



Co-funded by
the European Union



BIOS4YOU AR 2.0

BIO-INSPIRED STEM TOPICS FOR ENGAGING YOUNG GENERATIONS
THANKS TO THE USE OF AUGMENTED REALITY

WP2 Activity 1 - part2

**Liitreaalsuse tehnoloogia
tuvastamine, mis sobib
kõige paremini kooli
valdkonnas mängustamis
sisu pakkumiseks STEM-
aineis.**

Project Number: KA220-BW-23-30-126516

Funded by the European Union. Views and opinions expressed are however those of the author(s) only and do not necessarily reflect those of the European Union or the European Education and Culture Executive Agency (EACEA). Neither the European Union nor EACEA can be held responsible for them.

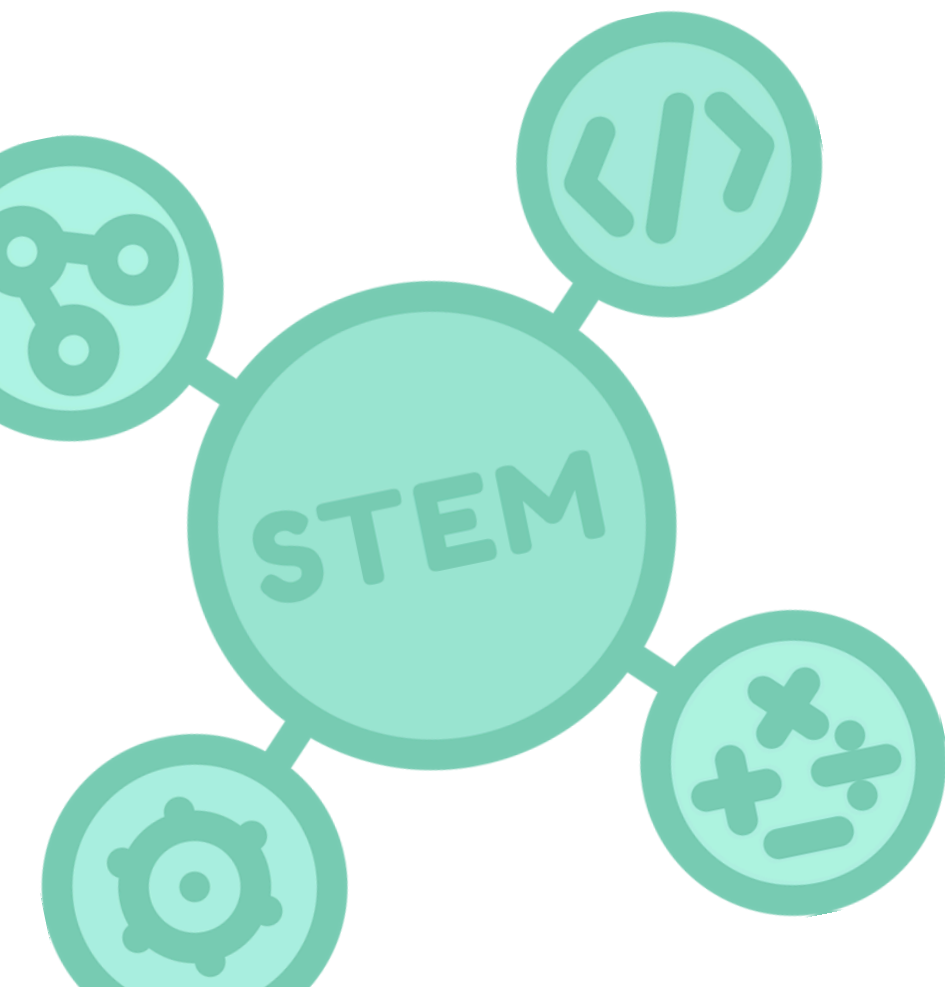
Sissejuhatus

Mis on STEAM haridus?	3
STEAM Põhikoolis	7
Sissejuhatus	
Kokkuvõte	10
STEAM pedagoogiline lähenemine ja liitreaalsus: Uurimispõhine õpe, projektipõhine õpe (PBL), probleempõhine õpe (PrBL)"	11
STEM haridus ja liitreaalsus	12
Aktiivne õpe	16
STEAM pedagoogiline lähenemine, mida rakendatakse praegu konsortsiumi riikides	
STEAM pedagoogiline lähenemine, mida rakendatakse praegu Saksamaal	22
STEAM pedagoogiline lähenemine, mida rakendatakse praegu Itaalias	23
STEAM pedagoogiline lähenemine, mida rakendatakse praegu Kreekas	24
STEAM pedagoogiline lähenemine, mida rakendatakse praegu Leedus	27
STEAM pedagoogiline lähenemine, mida rakendatakse praegu Eestis	28
Interdistsiplinaarne õpe	31
ISissejuhatus	31
Mis on interdistsiplinaarne õpe?	32
Miks on interdistsiplinaarne õpe oluline ja millised on selle eelised õpilastele?	33
Liitreaalsus klassiruumides: nõuded ja strateegiad	
Olulised suunised liitreaalsuse haldamiseks ja kasutamiseks aktiivse õppe ja koostöö edendamiseks hariduses	
Allikad	43



Mis on STEM haridus?

STEAM-haridus on akronüüm ja viitab interdistsiplinaarsele lähenemisele õpetamisele ja õppimisele, mis integreerib kontseptsioonid ja oskused neljast põhivaldkonnast: teadus, tehnoloogia, inseneritehnika ja matemaatika. Vastused küsimusele "Mis on STEAM?" võivad märkimisväärselt erineda sõltuvalt allikast. Poliitilisest vaatenurgast, näiteks organisatsioonide nagu NSF ja seadusandlike organite seisukohad, kuni hariduslikust perspektiivist, mis on tüüpiline K-12 agentuuridele ja koolipiirkondadele, nähakse STEAM-i sageli kui traditsioonilist distsiplinaarsete ainete komplekti, mis hõlmab teadust, matemaatikat, tehnoloogiat ja inseneritehnikat, ilma suurema integreerimiseta. Seetõttu rõhutab tänapäeva arusaam STEAM-haridusest integreerimist – eesmärgiga ühendada erinevaid distsipliine reaalses maailmas esinevate probleemide lahendamiseks (Sanders, 2009). STEAM-hariduse eesmärk on valmistada õpilasi ette teadmiste, oskuste ja pädevustega, mis on vajalikud, et õitseda tänapäeva kiiresti arenevas tehnoloogilises ja teaduslikus valdkonnas, lahendades reaalseid probleeme. STEAM on hariduslik lähenemine, mis on loodud selleks, et tuua matemaatika ja teaduse õpetamisse, mis on eluks vajalike põhifänomenide mõistmiseks hädavajalikud, tehnoloogia ja inseneritehnika teadus, kuna need on vahendid, millega inimesed suhtlevad looduse maailmaga. Seega keskendub STEAM interdistsiplinaarse lähenemisena reaalses maailmas esinevate probleemide mõistmisele ja lahendamisele. Interdistsiplinaarsus tähendab erinevate ainete uurimist ja teadusvaldkondade omavahelist seost, võimaldades õpilastel mõista mitte ainult konkreetseid teadmisi, vaid ka seda, kuidas teadused põimuvad ja mõjutavad erinevaid igapäevaelu aspekte (Matsangouras, 2012).



Mis on STEM haridus?

Interdistsiplinaarsuse idee hariduses on teooria, mida on arendatud ja toetatud alates 20. sajandist pioneerõpetajate, nagu John Dewey, poolt, kes pooldas õppimist strateegiate ja tegevuste kaudu, mis on inspireeritud õpilaste igapäevaelu kogemustest (Dewey, 1934). Hiljem arendasid nii Piaget kui ka Papert edasi Dewey ideid ning konstruktivistlikku teooriat, mille kohaselt on õppimine aktiivne protsess, mitte pelgalt teadmiste edastamine õpilastele. Teadmised konstrueeritakse ja põhinevad laste isiklikel igapäevaelu kogemustel, samas kui need sõltuvad iga individuaalse eelteadmiste tasemest (Piaget, 1974). Sellest vaatenurgast võtavad õpetajad ja pedagoogid suunava ja toetava rolli, samas kui õppimise keskpunkt asub täielikult õppija kätes.

21. sajandi alguses suurenes vajadus interdistsiplinaarse lähenemise järele matemaatikas, teaduses, tehnoloogias ja muudes seotud valdkondades. Ameerika Ühendriikides oli üldine mure õpilaste madala saavutustaseme üle matemaatikas ja eriti teaduses, koos huvi puudumisega nende erialade õppimise vastu (Kuenzi, 2008). Uurijad ja õpetajad jõudsid järeldusele, et parim viis õpilaste huvi taastamiseks teaduse ja tehnoloogia vastu oli nende kahe valdkonna suhte ümberdefineerimine.

Sanders (2009) iseloomustas integreeritud STEAM-haridust lähenemisena, mis uurib õpetamist ja õppimist kahe või enama STEAM-aine vahel või STEAM-aine ja muude kooliainete vahel. Sanders soovitab, et kursuses tuleks teadlikult kaasata õppimise tulemusi vähemalt ühe täiendava STEAM-aine kohta, näiteks matemaatika või teaduse õpitulemus tehnoloogia või inseneritehnika klassis. Moore jt (2014) defineerisid seevastu integreeritud STEAM-hariduse kui katse liita mõningaid või kõiki nelja distsipliini – teaduse, tehnoloogia, inseneritehnika ja matemaatika – ühte klassi, üksusesse või õppetundi, rõhutades nende ainete ja reaalse maailma probleemide vahelisi seoseid.

Aastal 2009 sai STEAM-haridus hoogu tänu Ameerika Ühendriikide presidendile Barack Obamale, kes toetas STEAM-haridust ja suurendas õpetajate arvu selles valdkonnas. President käivitas algatuse "Harida innovatsiooni nimel", et viia Ameerika õpilased teaduse ja matemaatika saavutustes keskmiselt kõrgeimale tasemele järgmise kümnendi jooksul. Ta väitis, et "teadus on meie heaolu, julgeoleku, tervise, keskkonna ja elukvaliteedi jaoks olulisem kui kunagi varem" (Obama, 2009). Hiljem, 2012. aastal, pakkus Ameerika Ühendriikide Rahvuslik Teadusnõukogu välja STEAM (teadus, tehnoloogia, inseneritehnika ja matemaatika) kui uue õpetamisviisi, eesmärgiga edendada teaduse, tehnoloogia, inseneritehnika ja matemaatika integreerimist õppekavasse, samal ajal edendades koostööõpet õpilaste seas (Pellegrino ja Hilton, 2012; Siekmann ja Siekmann, 2012; Korbelt, 2016; Miller jt, 2017).

Mis on STEM haridus?

Aastal 2013 väitis Ameerika Ühendriikide president Barack Obama: "Üks asju, millele olen presidentina keskendunud, on see, kuidas luua kõiki käsi kaasav lähenemine teadusele, tehnoloogiale, inseneritehnika ja matemaatika valdkondades... Me peame muutma selle prioriteediks, et koolitada armees uusi õpetajaid nendes ainetes ja veenduma, et meie riigina tõstame neid aineid üles nendele väärilise austuse andmiseks" (Obama, 2013).

Kuigi STEAM-hariduslik lähenemine sai alguse Ameerika Ühendriikides, et rahuldada oma hariduslikke vajadusi, on see kiiresti levinud rahvusvaheliselt. Ameerikast lähtudes, mille põhieesmärk on suurendada konkurentsivõimet STEAM-valdkondades ja edendada õpilaste kaasatust teaduse, matemaatika, inseneritehnika ja tehnoloogia tegevustes, on STEAM-i põhimõtted ja -praktikad nüüd levinud kõikides Ameerika ülikoolides ja paljudes keskhariduskoolides, sealhulgas spetsialiseeritud STEAM-i institutsioonides. Moore jt (2014) kirjeldasid integreeritud STEAM-haridust teaduse, tehnoloogia, inseneritehnika ja matemaatika integreerimise kaudu ühte klassi, üksusesse või õppetundi. See integreerimine põhineb nende distsipliinide ja reaalse maailma probleemide vaheliste seoste loomisel. Kuigi integreeritud STEAM-i õpikava mudelid võivad keskenduda peamiselt ühe STEAM-aine õpieesmärkidele, sisaldavad nad kontekste teistest STEAM-valdkondadest. Integreeritud STEAM-haridusele on iseloomulik mitme STEAM-i domeeni sisu õpetamine autentsetes kontekstides, rõhutades STEAM-i praktikaid õpilaste õppimise parandamiseks. Euroopa suundub samuti sarnases suunas.

Euroopa Liit rahastab projekte, mis edendavad STEAM-i hariduses, eesmärgiga koolitada rohkem õpilasi STEAM-valdkondades, et rahuldada oma vajadusi järgmiste aastate jooksul teadusprofessionaalide puuduse tõttu. Aastal 2015 viis Euroopa Schoolnet läbi STEAM-i hariduses uuringu aruande (Kearney, 2015), pakkudes rahvuslikke mõõdikuid 30 riigist. Euroopa Schoolnet'i andmetel peab 80% 30 riigist (Austria, Belgia, Bulgaaria, Horvaatia, Küpros, Tšehhi Vabariik, Taani, Eesti, Soome, Prantsusmaa, Kreeka, Ungari, Iirimaa, Iisrael, Itaalia, Leedu, Poola, Rumeenia, Slovakkia, Sloveenia, Hispaania, Rootsi, Šveits, Türgi, Ühendkuningriik), kes osalesid STEAM-i hariduse uuringus, STEAM-haridust oma õpetajate prioriteediks. Kuigi 2013. aastal näitas Euroopa Liidu uurimus, et teaduse ja matemaatika õpilaste sooritustase on madal ning STEM-valdkondade koolitatud tööjõu puudus on suur, on ELi poliitika loomisel märgitud, et uute tehnoloogiate integreerimine haridusse ja tööjõu koolitusse tuleb käsitleda koheselt prioriteetse küsimusena (Komisjon, 2015).

Kuid STEAM-hariduslik lähenemine ei ole vajalik ainult õpilaste jaoks, kes tulevikus soovivad töötada STEAM-aineid käsitlevates ametites. Selle innovaatilise haridusalase lähenemise peamine eesmärk on valmistada ette kõiki õpilasi, andes neile 21. sajandi oskusi ja pädevusi, et nad suudaksid edukalt kohaneda kaasaegse ühiskonna probleemide lahendamise protsessiga, mis keskendub tänapäeva maailma reaalsele probleemidele (Moore & Smith, 2014). Euroopa Schoolnet püüab inspireerida ja aidata haridusministeeriumide, koolide, õpetajate ja teiste asjakohaste sidusrühmade liikmeid üle Euroopa muuta haridustavasid, et need sobiksid 21. sajandi digitaliseeritud ühiskondade vajadustega. Euroopa Schoolnet saavutab seda, tuvastades ja katsetades paljutöotavaid innovaatilisi meetodeid, jagades tõendeid nende mõjude kohta ning soodustades õpetamis- ja õppimisviiside vastuvõtmist, mis vastavad kaasaegsetele kaasava hariduse standarditele. Marc Durando, Euroopa Schoolnet'i tegevdirektor, ütles: "Oma tegevuse kaudu toetame õpetajaid ja koolide juhte nende transformatsiooniprotsessides. Ainult tehnoloogia ei muuda õpetamise meetodeid. Iga transformatsiooniprotsess peab olema strateegia ja visiooni tulemus, kus koolide juhid omavad oma võtmerolli koos õpetajakogukonnaga muudatuste edendamise jõuena."

Noorte STEAM-talentide arendamine, et kujundada neist homse nõutud STEAM-professionaalid, jääb Euroopa Schoolneti peamiseks fookuseks. Samuti on püsiv probleem STEM-aine õpetamine isoleeritult.

Mis on STEM haridus?

Seetõttu jäävad prioriteediks jõupingutused interdistsiplinaarse õpetamise edendamiseks, mis on suunatud reaalse maailma väljakutsetele nagu jätkusuutlikkus või teadus, samuti koostöö edendamine ja laiaulatuslike STEAM-hariduse lähenemiste rakendamine kõigil haridustasanditel. Alates 2010. aastast on Scientix, mida juhivad Euroopa Schoolnet, olnud esirinnas teadmiste ja kogemuste jagamisel STEAM-hariduses. Oma portaali, väljaannete, kampaaniate, professionaalse arengu tegevuste ja võrgustikuürituste kaudu on Scientix mänginud selles valdkonnas kesksel rolli. Alguses toetas Euroopa Liidu FP7 ja Horizon 2020 teadus- ja innovatsiooniprogrammide kaudu Scientix'i tegevust aastatel 2010–2022, kuid aprillis 2023 muudeti Scientix täielikult Euroopa Schoolnet'i haldusesse.

Scientix STEMi liidu loomine oli vastus kriitilisele STEAM-oskuste puudusele Euroopas. Sellised tegurid nagu huvi vähenemine STEAM-i karjääride vastu, traditsioonilise STEAM-hariduse langus ja digitaalse kirjaoskuse vahe, toovad kaasa STEAM-i lõpetajate arvu vähenemise. See suundumus mitte ainult ei pärssita innovatsiooni, vaid piirab ka meie võimet tegeleda oluliste globaalsete probleemidega, nagu kliimamuutus, liikuvus ja energia. See algatus toimus keskse projektina kõikides koostöös, mis puudutasid STEAM-haridust tööstuspartneritega.



STEAM-i tutvustamine põhikoolis

STEAM-haridus on interdistsiplinaarne lähenemine, mis rõhutab seoseid teaduse, tehnoloogia, inseneriteaduse, kunsti ja matemaatika distsipliinide vahel, edendades kriitilist mõtlemist, probleemide lahendamise oskusi, loovust ja innovatsiooni (Bertrand & Namukasa, 2022). See osa juhendist annab ülevaate STEAM-hariduse põhjendustest, selle eelistest, väljakutsetest ja strateegiatest gümnaasiumis eduka rakendamise jaoks.



Viimastel aastatel on kogu maailmas järjest enam rõhku pandud STEAM-hariduse integreerimisele gümnaasiumi õpikavadesse. Selle algatuse eesmärk on valmistada õpilasi ette 21. sajandi nõudmisteks, varustades neid oluliste oskuste ja teadmistega erinevates valdkondades. Integreerides hariduspraktikasse teaduse, tehnoloogia, inseneriteaduse, kunsti ja matemaatika elemente, püüab STEAM-haridus edendada holistlikku arengut ja arendada tööjõudu, mis suudab lahendada keerulisi globaalprobleeme. Üksikud teadlased on pakkunud ideed, et õpetajad peaksid toetama STEAM-i kasutamist haridusvahendina, mis parandab õppeteekonda (Matsuura & Nakamura, 2021). Arvukad uuringud on rõhutanud STEAM-hariduse integreerimise mitmeid eeliseid gümnaasiumi õpikavadesse. Ajakirjas *Journal of STEM Education Research* avaldatud artikli kohaselt näitavad õpilased, kellele on tutvustatud STEAM-pedagoogikat, märkimisväärset paranemist oma akadeemilistes tulemustes, eriti matemaatika ja teaduse valdkondades (Smith et al., 2020). See empiiriline tõendusmaterjal kinnitab STEAM-meetodite tõhusust õpilaste saavutuste toetamisel.

STEAM-hariduse integreerimist gümnaasiumi keskkondades toetab arvukalt veenvat põhjendust, mis põhineb eelkõige erinevate distsipliinide omavahelise seotuse tunnustamisel. See omavaheline seotus peegeldab reaalses maailmas toimuvat olukorda, kus probleemid sageli ületavad distsiplinaarseid piire (National Research Council, 2014). Omaks võttes holistliku lähenemise, mis integreerib neid distsipliine, pakub STEAM-haridus õpilastele platvormi erinevate vaatenurkade uurimiseks ja keeruliste nähtuste põhjaliku mõistmise arendamiseks.

