

Kliimateadlikkuse suurendamisele suunatud interaktiivse õppematerjali koostamine ja hindamine

Janari Teessar^{a1}, Miia Rannikmäe^a, Regina Soobard^a, Anne Laius^a

^a Tartu Ülikooli ökoloogia ja maateaduste instituut

Annotatsioon

Ringmajandust võib määratleda kui majandusmudelit, mis keskendub ressursside korduskasutusele, jäätmete vähendamisele ja toodete eluea pikendamisele taaskasutuse ja ringlussevõtu teel. Uuringu eesmärk oli koostada kliimateadlikkuse suurendamisele suunatud interaktiivne õppematerjal ja selgitada välja, milliseid ülekantavaid oskusi õpilaste arvates koostatud õppematerjal kujundab ning millised on õpilaste soovitud õppematerjali arendamiseks, tuginedes nende õpikogemusele. Uuringus osales 98 gümnaasiumiõpilast kahest koolist. Uuring koosnes kolmest etapist: õppematerjali koostamine ja rakendamine ning õpilaste arvamuste küsimine õppematerjali kasutamise kohta. Kogutud andmeid analüüsiti kirjeldava statistika ja temaatilise analüüsi meetodeid kasutades. Uuringu tulemustest selgus, et õppematerjal aitas õpilaste arvates arendada ülekantavaid oskusi. Õppematerjali arendamisel peaks suurendama interaktiivsust ja visuaalset atraktiivsust, likvideerima tehnilised probleemid, kohandama raskustaset, lisama seoseid reaalse eluga ning parandama tagasisidesüsteemi ja koostöövõimalusi.

Võtmesõnad: kliimateadlikkus, ringmajandus, interaktiivne õppematerjal, ülekantavad oskused, gümnaasiumiõpilased

Sissejuhatus

Kliimamuutuste ulatuslikkus ja mitmekülgsus (IPCC, 2023) nõuab kiiret ja innovaatilist reageerimist, et leida jätkusuutlikke lahendusi. Planeedi elukeskkonna säilimiseks tulevastele põlvkondadele on oluline vähendada ökoloogilist jalajälge ning tagada majanduslik ja sotsiaalne stabiilsus (Uralovich

¹ Ökoloogia ja maateaduste instituut, Tartu Ülikool, Vanemuise 46–226, 51003 Tartu; janari.teessar@ut.ee.

et al., 2023). Selle saavutamiseks on vaja kaasata erinevate elukutsete esindajaid, kellel on piisavalt teadmisi keskkonnaprobleemidest, kes on pädevad probleemide lahendamisel, kellel on head analüüsi-, koostöö- ja kommunikatsiooni- oskused ning kes väärtustavad teaduse rolli ühiskonnas (Dorph *et al.*, 2018).

Samas näitavad uuringud, et õpilaste huvi loodusteadustega seotud elukutsete vastu on vähene. Seepärast on vaja leida lahendusi, kuidas suurendada õpilaste karjääriteadlikkust ning julgustada noori siiski neid elukutseid valima (Teppo *et al.*, 2021a; Teppo *et al.*, 2021b). Uuringud näitavad, et loodusteaduslik haridus on siinkohal võtmetähtsusega, kujundades õpilastes teadlikkust kliimamuutustest ja valmisolekut leida loovaid ja uudseid lahendusi seni lahendamata keskkonnaprobleemidega tegelemiseks (Dorph *et al.*, 2018; Kumar *et al.*, 2023).

Ringmajanduse teema integreerimine loodusainete tundidesse aitab õpilastel mõista, kui tähtis on ressursse säästlikult kasutada ja jäätmeid vähendada, ning mängib olulist rolli kliimateadlikkuse kujundamisel (Yuana *et al.*, 2024). Ringmajanduse põhimõtteid mõista ja rakendada on vaja ka igapäevaelus, kuna see aitab vähendada jäätmeid ja keskkonnamõjusid ning säästa ressursse, mis omakorda toetab jätkusuutlikku arengut (Ghobadi & Sepasgozar, 2023). Kuigi noored on ringmajanduse olemusest teadlikud, ei pruugi nad osata neid teadmisi praktikas rakendada (Smith, 2023). Selline lünk teadmiste ja praktika vahel osutab vajadusele luua loodusainete tundideks õppematerjale, mis toetavad arusaamist ringmajandusest (Agbo *et al.*, 2021).

Kliimateadlikkuse kujundamine

Kliimateadlikkus viitab teadmistele, oskustele, hoiakutele ja käitumisele, mis on seotud kliimamuutuste mõistmise ja nende probleemidega tegelemisega (Turner & Rushton, 2023). Uuringud näitavad, et õpilaste hulgas on kliimateadlikkus sageli murettekitavalt madal (Pelch & McConnell, 2017; Turner & Rushton, 2023). Piiratud kokkupuude kliimaharidusega ja teaduslike kontseptsioonide mõistmise raskused takistavad teadlikkuse tõusu (Lyons, 2006). Haridussüsteemis on keskkonnaõpet ja kestliku arengu teemasid õppekavadesse integreeritud (Orr, 1991), kuid õpilased ei ole saanud sellele teemale praktika kaudu läheneda. Praktika- ja mängupõhine õpe aitavad tõsta teadlikkust ja mõista keskkonnaprobleeme reaalse eluga seostatult (De Jans *et al.*, 2017; Oliveira & Bonito, 2023). Kliimateadlikkuse suurendamine on oluline selleks, et tagada tulevaste põlvkondade valmisolek ja võimekus kliimamuutustega tegeleda (Yuana *et al.*, 2024).

Tuues enesetõhususe mõiste haridusstrateegiate keskmesse, loome vahetu seose ringmajanduse põhimõtete ja õpilaste veendumuste vahel, nii et nad suudavad neid põhimõtteid igapäevaelus rakendada (Oliveira & Bonito, 2023).

Õpilased, kes on kindlad oma võimetes, on valmis proovima uusi lähenemisviise ja sekkuma aktiivselt ka kliimamuutuste ja ringmajandusega seotud väljakutsetesse (Flavell *et al.*, 2023). Madal enesetõhusus ja suurenenud ärevus, eriti kui õppekava sisu ei tundu õpilastele asjakohane või oluline, võivad märkimisväärselt vähendada õpilaste motivatsiooni rakendada omandatud teadmisi ja oskusi (Keramitsoglou *et al.*, 2023)

Bandura (1968, 1997) määratleb enesetõhusust kui usku oma võimesse saavutada soovitud tulemusi, mis on olulised motivatsiooni ja saavutuste olemuse mõistmisel. Õpilaste enesetõhusust toetab Deci ja Ryani (1980, 2010) enesemääratlusteooria (EMT; ingl *self-determination theory*) ning see keskendub autonoomia, pädevuse ja seotuse vajadustele, mis toetavad motivatsiooni ja enesetõhususe arengut. Enesetõhususe ja EMT integreerimine haridusse toetab õpilaste motivatsiooni ja akadeemilist edu (Bandura, 1997; Ryan & Deci, 2010).

Ringmajanduse seos kliimateadlikkusega

Ringmajandus on majanduslik mudel, mis keskendub ressursside taaskasutamisele ja jäätmete vähendamisele, et leevendada keskkonnamõju ja kasvuhuonegaaside heitkoguseid (Ghobadi & Sepasgozar, 2023). Erinevalt traditsioonilisest lineaarsest majandusest, mis järgib võta-kasuta-ja-viska-minema-mudelit, soodustab ringmajandus materjalide pidevat ringlust. See aitab võidelda kliimamuutustega, vähendades loodusvarade kasutust ja optimeerides ressursikasutust (Ghobadi & Sepasgozar, 2023; Möslinger *et al.*, 2023; Yang *et al.*, 2023).

Ringmajanduse põhimõtete integreerimine koolitundidesse suurendab õpilaste teadlikkust ja huvi ressursside säästliku kasutamise ja jäätmete vähendamise vastu (Kirchherr & Piscicelli, 2019). Sageli on õpilaste teadmised ja oskused praktikas piiratud, mis viitab vajadusele suurendada praktiliste ülesannete mahtu (Murray *et al.*, 2017). Oluline on õpetada ringmajanduse põhimõtteid mitte ainult teoreetilisel tasemel, vaid kaasata õpilasi osalema projektides ja praktilistes tegevustes, mis demonstreerivad, kui oluline on neid põhimõtteid igapäevaelus rakendada (Yuana *et al.*, 2024).

