

Tallinna Ülikool
Digitehnoloogiaste Instituut

**Õpilased õpiku kaasautorina:
3D-printimise digiõpiku arendusuuring**

Magistritöö

Autor: Tiit Raik

Juhendaja: PhD Mart Laanpere

Autor: „2017

Juhendaja: „2017

Instituudi direktor: „2017

Tallinn 2017

Autorideklaratsioon

Deklareerin, et käesolev magistritöö on minu töö tulemus ja seda ei ole kellegi teise poolt varem kaitsmisele esitatud. Kõik töö koostamisel kasutatud teiste autorite tööd, olulised seisukohad, kirjandusallikate ja mujalt pärinevad andmed on viidatud.

.....

(kuupäev) (autor)

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

Mina Tiit Raik (sünnikuupäev: 23.04.1973)

1. annan Tallinna Ülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose „Õpilased õpiku kaasautorina: 3D-printimise digiõpiku arendusuuring” mille juhendaja on PhD Mart Laanpere säilitamiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tallinna Ülikooli Akadeemilise raamatukogu repositooriumis.
2. olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.
3. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Tallinnas _____

(digitaalne) allkiri ja kuupäev

Sisukord

1. Sissejuhatus	6
2. Kirjanduse analüüs	8
2.1. 3D printimine	8
2.1.1. 3D printimise ajalugu.....	8
2.1.2. 3D printimise tehnoloogia	9
2.1.3. 3D printimisele sarnased tehnoloogiad.....	9
2.1.4. 3D Modelleerimise tarkvara	9
2.1.5. Tulevik ja ootus koolile	10
2.2. Uus õpikäsitlus, õppimisteoreetilised alused	11
2.2.1. Milliseid pädevusi saame arendada.....	11
2.2.2. Muutunud õpikäsitlus.....	12
2.2.3. Üldpädevused	13
2.2.4. Ainevaldkond, Kunstiained	17
2.3. Trialoogiline õppimine	17
2.4. Õpilane digiõpiku kaasautorina: metoodilised lähtekohad	21
2.5. Kokkuvõte	23
3. Uuringu disain ja metoodika	24
3.1. Uuringu disain	24
3.2. Disainiuuringu metoodika.....	24
3.3. Õpiku koostamise metoodika	25
3.4. Õpiku koostamine õpilaste poolt MOOC kursuse raames.....	29
3.5. Valminud õpiku keskkonna valimine.....	33
3.6. MediaWiki keskkond	34
3.7. 3D-printimise digiõpiku katsetamine Mooste Põhikoolis	36
4. Uurimustulemuste analüüs	38
4.1. Fookusrühma-intervjuu õpilastega	38
4.2. Arutelu	39
4.3. Kokkuvõte	42
Kasutatud kirjandus	45
Summary	47
Lisad	48

Lisa 1.....	49
Lisa 2.....	54
Lisa 3.....	56
Lisa 4.....	70
Lisa 5.....	76

1. Sissejuhatus

3D printimine on uus tehnoloogia mille osatähtsus ja rakendamine tõuseb aasta-aastalt järjest olulisemaks. 3D printimises on võimalik muuta arvutis koostatud mudel otse käegakatsutavaks objektiks ilma vahe etappideta. Peale disaini, kujundus- ja inseneri erialade õppimise ja õpetamise mõistavad õpilased veel, et sellega on võimalik asendada detaile ilma vajaduseta neid uuesti toota või pikkade vahemaade tagant tarnida (Suvanto, 2015). Paljuski võib tuleviku tootmine muutuda. 3D printimist rakendatakse järjest uutel elualadel. Enam ei mõelda ainult inimeste proteeside printimisele vaid prinditakse terveid tüvirakkudest koosnevaid inimorganeid (Mironov, Kasyanov, & Markwald, 2011).

Eesti 2.0¹ on pilootprojekt mille esimeseks sammuks on anda 50 eesti põhikoolile ja gümnaasiumile 3D-printerit Makerbot Replicator (2.0, 2015). Idee algataja ja rahastaja on GrabCADi looja Hardy Meybaum. GrabCad on üks edukamaid eesti iduettevõtteid. Hardy Meybaum suutis, peale ettevõtte väga edukat arendamist, müüa see suurimale 3D printerite tootjale². Saadud tulust on osa investeeritud ka eesti haridusse.

Euroopas ja maailmas on juba paljud koolid integreerinud või on integreerimas 3D printereid kooliprogrammi. Uus tehnoloogia annab võimalusi õpetada mitmesuguseid pädevusi ja muuta õppesisu huvitavaks ning tegeliku eluga rohkem kooskõlaliseks. Siiski, kui õpetajale anda 3D printer ja öelda, et õpeta, siis ei oleks see piisav (3D Printing The Ultimate Guide, 2014). Õpetajatel ja koolidel puuduvad oskused 3D printerite kasutamiseks. 3D printer on küll palju lihtsam seade kui CNC (ingl computer numerical control) või muud tehnoloogiad ent võimaldab väga mitmetel aineõpetajatel integreerida seda oma aine tundidesse. 3D printeri võib jätta ka iseseisvalt tööle ja tunni teemadega edasi minna ning naasta prinditud tulemuste juurde hiljem (Suvanto, 2015). Samas hõlmab 3D printimine enda alla väga palju erinevaid teemasid, mis nõuab isegi eraldi koolitust. Alustades printimise ettevalmistusega ja printerite ja materjalidega seotud tehnilistest probleemidest, erinevatest modelleerimise võimalustest, repositooriumitest mudelite allalaadimiseks ja nende kohendamise kuni selle integreerimiseni õppeprogrammi koos tunnikavadega. Eesti keeles on väga vähe kirjutatud materjale 3D printimise kohta. Koolis kasutatavaid õppematerjale praktiliselt pole. On küll loodud mõned videod Tinkercadi³ kasutamiseks aga pole üldist, kogu laia teemat katvat, õppematerjali.

¹ <http://eesti2.ee>

² <http://uudised.err.ee/v/majandus/63c76925-90a4-48e7-aa9f-d75048e04f81>

³ <https://www.tinkercad.com>

Käesoleva uurimuse käigus on kavas koostöös õpilastega luua 3D printimise õpik. Sellest tulenes uurimisprobleem:

Kuidas kaasata õpilased 3D-printimise digiõpiku koostamisse ja seejuures tagada õpiku kvaliteet?

Uurimuse eesmärkide täitmiseks sõnastasin uurimisküsimused:

- Millised on õpilaste kaasamisel loodava digiõpiku õppimisteoreetilised lähtekohad ja neist tulenevad nõuded disainiprotsessile?
- Millised on õpilaste koostöömustrid digiõpiku koostamisel, millised mustrid on edukamad?
- Kuidas juhtida, optimeerida ja mudeldada seda laadi digiõpiku massautortuluse meetodit?

Magistritöö üldeesmärkide saavutamiseks koostasın uurimisülesanded.

- Esmalt tuli tutvuda 3D printimise tehnoloogiatega, et mõista tehnoloogia kasutamiseks peamisi pädevusi ja nõustada selles osas ka korraldusmeeskonda.
- Tutvuda riikliku õppekava ja muutunud õpikäsitusega. Leida pädevusi mida me saame arendada 3D printimise rakendamiseks põhikoolis.
- Õpilaste loodud digiõpiku raamistuse väljatöötamiseks tutvuda õppedisaini teooriatega ja trialoogilise õpperaamistikuga.
- Digiõpiku kõigile kättesaadavuseks ja edasiarenduseks tuleb valida digiõpiku mudelile sobiv keskkond.
- Koostada digiõpiku mudel nii õpilastele kui ka nende juhendajatele ning testida seda koos õpilastega.
- Uuringu tulemuste põhjal ettekande tegemine 3D printimise kursuse läbiviimiseks õpilaste loodud õpiku peatükkide alusel.

Magistritöö koosneb neljast peatükist. Teises peatükis koostasın kirjanduse analüüsi 3D printimise-, pädevuste arendamisest põhikoolis ja trialoogilise õppe mudeli kohta. Kolmandas peatükis kirjeldasin uurimismeetodit ja neljandas võtan kokku uurimuse tulemused.

2. Kirjanduse analüüs

2.1. 3D printimine

2.1.1. 3D printimise ajalugu

Tõenäoliselt kui me loeme midagi 3D printimise kohta siis on tegemist FDM (ingl Fused deposition modeling) tehnoloogial põhineva printeriga. Sellist tehnoloogiat kasutavad laiatarbe 3D printerid. Antud tehnoloogia on loodud S Scott Crumpi poolt 1989 aastal. Nagu uue tehnoloogiaga ikka olid esimesed printeri prototüübid kallid. FDM tehnoloogia laiem levik ja massidesse minek toimus peale patendi aegumist 2009 aastal. Kindlasti oli teine oluline tõuge 3D printimise tehnoloogia jõudmisest tavakasutajani Dr. Adrian Boweri algatatud vabavaraline RepRap⁴ projekt 2005 aastal (3D Printing The Ultimate Guide, 2014). FDM tehnoloogia on kõige odavam ja lihtsamini teostatav, mille tulemusena on see jõudnud juba tavatarbija kasutusse. FDM tehnoloogias kantakse sulatatud materjal kiht kihi haaval alusele. Kuna tegu on materjali lisamise tehnoloogiaga ei lähe materjalist peaaegu mitte midagi kaduma (Suvanto, 2015). 3D printimise ajaloo algusest lähevad erinevad allikad kohati lahku. Enamik allikaid peab 3D printimise tehnoloogia alguseks Charles Hull'i loodud stereolitograafiat 1983 aastal SLA (ingl Stereolithography). 3D Printing Industry peab 3D printimise alguseks Dr. Kodama kiiret prototüüpimise tehnoloogiat (ingl rapid prototyping) 1980 aastal, mille ta töötas välja tööstusliku prototüüpimise lihtsustamiseks (History of 3D Printing, 2014). Ilmselt põhjus, miks sellest ei räägita on selles, et Dr. Kodama kaotas oma patendi. Stereolitograafias (SLA) kasutatakse vedelat fotopolümeeri, mis muudetakse kiht-kihi haaval laseriga tahkeks. (SLA) tehnoloogia on palju täpsem kui (FDM). Kolmas oluline 3D printimise tehnoloogia on Selective Laser Sintering (SLS) Laser paagutamine, mida hakkas arendama Dr. Carl Deckard Texase Ülikoolis 1984 aastal. SLS tehnoloogia kasutab võimast laserit paagutades pulbrilisi materjale kiht kihi haaval mudeli ehitamiseks (Horvath, 2014). 3D printimise tehnoloogia areneb pidevalt. Peaaegu iga kuu ilmuvad ühisrahastus keskkondadesse uued 3D printeri lahendused. Tänapäeval kasutatakse 3D printimist majade, toidu ja mitmesuguste muude asjade printimiseks.