STEAM-i tutvustamine põhikoolis

Sisuliselt tunnustab STEAM-haridus, et paljusid ühiskonna ees seisvaid väljakutseid, nagu kliimamuutused või globaalne tervisekriis, ei saa piisavalt lahendada üheainsa distsipliini vaatenurgast. Need nõuavad pigem mitmekesisist arusaama, mis tugineb teaduse, tehnoloogia, inseneriteaduse, kunsti ja matemaatika teadmistest. See interdistsiplinaarne lähenemine rikastab mitte ainult õpilaste õppimiskogemusi, vaid valmistab neid ka ette reaalses maailmas probleemide tõhusamaks lahendamiseks.

Lisaks soodustab STEAM-haridus gümnaasiumis loovust ja innovatsiooni, pakkudes õpilastele praktilisi projektpõhiseid õppimiskogemusi. Uuringud on näidanud, et sellistes tegevustes osalemine stimuleerib õpilaste uudishimu ja julgustab neid katsetama ning uusi ideid uurima (Quigley, Herro, & Jamil, 2019). Töötades STEAM-projektide kallal, õpivad õpilased kriitiliselt ja loovalt mõtlema, arendades olulisi oskusi, mis on tänapäeva tööturul kõrgelt hinnatud.

STEAM-aktiivsus klassiruumis soodustab koostööd ja meeskonnatööd, mis on hädavajalikud oskused, et navigeerida tänapäeva tööturul levinud koostöökeskkondades. Koostööprojektid ei paranda mitte ainult õpilaste omavahelisi oskusi, vaid peegeldavad ka professionaalsete keskkondade koostööl põhinevat olemust, valmistades neid ette sujuvaks integreerimiseks mitmekesisest meeskonnadest (Smith et al., 2020).

Lisaks edendab STEAM-haridus kriitilise mõtlemise ja probleemilahendusoskuste arengut, mis on 21. sajandi eduks hädavajalikud. Uurimispõhiste õppemeetodite ja probleemilahendusülesannete kaudu õpivad õpilased analüüsima teavet, hindama tõendeid ja genereerima innovaatilisi lahendusi keerulistele probleemidele (Stohlmann, Moore, & Roehrig, 2012). Need oskused mitte ainult ei kasu õpilastele akadeemiliselt, vaid annavad neile ka jõu, et saada aktiivseteks ja teadlikeks kodanikeks, kes suudavad tegeleda oma kogukondade ja kogu maailma ees seisvate väljakutsetega. Lõppkokkuvõttes varustab STEAM-hariduse integreerimine gümnaasiumites õpilasi mitmekesise oskuste kogumiga, valmistades neid ette edukaks toimetulekuks pidevalt muutuvast maailmast (Smith et al., 2020).



Põhikoolihariduses puutub STEAM-hariduse rakendamine kokku mitmete väljakutsetega. Üks põhiväljakutse on erinevate ainete integreerimine õppekavasse, nagu rõhutavad Matsuura ja Nakamura (2021). Nad tõstavad esile STEAM- algatuste sidumise olulisust olemasolevate haridussüsteemidega, tagades samal ajal distsipliinide vahelise kooskõla ja asjakohasuse. Siiski jääb see integreerimine traditsioonilises gümnaasiumihariduse struktuuris keeruliseks (National Research Council, 2014).

Teise olulise murekohtana toovad Stohlmann, Moore ja Roehrig (2012) esile õpetajate valmisoleku. Nende uurimus näitab, et paljud õpetajad ei oma vajalikke pedagoogilisi strateegiaid ja siseteadmisi efektiivseks STEAM-i integreerimiseks. Professionaalsed arenguprogrammid, mis on suunatud STEAM-pedagoogikale ja interdistsiplinaarsetele lähenemistele, on vajalikud selle puudujäägi ületamiseks (Bertrand & Namukasa, 2022).

Lisaks on ressursi kättesaadavus märkimisväärne väljakutse. Quigley, Herro ja Jamil (2019) käsitlevad, kuidas ligipääs materjalidele, seadmetele ja rajatistele on hädavajalik praktiliseks, kogemuslikuks õppeks, mis on STEAM-hariduse põhiolemus. Hinnangumeetodid kujutavad endast veel üht takistust. Traditsioonilised hindamismeetodid ei pruugi adekvaatselt kajastada interdistsiplinaarseid oskusi, mida STEAM-haridus soodustab. Smith, Johnson ja Williams (2020) rõhutavad vajadust innovaatiliste hindamistrateegiade järele, mis hindavad õpilaste võimet rakendada teadmisi erinevates distsipliinides. Siiski nõuab selliste hindamismeetodite väljatöötamine ja rakendamine märkimisväärset aega, teadmisi ja institutsionaalset tuge. Nende väljakutsete lahendamine on hädavajalik STEAM-hariduse täieliku potentsiaali realiseerimiseks gümnaasiumites. Õpetajate koostöö, piisav koolitus ja ressursid ning tõhusate hindamismeetodite väljatöötamine on olulised aspektid, mida tuleb arvesse võtta.

STEAM-hariduse integreerimine gümnaasiumites tänapäeva haridussüsteemides toob endaga kaasa nii väljakutseid kui ka võimalusi. Kuigi see on leidnud oma koha hariduse päevakordades, on endiselt märgatav erinevus algatuste kvaliteedis ja kvantiteedis, nagu näitavad Kim ja Kim (2016) ning Perignati ja Katz-Buonincontro (2019) kirjanduse ülevaade. Need uuringud rõhutavad vajadust konkreetsemate õpitulemuste järele, eriti loovuse, probleemilahenduse ja kunsti hariduse valdkondades. Kim ja Kim (2016) ettepanekud tõhusate STEAM-õppekavade kriteeriumiteks — situatiivne kontekst, loov disain ja emotsionaalne kaasatus — teenivad juhisenä, et luua tähenduslikke õppimiskogemusi.

Erinevad algatused, sealhulgas muuseumikülastused, praktilised eksperimendid ja digitaalsete simulatsioonide kasutamine, nagu rõhutavad Li ja Wong (2020), pakuvad mitmekesiseid teid STEAM-i integreerimiseks, arvestades õpilaste erinevaid õppimise eelistusi ja huve. Olulised projektid, nagu Global Science Opera ja UK CREATIONS algatused, näitavad koostöövõimekust, mis ületab kunsti ja teaduse piire, rikastades õpilaste arusaamu interdistsiplinaarse uurimise ja loova väljenduse kaudu (Tesconi & de Aymerich, 2020). Sarnased algatused, nagu GetWet, demonstreerivad STEAM-i potentsiaali sotsiaalsete ja keskkonnaalaste probleemide lahendamisel ning kogukonna kaasamise edendamisel (Colucci-Gray et al., 2019). Need kogemused toovad esile STEAM-hariduse mitmekesise olemuse, hõlmates innovaatilisi pedagoogilisi lähenemisi, interdistsiplinaarseid koostöid ja reaalseid rakendusi, mille eesmärk on arendada holistlikke õppimiskogemusi õpilaste jaoks.



Kokkuvõte

Kokkuvõttes esindab STEAM-hariduse sisseviimine gümnaasiumides olulist sammu õpilaste ettevalmistamisel 21. sajandi väljakutseteks ja võimalusteks. STEAM-i interdistsiplinaarne loomus soodustab kriitilist mõtlemist, probleemilahenduse oskusi, loovust ja innovatsiooni, mis vastavad kiiresti areneva maailma nõudmistele. Kuigi STEAM-i integreerimine haridusraamistikku pakub tohutut potentsiaali, toob see kaasa ka olulisi väljakutseid. Nende väljakutsete lahendamine nõuab õpetajate, poliitikakujundajate ja sidusrühmade koostööd, et tagada sujuv integreerimine, õpetajate valmisolek, ressursside kättesaadavus ja sobivad hindamismeetodid.

Hoolimata nendest takistustest rõhutavad kirjanduses esitatud mitmekesised algatused ja projektid STEAM-hariduse transformaatorite mõju, rikastades õpilaste õppimiskogemusi, edendades interdistsiplinaarset arusaama ning võimaldades neil saada aktiivseteks panustajateks oma kogukondades ja laiemas maailmas. Edasi liikudes on hädavajalik jätkuv investeerimine STEAM-haridusse ja sihipärased pingutused olemasolevate väljakutsete ületamiseks, et saavutada selle täielik potentsiaal ning varustada õpilasi oskuste ja pädevustega, mis on vajalikud toimetulemiseks üha keerukamas ja omavahel seotud globaalses keskkonnas.



STEM Pedagoogiline Lähtepunkt ja Liitreaalsus

Uurimispõhine õpe, projektipõhine õpe (PBL), probleemipõhine õpe (PrBL)

Teaduse, tehnoloogia, inseneriteaduse ja matemaatika (STEM) hariduse arenevas maastikus otsitakse pidevalt innovaatilisi pedagoogilisi lähenemisviise, et edendada sügavamat arusaamist, kaasatust ja kriitilist mõtlemist õpilaste seas. Augmenteeritud reaalsus (AR) tõuseb välja kui võimas tööriist, mis mitte ainult ei köida õpilaste tähelepanu, vaid ka suurendab õppimiskogemusi.

Käesolev dokument on üles ehitatud järgmiselt: jaotis 1 keskendub STEM haridusele ja sellele, kuidas seda saaks täiustada augmenditud reaalsuse (AR) abil; jaotis 2 tutvustab aktiivset õppimist, arutades kolme silmapaistvat pedagoogilist lähenemist: uurimispõhine õpe (IBL), projektipõhine õpe (PBL) ja probleemipõhine õpe (PrBL); alamjaotis käsitleb AR-tehnoloogia ühendamist nende kolme pedagoogilise lähenemisega. Selle integreerimise kaudu saavad õpetajad luua kaasavaid, interaktiivseid ja dünaamilisi õpikeskkondi, mis võimaldavad õpilastel uurida, luua ja lahendada reaalse maailma väljakutseid STEM-distsipliinides. Lõpuks jaotis 3 käsitleb STEM pedagoogilist lähenemist, mida praegu rakendatakse BioS4You AR 2.0 konsortsiumi riikides (Saksamaa, Itaalia, Eesti, Kreeka, Leedu).

STEM pedagoogiline lähenemine ja liitreaalsus: uurimuslik õppimine, projektipõhine õppimine (PBL), probleemipõhine õppimine (PrBL)

STEM-õpe ja liitreaalsus

Liitreaalsus (AR) on 3D-tehnoloogia, mis täiendab kasutaja tajusid realses maailmas, lisades sinna kontekstuaalseid infokihte [1]. AR on viimastel aastakümnetel muutunud haridusuuringute seas populaarseks teemaks kui viis õpetamis- ja õppimisprotsesside rikastamiseks [2]. Liitreaalsuse meedialised omadused – nagu sensoorne immersioon, navigeerimine ja manipuleerimine – soodustavad positiivsete emotsioonide teket õppimisel ning loovad tõhusamaid ja paremaid õpitulemusi [3]. Komplekssete kontseptsioonide visualiseerimise kaudu kolmemõõtmeliste objektidena võimaldab AR interaktiivset ja reaajas toimivat tegelikkust. Olemasolev kirjandus toob välja mitmeid liitreaalsuse kaasamise eeliseid hariduses. Need kvalitatiivsed ülevaated järeldavad, et AR-rakenduste lisamine haridusse on asjakohane, kuna see parandab õpilaste õpitulemusi ja motiveerib neid õppima.

Tabel 1 esitab mõned enim viidatud kvalitatiivsed ülevaated AR-i kasutamisest hariduses (allikast [3]).

Tabel 1

Kvalitatiivsed ülevaated liitreaalsuse (AR) rakendustest hariduses

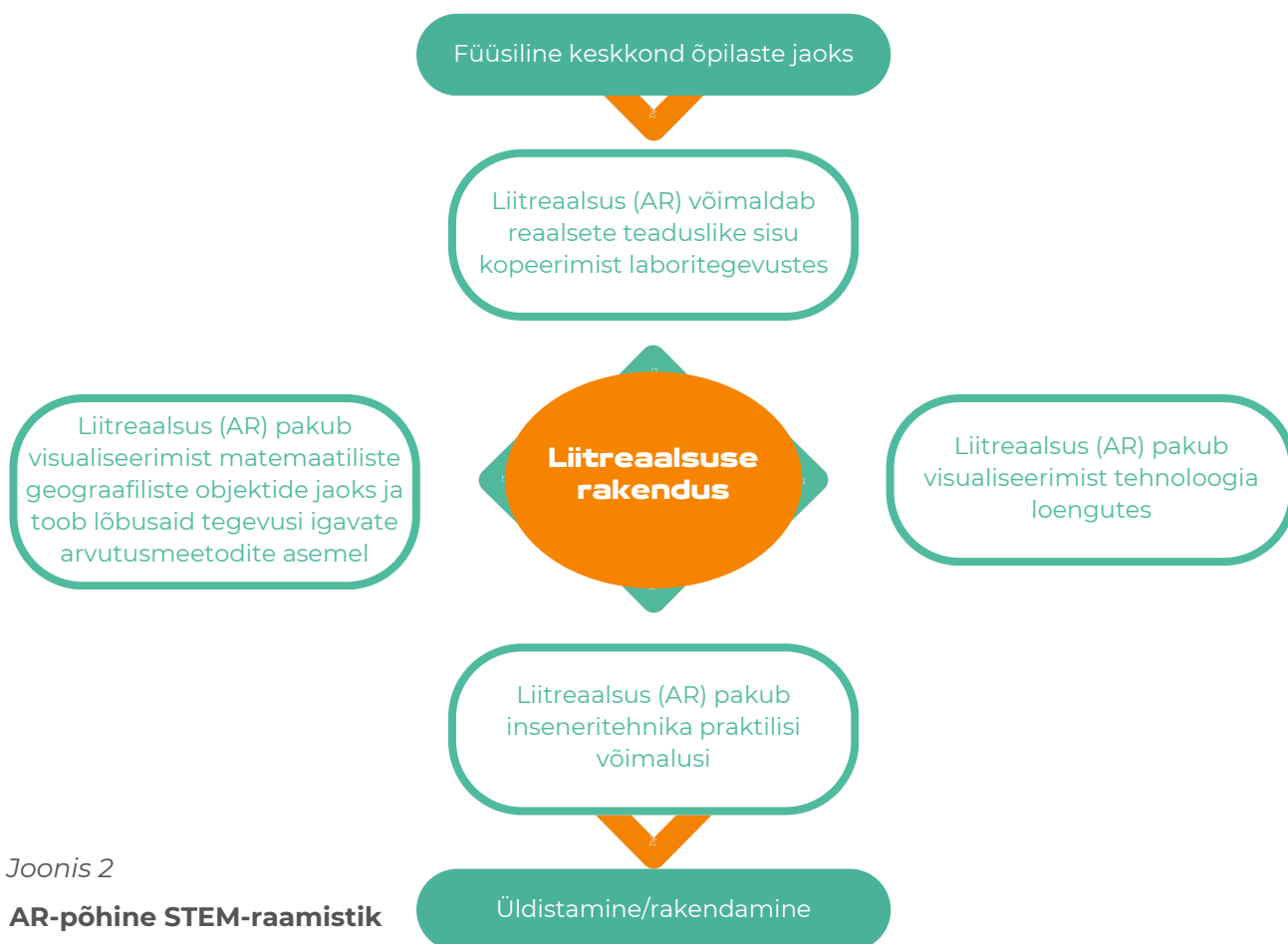
Uuring	Uuritavad muutujad	Peamised tulemused
<i>Radu (2012)</i>	Õppimise mõju; eelised; puudused	Liitreaalsus (AR) suurendab: Sisu mõistmist Pikaajalist teadlikkust Õppimise motivatsiooni
<i>Wu, Lee, Chang, and Liang (2013)</i>	Õppimise mõju; tehnoloogilised probleemid; pedagoogilised probleemid; õppimisprobleemid. Eelised ja puudused; hariduse valdkond, haridustase	Liitreaalsus (AR) võimaldab: Ühiskondlik, koostööaltil ja situatiivne õppimine, Nähtamatu visualiseerimine. Aformaalsete ja formaalsete õppimisviiside ühendamine
<i>Baca, Baldiris, Fabregat, Graf, and Kinshuk (2014)</i>	Liitreaalsuse (AR) eelised hariduses	Liitreaalsuse (AR) peamised eelised hariduses on õppimise edusammud ja motivatsioon. Peamine raskus on ülesseatud teabe säilitamine.
<i>Diegmann, Schmidt-Kraepelin, Eynden, and Basten (2015)</i> <i>Akeayir and Akcayir (2017)</i>	Eelised ja puudused; hariduse valdkond, haridustase	Liitreaalsuse (AR) peamine eelis hariduses on õppimise edusammud. Kõige sagedamini teatatud väljakutseks on õpilaste raskused selle kasutamisel.

STEM pedagoogiline lähenemine ja liitreaalsus: uurimuslik õppimine, projektipõhine õppimine (PBL), probleemipõhine õppimine (PrBL)

Mõned uurijad on toonitanud, et liitreaalsusel (AR) on potentsiaalsed hariduse eelised, mis on eriti kasulikud teaduse, tehnoloogia, inseneritehnika ja matemaatika (STEM) valdkondades, sealhulgas ruumiline võimekus, praktilised oskused, kontseptuaalne arusaamine ja teaduslik uurimisel õppimine [4-7]. Tõepoolest, liitreaalsuse (AR) integreerimine STEM-hariduses on avanud uusi piire õpetamises ja õppimises, muutes hariduse maastikku õpilaste jaoks. AR-tehnoloogia pakub kaasahaaravaid kogemusi, mis suurendavad arusaamist ja kaasatust STEM-aineis. Näiteks füüsikas on kallid või ebapiisavad laboratoorsed süsteemid, süsteemivead ja keerukus teiste eksperimenteerimise olukordade simuleerimisel; tehnoloogias ei ole paljudes koolides piisavalt arvuteid; inseneritehnikas on vaid mõned õpetajad, kes tunnevad arvutiabi disaini (CAD) valdkonda; ja matemaatikas ei kasuta paljud õpetajad tehnoloogiat oma tundides, sageli seetõttu, et nad usuvad, et traditsioonilised meetodid on endiselt paremad. Veel üks suurepärane rakendus liitreaalsuses teaduses on AR-põhine simulatsiooniskeem koostöölase uurimispõhise õpetamise tegevuse jaoks teaduskursusel, mis avastas, et AR-põhine simulatsioon suudab kaasata õpilasi sügavamalt uurimisprojekti tegevusse kui traditsioonilised simulatsioonid.

Allikas: [8]

AR-põhine raamistik STEM-hariduses, mis on saadud ülevaatest, kooli administratsiooni ja poliitikakujundajate toetuseks



Joonis 2

AR-põhine STEM-raamistik

STEM pedagoogiline lähenemine ja liitreaalsus: uurimuslik õppimine, projektipõhine õppimine (PBL), probleemipõhine õppimine (PrBL)

Tehnoloogiad, mida järk-järgult tutvustatakse hariduskontekstides, võimaldavad õpilastel mitmekesistada teadmiste omandamise viise. Siiski on uute tehnoloogiate rakendamine klassiruumis alati väljakutseks kõigile haridusprotsessis osalejatele. Uue tehnoloogia, nagu liitreaalsuse seadmete, saabumine köidab õpetajate tähelepanu. See loob ootuse, et selle kasutamine võib pakkuda õpilastele uusi viise suhtlemiseks, uusi koostöövõimalusi õpilaste vahel ja õpilaste ning õpetajate vahel ning potentsiaalselt suurendada motivatsiooni õppimisele. Kuid nimetatud ootused ja selle kasutamiseks kõige sobivamad strateegiad vajavad valideerimist ning uusi tuleb uurida. Prototüübid ulatuvad lihtsatest tehnoloogilistest integreerimistest keerulisemateni, kus tutvustatakse liitreaalsuse süsteemi [9].