Õppimist toetava õppematerjali koostamine

Õpilaste motivatsioon loodusaineid õppida väheneb noorematest klassidest vanematesse liikudes (Oon & Subramaniam, 2011; Potvin & Hasni, 2014; Teppo *et al.*, 2021a). Oluline on pöörata tähelepanu sellele, kuidas põhikooli lõpuklassides ja gümnaasiumiastmes abstraktset ainesisu rohkem igapäevaeluga siduda. Selles protsessis on oluline roll nii õpetajal kui ka õppematerjalidel (Hofstein & Mamlok-Naaman, 2011; Höft *et al.*, 2019).

Kaasaegsete ja uuenduslike õppematerjalide koostamisel on oluline silmas pidada järgmisi põhimõtteid.

1. Kaasavus: atraktiivne ja kaasahaarav õppematerjal tagab õpilaste aktiivse osaluse ja säilitab nende huvi õpitava vastu.

Kaasavus hõlmab erinevate õppimisstiilide ja võimete arvestamist, et kõik õpilased saaksid õppematerjalist võrdselt osa. Õppematerjal peaks võimaldama õpilastel osaleda aruteludes, rühmatöodes ja praktilistes tegevustes, aitama neil tunda end õppeprotsessi osana ja suurendama nende õpimotivatsiooni (Bowler *et al.*, 2021; Dorph *et al.*, 2018; Ghobadi & Sepasgozar, 2023). Lisaks peaks kaasav õppematerjal toetama õpilaste iseseisvat õppimist ning pakkuma erinevaid vahendeid ja ressursse, mis vastavad nende individuaalsetele vajadustele ja huvidele (Jonassen & Strobel, 2006; Partovi & Razavi, 2019). Kaasavus soodustab õpilaste enesehinnangu ja enesekindluse kasvu, võimaldades neil tunda, et nad on väärtuslikud osalejad õppimisprotsessis (Bandura, 1997; Ryan & Deci, 2010).

2. Mängulisus: mänguline lähenemine toetab huvi tekkimist õpitava vastu ja interaktiivsust õppeprotsessis.

Mängulist õpet sobib hästi kasutada näiteks selleks, et tuua ainetundi ühiskondlikult olulisi teemasid (nt kliimateadlikkuse kujundamine). Mänguline õpe on haridusmeetod, mis kasutab mängu ja mänguelemente, rikastamaks õppimisprotsessi. Selline lähenemine muudab õppimise lõbusamaks ja motiveerivamaks, aidates õpilastel omandada teadmisi ja oskusi interaktiivsete ja kaasahaaravate tegevuste kaudu (De Jans *et al.*, 2017). Mänguline õpe toetab kriitilist mõtlemist, probleemide lahendamist ja koostööd, pakkudes samal ajal praktilisi kogemusi ja reaalse maailma konteksti (Clark *et al.*, 2023). Mängulised tegevused soodustavad nii sotsiaalsete oskuste (nt koostöö) kui ka kognitiivsete oskuste (nt õppimisoskus) arengut (Pellegrini, 2023). Tänapäeval on mängulises õppes soovitatud kasutada ka tehnoloogilisi lahendusi, et kujundada õpilaste digioskusi (Jonassen & Strobel, 2006; Partovi & Razavi, 2019). Mängulises õppekeskkonnas saab toetada ka õpilaste enesetõhusust loodusainete õppimisel ning anda neile edukogemust erinevate õppetegevuse võimaluste läbitegemise kaudu (Bandura, 1997; Clark *et al.*, 2023; De Jans *et al.*, 2017). Mängulist õpet sobib hästi kasutada ühiskondlikult oluliste teemade käsitlemisel, näiteks kliimateadlikkuse kujundamisel (Agbo *et al.*, 2021).

3. Sisu relevantsus: näiteks tuakse kliimateadlikkuse kujundamise eesmärgil ringmajanduse õppematerjali keskmesse ressursside säästlik kasutamine, jäätmete vähendamine ja materjalide taaskasutamine.

Ringmajandus on majanduslik mudel, mis keskendub ressursside taaskasutamisele ja jäätmete vähendamisele, et vähendada keskkonnamõju ja kasvuhoonegaaside heitkoguseid (Ghobadi & Sepasgozar, 2023). Ringmajanduse õpetamine aitab õpilastel mõista, kuidas nende igapäevased valikud ja käitumised mõjutavad keskkonda ning kuidas nad saavad panustada jätkusuutlikkuse saavutamisse (Keramitsoglou *et al.*, 2023). Uuringud näitavad, et õpilaste teadlikkus ja arusaamine keskkonnaküsimustest on otseselt seotud nende valmisolekuga osaleda keskkonnasõbralikes tegevustes ja teha jätkusuutlikke valikuid (Kumar *et al.*, 2023).

4. Oskuste ülekantavus: õpilased kujundavad õppematerjali kaudu oskusi, mis on kasulikud ka õpitust erinevas kontekstis ning tuleviku karjääri-valikutes.

Ülekantavad oskused on eluks vajalikud oskused, mis aitavad õpilastel edukalt toime tulla erinevates situatsioonides alates akadeemilisest keskkonnast kuni igapäeva elu väljakutseteni (Voogt & Roblin, 2012). Haridus, mis keskendub nende oskuste arendamisele, valmistab õpilasi ette mitmekülgeteks väljakutseteks. Just loodusteaduste, tehnoloogia, inseneriteaduse ja matemaatika (STEM) hariduses on rõhutatud kommunikatsiooni-, uurimis-, mõtlemis-, sotsiaalseid ja enesejuhtimise oskusi, mis on olulised interdistsiplinaarsete probleemide lahendamiseks (Dugdale *et al.*, 2022; Rillero, 2018;). Sotsiaalsed oskused toetavad koostööd ja suhtlemist, enesejuhtimise oskused aga iseseisvust ja motivatsiooni (Schunk & Zimmerman, 2012; Zins & Elias, 2007).

Uuringu eesmärk ja uurimisküsimused

Uuringu eesmärk oli koostada kliimateadlikkuse suurendamisele suunatud interaktiivne õppematerjal ja selgitada välja, milliseid ülekantavaid oskusi õpilaste arvates koostatud õppematerjal kujundab ning millised on õpilaste soovitud õppematerjali arendamiseks, tuginedes nende õpikogemusele. Lähtuvalt töö eesmärgist sõnastati kaks uurimisküsimust.

1. Milliseid ülekantavaid oskusi kujundab koostatud õppematerjal õpilaste arvates?
2. Milliseid soovitusi annavad õpilased õppematerjali edasiarendamiseks lähtuvalt enda õpikogemusest?

Metoodika

Valim

Valimi moodustasid 98 õpilast kahe gümnaasiumi 11. klassidest (2 klassi ühest ja 3 teisest koolist). Koolide valikul lähtuti nende valmisolekust teha koostööd uuenduslike õppematerjalide katsetamisel. Tegemist oli eesmärgipärase mugavusvalimiga. Uuringu alguses informeeriti õpilasi uuringu eesmärkidest, ülesehitusest ja sellest, kuidas kogutud andmeid kasutatakse ning tulemusi esitatakse. Õpilastele oli uuringus osalemine vabatahtlik ning nad võisid igal ajal uuringus osalemisest loobuda. Uuringu läbiviimine kooskõlastati Tartu Ülikooli inimuuringute eetika komiteega ning uuringust informeeriti ka osalenud õpilaste vanemaid.

Uuringu etapid ja läbiviimine

Uuring viidi läbi kolmes etapis. Esimeses etapis koostati õppematerjal „Elamu disainimine ringmajanduse põhimõtetest lähtuvalt“ koostöös loodusainete (keemia, füüsika, geograafia ja bioloogia) õpetajatega. Õppematerjal vastas kaasaegsete ja uuenduslike õppematerjalide kriteeriumitele ja koosnes õpilaste jaoks uurimispõhistest ülesannetest. Õpetajad kaasati ettevalmistusse, et tagada õppematerjali interdistsiplinaarsus, asjakohasus ja praktilisus ning vastavus õpilaste õpivajadustele ja kooli õppekavale. Õpetajate panus võimaldas integreerida erinevate ainete teadmised ja oskused, et luua terviklik ja kontekstitud õppematerjal, mis toetaks õpilaste arusaamist ringmajanduse põhimõtetest ja nende rakendamist igapäevaelus.