⁴ <http://reprap.org>

2.1.2. 3D printimise tehnoloogia

Koolides ja raamatukogudes kasutatakse FDM tehnoloogiaga printereid ning ka antud uurimuses kasutatakse ainult seda tehnoloogiat. FDM tehnoloogias on võimalik printida erinevaid materjale. Kõige sagedamini kasutatakse printimiseks PLA (ingl polylactic acid) või ABS (ingl acrylonitrile butadiene styrene). PLA sulab madalamal temperatuuri 200-220C-il, see on valmistatud taimsest tärklisest ja seega sobilik koolides kasutada. Eeliseks on ka, et see ei eralda ebameeldivat lõhna. Puuduseks võib lugeda, et väljaprintitud objektid ei kannata päikesevalgust ega niiskust. Materjal on ka suhteliselt rabe.

ABS sulab kõrgemal temperatuuril 220-260C ja on valmistatud fossiilkütusest ning seega nõuab head ventilatsiooni, sest sulamisel eralduvad aurud on toksilised. Veel kasutatakse printimiseks mitmesuguseid materjale nagu nailon, painduvaid materjale, metalli ja puidu sarnaseid ja liivakivi sarnaseid materjale⁵(Metshein, 2014), osa neist on sobivad tugistruktuurideks PVA (ingl polyvinyl alcohol), kuna on vees lahustuvad.

2.1.3. 3D printimisele sarnased tehnoloogiad

Üheks 3D printimisele sarnaseks tehnoloogiaks peetakse Voxel printimist. Prinditud objekt koosneb pikslitest, väikestest klotsidest mis võivad olla kuubiku kujulised, silindrilised jne. Voxel printimise tehnoloogia eeliseks võib pidada printimise kiirust, sest valmis detailide kiht kihi haaval lisamine on kiirem. Puuduseks on väljatrükitava objekti välispinna kvaliteet.

FMF3 (ingl electron beam free form fabrication) on NASA poolt loodud tehnoloogia. Elektronikiir suunatakse vaakumis metallile ja sulanud metall kujundatakse soovitud vormi.

SLM (ingl Selective Laser Melting) on väga sarnane tehnoloogia SLA-ga. Paagutamise asemel sulatatakse metallipulber ja kujundatakse 3D objekt.

FFF (ingl Fused Filament Fabrication) mis on tegelikult sama asi mis FLA aga RipRap entusiastide nimetus, mida vahel kasutatakse (3D Printing The Ultimate Guide, 2014).

3D printimise sarnastest tehnoloogiatest võib jõuda midagi ka tavakasutusse ja koolis kasutatavaks tehnoloogiaks.

2.1.4. 3D Modelleerimise tarkvara

3D printimiseks on meil vaja kolmemõõtmelisi mudeleid. 3D mudeleid luuakse CAD (ingl Computer aided design) modelleerimise tarkvara abil. CAD tarkvara on kasutatud tööstuses juba mitu aastakümnet toodetavate detailide projekteerimiseks. CAD tarkvara õpetatakse ka

⁵ <http://www.metshein.com/unit/3d-printimine-printimise-materjalid/>

koolides juba põhikoolis tehnoloogia õppes. Paljud gümnaasiumid pakuvad CAD koolitust õpilastele, valmistades neid ette ülikoolis õpetavatele erialadele nagu inseneri, maastikuarhitekt jne⁶. Võib öelda, et Eestis on loodud palju õppematerjale 3D modelleerimise ja CAD tarkvara kohta.

Võiks väita, et 3D printimine on muutnud või vähemalt mitmekesistanud modelleerimise tarkvara.

Raamat „Makerbot in The Classroom” liigitab 3D tarkvara kolmeks (Makerbot in The Classroom, 2015). Esiteks on traditsioonilised CAD programmid millega saab modelleerida täpsete mõõtudega 3D mudeleid. Antud tarkvara on kasutatud peamiselt tööstuses, CNC (ingl computer numerical control) masintöötlemisel, arhitektuuris. Antud alal on väga palju tasulisi ja tasuta tarkvaralisi lahendusi. Tasuta lahendused on Tinkercad, Autodesk 123 Design⁷ ja tasuline tarkvara SolidWorks⁸. Antud tarkvarade eeliseks on väga täpne modelleerimine. Puuduseks - orgaaniliste vormide kujundamine on nendega väga raske.

Teine kategooria on nn skulptori tarkvara, mis emuleerib savi voolimist arvutiekraanil. Tasuta tarkvarana on kasutuses Sculptris⁹, tasuline on Zbursh.

Kolmas kategooria on hulknurk modelleerimise (ingl polygon modeling) tarkvara. See võimaldab kujundada nii pindu kui orgaanilisi kujundeid. Tasuta tarkvarana on kasutusel Blender¹⁰, Wings 3D¹¹. Tasuline tarkvara on Maya, 3ds Max¹² jne. Viimast kahte kategooriat kasutavad põhiliselt video- ja mängutööstused. Sageli kasutatakse objekti erielementide modelleerimiseks mitut erinevat tarkvara.

2.1.5. Tulevik ja ootus koolile

Tulevik toob järjest uuendusi 3D printimise vallas - arendatakse järjest uuemaid ja kiiremaid tehnoloogiaid. Paljud riigid on panustanud 3D printimisse koolides. (3D Printing The Ultimate Guide, 2014) 3D Printing The Ultimate Guide kirjutab, et Suurbritannia valitsus kinkis parimale teaduse ja matemaatika koolile 21 MakerBot printerit koos nende kasutamise koolitusega. Need koolid valiti pilootprogrammiks National Centre for Excellence¹³ õpetamaks matemaatikat, disaini ja tehnoloogiat. 9-kuulises programmis pidid koolid õpetama oma

⁶ http://www.kadrina-kool.edu.ee/oppeplaanid/uus_kk_valik_cad_joonestamine.pdf

⁷ <http://www.123dapp.com>

⁸ <http://www.solidworks.com>

⁹ <http://pixologic.com/sculptris/>

¹⁰ <https://www.blender.org>

¹¹ <http://www.wings3d.com>

¹² <http://www.autodesk.com>

¹³ <https://www.ncetm.org.uk>

õpilasi kasutama printereid, innovatsiooni ja reflekteerima tagasisidet protsessist. Katse oli edukas, õpilased suutsid kasutada 3D printereid matemaatika õppimiseks ja näha teooriaid mis on nende taga. 2013 aasta oktoobriks kulutas Suurbritannia valitsus pool miljonit naela ja laiendas projekti veel 60-le koolile (3D Printing The Ultimate Guide, 2014).

Suurbritannia pole ainuke - ka Soome valitsus on viinud läbi programmi 3D printerite rakendamiseks koolides (Mainio, 2013).

Eesti keelsete õppematerjalide olukord 3D printimisest on hetkel järgmine. Nii koolielu kui ka e-õppe repositooriumid viitavad ühele ja samale Moodle kursusele „Vabavaraline 3D Disain ja 3D printimine”¹⁴ (Peets, 2016). Kursuses on palju materjali 3D modelleerimise kohta, aga väga fragmenteeritud osa 3D printimisest, mis koosneb mõnest tutvustavast videost ja peamiselt ettevalmistustarkvara Cura¹⁵ mõistetest. Lisaks sellele on veel koostanud Mario Metshein metshein.com¹⁶ lehel natuke põhjalikuma 3D-printimise ülevaate.

Maailmas lööb laineid „Maker Movement” liikumine, mis mõjutab ka 3D-printimise populaarsuse kasvu. Seda liikumist iseloomustab üleskutse: loo ise tarvilikke asju selle asemel, et olla lihtsalt suurfirmade poolt loodud asjade tarbija (Halverson & Sheridan, 2014). Liikumine on levimas laialdaselt üle maailma ja seda toetavad üha enam nii huviharidus kui raamatukogud (Pepler & Bender, 2013). Ka Eestis on sama trend: meil on üha enam robotika huviringe ja 3D printimise võimalusi nii koolides kui raamatukogudes. Robotikat on Eestis juba kooliharidusse integreeritud¹⁷. „Maker movement” toetab õppimisel John Dewey konstruktivismi, mille aluseks on õppimine läbi praktilise tegevuse ja loovtööde (Dougherty, 2012). Järgmises peatükis käsitlem lähemalt 3D-printimise seoseid Elukestva Õppe Strateegias sihiks seatud uue õpikäsitusega ja kaasaegsete õppimisteooriatega.

2.2. Uus õpikäsitus, õppimisteoreetilised alused

2.2.1. Milliseid pädevusi saame arendada.

Euroopa Parlamendi soovitus liikmesriikidele 18.12.2006 määratleb võtmepädevustena, muuhulgas matemaatikapädevus ning teadmised teaduse ja tehnoloogia alustest; infotehnoloogiline pädevus; õpioskused; sotsiaalne ja kodanikupädevus; algatusvõime ja

¹⁴ <https://moodle.hitsa.ee/course/view.php?id=14120>

¹⁵ <https://ultimaker.com/en/products/cura-software>

¹⁶ <http://www.metshein.com/course/3d-printimine/>

¹⁷ <http://www.robotika.ee/lego/projekt>

ettevõtlikkus (Eesti elukestva õppe strateegia 2020, 2014). Edaspidi vaatleme läbi Põhikooli riikliku õppekava kuidas antud pädevusi saame arendada.

Õpetamisel ja õppimisel kasutatakse kaasaegset digitehnoloogiat ratsionaalsemalt ja tulemuslikumalt ning võimaldatud on ligipääs uue põlvkonna digitaristule. (Eesti elukestva õppe strateegia 2020, 2014) 3D printerite rakendamine koolides suurendab õpilaste ligipääsu digitaristule.

