaja, läbiviija, andmete koguja ning analüüsija. Selline rollide kattumine tõi kaasa kaks peamist riski. Esiteks võis see mõjutada osalejate vastuseid, kuna nad tundsid uurijat koolitajana ning võisid anda sotsiaalselt soovitatavaid hinnanguid. Teiseks võisid uurija enda varasemad teadmised ja kogemused mõjutada andmete tõlgendamist. Eneserefleksiivsus tähendab selles kontekstis teadlikku tähelepanu uurija rollile, eelhoiakutele ja nende võimalikule mõjule kogu uurimisprotsessis (Lincoln & Guba, 1985).

Nende mõjude vähendamiseks rakendati uuringu eri etappides mitmeid võtteid. Andmekogumisel rõhutati osalejatele vastamise vabatahtlikkust ja konfidentsiaalsust ning seda, et aus ja kriitiline tagasiside on koolituse arendamiseks väärtuslikum kui pelgalt positiivne hinnang. Intervjuudes kasutati avatud küsimusi ning välditi suunamist, et mitte

mõjutada osalejate vastuseid. Andmeanalüüsi usaldusväärsuse suurendamiseks kaasati kaaskodeerija (Creswell & Miller, 2000), kelle sõltumatu kodeerimine aitas vähendada uurija tõlgenduste võimalikku kallutatust.

Lisaks pidas uurija kogu arendusuuringu vältel uurijapäevikut (vt Lisa 10), kuhu talletati nii metodoloogilised otsused kui ka refleksioonid oma rolli ja võimalike mõjude kohta. Näiteks pärast järelküsitluse esmast analüüsi (22.02.2026) märkas uurija, et valdavalt positiivsed hinnangud võivad osaliselt tuleneda sotsiaalsest soovitatavusest. Selle põhjal otsustati kasutada järelküsitluse andmeid toetava allikana ning teha peamised järeldused intervjuudele tuginedes, kuna need võimaldasid osalejate kogemusi põhjalikumalt avada.

3. Uurimistulemused

Magistritöö eesmärk oli kavandada, rakendada ja analüüsida täienduskoolituse mudelit, mis põhineb GreenSkills for H2 materjalidel ning toetab kutseõpetajate valmisoleku kujunemist vesinikutehnoloogia õpetamiseks. Uurimistulemused on esitatud vastavalt neljale uurimisküsimusele.

Esimese uurimisküsimuse raames keskendutakse kutseõpetajate tajutud valmisolekule ja peamistele takistustele enne koolitust. Teise uurimisküsimuse vastusena kirjeldatakse täienduskoolituse disaini ja ülesehitust. Kolmanda uurimisküsimuse kaudu analüüsitakse koolituse elemente, mis toetasid teadmiste ja oskuste kujunemist. Neljanda uurimisküsimuse kaudu selgitatakse muutusi õpetajate tajutud valmisolekus pärast täienduskoolitusel osalemist.

3.1 Kutseõpetajate valmisolek vesinikutehnoloogia õpetamisel

Esimese uurimisküsimuse „*Kuidas hindavad kutseõpetajad oma valmisolekut vesinikutehnoloogia õpetamiseks enne täienduskoolitust?*“ vastuste analüüsi tulemusena kujunesid neli kategooriat: eelteadmised, praktiline kogemus, valmisolek õpetada ning struktuurilised takistused.

Eelteadmised. Intervjueeritavate eelteadmised vesinikutehnoloogiast olid valdavalt teoreetilised ja tagasihoidlikud, erinedes osalejate erialase tausta lõikes. Keemia- või alternatiivkütuste alase taustaga õpetajad kirjeldasid mõõdukat eelteadmiste taset, tuues esile teadmised vesiniku omaduste ja reaktsioonipõhimõtete kohta. Siiski jäi ka nende teadmiste puhul puudu arusaam praktilistest rakendustest ja didaktilistest võimalustest. Nagu kirjeldas O5: „*Ma teadsin, mis vesinik on, kuna endal on see keemiataust varasemalt olemas ja nende reaktsioonivõrrandite kohta teadsin, aga ma ei teadnud täpselt, kuidas need elemendid töötavad ja missugused need elemendid on, kuidas neid õppetöös kasutada.*“

Enamik osalejaid kirjeldas siiski väga vähest või olematut eelteadmiste taset, piirdudes üksnes üldise teadlikkusega tehnoloogia olemasolust. Sarnast lähteseisundit kirjeldasid ka teised õpetajad, kellel puudus varasem kokkupuude vesinikutehnoloogiaga. O4 sõnastas selle järgmiselt: „*Ma ütleks, et seda ei olnudki, sest vesinikutehnoloogiast suurt mitte midagi ei teadnud, olin küll kuulnud, et mingisugused vesinikutehnoloogiad on olemas.*“ Ka O2 kirjeldas oma teadmisi kui „täiesti tühja maad“, rõhutades, et vesiniku tootmine, transport ja rakendus olid talle täielikult võõrad.

Kutseõpetaja, kellel oli varasem kokkupuude elektrisõidukite koolituse kaudu, möönis, et tema teadmised piirdusid pigem üldise tasemega: „*Midagi otseselt võõrast seal ei olnud, aga võibolla lihtsalt see, kuidas läheneda ja mis nurga alt vaadata seda sain juurde.*“ O6 oli ennast iseseisvalt kursis hoidnud, kuid hindas oma kokkupuudet „*üsna pinnapealseks.*“

Praktiline kogemus. Praktilise kogemuse puudumine oli läbiv joon kõigi osalejate vastustes. Ka neil, kellel oli olemas teoreetiline baas, piirdus varasem kokkupuude lühiajaliste ja episoodiliste katsetustega. O5 kirjeldas oma varasemat praktilist kogemust kui minimaalset: „*Varasemalt olin neid elemente kasutanud, aga sellest oli paar aastat möödas, kui ülikoolis sai korra katsetada. Seda oli umbes 10 minutit.*“ Vesinikutehnoloogiaga seotud seadmete ja õppestendide kasutamine oli enamiku jaoks täielikult tundmatu, mis vähendas nende valmisolekut teemat ise õpetada.

Sarnast kogemust kirjeldasid ka teised kutseõpetajad. O3 märkis, et tema varasem kokkupuude piirdus Toyota hübriidsõiduki koolitusega, kus „*vaatasime auto alla, kus komponendid asuvad*“, kuid sügavamat praktilist kogemust vesinikutehnoloogiaga ei olnud. O7 rõhutas, et just õppematerjali puudumine takistas praktilist ettevalmistust: „*Kui oleks üks konkreetne materjal, mida õppes kasutada, siis enne peaks selle ise läbi töötama, kui tahad kellelegi midagi õpetada.*“

Valmisolek õpetada. Kõik intervjueeritavad hindasid oma valmisolekut vesinikutehnoloogia õpetamiseks enne koolitust madalaks. Ebakindlus tulenes nii piiratud ainealastest teadmistest kui ka puudulikust arusaamast, kuidas teemat didaktiliselt rakendada. Vesinikku tajuti ohutuskriitilise ja keeruka teemana, mistõttu õpetajad ei pidanud realistlikuks selle õpetamist ilma täiendava ettevalmistuseta. O7 vastas valmisoleku küsimustele: „*Kindlasti mitte*“, tuues põhjuseks õppematerjali puudumise ja ebaselguse sihtgrupi osas. O4 sõnastas seda järgmiselt: „*Ega ma ei saa õpetada asja, millest ma mitte midagi ei tea.*“

Ka need osalejad, kellel oli mõningane varasem kokkupuude, ei pidanud end valmis olevaks. O6 hindas oma varasemaid teadmisi pinnapealseks ja O5 tunnistas: „*Kindlasti ei, sellepärast, et see on täiesti uus teema.*“ O2 kirjeldas oma suhtumist enne koolitust järgmiselt: „*Ega ma väga valmis ei olnud suure hurraaga kuhugi klassi ette minema, see*

teema oli täiesti uus.“ Seega iseloomustas madalat valmisolekut mitte ainult teadmiste nappus, vaid ka tajutud ebakindlus uue ja keeruka teema ees.

Struktuurilised takistused. Lisaks individuaalsetele teguritele tõid õpetajad esile ka välised tingimused, mis mõjutasid nende valmisolekut. Kõige sagedamini mainiti eestikeelsete õppematerjalide nappust, praktiliste õppevahendite ja õppestendide puudumist ning õppekavade kujunemisjärgus olekut. Neid takistusi tõid esile kõik osalejad, sõltumata erialasest taustast. O6 tõi välja mitme teguri koosmõju: „*Kõigepealt muidugi õppematerjalide vähesus, siis kindlasti ka näiteks vastavaid stende ei olnud meil koolis.*“ Ka O2 rõhutas „*eestikeelsete õppematerjalide puudulikkust*“ peamise takistusena.

O5 tõi lisaks esile õppekavade üleminekuga seotud ebakindluse: „*Peamine kitsaskoht oli ilmselt see, et kasutusele on tulemas uued nelja-aastased õppekavad, mis on alles kujunemisjärgus ja mille puhul tuleb hoolikalt läbi mõelda, kuhu ja kuidas selline teema sobitub.*“ O4 lisas, et vesinikutehnoloogia ei ole tema valdkonnas (mehhatroonika) tööstuses veel laialdaselt levinud, mis vähendas teematöötuse praktilisust. O7 rõhutas õppematerjali puudumist ja ebaselgust, millisel tasemel ja kellele õpetada. Seega raskendasid struktuurilised tegurid vesinikutehnoloogia sidumist olemasolevate õppeainete ja õpiväljunditega.

Intervjuud kinnitasid eelküsitusel ilmnenud mustreid. Enne koolitust hindas valdav enamuse vastajatest oma valmisolekut vesinikutehnoloogia õpetamiseks ebakindlaks või väga ebakindlaks. TPACK raamistikuga seotud väidetele antud hinnangud jäid alla 2,5 punkti viiepallisel skaalal, mis viitab ainealaste (CK), pedagoogiliste (PK) ja tehnoloogiliste (TK) teadmiste madalale tajutud tasemele vesinikutehnoloogia õpetamise kontekstis.

Kokkuvõtvalt viitavad tulemused, et kutseõpetajate valmisolek vesinikutehnoloogia õpetamiseks enne täienduskoolitust oli madal ning kujunes nii piiratud teadmiste ja praktilise kogemuse kui ka struktuuriliste tingimuste koosmõjus. Seega iseloomustas õpetajate valmisolekut enne koolitust peamiselt ebaühtlane teadmus, piiratud praktiline kogemus ning ebakindlus vesinikutehnoloogia õpetamise suhtes.