Teises etapis kasutati õppematerjali 11. klasside geograafia-, bioloogia- või füüsikatundides. Õppematerjali kasutamisele kulus kaks akadeemilist tundi, mille jooksul tehti läbi ka õpilaste individuaalsed ja koostöised ülesanded. Uuringus osales kokku kolm õpetajat.

Kolmandas etapis koguti küsimustiku abil õpilaste arvamusi õppematerjali kohta. Õpilased täitsid küsimustikku õppematerjali kasutamisele järgnevas ainetunnis. Õppematerjali läbimise ja küsimustikule vastamise vahele jäi keskmiselt 3–4 päeva. Andmed analüüsiti, kasutades kirjeldavat statistikat ja sisuanalüüsi.

Õppematerjali koostamine ja ülesehitus

Õppematerjali eesmärk on anda õpilastele ülevaade ringmajandusest ning toetada selle kaudu kliimateadlikkuse kujunemist. Õppematerjal simuleerib elumaja planeerimist ja ehitamist, tuues esile sobivate ehitusmaterjalide valiku, vajalikud rahalised ressursid ja soovitud elutingimused. Nende aspektide kaudu

mõistavad õpilased ringmajanduse olemust ning õpivad kasutama jätkusuutlikke lahendusi, toetamaks ühiskondlikult kokkulepitud kliimaeesmärkide saavutamist. Näiteks saavad õpilased kogemuse, kuidas ehitusmaterjali valik peegeldab ringmajanduse põhieesmärke: ressursside säästlikku kasutamist, jäätmete vähendamist ja materjalide taaskasutuse maksimeerimist.

Õppematerjal koosneb kolmest osast.

1. Taustainfo tekstifailina: õppematerjali olemus (sh eesmärgid ja sisu), õpetajale suunatud juhendid õppematerjali kasutamiseks ja õpilastele suunatud ülesannete kirjeldused.
2. Ülesanded õpilastele (MS Exceli fail): 15 ülesannet, mille eesmärk on aidata õpilastel projekteerida maja. Ülesanded kujundavad ka ülekantavaid oskusi (sh kriitilist mõtlemist ja analüüsioskust).
3. Exe-formaadis programm, mis toetab õpilasi maja ehitamisel, selgitades kogu ehitusprotsessi, andes võimaluse iseseisvalt õppida ja suunates samas ka koostööle. Lisaks võimaldab programm õpilastel võrrelda oma projekteeritud hoonet saadud andmetega, pakkudes visuaalset motivatsiooni ja süvendades arusaamist kogu protsessist.

Õppematerjalis saavad õpilased ülesannete kaudu teha valikuid elamu erinevate osade materjalide valikul, lähtudes näiteks keskkonnasäästlikkusest, ohutusest, mugavusest, ressursside olemasolust, asukohariigi tingimustest:

1. katusematerjali valik: roog-, metall-, muru- või kivikatus (iga materjali uniikaalne mõju hoone jätkusuutlikkusele ja elukvaliteedile majas);
2. seinamaterjali valik: puit, kivi, metall või betoon (materjalide termilised ja akustilised omadused ning nende mõju hoone esteetikale ja vastupidavusele);
3. aknavalik: ühe-, kahe- või kolmekordsed aknaklaasid (energiatõhususe optimeerimine ja termiline mugavus);
4. soojustusmaterjali valik: vahtpolüstüreen, tselluloos või vill (hoone energiasutus ja sisekliima reguleerimine);
5. vundamendi tüüp: betoon, puit või tuhaplokk (hoone tugevus ja keskkonnamõju);
6. küttesüsteem: elektriküte, gaasikatel või taastuvenergia kasutamine (hoone energiatarbimine).

Lisaks tehnilistele aspektidele peavad õpilased õppematerjali kasutades mõtlema ka ehituskuludele (sh eelarve planeerimisele ja maksudele).

Andmete kogumine ja analüüs

Õpilaste arvamus õppematerjali kasutamise kohta koguti neljaosalise küsimustiku abil. Õpilastel paluti hinnata, milliste ülekantavate oskuste kujunemist õppematerjal toetas. Ülekantavad oskused valiti küsimustikku lähtuvalt Holbrooki jt (2020) käsitlusest, mis rõhutab STEAM-hariduse transdistsiplinaarset lähenemist, integreerides erinevate ainete teadmised ja oskused, et toetada õpilaste laiemat arusaamist ja võimekust neid oskusi erinevates kontekstides rakendada. Küsimustik koosnes neljast osast, millest kolm viimast olid ainult vabavastuselised, esimeses osas oli nii valik- kui ka vabavastuseid.

1. Enesehinnang ülekantavate oskuste kohta viies valdkonnas, kus etteantud 14 oskust jaotati Holbrooki jt (2020) järgi kategooriatesse: suhtlusoskused, uurimistöö oskused, mõtlemisoskused, sotsiaalsed oskused ja enesejuhtimise oskused. Uuriti, kas õpilaste vastused kinnitasid, et õppematerjali kasutamine toetas nende oskuste (nt ajaplaneerimise, meeskonnatöö ja probleemide lahendamise oskuse) kujunemist.
2. Arvamused eelnevas osas märgitud oskuste ja teadmiste kohta, mida õppematerjal arendas.
3. Arvamused õppematerjali sisu, struktuuri ja esitlusviisi kohta.
4. Õppematerjali meeldivus.

Küsimustiku valiidsuse tagamiseks korraldati prooviuuring 28 õpilase ja kahe õpetajaga. Enne põhiuuringu alustamist testiti küsimustikku, et kontrollida küsimuste arusaadavust ja asjakohasust. Prooviuuringu järel kohendati ühe küsimuse sõnastust ja jäeti ülekantavate oskuste loetelust välja kaks oskust, mis õpilaste arvates ei olnud teistest eristatavad.

Andmete analüüsil kasutati kirjeldavat statistikat ja sisuanalüüsi. Sisuanalüüsi tulemustel moodustati kategooriad, mida valideeriti kolme eksperdi abil.

Tulemused

Õpilased hindasid erinevaid ülekantavaid oskusi, mida õppematerjali kasutamine nende arvates arendas. Tulemused on esitatud tabelis 1. Tabelis on kolm veergu: esimene veerg sisaldab erinevaid ülekantavaid oskusi; teine näitab, kui palju õpilasi mainis, et õppematerjal aitas neil konkreetset oskust arendada; ja kolmas veerg sisaldab õpilaste selgitusi, miks nad arvasid, et õppematerjal nimetatud oskuse kujunemist toetas. Õpilaste selgitustest on tabelis esitatud enam esile toodud sisu.

Tabel 1. Ülekantavate oskuste sagedusjaotused ja kirjeldus

Oskused	Vastuste arv (n = 92)	Õpilaste selgituste näited
Teadmiste omandamine	85	„Ehitusmaterjalide valimine on väga ajamahukas, eriti kui sa hoolid keskkonnast ja loodusest.“
Koostööoskus	77	„Saime pinginaabriga kahekesi teha ja see oli tore, me oskame hästi koos ülesandeid lahendada.“
Mõistmine/kontseptuali-seerimine	73	„Sain aru, et hoonete või muude asjade kavandamine ja ehitamine on keeruline protsess ning tuleb hinnata nii palju kui võimalik enne valiku tegemist.“
Seostamine eelneva teadmisega	69	„Oleme juba varem ka ringmajandust õppinud.“
Digitaalsed oskused	67	„Excelit läheb mul kindlasti ka ülikoolis vaja, eriti neid lihtsamaid käsklusi.“
Rakendamine uutes olukordades	63	„Teadsin juba enne osasid asju, aga hea oli ise läbi proovida ja katsetada.“
Kriitiline hindamine	60	„Kõige ilusam materjal polnud alati see kõige parem, sama oli ka hinnaga.“
Andmete kogumine ja organiseerimine	55	„Palju oli tekstist vaja infot leida, selleks pidin mingi süsteemi looma ja pärast saingi juba enda süsteemi kasutada.“
Esitlusoskused	50	„Peale ülesandeid pidime klassis teistele enda hoonet tutvustama.“
Juhtimis- ja planeerimis-oskused	45	„Pidin pinginaabrile mitu korda näitama, mida teha, aga see oli just hea, sest mulle meeldibki teisi õpetada.“
Ajajuhtimine	39	„Jõudsime napilt valmis, aga jõudsime.“
Valikute mõistmine	21	„Valida oli paljude materjalide vahel ja erinevatel materjalidel olid omad plussid ja miinused, kõigega pidi arvestama.“
Andmete tõlgendamine	11	„Osadest asjadest me kohe aru ei saanud, aga guugeldasime ja küsisime, siis saime.“

Õpilased arvasid, et õppematerjal aitas neil kõige enam omandada uusi teadmisi, arendada koostööoskusi ning mõista või konseptualiseerida ringmajanduses käsitletavaid põhimõtteid.