Elukestva õppe strateegia toob välja kitsaskohtadena ühiskonnas levinud seisukohad, millega õppijad valivad nn „naiste ja meeste erialasid“, mis suurendab tööturul soolist ebavõrdsust. Näiteks naissoost õppurite osakaal tehnoloogia, loodus- ja täppisteaduste erialade seas on vaid 31%. Erinevused elukestvas õppes pakutava ning tööturu vajaduste vahel on liialt suured. Digitaristule ligipääs ja digitaalne õppevara on mitterahuldav ning ebaühtlane (Eesti elukestva õppe strateegia 2020, 2014).

Õpilased ilmselt ei puutu põhikooli ajal piisavalt kokku päriseluliste ülesannete ja tehnoloogiaga, mis võib anda neile vale pildi teatud erialadest ja suunab nende edaspidiseid eriala valikuid.

2.2.2. Muutunud õpikäsitlus

3D printimise tehnoloogiaga koolides saame arendada veel järgmisi elukestva õppe strateegia pädevusi:

Elukestva õppe strateegia toob eesmärkidena välja muutunud õpikäsitluse, mille põhimõteteks on loetletud koostöö ja üksteiselt õppimine, säästev areng ja tõenduspõhine otsustamine. Viimastel kümnenditel riiklikult kehtestatud tasemehariduse õppekavadel on lähtutud õppijakesksusest, tarvidust siduda õppeprotsessis uus teadmine olemasolevaga, lõimimine erinevate aine- ja eluvaldkondadega, õpetada mitte üksnes faktiteadmisi, õppida õppima ja lahendama probleeme ning võimalusel teha seda meeskonnas. Õpetaja ei ole käesoleval sajandil mitte infoallikas, vaid seoste looja, väärtushoiakute kujundaja, kelle kohustus on arendada õppijas loovat ja kriitilist mõtlemist, ettevõtlikust, analüüsioskust, meeskonnatöö oskust. Õpetaja roll on aidata inimese kujunemist ennast juhtivaks õppijaks, kes saab iseseisvalt hakkama muutustega keskkonnas. Oluline on veel iga õppija õpioskusi, loovust ja ettevõtlikkust, individuaalset ning sotsiaalset arengut abistav ja edendav õpikäsitlus (Eesti elukestva õppe strateegia 2020, 2014).

3D printimisega saame lõimida mitmeid õppeaineid. Õpilaste loodud peatükid 3D printimisest võiksid aidata arendada õpilaste õpioskusi ja muuta õppimise huvitavaks, arendada koostöö oskusi, ühtlasi lahendades päriselulisi ülesandeid.

2.2.3. Üldpädevused

Üldpädevusi on Põhikooli riikliku õppekava järgi 8. Minu hinnangul sobib 3D printimise rakendamine põhikoolis nende nelja pädevusega. Kindlasti on veel pädevusi mida saame arendada.

2.2.3.1 Matemaatikapädevus

Kui esmapilgul tundub, et matemaatikat on 3D printimisega raske seostada siis tegelikult see nii ei ole. Peamine osa mis matemaatikaga seostub on geomeetria ja 3D modelleerimine. 3D printimine annab sellele praktilisema väljundi. Soomes on ka eraldi uuritud 3D printeri kasutamist matemaatika õppes (Suvanto, 2015).

„Matemaatika õpetamise kaudu taotletakse, et põhikooli lõpuks õpilane:

- 1) väärtustab matemaatikat ning tunneb rõõmu matemaatikaga tegelemisest;*
- 6) kasutab õppides info- ja kommunikatsioonitehnoloogia vahendeid;*
- 7) oskab analüüsida ja jõuab olemasolevate faktide põhjal arutluse kaudu järeldusteni;*
- 8) rakendab matemaatikateadmisi teistes õppeainetes ja igapäevaelus;”¹⁸*

Läbi praktiliste ja käega katsutavate tulemustega suudab õpilane väärtustada matemaatikat ja tõenäoliselt tunneb ka ülesannete lahendamises rõõmu. Läbi 3D printimise eri ülesannete on õpilastel võimalik kasutada IKT erinevaid vahendeid. Praktilised ülesanded annavad ka tagasisidet õpilasele ja võimaldavad neil tehtut analüüsida. Matemaatikat saab lõimida teistesse õppeainetesse.

„Põhikooli matemaatikaõpetus annab õpilastele valmisoleku mõista ning kirjeldada loogilisi, kvantitatiivseid ja ruumilisi seoseid.”¹⁹

3D mudelite väljatrükkimine ja nende paigutamine kasvõi printimiseks ettevalmistamisel lihtsustab õpilastel ruumiliste seoste mõistmist.

„Õpilasi suunatakse tunnetama loogiliste mõttekäikude elegantsi ning õpitavate geomeetriliste kujundite ilu ja seost arhitektuuri ning loodusega. Õpilased õpivad märkama matemaatika seotust igapäevaeluga, aga ka aru saama, et matemaatika alusteadmised aitavad paremini teisi teadusi mõista.”²⁰

3D printimise rakendamine annab just hea võimaluse arendada õpilaste huvi kunsti, disaini, arhitektuuri valdkondade vastu ja õpilastel on võimalik näha nende erialade seoseid matemaatikaga.

¹⁸ <https://www.riigiteataja.ee/aktiis/1290/8201/4020/1m%20lisa3.pdf>

¹⁹ <https://www.riigiteataja.ee/aktiis/0000/1327/3133/13275424.pdf>

²⁰ https://www.riigiteataja.ee/aktiis/1140/1201/1001/VV1_lisa3.pdf

„Õpilased õpivad märkama matemaatika seotust igapäevaeluga, aga ka aru saama, et matemaatika alusteadmised aitavad paremini teisi teadusi mõista.”²¹

3D printimisega on võimalik asendada detaile kodus või klassiruumis ja seda universaalselt ilma, et neid oleks tarvis kelleltki eraldi tellida.

„Teiste ainevaldkondade ja igapäevaeluga seotud ülesannete kasutamine annab õpilastele ettekujutuse matemaatika rakendamise võimalustest.”²²

Selles uurimuses on plaanis kasutada M. David Merrilli mudelit mis keskendub just igapäeva eluga seotud ülesannetele.

„Tehnoloogia. Käsitöö ja kodunduse ning töö- ja tehnoloogiaõpetuse tundides tehakse tööde kavandamisel ja valmistamisel praktilisi mõõtmisi ja arvutusi, loetakse ja tehakse jooniseid jne.”²³

3D printimine laiendab praktilisi võimalusi mõõtmiste ja jooniste kasutamist ja nendega seotud arvutuste kasutamist.

Elukestva õppe strateegias tuuakse välja vajalike tegevustena üldhariduses reaalainete populariseerimist ja õppimist (eriti tüdrukute seas), reaalainete õppe sisu kaasajastamist.

(Eesti elukestva õppe strateegia 2020, 2014).

Lisaks ütleb Põhikooli riiklik õppekava:

„Matemaatika õppimine ja õpetamine peab pakkuma õpilastele võimalikult palju positiivseid emotsioone.”²⁴

Uurimuse autori arvates annab 3D printimise praktilise ülesanded õpilastele positiivseid emotsioone.

Põhikooli riiklikus õppekavas käsitletakse sama teemat veel ainevaldkonna all Matemaatika Teabekeskond, Tehnoloogia ja innovatsioon ja Loodusteadused ja tehnoloogia.²⁵

Kindlasti aitaks 3D printimise rakendamine kooliprogrammi viia õppimine kaasaegsemaks ja abstraktselt tasemelt päriseluliste probleemide lahendamise ja mõistmiseni.

²¹ <https://www.riigiteataja.ee/akt/lisa/1290/8201/4020/1m%20lisa3.pdf>

²² <https://www.riigiteataja.ee/akt/lisa/1290/8201/4020/1m%20lisa3.pdf>

²³ <https://www.riigiteataja.ee/akt/lisa/1290/8201/4020/1m%20lisa7.pdf>

²⁴ <https://www.riigiteataja.ee/akt/lisa/0000/1327/3133/13275424.pdf>

²⁵ <https://www.riigiteataja.ee/akt/129082014020>

2.2.3.2. Ettevõtlikkuspädevus

„Ettevõtlikkuspädevus. Ettevõtlikkuspädevust arendatakse eluliste andmetega ülesannete lahendamise kaudu. Erinevate lahenduste leidmine arendab paindlikku mõtlemist ning ideede genereerimise oskust.”²⁶

Õpilased näevad läbi praktiliste tegevuste kuidas väärtust luuakse ja kuidas nad ise tulevikus seda luua saaksid. Tehnoloogia areng on ettevõtlust muutma hakanud. Juba asendab tavapärast ettevõtlust jagamismajandus, kus inimesed jagavad ressursse säästes nii kulusid kui keskkonda, teenides sellega ise tulu. Jagamismajandus on juba majandust nii palju mõjutama hakanud, et seda on hakatud reguleerima (Euroopa Komisjon, 2016). 3D printimine on samuti üks nendest tehnoloogiatest mis kuulub jagamismajanduse juurde.

2.2.3.3. Tehnoloogia ja innovatsioon

„Uuenduslikkus: läbiva teema „Tehnoloogia ja innovatsioon“ vaimus eelistatakse uuenduslikke tehnoloogiaid ning lahendusi;”²⁷

„Läbiv teema „Tehnoloogia ja innovatsioon”

1) omandama teadmisi tehnoloogiade toimimise ja arengusuundade kohta erinevates eluvaldkondades; 2) mõistma tehnoloogiliste uuenduste mõju inimeste töö- ja eluviisile, elukvaliteedile ning keskkonnale nii tänapäeval kui ka minevikus; 3) aru saama tehnoloogiliste, majanduslike, sotsiaalsete ja kultuuriliste uuenduste vastastikustest mõjudest ning omavahelisest seotusest; 4) mõistma ja kriitiliselt hindama tehnoloogilise arengu positiivseid ja negatiivseid mõjusid ning kujundama kaalutletud seisukohti tehnoloogia arengu ja selle kasutamise seotud eetilistes küsimustes; 5) kasutama info- ja kommunikatsioonitehnoloogiat (edaspidi IKT) eluliste probleemide lahendamiseks ning oma õppimise ja töö tõhustamiseks; 6) arendama loovust, koostööoskusi ja algatusvõimet innovaatiliste ideede rakendamisel erinevates projektides, osalema koostöös kaasõpilaste ja/või tehnoloogiafirmaga innovaatilises arendusprojektis.”²⁸

Põhikooli õppes on 3D printimine väga innovaatiline ja seda saab kasutada kergesti peaaegu kõigis õppeainetes.