3.2 Vesinikutehnoloogia täienduskoolitus GreenSkills for H2 materjalide põhjal

Teisele uurimisküsimusele „*Milline on GreenSkills for H2 materjalidel põhinev vesinikutehnoloogia täienduskoolitus kutseõpetajatele?*“ vastatakse koolituse disaini süstemaatilise kirjelduse kaudu, mis on arendusuuringule iseloomulik väljund (McKenney & Reeves, 2012). Vastus on esitatud peatükkides „Arendusuuringu I etapp: analüüs“, „Arendusuuringu II–III etapp: disain ja arendamine“ ning „Arendusuuringu IV–V etapp: rakendamine ja hindamine“. Koolitus kujunes ülesehituselt tervikuks, mis ühendas teoreetilise baasi, praktilise kogemuse ja didaktilise refleksiooni.

3.3 Koolituse elemendid ja nende mõju õpetamise omaksvõtule

Kolmanda uurimisküsimuse „*Millised koolituse elemendid toetavad kutseõpetajate hinnangul valmisolekut vesinikutehnoloogia õpetamiseks?*“ analüüsi tulemusena kujunesid TPACK mudelist lähtuvalt neli kategooriat: ainealase teadmise (CK) toetamine, tehnoloogilise teadmise (TK) toetamine, pedagoogilise teadmise (PK) toetamine ning TPACK lõimimine.

Ainealase teadmise (CK) toetamine. Koolitus toetas osalejate ainealase teadmise kujunemist eelkõige struktureeritud teoreetilise ülevaate kaudu, mis käsitles vesiniku füüsikalisi-keemilisi omadusi, tootmisahelat ja ohutusstandardeid. Kõik seitse intervjuueeritavat tõi esile teoreetilise osa väärtuse, kuigi rõhuasetused erinesid erialase tausta lõikes. Osalejad väärtustasid eriti seda, et sisu esitati õppija vaatenurgast, mis aitas neil paremini mõista, kuidas vesinikutehnoloogiat oma õppetöös edasi anda. Nagu kirjeldas O5: „*Mulle meeldis eriti koolituse teoreetiline osa, kus teemat käsitleti õpilase vaatenurgast. Meie olime küll koolitusel osalejad, kuid samal ajal nägime, kuidas tund oleks üles ehitatud õppija perspektiivist.*“ Ainealase teadmise tugevdamine oli oluline eeldus, et osalejad suudaksid edaspidi keerukat õppesisu didaktiliselt mõtestada.

Samuti rõhutasid osalejad, et teoreetiline osa andis laiemat konteksti vesinikutehnoloogia rollist energiasüsteemides. Sarnast seisukohta väljendasid nii laiema tehnilise taustaga osalejad kui ka need, kelle varasem kokkupuude vesinikutehnoloogiaga oli minimaalne. O7 sõnul andis see „*väga hea lähtepunkti, laialdasema vaatega, ta ei olnud ainult meie riigi põhiline, vaid üle kogu maailma vaade.*“ O2 lisas, et koolitus muutis teema arusaadavaks: „*Nüüd on pilt palju selgem, kuidas vesinikku toodetakse, milliseid tootmisvõimalusi on, et ei ole lihtsalt vesinik, vaid neid on mitut sorti.*“

Tehnoloogilise teadmise (TK) toetamine. Praktiline töö õppestendide ja GreenSkills for H2 materjalidega osutus osalejate hinnangul kõige enam omaksvõttu toetavaks. Kõik intervjuueeritavad rõhutasid praktilise kogemuse olulisust, sõltumata nende varasemast kokkupuutest vesinikutehnoloogiaga. Käed-külge lähenemine võimaldas kinnistada arusaama seadmete toimimisloogikast ning mõista vesinikutehnoloogia praktilisi rakendusi. O5 tõi esile, et „*praktiline osa aitas väga hästi mõista võimalikke kitsaskohti, mis võivad tekkida suure katsekomplekti kasutamisel, näiteks tuli täpselt järgida juhendit, kuhu ühendada voolikud, kuidas eristada vesinikku ja hapnikku.*“ Lisaväärtust andis ka praktilise töö käigus vigadest õppimine ja kohene tagasiside, mis suurendas osalejate mõistmist süsteemide tööpõhimõtete kohta.

Sarnast kogemust kirjeldasid ka teised kutseõpetajad. O3 rõhutas stendi väärtust mõõtmiste läbiviimisel: „*See praktiline stend oli hea näide, saab mõõtmistega läbi mängida, kuidas voolu toodetakse.*“ O4 rõhutas, et selline praktiline kogemus oli koolitustel haruldane:

„Üldiselt koolitustel selliseid käed-külge asju väga ei ole. Siin oli reaalselt tehnoloogia ja seal koolituse ajal ka mingisugune asjandus lasi vist õhku välja, see püüdis kohe pilku.“

Uurijapäeviku märkmed kinnitavad tehnoloogilise teadmise kujunemise keskset rolli: koolituse käigus esines mitmeid olukordi, kus osalejad vajasisid juhendamist seadmete ühendamisel ja kasutamisel, mis tõi esile praktilise kogemuse olulisuse.

Pedagoogilise teadmise (PK) toetamine. Rühmatöö, arutelud ja koolituse ülesehitus toetasid osalejate pedagoogilise teadmise kujunemist. Sissejuhatava tegevusena kasutatud kaartidega mäng soodustas osalejate omavahelist suhtlust ja aitas luua mitteformaalse õhkkonna. O1 väärtustas mängu kõrgelt: *„See mäng on siuke laiapõhjaline helikoptervaade, igast kaardist saab uue viietunnise loengu sisu.“* Koolituse lõpus toimunud didaktilised arutelud aitasid osalejatel selgitada välja võimalusi vesinikutehnoloogia lõimimiseks enda ainesse. Eriti väärtustasid arutelusid pikema staažiga õpetajad. O2 pidas arutelu koguni kõige tähtsamaks osaks: *„Arutelu oli kõige tähtsam minu jaoks! Avas inimestel suu, pani omavahel suhtlema.“*

Koolituse ülesehitus vastas täiskasvanud õppija vajadustele: teooria ja praktika vaheldumine aitasid hoida osalejatele kaasatust. O7 hindas: *„Täiskasvanud inimene ei suuda väga üle kahe tunni mingi tegevusega tegeleda. Selline päeva ülesehitus oli väga hea, inimesed ei väsinud ära, olid täiesti aktiivsed.“* Ka O6 kiitis koolituse tempot ja mõttepauze. Uurijapäeviku põhjal selgus, et rühmatööde käigus kasvas osalejate aktiivsus ja omavaheline suhtlus, mis püsis kõrgel tasemel kogu koolituse vältel.

TPACK lõimimine. Koolituse käigus ilmnis lisaks üksikute komponentide toetamisele ka hetki, kus osalejad hakkasid ainealast, tehnoloogilist ja pedagoogilist teadmist omavahel seostama. See väljendus eelkõige selles, et osalejad ei kirjeldanud koolitust üksnes uue info saamisena, vaid hakkasid mõtestama, kuidas käsitletud sisu oma õpetamispraktikas rakendada. O5 kirjeldas seda üleminekut: *„Nüüd on selline teadmine selle koha pealt, kuidas seda koolitundidesse võib lõimida, mida üldse teha, see läks edasi. Nii teooria kui ka praktilise koha pealt.“*

Sellist lõimimist kirjeldasid ka teised osalejad. O3 tõi välja, kuidas praktiline kogemus tekitas konkreetseid ideid õppetöö jaoks: *„Isiklikult meeldib alati praktiline läbitegemine. Siis tekivad ideed, mida tunnis rääkida, mida näidata.“* O4 kirjeldas, kuidas koolituse erinevad osad moodustasid terviku: *„Teooria osa, praktiline osa ja rühmarutelu ei olnud eraldiseisvad võõrkehad, nad olid teineteist täiendavad elemendid, mis moodustasid ühe väga ühtse terviku.“* Ka O2 hindas koolitust lõimimise vaatenurgast: *„Kuidas õpetada, põhimõtteliselt võtaksin sama lähenemise, mida koolitaja kasutas, meeldis mulle, järelkult meeldiks ka teistele.“*

Koolituse ülesehitus, kus teoreetiline ülevaade (CK) seostus praktilise katsetamisega (TK) ja sellele järgnes didaktiline arutelu (PK), toetas lõimimisprotsessi. Uurijapäeviku märkmed kinnitavad, et koolituse viimases osas, didaktiliste arutelude käigus, hakkasid osalejad aktiivselt arutlema, kuidas vesinikuteemat oma konkreetsetes ainetes käsitleda, mis viitab TPACK komponentide lõimimise algusele.

Järeloküsitluse andmed kinnitavad intervjuudes ilmnenud mustreid: osalejad väärtustasid enim praktilist ja teoreetilist osa, didaktilisi arutelusid mõnevõrra vähem.

Kokkuvõtvalt viitavad tulemused, et vesinikutehnoloogia õpetamise omaksvõttu toetas TPACK komponentide järk-järguline arendamine ja nende lõimimise toetamine. Ainealane ülevaade lõi teadmiste baasi, praktiline katsetamine kinnistas tehnoloogilist arusaama ning rühmatöö ja arutelud toetasid pedagoogilist mõtestamist. Lõimimise momente, kus osalejad hakkasid neid komponente omavahel seostama, toetas koolituse terviklik ülesehitus, mis võimaldas liikuda üksikteadmistelt integreeritud valmisoleku suunas.

3.4 Muutused kutseõpetajate valmisolekus vesinikutehnoloogia õpetamiseks

Neljanda uurimisküsimuse „*Kuidas muutub kutseõpetajate valmisolek vesinikutehnoloogia õpetamiseks pärast täienduskoolitust ning millised on nende kavatsused õpitud rakendada?*“ analüüs tõi esile neli peamist kategooriat: teadmiste kasv, praktiline valmisolek õpetada, kindlustunde muutus ning rakendamiskavatsus.

Teadmiste kasv. Kõik osalejad märkisid koolituse järel teadmiste märgatavat suurenemist. Eriti toodi esile, et vesinikutehnoloogia muutus osalejate jaoks arusaadavamaks ja vähem keeruliseks. O2 kirjeldas seda muutust ilmekalt: „*Kindlus läks kindlasti paremaks, sest nüüd saad aru, et tegelikult see tehnoloogia ei ole keeruline, et kui sulle korraks lahti selgitatakse. Siis need hirmud niiõelda kaovad ära.*“ Sarnast kogemust kirjeldasid ka teised kutseõpetajad, kes rõhutasid, et koolitus andis laiema pildi vesinikutehnoloogia kasutusvõimalustest, mitte ainult kitsalt ühe eriala vaatenurgast.