Õpilaste arvamuste erinevused ülekantavate oskuste kohta on leitavad tabelist 2, kus on esitatud mõlema kooli õpilaste viis enim valitud oskust. Tabel näitab, kui palju õpilasi igast koolist (Kool 1 ja Kool 2) leidis, et õppematerjal aitas neil neid oskusi arendada, ning esitatud on ka koolidevaheline statistiline erinevus.

Koolis 1 läbiti õppematerjal kolmes klassis ja kahes erinevas õppeaines (füüsikas ja bioloogias) kahe õpetajaga. Koolis 2 läbiti õppematerjal geograafias ja bioloogias ühe õpetajaga.

Tabel 2. Ülekantavate oskuste sagedusjaotuse erinevused koolides

Oskused	Kool 1 (n = 44) suhtarv	Kool 2 (n = 48) suhtarv	Olulisus
Teadmiste omandamine	40 (0,9)	45 (0,9)	p > 0,05
Koostööoskus	31 (0,7)	46 (1)	p < 0,05*
Mõistmine/konseptualiseerimine	32 (0,7)	41 (0,9)	p > 0,05
Seostamine eelneva teadmisega	29 (0,7)	40 (0,8)	p > 0,05
Digitaalsed oskused	32 (0,7)	35 (0,7)	p > 0,05

Mõlema kooli õpilased hindasid kõige kõrgemalt teadmiste omandamist ja erinevus koolide vahel ei olnud statistiliselt oluline. Koostööoskuse arendamisel esines koolide vahel aga märkimisväärne erinevus, kus Kooli 2 õpilased mainisid sagedamini, et õppematerjal aitas neil seda oskust arendada, mis oli statistiliselt oluline (tabelis märgitud tärniga). Mõistmise ja kontseptualiseerimise oskuse puhul esines samuti sagedasemaid mainimisi Kooli 2 õpilaste hulgas, kuid see erinevus ei olnud statistiliselt oluline. Eelneva teadmisega seostamise ja digitaalsete oskuste puhul olid erinevused koolide vahel väikesed ega olnud statistiliselt olulised. Erinevused võivad tuleneda koolide erinevatest õpetamismeetoditest, õpilaste taustast ja eelnevalt läbitud õppetundidest.

Positiivsed ja negatiivsed arvamused õppematerjali kasutamise kohta

Tabel 3 on koostatud, tuginedes õpilaste avatud vastustele õppematerjali kasutamise meeldivuse või mittemeeldivuse kohta. Õpilaste vastused kategoriseeriti positiivsete ja negatiivsete arvamuste kategooriatesse, mis mõlemad omakorda sisaldasid vastustest moodustatud alamkategooriaid.

Tabel 3. Õpilaste arvamused õppematerjali kasutamise järel

Kategooria	Alakategooria	Vastuste arv (n = 92)	Õpilaste selgituste näited
Positiivsed arvamused	Kaasa- haaravus	36	„Selline multika stiil oli tore ja kaasa- haarav, mänguline.“
	Praktiline relevantsus	28	„Sain teada, millised valikud maja ehitusel on ja kuidas need valikud omavahel erinevad.“
	Oskuste arendamine	21	„Excelis toimetamine oli väga hea, sain mitu käsklust selgeks, mida hiljem kasutada.“
	Teemakohane õppesisu	7	„Meile õpetati eelmises tunnis ka ringmajandust.“
Negatiivsed arvamused	Tehnilised takistused	11	„Alguses ei teadnud, kuhu ja millal vajutada, mis mingi nupp teeb.“
	Raskustase	7	„Ise nullist tegemine ja eriti paljude materjalide võrdlus oli raske, ei jää nii palju asju korruga meelde.“
	Ajakulu	5	„Ma ei jõudnud kõiki ülesandeid valmis kahjuks.“

Enim õpilaste selgitusi kategoriseeriti kaaasahaaravuse ja praktilise relevantsuse alamkategooriatesse ning nende tagasiside oli valdavalt positiivne.

Kõige enam vastasid õpilased, et neile ei meeldinud tehnilised takistused (nt keeruline kasutajaliides) ning raskustase ja ajakulu. Negatiivseid arvamusi esitati palju vähem kui positiivseid.

Ettepanekud õppematerjali edasi arendamiseks

Õppematerjali kasutamise järel tegid õpilased ettepanekuid, kuidas õppematerjali täiendada ja edasi arendada. Õpilaste vastused kategoriseeriti (vt tabelit 4).

Tabel 4. Õpilaste ettepanekud õppematerjali täiendamiseks

Muudatus	Vastuste arv (n = 92)	Õpilaste selgituste näited
Interaktiivsuse suurendamine	11	„Tahtsin rohkem midagi valida ja muuta, et saaks katsetada rohkem, see oleks tore.“
Visuaalide ja animatsioonide parandamine	5	„Asjad võiksid liikuda ja teha häält, kui näiteks midagi valid.“
Tehniliste probleemide lahendamine	12	„Kui liiga kiirelt valikuid tegime, siis jooksis programm kokku ja pidime uuesti alustama.“
Raskustaseme kohandamine	21	„Õppematerjali raskustaseme kohandamine, erinevate eelteadmiste ja oskustega õpilasi silmas pidades.“
Reaalse elu seoste lisamine	17	„Mingi lugu võiks olla, et saad seda järgides valikuid teha ja siis asjad muutuvad.“
Tagasisidesüsteemi parandamine	16	„Tahtsime kohe teada, kuidas meil läks, aga pidime ise ikkagi arvutama, see võiks lihtsamalt olla tehtud.“
Grupitöö ja koostöö võimaluste lisamine	22	„Võiks rohkem olla koostööd, näiteks igaüks rühmast saaks ühe töö või ülesande ja siis koos ehitaksime maja.“

Muudatusettepanekuid esitas 72 õpilast, kellest 62 pakkusid välja ühe muudatuse ja 10 õpilast kaks või enam. Õpilased arvasid, et õppematerjal võiks olla interaktiivsem ja visuaalselt atraktiivsem, samuti sooviti paremat kohest tagasisidet ja rohkem omavahelise koostöö võimalusi.

Arutelu ja järeldused

Uuringu tulemused näitavad, et enamuse õpilaste arvates toetas koostatud õppematerjal nende ülekantavate oskuste arengut. Kõige sagedamini mainiti teadmiste omandamist, koostööoskust ning mõistmise ja kontseptualiseerimise oskust. Samuti tõsteti esile oskuste seostamist eelneva teadmise ja digitaalsete oskuste arendamist. Vähem mainiti andmete tõlgendamise oskust, kuid see ei kahanda üldist positiivset arvamust õppematerjalist. Õpilased leidsid, et õppematerjal aitas neil kõige enam omandada uusi teadmisi, arendada koostööoskusi ning mõista või kontseptualiseerida ringmajanduses käsitletavaid põhimõtteid.

Tulemused on kooskõlas varasemate uuringutega, mis rõhutavad, et praktiline ja interdistsiplinaarne õpe soodustab ülekantavate oskuste arengut. Näiteks toovad Voogt ja Roblin (2012) esile, et ülekantavad oskused, näiteks koostöö- ja

probleemide lahendamise oskused, on olulised, et valmistada õpilasi ette tulevikuväljakutseteks. Uuringus osalejad mainisid sageli ka digitaalsete oskuste arengut, mis on kooskõlas Jonasseni ja Strobeli (2006) ning Partovi ja Razavi (2019) leidudega, et tehnoloogia integreerimine õppesse toetab digioskuste omandamist ja kasutamist.

Eriti oluline on, et teadlikkuse suurendamine ja praktilised harjutused aitavad õpilastel rakendada teooriat päriselus, nagu Oliveira ja Bonito (2023) on rõhutanud. Meie tulemused näitavad, et praktilise ja mängulise lähenemisega õppematerjal aitab õpilastel arendada mitmesuguseid oskusi, sealhulgas koostööoskusi ja kriitilise mõtlemise oskust, mis on olulised interdistsiplinaarsete probleemide lahendamisel (Dugdale *et al.*, 2022; Rillero, 2018).