²⁶ <https://www.riigiteataja.ee/aktiivisa/1290/8201/4020/1m%20lisa3.pdf>

²⁷ <https://www.riigiteataja.ee/aktiivisa/0000/1327/3133/13275469.pdf>

²⁸ <https://www.riigiteataja.ee/aktiivisa/1290/8201/4020/1m%20lisa13.pdf>

2.2.3.4. Karjääri planeerimine

Eesti elukestva õppe strateegias loetletakse veel, et süsteemi paindlikuks toimimiseks on tarvilik, et õppekavad oleksid asjakohased ning kõigile lihtsalt kättesaadavad (Eesti elukestva õppe strateegia 2020, 2014). Seda saaks teostada just läbi uute tehnoloogiate nagu 3D printimine.

Lisaks on Elukestva õppe strateegias eesmärk luua tööturu arenguvajadusi arvestavad õppimisvõimalused, et suurendada just erialase kvalifikatsiooniga inimeste arvu erinevates regioonides (Eesti elukestva õppe strateegia 2020, 2014).

3D printerid jaotati koolidele üle eesti andes sedasi võimaluse paljudele regioonidele.

“Teadvustama oma huve, võimeid ja oskusi, mis aitavad kaasa adekvaatse enesehinnangu kujunemisele ning haridustee jätkamisega seotud karjääriplaanide konkreetsemaks muutumisele;”²⁹

3D Printimine loob praktilise lähtekoha väga paljudele erialadele, mida õpilane võib edasi õppida. Põhikoolis on väga vähe võimalusi saada praktilist esemete modelleerimise kogemust. Isegi arvutimodelleerimise tarkvara ei võimalda õpilasel tajuda milline see asi päriselus välja näeb (Suvanto, 2015). See pole vajalik mitte ainult klassikalistel disainerialadel vaid maastikukujundajast geenitehnoloogini.

2.2.3.5. Keskkonnahoid ja kliima

Loodushariduse lõimimine riiklikesse õppekavadesse aitab vältida ja vähendada jäätmeteket (Eesti elukestva õppe strateegia 2020, 2014). Kuna tegemist on kiht-kihilt materjali lisamise tehnoloogiaga ei lähe materjalist peaaegu mitte midagi kaduma (Suvanto, 2015). 3D printimise integreerimine õppekavva annab õpilastele võimaluse hinnata erinevaid tootmise ja valmistamise tehnoloogiaid.

Elukestva õppe strateegias on ette nähtud meetmete väljatöötamist töötajate koolitamiseks majanduse kasvuvaldkondades (Eesti elukestva õppe strateegia 2020, 2014).

Eesti elukestva õppe strateegia ütleb, et üheks majanduse kasvuvaldkonnaks on efektiivsem ressursside kasutamine ja see aitab omakorda tõhusamalt kasutada loodusressursse (Eesti elukestva õppe strateegia 2020, 2014). Näiteks puuduvate või katkiste detailide printimine kohapeal aitab säästa transpordikulusid, mis oleks vajalikud detailide teiselt poolt maakera

²⁹ <https://www.riigiteataja.ee/aktiivisa/1290/8201/4020/1m%20lisa13.pdf>

kohale transportimiseks (Suvanto, 2015). Seda strateegiat kirjeldatakse ka Põhikooli riiklikus õppekavas läbiva teemade kirjelduste all „Keskkond ja jätkusuutlik areng”³⁰.

2.2.4. Ainevaldkond, Kunstiained

Põhikooli riiklik õppekava Valikaine informaatika.

„Aktiivõpe ja loomingulisus: eelistatakse õpilaste aktiivset osalemist nõudvaid ja nende loovust esile toovaid õppemeetodeid;”³¹.

Läbi praktikas teostatavate ja välja printitavate esemete saame tagada õpilaste aktiivse osaluse ja loomingulisuse.

„Tehnoloogia rakendamise võimalusi mitmekesistatakse foto või video tegemise ning mudelite ja makettide meisterdamise integreerimise kaudu õppetegevusse.”³²

„Kunstiained. Kunst ja geomeetria (joonestamine, mõõtmine) on tihedalt seotud. Geomeetriamõisted võivad olla aluseks kunstiõpetuses vaadeldavate objektide analüüsil.”³³.

3D printimine soodustab kunstiainetes kiiret prototüüpimist, mis alternatiivsetel meetoditel oleks väga ajamahukad.

2.3. Trialoogiline õppimine

Õpilaste loodud digiõpikut on plaanis esmalt kasutada MOOC kursusena. Õpiku peatükkide põhiteemaks on päriselulised ülesanded. Lisaks õpiku enda raamistuse mudelile on vaja leida ka õpilaste koos õppimise mudeleid ja praktikaid mis toetaks teadmusobjektide taaskasutamist eri viisidel.

Sami Paavola (Paavola, 2004) järgi trialoogilise õppimise all mõeldakse sellist üheskoos õppimise viisi, kus tegevusi organiseeritakse üheskoos loodavate ja muudetavate jagatavate objektide arendamise ümber. Jagatavate objektidena võivad olla hästi mitmesugused asjad (tekstid, mudelid, plaanid, tooted või isegi toimimismudelid). Oluline on, et puhta üksi õppimise või sotsiaalse koostoimele lisaks, rõhutatakse ühiselt valmistatud konkreetseid objekte, mida toimetatakse hilisemaks korduvkasutuseks. Trialoogiline õppimine on tihedalt

³⁰ <https://www.riigiteataja.ee/aktiilisa/0000/1327/2925/13275411.pdf>

³¹ <https://www.riigiteataja.ee/aktiilisa/1290/8201/4020/1m%20lisa10.pdf>

³² <https://www.riigiteataja.ee/aktiilisa/0000/1327/3133/13275471.pdf>

³³ <https://www.riigiteataja.ee/aktiilisa/1290/8201/4020/1m%20lisa3.pdf>

soetud ideega, et uus tehnoloogia on loonud ning loomas uusi, endisest paindlikumaid vahendeid ühiste objektide ning protsesside pikaajalisse ja mitmekülgseesse töötlemisse (Paavola, 2004).

Trialoogiline õppimine ei ole, vähemalt mitte veel, niivõrd mingi eriline pedagoogiline mudel, vaid rohkem lähenemisviis kogukonnas õppimisele, kus tõuseb esile pikaajaline vahendatavate objektide loomine ja toimetamine asjatundjate arenduse lähtekohast. Termin „trialoogilisus” on uudissõna, mis tähtsustab erilisi vahendusmehhanisme inimtoimimise alusena ja seda, kuidas üheskoos arendatavad väljundid vahendavad üksikisiku ja rühma tegevust ning teisest küljest näiteks arendajate ja järgmise etapi kasutajate seost (Paavola, 2004).

Trialoogilise õppimise lähenemisviis on arendatud algselt Helsingi ülikooli haridustehnoloogiat toetava kogukonna õppimisega seoses. Selle taustal on nõ. teadmusloomemetafoori ettekujutus õppimisest. Teadmusloomemetafooriga viidatakse sellistele käsitlustele õppimisest, kus on oluline millegi uue arendamine kogukondliku õppimise peaesmärgina. Uue arendamine või loomine ei tähenda ilmtingimata maailma ajalooliselt uue asja tegemist, vaid püüdlust ületada osalejate varasemad oskused ning luua midagi uut. Lähenemisviisi taustal on erilised kogukondliku õppimise mudelid, eriti nõ uuriva õppimise mudel ja pädevuste kujundamise (ingl Knowledge Building) teooria (Paavola, 2004).

Järgnevalt esitlen Sami Paavola (Paavola, 2004) järgi trialoogilise õppimise disainipõhimõtteid ja toetatavad praktikad ning nendega seotud väljakutseid.

1) Tegevuse organiseerimine ühiselt arendatavate objektide ümber.

See on keskne trialoogilise õppimise tunnusjoon. Eesmärgiks on organiseerida kursuseid nii, et õppijad arendavad üheskoos kasutuskõlblikke õpiobjekte ja -väljundeid nagu päris tooteid mõnele kliendile või välisele osapoolele, viki lehekülgi, mudeleid, plaane, dokumente jne. Eesmärgiks on teha midagi, millel on taaskasutust peale kursuse lõppu. Taaskasutus lisab omi kriteeriume, kuid annab ka motivatsiooni valmistamisele. Taotluseks on toetada õpiobjektide ja -väljundite ühist töötamist, näiteks versioonihaldust, „sõbralikku” kommenteerimist (ehk kommenteerimist ja vestlust, mis on seotud objektide eri osade arendamisega), protsessi ühist planeerimist ja praktika reflekteerimist (Paavola, 2004).

2) Isikliku ja sotsiaalse taseme seosed ja osavõtjate toetamine.

Eesmärgiks on organiseerida tööd nii, et osalejad võtavad vastutust peale isikliku õppimise veel ühistest protsessidest ja töödest. Uue loomise alusena nähakse, et ühiste tööde valmimisel ühenduvad nii osalejate isiklik kogemus ja eesmärgid kui ka ühised toimivad praktikad ning

eesmärgid. Isiklik õppimine ja kogukonnaõpe ei ole ilmtingimata vastandlikud asjad (Paavola, 2004).

3) Pikaajaliste teadmiste loomise ja -arendamise protsesside edendamine

Eesmärgiks on arendada infokogusid ja praktikaid, millel on taaskasutust eraldiseisvate kursuste ning olukordade üle. Leida järjepidevust eri õppimisolukordade vahele. Alusena on see, et teadmiste loome protsesside ja erinevate objektide arendamine nõuab pikaajalist tööd. Seda pikaajalisust toetab teadmusobjektide loov taaskasutus, kuid ka see, et arendatavad sihtmärgid ja arendamise praktikad on võimalikult „autentsed” (ehk mõeldud päriselt taaskasutuseks) (Paavola, 2004).