O3 tõi eraldi esile, et koolitus laiendas tema teadmisi väljaspool autoeriala piiride: „*Nüüd oskan laiemalt rääkida, mitte ainult autost, vaid ka vesiniku eellugu, tootmisviise ja kasutuskohiti. Näiteks metallurgia näide, selle peale poleks isegi tulnud.*“ Samuti rõhutasid osalejad, et teadmiste jagamine kolleegidega toetas õpitu kinnistumist. O5 kirjeldas: „*Sai natuke oma teadmisi ja kogemusi teistele ka edasi öeldud, mis aitas paremini veel kinnistada seda, mis sai koolitusel.*“ Ka O1 tõi esile, et tema jaoks oli kõige suurem väärtus, viia saadud teadmised oma kolledžisse.

Praktiline valmisolek õpetada. Osalejate hinnangul paranes nende praktiline valmisolek vesinikutehnoloogia õpetamiseks, kuigi teadvustati, et ühepäevane koolitus ei taga

täielikku valmisolekut seadmetega iseseisvaks tööks. Koolitust kirjeldati kui olulist esimest sammu, millele peaks järgnema täiendav praktika. O5 sõnastas seda tasakaalukalt: „*Teooria koha pealt läks asi päris heaks, praktilise koha pealt on natukene, võib-olla on veel vaja harjutada. Aga see oli niisugune hea esimene samm, et üldse teada, mis võimalused praktilise töö õpetamise koha pealt on.*“

O2 kirjeldas oma valmisoleku muutust konkreetselt, rõhutades samas ka jätkuva toe vajadust: „*Valmisolek tahvli ette minna ja rääkida paranes umbes 25–30%. Miks ei paranenud rohkem? Eestikeelset materjali on vähe. Kui saaksin eestikeelse materjali, töötaksin ära, teeksin slaidid, siis valmisolek oleks 80–90%.*“ O4 hindas oma valmisolekut sarnaselt, ühe tunni raames teema tutvustamine on realistlik, kuid eraldi aina õpetamiseks vajaks ta märgatavalt rohkem ettevalmistust. O6 märkis, et valmisolek on paranenud, aga täielikuks iseseisvaks õpetamiseks oleks vaja „*materjali, mille alusel seda asja õpetada.*“ Uurijapäeviku märkmed kinnitasid, et praktiliste tegevuste käigus muutusid osalejad järkjärgult aktiivsemaks ning julgemaks seadmete kasutamisel.

Kindlustunde muutus. Õpetajate tajutud kindlustunne vesinikutehnoloogia õpetamisel suurenes pärast koolitust märgatavalt. Koolitusel osalemine vähendas ebakindlust ning andis osalejatele julguse teemat oma õppetöös käsitleda. O7 rõhutas, et just praktilise kogemuse olemasolu andis kindluse edasi liikuda: „*Kui on juba mingisugune kogemus käes ja mingi praktika olemas, mis on ülioluline, siis kindlasti tuleks seda koolituse seeriat alustada.*“ O4 väljendas sama mõtet lühidalt: „*Koolitus andis julguse seda rohkem teha.*“

Kindlustunde kasv väljendus erinevalt olenevalt osaleja lähteasendist. O2 rõhutas, et hirm uue teema ees kadus: „*Iga uue asjaga niimoodi, alguses inimene kardab, et on liiga raske. Aga kui korra koolituse läbid, saad aru, et keerulist ei ole midagi.*“ O3 kirjeldas kindlustunde kasvu konkreetselt: „*Nüüd ma võin julgelt rääkida ka vesiniku eellugu, mitte ainult vesinikuautot, vaid ka kuidas toodetakse, erinevad viisid, kus lisaks autole kasutatakse.*“ O6 hindas oma teadmisi nüüd „*paremini süstematiseerituks*“ ning O1 rõhutas, et koolitus andis praktilisi võtteid, mida enda õpetamises kasutada. Uurijapäeviku põhjal väljendus see muutus ka osalejate suuremas initsiatiivis ja valmisolekus iseseisvalt katsetada.

Rakendamiskavatsus. Enamik osalejaid kirjeldas konkreetseid kavatsusi vesinikutehnoloogia lõimimiseks oma õppetöösse. Rakendusvõimalused varieerusid erialati, kuid teemat nähti sobivat mitmesse õppeainesse. O4 kirjeldas konkreetset võimalust oma õppekava raames: „*Uutes õppekavades on see tööstuse digitehnoloogia aine, seal on üks valikaine, erinevad energiaallikad, erinevad tootmisviisid, sinna sobiks vesiniku temaatika väga hästi.*“ O7 kirjeldas veelgi laiemat rakendusplaani: „*Meil on seda plaanis lõimida*

erinevate erialade juures, mehhatroonika, elektriala, energeetika valdkond. Oleme isegi õppekavadesse seda sisse kirjutanud.“

Ka teised osalejad kirjeldasid konkreetseid rakendusvõimalusi oma ainetundides. O3 nägi võimalust lõimida vesinikuteemat hübriidajamite valikainesse. O5 mainis, et uutes õppekavades on energiasüsteemide tutvustamine, kuhu vesinikuteema sobiks. O1 nägi võimalust integreerida vesinikuosa olemasolevasse elektriautode valikainesse. Samuti rõhutati kolleegide kaasamise ja institutsionaalse toe olulisust. O3 tõi välja koostöö võimaluse keemiaõpetajaga: *„Kui keemiaõpetajale näidata neid materjale, et see ei oleks lihtsalt kuiv keemia, vaid tuua eriala sisse rohkem.“* O1 rõhutas samuti kollegiaalsuse tähtsust: *„Teeme koostööd, et mitte üksinda Amerikat avastama minna.“*

Järeloküsitluse kirjeldavad andmed toetasid intervjuudes ilmnenud muutusi. Vastustes ilmnas, et pärast koolitust tajusid õpetajad oma valmisolekut vesinikutehnoloogia õpetamiseks varasemast kindlamana. Muutus ilmnas eelkõige valmisoleku kasvu, praktilise tegevuse väärtustamise, suurema kindlustunde ning õpitu rakendamise kavatsuse kaudu. Õpetajad seostasid seda teadmiste selginemise, praktilise kogemuse ja koolitusel kasutatud õppematerjalidega. Seega kinnitasid järeloküsitluse vastused intervjuudes esile tulnud muutust õpetajate teadmistes, kindlustundes ja rakendamiskavatsuses.

4. Arutelu

Magistritöö eesmärk oli kavandada, rakendada ja analüüsida täienduskoolituse mudelit, mis põhineb GreenSkills for H2 materjalidel ning toetab kutseõpetajate valmisoleku kujunemist vesinikutehnoloogia õpetamiseks. Lähtudes töö eesmärgist käsitletakse käesolevas peatükis uurimistulemusi uurimisküsimuste kaupa.

Esimese uurimisküsimuse *„Kuidas hindavad kutseõpetajad oma valmisolekut vesinikutehnoloogia õpetamiseks enne täienduskoolitust?“* tulemused näitasid, et õpetajate valmisolek enne koolitust oli ebaühtlane ja teadmised vesinikutehnoloogiast killustatud. See tulemus on kooskõlas käsitlusega, mille järgi uue ja kompleksse tehnoloogia õpetamine eeldab mitte ainult ainealase teadmise olemasolu, vaid ka selle pedagoogilist ja tehnoloogilist lõimimist õpetamispraktikasse (Koehler & Mishra, 2009). Kui üks komponentidest on nõrk või nendevaheline lõiming puudulik, jääb ka õpetaja valmisolek tervikuna ebakindlaks.

Tulemustest selgus, et eriti tugevalt ilmnas ebakindlus praktilise õpetamise ja ohutuse käsitlemise osas. Seda võib pidada ootuspäraseks, sest vesinikutehnoloogia on oma olemuselt interdistsiplinaarne valdkond, mille õpetamine nõuab teadmiste lõimimist keemiast, füüsikast ja tehnoloogiast ning oskust muuta see õppijale mõistetavaks ja didaktiliselt juhitavaks (Gilbert, 2005; Tynjälä, 2013). Seetõttu ei ole tegemist tavapärase uue teema lisamisega

õppetöösse, vaid sisuliselt uue pädevusvälja omandamisega. Käesoleva uuringu tulemused kinnitavad ka Shulmani (1987) seisukohta, et ainealane teadmine üksi ei taga õpetamisvalmidust, kui puudub ainedidaktiline suutlikkus teha keeruline sisu õppijale arusaadavaks.

Lisaks ilmneseid enne koolitust ka struktuurilised takistused, nagu piiratud aeg, õppekavade koormatus ja sobivate õppevahendite puudumine. See viitab, et õpetajate valmisolekut ei määra ainult individuaalne teadmine või motivatsioon, vaid ka institutsionaalne raamistik, milles õpetamine aset leiab. Seega võib järeldada, et kutseõpetajate madal või ebakindel valmisolek vesinikutehnoloogia õpetamiseks ei olnud seotud üksnes teadmiste nappusega, vaid kujunes ainealaste, pedagoogiliste, tehnoloogiliste ja organisatsiooniliste tegurite koosmõjus.

Teise uurimisküsimuse „*Milline on GreenSkills for H2 materjalidel põhinev vesinikutehnoloogia täienduskoolitus kutseõpetajatele?*“ tulemused näitasid, et koolituse ülesehitus kujunes süsteemseks tervikuks, mis on kooskõlas ADDIE-mudeli loogikaga (Branch, 2009). Koolitus ei piirdunud materjalide tehnilise tutvustamisega, vaid püüdis muuta need pedagoogiliselt mõtestatud töövahendiks (Koehler & Mishra, 2009; Laurillard, 2012). Praktilised tegevused võimaldasid osalejatel kogeda vesinikutehnoloogiat viisil, mis muutis abstraktse sisu konkreetsemaks, haakudes Kolbi (1984) kogemusõppe käsitlusega.

Kolmanda uurimisküsimuse „*Millised koolituse elemendid toetavad kutseõpetajate hinnangul valmisolekut vesinikutehnoloogia õpetamiseks?*“ tulemused näitasid, et koolituse elemendid toetasid TPACK komponentide järk-järgulist kujunemist ja lõimimist. Ainealase teadmise (CK) kujunemist toetas struktureeritud teoreetiline ülevaade, tehnoloogilise teadmise (TK) kasvu praktiline katsetamine õppetendidega ning pedagoogilise teadmise (PK) arengut rühmatöö ja didaktilised arutelud. Eriti selgelt tõusis esile praktilise kogemuse olulisust. Õpetajate hinnangul aitas just võimalus ise katsetada, jälgida protsesse ja arutada nähtut muuta teema vähem abstraktseks ja vähem hirmutavaks. See kinnitab varasemaid seisukohti, mille järgi kutseõppes toimub uute tehnoloogiate omandamine tõhusamalt siis, kui õppimine seotakse aktiivse tegevuse, praktilise katsetamise ja juhendatud kogemusega (Billett, 2011; Illeris, 2018).