Liitreaalsus rikastab STEM-haridust, lisades digitaalset sisu füüsilisele maailmale, sillutades seeläbi teed abstraktsete kontseptsioonide ja käegakatsutavate kogemuste vahel. AR-i kasutades saavad õpetajad muuta traditsioonilisi tunde kaasahaaravateks seiklusteks, kus õpilased suhtlevad virtuaalsete mudelite, simulatsioonide ja andmevisualiseerimisega reaalses. See interaktiivne kaasamine mitte ainult ei paranda arusaamist, vaid soodustab ka uudishimu, loovust ja koostööd õppijate seas.

Kuigi on tehtud mõningaid uuringuid AR-i kasutamise kohta hariduses, et teavitada konkreetsete hariduslike rakenduste arendamist, on piiratud uurimistööd pedagoogilise raamistiku väljatöötamise ja õpetajatele selle tõhusaks rakendamiseks ressursside pakkumise osas [10-11]. Selles kontekstis on meie projekti eesmärk tuvastada ja uurida pedagoogilisi strateegiaid, hindades neid reaalses õpetamis- ja õppimisskeemides, eriti välja arendatud kompetentside ja õpilaste motivatsioonitasemete osas, samuti liitreaalsuse erinevate seadmete integreerimise viiside osas.

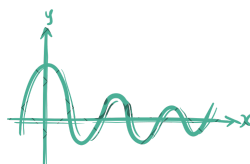
STEM pedagoogiline lähenemine ja liitreaalsus: uurimuslik õppimine, projektipõhine õppimine (PBL), probleemipõhine õppimine (PrBL)

Liitreaalsuse rakenduste näited STEM-hariduses [12-15]



Bioloogia

Liitreaalsus (AR) toob bioloogilised kontseptsioonid ellu, lisades digitaalse teabe reaalse maailma eksponaatidele. Õpilased saavad uurida üksikasjalikke 3D-mudeleid rakkudest, elunditest või organismidest, soodustades sügavamat arusaamist bioloogilistest struktuuridest ja funktsioonidest.



Füüsika

Liitreaalsuse simulatsioonid füüsikas võimaldavad õpilastel läbi viia katseid virtuaalses keskkonnas. Nad saavad visualiseerida keerulisi kontseptsioone nagu liikumine, jõud ja elektri, muutes abstraktsed teooriad käegakatsutavaks interaktiivsete simulatsioonide kaudu.



Keemia

Liitreaalsuse rakendused keemias võimaldavad õpilastel uurida molekulaarstruktuure ja keemilisi reaktsioone. Nad saavad manipuleerida 3D molekulaarmudelitega ja jälgida reaktsioone reaalses, suurendades keemiliste printsiipide arusaamist.

Liitreaalsuse eelised STEM-õppes [12-15]



Täpsem visualiseerimine

Liitreaalsus (AR) lihtsustab abstraktsete kontseptsioonide visualiseerimist, muutes keerulised teooriad õpilastele kergemini ligipääsetavaks ja arusaadavaks



Interaktiivne õppimine

Liitreaalsus (AR) soodustab aktiivset õppimist, kaasates õpilasi interaktiivsetesse kogemustesse, edendades uudishimu ja sügavamat kaasatust STEM-aineidesse



Kogemuslik haridus

Liitreaalsuse simulatsioonid pakuvad kogemusliku õppimise võimalusi, võimaldades õpilastel viia läbi virtuaalseid katseid või uurida nähtusi, mis ei ole traditsioonilistes klassiruumides teostatavad.

STEM pedagoogiline lähenemine ja liitreaalsus: uurimuslik õppimine, projektipõhine õppimine (PBL), probleemipõhine õppimine (PrBL)

Aktiivne õppimine

Ei ole olemas ühtset määratlust õppimisele, mida teoreetikud, uurijad ja praktikud ühiselt aktsepteeriksid. Siiski viitab laialdaselt aktsepteeritud väide, et õppimine tähendab muutust inimkäitumises, teadmistes, oskustest, uskumustest ja hoiakutest [16]. Teoreetilised traditsioonid on määratlenud neli peamist õppeteooriat: behaviorism, kognitivism, humanism ja konstruktivism [16]. Küll aga on konstruktivism kõige populaarsem õppeteooria haridustehnoloogias. Konstruktivism on lähenemine õppimisele, mis väidab, et inimesed konstrueerivad aktiivselt teadmisi ja et reaalsus määratakse õppija kogemuse põhjal. Konstruktivismiga seotud on mitmeid põhimõtteid, mis on õpetamise ja õppimise teooriana olulised. Sel juhul toome esile neli põhimõtet, mis on võtmetähtsusega konstruktivismi olulisuse mõistmiseks haridustehnoloogias. Esiteks, konstruktivismi keskne idee on, et teadmisi ei edastata õpetajalt õpilasele, vaid see on aktiivne konstruktsiooniprotsess [16]. See tähendab, et õpilased konstrueerivad uusi teadmisi oma varasemate teadmiste põhjal ning et varasemad teadmised mõjutavad uusi teadmisi, mida õppija uutest õpikogemustest loob. Teiseks, konstruktivismi teine oluline mõiste on, et õppimine on aktiivne protsess, mitte passiivne. Passiivne vaade õpetamisele näeb õppijat kui tühja anumet, mille teadmistega täitmine on vajalik, samas kui konstruktivism väidab, et õppijad loovad tähenduse aktiivse keskkonnaga kaasamise kaudu. Kolmandaks, õppimine on sotsiaalne tegevus. Õppija sotsiaalne maailm hõlmab inimesi, kes mõjutavad õppija elu, nagu perekond, sõbrad, õpetajad, poliitikakujundajad ja teised. See sotsiaalne keskkond mängib kesket rolli õppija tähenduse konstrueerimisel ja seega võib õppimist kirjeldada kui koostööl põhinevat protsessi. Neljandaks, kuigi õppimist kirjeldatakse kui sotsiaalset tegevust, on kõik teadmised isiklikud, st igal indiviidil on ainulaadne vaatenurk, mis põhineb olemasolevatel teadmistel ja varasematel kogemustel [17]. See tähendab, et samad tegevused, õpetamismeetodid ja õppetunnid võivad igal õpilasel anda erinevaid õpikogemusi, kuna nende tõlgendused asjadest ja ideedest võivad erineda.

Konstruktivismi põhimõtetest tuleneb suur hulk lähenemisviise õppimisele; kõige levinumad pedagoogilised lähenemisviisid AR-sekkumistes on uurimispõhine õppimine, projektipõhine õppimine ja probleemipõhine õppimine. Kõik need lähenemisviisid rakendavad hariduslike sekkumiste puhul sarnaseid strateegiaid, näiteks peavad õpilasi õppimise protsessi peategelasteks, kasutavad toetavaid meetodeid, hõlmavad erinevaid õppimissituatsioone, arvestavad kõrge mõtlemisoscusega ja keskenduvad reaalsele probleemile. Küll aga omab iga lähenemisviis ainulaadseid omadusi, mis annavad sellele kohti õppimise lähenemisviiside hulgas. Järgmistes alajaotustes esitatakse igaühe lühike määratlus ja loetletakse nende peamised omadused.

STEM pedagoogiline lähenemine ja liitreaalsus: uurimuslik õppimine, projektipõhine õppimine (PBL), probleemipõhine õppimine (PrBL)

Uurimispõhine õppimine (IBL)

Tuntud ka kui avastamisõpe, on see aktiivne pedagoogiline lähenemine, mis nõuab, et õpilane uuriks probleemi, esitaks küsimusi ja otsiks seejärel nendele küsimustele võimalikke lahendusi. Selles lähenemises on õpetaja teadmiste hõlbustaja ja õpilane on õppimisprotsessi peategelane. Uurimispõhine õppimine (IBL) on kaasaegse hariduse uuenduslik sümbol, edendades pedagoogilist lähenemist, mis seab keskmesse uudishimu, uurimise ja avastamise. Erinevalt traditsioonilistest didaktilistest meetoditest võimaldab IBL õpilastel aktiivselt osaleda õppimisprotsessis, edendades kriitilist mõtlemist, probleemide lahendamise oskusi ja eluaegset teadmiste janunemist. IBL olemus on õppijakeskne lähenemine, mis kutsub õpilasi esitama küsimusi, uurima nähtusi ja konstrueerima oma arusaama kontseptsioonidest uurimise ja refleksiooni kaudu. Konstruktivismi ja kognitiivse psühholoogia põhimõtetele põhinev IBL nihutab tähelepanu õpetajate teabe edastamiselt õppijate aktiivsele kaasamisele tähenduslikesse uurimisprotsessidesse. Toetades uudishimu ja autonoomiat, süvendab IBL mitte ainult kontseptuaalset arusaamist, vaid ka arendab olulisi oskusi, nagu kriitiline mõtlemine, probleemide lahendamine ja suhtlemine. See lähenemine kasutab erinevaid strateegiaid, nagu väikeste rühmade arutelud ja juhendatud õppimine. Faktide ja materjalide meeldejätmise asemel õpivad õpilased tehes, mis võimaldab neil teadmisi konstrueerida uurimise, kogemuste ja arutelu kaudu. Adaptatsioon Lazonderi ja Harmseni tööst [18] toob järgmises osas esile mõned IBL-i kõige olulisemad eelised hariduskeskkonnades.

- 1. See suurendab õpilaste õpikogemusi, võimaldades neil uurida teemasid iseseisvalt.**
- 2. See õpetab oskusi, mis on vajalikud kõikides õppevaldkondades, kuna teema uurimisel arendavad õpilased kriitilist mõtlemist ja suhtlemisosku.**
- 3. See soodustab õpilaste uudishimu, kuna nad saavad jagada oma ideid teema kohta.**
- 4. See süvendab õpilaste arusaamist teemadest, kuna õpilased teevad seoseid selle vahel, mida nad õpivad, selle asemel et lihtsalt fakte meelde jätta.**
- 5. See suurendab sidet materjaliga, võimaldades õpilastel uurida teemasid, luua oma seoseid ja esitada küsimusi, mis julgustab neid täielikult osalema õppimisprotsessis.**

Võib-olla on üks IBL-i kõige tuntumaid eeliseid haridusprotsessides see, et see suurendab õppimise motivatsiooni. Kui õpilased suhtlevad materjaliga omal moel, siis nad mitte ainult ei saa sügavamast arusaamist teemadest, vaid arendavad ka kirge uurimise ja õppimise vastu.

STEM-i uurimispõhine õppimine on võimas meetod, et kaasata õpilasi ja kasvatada sügavat arusaamist teaduslikest kontseptsioonidest. Uurimise asetamine õppimise esikohale annab STEM-i IBL-le õpilastele võimaluse esitada küsimusi, uurida nähtusi ja konstrueerida teadmisi koostöös, valmistades neid seega ette kaasaegse maailma keerukuseks. STEM-i IBL on pedagoogiline lähenemine, mis rõhutab uurimist, katsetamist ja avastamist. Selle asemel, et lihtsalt edastada teavet õpilastele, hõlbustavad õpetajad õppimiskogemusi, mis julgustavad aktiivset uurimist. Avatud küsimuste, praktiliste katsete ja autentsete uurimiste kaudu alustavad õpilased avastuste teekonda, juhtides oma õppimisprotsessi. Olgu need siis füüsika põhimõtete uurimine masinate ehitamise kaudu või bioloogilised välitööd, STEM-i IBL julgustab õpilasi mõtlema kriitiliselt, lahendama probleeme loominguliselt ja arendama sügavamast austust teadusmeetodi vastu.

STEM pedagoogiline lähenemine ja liitreaalsus: uurimuslik õppimine, projektipõhine õppimine (PBL), probleemipõhine õppimine (PrBL)

Uurimispõhise õppimise rakendamine nõuab läbimõeldud planeerimist, toetust ja hõlbustamist, et luua rikkalikke, uurimist suunatud õppimiskogemusi. STEM-i IBL-i edukas rakendamine tugineb järgmistele võtmeetappidele:

- 1. Aktiivne kaasamine:** Ärgita uudishimu, esitades õpilastele mõtlemapanevaid küsimusi, reaalse maailma probleeme või intrigeerivaid nähtusi, mis toimivad uurimise katalüsaatorina.
- 2. Uurimine:** Anna õpilastele võimalus võtta vastutus oma õppimise eest, lubades neil formuleerida oma küsimusi, kujundada katseid ja juhtida uurimisprotsessi. Toeta õppijate uurimisprotsesse juhendatud uurimise kaudu, pakkudes vajadusel ressursse, raamistikke ja tuge.
- 3. Koostöö:** Edenda koostöö- ja suhtlemisoskusi, julgustades õpilasi töötama meeskondades, jagama ideid ja osalema teaduslikus arutelus.
- 4. Uurimine:** Kaasa praktilisi eksperimente, simulatsioone ja reaalse maailma kogemusi, mis võimaldavad õpilastel suhelda nähtustega otse autentsetes kontekstides, mis on seotud õpilaste huvide, kogemuste ja ümbritseva maailmaga, muutes uurimisprotsessi asjakohaseks ja tähenduslikuks.
- 5. Refleksioon:** Paku õpilastele võimalusi reflekteerida oma õppimiskogemuste üle, hinnata oma meetodeid ja tulemusi ning luua seoseid nende leidude ja laiemate teaduslike põhimõtete vahel.

STEM IBL pakub arvukalt eeliseid nii õpilastele kui ka õpetajatele. IBL algab uudishimu äratamisest, kutsudes õppijaid küsimusi esitama ümbritseva maailma kohta ja asuma intellektuaalsetele teekondadele, mida juhib tõeline uurimine. Asetades õpilased õppimise keskmesse, edendab STEM IBL aktiivset kaasatust ja süvendab arusaamist STEM-i kontseptsioonidest. Seejärel osalevad õppijad autentsetes, reaalse maailma probleemides või stsenaariumides, mis julgustavad neid rakendama erialaseid teadmisi ja oskusi, et uurida lahendusi koostöös, võttes aktiivse rolli uurijate, teadlaste ja loojatena, omandades vastutuse oma õppimisprotsessi eest ja arendades agentuuri tunnet. Õpetajad pakuvad toetust ja juhendamist, et toetada õppijate uurimisprotsesse, hõlbustades sügavat uurimist ja metakognitiivset refleksiooni.

Lisaks julgustab IBL loovust ja innovatsiooni, kui õpilased kujundavad eksperimente, pakuvad lahendusi reaalse maailma probleemidele ja uurivad uusi ideid. Uurimise kaudu arendavad õpilased kriitilise mõtlemise oskusi, analüüsides andmeid, tehes järeldusi ja hinnates oma leidude kehtivust. Uurimispõhise õppimise eelised on mitmekesised, ulatudes pelgalt teadmiste omandamisest holistliku arengu ja elukestva õppe valmiduse poole. IBL arendab kriitilise mõtlemise oskusi, kui õpilased analüüsivad tõendeid, hindavad argumente ja pakuvad lahendusi keerukatele probleemidele. Uudishimu poolt toituv sisemine motivatsioon säilitab õppijate kaasatuse ja juhib nende teadmiste otsingut kaugemale klassiruumi. Toetades uudishimu ja isejuhtivat uurimist, instilleerib STEM IBL õppimise kirge, mis ulatub klassiruumist kaugemale ja õpilaste igapäevaelu. Lõpuks edendab IBL koostöö- ja suhtlemisoskusi, kui õpilased osalevad dialoogis, arutlevad ideede üle ja koosloovad teadmisi oma eakaaslastega. IBL soodustab võrdsust, pakkudes kõikidele õpilastele, sõltumata taustast või võimetest, võimalusi aktiivselt osaleda õppimisprotsessis ja anda teaduslikule uurimisele mõtestatud panus.

Hoolimata arvukatest eelistest võib STEM IBL rakendamine esitada väljakutseid, sealhulgas piisavate ressursside vajadust, aega uurimiseks ja toetust õpetajatele, kes liiguvad hõlbustava rolli poole. Samuti nõuab kõigile õpilastele uurimisprotsesside jooksul võrdselt ligipääsu tagamine hoolikat arvestamist mitmekesiste õpivajaduste ja taustaga. Õpetajad peavad samuti pakkuma toetust ja juhendamist, et aidata õpilastel uurimisprotsessi tõhusalt navigeerida, eriti nende jaoks, kes võivad iseseisva uurimisega raskusi kogeda.

STEM pedagoogiline lähenemine ja liitreaalsus: uurimuslik õppimine, projektipõhine õppimine (PBL), probleemipõhine õppimine (PrBL)

Projektipõhine õppimine (PBL)

See on õpilaskeskne lähenemine õppimisele, kus õpilased omandavad teadmisi ja oskusi, töötades pikema aja jooksul keerulise küsimuse, probleemi või väljakutse uurimise ja vastamise kallal. Erinevalt traditsioonilisest õpetamisest, kus õpilased passiivselt omandavad teavet, annab PBL õpilastele võimaluse aktiivselt uurida reaalseid väljakutseid praktiliste projektide kaudu. See lähenemine mitte ainult ei soodusta sügavat arusaamist STEM-kontseptsioonidest, vaid arendab ka kriitilist mõtlemist, koostööd ja probleemilahendusoskusi, mis on vajalikud tänapäeva kiiresti muutuvast maailmast eduks. Selle lähenemise raames on õppijatel tavaliselt rohkem autonoomiat selle üle, mida nad õpivad, säilitades huvi ja motiveerides neid võtma suuremat vastutust oma õppimise eest. Lisaks rõhutab PBL, et on oluline, et õppijad mitte ainult ei lahendaks probleeme reaalses kontekstis, vaid ka näeksid, kuidas praktikud sarnaseid probleeme lahendavad. Vallera töö põhjal kohandatud PBL hõlmab järgmisi peamisi elemente haridustehnoloogias:

1. **õpetada olulisi sisu läbi teadmiste ja oskuste,**
2. **nõuda kriitilist mõtlemist, probleemilahendust, koostööd ja erinevaid suhtlemisviise,**
3. **teha põhjalikku uurimistööd,**
4. **tekitada vajadus teada olulisi sisu ja oskusi,**
5. **anda pidevat tagasisidet**
6. **ja lasta õpilastel esitada oma lõppprojektid avalikule publikule.**

Põhiliselt integreerib STEM PBL teaduse, tehnoloogia, inseneriteaduse ja matemaatika interdistsiplinaarsetesse projektidesse, mis peegeldavad tõelisi ülesandeid, millega silmitsi seistakse professionaalsetes keskkondades. Olgu need siis säästva energia lahenduste kavandamine, mudelsildade ehitamine või interaktiivsete rakenduste kodeerimine, õpilased lahendavad keerulisi probleeme, mis nõuavad loovat mõtlemist ja STEM-põhimõtete rakendamist. Neid projekte uurides arendavad õppijad sügavamat arusaamist STEM-distsipliinide omavahelisest seosest ja omandavad praktilisi oskusi, mis on rakendatavad erinevates valdkondades. STEM PBL-i eduka rakendamise eelduseks on mitmed võtmelemendid:

1. **Autentne kontekst: Projektid peaksid olema seotud reaalse maailma stsenaariumitega, võimaldades õpilastel näha oma õppimise asjakohasust ja selle mõju ühiskonnale.**
2. **Uurimispõhine õppimine: Julgustage uudishimu ja avastamist, esitades avatud küsimusi, mis kutsuvad esile uurimist ja katsetamist.**
3. **Koostöö: Edendage meeskonnatööd ja suhtlemisoskusi, määrates rühmaprojekte, mis nõuavad õpilastelt ideede genereerimist, ülesannete jagamist ja vastutuse jagamist.**
4. **Probleemide lahendamine: Rõhutage probleemide lahendamise protsessi, julgustades õpilasi tuvastama väljakutseid, genereerima lahendusi ja katsetama oma disainilahendusi katse ja eksituse kaudu.**
5. **Refleksioon: Pakkuge õpilastele võimalusi oma õppimiskogemuste üle järele mõelda, tuvastada parendamist vajavad valdkonnad ja tähistada saavutusi.**

STEM pedagoogiline lähenemine ja liitreaalsus: uurimuslik õppimine, projektipõhine õppimine (PBL), probleemipõhine õppimine (PrBL)

PBL pakub arvukalt eeliseid nii õpilastele kui ka õpetajatele. Projektid äratavad õpilaste huvi ja motivatsiooni, viies sügavamale kaasatusele ja STEM kontseptsioonide kinnistamisele. Projektid toimivad autentsete hindamisvahenditena, mis näitavad õpilaste arusaamist ja oskusi, andes ülevaate nende võimest rakendada teadmisi reaalse maailma kontekstides. Lisaks STEM-kompetentsidele soodustab PBL selliste hädavajalike oskuste nagu kriitiline mõtlemine, suhtlemine, koostöö ja püsivus arengut. Veelgi enam, simuleerides ametialaseid väljakutseid, valmistab PBL õpilasi ette tulevasteks karjäärideks STEM-valdkondades, kus probleemide lahendamine ja innovatsioon on ülimalt tähtsad. Lõpuks edendab PBL võrdsust, pakkudes kõigile õpilastele, olenemata taustast või võimetest, võimalusi silma paista ja panustada tähenduslikult koostööpõhistes projektides.