4) Asjade arendamine informatsiooni viiside (vaikiv teadmine, praktikad, kontseptiualiseerimine) vastastikmõjul ja refleksiooni toetades

Eesmärgiks on edendada lahtiste probleemidega seotud tööde tegemiseks ja selliseid praktikaid, kus üksikasjalikud ideed, küsimused ja praktiline info ühenduvad asjade käsitlemisel, refleksioonidesse ja dokumenteerimisse. Aluseks on see, et uue teabe arendamises arendatakse asju üldiselt hästi mitme külje pealt. Püüdluseks on toetada mitmekülgsel ühiste sihtmärkide töötamise tavasid erinevatel viisidel (tekstidega, muundatavate diagrammide, mõistekaartide, piltide, videote, mudelite, küsimustikega jne.) (Paavola, 2004).

5) Infopraktika „risttolmendus” eri kontekstide ja kogukondade vahel.

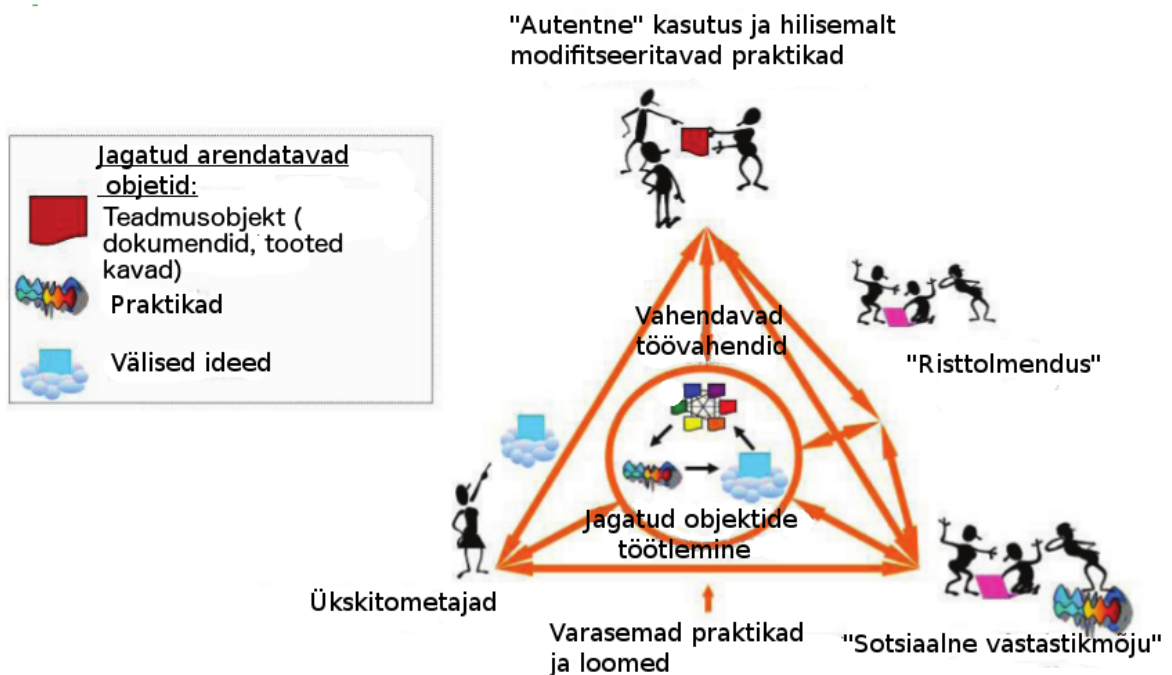
Eesmärgiks on saada „päris” sihtmärke ja praktikaid, kaasamaks neid aspekte ühistööle, mille kasutust õpetatakse (näiteks tööelu esindajaid või muude alade asjatundjaid) või kellele töid ollakse tegemas (näiteks kliendid). Põhimõte on see, et kui eesmärgiks on õppida hiljem vajaminevaid infopraktikaid ja teha korduvkasutatavaid töid, siis erinevate kogukondade kaasamine toetab neid taotlusi. Termin „risttolmendus” viitab sellele, et on eesmärk arendada oma praktikaid, võttes õppust erinevatest kogukondi esindavatest aspektide praktikatest kogukonna kaudu (Paavola, 2004).

6) Paindlikud töövahendid dialoogilise õppe toeks.

Eesmärk on leida ja kasutada tehnoloogiat, mis annab „teenuseid” dialoogilisele infopraktikatele. Kogukonna teadmusloome kasutusalasid võib ellu viia paljudel eri viisidel ja eri vahenditega, kuid disainipõhimõtete toetamine ja ühendamise õnnestuvad kõige paremini tehnoloogia abil, mis toetab asjade pikaajalist ja paindlikku töötamist (nii infoallikate töötlemisel, protsesside kui sotsiaalse vastastikmõju organiseerimist). Informatsiooni jagamiseks, kommunikatsioonile ja suhtlusele lisaks peaks leidma tehnoloogia, mis toetab taolist tööd (Paavola, 2004).

Trioloogilise õppe strateegiatel on ka mõningad väljakutseid, millega peaks arvestama:

1. Kuidas leida sobivaid tööobjekte, mis on ühest küljest meeldivad ja samas teostuskõlblikud sageli päris lühikeste kursuste jooksul? Kuidas organiseerida kogukonna tööviise, kui osalistel pole sellega varasemalt kogemusi?
2. Kuidas leida ja arendada jagatud objekte, milles ühendavad osalejate isiklik huvi ja asjade koos valmistamine teiste osalejatega, kelle taustahuvid võivad olla väga erinevad? Kuidas leida sobiv rütm, leppida kokku töö viisid ning ajagraafik meeldivalts üksikult kui ka ühiselt töötamiseks?
3. Kuidas üksikud, sageli lühiajalised kursused saab ühendada palju aega nõudvate asjade tootmiseks? Kuidas õpetajana saab luua jätkke eri kursuste vahele? Kuidas õpilasena võib ära kasutada teiste töid?
4. Kuidas organiseeritud töös ühendada eri vaatekohad ühiste sihtmärkidega? Kuidas toetada ideid ja ideede töötlemist, samas kui konkreetsete objektide loomine tõuseb esile?
5. Millistel tingimustel koostöö eri organisatsioonide, asjatundjate ja õppeasutuste vahel on meeldiv ja toimiv? Kuidas ühendada erinevaid tööviise ja leida selleks vajalikke ressursse?
6. Kuidas saada tehnoloogia paremini toetama pikaajalist asjade toimetamist? Kuidas ühendada paindlikult eri vahenditega teostatavate tööde tootmine ja töötamine? (Paavola, 2004)



Joonis 1. Trioloogilise õppimise topoloogia, kus on kesksel kohal jagatavate objektide töötlemine (Paavola, 2004).

Trialoogilise õppimise topoloogia on toodud Joonisel 1. Õpilaste jaoks on plaanis kasutada varasema loomena korraldusmeeskonna poolt loodud õpik koos selle raamistusega. Sotsiaalne vastastikmõju toimub gruppide sees. Termin “Risttolmendus” tähendab võistlevate gruppide omavahelist vastastikmõju. Vahendatavate töövahenditena on plaanis kasutada blogisid.

2.4. Õpilane digiõpiku kaasautorina: metoodilised lähtekohad

Õppematerjalide loomist õpilaste poolt on Eestis ja TLÜs varem edukalt katsetatud (Rõbtšenkov, 2014). Romil Rõbtšenkov uuris oma bakalaureusetöös „Üliõpilaste kaasamine digitaalsete õppematerjalide koostamisse” õpilaste kaasamist õppematerjalide koostamisse (Rõbtšenkov, 2014).

Käesolevas arendusuuringus uuritakse põhikooli õpilasi kaasautorina. Õpilased koostavad mitte üksikuid õpiobjekte, vaid terveid õpiku peatükke mille nad postitavad oma ajaveebi.

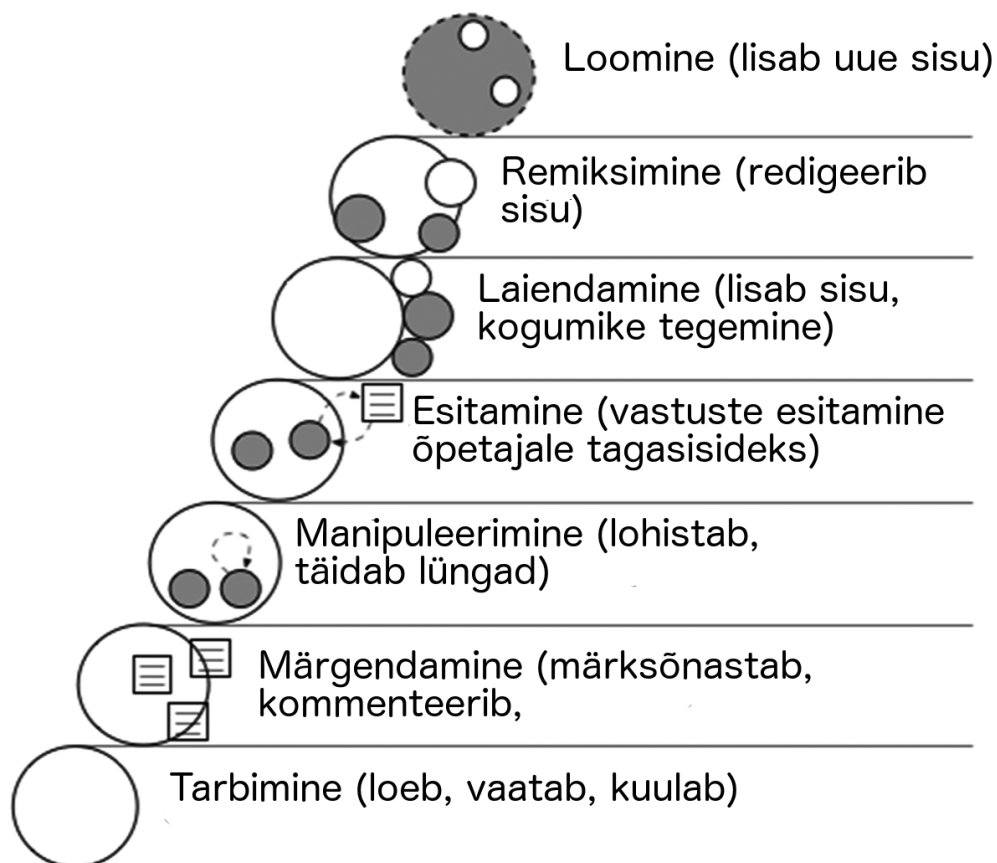
Soovitused muutunud (uue) õpikäsituse juurutamiseks Collegium estonicum tegevusse tuuakse välja mõned edulood maailmast (Vinter, 2014).