Tulemustest ilmneseid ka refleksiooni ja arutelu tähtsus. Praktiline tegevus üksi ei loonud veel valmisolekut, määravaks osutus see, et osalejad said kogetut koos mõtestada ning seostada seda oma õpetamispraktikaga. See on kooskõlas Dewey (1933) ja Boud jt (1985) käsitlustega, mille järgi kogemus muutub õppimiseks alles siis, kui sellele järgneb teadlik refleksioon. Käesoleva uuringu põhjal võib järeldada, et koolituse väärtus ei seisnenud ainult

uue info või vahendite pakkumises, vaid selles, et õpetajatele anti võimalus neid kogemusi läbi arutada, küsimusi esitada ja oma rolli uue teema õpetajana ümber mõtestada.

Oluline tulemus oli ka sotsiaalse õppimise tähtsus. Ühised arutelud ja kogemuste jagamine võimaldasid õpetajatel näha, et ebakindlus uue teema ees ei ole ainult individuaalne probleem, vaid jagatud lähteolukord. See toetas omakorda valmisoleku kujunemist. Selline tulemus haakub Wengeri (1998) praktikakogukonna käsitlusega, mille kohaselt professionaalne õppimine toimub suurel määral koostöises tähenduste loomises. Seetõttu võib väita, et koolituse mõjukus ei tulenenud üksnes õppematerjalidest või õppestendidest, vaid ka sellest, et koolitus lõi ruumi kolleegidevaheliseks professionaalseks dialoogiks. Lisaks ilmnes koolituse käigus hetki, kus osalejad hakkasid ainealast, tehnoloogilist ja pedagoogilist teadmist omavahel seostama. Näiteks mõtestati, kuidas teoreetiline teadmine seostub praktilise katsetamisega ja kuidas seda oma õpetamispraktikas rakendada. See viitab liikumisele TPACK lõimimise suunas (Mishra & Koehler, 2006), mis on käesoleva töö üks keskseid leide.

Neljanda uurimisküsimuse „*Kuidas muutub kutseõpetajate valmisolek vesinikutehnoloogia õpetamiseks pärast täienduskoolitust ning millised on nende kavatsused õpitud rakendada?*“ tulemused näitasid, et koolitus toetas õpetajate valmisolekut mitte ainult informatsiooni tasandil, vaid terviklikumalt.

Teadmiste kasvu kirjeldasid osalejad teema muutumisena arusaadavamaks ja vähem abstraktseks, mis viitab liikumisele TPACK-mudeli suunas, kus ainealane teadmine hakkab lõimuma tehnoloogilise ja pedagoogilise teadmiselega (Mishra & Koehler, 2006).

Tajutud kindlustunde kasv on oluline, sest uute tehnoloogiate kasutuselevõtu peamiseks takistuseks on sageli õpetaja sisemine ebakindlus (Ertmer, 1999). Käesolevas uuringus kasvas kindlustunne eelkõige tänu turvalisele õpikeskkonnale ja praktilisele katsetamisele.

Rakendamiskavatsuse teke on koosõlas andragoogilise lähenemisega, mille järgi täiskasvanud õppija väärtustab õppimist, millel on vahetu seos tema tööga (Knowles, 1984). Koolituse praktiline ja erialaspetsiifiline suunitlus toetas valmisoleku ülekandumist õpetamispraktikasse.

Tulemused osutavad tervikuna sellele, et kutseõpetajate valmisoleku kujunemine vesinikutehnoloogia õpetamiseks ei toimu pelgalt teadmiste edasiandmise kaudu. Oluline on koolituse disain, mis ühendab ainealase sisu, praktilise kogemuse, refleksiooni, kolleegidevahelise õppimise ja turvalise katsetamiskeskonna. Selline järeldus on koosõlas töö teoreetilise raamistikuga, milles TPACK kirjeldab valmisoleku sisulist mõõdet, andragoogika koolituse õppijakeskset loogikat ning ADDIE selle süsteemset ülesehitust

(Branch, 2009; Knowles, 1984; Mishra & Koehler, 2006). Tulemused viitavad ka sellele, et õpetajate valmisoleku kujunemine on pidev protsess, mitte ühekordse koolituse tulemus.

Kuigi koolitus toetas õpetajate teadmiste, kindlustunde ja rakendamiskavatsuse kujunemist, ilmses analüüsi põhjal ka see, et ühe lühiajalise täienduskoolituse raames ei ole võimalik kujundada täielikku ja jätkusuutlikku valmisolekut nii kompleksse ja interdistsiplinaarse teema õpetamiseks nagu vesinikutehnoloogia. Eriti tuli esile õpetajate erinev lähtepositsioon, mis tähendas, et osa osalejate jaoks oli koolitus pigem sissejuhatav, samas kui teised oleksid vajanud enam süvenemist didaktilistesse rakendusvõimalustesse. Samuti mõjutas valmisoleku kujunemist koolituse ajamaht, mis piiras võimalusi teadmiste sügavamaks kinnistamiseks ja rakendamiseks.

Saadud tulemuste alusel võib järeldada, et käesolevat koolitusmudelit ei saa käsitleda lõpliku lahendusena, vaid pigem esimese arendustsükli, mida tuleks edaspidi täiendada pikemaajaliste ja diferentseeritud koolituslahendustega.

Magistritöö piiranguna tuleb siiski arvestada, et tegemist oli ühe arendusuuringu tsükliga ning tulemused põhinevad suurel määral õpetajate enesehinnangutel, küsitlustel, uurijapäevikul ja intervjuudel. Seetõttu ei võimalda uuring teha lõplikke järeldusi selle kohta, mil määral realiseerub tajutud valmisoleku kasv tegelikus pikaajalises õpetamispraktikas. Samuti võis tulemusi mõjutada uurija mitmekordne roll koolituse läbiviija, andmekoguja ning andmete analüüsija ja tõlgendajana, mis võis soodustada sotsiaalselt soovitatavate vastuste andmist. Samas on selline lähenemine arendusuuringule iseloomulik, kuna selle eesmärk ei ole üksnes nähtuse kirjeldamine, vaid ka praktikasse sekkumine ja lahenduse arendamine autentsetes kontekstis (McKenney & Reeves, 2012).

Käesoleva töö praktiline väärtus seisneb selles, et uurimus pakub esmase tõenduspõhise ja praktiliselt rakendatava mudeli, kuidas vesinikutehnoloogia õpet toetavat täienduskoolitust kutseõpetajatele kavandada. Tulemused viitavad, et sellise koolituse tulemuslikkuse eelduseks ei ole ainult kvaliteetsed õppematerjalid, vaid nende kasutamine pedagoogiliselt läbimõeldud, praktilise ja reflektiivse õpikäsituse raames. Edasised uuringud võiksid keskenduda sellele, kuidas koolitusel kujunenud valmisolek kandub üle reaalsesse õpetamispraktikasse, millised tegurid seda toetavad või takistavad ning kuidas oleks võimalik koolitusmudelit järgmistes arendustsüklites edasi täiustada.

Tänuõnad

Südamest tänan oma juhendajaid Diana Ellerit ja Arne Küüti toetuse, suunamise ja väärtusliku tagasiside eest magistritöö valmimisel. Tänan õppejõude, seminarijuhte, kaaskodeerijat ning kõiki, kes oma kommentaaride ja soovustega aitasid tõsta töö kvaliteeti. Eriline tänu

kutseõpetajatele, kelle panus koolitusel, küsitlustes ja intervjuudes oli uurimuse teostamisel määrava tähtsusega. Samuti tänan oma pere, kolleege, sõpru ja lähedasi toetuse, kannatlikkuse ja innustuse eest.

Autorluse kinnitus

Kinnitan, et olen koostanud käesoleva magistritöö iseseisvalt. Kõik töös kasutatud teiste autorite seisukohad, uurimistulemused ja andmed on nõuetekohaselt viidatud. Magistritöö on koostatud kooskõlas Tartu Ülikooli Haridusteaduste Instituudi lõputöö nõuete ning heade akadeemiliste tavadega.

Ismail Mirzojev

Kasutatud kirjandus

- Beilmann, M., & Rämmer, A. (2025). *Valimi moodustamine*. Tartu Ülikool.
<https://samm.ut.ee/valimi-moodustamine/>
- Biggs, J., & Tang, C. (2011). *Teaching for quality learning at university* (4th ed.). Open University Press.
- Billett, S. (2011). *Vocational education: Purposes, traditions and prospects*. Springer.
- Boud, D., Keogh, R., & Walker, D. (1985). *Reflection: Turning experience into learning*. Kogan Page.
- Branch, R. M. (2009). *Instructional design: The ADDIE approach*. Springer.
- CEDEFOP. (2020). *Skills for green jobs: European synthesis report 2020*. Publications Office of the European Union. <https://www.cedefop.europa.eu/en/publications/3078>
- CEDEFOP. (2023). *Skills in transition: The way to 2035*. Publications Office of the European Union.
- Cohen, L., Manion, L., & Morrison, K. (2018). *Research methods in education* (8th ed.). Routledge.
- Creswell, J. W., & Miller, D. L. (2000). Determining validity in qualitative inquiry. *Theory Into Practice*, 39(3), 124–130.
- de Jong, T., Linn, M. C., & Zacharia, Z. C. (2013). Physical and virtual laboratories in science and engineering education. *Science*, 340(6130), 305–308.
- Denzin, N. K. (1978). *The research act: A theoretical introduction to sociological methods* (2nd ed.). McGraw-Hill.
- Denzin, N. K., & Lincoln, Y. S. (2011). *The SAGE handbook of qualitative research* (4th ed.). SAGE.