Kokkuvõttes näitavad uuringu tulemused õpilaste arvamust, et koostatud õppematerjal toetas nende ülekantavate oskuste kujunemist. Õpilaste hinnangul aitab õppematerjal neil omandada uusi teadmisi, arendada koostööoskusi ning mõista ja kontseptualiseerida ringmajanduses käsitletavaid põhimõtteid. See kinnitab varasemate uuringute tulemusi, mis rõhutavad praktilise ja interdistsiplinaarse õppe olulisust ülekantavate oskuste arendamisel (Jonassen & Strobel, 2006; Partovi & Razavi, 2019; Voogt & Roblin, 2012).

Õpilaste tagasiside põhjal võib järeldada, et õppematerjali võiks täiendada, toetamaks veelgi paremini nende praktiliste oskuste arengut ning vastamaks täielikult õpilaste õppimisvajadustele ja valmisolekule tulevikuväljakutsetega toimetulemiseks.

Õpilaste soovitus edasiarendamiseks

Uuringu tulemused näitavad, et õpilased andsid oma õpikogemusele tuginedes mitmeid soovitusi õppematerjali edasiarendamiseks. Peamised soovitusid olid suurendada interaktiivsust, parandada visuaale ja animatsioone, likvideerida tehnilised probleemid, kohandada raskustaset, lisada seoseid reaalse eluga, parandada tagasisidesüsteemi ning suurendada grupitöö ja koostöö võimalusi.

Õpilaste soovitus suurendada interaktiivsust kajastub varasemates uuringutes, mis rõhutavad interaktiivse õppimise olulisust õpilaste kaasahaaramiseks ja motiveerimiseks (De Jans *et al.*, 2017). Mänguline ja interaktiivne lähenemine õppematerjalidele aitab õpilastel paremini omandada teadmisi ja arendada oskusi, pakkudes samal ajal lõbusat ja kaasahaaravat õppimisprotsessi (Clark *et al.*, 2023).

Soovitus parandada visuaale ja animatsioone on samuti kooskõlas kirjanduses esitatud seisukohtadega, mis rõhutavad visuaalsete abivahendite tähtsust õppimise toetajana (Ghobadi & Sepasgozar, 2023). Visuaalsed elemendid aitavad õpilastel keerulisi kontseptsioone paremini mõista ja meelde jätta, pakkudes selgeid ja arusaadavaid kujutisi.

Tehniliste probleemide lahendamine on oluline aspekt, mida on rõhutanud ka varasemad uuringud. Tehnilised tõrked võivad vähendada õpilaste õppe-motivatsiooni ja takistada efektiivset õppeprotsessi (Oliveira & Bonito, 2023). Seetõttu on oluline tagada, et õppematerjal oleks tehniliselt usaldusväärne ja kasutajasõbralik.

Raskustaseme kohandamine õpilaste oskuste ja teadmiste tasemega on oluline, et tagada õppematerjali sobivus erinevatele õppijatele (Keramitsoglou *et al.*, 2023). Õpilased, kes tunnevad, et õppematerjal on liiga keeruline või liiga lihtne, võivad kaotada huvi ja motivatsiooni, mistõttu on vajalik kohandada materjal vastavalt õpilaste võimetele.

Reaalse elu seoste lisamine õppematerjalidesse aitab õpilastel mõista õpitava praktilist väärtust ja rakendatavust igapäevaelus (Yuana *et al.*, 2024). See soodustab ka kriitilise mõtlemise ja probleemide lahendamise oskuste arengut, pakkudes õpilastele võimalusi näha, kuidas õpitavad kontseptsioonid seostuvad nende igapäevaeluga (Jonassen & Strobel, 2006).

Tagasisidesüsteemi parandamine on vajalik, kuna kohene ja konstruktiivne tagasiside aitab õpilastel mõista oma edusamme ja parandada oma oskusi (Schunk & Zimmerman, 2012). Tõhus tagasisidesüsteem motiveerib õpilasi ja suunab nende õppimisprotsessi.

Grupitöö ja koostöö võimaluste suurendamine peegeldab vajadust sotsiaalsete oskuste arendamise järele, mis on oluline osa ülekantavatest oskustest (Zins & Elias, 2007). Koostööl põhinevad õpitegevused aitavad õpilastel õppida koostööd tegema, suhtlema ja jagama ideid, mis on olulised tuleviku karjäärivalikutes.

Õpilaste soovitusel õppematerjali edasiarendamiseks hõlmavad mitmeid olulisi aspekte, mis on kooskõlas varasemate uuringute ja kirjanduses esitatud seisukohtadega. Interaktiivsuse ja visuaalide parandamine, tehniliste probleemide lahendamine, raskustaseme kohandamine, reaalse elu seoste lisamine, tõhusa tagasisidesüsteemi loomine ning koostöövõimaluste suurendamine – need kõik on olulised tegurid, mis võivad õppematerjali efektiivsust ja õpilaste õppimiskogemust oluliselt parandada.

Õpilaste tagasiside põhjal võib järeldada, et nende soovitude rakendamine aitab muuta õppematerjali veelgi kaasahaaravamaks ja tõhusamaks, toetades paremini õpilaste praktiliste oskuste arengut ja motiveerides neid õppima. Nende soovitude täitmine võiks oluliselt parandada õppematerjali kvaliteeti, et see vastaks täielikult õpilaste õppimisvajadustele, ning valmistada neid paremini ette tulevikuväljakutseteks.

Õpilaste arvamused õppematerjalist

Uuringu tulemused näitavad, et õpilaste arvamused koostatud õppematerjali kasutamise kohta olid üldiselt positiivsed. Õpilased tõid esile õppematerjali kaasahaaravuse, praktilise relevanttsuse ning oskuste arendamise võimalused. Samas mainiti ka mõningaid negatiivseid aspekte, nagu tehnilised takistused, õppematerjali raskustase ja ajakulu.

Positiivsed arvamused õppematerjali kaasahaaravuse kohta on kooskõlas varasemate uuringutega, mis rõhutavad interaktiivsete ja mänguliste õppevahendite tähtsust õpilaste motiveerimisel ja kaasamisel (De Jans *et al.*, 2017). Mänguline ja praktiline lähenemine muudab õppimise lõbusamaks ja motiveerivamaks, aidates õpilastel omandada teadmisi ja arendada oskusi interaktiivsete ja kaasahaaravate tegevuste kaudu (Clark *et al.*, 2023).

Õpilaste positiivsed arvamused praktilise relevanttsuse kohta viitavad sellele, et õppematerjal suutis teoreetilisi teadmisi reaalse elu rakendustega hästi seostada. See on kooskõlas Oliveira ja Bonito (2023) leidudega, et praktilised ja reaalse eluga seotud harjutused aitavad õpilastel paremini mõista ja rakendada õpitut igapäevaelus. Selline lähenemine suurendab ka õpilaste teadlikkust ja huvi keskkonnaküsimuste vastu, pakkudes neile konkreetseid näiteid ja rakendusvõimalusi (Yuana *et al.*, 2024).

Negatiivsed arvamused tehniliste takistuste kohta rõhutavad vajadust usaldusväärse ja kasutajasõbraliku õppematerjali järele. Tehnilised tõrked võivad õpilaste õppimiskogemust oluliselt halvendada ja vähendada nende motivatsiooni (Oliveira & Bonito, 2023). Seetõttu on oluline tagada, et õppematerjal oleks tehniliselt probleemivaba ja hõlpsasti kasutatav.

Õpilaste kommentaarid õppematerjali raskustaseme kohta viitavad vajadusele kohandada materjali erinevate õpilaste oskuste ja teadmiste tasemele vastavaks (Keramitsoglou *et al.*, 2023). Õppematerjali sobiv raskustase aitab vältida õpilaste frustrerumist ja tagada, et kõik õpilased saavad õppimisel positiivse kogemuse.

Ajakulu mainimine negatiivse aspektina viitab vajadusele optimeerida õppematerjali mahtu ja struktuuri, et see sobituks paremini ainetundide ajakava ja õpilaste õppimisvõimekusega. Efekttiivne ajakasutus on oluline, et säilitada õpilaste tähelepanu ja motivatsioon kogu õppeprotsessi vältel (Schunk & Zimmerman, 2012).