High Tech High kool Sant Diego, USA. Õpilased tegid San Diego lahe loomastiku ja taimestiku käsiraamatu. Ümbritseva kogukonna huvi pakub suuremat motivatsiooni teha kvaliteetset tööd, kui ainult õpetaja poolne hindamine (Vinter, 2014).

„Ørestad Gymnasiumi õpilased kasutavad nutitelefone, näiteks luues keemia katsetest erinevate selgitustega videoid. Luues oma eakaaslastele õppimise protsessi käigus köitvaid õppematerjale (Vinter, 2014).

The Partnership for 21th Century Skills (P21) kasutati IKT vahendeid uurimiseks ja võrgustikutööks ja õppematerjalide loomiseks õpilaste poolt (Vinter, 2014).

Neid näiteid kasutati enamasti õpilaste õpimotivatsiooni tõstmiseks. Käesolevas uurimuses on oluline ka see, et õpilased looks õppematerjale mida pole varem loodud.



Joonis 2. Õpilaste kaasautorluse tasemete taksonoomia. (Väljataga, Fiedler H.D., & Laanpere, 2015)

Joonisel 2. On välja toodud Learnmix³⁴ projekti raames välja töötatud mudel õpilaste kaasautorluse taksonoomiast (Väljataga, Fiedler H.D., & Laanpere, 2015).

³⁴ <http://idlab.tlu.ee/portfolio/learnmix-2/>

2.5. Kokkuvõte

3D printerite kasutamist koolides toetab Põhikooli riiklik õpekava, kui ka Elukestva õppe strateegia. Nagu kirjanduse analüüsist selgub saab seda kasutada mitmekülgisel viisil, mis toetab õpilaste erinevaid pädevusi. Kirjanduse analüüsis leitud pädevusi ja viise kuidas 3D printimist saab koolis kasutada. 3D-printimise õpetamine koolides toetab ka muutunud õpikäsituse levikut.

Kindlasti üks esmaseid ja olulisemaid asju on koolide ja õpetajate toetamine 3D printeri tehnoloogia tutvustamise osas. Kuna enne Eesti 2.0 projekti on 3D printimist Eesti koolides rakendanud ainult üksikutel juhtudel, siis on väga vähe eestikeelseid õppematerjale. Vähe on ka eksperte kes oskaks öelda kuidas oleks õpilastel kiirem ja mõistlikum end valdkonnaga kurssi viia.

3. Uuringu disain ja metoodika

3.1. Uuringu disain

Arendusuuringu (ingl design science) aluseks võeti magistritöös “Design Science in Information Systems Research” (Hevner, March, & Park, 2004) artikkel.

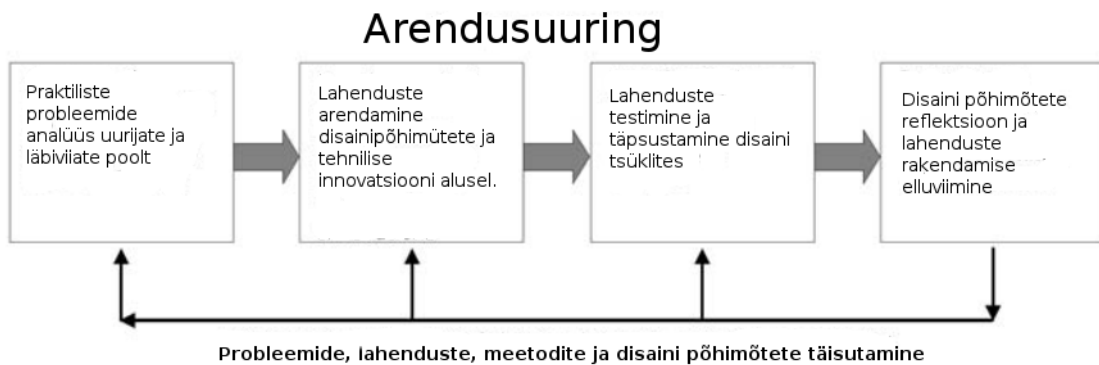
Arendusuuring erineb arendusest selle poolest, et selles lahendatakse tähtsaid praktilisi probleeme ainulaadsel viisil, või arendatakse tõhusamaid või mõjusamaid lahendusi varem arendatud lahendustele. Arendusuuring on suunatud raskematele probleemidele ja nende nõudmiste määratlemisele (Hevner et al., 2004).

Uurimus võib kulgeda ebateoreetiliselt viisil kus intuiitiivselt ja katseliselt juhitud arendus võivad tuua lähemale praktiliste eesmärkide saavutamise. Teoreetiliste põhja määratlemiseni võidakse jõuda peale teostuse sooritamist (Hevner et al., 2004).

3.2. Disainiuuringu metoodika

Uurimuse aluseks on võetud Henvner jt. (2004) määratletud infosüsteemi (ingl Information system, IS) arendusuuringu seitse juhtnööri.

1. Artefakti loomine. Arendusuuring peab tekitama elujõulise artefakti (nt. IS prototüübi).
2. Probleemi aktuaalsus. Arendusuuringute eesmärk on arendada tehnoloogial põhinevaid lahendusi olulistele, aktuaalsetele probleemidele.
3. Evalvatsioon. Loodud lahenduse või prototüübi praktilisus, kvaliteet ja efektiivsus peab olema tõestatud rangelt hästi teostatud hindamise meetodite kaudu.
4. Teaduslikkus. Tõhus arendusuuring peab andma selgeid ja kontrollitavaid toetusraamistikke sellistes valdkondades nagu artefakti projekteerimine, disaini alused ja/või projekteerimise metoodikatest.
5. Metoodika rangus. Arendusuuring põhineb rangete meetodite kohaldamises nii artefakti konstrueerimiseks kui ka artefakti disaini hindamiseks.
6. Disain kui probleemilahendus. Disain on tõhusa lahenduse otsimine, mis eeldab vahendite (meetmed ja ressursid) ärakasutamist soovitud lõpptulemuseni (eesmärgid ja piirangud) jõudmiseks. Tuleb arvesse võtta, et on olemas selliseid piiranguid, mida ei saa muuta. On oluline märkida, et otsimine on interaktiivne protsess, mille eesmärk on täpsustada arendusprotsessi disaini viise, eesmärke ja seaduspärasusi.
7. Teadusuuringu kommunikatsioon. Arendusuuringut tuleb esitada tõhusalt nii tehnoloogiasektori kui ka juhtimisest orienteeritud publikuni.



Joonis 3. Arendusuuringu tsükliline ehitus (Reeves et al., 2006)

Reevesi (Reeves et al., 2006) järgi üks peamisi arendusuuringu eelistest on, et see nõuab praktilisi osalejaid ja uurijaid. Töötamas koostöös reaalse õppimis- ja õpetamise probleemide ning disaini põhimõtete põhinevate lahendusettepanekute määratlemist. Ning nii testimist kui ka lahendusettepanekute ja disainipõhimõtete töötlemist kuni kõik osapooled on rahul. Arendusuuringut ei saa sõltumatu uurija teostada eraldisesvana praktilistest protsessidest.

Uuringu etappide fikseerimiseks kasutasin koosoleku päevikuid, kirjavahetuse salvestusi, Skype vestluste salvestusi, Edmodo õpikeskkonna postitusi ja blogi postitusi.

3.3. Õpiku koostamise meetodika

3D õpilaste poolt loodud Õpiku koostamise aluseks on M. David Merrilli õppedisaini mudel "Kivike Tiigis" (Merrill, Barclay, & Schaak, 2007).

Antud töös on probleemid ja ülesanded konkreetset õpiku peatükid. Õpiku peatükid ongi valitud päriselulises kontekstis lihtsamast keerulisemaks, mille analüüsisid informaatika õppe 2014 magistrandid. Vastavalt peatükile on igas peatükis õpiväljundid. Strateegia osas koosneb iga peatükk nelja tüüpi sisuplokkidest: selgitus, näide, harjutus, ülesanne. Kujunduse ja tootmise osas löid õpilased oma tööd ajaveebi keskkondadesse (Wordpress, Blogger, Weebly jne.) ja selles osas olid õpilastel vabad käed.

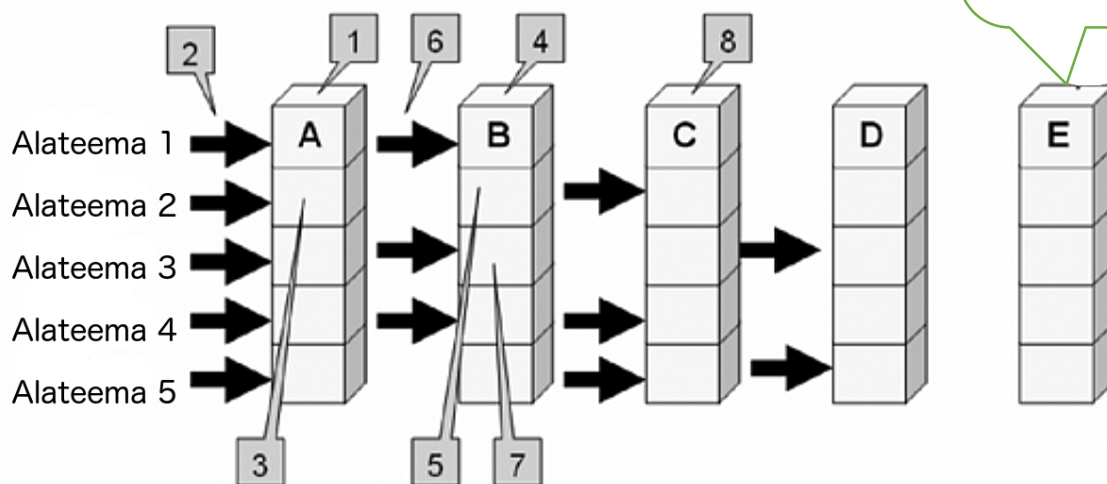
	Info esitlus (Tell)	Juhtumi kirjeldus (Show)	Info Meenutamine (Ask)	Rakendamine Juhtumile (Do)
Info	Nimeta - informatsioon	-	Nimeta - informatsioon	Info
Osad	Nimeta - Asukoht		Nimeta - Asukoht	Osad
Liigid	Definitsioon	Näited, Antinäited	Definitsioon	Liigid
Kuidas	Sammud - järjekord (järjestus)	Ülesande näitamine	Meenuta samme ja järjestust	Kuidas
Mis juhtub kui...	Tingimuste avaldumine Mis juhtub siis kui ...	Protsessi demonstreerimine	Tingimuste avaldumine Mis juhtub siis kui ...	Mis juhtub kui...