Kuigi STEM PBL-l on arvukalt eeliseid, võivad selle rakendamine esitada väljakutseid, sealhulgas ressursside piirangud, ajapiirangud ja professionaalse arengu vajadus. Lisaks vajab PBL kogemustele kõigile õpilastele õiglaselt ligipääsu tagamine hoolikat arvestamist erinevate õppimisvajaduste ja -taustadega. Õpetajad peavad samuti tasakaalustama PBL-i kaasasolevat uurimisvabadust vajadusega pakkuda toetavat raamistikku, et vältida õpilaste ülekoormatuse või sihituse tunnet. STEM-i projektipõhine õppimine omab tohutut potentsiaali STEM-hariduse muutmiseks, kaasates õpilasi autentsetesse, praktilistesse kogemustesse, mis arendavad kriitilist mõtlemist, koostööd ja probleemide lahendamise oskusi. Omaks võttes uurimise, autentsete kogemuste ja koostöö põhimõtted, saavad õpetajad volitada õppijaid muutuma eluaegseteks probleemilahendajateks ja innovaatikuteks, kes suudavad lahendada meie omavahel seotud maailma keerulisi väljakutseid.

STEM pedagoogiline lähenemine ja liitreaalsus: uurimuslik õppimine, projektipõhine õppimine (PBL), probleemipõhine õppimine (PrBL)

Probleemipõhine õppimine

Probleemipõhine õppimine (PBL) muudab traditsioonilist õpetamise paradigmat, keskendudes õpikogemuse keskmesse reaalsed probleemid. Aktiivse uurimise, koostöö ja kriitilise mõtlemise kaudu tegelevad õpilased keerukate probleemide lahendamise, omandades sügavamalt STEM-kontseptsioone ja teritades hädavajalikke oskusi, mis on tänapäeva maailmas edukaks toimetulemiseks olulised.

PBL keskmes on väljakutse, et õpilased seisavad silmitsi autentsete, halvasti struktureeritud probleemidega, mis peegeldavad professionaalsetes kontekstides esinevaid olukordi. Selle asemel, et passiivselt teavet vastu võtta, alustavad õpilased avastusretke, mida juhivad nende loomulik uudishimu ja soov leida lahendusi. STEM-hariduses omandab see lähenemine multidistsiplinaarse iseloomu, integreerides erinevate valdkondade põhimõtteid mitmekesiste väljakutsete käsitlemiseks. Ükskõik kas nad projekteerivad jätkusuutlikke linnu, uurivad keskkonnaprobleeme või arendavad innovaatilisi tehnoloogiaid, sukelduvad õpilased end tähenduslikele, praktilistele kogemustele, mis sillutavad teed teooria ja praktika vahel.

Edukaks PBL-i rakendamiseks STEM-hariduses on mitu olulist elementi:

- 1. Autentsed probleemid:** Esitlege õpilastele reaalseid probleeme, mis on asjakohased, kaasavad ja seotud nende huvide ja kogemustega.
- 2. Uurimine ja uurimine:** Julgustage õpilasi esitama küsimusi, viima läbi uurimistööd ja uurima võimalikke lahendusi katsete ja analüüsi kaudu.
- 3. Koostöö:** Edendage koostöö ja meeskonnatöö oskusi, korraldades õpilasi gruppidesse, kus nad saavad ideid jagada, mitmekesiseid vaatenurki ära kasutada ja tõhusalt koostööd teha.
- 4. Refleksioon ja iteratsioon:** Pakkuge õpilastele võimalusi oma probleemilahendusprotsessi üle järele mõelda, oma strateegiaid ja tulemusi hinnata ning tagasiside ja uute teadmiste põhjal lahendusi korrigeerida.
- 5. Rakendamine ja ülekandmine:** Rõhutage STEM-kontseptsioonide ja oskuste rakendamist praktilistes kontekstides, võimaldades õpilastel oma õppimist uutesse olukordadesse ja väljakutsetesse üle kanda.

Probleemipõhine õppimine pakub nii õpilastele kui ka õpetajatele STEM-hariduses mitmeid eeliseid:

- 1. Sügav arusaam:** Autentsete probleemilahenduskogemuste kaudu arendavad õpilased sügavamalt mõistmist STEM-kontseptsioonide ja -põhimõtete kohta, rakendades teoreetilisi teadmisi reaalses kontekstis.
- 2. Kriitiline mõtlemine:** PBL arendab kriitilise mõtlemise oskusi, kuna õpilased analüüsivad probleeme, hindavad tõendeid ja arendavad loogilisi argumente oma lahenduste toetamiseks.
- 3. Koostöö ja kommunikatsioon:** Koostööl põhineva probleemilahenduse kaudu parandavad õpilased oma suhtlemisoskusi, õpivad meeskondades tõhusalt töötama ja hindavad mitmekesiste vaatenurkade väärtust.
- 4. Innovatsioon ja loovus:** PBL kutsub esile loovuse ja innovatsiooni, kui õpilased uurivad alternatiivseid lahendusi, katsetavad uusi ideid ja arendavad uusi lähenemisviise probleemide lahendamiseks.
- 5. Motivatsioon ja kaasatus:** Tegeledes tähenduslike probleemidega, mis resoneerivad nende huvide ja kirgedega, on õpilased motiveeritud investeerima aega ja vaeva oma õppimisse, mis viib suurema kaasatuse ja püsimiseni.

STEM pedagoogiline lähenemine ja liitreaalsus: uurimuslik õppimine, projektipõhine õppimine (PBL), probleemipõhine õppimine (PrBL)

Liitreaalsuse integreerimine

→ Küsimustel põhinev õpe (IBL) koos täiustatud reaalsusega

Küsimustel põhinev õpe keskendub õpilastele, kes uurivad küsimusi, probleeme või stsenaariume, et luua oma arusaam kontseptsioonidest. Täiustatud reaalsus tugevdab IBL-i, pakkudes õpilastele kaasahaaravaid keskkondi, kus nad saavad esitada hüpoteese, läbi viia katseid ja analüüsida andmeid dünaamilistes simulatsioonides. Näiteks füüsika tunnis saavad õpilased kasutada AR-i, et visualiseerida gravitatsioonijõude või elektromagnetvälju, võimaldades neil katsetada ja jälgida nähtusi, mis muidu oleksid kättesaamatud.

→ Projektipõhine õpe (PBL) koos täiustatud reaalsusega.

Projektipõhine õpe viib õpilased reaalse maailma projektidesse, kus nad peavad rakendama interdistsiplinaarseid teadmisi ja oskusi autentsete probleemide lahendamiseks. Täiustatud reaalsus täiustab PBL-i, võimaldades õpilastel kujundada ja prototüüpida lahendusi virtuaalsetes keskkondades enne nende elluviimist reaalses maailmas. Näiteks saavad õpilased, kellele on antud ülesanne kavandada säästvat arhitektuuri, kasutada AR-i hoonete struktuuride simuleerimiseks, keskkonnamõtjude hindamiseks ja kujunduste koostööalaseks iteratsiooniks, edendades innovatsiooni ja praktilisi probleemilahendusoskusi.

→ Probleemipõhine õpe (PrBL) koos täiendatud reaalsusega

Probleemipõhine õpe (PrBL) esitleb õpilastele keerulisi, halvasti struktureeritud probleeme, mis nõuavad kriitilist mõtlemist, analüüsi ja teabe sünteesi. Täiendatud reaalsus täiendab PrBL-i, pakkudes õpilastele konteksti, kus nad saavad uurida mitmekesiseid probleeme erinevatest perspektiividest. Näiteks bioloogia klassis saavad õpilased kasutada AR-i, et uurida ökoloogilisi väljakutseid, nagu elupaikade kadumine või liikide väljasuremine, mis kutsub neid üles ette panema lahendusi, mis põhinevad teaduslikel põhimõtetel ja eetilistel kaalutlustel.

Täiendatud reaalsuse kaasamine STEM-haridusse avab lugematuid võimalusi pedagoogiliste praktikate rikastamiseks ja õpilaste aktiveerimiseks nende õppeteekonnal. Ühendades AR-tehnoloogia uurimuslikku õppimist, projektipõhist õppimist ja probleemipõhist õppimist, saavad õpetajad kasvatada STEM-huvilisi, kellel on teadmised, oskused ja mõttemaailm, et lahendada tuleviku keerulisi väljakutseid enesekindluse ja leidlikkusega.

Kuidas liitreaalsuse pedagoogilised lähenemised mõjuvad haridust?

Paljud uuringud on tuvastanud lisandatud reaalsuse (AR) tehnoloogia suundumused, eelised, võimalused, väljakutsed ja mõju haridusele. Siiski ei ole enamik varasemaid uuringuid analüüsinud pedagoogilisi lähenemisviise, ignoreerides mingil määral, et sekkumise edu sõltub mitte ainult tehnoloogia tehnilistest omadustest, vaid ka pedagoogilistest strateegiatest nende rakendamiseks. Hiljutine uuring tõi välja, kuidas pedagoogilised lähenemisviisid mõjutavad AR-i mõju haridusele, lähtudes õppeteooriatest. Analüüsides õpilaste õpitulemusi AR-sekkumistes, saadi kõrgeim mõju, kui sekkumised kasutasid koostööpõhist pedagoogilist lähenemist. Pedagoogiline lähenemine viitab meetodile, mida õpetajad kasutavad teadmiste edastamiseks, et õpilased osaleksid õppimisprotsessis. Formaalsete pedagoogiliste lähenemisviiside puudumine AR-i rakendamisel õppeülesannetes kipub segadusse ajama ja häirima õpilasi.



STEM-pedagoogiline lähenemine, mida praegu rakendatakse konsortsiumi riikides

STEM-pedagoogiline lähenemine, mida praegu rakendatakse Saksamaal

Saksamaal on hästi arenenud STEM-hariduse mehhanism, mille kõige esinduslikum on STEM-hariduse ahel (STEM Bildungskette), mis on Saksamaa STEM-hariduse tuum. See on hariduse ökosüsteem, kus õpilased, õpetajad, koolid ja ühiskond saavad tõhusalt osaleda ja saavutada vooruse ringi (Boshan, 2019). Saksamaa on juba pikka aega tuntud oma hästi arenenud kutseõpetuse süsteemi poolest, mille peamine eesmärk on STEM-spetsialistide koolitamine, seetõttu on oluline keskenduda selle lähenemisele STEM-õpetusele. Saksamaal nimetatakse STEM-õpetust MINT-iks (matemaatika, informaatika, loodusteadused ja tehnoloogia). Saksamaa on rakendanud mitmeid poliitika algatusi, et tagada MINT-õpetuse edu. Samuti on ta teinud julgeid muudatusi talentide arendamisel, lisades õpikavasse ülikooliväliseid ja ülikoolisisesid katsetusprojekte ning hinnates ja hindades neid võrreldaval viisil (Li, 2022).

Saksamaa peamine STEM-pedagoogiline lähenemine keskendus algselt traditsioonilistele õpetamismeetoditele, rõhutades teoreetilist teadmist praktilise rakendamise üle. Aja jooksul toimus üleminek interaktiivsematele ja õpilaskesksustele meetoditele, integreerides reaalse maailma probleeme, et suurendada kaasatust ja arusaamist. Praegu on juhtivaks lähenemisviisiks uurimispõhine õppimine, mis edendab praktilisi eksperimente ja koostööl põhinevat probleemilahendamist. Selle lähenemise eesmärk on varustada õpilasi kriitilise mõtlemise ja innovaatiliste oskustega, mis on vajalikud tuleviku jaoks.

Saksamaa STEM-pedagoogilise lähenemise sügavamaks uurimiseks, keskendudes uurimispõhisele õppimisele, nagu on toodud välja Siemens Stiftungis, on oluline mõista selle põhialuseid ja meetodeid. See lähenemine eelistab aktiivset õpilaste kaasatust katsetamise kaudu, julgustades õppureid uurima reaalse maailma probleeme ja otsima lahendusi teaduslikust vaatenurgast. Rõhk on pandud õpilaste varasema teadlikkuse ja kogemuste integreerimisele, muutes õppe isiklikult asjakohaseks ja sügavalt mõjukaks. Lisaks on koostöö haridustöötajate ja õpilaste vahel ülioluline, edendades koosloomise õppimiskeskonda, kus ideid saab vabalt uurida ja hinnata. See pedagoogiline strateegia mitte ainult ei paranda arusaamist STEM-valdkondadest, vaid soodustab ka kriitilist mõtlemist, loovust ja teadmiste rakendamise võimet praktilistes kontekstides, valmistades õpilasi ette tulevasteks väljakutseteks kiiresti muutuv maailmas. Kogu arusaamise ja rakendamise näidete saamiseks pakub Siemens Stiftung'i veebisait väärtuslikku teavet (Siemens Stiftung).

Õppimise etapid, © Siemens Stiftung

STEM-pedagoogiline lähenemine, mida praegu rakendatakse konsortsiumi riikides

STEM-pedagoogiline lähenemine, mida praegu rakendatakse Itaalias

Itaalia teeb olulisi edusamme kaasaegses hariduses, eriti teaduse, tehnoloogia, inseneritehnika ja matemaatika (STEM) valdkondades. Uute pedagoogiliste lähenemiste omaksvõtt muudab Itaalia õpetajad STEM-hariduse maastikku, et varustada õpilasi 21. sajandi eduks vajalike oskuste ja teadmustega. Siin esitame ja arutame Itaalias rakendatud praegust STEM-pedagoogilist lähenemist, tuues esile olulised algatused, strateegiad ja tulemused, mis kujundavad haridusmaastikku.

Itaalia STEM-haridust iseloomustab holistlik lähenemine, mis integreerib teaduslikud põhimõtted, tehnoloogilised edusammud, inseneritegevuse praktika ja matemaatilise mõtlemise. Kuigi traditsiooniline Itaalia haridussüsteem on pikka aega rõhutanud teoreetilist teadmust, prioriteediks on viimased reformid praktilised õpikogemused, probleemilahendusoskused ja interdistsiplinaarne koostöö. Peamine eesmärk on kasvatada kriitilisi mõtlejaid, innovaatoreid ja probleemilahendajaid, kes suudavad lahendada keerulisi väljakutseid üha globaliseeruvas maailmas.

Itaalia STEM-pedagoogiline lähenemine sisaldab mitmeid olulisi elemente:

1. Interdistsiplinaarsus: STEM-aineid on omavahel ühendatud ning õppekava rõhutab teaduslikku teadmiste integreerimist reaalse maailma probleemide lahendamiseks. See interdistsiplinaarne lähenemine soodustab holistlikku arusaama STEM-kontseptsioonidest ja nende rakendustest erinevates kontekstides.
2. Aktiivne õppimine: Projekti- ja uurimispõhine õpe on Itaalia STEM-hariduse nurgakivi, kus õpilased osalevad praktilistes projektides, mis nõuavad kriitilist mõtlemist, koostööd ja loovust. Autentsete probleemide lahendamisel arendavad õpilased praktilisi oskusi ja saavad sügava arusaama STEM-põhimõtetest. Uurimispõhine õpe kutsub õpilasi esitama küsimusi, uurima nähtusi ja konstrueerima teadlikkust uurimise ja katsetamise kaudu. Itaalias on IBL integreeritud STEM-õppekavadesse, et soodustada uudishimu, probleemilahendusoskusi ja teaduslikku mõtteviisi.
3. Tehnoloogia integreerimine: Tehnoloogia mängib STEM-hariduses kesket rolli, võimaldades õpilastel pääseda juurde tohututele ressurssidele, simuleerida eksperimente ja osaleda virtuaalsetes õpikogemustes. Alates kodeerimisest ja robotikast kuni andmeanalüüsi ja digitaalsete modelleerimiseni rikastab tehnoloogia integreerimine STEM-i õppimisvõimalusi Itaalias.
4. Õpetajate professionaalne areng: Jätkuv ametialane areng on hädavajalik õpetajate jaoks, et tõhusalt rakendada STEM-pedagoogilist lähenemist. Itaalias keskenduvad õpetajakoolituse programmid pedagoogilistele strateegiatele, õppekava kavandamisele ja haridustehnoloogia kasutamisele STEM-i õpetamise toetamiseks.

Viimastel aastatel on Itaalia käivitanud mitmeid algatusi ja koostöid STEM-hariduse ja innovatsiooni edendamiseks. Näiteks koolide, ülikoolide ja tööstuse sidusrühmade vahelised partnerlused pakuvad õpilastele praktilisi kogemusi, mentorlust ja praktikavõimalusi. Lisaks kaasavad STEM-i võistlused, töötoad ja pärast-koolilised tegevused õpilasi STEM-i valdkondadesse ning julgustavad neid valima karjääri STEM-distsipliinides. Samas püsivad väljakutsed, nagu ressursside piirangud, õppekava ühtlustamine ja võrdsed võimalused STEM-haridusele. Nende väljakutsete lahendamine nõuab poliitikakujundajate, õpetajate ja sidusrühmade püsivaid pingutusi, et tagada kõigile õpilastele juurdepääs kvaliteetsetele STEM-i õppimiskogemustele.

Kokkuvõttes on Itaalia STEM-hariduse innovatsiooni esirinnas, kasutades pedagoogilist lähenemist, mis rõhutab interdistsiplinaarset integreerimist, projekti- ja uurimispõhist õpet, tehnoloogia integreerimist ja õpetajate professionaalset arengut. Kasvatades kriitilisi mõtlejaid, probleemilahendajaid ja innovaatoreid, on Itaalia STEM-hariduse algatused suunatud hariduse tuleviku kujundamisele ning õpilaste võimestamisele edukalt toime tulla üha keerulisemas ja omavahel seotud maailmas.