- Desimone, L. M. (2009). Improving impact studies of teachers' professional development: Toward better conceptualizations and measures. *Educational Researcher*, 38(3), 181–199.
- Dewey, J. (1933). *How we think: A restatement of the relation of reflective thinking to the educative process*. D. C. Heath & Co.
- Elo, S., & Kyngäs, H. (2008). The qualitative content analysis process. *Journal of Advanced Nursing*, 62(1), 107–115.
- Ertmer, P. A. (1999). Addressing first- and second-order barriers to change: Strategies for technology integration. *Educational Technology Research and Development*, 47(4), 47–61.
- European Commission. (2019). *The European Green Deal* (COM(2019) 640 final). https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:b828d165-1c22-11ea-8c1f-01aa75ed71a1.0002.02/DOC_1&format=PDF
- European Commission. (2020). *A hydrogen strategy for a climate-neutral Europe* (COM(2020) 301 final). https://energy.ec.europa.eu/system/files/2020-07/hydrogen_strategy_0.pdf
- European Commission. (2021). *Fit for 55: Delivering the EU's 2030 climate target on the way to climate neutrality* (COM(2021) 550 final). <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/?uri=CELEX:52021DC0550>
- European Commission. (2022). *Skills for the clean energy transition*. Publications Office of the European Union.
- Fullan, M. (2007). *The new meaning of educational change* (4th ed.). Teachers College Press.
- Garrison, D. R., & Kanuka, H. (2004). Blended learning: Uncovering its transformative potential in higher education. *The Internet and Higher Education*, 7(2), 95–105.
- Gessler, M., & Howe, F. (2015). From the reality of work to grounded work-based learning in German vocational education and training: Background, concept and tools. *International Journal for Research in Vocational Education and Training*, 2(3), 214–238.
- Gilbert, J. K. (2005). Visualization: A metacognitive skill in science and science education. In J. K. Gilbert (Ed.), *Visualization in science education* (pp. 9–27). Springer.
- Gøtz, P. (2023). *Hydrogen game*. Green Skills for H2. <https://greenskillsforhydrogen.eu/>
- GreenSkills for H2. (2022). *Identify occupational profiles and urgent skills needs* (Deliverable T2.1). <https://greenskillsforhydrogen.eu/wp-content/uploads/2023/04/Final-deliverable-T2.1.pdf>

- GreenSkills for H2. (2023). *European hydrogen skills strategy* (Deliverable D2.2).
<https://greenskillsforhydrogen.eu/wp-content/uploads/2023/11/D2.2-Skills-Strategy-02-11-2023.pdf>
- GreenSkills for H2. (2024). *Hydrogen Skills Core VET Curriculum* (Deliverable D3.1).
<https://greenskillsforhydrogen.eu/wp-content/uploads/2024/03/D3.1-Green-Skills-for-Hydrogen-Hydrogen-Skills-Core-VET-Curriculum.pdf>
- Guskey, T. R. (2002). Professional development and teacher change. *Teachers and Teaching*, 8(3), 381–391.
- Hecklau, F., Galeitzke, M., Flachs, S., & Kohl, H. (2016). Holistic approach for human resource management in Industry 4.0. *Procedia CIRP*, 54, 1–6.
- Illeris, K. (2018). *Contemporary theories of learning* (2nd ed.). Routledge.
- IPCC. (2021). *Climate change 2021: The physical science basis*. Cambridge University Press.
<https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/>
- Keskonnaministeerium. (2023). *Eesti vesiniku teekaart*.
<https://kliimaministeerium.ee/media/9265/download>
- Knowles, M. S. (1975). *Self-directed learning: A guide for learners and teachers*. Association Press.
- Knowles, M. S. (1984). *Andragogy in action: Applying modern principles of adult learning*. Jossey-Bass.
- Knowles, M. S., Holton, E. F., III, & Swanson, R. A. (2015). *The adult learner: The definitive classic in adult education and human resource development* (8th ed.). Routledge.
- Koehler, M. J., & Mishra, P. (2009). What is technological pedagogical content knowledge? *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education*, 9(1), 60–70.
- Kolb, D. A. (1984). *Experiential learning: Experience as the source of learning and development*. Prentice-Hall.
- Kvale, S., & Brinkmann, S. (2009). *InterViews: Learning the craft of qualitative research interviewing* (2nd ed.). SAGE.
- Laherand, M.-L. (2008). *Kvalitatiivne uurimisviis*. Infotrükk.
- Laurillard, D. (2012). *Teaching as a design science: Building pedagogical patterns for learning and technology*. Routledge.
- Lincoln, Y. S., & Guba, E. G. (1985). *Naturalistic inquiry*. SAGE.
- Lucas, B., Spencer, E., & Claxton, G. (2012). *How to teach vocational education: A theory of vocational pedagogy*. City & Guilds Centre for Skills Development.
- Mayer, R. E. (2009). *Multimedia learning* (2nd ed.). Cambridge University Press.
- McKenney, S., & Reeves, T. C. (2012). *Conducting educational design research*. Routledge.

- Mishra, P., & Koehler, M. J. (2006). Technological pedagogical content knowledge: A framework for teacher knowledge. *Teachers College Record, 108*(6), 1017–1054.
- Niglas, K. (2015). Arendusuuring ja disainipõhine uurimine hariduse kontekstis. E. Poom-Valickis & K. Krull (Toim.), *Õpetajate professionaalne areng ja selle toetamine* (lk 95–114). Eesti Ülikoolide Kirjastus.
- OECD. (2020). *OECD Learning Compass 2030*. OECD Publishing.
<https://www.oecd.org/education/2030-project/>
- Olev, A., & Alumäe, T. (2022). Estonian speech recognition and transcription. TTÜ kõnetuvastus. <https://tekstiks.ee>
- OSKA. (2021). *Tööjõu- ja oskuste vajaduse prognoos: Tehnika, tootmine ja ehitus*. SA Kutsekoda.
- Patton, M. Q. (2015). *Qualitative research & evaluation methods* (4th ed.). SAGE.
- Rutten, N., van Joolingen, W. R., & van der Veen, J. T. (2012). The learning effects of computer simulations in science education. *Computers & Education, 58*(1), 136–153.
- Shulman, L. S. (1987). Knowledge and teaching: Foundations of the new reform. *Harvard Educational Review, 57*(1), 1–23.
- Tynjälä, P. (2013). Toward a 3-P model of workplace learning: A literature review. *Vocations and Learning, 6*(1), 11–36.
- UNESCO-UNEVOC. (2022). *Skills development for the green transition*. UNESCO.
<https://unevoc.unesco.org/home/Skills+for+the+Green+Transition>
- Van den Akker, J., Gravemeijer, K., McKenney, S., & Nieveen, N. (Eds.). (2006). *Educational design research*. Routledge.
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes*. Harvard University Press.
- Wenger, E. (1998). *Communities of practice: Learning, meaning, and identity*. Cambridge University Press.
- Wood, D., Bruner, J. S., & Ross, G. (1976). The role of tutoring in problem solving. *Journal of Child Psychology and Psychiatry, 17*(2), 89–100.

Lisa 2. Eelküsitlus

Eelküsitlus: Vesinikutehnoloogia õpetamise valmisolek ja ootused

Käesolev eelküsitlus on osa Tartu Ülikooli Haridusteaduste Instituudi magistrirõõset, mille eesmärk on analüüsida tehnikaerialade õpetajate valmisolekut ja ootusi vesinikutehnoloogia õpetamiseks ning arendada selle põhjal täienduskoolituse mudelit.

Küsitluse eesmärk on:

- kaardistada osalejate taust ja varasem kokkupuude vesinikutehnoloogiaga;
- selgitada ootused ja koolitusvajadused;
- koguda sisendit koolituse sisu ja meetoodika arendamiseks.

Avatud küsimuste vastuseid analüüsitakse kvalitatilise sisuanalüüsi meetodil. Suletud küsimuste vastuseid kasutatakse kirjeldiva ülevaate andmiseks koolituse disaini kujundamisel. Täpsemusi esitatakse üldistatud ja anonüümset kujul. Vajadusel võidakse magistrirõõs kasutada üksikuid tsitaate, mis ei võimalda vastajat tuvastada.

Osalamine on vabatahtlik ning vastuseid käsitatakse konfidentsiaalselt. Andmeid kasutatakse üksnes teaduslikel eesmärkidel ning säilitatakse magistrirõõs valmimiseni.

Küsitluse täitmine võtab ligikaudu 7–10 minutit.

Lüütingu läbiviija:
Ismat Mirzoev
Tartu Ülikool, Haridusteaduste Instituut

* Indicates required question

Millises valdkonnas sa peamiselt õpetad? *

Autotehnika / transporditehnika

Mehhatronika / automaatika

Elektriala

Soojusenergeetika / külmasaadmed

Tootmistehnika / metallrõõ

Other: _____

Kui pikk on sinu õpetajakogemus kutsehariduses? *

0–2 aastat

3–5 aastat

6–10 aastat

11–20 aastat

Üle 20 aasta

Milline on sinu senine kokkupuude vesinikutehnoloogiaga? *

Olen õppinud/õmandanud teemat koolitusel või kursusel

Olen kokku puutunud tööalaselt/praktikas (töökoht, ettevõtte, projekt)

Olen teemaga kokku puutunud iseseisvalt (lugemine, videod, veebikursused)

Olen vesinikuteemat juba õpetanud

Minu kokkupuude on minimaalne / puudub

Hinda oma teadmiste taset järgmistes vesinikutehnoloogia valdkondades: *

(Likerti skaala 1–5: 1 = puuduvad teadmised, 5 = väga hea / ekspertiis)

	1	2	3	4	5
Vesiniku põhiomadused ja riskid	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Vesiniku tootmise põhimõtted (nt elektrolyüs)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Vesiniku salvestamine ja transport	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Vesiniku süsteemide ohutus (riskid, ennetus, protseduurid)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Vesiniku kasutus transpordis / tööstuses (nt kütuseelement)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Kui kindlalt tunned end praegu vesinikutehnoloogia õpetamisel kutseõppes? *

Väga ebakindlalt

Pigem ebakindlalt

Neutraalne

Pigem kindlalt

Väga kindlalt

Palun hinda järgmisi väiteid, mis puudutavad sinu valmisolekut vesinikutehnoloogia õpetamiseks.

(Likerti skaala 1–5: 1 = ei nõustu, 5 = täiesti nõustun)

	1	2	3	4	5
Suudan selgitada vesiniku põhi kontseptsioone õppijale arusaadavalt.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Suudan valida sobivad õppemeetodeid keeruka ja abstraktse teema õpetamiseks.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Suudan juhtida ohutust käsitlevat arutelu ja rõhutada riskiteadlikkust.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Suudan siduda vesinikutehnoloogia teooria praktiliste tööülesannetega.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Tunnen, et suudan kasutada digitaalseid vahendeid (nt simulatsioone) vesinikuteema õpetamiseks.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Mis on sinu hinnangul suurim takistus vesinikutehnoloogia õpetamisel sinu puhtal? (vali kuni 2 peamist)

Ainesisu keerukus / vähene teadmistepagas

Ohutus ja riskid (mure, kuidas turvaliselt õpetada)

Puudub taristu/labor/seadmed

Puudub sobiv õppematerjal / meetoodika

Ajanappus / õppekava maht

Digivahendite kasutamise ebakindlus

Muu: _____

Kui sageli kasutad õpetajana õpetoos digitaalseid õppematerjale või õppesimulaatoreid? *

Igapäevaselt

Mõned korrad nädalas

Mõned korrad kuus

Harva (üksikud korrad aastas)

Ei ole kasutanud / kogemus puudub

Kui kindlalt tunned end järgmistest tegevustest? *

(Likerti skaala 1–5: 1 = üldse mitte kindlalt, 5 = väga kindlalt)

	1	2	3	4	5
digikeskkonda sisenedamine ja kontode haldamine	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
õppematerjali loomine tunniplaani/ õpitegevusse	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
õppijate juhendamine digikeskkonnas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
arutelu ja refleksiooni juhtimine pärast simulatsiooni/harjutust	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
tehnilliste tõrgete lahendamise (baastasemel)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Millised on sinu ootused koolitusele? *

(vali kuni 3)

Selge arusaam vesiniku põhimõtetest ja ohutusest

Praktilised ideed, kuidas vesinikuteemat õpetada kutseõppes

Kogemus GreenSkills for H2 materjalide kasutamisel

Näited ülesannetest / tunnikavast / õppetenaariumidest

Kindluse ja julguse kasv vesinikuteema õpetamisel

Võrgustumine ja kogemuste vahetamine teiste õpetajatega

Other: _____

Mis oleks sinu jaoks koolituse lõpuks kõige väärtuslikum tulemus?