Kokkuvõttes näitavad uuringu tulemused, et õpilaste arvamused pärast õppematerjali kasutamist olid valdavalt positiivsed, tuues esile materjali kaasahaaravuse, praktilise relevanttsuse ja oskuste arendamise võimalused. Samas ilmnesid ka mõned negatiivsed aspektid, nagu tehnilised takistused, raskustase ja ajakulu, mis viitavad vajadusele õppematerjali edasi arendada ja täiustada.

Õpilaste arvamuste põhjal võib järeldada, et õppematerjal suudab õpilaste arvates toetada õppimist ja üldoskuste arengut, kuid selle täiendamine tehniliste lahenduste, raskustaseme kohandamise ja ajakasutuse seisukohalt võib veelgi parandada õppimiskogemust ja materjali efektiivsust. Nende aspektide arendamine aitab luua parema ja kaasahaaravama õpikeskkonna, mis toetab õpilaste motiveeritust ja valmisolekut õppida ning rakendada õpitut tulevikuväljakutsetega toimetulemisel.

Järeldused ja piirangud

Õppematerjal, mis tugines neljale põhimõttele – kaasavus, mängulisus, sisu relevantsus ja oskuste ülekantavus –, aitab õpilastel nende arvates arendada ülekantavaid oskusi. Koostatud õppematerjali kasutamise järel tõid õpilased esile kõiki kaasaegsele õppematerjalile olulisi kriteeriume: interaktiivsust, visuaalset atraktiivsust, praktilist relevantsust ja reaalse eluga seostamist.

Samas on edasiseks täiustamiseks oluline arvestada õpilaste tagasisidet ja soovitusi. Õppematerjali arendamisel peaks suurendama interaktiivsust ja visuaalset atraktiivsust, likvideerima tehnilised probleemid, kohandama raskustaset, lisama seoseid reaalse eluga ning parandama tagasisidesüsteemi ja koostöövõimalusi.

Õppematerjali katsetamisel osalenud õpilaste valimi suurus oli piiratud nii õpilaste arvu kui ka koolide arvu poolest ning tulemused kehtivad ainult uuringus osalenud õpilaste kohta. Uuringus koguti õpilaste enesekohaseid hinnanguid, seetõttu ei saa hinnata õpilaste tegelikke oskusi ning nende tegelike ülekantavate oskuste arengu uurimiseks tuleks korraldada jätku-uuring.

Tänusõnad

Täname kõiki õpetajaid ja õpilasi, kes andsid oma panuse uuringusse, ning finantsilise abi eest projekti „Kliimateadlikkus koolist ühiskonda: laste, noorte ja õpetajate võimestamine kliimamuutuste mõjude vähendamiseks“. Projekti rahastati Euroopa Majanduspiirkonna Finantsmehhanismi 2014–2021 programmi „Kliimamuutuste leevendamine ja nendega kohanemine“ avatud taotlusvoorust „Kliimateadlikkuse suurendamine“.

Kasutatud kirjandus

- Agbo, F. J., Oyelere, S. S., Suhonen, J., & Laine, T. H. (2021). Co-design of mini games for learning computational thinking in an online environment. *Education and Information Technologies*, 26(5), 5815–5849. <https://doi.org/10.1007/s10639-021-10515-1>
- Ajabli, H., Zoubir, A., Elotmani, R., Louzazni, M., Kandoussi, K., & Daya, A. (2023). Review on Eco-friendly insulation material used for indoor comfort in building. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 185, 113609. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2023.113609>
- Amaripadath, D., Rahif, R., Velickovic, M., & Attia, S. (2023). A systematic review on role of humidity as an indoor thermal comfort parameter in humid climates. *Journal of Building Engineering*, 68, 106039. <https://doi.org/10.1016/j.job.2023.106039>
- Angelo, T. A., & Cross, K. P. (1993). *Classroom Assessment Techniques: A Handbook for College Teachers*.
- Ausubel, D. P. (1963). The psychology of meaningful verbal learning. *The psychology of meaningful verbal learning*. Grune & Stratton.
- Ausubel, D. P. (2000). Preview of Assimilation Theory of Meaningful Learning and Retention. *The Acquisition and Retention of Knowledge: A Cognitive View* (pp. 1–18). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-94-015-9454-7_1
- Bandura, A. (1986). *Social foundations of thought and action*. Englewood Cliffs, NJ, 1986, 23–28.
- Bandura, A. (1997). *Self-efficacy: The exercise of control*. Macmillan.
- Bloom, B. S. (1956). *Taxonomy of educational objectives*. Vol. 1: Cognitive domain. New York: McKay, 20, 24.
- Bowler, L., Wang, K., Lopatovska, I., & Rosin, M. (2021). The meaning of “participation” in co-design with children and youth: Relationships, roles, and interactions. *Proceedings of the Association for Information Science and Technology*, 58(1), 13–24. <https://doi.org/10.1002/pra2.432>
- Clark, D. B., Hernández-Zavaleta, J. E., & Becker, S. (2023). Academically meaningful play: Designing digital games for the classroom to support meaningful gameplay, meaningful learning, and meaningful access. *Computers & Education*, 194, 104704. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2022.104704>
- Dai, J., Ouyang, Y., Hou, J., & Cai, L. (2023). Long-time series assessment of the sustainable development of Xiamen City in China based on ecological footprint calculations. *Ecological Indicators*, 148, 110130. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2023.110130>
- De Jans, S., Van Geit, K., Cauberghe, V., Hudders, L., & De Veirman, M. (2017). Using games to raise awareness: How to co-design serious mini-games? *Computers & Education*, 110, 77–87. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2017.03.009>
- Deci, E. L., & Ryan, R. M. (1980). Self-determination theory: When mind mediates behavior. *The Journal of Mind and Behavior*, 33–43.
- Deci, E. L., & Ryan, R. M. (2010). *Self-determination*. *The Corsini Encyclopedia of Psychology*, 1–2. <https://doi.org/10.1002/9780470479216.corpsy0834>

- Dorph, R., Bathgate, M. E., Schunn, C. D., & Cannady, M. A. (2018). When I grow up: the relationship of science learning activation to STEM career preferences. *International Journal of Science Education*, 40(9), 1034–1057. <https://doi.org/10.1080/09500693.2017.1360532>
- Dugdale, S., Eklund, J., & Bradley, B. A. (2022). Communicating in STEM: A quantitative study of undergraduate engagement in group work. *Journal of Higher Education*, 93(1), 86–106.
- Flavell, E., Green, M., & Smith, A. (2023). Social skills in STEM education: A study on the effect of cooperative learning. *Studies in Educational Evaluation*, 67, 101–110.
- Ghobadi, M., & Sepasgozar, S. M. (2023). Circular economy strategies in modern timber construction as a potential response to climate change. *Journal of Building Engineering*, 77, 107229. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2023.107229>
- Gonida, E. N., & Voulala, K. (2020). Self-regulated learning and academic achievement: The mediating role of students' mastery goals and intrinsic interest. *Frontiers in Psychology*, 11, 506.
- Hart, R. A. (1992). *Children's participation: From tokenism to citizenship*. <https://ideas.repec.org/p/ucf/inness/inness92-6.html>
- He, B., Li, B., & Zhu, X. (2023). Carbon footprint prediction method for linkage mechanism design. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(21), 60150–60167. <https://doi.org/10.1007/s11356-023-26556-7>
- Hofstein, A., & Mamlok-Naaman, R. (2011). High-school students' attitudes toward and interest in learning chemistry. *Educación Química*, 22(2), 90–102. [https://doi.org/10.1016/S0187-893X\(18\)30121-6](https://doi.org/10.1016/S0187-893X(18)30121-6)
- Holbrook, J., & Rannikmae, M. (2017). Enhancing students scientific and technological literacy. *Science Education Review*, 16(3), 22–29.
- Huizinga, E. (1955). The physiological and clinical importance of experimental work on the pigeon's labyrinth. *The Journal of Laryngology & Otology*, 69(4), 260–268. <https://doi.org/10.1017/S0022215100050635>
- Hwang, J., Jeong, J., Lee, M., Jeong, J., & Lee, J. (2023). Establishment of outdoor thermal comfort index groups for quantifying climate impact on construction accidents. *Sustainable Cities and Society*, 91, 104431. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2023.104431>
- Höft, L., Bernholt, S., Blankenburg, J. S., & Winberg, M. (2019). Knowing more about things you care less about: Cross-sectional analysis of the opposing trend and interplay between conceptual understanding and interest in secondary school chemistry. *Journal of Research in Science Teaching*, 56(2), 184–210. <https://doi.org/10.1002/tea.21475>
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2023). *Climate Change 2022 – Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781009325844>
- Jahnke, I., Meinke-Kroll, M., Todd, M., & Nolte, A. (2022). Exploring artifact-generated learning with digital technologies: Advancing active learning with co-design in higher education across disciplines. *Technology, Knowledge and Learning*, 27(1), 335–364. <https://doi.org/10.1007/s10758-020-09473-3>