STEM-pedagoogiline lähenemine, mida praegu rakendatakse konsortsiumi riikides

STEM-pedagoogiline lähenemine, mida praegu rakendatakse Kreekas

Praegu ei ole Kreekas rakendatud spetsiifilist STEM-pedagoogilist lähenemist, kuid selline suund eksisteerib sõltumatute haridusalaste STEM-programmide kaudu, mida rakendatakse põhikoolis ja gümnaasiumis. Seetõttu käivitas Kreeka Hariduse, Usundiasjade ja Spordi Ministeerium ajavahemikul 2010–2015 ulatusliku riikliku algatuse nimega „Digitaalne Kool”, mille eesmärk oli moderniseerida kooliharidust Kreekas. See algatus hõlmas erinevaid tegevusi, mis jagunesid viide peamisse valdkonda: infrastruktuuri parandamine, digitaalsete hariduslike sisude arendamine, õpetajate koolitusprogrammid, elektrooniliste hariduse juhtimissüsteemide rakendamine ja lisatoetuse meetmed. „Digitaalne Kool” oli oluline osa laiemast raamprogrammist nimega „Uus Kool”, mis käidi välja 2010. aastal. „Uue Kooli” raamprogrammi raames tuvastati STEM-haridus peamise fookusvaldkonnana. „Digitaalse Kooli Platvorm, Interaktiivsed Raamatud ja Õppematerjalide Ametik” (2010–2015) on keskne projekt Digitaalse Kooli algatuses, mille eesmärk on pakkuda digitaalset hariduslikku sisu koolidele. Kreekas SCIENTIXi rahvuslikku kontaktpunkti (NCP) juhtiv CTI on juhtinud selle algatuse raames laialdaste materjalide loomist, mis rõhutavad kodeerimist, probleemilahendusmeetodeid ja loogilist mõtlemist. Lisaks on arendatud tuhandeid digitaalseid interaktiivseid õppevahendeid ja õppetegevusi erinevate ainete, sealhulgas füüsika, matemaatika, keemia, bioloogia, geograafia, keskkonnahariduse, tehnoloogia ja informaatika jaoks, osana Digitaalse Kooli riiklikust algatusest (dschool.edu.gr). Need ressursid on vabalt kergesti kättesaadavad „Photodentro” riikliku õppematerjalide andmebaasi kaudu ja riikliku haridusliku sisu koondaja kaudu, mis on loodud digitaalsete ressursside interdistsiplinaarse ja õpikohase otsingu hõlbustamiseks temaatiliste taksonoomiate ja õppemeetodite abil. Enamik nendest ressurssidest toetab uurimispõhist õppimist, probleemipõhist õppimist, konstruktsionismi ja kogemuslikku õppimist. Lisaks on loodud veebiplatvorm nimega ΑΙΣΩΠΟΣ (aesop.iep.edu.gr), et aidata kaasa innovaatiliste stsenaariumide arendamisele ja autorlusele, kasutades digitaalressursse ja veebipõhiseid materjale. Teadusainete puhul kasutatakse autorluse protsessis uurimispõhist mudelit, mis hõlmab eesmärkide korraldamist, didaktiliste lähenemiste vastuvõtmist ja stsenaariumide struktureerimist rakendamisfaaside kaupa, kõik põhinevad kindlal arengulisel lähenemisel.

Kreekas on õpetajate ametialase arendamise programmina pidev „B-taseme IKT õpetajakoolituse” programm, mis keskendub haridustegevuste kavandamise õpetamisele, kasutades digitaalseid meedia ja ressursse. See koolitus on mõeldud spetsiaalselt kutsealaste õpetajate ja põhikooli õpetajate koolitamiseks STEM-valdkondades. Rõhutades uurimis- ja probleemipõhiseid õpetamis- ja õppimisviise, omab selle programmi õppekava märkimisväärset tähtsust digitaalsetel laboratooriumitel STEM-valdkondades. Kursust toetavad oluliselt Photodentro õppevahendid, sealhulgas õppematerjalid, stsenaariumid, haridustarkvara ja avatud haridustavad, samuti interaktiivsed õpikud. Õpetajate ja koolitajate loodud õppetegevused, mis loodi B-taseme kursuse ajal, on kergesti kättesaadavad IFIGENEIA portaali kaudu. Praegu on kursusest osalenud ligikaudu üle 25% teenistuslikest õpetajatest. Programm koosneb 96 tunni teooriast ja praktikast, mis toimub 3-tunnistes sessioonides, samuti 3-tunnisest eksamist, kus õpetajad peavad arendama oma stsenaariumi määratud teema põhjal. Programmi haldamine kuulub arvutitehnoloogia instituudi ja pressi (CTI) „Diophantus” vastutusele.

STEM-pedagoogiline lähenemine, mida praegu rakendatakse konsortsiumi riikides

Riikliku ettepanekuna STEM-hariduse osas valis Kreeka Hariduse ja Usundiasjade Ministeerium 2018. aastal mitmeid koole igasugustest haridustasemetest üle kogu riigi, et suunata neid uue hariduse poole. Lisaks asutas Hariduse ja Kultuuri Ministeeriumi Hariduspoliitika Instituut (IEP) spetsiaalse üksuse. Teaduse, Tehnoloogia, Matemaatika, Tehnoloogia ja Kunstide Instituut (STEM/STEAM) annab arvamusi kõigis oma teadmiste valdkondades põhikooli ja gümnaasiumi jaoks. 2020. aastal käivitas haridus- ja usundiasjade ministri otsusega pilootprojekt nimega "Osavuste Töötoad", mis viidi sisse põhikoolis ja gümnaasiumis ning mis seisneb uute temaatiliste tsüklite katsetamises lasteaias ning põhikooli ja gümnaasiumi kohustuslikus tunniplaanis, et tugevdada õpilaste pehmeid oskusi, eluoskusi ning tehnoloogia- ja teadusoskusi. Sarnane otsus määrab kindlaks piloottegevuse kestuse, uute temaatiliste tsüklite ja üksikute temaatiliste üksuste arvu, kestuse ja sisu, koolide geograafilise jaotuse, milles piloottegevus toimub, nende üksuste tunniplaani, õpetajate erialad, kes on määratud uute temaatiliste tsüklite ja üksuste õpetamiseks, õpilaste hindamise viisi ning kõik muud küsimused, mis on seotud piloottegevuse rakendamisega. "Osavuste Töötuba" jaguneb neljaks oskuste tsükliks, millest üks on nimetatud „Loomes ja Innovatsioon - Loominguline Mõtlemine ja Algatus”, mis hõlmab STEM/Haridusrobotikat, ettevõtlust, karjääri haridust ja ametite tutvustamist, praktilisi töötube. Programmide sihtgrupp on määratletud nii-öelda 21. sajandi oskuste alusel: eluoskused, pehmed oskused ning tehnoloogia- ja teadusoskused. Kaasaegsete oskuste näideteks on kriitiline mõtlemine, loovus, koostöö, suhtlemine, paindlikkus ja kohanemisvõime, algatusvõime, organiseerimisvõime, empaatia ja sotsiaalsed oskused, probleemide lahendamine, digitaalne ja tehnoloogiline kirjaoskus. "Osavuste Töötubade" programm pälvis oma panuse ülemaailmse kodaniku haridusse GENE: Euroopa Ülevaatuse Hariduse Võrgustiku kaudu ning sai "Riikliku Kvaliteedi Tunnustuse Globaalhariduses" kui silmapaistev uuendus.

Lisaks on mitmed erinevad haridusorganisatsioonid saanud Kreeka Hariduse, Usundiasjade ja Spordi Ministeeriumi heakskiidu STEMiga seotud haridusprogrammide rakendamiseks nii põhikoolis kui gümnaasiumis. Näiteks on „FIRST® LEGO® League” programm, mille on heaks kiitnud Hariduse, Usundiasjade ja Spordi Ministeerium (F15/133790/D2) alates 2014. aastast, mis tutvustab STEMi neljast 4–16-aastastele lastele lõbusa, põneva ja praktilise õppimise kaudu. Osalejad saavad reaalseid probleemide lahendamise kogemusi, osaledes juhendatud ülemaailmses robotite projektipõhises õppeprogrammis, aidates tänapäeva õpilastel ja õpetajatel koos paremat tulevikku ehitada. See haridusprogramm innustab noori katsetama ja arendama oma kriitilise mõtlemise, kodeerimise ja disainioskusi praktilise STEMi ja robotite õppimise kaudu. See on koostöö mittetulundusühingu FIRST® (Teaduse ja Tehnoloogia Inspireerimise ja Tunnustamise Ühing) ja LEGO® hariduse divisjoni vahel ning on alates 1998. aastast toimunud igal aastal enam kui 110 riigis üle kogu maailma. Kreekas viib selle ellu haridusorganisatsioon Eduact. Pärast selle eduka pilootrakenduse läbiviimist oskuste töötubades 2020–2021 kiideti heaks Robotika ja STEAM FLL programmi laialdane rakendamine riigi koolides alates 2021–2022. aastast. Teine näide on „F1 koolides” konkurss, mida toetavad suured Euroopa algatused, nagu INSPIRING SCIENCE EDUCATION poliitika toetuse tegevus (www.inspiring-science.eu).

See algatus (<http://www.flinschools.gr/>) pakub viisi STEMi seotud ainete õppimiseks põneval viisil, saavutades suurepäraseid tulemusi ja suurendades üliõpilaste osakaalu insenerikarjäärides. Konkursside on korraldatud alates 2011. aastast. Viimati heakskiidetud programm oli "VR haridustöötuba", mis on suunatud põhikooli ja gümnaasiumi õpilastele, mis sai esmakordselt heaks kiidetud 2022–2023. õppeaastaks ning pikendati ka 2023–2024. õppeaastaks.

STEM-pedagoogiline lähenemine, mida praegu rakendatakse konsortsiumi riikides

STEM-pedagoogiline lähenemine, mida praegu rakendatakse Leedus

Leedus rakendatav STEM-lähenemine keskendub peamiselt projektipõhisele õppimisele (PBL). Projektipõhine õppimine (PBL) on õpilaskesksena lähenemine haridusele, mis rõhutab kriitilise mõtlemise, probleemilahendamise ja koostööskuste arendamist keerukate, reaalse elu projektide kaudu. Selles analüüsis uurime PBL-i rakendamist Leedu haridussüsteemis, keskendudes selle ainulaadsetele aspektidele ja eelistele.

PBL on õpetamismeetod, mis hõlmab õpilaste kaasamist teadmiste ja oskuste omandamise protsessi, töötades projektide kallal, mis on loodud simuleerima reaalse elu stsenaariume. Need projektid on tavaliselt keerulised, väljakutsuvad ja nõuavad õpilastelt koostööd probleemide lahendamiseks. PBL ei tähenda vaid projekti lõpetamist; see on protsess, mis soodustab kriitilist mõtlemist, probleemilahendamist ja koostööskusi.

Projektipõhine õppimine (PBL) rakendatakse Leedus traditsiooniliste projektitegevuste ja pidevate projektide kombinatsiooni kaudu. Traditsioonilistes projektitegevustes valivad õpilased teema, formuleerivad idee ja töötavad meeskonnas projekti arendamiseks, mille juhendavad lektorid. Projekti hindavad erinevate valdkondade õpetajad ja õpilased hindavad üksteist. Projekt on kavandatud kestma kolm kuud, mille jooksul õpilased integreerivad erinevate ainete teadmisi ja oskusi, töötades meeskonnas ja omandades praktikat.

Pidevates projektides viivad õpilased läbi sama projekti erinevates etappides kogu õppeaasta jooksul. Iga etapp on seotud õppeainetega, mida projekt täiendavad. Näiteks e-äri õppekava raames on õpilastel võimalus arendada projekt, mis pärast lõpetamist muutub toimivaks ettevõtteks.

PBL rakendamist Leedus toetab Euroopa Komisjon, mille eesmärk on kombineerida digitaalse õpetamise-õppimise projektipõhise õppimisega, mida rakendatakse rahvusvahelises kontekstis. See algatus keskendub probleemide lahendamisele ja lahenduste otsimisele, pakkudes õpilastele rikkalikku õppeteed, mis integreerib transdistsiplinaarseid lähenemisviise ja innovatiivseid aktiivpedagoogikaid. Leedu rakendab projekti, mille eesmärk on luua 10 STEAM-keskust, mis püüavad äratada õpilaste huvi arenevate teaduste vastu, parandada nende praktilisi oskusi, loovust ja algatusvõimet ning tõsta ettevõtlus- ja juhtimisoskusi, mis on vajalikud nende eduka professionaalse karjääri jaoks. STEAM-keskused julgustavad õpilasi huvituma rohkem loodusteadustest ja täpsetest teadustest ning valima nende alade õppimist. STEAM-keskused kutsuvad õpetajaid samuti aktiivselt osalema, et nad saaksid oma kvalifikatsiooni parandada. Avatud juurdepääsu põhimõtte kohaselt saavad õpetajad koostöös teadlastega kujundada teadusliku infrastruktuuri kohandamise hariduse protsessiks. Esimesed 7 regionaalset keskust on juba avatud ja kolm meetodilist keskust avatakse lähitulevikus.

Canva

STEM-pedagoogiline lähenemine, mida praegu rakendatakse konsortsiumi riikides

Leedus rakendatakse projektipõhist õppimist (PBL) peamiselt kõrgharidusasutustes, nagu Vilniuse Ärikolledž. Siin kasutatakse PBL-i ärihalduse ja turunduse õpetamiseks, kuid ka muude ainete puhul. Projektid on kavandatud pikaajalisteks, kus õpilased töötavad meeskondades äriideede arendamise nimel, kaasates reaalse maailma ettevõtteid klientidena ning õppides meeskonnatööd ja muudatuste juhtimist äri kontekstis. Projekte juhendavad lektorid, kes pakuvad protsessi jooksul suuniseid ja toetust. Lisaks rakendab Kaunase Tehnikaülikool PBL-i mitmes moodulis. Näiteks füüsika moodulis teevad õpilased semestris 4 projekti, millest igaühe valmimine võtab aega 1 kuu. Iga kuu nädal on pühendatud konkreetsele projektiülesandele, nagu: ülesande analüüs, idee täpsustamine ja töö jaotamine, eksperimendi läbiviimine, arvutuste väljatöötamine, aruande ja esitluse valmistamine. Projekte jälgivad ka lektorid ja professorid, kes pakuvad kogu protsessi vältel suuniseid ja abi.

PBL pakub mitmeid eeliseid, sealhulgas kriitilise mõtlemise, probleemilahendamise ja koostööoskuste arendamist ning võimalust õpilastel kogeda reaalse maailma äriolukordi. Samas esitab see ka väljakutseid, näiteks projektide ebakindluse ja keerukuse haldamine ning vajadus õpetajate jaoks kohaneda rohkem abistava rolliga.

Kokkuvõttes on PBL väärtuslik lähenemine haridusele, mida rakendatakse tõhusalt Leedu haridussüsteemis, eriti kõrgharidusasutustes. See pakub õpilastele võimalust arendada kriitilist mõtlemist, probleemilahendamise ja koostööoskusi, samal ajal kui nad kogevad reaalse maailma äriolukordi. Vaatamata väljakutsetele on PBL tasuv kogemus õpilastele, kuna see valmistab neid ette klassiruumist väljaspool toimetulemiseks.

Canva

STEM-pedagoogiline lähenemine, mida praegu rakendatakse konsortsiumi riikides

The STEM pedagogical approach currently implemented in Estonia

Tallinna Keslinna Vene Gümnaasiumis (TKVG) on kasvav rõhk STEAM-pedagoogika integreerimisel haridussüsteemi, kuigi Eestil puudub riiklik tasandil spetsiifiline STEAM-pedagoogiline lähenemine. Siiski on märgata suundumust rakendada sõltumatuid hariduslikke STEAM-programme nii põhikoolides kui ka gümnaasiumides üle kogu riigi. Tallinna Tehnikaülikool (TTÜ) ja Tallinna Ülikool (TLU) paistavad silma kui peamised kursuste pakkujad, mis on suunatud õpetajatele, kes soovivad STEAM-lähenemist oma pedagoogikas rakendada. Nende kursuste kaudu saavad haridustöötajad väärtuslikke teadmisi interdistsiplinaarse õppekava koostamisest, praktiliste õpikogemuste loomise võimalustest ja tehnoloogia kasutamisest STEM-i ja kunstide õpetamise täiustamiseks. TTÜ ja TLU pühendumine õpetajate varustamisele vajalike tööriistade ja strateegiatega rõhutab STEAM-hariduse tähtsust õpilaste tuleviku edu tagamisel erinevates valdkondades. Seega mängib TTÜ olulist rolli hariduse maastiku kujundamisel ja STEAM-pedagoogika edendamisel Eestis.

TKVG-s on projektipõhine õppimine (PBL) keskse tähtsusega põhikoolis ja gümnaasiumis (1–4 klass), edendades dünaamilist ja kaasahaaravat õpikogemust õpilastele. PBL iseloomustab praktiliste ja uurimispõhiste projektide rõhk, mis võimaldab õpilastel uurida reaalseid probleeme ning arendada kriitilise mõtlemise, koostöö ja probleemilahendamise oskusi. TKVG-s on PBL integreeritud õppekavasse erinevates ainetes, võimaldades õpilastel süveneda huvipakkuvatesse teemadesse, samal ajal järgides õppekava standardeid. TKVG põhikooli ja gümnaasiumi PBL- algatused on hoolikalt kavandatud, et need vastaksid kooli hariduseesmärkidele ja õpilaste huvidele. Õpetajatel on PBL-protsessi suunamisel ja hõlbustamisel oluline roll, pakkudes toetust ja tugistruktuuri, kui õpilased projekte läbi viivad. PBL projektid algavad sageli avatud küsimuse või probleemiteate esitamisest, mis sütitab õpilaste uudishimu ja uurimise soovi. Kogu projekti vältel tegelevad õpilased uurimise, katsetamise ja koostööga, rakendades erinevatest ainetest omandatud teadmisi ja oskusi autentsete probleemide lahendamiseks. Näiteks võib keskkonnasäästlikkuse teemaline PBL-projekt hõlmata kohalike ökosüsteemide uurimist, katsete läbiviimist saaste tasemete mõõtmiseks ja lahenduste väljatöötamist jäätmete vähendamiseks.

Üks PBL peamisi tugevusi TKVG-s on selle võime edendada interdistsiplinaarset õppimist. Integreerides mitmeid õppeaineid ühte projekti, saavad õpilased tervikliku arusaama keerukatest teemadest ja arendavad seoseid erinevate teadmiste valdkondade vahel. Näiteks võib iidsete tsivilisatsioonide teemaline PBL-projekt sisaldada ajaloo, geograafia, kunsti ja kirjanduse elemente, võimaldades õpilastel uurida iidsete ühiskondade kultuurilist ja ajaloolist konteksti.

TKVG-s rõhutab PBL ka oluliste oskuste, nagu suhtlemine, koostöö ja probleemilahendamine, arendamist. Õpilased töötavad meeskondades, et planeerida ja ellu viia oma projekte, õppides tõhusalt suhtlema, ülesandeid delegerima ja konflikte lahendama. Praktiliste katsete ja uurimise kaudu arendavad õpilased enesekindlust oma võimetes ja sügavat arusaama õppeainest.



STEM-pedagoogiline lähenemine, mida praegu rakendatakse konsortsiumi riikides

TKVG-s pühendume innovaatilistele lähenemistele hariduses, sealhulgas robotika ja matemaatika integreerimisele, mida nimetame "robomatemaatikaks." Robomatematika on dünaamiline haridusraamistik, mis ühendab robotika põhimõtted matemaatiliste kontseptsioonidega, pakkudes õpilastele ainulaadset ja praktilist õpikogemust. Robomatematika kaudu osalevad õpilased interaktiivsetes tegevustes, mis ühendavad teoreetilised matemaatilised kontseptsioonid robotika praktiliste rakendustega. See integreerimine võimaldab õpilastel süvendada oma arusaama matemaatikapõhimõtetest, arendades samal ajal probleemilahendamise, kriitilise mõtlemise ja tehnilisi oskusi.