Your answer: _____

Lisa 3. Koolituse päevakava

Co-funded by
the European Union

Erasmus+ Program,

Green Skills for H2 - The European Hydrogen Skills AllianceTäienduskoolitus: Vesinikutehnoloogia õpetamine tehnoloogiaerialadel19. veebruar 2026, Tartu, EstoniaKoht: Põllu 11 A, Tartu (Inseneriakadeemia, Tartu VOCO) Ruum nr. A209

AEG	SESSIOON JA EESMÄRGID	LÄBIVIIVA
09:30 – 10:00	<u>Kogunemine VOCO-s. Aadress: Põllu 11, Tartu, ruum nr A209, tervituskohv</u>	VOCO
10:00 – 10:15	<u>Koolituse avamine, tervitus Tartu VOCO meeskonnalt ja koolituseesmärkide tutvustus</u>	Arne Küüt Ismail Mirzojev
10:15 – 12:00	<u>Loeng: Vesinikutehnoloogiate alused + Hydrogen game</u>	Keio Küüt Ismail Mirzojev
12:00 – 12:45	<u>Lõunapaus</u>	VOCO
12:45 – 14:15	<u>Praktiline osa I: Simulatsioonide ja digimaterjalide kasutamine Energy Box + Hydrogen stand + Green Skills for H2 materjalid</u>	Keio Küüt Ismail Mirzojev
14:15 – 15:00	<u>Praktiline osa II - Arutelu: kuidas lõimida vesinikuteema oma erialal</u>	Ismail Mirzojev
15:00 – 15:30	<u>Refleksioon ja kokkuvõte, võrgustumine+ kohvi</u>	VOCO

Kontaktisik:

Ismail Mirzojev|
Tartu VOCO õppekoordinaator
Ismail.mirzojev@voco.ee
+37258489999

Lisa 4. Järeloküsitlus

Järeloküsitlus: Kogemus ja tajutud muutus pärast koolitust (Vesinikutehnoloogia õpetamine tehnoloogiaerialadel)

Käesolev järeloküsitlus on osa Tartu Ülikooli Haridusteaduste Instituudi magistrirühmast, mille eesmärk on uurida, kuidas vesinikutehnoloogia-ala koolitus on mõjutanud tehnikaerialade õpetajate arusaamu, kindlust ja pedagoogilist ja didaktilist valmisolekut teemat oma õppetöös rakendada. Küsitluse tulemusi kasutatakse täienduskoolituse mudeli ning õppematerjalide edasiseks arendamiseks.

Küsitluse eesmärk on:

- hinnata õpetajate tajutud muutust teadmistes, kindlustundes ja õpetamisvõimekuses pärast koolitust;
- selgitada, millised koolituse elemendid toetasid õppimist ja aitasid kaasa teema didaktilisele mõtestamisele;
- kaardistada võimalused ja takistused vesinikutehnoloogia lõimimiseks olemasolevasse õppepraktikasse;
- koguda tagasisidet koolituse sisu, metoodika ja tugimaterjalide edasiarendamiseks.

Avatud küsimuste vastuseid analüüsitakse kvalitatiivse sisuanalüüsi meetodil, et mõista õpetajate kogemusi ja rakendamise viise. Suletud küsimuste vastuseid kasutatakse kirjeldava ülevaate saamiseks koolituse mõjust õpetamisvalmidusele. Tulemusi esitatakse üldistatud ja anonüümisel kujul. Vajadusel võidakse kasutada üksikuid tsitaate viisil, mis ei võimalda vastajat tuvastada.

Osalemine on vabatahtlik ning vastuseid käsitatakse konfidentsiaalselt. Andmeid kasutatakse üksnes teaduslikel eesmärkidel ning säilitatakse magistrirühma liikumiseni.

Küsitluse täitmine võtab ligikaudu 5–7 minutit.

Uuringu läbiviija:
Ismail Mirzajev
Tartu Ülikool, Haridusteaduste Instituut

* Indicates required question

Mis on sinu jaoks kõige olulisem muutus võrreldes olukorraga enne koolitust? *

Your answer

Millised koolituse elemendid toetasid sinu õppimist ja kindlustunde kasvu kõige enam? *

- Praktiline töö simulatsioonide või näidslahendustega
- Teoreetilised selgitused ja ohutuse käsitamine
- Didaktilised arutelud ja näited õpetamisest
- Kogemuste vahetamine teiste õpetajatega
- Koolituse ülesehitus (tempo, loogika, vaheldus)
- Other: _____

Mis on sinu jaoks endiselt ebaselge või vajab täiendavat tuge? *

Your answer

Kuidas hindad oma valmisoleku muutust võrreldes koolituse-eelse ajaga? *

- ei muutunud
- vähesel määral
- mõeldukalt
- märgatavalt
- väga palju

Sinu valmisolek vesinikutehnoloogia õpetamiseks pärast koolitust *

	ei nõustu üldse	pigem ei nõustu	ei oska öelda	pigem nõustun	täiesti nõustun
Mul on piisav arusaam vesinikutehnoloogia põhimõtetest.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Oskan siduda vesinikutehnoloogia teemasid oma erialaga.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Tunnen end kindlalt selle teema käsitlemisel õppetöös.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Mul on ideid praktiliste näidete või ülesannete kasutamiseks.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Näen võimalusi lõimida see teema olemasolevasse õppetöösse.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Mõistan paremini, kuidas seda teemat didaktiliselt õpetada.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Pean vesinikutehnoloogia õpetamist oma töös realistlikuks.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Kui kindlalt tunned end vesinikutehnoloogia teemade käsitlemisel oma õpetamises pärast koolitust? *

- väga ebakindlalt
- pigem ebakindlalt
- ei oska öelda
- pigem kindlalt
- väga kindlalt

Rakendamise takistused oma koolis *

- Ajanappus õppekavas
- Sobivate õppetegevuste kavandamine võtab lisatööd
- Taristu või tehniliste vahendite piirangud
- Teema sidumine olemasolevate õpilajunditega vajab täpsustamist
- Juhtkonna või kolleegide tugi
- Enda vähene kogemus teemaga
- Ei näe olulisi takistusi
- Other: _____

Kui tõenäoline on, et kasutad õpitut materjale või lähenemist lähikuudel oma õpetamises? *

- Väga ebatõenäoline
- Pigem ebatõenäoline
- Ei oska öelda
- Pigem tõenäoline
- Väga tõenäoline

Kuidas plaanid õpitut praktikas kasutada? *
(nt millises aines, teemas või moodulis)

Your answer

Millises vormis näed kõige realistlikumat kasutust? *

- Teoreetiline käsitlus tunnis
- Probleemülesanded või juhtumianalüüs
- Simulatsioon või digitaalne õpitegevus
- Demonstratsioon või näidslahendus
- Praktiline töö
- Õppijate iseseisev töö
- Other: _____

Mida peaks koolituse või õppematerjalide juures muutma või lisama, et nende kasutamine oleks sinu jaoks lihtsam? *

Your answer

Lisa 5. Järeloküsitluse kiri

Täname osalemise eest täiendkoolitusel 

Ismail Mirzajev <ismail.mirzajev@voco.ee>
to [redacted]

 Sun 22 Feb, 08:00   

Lugupeetud, [redacted]

Täname Teid osalemise eest täiendkoolitusel „Vesinikutehnoloogia õpetamine tehnoloogiaerialadel“. Teie aktiivne panus aruteludesse ja praktilistesse tegevustesse rikastas koolituse sisu ning aitas kaasa vesinikutehnoloogia teadlikule ja süsteemsele lõimimisele kutseõppesse.

Käesolevaga edastame Teile koolituse tunnistuse, mis on lisatud manusena.


Palume Teil võtta mõni minut, et anda koolituse kohta tagasisidet. Teie arvamus on meile väga oluline, et saaksime koolituse sisu, meetodikat ja korraldust edaspidi veelgi arendada.

Tagasisidevorm on kättesaadav siin:
[KÜSITLUS](#)

Täname Teid veel kord koostöö ja pühendumuse eest vesinikutehnoloogia valdkonna arendamisel.

Lugupidamisega

Lisa 6. Intervjuu kutse

Intervjuus osalemise kutse magistritöö raames External  Inbox 

Ismail Mirzojev <ismail.mirzojev@voco.ee>

to

Tue 3 Mar, 15:41   

Tere,

Täna Teid veelkord osalemise eest vesinikutehnoloogia täienduskoolitusel.

Magistritöö raames viin läbi poolstruktureeritud intervjuud, mille eesmärk on süvendada arusaama õpetajate kogemusest ning tajutud muutustest vesinikutehnoloogia õpetamisel pärast koolitusel osalemist. Intervjuu kestab orienteeruvalt 30–45 minutit ning seda võimalik läbi viia veebis (Teamsi vahendusel).

Oleksin väga tänulik, kui leiaksite võimaluse intervjuus osalemiseks. Palun andke teada, millised ajavahemikud Teile lähinädalatel sobiksid, et saaksime kokku leppida sobiva aja.

Kinnitan, et intervjuu käigus kogutud andmeid kasutatakse üksnes teaduslikul eesmärgil ning tulemusi esitatakse anonüümselt.