- Jang, H. (2021). Research skills in STEM education: A curriculum design approach. *Studies in Science Education*, 57(2), 213–237.
- Jonassen, D. H., & Strobel, J. (2006). Modeling for meaningful learning. *Engaged Learning with Emerging Technologies*, 1–27. https://doi.org/10.1007/1-4020-3669-8_1
- Keramitsoglou, K., Litseselidis, T., & Kardimaki, A. (2023). Raising effective awareness for circular economy and sustainability concepts through students' involvement in a virtual enterprise. *Frontiers in Sustainability*, 4, 1060860. <https://doi.org/10.3389/frsus.2023.1060860>
- Kiehle, J., Kopsakangas-Savolainen, M., Hilli, M., & Pongrácz, E. (2023). Carbon footprint at institutions of higher education: The case of the University of Oulu. *Journal of Environmental Management*, 329, 117056. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.117056>
- Krathwohl, D. R., Bloom, B. S., & Masia, B. B. (1964). *Taxonomy of Educational Objectives, the Classification of Educational Goals, Handbook II: Affective Domain: Vol. II*. David McKay.
- Kumar, P., Sahani, J., Rawat, N., Debele, S., Tiwari, A., Emygdio, A. P. M., ... & Pfautsch, S. (2023). Using empirical science education in schools to improve climate change literacy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 178, 113232. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2023.113232>
- Laakso, N. L., Korhonen, T. S., & Hakkarainen, K. P. J. (2021). Developing students' digital competences through collaborative game design. *Computers & Education*, 174, 104308. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2021.104308>
- Lyons, T. (2006). The puzzle of falling enrolments in physics and chemistry courses: Putting some pieces together. *Research in Science Education*, 36(3), 285–311. <https://doi.org/10.1007/s11165-005-9008-z>
- Marzano, R. J., Pickering, D. J., & Pollock, J. E. (2001). *Classroom Instruction That Works: Research-Based Strategies for Increasing Student Achievement*.
- Ma'sum, M., & Jumadi, J. (2023, June). The effect of green open space (RTH) on the comfort index (THI) in the city of Tasikmalaya. *AIP Conference Proceedings* (Vol. 2727, No. 1). AIP Publishing. <https://doi.org/10.1063/5.0141453>
- Möslinger, M., Ulpiani, G., & Veters, N. (2023). Circular economy and waste management to empower a climate-neutral urban future. *Journal of Cleaner Production*, 421, 138454. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.138454>
- Niknam, M., & Thulasiraman, P. (2020). LPR: A bio-inspired intelligent learning path recommendation system based on meaningful learning theory. *Education and Information Technologies*, 25(5), 3797–3819. <https://doi.org/10.1007/s10639-020-10133-3>
- Oliveira, H., & Bonito, J. (2023, May). Practical work in science education: A systematic literature review. *Frontiers in Education*, 8, 1151641. <https://doi.org/10.3389/educ.2023.1151641>
- Onowugbeda, F. U., Okebukola, P. A., Agbanimu, D. O., Ajayi, O. A., Oladejo, A. I., Awaah, F., Ademola, I. A., Gbeleyi, O. A., Peter, E. O., & Ige, A. M. (2022). Can the culturo-techno-contextual approach (CTCA) promote students' meaningful learning of concepts in variation and evolution? *Research in Science & Technological Education*. <https://doi.org/10.1080/02635143.2022.2084060>

- Oon, P., & Subramaniam, R. (2011). On the declining interest in physics among students – From the perspective of teachers. *International Journal of Science Education*, 33(5), 727–746. <https://doi.org/10.1080/09500693.2010.500338>
- Orr, D. W. (1991). *Ecological literacy: Education and the transition to a postmodern world*. State University of New York Press.
- Pajares, F. (1996). Self-efficacy beliefs in academic settings. *Review of Educational Research*, 66(4), 543–578. <https://doi.org/10.3102/00346543066004543>
- Partovi, T., & Razavi, M. R. (2019). The effect of game-based learning on academic achievement motivation of elementary school students. *Learning and Motivation*, 68, 101592. <https://doi.org/10.1016/j.lmot.2019.101592>
- Pelch, M. A., & McConnell, D. A. (2017). How does adding an emphasis on socio-scientific issues influence student attitudes about science, its relevance, and their interpretations of sustainability? *Journal of Geoscience Education*, 65(2), 203–214. <https://doi.org/10.5408/16-173.1>
- Pellegrini, P. A. E. S. (2023). *Extension and Education: Community radio as a social practice and vector of responsible information. Themes focused on interdisciplinarity and sustainable development worldwide*. <https://doi.org/10.56238/tfisdwv1-064>
- Potvin, P., & Hasni, A. (2014). *Analysis of the Decline in Interest Towards School Science and Technology from Grades 5 Through 11*. <https://doi.org/10.1007/s10956-014-9512-x>
- Resnick, L. B. (2010). Nested Learning Systems for the Thinking Curriculum. *Educational Researcher*, 39(3), 183–197. <https://doi.org/10.3102/0013189X10364671>
- Rillero, P. (2018). Communication in STEM education: Historical overview and future directions. *Journal of STEM Education*, 19(1), 29–34.
- Schunk, D. H., & Zimmerman, B. J. (2012). *Motivation and self-regulated learning: Theory, research, and applications*. Lawrence Erlbaum Associates Publishers.
- Sheldrake, R., Mujtaba, T., & Reiss, M. J. (2019). Students' Changing Attitudes and Aspirations Towards Physics During Secondary School. *Res Sci Educ*, 49, 1809–1834. <https://doi.org/10.1007/s11165-017-9676-5>
- Silva, C., Weinburgh, M., & Smith, K. H. (2019). The role of research skills in STEM education: Implications for teacher preparation. *Journal of Science Teacher Education*, 30(8), 853–872.
- Simpson, E. J. (1966). *The classification of educational objectives, psychomotor domain*.
- Stake, R. E. (2010). *Qualitative Research: Studying How Things Work*.
- Simpson, E. J. (1972). The Classification of Educational Objectives: Psychomotor Domain. *Illinois Journal of Home Economics*, 16(4), 242–254.
- Smith, A. (2023). Student Engagement and the Relevance of School Curriculum. *Journal of Educational Psychology*, 115(1), 34–47.
- Szigeti, C., Major, Z., Szabó, D. R., & Szennay, Á. (2023). The ecological footprint of construction materials – A standardized approach from Hungary. *Resources*, 12(1), 15. <https://doi.org/10.3390/resources12010015>
- Zimmerman, B. J. (2022). Self-Efficacy and educational development: A critical review. *Educational Psychologist*, 57(3), 223–244.