TKVG-s usume, et robomatematika mitte ainult ei paranda õpilaste matemaatilisi oskusi, vaid edendab ka loovust, koostööd ja innovatsiooni. Uurides robotika ja matemaatika ristumiskohta, saavad õpilased oskused ja teadmised, mis on vajalikud, et edukalt toime tulla üha enam tehnoloogia juhitud maailmas. Meie robomatematika programmi kaudu püüdleme selle poole, et inspireerida uudishimu, arendada õppimise vastu kirge ning anda õpilastele enesekindlust ja oskusi, et nad saaksid nii matemaatikas kui ka robotikas hakkama.

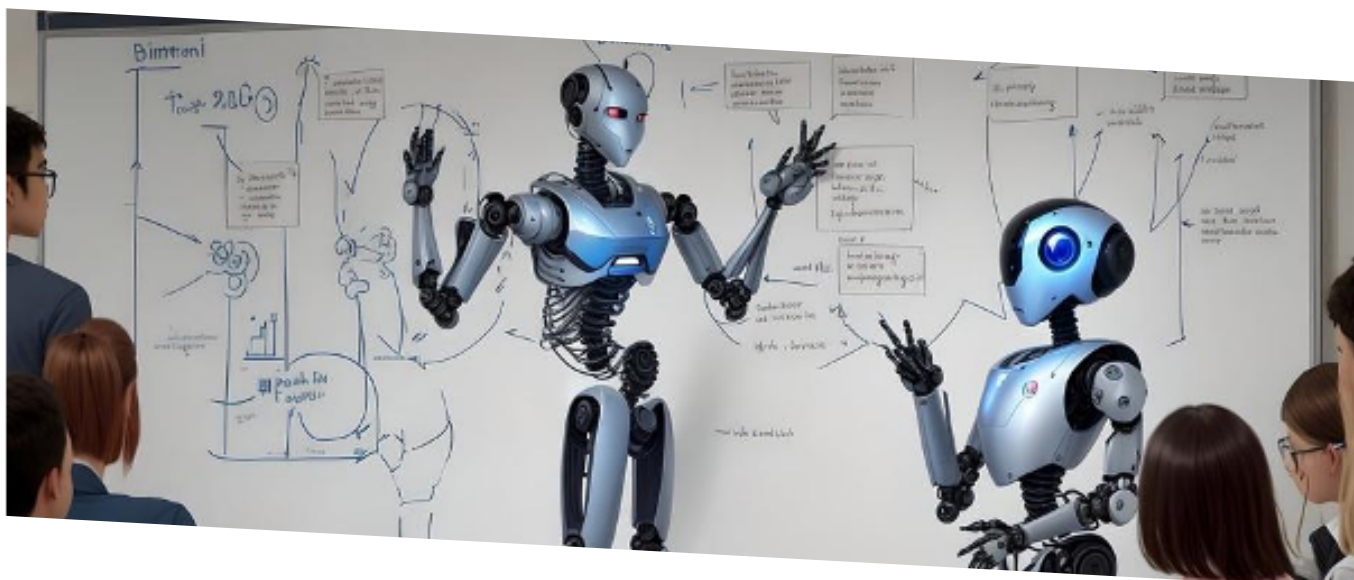
Desmos ja GeoGebra on laialdaselt kasutusel digitaalsete tööriistadena, mis rikastavad oluliselt STEAM-hariduse kogemust gümnaasiumis Eestis. Mõlemad platvormid pakuvad interaktiivseid võimalusi matemaatiliste kontseptsioonide uurimiseks ning nende kasutusala ulatub kaugemale matemaatikast, hõlmates ka tehnoloogia, inseneritehnika ja kunsti elemente.



Sissejuhatus

21. sajandi hariduse fookus õpilaste õppimisele peab olema suunatud tulevaste kodanike kasvatamisele, kellel on oskused teaduses, tehnoloogias, inseneriteaduses ja matemaatikas (STEM) ning kes suudavad toime tulla keeruliste eluküsimustega. See on kõige paremini arendatav hariduse kaudu, alustades põhikoolist (Prinsley & Johnston, 2015). Sotsiaalsete võrgustike, eakaaslaste, õpetajate, sõprade ja perede ökosüsteemi kontseptsioon, mis toetab õppimist nii kooli- kui ka väljaspool kooli, pakub lootust selliste praktikate arendamiseks, mis aitavad õpetajatel ja õpilastel leida sobivaid sotsiaalseid kontekste hariduspraktikate sidumiseks (NRC, 2015). Varajane fookus, mis seondub reaalse maailma keskkondade ja ökosüsteemi kontseptsiooniga, võib mõjutada ja edendada innovatsiooni STEM-is. Interdistsiplinaarsed, integreeritud ja reaalse maailmaga seotud lähenemisviisid koolikogemusele on viis, kuidas keskenduda STEM-haridusele ja anda ülevaade uuenduslikest praktikadest, mis sobivad kõigile. Koolid ja tulevased õpetajad peavad valmistama noori ette tänapäeva eluküsimusteks ja tulevasteks töökohtadeks uue planeedi visiooniga. STEM-hariduse ja õpetajate ettevalmistuse põhjalik ümberkorraldamine on vajalik nii põhikoolis, gümnaasiumis kui ka postkompulsatoorses hariduses. STEM-haridus ja teadusuuringud ei ole mitte ainult loosung, vaid neil peab olema ka selge eesmärk, et seostada õpikavasid, mis on võimelised genereerima innovatsioone, mis võivad avada uusi teid maailmale (NGSS, 2013). Tulevased STEM-hariduse programmid ja teadusuuringud vajavad seda fookust, et arendada innovaatilisi uusi teid elustiili muutmiseks, mis viivad jätkusuutlikkuseni.

Kuna maailmas on rohkem inimesi, globaalne omavahel seotud elu, tehnoloogiline areng ja suurte probleemide hulk kui kunagi varem inimkonna ajaloos, vajavad keerulised probleemid keerukaid probleemilahendusoskusi ja uuenduslikke, keerulisi lahendusi. Ameerika Ühendriikides koolitatakse teadlasi viisil, mis sarnaneb sellele, kuidas neid koolitati aastakümneid tagasi, samas kui need uued väljakutsed esitavad teadusele erinevad nõudmised. Traditsiooniline teaduskoolitus pakub kindlat aluspõhja faktidest ja põhilistest teadustehnikatest, kuid harva uuritakse, kuidas arendada teaduse loovat, interdistsiplinaarset probleemide tuvastamise ja lahendamise oskust.





Mis on interdistsiplinaarne õpe?

1960 aastatel oli interdistsiplinaarne meeskonnatöö õpetamise uuendus, mille eesmärk oli parandada koolide toimimist, vähendada õpetajate isoleeritust, edendada vastastikust sõltuvust ning soodustada kolleegidevahelist koostööd ja koostööd. Sellest ajast alates on meeskonna õpetamine olnud strateegia, mida kasutatakse kogu Ameerika Ühendriikides mitmesugustel eesmärkidel, sealhulgas suurte õpilasarühmade juhtimiseks ja ühe aine, ühe õpetaja klassiruumides mitmekesisuse toomiseks (Murata, 2002).

Interdistsiplinaarsuse määratlemisel sisaldavad need tavaliselt kaht või enam akadeemilist valdkonda ühendava aspekti. Interdistsiplinaarses õpetamises keskenduvad õpetajad tavaliselt selle rõhutamisele, et õpilased näeksid erinevate ainete vahelisi seoseid (Sdunekv & Waitz, 2017). Selle asemel, et õppekavad oleksid killustatud, muudavad need seosed õppimise loomulikumaks ja soodustavad sügavat kontseptuaalset arusaamist (Capraro & Jones, 2013). Interdistsiplinaarne õpetamine rõhutab sisu ja oskuste rakendamist ja sünteesi, ning interdistsiplinaarne sisu edendab tähenduslikku uurimist, näidates loogilisi seoseid ja kasutades probleempõhist õppimist (Sdunekv & Waitz, 2017).

On kaks laia interdistsiplinaarse õppimise tüüpi, mis praktikas sageli kattuvad.

- 1.Õpe, mille eesmärk on arendada teadlikkust ja arusaamist ainete ja valdkondade vahelisest seotusest ja erinevustest. See võib hõlmata teadmisi ja oskusi, töö- ja mõtlemisviise või teatud aine või valdkonna perspektiivi.
- 2.Erinevatest ainetest ja valdkondadest õppimise kasutamine teema või probleemi uurimiseks, väljakutse täitmiseks, probleemi lahendamiseks või lõppprojekti valmimiseks. Seda saab saavutada, luues konteksti, mis on realselt ja asjakohaselt seotud õppijate, kooli ja selle kogukonnaga.

Interdistsiplinaarses meeskonnas peavad õpetajad arendama meeskonnatööd, suhtlemisoskusi ja positiivset suhtumist interdistsiplinaarsesse õpetamisse (Al Salami et al., 2015), kuna enamik õpetajaid tunnevad, et nad kaotavad autonoomia, investeerides aega otsuste tegemisse ning võivad meeskonnas tekkida konfliktid (Shapiro & Dempsey, 2008). Õpetajate valik, õppekava järgi kujundamine ja halduslik tugi on interdistsiplinaarsete meeskondade tõhususe seisukohalt vajalikud (Margot & Kettler, 2019).

Mitmed väljakutsed takistavad STEM-i interdistsiplinaarset õpet. Esiteks, keskhariduse õpetajatel on harva olnud kogemusi interdistsiplinaarse STEM-i õpetamise kasutamisel oma ettevalmistava õpetamise kogemustes. Ettevalmistavate õpetajate isoleeritud õpetamiskogemus loob takistusi interdistsiplinaarse koostöö loomisele, kui nad muutuvad teenistusõpetajateks (Asghar et al., 2012). Teiseks, õpetajad tunnevad, et nende sisu teadmised oma erialast väljaspool on ebapiisavad interdistsiplinaarse STEM-i õpetamise rakendamiseks (Graves et al., 2016). Kolmandaks, õpetajatel on raskusi selle sobitamisega, mida nad peavad teiste ainete õpetamisel interdistsiplinaarse koostöö vaatenurgast õpetama (Frykholm & Glasson, 2005). Neljandaks, praktikate õpetajad kogevad sageli erinevate distsipliinide "erakoolitust", paindumatut tunniplaani ja ranget ajakava õpikute rakendamiseks, mis võivad takistada integreeritud STEM-õpetuste interdistsiplinaarset olemust (Lesseig et al., 2017). Lõpuks, ühise planeerimise aja, näiteks professionaalse õppimise kogukonna (PLC) puudumine takistab koostööd planeerimisel. Soovitav on, et õpetajad arutaksid koostöös interdistsiplinaarseid õppetunde ja õpetamist, et teha interdistsiplinaarset meeskonna õpetamist tõhusaks (Capraro & Jones, 2013). Tegelikult on interdistsiplinaarne teadus teadlik protsess, mille käigus integreeritakse teadmisi/eksperitiisi kahe või enama valdkonna koolitatud isikutelt, kasutades erinevaid vaatenurki, lähenemisviise ja uurimismeetodeid/metoodikaid, et saavutada edusamme, mis ületavad ühe distsipliini võime piire.



Miks on interdistsiplinaarne õpe oluline ja milliseid eeliseid see õpilastele toob?

Lõpetamisel peaksid õpilased olema võimelised hindama keerulist teavet, et välja töötada oma ideid ja perspektiive ning rakendada kriitilist mõtlemist. Interdistsiplinaarne õpe toetab kriitilist mõtlemist, aidates õpilastel:

- Mõista erinevaid vaatenurki
- Hinnata vastandlikke perspektiive
- Luua struktuurset teadmist

Interdistsiplinaarne õpe aitab õpilastel õppida, ühendades ideid ja kontseptsioone erinevate valdkondade vahel. Õpilased saavad rakendada ühes valdkonnas omandatud teadmisi teises, et süvendada oma õppimiskogemust.

Tõhusaim interdistsiplinaarse õppe lähenemine võimaldab õpilastel luua oma tee, valides kursusi, mis neile mõistlikud tunduvad. Näiteks ei ole raske leida teemat, mis ületab distsiplinaarseid piire kirjanduses, kunstis ja ajaloos või teaduses ja matemaatikas. Teemaatiline uurimine on üks viis ideede ühendamiseks, mis viib tähenduslikuma õppimiseni. Loodes õpilastele võimalus valida oma lemmikainete vahel, süveneb nende arusaam, kui nad peegeldavad oma õppimise seoseid erinevates distsipliinides.

vajuta siia 

Interdistsiplinaarne õpe võimaldab ideede sünteesi paljusid distsipline.

Interdistsiplinaarne õpe arvestab õpilaste erinevustega ja aitab arendada olulisi, ülekantavaid oskusi. Need oskused, nagu kriitiline mõtlemine, suhtlemine ja analüüs, on hädavajalikud ja arenevad pidevalt elu kõigis etappides. Haridussüsteemid teenivad õpilasi parimal viisil, kui nad võimaldavad ja julgustavad õpilasi looma oma interdistsiplinaarseid teid. See lähenemine võib soodustada õppimise armastust, sütitada entusiasmi ja arvestada õpilaste õppimisvaheline erinevusi.

Interdistsiplinaarsete õpingute idee peegeldab kasvavat usku, et standardõppekavad on muutunud liiga distsiplinaarseteks ja et üha keerulisemas maailmas vajavad õpilased abi, et mõista seoseid erinevate teadusvormide ja uurimiste vahel.

vajuta siia 

Miks on interdistsiplinaarne õpe oluline ja milliseid eeliseid see õpilastele toob?

Üldiselt on interdistsiplinaarse õppe tähtsus ja eelised tänapäeva haridussüsteemis järgmised:

Reaalmaailma keerukuse omaksvõtt
Klassiruumi väljaspoolne maailm koosneb erinevatest omavahel seotud ideedest, süsteemidest ja väljakutsetest. Interdistsiplinaarne õpe tunnustab seda keerukust ja varustab õpilasi vahenditega, et sellega toime tulla. Integreerides teadmisi erinevatest valdkondadest, saavad õpilased laiemat perspektiivi ja paremat arusaamist reaalsest maailmast. Nad õpivad analüüsima probleeme erinevatest vaatenurkadest ja arendama uuenduslikke lahendusi.

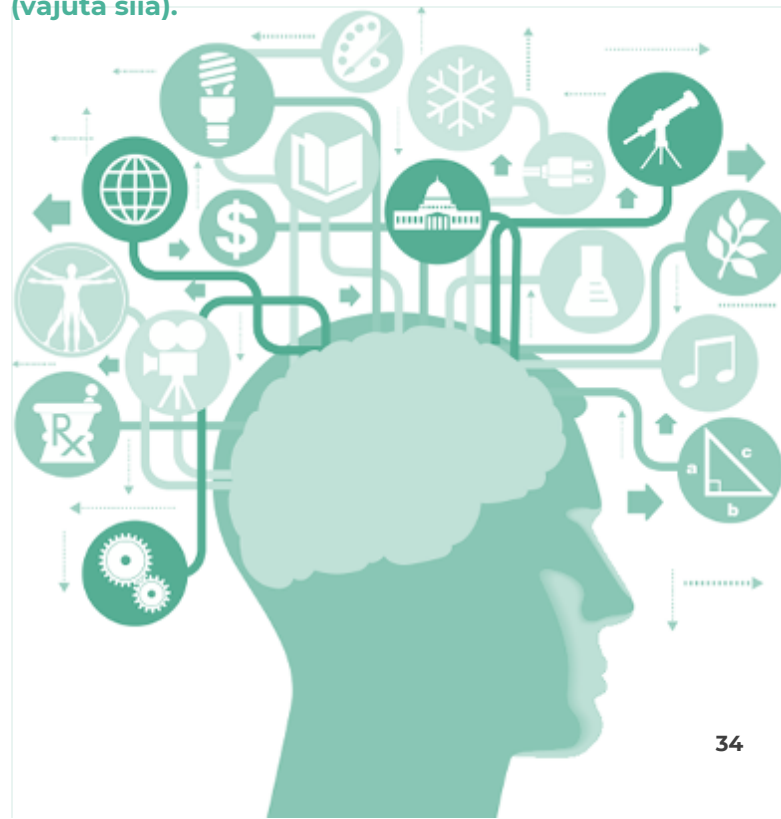
Kriitilise mõtlemise soodustamine
Interdistsiplinaarne õpe soodustab kriitilise mõtlemise oskusi, julgustades õpilasi analüüsima, sünteesima ja hindama teavet erinevatest distsipliinidest. See kutsub neid üles esitama ebatavalisi küsimusi, arvestama erinevaid vaatenurki ja looma seoseid mitmekesiste kontseptide vahel. See protsess arendab nende võimet mõelda kriitiliselt, teha teadlikke otsuseid ja lahendada keerulisi probleeme—need on hädavajalikud oskused väljakutsete jaoks, millega nad tulevikus silmitsi seisavad.

Koostöö edendamine
Professionaalses maailmas on koostöö ülioluline. Interdistsiplinaarne õpe soodustab õpilastevahelist koostööd, edendades meeskonnatööd ja suhtlemisoskusi. Töötades koos multidistsiplinaarsete probleemide lahendamiseks, õpivad õpilased hindama erinevaid vaatenurki, austama mitmekesiseid arvamusi ja tegema tõhusat koostööd ühiste eesmärkide saavutamiseks. Need oskused on hädavajalikud eduks üha enam omavahel seotud ja globaliseeruvus ühiskonnas.

Loovuse ja innovatsiooni suurendamine
Interdistsiplinaarne õpe julgustab õpilasi mõtlema kastist välja ja uurima ebatavalisi lähenemisviise. Erinevatest distsipliinidest saadud teadmiste ja tehnikate kombineerimine võib luua uuenduslikke lahendusi keerulistele probleemidele. Erinevate valdkondade ideede segamine viib sageli läbimurdeliste innovatsioonideni. Interdistsiplinaarse õppe omaksvõtmisega arendavad õpilased oma loovat mõtlemist, muutudes kohanemisvõimelisemaks ja valmis tulevikus ees seisvate väljakutsetega toime tulema.

Keeruliste globaalsete probleemide käsitlemine
Paljud tänapäeva pakilisest väljakutsest vajavad mitmemõõtmelisi lahendusi. Interdistsiplinaarne õpe varustab õpilasi oskuste ja mõtteviisiga, mis on vajalik nende keeruliste probleemide lahendamiseks. Erinevate tegurite seoste mõistmise kaudu saavad õpilased arendada terviklikke strateegiaid, mis hõlmavad sotsiaalseid, majanduslikke ja keskkonnaalaseid vaatenurki. See valmistab neid ette, et saada aktiivseteks globaalseteks kodanikeks, kes saavad kaasa aidata positiivsetele muutustele.

(vajuta siia).