Tabel 1. Õpetamisstrateegiad viie liigi õpiväljundite jaoks (Merrill et al., 2007)

Tabel 1. Väljendab ülesande keskse strateegia õpiväljundite planeerimist. Tabelis olevatel õpiväljunditel on olemas oma taksonoomia teadmine, mõistmine, rakendamine jne. Samas on selles ka õppestrateegiate vaheldumine.

1. Päriselulise ülesande tutvustamine.
2. Ülesande alateema esitlemine.
3. Alateema demonstreerimine.
4. Järgmise päriselulise ülesande tutvustamine.
5. Täiesti uue sisuga alateema lisamine päriselulisele ülesandele.
6. Uue päriselulise ülesandega sobiva sisukomponendi lisamine.
7. Uue sisukomponendi demonstreerimine.
8. Uue päriselulise ülesande tutvustamine. Antud punktide (4.-7.) Kordamine uues päriselulises ülesandes.

Õpilased on iseseisvalt, ilma välise abita võimelised lahendama päriselulisi ülesandeid.



Joonis 4. Päriselulisel kontekstil põhinevate ülesannete strateegia. (David Merrill, 2007)

Joonisel 4. On näha taanduva toetusega päriseluliste kontekstidega õppestrateegia mudel. Teema õppimiseks mõeldakse välja palju erinevaid päriselulisi juhtumeid lihtsamalt keerulisemale. Madalama taseme toetavat materjali lisatakse järjest vähem, kuni õpilased on suutelised lahendama päriselulisi ülesandeid iseseisvalt.

Õpiku struktuur koostati Tallinna Ülikooli Informaatika ja kooli infojuhi magistrantide poolt Informaatika Didaktika II seminaril. Osaliselt lähtuti ka Makerbot Education poolt välja antud õpikust "Makerbot in the Classroom" (Makerbot Education, 2015).

3D printimise õpiku jaotamise seitsmeks peatükiks, millest igaüks kajastab mõnda päriselulist ülesannet või probleemi (vt Tabel 2.). Õpik on ülesehitatud taanduva toetamise põhimõttel: igas järgnevas peatükis pakutakse järjest vähem tuge ja õpilased peavad täitma selle enda poolt loodud sisuga.

1. Peatükk. 3D printimise ajalugu, tänapäev ja tulevik.

Selles peatükis õpid:

1. mõistma, mis on 3D-printimine.
2. mõistma, mida tähendab kolmemõõtmelisus ja Cartesiuse koordinaatsüsteem.
3. selgitama, millised on 3D-printeri osad ja kuidas 3D-printer töötab.
4. kirjeldama 3D-printimise tehnoloogia kujunemise ajalugu, rakendusvõimalusi tänapäeval ja tuleviku väljavaateid erinevates eluvaldkondades.

Esimeses peatükis on kõik sisuplokid olemas.

2. 3D-printimiseks ettevalmistumine.

Selles peatükis õpid:

Leidma ja alla laadima 3D-jooniste faile MakerBot Desktop keskkonnast avama arvutis 3D-joonist.

Kasutama MakerBot Desktop tarkvara STL-faili printimiseks ettevalmistamisel, sealhulgas seadistama prinditava mudeli suuruse, asendi, täite, kihi paksuse ja temperatuurid.

Printeri ettevalmistamine ja ohutud töövõtted, töökoha korrastamine pärast printimist.

3. Esimene katsetus 3D-printimisega.

Selles peatükis õpid:

1. Thingiverse ja GrabCad keskkonnas ette antud tunnustega valmis 3D-mudelit leidma ja seda oma arvutisse alla laadima.
2. Tinkercad keskkonnas lihtsamat alla laetud 3D-mudelit avama ja täiendama.
3. MakerBotDesktop keskkonnas tehtud 3D-mudelit printimiseks ette valmistada ja printima.

4. Teeme oma piparkoogivormi.

Selles peatükis õpid:

1. Looma TinkerCadi abil uut 3D-joonist.
2. Oma mudelit Thingiverse keskkonda üles laadima.
3. Väljaprintimiseks ettevalmistamisel lisama aluskihti.
4. Kadunud jupi asendamine

5. Kadunud jupi asendamine.

Selles peatükis õpid:

1. Paigaldama oma koduarvutisse 123D Design tarkvara.
2. Modelleerima 123D Design tarkvara abil etteantud füüsilise objekti koopiat.
3. Printima mitu eset korraga.

6. Paadimudeli disainimine

Selles peatükis õpid:

1. Modelleerima vee peal püsivat paati, mis liigub künla soojuse mõjul
2. Printimiseks ettevalmistamisel lisama tugesid ja sildu,

7. Keerulisemate ja keerlevate asjade printimine

Selles peatükis õpid:

1. Modelleerima ja printima omavahel ühendatud liikuvaid objekte

Tabel 2. 3d-printimise digiõpiku struktuur Eesti 2.0 veebikursusel

Raamatu peatükid lähtuvad päriselulisest kontekstist lihtsamalt keerulistemale. Iga peatükk sisaldab lisaks mõisteid, näiteid, harjutusi, ülesandeid. Esimesed kaks peatükki koostasid korraldusmeeskonnad ise. Esimeses ülesandes anti võistkondadele luua ajaveebi postitus 3D printimise ajaloo ja tuleviku kohta. Selles peatükis oli lisaks ka üks harjutusülesanne.

Teises peatükis pidid ülesandena õpilased koostama video või piltloo paberi ja liimise meetodil Cartesiuse koordinaatsüsteem X, Y, Z telje kohta. Teine ülesanne oli STL faili repositooriumist leida joonis, mis kujutab lihtsat rõngast ja laadida see oma arvuti kõvakettale. Alates kolmandast peatükist koostasid õpilased ise. Meeskondade juhendajatele saadeti juhised. Iga peatükk koosneb nelja tüüpi **sisuplokkidest** (Laanpere, 2014).:

- **Selgitus:** tekstid, pildid ja joonised, mille abil kirjeldatakse antud teemaga seotud fakte, mõisteid, töövõtteid ja reegleid.
- **Näide:** video või tekst, mille abil näidatakse konkreetset katset, juhtumit, tegevust või seadet
- **Harjutus:** interaktiivne enesekontrollitust, mis annab õppijale kohest tagasisidet tema vastuste õigsuse kohta
- **Ülesanne:** töökäsk koos juhiseiga, mis suunab õppijat mingit asja iseseisvalt valmis tegema ja õpetajale hindamiseks esitama. Ülesandena saavad õpilased esitada piltlugusid või ekraanivideoid.

3.4. Õpiku koostamine õpilaste poolt MOOC kursuse raames

Koolide meeskondadele toimus 19. augustil 2015 koolitus. Igal koolil on registreeritud enamasti mitu võistkonda. Igal võistkonnal on juhendaja. Osalevad võistkonnad peavad ennast registreerima Edmodo³⁵ õpikeskkonda, kuhu nad laevad oma vastuste lingid. Iga võistkond teeb omale ajaveebi, kuhu kogunevad nende tehtud õpiku peatükid. Koolituse korraldaja TLÜ teadur Mart Laanpere on jaganud koos korraldusmeeskonnaga õpiku peatükkideks.

Eesti 2.0 Digiõpiku programmiga liitus algselt 40 kooli. Osadel koolidel oli mitu võistkonda mida juhendati. MOOC (ingl massive open online course) kursuse raames loodi õpikeskkond Edmodosse.

Esimese ülesanne oli registreerida oma võistkond koos juhendaja ja ajaveebi aadressiga Edmodo keskkonda. 02.10.2015 oli registreerunud 37 võistkonda 34 ajaveebi aadressiga. Edmosse oli registreerunud veel 19 juhendajat 24 võistkonnaga, kes ei olnud sellesse õpikeskkonda postitust teinud. Ülejäänud osalejatele saadeti meeldetuletus kursusele

³⁵ <https://www.edmodo.com>

registreerumiseks. Kursuse lõpuks oli registreeritud juhendajate hulk kasvanud 46 juhendajani ja õpilasi oli registreerunud 138. Esimese peatüki esitlesid edmodosse 41 võistkonda, millest 35 olid ajaveebi postitused 1 oli prezi³⁶ esitlus 3 olid pdf dokumendid ja kaks google docs dokumendid. See tähendab, et osa võistkondi esitlesid esimest peatükki koos võistkonna ja ajaveebi esitlemisega vt Tabel 3.

Enesetutvustus	8
1. peatükk	20
2. peatükk	5
3. peatükk	13
Ajaveebe kokku:	46

Tabel 3. Tabel kirjeldab mitu võistkonda jõudsid oma ajaveebides enesetutvustuseni ja 1. kuni 3. peatükini.

Näidete ja protseduuride kirjeldamisel kasutasid õpilased nii videoid mida jagati youtube³⁷ keskkonnas ja vistutati blogi postitustesse, kui ka piltlugusid. Harjutusi koostati vägagi erineval viisil. Kasutati nii valikvastuseid kui paaride ühendamist. Harjutuste keskkonnaks kasutati Learningapps.org³⁸ keskkonda. Ülesannete jaoks kasutati lihtsatest töökäskudest kuni videoteni välja.