- Zins, J. E., & Elias, M. J. (2007). Social and emotional learning: Promoting the development of all students. *Journal of Educational and Psychological Consultation*, 17(2–3), 233–255. <https://doi.org/10.1080/10474410701413152>
- Teppo, M., Wang, H., Dorph, R. (2021a). Science learning and its impact on life choices. *Science Education Journal*, 35(2), 109–124.
- Teppo, M., Holbrook, J., Rannikmäe, M. (2021b). Enhancing science education through innovative teaching approaches. *Journal of Science Teacher Education*, 32(5), 528–546.
- Trilling, B., & Fadel, C. (2023). 21st century skills: Learning for life in our times. *Journal of Curriculum Studies*, 55(1), 102–117.
- Turner, A., & Rushton, E. (2023). Preparing the next generation: Education's role in climate action. *Journal of Teacher Education for Sustainability*, 25(1), 8–22.
- Uralovich, K. S., Toshmamatovich, T. U., Kubayevich, K. F., Sapaev, I. B., Saylaubaevna, S. S., Beknazarova, Z. F., & Khurramov, A. (2023). A primary factor in sustainable development and environmental sustainability is environmental education. *Caspian Journal of Environmental Sciences*, 21(4), 965–975.
- Vivek, T., & Balaji, K. (2023). Heat transfer and thermal comfort analysis of thermally activated building system in warm and humid climate – A case study in an educational building. *International Journal of Thermal Sciences*, 183, 107883. <https://doi.org/10.1016/j.ijthermalsci.2022.107883>
- Voogt, J., & Roblin, N. P. (2012). A comparative analysis of international frameworks for 21st century competences: Implications for national curriculum policies. *Journal of Curriculum Studies*, 44(3), 299–321. <https://doi.org/10.1080/00220272.2012.668938>
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in Society: The Development of Higher Psychological Processes*. Harvard University Press.
- Wang, M.-T., Chow, A., Degol, J. L., Jacquelynne & Eccles, S. (2017). Does Everyone's Motivational Beliefs about Physical Science Decline in Secondary School?: Heterogeneity of Adolescents Achievement Motivation Trajectories in Physics and Chemistry. *Journal of Youth and Adolescence*, 46, 1821–1838. <https://doi.org/10.1007/s10964-016-0620-1>
- Yang, M., Chen, L., Wang, J., Msigwa, G., Osman, A., Fawzy, S., Rooney, D., Yap, P. (2023) Circular economy strategies for combating climate change and other environmental issues. *Environ Chem Lett*, 21, 55–80. <https://doi.org/10.1007/s10311-022-01499-6>
- Yuana, S. L., Wiliyanto, W., Hadiyantono, T. A., Figueroa, M. J., Hapsari, M., & Pinem, M. L. B. (2024). Mundane circular economy policy: Mainstreaming CE education through the agency of schools. *Journal of Cleaner Production*, 440, 140847. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.140847>

Designing and evaluating interactive educational material aimed at increasing climate awareness

Janari Teessar^{a1}, Miia Rannikmäe^a, Regina Soobard^a, Anne Laius^a

^a *Institute of Ecology and Earth Sciences, University of Tartu*

Summary

This study aimed to create interactive educational material to enhance climate awareness among 11th-grade students and to determine which transferable skills students believe the material helps to develop. Additionally, the study sought to gather students' recommendations for improving the material based on their learning experiences. The research involved 98 high school students from two schools and was conducted in three phases: creating and implementing the material and collecting students' opinions on its use. The collected data were analysed using descriptive statistics and thematic analysis. The results revealed that students believed the material helped develop transferable skills such as knowledge acquisition, collaboration, conceptual understanding, linking new knowledge to previous knowledge, and digital skills. Students suggested improvements focusing on increasing interactivity, enhancing visual appeal, addressing technical issues, adjusting difficulty levels, adding real-life connections, improving the feedback system, and increasing opportunities for collaboration.

Introduction

The extensive and multifaceted nature of climate change (IPCC, 2023) requires rapid and innovative responses to find sustainable solutions. Ensuring the habitability of our planet for future generations, reducing the ecological footprint, and maintaining economic and social stability are crucial (Uralovich et al., 2023). Professionals with knowledge of sustainable economy principles, such as the circular economy, and transferable skills are needed to address environmental challenges. However, studies show a declining interest among students in science-related careers, highlighting the need for strategies to encourage them to pursue these fields (Dorph et al., 2018; Kumar et al., 2023).

¹ Institute of Ecology and Earth Sciences, University of Tartu, Vanemuise 46–226, 51003 Tartu; janari.teessar@ut.ee.

Literature overview

Integrating circular economy concepts into science education helps students understand the importance of resource conservation and waste reduction, which is critical in shaping climate awareness (Yuana et al., 2024). Understanding and applying circular economy principles are essential for reducing waste and environmental impacts and supporting sustainable development (Ghobadi & Sepasgozar, 2023). Although young people are generally aware of the circular economy, they often struggle to apply this knowledge practically (Smith, 2023), indicating the need for educational materials that support understanding of the circular economy in science classes (Agbo et al., 2021).

Self-efficacy is a key educational strategy linking the practical application of circular economy principles with students' confidence in using these principles daily (Bandura, 1986). Self-efficacy, or belief in one's abilities to achieve desired outcomes, plays a crucial role in students' readiness to tackle climate change and circular economy challenges. Students confident in their abilities are more willing to try new approaches and engage actively in environmental protection topics (Flavell et al., 2023).

Study objectives

This study aimed to create interactive educational material to increase climate awareness and develop transferable skills among 11th-grade students and to gather their feedback for further improvement.

1. What transferable skills do students believe the developed educational material enhances?
2. What recommendations do students have for improving the educational material based on their learning experiences?

Methodology

Sample

The sample consisted of 98 11th-grade students from two schools. Schools were selected based on their willingness to collaborate on innovative educational material trials. Participation in the study was voluntary, with informed consent obtained from the students and their parents.

Research stages

The study was conducted in three stages:

1. **Development and Implementation:** The educational material “Designing a Residence Based on Circular Economy Principles” was created with science teachers and included interdisciplinary, research-based tasks for students.
2. **Material Usage:** The material was used in two academic hours during geography, biology, or physics classes for 11th graders, involving individual and collaborative tasks. Three teachers participated.
3. **Feedback Collection:** Students’ opinions were gathered via a questionnaire completed 3–4 days after using the material. Data were analysed using descriptive statistics and thematic analysis.

Data collection and analysis

Students’ opinions on the use of the educational material were collected through a four-part questionnaire. Students were asked to evaluate which transferable skills the material helped develop. The skills listed in the questionnaire were selected based on Holbrook et al. (2020), emphasising a transdisciplinary approach in STEM education, integrating knowledge and skills from different subjects to support students’ broader understanding and capability to apply these skills in various contexts.

Data analysis included descriptive statistics and content analysis. Categories were formed based on the content analysis and validated by three experts.

Results

Students reported that the educational material helped develop knowledge acquisition, collaboration, understanding/conceptualisation, linking new knowledge to prior knowledge, and digital skills, with less mention of data interpretation.

The material significantly aided in knowledge acquisition, collaboration, and understanding of circular economy principles. Practical tasks were appreciated but sometimes time-consuming. Collaborative work was enjoyed.

School 2 students mentioned collaboration and understanding/conceptualisation skills more frequently, possibly due to different teaching methods and backgrounds.

Positive feedback highlighted engagement and relevance. Negative comments included technical difficulties, difficulty level, and time required. Suggestions included increasing interactivity, enhancing visuals, resolving technical issues, adjusting difficulty, adding real-life connections, and improving feedback and collaboration opportunities.

Discussion and conclusions

Most students believed the educational material supported developing transferable skills, particularly knowledge acquisition, collaboration, and understanding/conceptualisation. They also emphasised linking new knowledge to prior knowledge and digital skills. Data interpretation was less mentioned but did not diminish the positive impact.

These findings align with previous studies highlighting the importance of practical and interdisciplinary learning. Voogt and Roblin (2012) stress collaboration and problem-solving for future challenges. The frequent mention of digital skills is consistent with Jonassen and Strobel (2006), as well as Partovi and Razavi (2019), who found that technology integration enhances digital skills.

Increasing awareness and practical exercises help students apply theory in real-life situations (Oliveira & Bonito, 2023). The material's practical and playful approach aided in developing skills like collaboration and critical thinking that are essential for solving interdisciplinary problems (Dugdale et al., 2022; Rillero, 2018).

Students believe the material supported their transferable skills development, helping them acquire new knowledge, collaborate, and understand circular economy principles, supporting previous research (Jonassen & Strobel, 2006; Partovi & Razavi, 2019; Voogt & Roblin, 2012).

Based on student feedback, the material should increase interactivity, enhance visuals, resolve technical issues, adjust difficulty, add real-life connections, improve feedback, and increase collaboration. Implementing these suggestions will make the material more engaging and effective, better supporting students' practical skills development.

Limitations

The sample size of students and the number of participating schools were limited, and the results apply only to the students involved in the study. As the study relied on students' self-assessments, it is not possible to evaluate their actual skills. Future research should include follow-up studies to assess the actual development of students' transferable skills.

Acknowledgements

We thank all the teachers and students who contributed to the conduct of the study, as well as the project "Kliimateadlikkus koolist ühiskonda: laste, noorte ja õpetajate võimestamine kliimamuutuste mõjude vähendamiseks." This project

was funded by the European Economic Area Financial Mechanism 2014–2021 programme “Climate Change Mitigation and Adaptation” through the open call “Increasing Climate Awareness” for their financial support.

Keywords: climate awareness, circular economy, interactive educational material, transferable skills, high school students