Interdistsiplinaarsus ja STEM-i integreerimine

Seetõttu, et erinevate valdkondade materjalide sujuv integreerimine on võimalik, võiks interdistsiplinaarne ja integreeritud STEM (I-STEM) tugevalt siduda reaalse kogemusega STEM-valdkondades. See integreerimine on potentsiaalne edendada ja parandada iga osaleva distsipliini õppimist (Toma & Greca, 2018). Erinevate STEM-distsipliinide tõhusaks integreerimiseks on vajalik tuua kokku ideed ja põhimõtted erinevatest distsipliinidest (Blustein et al., 2013). Probleemipõhine ja/või projektipõhine õpe (PBL) (Krauss & Boss, 2013) ning interdistsiplinaarne teaduslik uurimine (Moore, 2014) on mõned pedagoogilised lähenemisviisid, mida on kasutatud I-STEM hariduse toetamiseks. I-STEM-i edu tugineb tugevalt PBL-protsessile, mis on üldiselt tunnustatud kui I-STEM-i oluline komponent (Stohlmann et al., 2012). Tõeline teadusliku uurimise protsess ei saa alati olla nii korrapäraselt jagatud ning lahenduse saavutamiseks peab mitu distsipliini omavahel seonduma. I-STEM-i eesmärgid hõlmavad, kuid ei piirdu sellega, et parandada õpilaste STEM-oskusi, 21. sajandi oskusi, ettevalmistust STEM-töökohtadeks, STEM-i huvi ja kaasatust ning suutlikkust luua seoseid STEM-distsipliinide vahel (Ayres, 2016). Interdistsiplinaarsed ja integreeritud lähenemisviisid õpetamisele ja õppimisele ning õpetajate ettevalmistusele, mis tõlgitakse klassiruumi praktikaks, on võtmeaspektid, millele tuleb keskenduda, et kasvatada vastutustundlikku põlvkonda, kes suudab kasutada STEM-teadmiste baasi praktikate muutmiseks (Kurup et al., 2019). Interdistsiplinaarne integreeritud lähenemine STEM-hariduses peab tagama, et demokraatlikud kodanikuteadlikud otsuste tegemine vastab järgmise põlvkonna teadusstandarditele (NGSS, 2013) ja Rahvusliku Teadusnõukogu (NRC, 2015) juhistele. See lähenemine võiks genereerida teadmiste baasi probleemide lahendamiseks ja viia demokraatlike kodanikutavade juurde, mis võimaldavad informeeritud otsuste tegemist.

Interdistsiplinaarse ja integreeritud STEM-i tõhus kasutamine hõlmab erinevaid mõtlemise, probleemide lahendamise ja suhtlemise viise, ning neid lähenemisviise tuleb arvestada õpetajate innovatsiooni võimekuse suurendamisel klassiruumi praktikates. Õpilased kasutavad neid lähenemisviise mitte ainult erinevate tehnoloogiliste tegevuste õppimiseks, et planeerida, analüüsida, hinnata ja esitada oma tööd, vaid õpivad ka väärtuslikke mõtlemis- ja arutlemisoskusi, et leida alternatiive sotsiaalteaduslikes probleemides, kui neid kasutatakse klassi projektides. Need aspektid on hädavajalikud nii koolikeskkonnas kui ka väljaspool seda ning need puudutavad loovust, disainipõhimõtteid ja protsesse. Need on põhimõtteliselt vajalikud interdistsiplinaarsete ja integreeritud STEM-teadmiste baasi jaoks.

Oodatakse, et õpetajad õpetavad õpilastele, kuidas lahendada probleeme, millega nad seisavad silmitsi oma teadlase ja inseneri karjääri jooksul. Siiski on reaalsed probleemid inimtekkes maailmas sageli interdistsiplinaarsed ja esinevad keerulistes süsteemides (Dym et al., 2005). Need probleemid, mis on tavaliselt süsteemi omavahel seotud, nõuavad keerukaid probleemide lahendamise oskusi, innovatiivseid ja keerulisi lahendusi ning mitmete komponentide kaasamist (Levy, 1992; Richardson jt, 2001). Näiteks, kui lahendada reaalses maailmas esinevat toidupuuduse probleemi, kasutades hüdroponikat köögiviljade tootmise suurendamiseks ja tehniliste raskuste (nt valgustus, vee ja toitumise varustus) ületamiseks, tuleks süsteemi projekteerimisel arvesse võtta ka keskkonnaalaseid ja sotsiaalseid mõjusid.

Interdisciplinary and Integration STEM

Teaching systems thinking when solving problems aligns with developing twenty-first century career skills, and helps students learn how to cope with complexity, and make scientifically and mathematically sound decisions to solve a real-world problem in a complex designed system (Dym et al., 2005). Yet, teachers are typically not prepared to teach students how to solve problems using systems and interdisciplinary thinking.

Professional societies, such as the American Society for Engineering Education (ASEE), National Academy of Engineering (NAE), and the National Research Council (NRC), call for new educational approaches that focus on hands-on, interdisciplinary, and socially relevant aspects of science, technology, engineering, and mathematics (STEM) to improve K-12 STEM education. In addition, the Next Generation Science Standards (NRC, 2013) and the Framework for K-12 Science Education (NRC, 2012) enumerated core disciplinary ideas, crosscutting concepts, and science and engineering practices for grades K-12. This current educational reform movement provides a new vision of STEM education to help students make sense of the fragmented and departmentalized knowledge that is typically taught in disciplinary silos. As defined by the National Research Council, STEM integration is “working in the context of complex phenomena or situations on tasks that require students to use knowledge and skills from multiple disciplines” (NAE, 2014). Consequently, integrated STEM teaching approaches should attempt to mirror solving a real-world problem in a complex designed system, where students use knowledge and skills from multiple disciplines that relate to their everyday lives (Wang & Knobloch, 2018).

Although STEM integration encourages interdisciplinary collaboration, teachers are traditionally trained to teach domain-specific knowledge. There is a growing concern regarding how teachers trained in one of the STEM domains are not equipped to incorporate less familiar practices into their teaching. In addition, high schools are structured in ways that continue to encourage teachers to stay in their teaching disciplinary silos (Boyd, 2017). Regardless of the core discipline(s), most scholarship in interdisciplinary integrated STEM is focused on elementary and middle school level instruction. Various challenges have been reported to hinder STEM interdisciplinary instruction in previous research studies (Lesseig et al., 2017). As a result, more research studies are needed to investigate the importance of using interdisciplinary STEM as teaching approaches in high school settings.

Teacher’s beliefs refer to beliefs related to teaching including knowledge, students, and instruction (Buehl & Beck, 2014). Beliefs shape who teachers are as individuals and are influential in teachers’ decision-making, thinking, and practice in classrooms practices (Caudle & Moran, 2012). One of the underlying assumptions to understand teachers’ thought processes, especially beliefs, is that it would lead to understanding what guides their classroom behaviors. Although beliefs are a difficult construct for empirical investigation because they tend to be philosophical or spiritual, beliefs are stronger predictors of behaviors than knowledge because they are centric to one’s identity and more difficult to change. However, the relationships between teachers’ actions and their effects are not always considered as linear. For example, teachers teach topics that they believe are interesting, but their students may find the topics dreary (Farrell & Ives, 2015). Teachers may believe in learner-centered teaching, but their practices may be didactic in nature. Many factors, internal and external shape teachers’ beliefs and influence their practices. These factors include disciplinary subculture (Fang, 1996), knowledge, skills, and abilities (Buehl & Beck, 2014); teacher preparation programs (Rice & Kitchel, 2017); time and resources, curriculum and standards (Buehl & Beck, 2014); years of teaching experiences (Lumpe et al., 2000); school and classroom environments; and education-related policies (Buehl & Beck, 2014). In short, teachers’ beliefs and practices are not context-free, but situational.

Interdisciplinary and Integration STEM

Mis puudutab õpetajate uskumusi ja praktikaid STEM-i integreerimisel, siis paljud õpetajad käsitlevad STEM-i integreerimist kui nelja distsipliini kasutamist, kuid neil puudub selge arusaam integreerimise teostamisest (Breiner et al., 2012). Uuringud on näidanud, et õpetajad näevad seoseid STEM-distsipliinide vahel (Wang & Knobloch, 2018) ja usuvad, et integreerimine aitab õpilastel siduda kooliõpingud reaalse maailma probleemidega. Lisaks võib integreeritud STEM-i õpetamine suurendada õpilaste kaasatust ja probleemide lahendamise võimet. Siiski teatavad õpetajad ka, et neil on teisi STEM-aineid integreerides raskusi, kuna neil puudub sisu- ja pedagoogiline teadmus tõhusaks integreerimiseks (Kurup et al., 2019).

Õpetajad kipuvad samuti keskenduma distsiplinaarsele sisule, mitte ülekandlikele ideedele, võib-olla seetõttu, et neil on raske lihtsate distsipliinipõhiste õpingute kaudu siduda reaalse elu probleeme ja globaalseid küsimusi. Õpetajad seisavad silmitsi takistustega tehnoloogia ja inseneriteaduse integreerimisel, kuna nende õpilased ja neil endil puuduvad teadmised ja oskused nendes valdkondades (Bybee, 2013). Seetõttu keskenduvad õpetajad sageli teadusele ja matemaatikale, jättes tehnoloogia või inseneriteaduse integreerimise tähelepanuta. Seoses interdistsiplinaarse STEM-haridusega uurisid Weinberg ja McMeeking (2017) teaduse ja matemaatika alaseid teadusuuringute tulemusi, mille käigus tuvastati takistusi, mis takistasid interdistsiplinaarset koostööd. Nendeks takistusteks olid standardid, kontrollitaseme küsimus, hindamise sobivus, õpetaja teadmised, oskused ja võimed ning koostöö. Nende tulemused kajastasid Buehl ja Beck (2014) avastusi, et õpetajate kogemus ja teadmus, samuti klassiruumi, kooli ja piirkonna tegurid mõjutavad kõik nende uskumusi ja praktikaid.



Liitreaalsus klassiruumides: nõuded ja strateegiad

Tähtsad juhised AR-i haldamiseks ja kasutamiseks aktiivse õppimise ja koostöö edendamiseks hariduses.

Hariduses põhineb suurendatud reaalsuse (AR) tehnoloogia integreerimise filosoofia veendumusel, et tehnoloogia, kui seda kasutatakse sihipäraselt, suudab rikastada õppimiskogemust, pakkudes kaasahaaravaid ja huvitavaid võimalusi. See filosoofia tugineb mitmele põhivajadusele:

Esiteks on aktiivne kaasatus üks põhilisi nõudeid klassiruumi taasloomiseks, kus õpilased ei ole passiivsed teabe vastuvõtjad, vaid aktiivsed osalejad oma õpireisil. AR-tehnoloogia soodustab ja aitab sellist aktiivset kaasatust, julgustades õpilasi uurima oma aineid uudishimu ja entusiasmiga. AR-tehnoloogial on ainulaadne võime elavdada õppimist, paigutades selle autentsesse konteksti, et teoreetilisi teadmisi õpitakse praktilistes rakendustes. Seetõttu on oluline valmistada ette praktiline projekt ja esitada see koos teoreetilise selgitusega. See tagab, et teoreetiliste teadmiste ja reaalse maailma rakenduste vahemaa on ületatud, võimaldades õpilastel näha, kui praktiliselt oluline on see, mida nad õpivad. Näiteks võiksid õpilased kasutada AR-kihte, et visualiseerida molekulaarstruktuure keemias, omandades selgema arusaama molekulaarsetest interaktsioonidest.

Lisaks võimaldab tehnoloogia kasutamine kõiki kanaleid, mis pakuvad erinevaid esitusviise, eriti visuaalsetele, auditivsetele ja kinesteetilistele õppijatele. Mitmesensoorsete kogemuste pakkumine tagab, et iga õppija saab materjaliga suhelda viisil, mis resoneerib tema isiklike eelistustega. Õpetaja jaoks on täiendav nõue osata kasutada platvorme, mis võimaldavad õpilastel töötada paarides või rühmades. Tõepoolest, AR soodustab koostööd ja loovust, kui õpilased teevad koos AR-projekte, kujundavad interaktiivseid kogemusi ja kujutavad õppematerjale uuenduslikult. See koostööl põhinev lähenemine julgustab õpilasi mõtlema loovalt ja lahendama probleeme kollektiivselt.

Lõpuks, AR-tehnoloogia integreerimise eesmärk on parandada digitaalse kirjaoskuse taset mitte ainult õpilastel, vaid eriti õpetajatel. Tehnoloogia tundmine ja valdamine võimaldab õpetajal juhendada õpilasi AR-rakendustes navigeerimisel ja tehnoloogia tõhusas kasutamises. Näiteks võiksid õpilased omandada oskusi AR-i autoritööriistade kasutamisel, et luua oma interaktiivsed AR-projekte, arendades seeläbi digitaalseid oskusi, mis on olulised töömaailmas.

“Liitreaalsuse hariduslike tegevuste käigus peab õpetaja võtma endale võimaldaja rolli.”

Liitreaalsus klassiruumides: nõuded ja strateegiad

Instructional Strategies

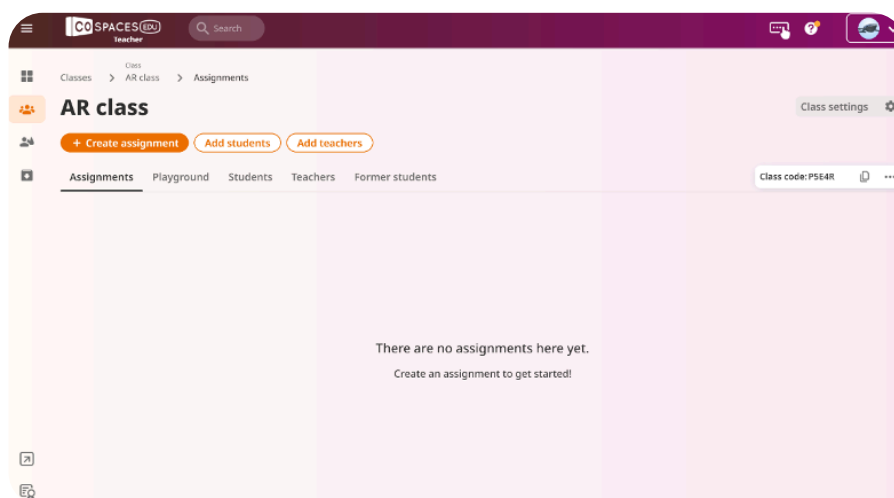
Liitreaalsuse (AR) integreerimine haridusse pakub ainulaadset võimalust suurendada õpilaste kaasatust ja edendada koostööd. AR potentsiaali maksimeerimiseks klassis peavad õpetajad rakendama läbi mõeldud strateegiaid, mis soodustavad aktiivset õppimist ja meeskonnatööd. Interaktiivsete õppetundide, kogemusliku õppimise soodustamise ja AR kasutamise kaudu nii individuaalsetes kui ka rühmategevustes saavad haridustöötajad luua dünaamilisi ja kaasavaid õpikeskkondi.

Kuid õpetajad ei vaja virtuaalse ja täiustatud reaalsuse kasutamiseks kalliseid või raskesti leitavaid tööriistu ja tehnoloogiaid. Tegelikult saavad kõik alustada lihtsate meetodite ja tehnikate kasutamisega, rakendades loominguilisi lähenemisviise olemasolevatele tehnoloogiatele, nagu interaktiivsed tahvlid, arvutid, tahvelarvutid ja nutitelefoniid.

Augmenteeritud reaalsuse tegevustes tegutseb õpetaja kui fasilitaator, seega on oluline, et tal oleks põhjalik arusaam kogemustest, mida ta klassile esitleb. Seetõttu soovitame võtta järkjärgulise lähenemise, võimaldades nii õpetajatel kui ka õpilastel õppida ja kohaneda uute praktikate ja käitumisega.

Et tõhusalt kasutada augmenteeritud reaalsust (AR) klassiruumis, peaksid õpetajad rakendama mitmesuguseid strateegiaid, mis on suunatud aktiivse õppimise ja koostöö edendamisele. Siin on mõned põhisuunad:

Interaktiivsete tundide kavandamine:

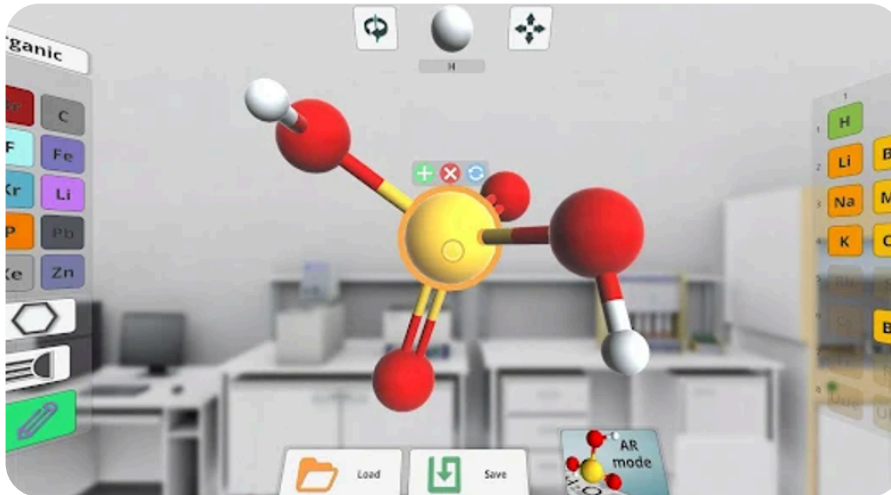


Õpetajad peaksid liitreaalsust (AR) integreerima tundidesse, et kaasata õpilasi praktilistesse ja kaasahaaravatesse tegevustesse. See võib hõlmata AR-rakenduste või -platvormide kasutamist, mis võimaldavad õpilastel uurida visuaalset ja interaktiivset sisu, nagu 3D mudelid või simulatsioonid.

Joonis 1 - CoSPACE platvorm

Liitreaalsus klassiruumides: nõuded ja strateegiad

Julgustamine kogemusõppimisele:



Liitreaalsus pakub võimalust seostada teooriat praktikaga. Õpetajad saavad kavandada tegevusi, mis võimaldavad õpilastel rakendada abstraktseid mõisteid reaalses elus, näiteks kasutada liitreaalsust molekulaarsete struktuuride uurimiseks keemias või füüsikaliste nähtuste visualiseerimiseks.

Joonis 2 – (Molecules AR) AR rakendus molekulide loomiseks.

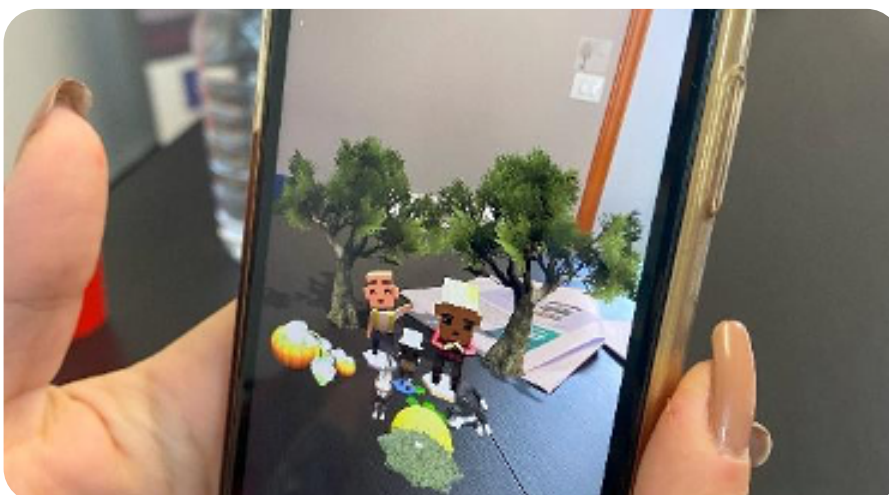
Koostöö edendamine:



Õpetajad peaksid julgustama grupitööd, kus õpilased teevad koostööd AR-projektide kallal. Need tegevused aitavad arendada olulisi oskusi, nagu suhtlemine, probleemide lahendamine ja kriitiline mõtlemine, samal ajal kui õpilased uurivad uut digitaalset sisu.