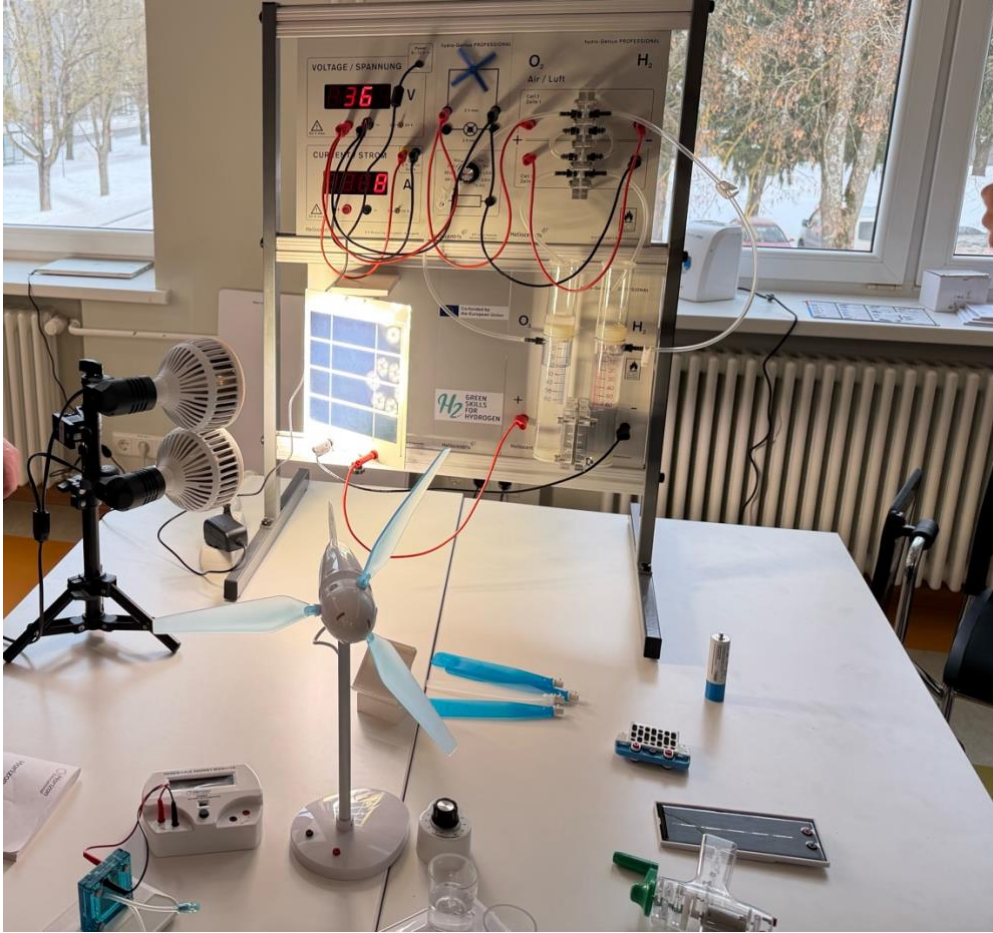
Ette tänades

Ismail Mirzojev

Lisa 7. Vesinikumäng (hydrogen game)



Lisa 8. Vesinikutehnoloogia õppetendid



Lisa 9. Green Skills for H2 platform

HOME THE ALLIANCE NEWS EVENTS OUTCOMES MEMBERS AREA MY ACCOUNT

Resources

Online

- Hydrogen: Key Concepts and Use in Green Technologies
- Video Lectures Series
- Lab series

Learning Tools


- Hydrogen Game**

Trainings in Europe

- Bulgaria
- Denmark
- France
- Greece
- The Netherlands

Share

Facebook, Twitter, LinkedIn, WhatsApp, Email



The Hydrogen Game

The Hydrogen Game consists of:

- A set of game descriptions that teachers can change and adapt to their settings
- A set of icons relevant to the hydrogen and energy value chain
- A set of boards

All in standard file formats that can be downloaded and used in analogue and digital/online teaching with and without great budgets.

This game invites you to try to make a visual map of the energy value chain and the role hydrogen plays in it.

The purpose is to have conversations on hydrogen based on the player's current knowledge of hydrogen, regardless of whether it's correct or not. Players may experience difficulties in agreeing on what is correct, but this is a part of the game, allowing for learning through communication.

Watch the following video where Pernille Gotz, the inventor of The Hydrogen Game, explains how to use this educational tool.



H₂ How to play the Hydrogen Game?
Green Skills for Hydrogen
How: Small class
Whiteboard, icons printed as magnets, drawing.

GREEN SKILLS FOR HYDROGEN | Pernille Getz, DTU Energy, e-mail: pergo@dtu.dk | Watch on YouTube

Download all the materials below:

1	Teacher instructions for the Hydrogen Game	(Word file)
	Teacher instructions for the Hydrogen Game PDF	(PDF file)
2	Teacher slides for the Hydrogen Game	(PPTX file)
3	HANDOUT PernilleGoetz webinar Hydrogen Game	(PDF file)
4	Video introduction for teachers	(YouTube link)
5	Game icons PDF green	(PDF file)

VET Curriculums

The Green Skills for Hydrogen project has developed and is rolling out three **Core VET training programmes** aligned with market needs and EU qualification frameworks, fostering both green and digital skills to build a highly skilled hydrogen workforce across Europe.

This structure guarantees maximum flexibility, allowing you to deliver modular and transferable training.

Your trainees will gain the precise skills needed for both upskilling and reskilling, enabling them to confidently jump into any role across the hydrogen value chain throughout the EU.

Click below to access all the materials and start preparing the next generation of hydrogen professionals!



Curriculum 1

Introduction to Hydrogen

A foundational course offering a comprehensive overview of hydrogen technologies, value chains, applications, and their role in the energy transition.
Target audience: Managers, Public Administration, Legislators.

Target audience

- Managers



Curriculum 2

Hydrogen for Technical Profiles

A specialised programme aimed at technicians and professionals working directly with hydrogen systems, focusing on design, installation, operation, and efficiency.

Target audience

- Engineers and technical professionals



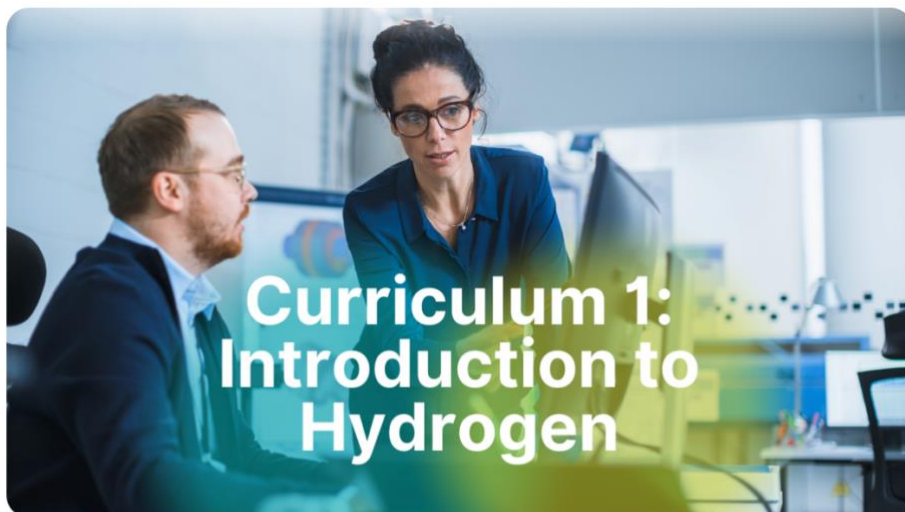
Curriculum 3

Hydrogen Skills for Safety and Maintenance Operators

An advanced course addressing the critical competencies required for the safe handling, maintenance, and monitoring of hydrogen systems and infrastructures.

Target audience

- Technical professionals working in installation, operation, and maintenance.



To inspire new and experienced hydrogen trainers, we have developed a broad selection of educational material targeted at learning objectives in Curriculum 1. The material can be used directly or adjusted to your context. Just make sure to credit the project and the authors of the material.

Target audience:

This Curriculum is designed for non-technical hydrogen workers who are professionals in non-engineering roles that require gaining knowledge about the hydrogen economy and value chain (decision makers, managers, public administration, legislators, etc.).

Objectives:

Its objective is to provide the learner with a comprehensive introduction to the entire hydrogen value chain, from the main properties of the molecule to hydrogen technologies and applications, including elements on hydrogen economics, regulations, and initiatives. At the end of the course, the learner will gain a baseline knowledge of the hydrogen value chain.

OVERVIEW

Hydrogen VET curriculum 1 overview:
Learning objectives, educational resources, and suggested readings (PDF file)

MODULE 1: Hydrogen basics

- Lecture on Hydrogen basics (PPTX file)
- Lecture on Hydrogen basics (PDF file)
- Teaching guide on Hydrogen basics (PDF file)
- Explaining the Hydrogen Phase Diagram activity (DOCX File)
- Exploring European Hydrogen Regulations activity (DOCX File)
- Discussing an application framework on the production of hydrogen in terms of technology and environmental impact activity (DOCX File)
- Exploring Hydrogen as an Energy Carrier activity (DOCX File)

MODULE 2: Hydrogen technologies

- Lecture on Hydrogen technologies (PPTX file)
- Lecture on Hydrogen technologies (PDF file)
- Teaching guide on Hydrogen technologies (PDF file)
- Electrolyzer Technology activity (DOCX File)
- Storage and Transport of Hydrogen activity (DOCX File)
- Fuel cells Technology activity (DOCX File)

Green Hydrogen for decarbonization and energy transition

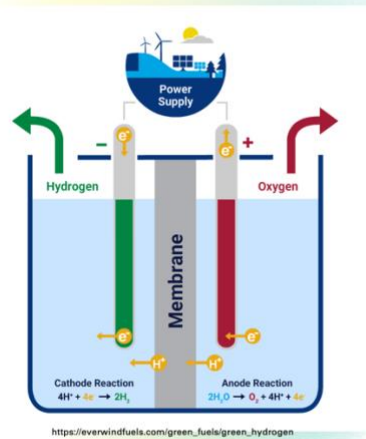
Green Hydrogen

Water electrolysis is currently a mature technology applied in several industrial applications.

The main advantage of this method is that the used electricity has the potential to be generated with renewable energy that can come from low-carbon or even carbon-free methods.



HYDROGEN BASICS



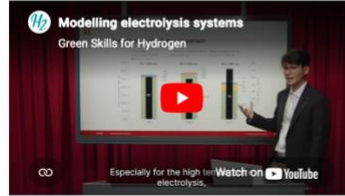
Video Lectures Series

With the Green Skills for Hydrogen Lectures series, you get the most important and the newest knowledge on hydrogen. Selected researchers and practitioners in the field of hydrogen present their results and experiences to teach and inspire others interested in the hydrogen sector.



Introduction to Hydrogen

In this video lecture **Arash Nemati** from the Technical University of Denmark introduces the research questions and the results of a project at DTU Energy on ammonia fuelled solid oxide fuel cells and the modelling used to perform this study.



Modelling electrolysis systems

In this video lecture **Rafael Nogueira Nakashima** from the Technical University of Denmark introduces you to important aspects to consider when modelling electrolysis systems.



Introduction to electrochemistry

In this video lecture **Anastasiia Konovalova** from the Technical University of Denmark introduces you to electrochemistry focusing on the history of the electrochemical science, applications today, and the pillars of electrochemistry.



Introduction to electrochemical fundamentals

In this video lecture **Anastasiia Konovalova** from the Technical University of Denmark introduces you to the fundamentals of electrochemistry, focusing on the core definitions, examples of chemical reactions, and the pillars: thermodynamics, kinetics, and



Lisa 10. Väljavõte uurijapäevikust**10.01.2026 Koolituse disaini väljatöötamine**

Alustasin koolituse detailset kavandamist ADDIE mudeli etappide järgi. Lähtusin teadlikult sellest, et koolitus peab sisaldama erinevaid õppimise tasandeid: ainealaste teadmiste omandamine (CK), kogemuslik õppimine seadmetega (TK/TPK) ning didaktiline refleksioon ja rakendamiseideed (PK). Koolituse ajakava kujunes kolmeosaliseks, kus teoreetiline sissejuhatus vaheldus praktilise katsetamise ja ühise aruteluga. Planeerimise käigus tekkis küsimus, kas osalejad suudavad ühe päeva jooksul liikuda teadmistest rakendamiseni. Otsustasin, et koolituse eesmärk ei pea olema täieliku valmisoleku loomine, vaid muutuse käivitamine ja kindlustunde kasvatamine.

***Uurija refleksioon:** Kava kooskõlastasin juhendajatega, mis andis täiendavat kindlust disainiotsuste osas. Samas teadvustasin, et koolitaja ja uurija rolli samaaegne täitmine eeldab eriti hoolikat tasakaalu koolituse läbiviimisel pean jääma avatuks ka kriitilistele tagasisidele, mitte otsima ainult kinnitust oma disainiotsustele.*

10.02.2026 Eelküsitlus ja ootuste kaardistamine

Eelküsitlusele vastas 11 kutseõpetajat. Tulemused kinnitasid, et enamik osalejaid on vesinikutehnoloogiast küll kuulnud, kuid neil puudub sügavam arusaam teemast ning nad ei tunne end valmis seda õpetama. Ebakindlus ilmnes eriti kolmes aspektis: kuidas vesinikutehnoloogia tegelikult töötab, kuidas seda didaktiliselt käsitleda ning kust leida sobivaid õppematerjale. TPACK komponentidega seotud enesehinnangud jäid valdavalt alla 2,5 punkti 5-pallisel skaalal, mis viitas madalale ainealasele, pedagoogilisele ja tehnoloogilisele valmisolekule vesinikutehnoloogia õpetamise kontekstis.

***Uurija refleksioon:** Eelküsitluse tulemused olid ootuspärased, kuid andsid olulise empiirilise kinnituse koolituse rõhuasetuste valimiseks. Kasutasin tulemusi ka koolituse avaplenaaril, et aidata osalejatel teadvustada oma lähteseisundit. See otsus oli teadlik, soovisin, et koolitus algaks eneserefleksioonist, mitte loengust.*

19.02.2026 Koolituse läbiviimine ja märkmed

Koolituspäev toimus Tartu Rakenduslikus Kolledžis, osales 15 kutseõpetajat. Vaatluse käigus fikseerisin osalejate aktiivsuse, esitatud küsimused ja interaktsiooni dünaamika muutused koolituse erinevates faasides. Teoreetilise osa ajal olid osalejad tähelepanelikud, kuid pigem passiivsed. Küsimusi esitati vähe ning arutellusse sekkumine oli minimaalne, mis viitas

ebakindlusele ja vähesele varasemale kokkupuutele teemaga. Märkatav muutus toimus *Hydrogen Game*'i käigus, osalejad hakkasid aktiivsemalt kaasa mõtlema, tekkisid esimesed arutelud rollide ja protsesside üle ning mänguline element aitas vähendada esialgset pinget. Praktilise osa ajal toimus selge pööre osalejate aktiivsuses. Õpetajad hakkasid iseseisvalt katsetama, esitasid spontaanseid küsimusi seadmete toimimise kohta ning arutasid omavahel nähtut. Mitmed osalejad võrdlesid kogetut oma varasema õpetamiskogemusega ning tõid sisse erialaspetsiifilisi näiteid. Mõnel juhul kujunes arutelu spontaanseks probleemilahenduseks, kus õpetajad püüdsid koos mõista protsesside loogikat. Praktiline kogemus vähendas selgelt tajutud ebakindlust. Arutelufaasis muutus diskussioon sisuliselt kõige tihedamaks. Õpetajad tõid välja, et teema on vajalik ja huvitav, kuid nad ei ole kindlad, kuidas seda süsteemselt õpetada. Korduvalt kerkisid esile struktuurilised takistused: eestikeelsete õppematerjalide nappus, praktilise baasi puudumine koolides ning õppekavade jäikus. Samas tekkisid konkreetsed rakendusideed, teema lõimimine energiaõpetusse, autotehnika kursustesse ja sissejuhatavate moodulite kaudu. Selles faasis toimus fookuse nihe: teadmiste omandamiselt liiguti õpetamise ja rakendamise mõtestamise poole. Päeva lõpus väljendasid osalejad suuremat kindlust teemat käsitleda, kuid ei pidanud end veel täielikult valmis õpetama. See kinnitab, et muutus toimus eelkõige tajutud valmisolekus, mitte täieliku pädevuse tasandil.

Uurija refleksioon: *Vaatlejana pidin teadlikult hoidma tasakaalu aktiivse koolitaja ja distantseeritud vaatleja rolli vahel. Märkasin, et minu enda entusiasmi teema vastu võis mõjutada osalejate reageeringuid, seetõttu püüdsin arutelude ajal pigem kuulata ja suunavaid küsimusi esitada, mitte oma seisukohti peale suruda. Samas tunnistan, et topeltroll võis soodustada sotsiaalselt soovitatavate vastuste andmist, mida arvestasin ka andmete hilisemal tõlgendamisel.*

22.02.2026 Järeloküsitluse läbiviimine ja esmane ülevaade

Kolm päeva pärast koolitust saatsin osalejatele e-postiga järeloküsitluse (Google Forms). Küsitlusele vastas 13 kutseõpetajat 15-st, mis näitab kõrget vastamisaktiivsust. Küsitlus sisaldas nii Likerti tüüpi enesehinnangulisi küsimusi kui ka avatud küsimusi, mis võimaldasid osalejatel oma kogemust vabas vormis reflekteerida. Järeloküsitluse eesmärk ei olnud statistiline võrdlus eelküstlusega, vaid õpetajate tajutud muutuste ja kogemuste kaardistamine vahetult pärast koolitust (Patton, 2015). Esmane ülevaade vastustest näitas, et valdav enamus osalejaid hindas oma valmisolekut võrreldes koolituse-eelse seisundiga

Lisa 11. Intervjuukava

ÜK1 Kuidas hindavad kutseõpetajad oma valmisolekut vesinikutehnoloogia õpetamisel enne täienduskoolitust?	
Taustaküsimused	1. Kui sa mõtled ajale enne koolitust, kuidas kirjeldaksid oma valmisolekut vesinikutehnoloogia õpetamiseks? 2. Millised olid sinu peamised ebakindlused või küsimused seoses vesinikutehnoloogia õpetamisega?
Sisulised küsimused	3. Mis takistas sind teemat varem õppetöös kasutamast? 4. Kuidas hindad oma varasemaid ainealaseid teadmisi vesinikutehnoloogiast? 5. Kui võrd tundsid end valmis kasutama digitaalseid õppevahendeid (nt GreenSkills for H2 materjale) vesinikutehnoloogia õpetamiseks?
Täpsustavad küsimused	Palun kirjelda lähemalt. Palun täpsusta. Palun too konkreetne näide.

+

ÜK3 Millised koolituse disainelemendid toetavad kutseõpetajate hinnangul vesinikutehnoloogiatega õpetamise omaksvõttu?	
Sissejuhatavad küsimused	6. Milline koolituse osa toetas sinu õppimist kõige enam? Miks? 7. Kuidas mõjutas <i>hydrogen game</i> ja õppetendide kasutamine sinu arusaama teemast?
Sisulised küsimused	8. Kuidas hindad koolituse teoreetilist osa? 9. Kuidas hindad koolituse praktilist osa? 10. Kuidas hindad rühmaarutelusid ja didaktilist arutelu? 11. Kuidas koolituse ülesehitus arvestas sinu kui täiskasvanud õppija vajadustega?
Täpsustavad küsimused	Palun kirjelda lähemalt. Palun täpsusta.
Lõpetavad küsimused	12. Kas koolituse käigus tuli esile mõni aspekt, mis sind üllatas? 13. Kas on veel midagi, mida soovid koolituse kohta lisada?

ÜK4 Kuidas muutub kutseõpetajate valmisolek vesinikutehnoloogia õpetamisel pärast täienduskoolitust ning millised on nende kavatsused õpitut rakendada?	
Sissejuhatavad küsimused	14. Mis on sinu jaoks kõige olulisem muutus pärast koolitust? 15. Kuidas sinu kindlus vesinikutehnoloogia õpetamisel on muutunud?
Sisulised küsimused	16. Kuidas muutus sinu arusaam vesinikutehnoloogiast? 17. Kuidas muutus sinu arusaam sellest, kuidas vesinikutehnoloogiat õpetada? 18. Kui peaksid hindama oma valmisolekut nüüd võrreldes enne koolitust, kuidas sa seda kirjeldaksid? 19. Kui realistlik on selle teema lõimimine sinu õppetöösse lähikuudel? 20. Mis toetab rakendamist ja mis võib seda takistada?
Täpsustavad küsimused	Palun kirjelda lähemalt. Palun täpsusta. Palun too konkreetne näide.
Lõpetavad küsimused	21. Mida peaks koolituse mudelis muutma, et see oleks veelgi tulemuslikum? 22. Kas teil on veel mingeid mõtteid või kommentaare, mida sooviksite jagada?

Lihlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

Mina, Ismail Mirzojev,

1. Annan Tartu Ülikoolile tasuta loa (lihlitsentsi) minu loodud teose „Kutseõpetajate valmisolek vesinikutehnoloogia õpetamiseks: täienduskoolituse arendusuuring“, mille juhendajad on Diana Eller ja Arne Küüt, 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 lihlitsentsi andmisega ei riku ma teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse õigusaktidest tulenevaid õigusi.

Ismail Mirzojev

03.05.2026