Joonis 3 - (Brave New Words projekt) AR tegevus

Isikupärastamine õppimises

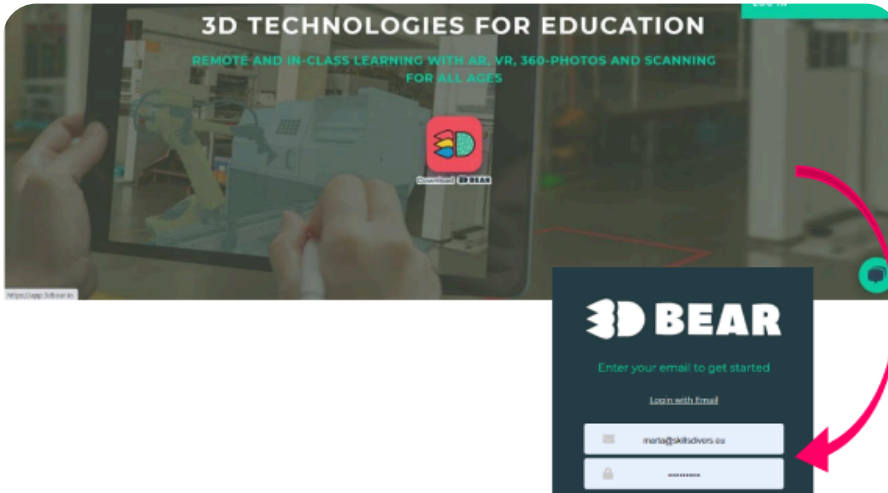


AR saab kasutada diferentseeritud õpikogemuste loomiseks, mis vastavad erinevatele õpistiilidele. Õpetajad saavad kasutada AR-tehnoloogiat, et pakkuda visuaalseid, auditiivseid ja kineetilisi ressursse, mis rahuldavad iga õpilase individuaalseid vajadusi.

Joonis 4 - (Brave New Words projekt) AR-aktiivsus.

Liitreaalsus klassiruumides: nõuded ja strateegiad

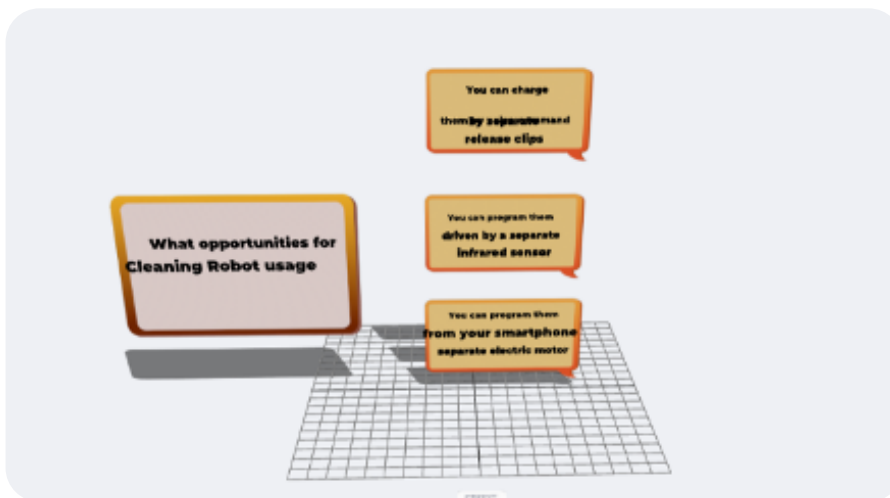
Digitaalsete oskuste arendamine



Kuna AR on digitaalne tehnoloogia, on oluline, et õpetajad koolitaksid ka õpilasi nende tööriistade tõhusaks kasutamiseks vajalike oskuste osas. See hõlmab AR-platvormide kasutamise õpetamist ja loovuse edendamist isikupärastatud AR-sisu loomise kaudu.

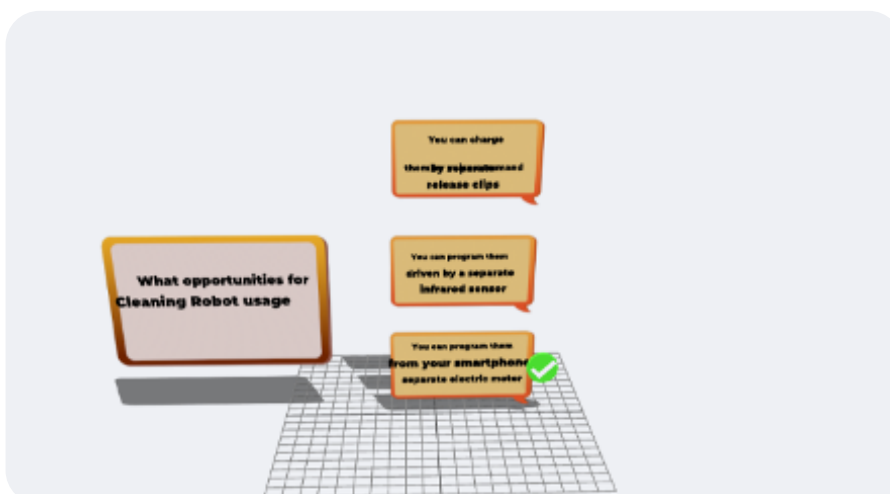
Joonis 5 - 3D Beari avaleht

Interaktiivne hindamine



Õpetajad saavad kasutada AR-vahendeid, et läbi viia kaasahaaravamaid vormivaid hindamisi, näiteks interaktiivseid teste või tegevusi, kus õpilased lahendavad probleeme AR-keskkonnas. See muudab hindamise aktiivseks osaks õppeprotsessist.

Joonis 6 - Assembler World Studio rakendus



Joonis 7 - Assembler World Studio rakendus 2

Liitreaalsus klassiruumides: nõuded ja strateegiad

Nende strateegiade eesmärk on muuta õppimine dünaamilisemaks, ligipääsetavamaks ja kaasahaaravamaks, parandades kontseptsioonide mõistmist ning arendades tulevikus hädavajalikke digitaalseid oskusi.

Järgmises tabelis on kuus näidet strateegilistest tegevustest, mida saab läbi viia liitreaalsuse (AR) abil hariduses.

Strateegiad	Näide	Kirjeldus
Kogemusõppe soodustamine	Ajalooliste või geograafiliste keskkondade uurimine	Õpilased saavad kasutada AR-rakendusi, et uurida ajalooliste või geograafiliste asukohtade virtuaalseid rekonstruktsioone, näiteks iidset Roomat või planeedisüsteeme. See tegevus võimaldab õpilastel sukelduda keskkondadesse, mis muidu oleksid kättesaamatud, muutes ajaloo või geograafia õppimise kaasahaaravamaks ja visuaalselt stimuleerivamaks
Digitaalsete oskuste arendamine	Virtuaalne teaduslabor koos 3D mudeli ja AR-iga	Bioloogia või keemia tunnis saavad õpilased kasutada AR-i, et visualiseerida, kujundada ja manipuleerida 3D mudeleid rakkudest, molekulidest või organismidest. Näiteks saavad nad uurida rakustruktuure või jälgida keemilisi reaktsioone, simuleerides katseid, mida võib olla raske või ohtlik teostada päris laboris.
Tegevuste kavandamine rühmades	Interaktiivsete lugude loomine	Õpilased, jagatuna rühmadesse, saavad koostöös luua loo või narratiivi, kasutades liitreaalsuse sisu. AR-tööriistade abil saavad nad kanda reaalsele maailmale üle pilte, videoid ja animatsioone, andes oma lugudele elu. See tegevus soodustab loovust, koostööd ja digitaalseid oskusi, samal ajal kui see arendab ka jutustamis- ja kirjutamisvõimet.
Interaktiivne hindamine	Liitreaalsuse põhised viktoriinid ja probleemi lahendusülesanne	Õpilased saavad kasutada liitreaalsust, et osaleda aardejahtimises, kus nad leiavad ja lahendavad küsimusi või probleeme, mis on peidetud nende ümbritsevasse füüsilisse keskkonda. Iga õige vastus võib avada täiendavaid vihjeid või virtuaalseid elemente, mis on seotud õppeainega.
Personaalne õpe	Kohandatud liitreaalsuse õpiteed	Matemaatika tunnis saavad õpilased kasutada liitreaalsust, et visualiseerida ja manipuleerida geomeetriliste kujunditega vastavalt nende arusaamistasemele, pakkudes erineva keerukuse ja toetuse tasemeid vastavalt nende edusammudele. See kohandamine aitab arvestada erinevate õpieelistustega ja õpivõimetega, tagades, et iga õpilane saab sobiva väljakutse ja toe.
Interaktiivsete tundide kavandamine	AR-simulatsioonid ja virtuaalsed laborid	Bioloogiainnis saavad õpilased AR-i abil uurida ja suhelda virtuaalse ökosüsteemiga, jälgides, kuidas erinevad tegurid seda mõjutavad. Aastal a füüsikatunnis võivad õpilased kasutada AR-i, et katsetada virtuaalseid simulatsioone füüsikaliste nähtuste nagu gravitatsioon või liikumine.

- Sanders, M. (2009). STEM, STEM Education, STEM Mania. *Technology Teacher*, 68, 20-26.
- Dewey, J. (2010). The need for a philosophy of education (1934). *Schools*, 7(2), 244-245.
- Papert, S. A. (1993). *Mindstorms: Children, computers, and powerful ideas*. Basic books.
- Chute, E. (2009, February 10). STEM education is branching out. *Pittsburgh Post-Gazette*.
- Obama, B. (2009). Remarks by the President at the National Academy of Sciences Annual Meeting | The White House. *PNAS*, 106(24), 9539-9543.
- Pellegrino, J., and Hilton, M. (2012). *Education for Life and Work: Developing Transferable Knowledge and Skills in the 21st Century*. Washington: National Research Council.
- Siekman, G., and Korbel, P. (2016). Defining 'STEM' Skills: Review and Synthesis of the Literature-Support Document 1 NCVER. Adelaide, SA, Australia: NCVER.
- Miller, E. R., Fairweather, J. S., Slakey, L., Smith, T., and King, T. (2017). Catalyzing Institutional Transformation: Insights from the AAU STEM Initiative. *Change Mag. Higher Learn.* 49, 36-45.
- Moore, T. J., & Smith, K. A. (2014). Advancing the state of the art of STEM integration. *Journal of STEM Education: Innovations and Research*, 15(1), 5.
- Ματσαγγούρας, Η. (2012). *Η Διαθεματικότητα στη Σχολική Γνώση*. Αθήνα: Γρηγόρη.
- Commission (2015). *Addressing Low Achievement in Mathematics and Addressing Low Achievement in Mathematics and Science*, Thematic Working Group on Mathematics, Science and Technology (2010-2013). Final Report
- Kearney, C. (2016). Efforts to Increase Students' Interest in Pursuing Science, Technology, Engineering and Mathematics Studies and Careers. National Measures taken by 30 Countries – 2015 Report. Insight, (November), 96. Retrieved from http://www.fisme.science.uu.nl/publicaties/literatuur/2011_european_schoolnet.pdf%0Ahttp://www.voced.edu.au/content/ngv51728
- Kuenzi, J. (2008). Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) Education: Background, Federal Policy, and Legislative Action.
- Matsuura, T., & Nakamura, D. (2021). STEM/STEAM Education and Students' Perceptions in Japan. *Asia-Pacific Science Education*, 7(1), 7-33. <https://doi.org/10.1163/23641177-bja10022>
- Marja G. Bertrand, Immaculate K. Namukasa. (2022). A pedagogical model for STEAM education *Journal of Research in Innovative Teaching & Learning*.
- National Research Council. (2014). *STEM Integration in K-12 Education: Status, Prospects, and an Agenda for Research*. National Academies Press. <https://nap.nationalacademies.org/read/18612/chapter/1#xii>
- Quigley, C. F., Herro, D., & Jamil, F. M. (2019). Examining the Relationship Between Design-Based Learning and STEAM. *Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning*, 13(1).
- Stohlmann, M., Moore, T. J., & Roehrig, G. H. (2012). Considerations for Teaching Integrated STEM Education. *Journal of Pre-College Engineering Education Research*, 2(1).
- Smith, J., Johnson, A., & Williams, B. (2020). The Impact of STEAM Education on Student Performance: A Meta-Analysis. *Journal of STEM Education Research*, 8(2), 45-62.
- Kim, B. H., & Kim, J. (2016). Development and validation of evaluation indicators for teaching competency in STEAM education in Korea. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 12(7), 1909-1924. <https://doi.org/10.12973/eurasia.2016.1537a>
- Perignat, E., & Katz-Buonincontro, J. (2019). STEAM in practice and research: An integrative literature review. *Thinking Skills and Creativity*, 31, 31-43. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2018.10.002>
- Li, K.-C., & Wong, B. T.-M. (2020). Trends of learning analytics in STE(A)M education: A review of case studies. *Interactive Technology and Smart Education*, 17(3), 323-335. <https://doi.org/10.1108/ITSE-11-2019-0073>
- Tesconi, S., & de Aymerich, B. (2020). Ciencia en todo y para todos. In D. Couso, M. R. Jimenez-Liso, C. Refojo, & J. A. Sacristán (Eds.), *Enseñando Ciencia con Ciencia*. FECYT & Fundacion Lilly (pp. 88-99). Penguin Random House.
- Colucci-Gray, L., Burnard, P., Gray, D., & Cooke, C. (2019). A critical review of STEAM (science, technology, engineering, arts, and mathematics) (pp. 1-22). *Oxford Research Encyclopedia, Education*. Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/acrefore/9780190264093.013.398>
- 1Azuma, R. T. (1997). A survey of augmented reality. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 6(4), 355-385.
- Bacca, J., Baldiris, S., Fabregat, R., & Graf, S. (2014). *Augmented Reality Trends in Education: A Systematic Review of Research and Applications*.
- J. Garzón, et al. *Educational Research Review* 31 (2020) 100334
- Cheng, K. H., & Tsai, C. C. (2013). Affordances of augmented reality in science learning: Suggestions for future research.
- Dunleavy, M., & Dede, C. (2014). Augmented reality teaching and learning. *Handbook of Research on Educational Communications and Technology*.
- M.-B. Ibáñez and C. Delgado-Kloos, 'Augmented reality for STEM learning: A systematic review', *Computers & Education*, vol. 123, pp. 109-123, Aug. 2018

- Daniel Sampaio, Pedro Almeida, Pedagogical strategies for the integration of Augmented Reality in ICT teaching and learning processes, *Procedia Computer Science* 100 (2016) 894 – 899
- Carlo H. Godoy, Jr., A Review of Augmented Reality Apps for an AR-Based STEM Education Framework, *Southeast Asian Journal of STEM Education* Vol 3 No. 1 January 2022
- Endang Widi Winarni, Endina Putri Purwandari (2023). Augmented Reality with STEAM through Blended Learning for Elementary School. *International Journal of Social Science and Education Research Studies*, 3(10), 2109-2113
- Gavish, N., Gutiérrez, T., Lahav, O., & Ben-Hur, S. (2018). Augmented Reality in Education: A Meta-Review and Cross-Media Analysis.
- H.-Y. Chang et al., 'Ten years of augmented reality in education: A meta-analysis of (quasi-) experimental studies to investigate the impact', *Computers & Education*, vol. 191, p. 104641, 2022
- J. Jesionkowska, F. Wild, and Y. Deval, 'Active Learning Augmented Reality for STEAM Education—A Case Study', *Education Sciences*, vol. 10, no. 8, p. 198, 2020
- M. Fernandez, 'Augmented-Virtual Reality: How to improve education systems', *High. Learn. Res. Commun.*, vol. 7, no. 1, p. 1, Jun. 2017, doi: 10.18870/hlrc.v7i1.373.
- D. Sahin and R. M. Yilmaz, 'The effect of Augmented Reality Technology on middle school students' achievements and attitudes towards science education', *Computers & Education*, vol. 144, p. 103710, Jan. 2020
- Hwang, G. J., Wu, P. H., Chen, C. C., & Tu, N. T. (2016). Effects of an augmented reality-based educational game on students' learning achievements and attitudes in real-world observations. *Interactive Learning Environments*, 24(8), 1895–1906.
- Schunk, D. H. (2012). *Learning Theories, an Educational Perspective* (6th ed.). Boston, MA: Pearson Education Inc.
- Fox, R. (2001). Constructivism Examined. *Oxford Review of Education*, 27(1), 23–35. <http://www.jstor.org/stable/1050991>
- Lazonder, A. W., & Harmsen, R. (2016). Meta-analysis of inquiry-based learning: Effects of guidance. *Review of Educational Research*, 86(3), 681–718. <https://doi.org/10.3102/0034654315627366>
- Vallera, F. L. (2019). Durkheim Said What?: Creating Talking Textbooks With Augmented Reality and Project-Based Activities. *Journal of Research on Technology in Education*, 51(3), 290–310. <https://doi.org/10.1080/15391523.2019.1617809>
- Bashan Topsy, 2019, Germany's "STEM program", https://www.sohu.com/a/306589403_691021.
- Li Yizhen, 2022, Research on STEM Education Policy in Germany, https://doi.org/10.2991/978-2-494069-89-3_123
- European Commission. (2020). *STEM Education in Europe: Policies and Practices*. Retrieved from <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/29f2b797-666b-11ea-b735-01aa75ed71a1>
- Italian Ministry of Education, University, and Research. (2019). *National Guidelines for the Development of STEM Skills*. Retrieved from <http://hubmiur.pubblica.istruzione.it/web/ministero/linee-guida-stem>
- Ricci, R., & Mosca, R. (2018). Integrating STEM Education through Project-Based Learning: A Systematic Review of Italian Literature. *International Journal of STEM Education*, 5(1), 24. <https://doi.org/10.1186/s40594-018-0126-5>
- Sicoli, A., & Amigoni, F. (2017). Inquiry-Based Learning Activities in Italian Middle School: A Case Study. In *International Conference on Intelligent Tutoring Systems* (pp. 3-15). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-61425-0_1
- 22, Research on STEM Education Policy in Germany, https://doi.org/10.2991/978-2-494069-89-3_123
- Kearney, C. (2016). Efforts to Increase Students' Interest in Pursuing Science, Technology, Engineering and Mathematics Studies and Careers. *National Measures taken by 30 Countries – 2015 Report. Insight*, (November), 96. Retrieved from http://www.fisme.science.uu.nl/publicaties/literatuur/2011_european_schoolnet.pdf%0Ahttp://www.voced.edu.au/content/ngv51728
- Kearney, C. (2016). Efforts to Increase Students' Interest in Pursuing Science, Technology, Engineering and Mathematics Studies and Careers. National Measures taken by 30 Countries – 2015 Report. Insight, (November), 96. Retrieved from http://www.fisme.science.uu.nl/publicaties/literatuur/2011_european_schoolnet.pdf%0Ahttp://www.voced.edu.au/content/ngv51728
- Perry M. 'Student Engagement, No Learning without It', *Creative Education*, Vol.13 No.4, April 18, 2022.
- Aso, B., Navarro-Neri, I., García-Ceballos, S., & Rivero, P. (2021). Quality requirements for implementing augmented reality in heritage spaces: Teachers' perspective. *Education sciences*, 11(8), 405.
- Marín-Díaz, V., Sampedro, B., & Figueroa, J. (2022). Augmented reality in the secondary education classroom: Teachers' visions. *Contemporary Educational Technology*, 14(2), ep348.
- Carreon, A., Smith, S. J., & Rowland, A. (2020). Augmented reality: Creating and implementing digital classroom supports. *Journal of Special Education Technology*, 35(2), 109-115.

Wen, Y., Wu, L., He, S., Ng, N. H. E., Teo, B. C., Looi, C. K., & Cai, Y. (2023). Integrating augmented reality into inquiry-based learning approach in primary science classrooms. *Educational technology research and development*, 71(4), 1631-1651.

Perifanou, M., Economides, A. A., & Nikou, S. A. (2022). Teachers' views on integrating augmented reality in education: Needs, opportunities, challenges and recommendations. *Future Internet*, 15(1), 20.

Holley, D., & Howlett, P. (2016). Engaging our school teachers: An Augmented Reality (AR) approach to continuous professional development. In *E-Learning, E-Education, and Online Training: Second International Conference, eLEOT 2015, Novedrate, Italy, September 16-18, 2015, Revised Selected Papers 2* (pp. 118-125). Springer International Publishing.