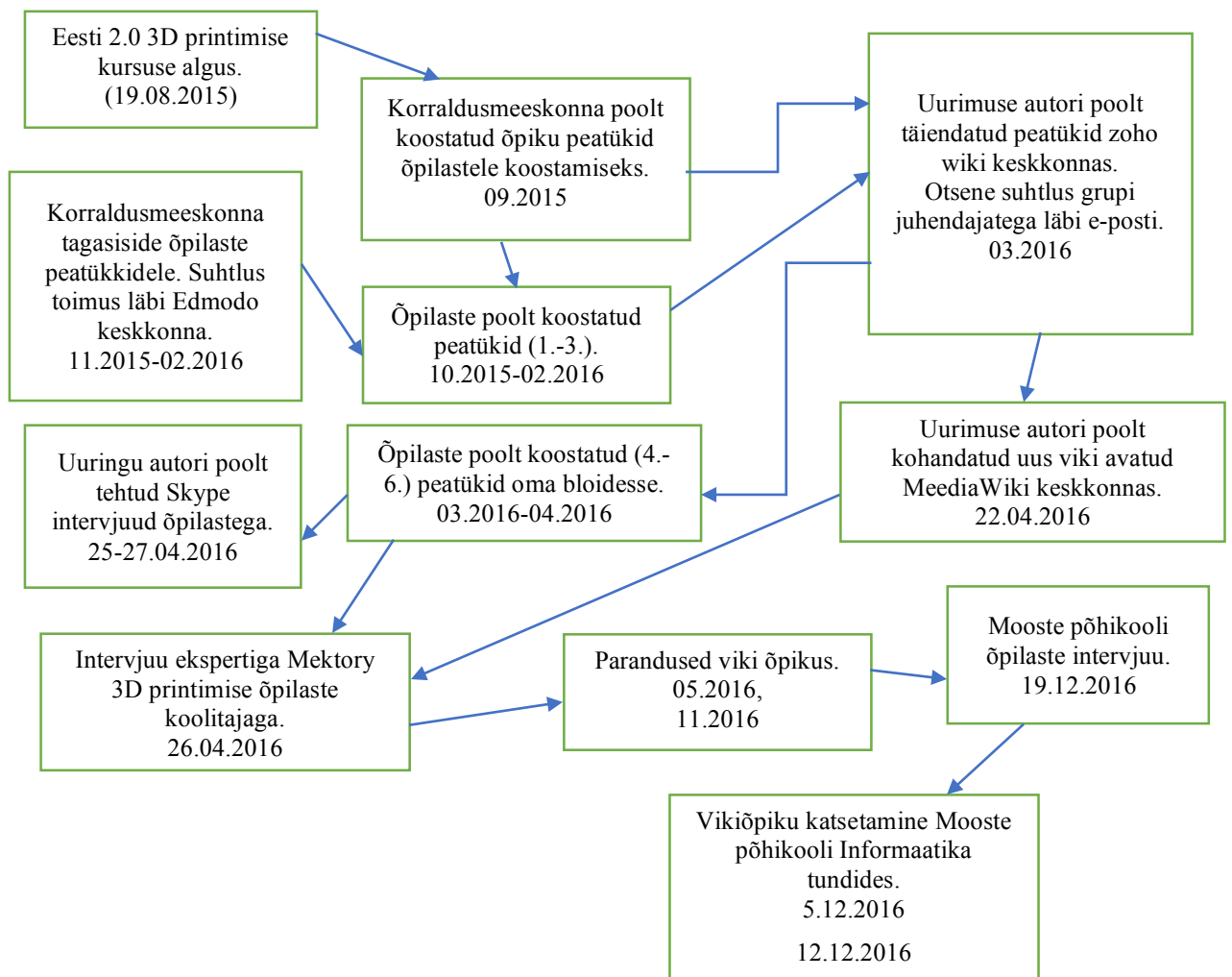
Peale kolmandat peatükki sai masskursuse osa läbi ja mina koos Mart Laanperega otsustasime jätkata nelja võistkonnaga. Võistkondade hulgast valisime välja kõige aktiivsemad esindajad. Juhendamist jätkasin ise ja igale võistkonnale anti teha üks peatükk. Võistkonna juhendajatega suhtlesin e-posti ja Skype vahendusel. Oli näha, et paljudel võistkondadel on probleeme peatükkide sisuplokkide mõistmisega. Seepärast tegin juhendatavatele võistkondadele Zoho wiki³⁹ keskkonda uue näidisõpiku, kus olid kõik sisuplokkid jaotatud eraldi ala artikliteks ning kirjutasin eraldi peatüki sisuplokkide näiteks. Zoho wiki Joonis 6. eeliseks oli teemade liigendatavus, erinevatest keskkondadest vistutamise ja importimise võimalused. Puuduseks oli selle keskkonna suletus, nagu näiteks kasutajate arvu piiramine tasuta versioonis. Tegevusuuringu etapid on toodud Joonisel 5.

³⁶ <https://prezi.com>

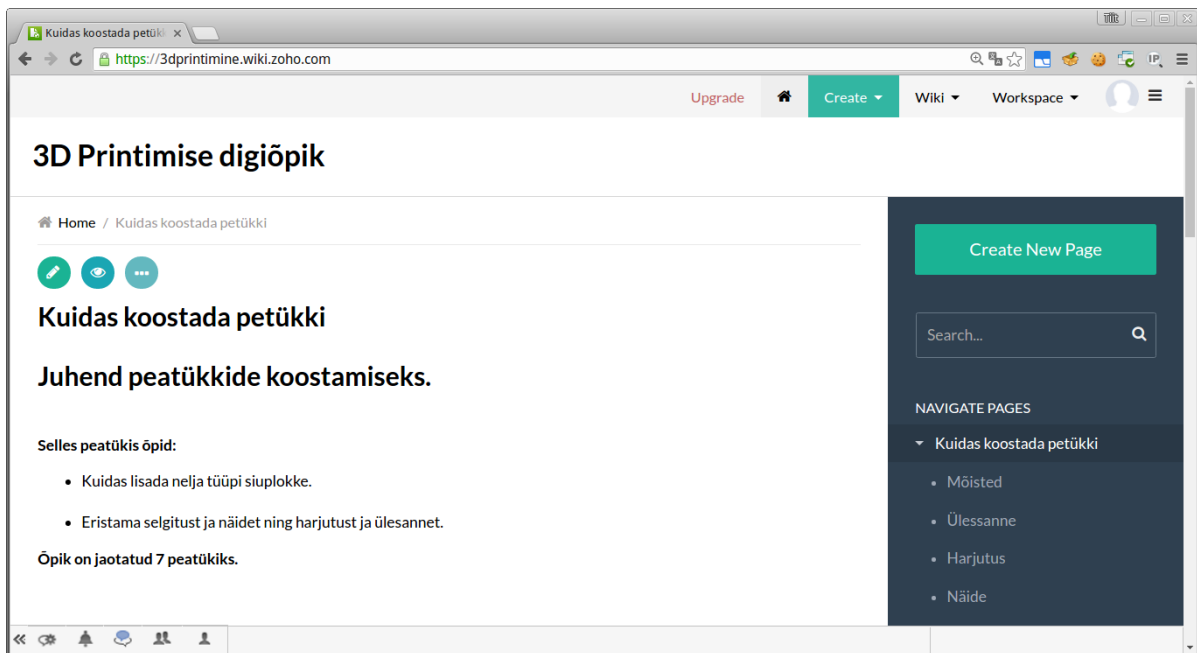
³⁷ <https://www.youtube.com>

³⁸ <http://learningapps.org>

³⁹ <https://www.zoho.com/wiki/>



Joonis 5 Tegevusuuringu etappide skeem



Joonis 6. 3D digiõpiku vaheversioon. Paremalt noolega tähistatult on peatükid ja sisuplokid lahtiseletatud.

Selles etapis sai läbi räägitud võistkondade juhendajatega ka mõisted ja osa mõisteid lahti seletatud, näiteks tolerantsid ja istud.

Allpool teen kokkuvõtte õpilaste poolt loodud digiõpiku peatükkide analüüsi Peatükis 2.3 toodud Trialoogilise õppe disaini praktikate alusel.

1) *Tegevuse organiseerimine ühiselt arendatavate objektide ümber.* (Paavola, 2004)

See iseloomustab 3D digiõpiku MOOC kursusel valmivate peatükke ja nende taaskasutamist. Õpilased koostasid ajaveebis digiõpiku peatükke. Korraldusmeeskonna liikmed kommenteerisid õpilaste peatükke.

2) *Isikliku ja sotsiaalse taseme seosed ja osavõtjate toetamine.* (Paavola, 2004)

Õpilaste koostöömudelite seoseid saab lugeda õpilaste intervjuudest (Lisas 1).

3) *Pikaajaliste teadmiste loomise ja -arendamise protsesside edendamine* (Paavola, 2004)

See on oluline antud 3D digiõpiku edasiarendamiseks või analoogiliste digiõpikute edasiarendamiseks.

4) *Asjade arendamine informatsiooni viiside (vaikiv teadmine, praktikad, kontseptualiseerimine) vastastikmõjul ja refleksiooni toetades* (Paavola, 2004)

Antud praktikat on põhikooli õpilaste hulgas raske läbi viia, kuna see on küllaltki ajamahukas ja peab ka arvestama, et põhikooli õpilased tõenäoliselt ei suuda ka ise pikaajalisi protsesse analüüsida.

5) Infopraktika „risttolmendus” eri kontekstide ja kogukondade vahel.(Paavola, 2004)

MOOC kursuse läbiviimisel oli suur huvi kui palju mõjutab “risttolmendus” õpilaste tööd. Nagu võib õpilaste intervjuudest lugeda (Lisa 1). Siis õpilased ei kasutanud väga palju teiste tööde vaatlemist. Samas kui õpilaste töid vaadelda siis paljudele õpilaste gruppidele muutus see natuke piiravaks.

6) *Paindlikud töövahendid trialoogilise õppe toeks.*(Paavola, 2004)

Selle toeks sai kursuse alguses tehtud blogid, hilisemas etapis vikid. Mõlemad vahendid toetavad paindlikust ja avatust.

Trialoogilise õppe Joonise 1. järgi segus, oli tublimates gruppides ka üksiktoimetajad, sest kui teistel polnud aega, tuli grupiliikmel kellel oli töö ära teha. Ühes grupis oligi üks liige. “Risttolmendus” ei toiminud soovitud määral ja oli pigem töödes takistav. Vahendavad töövahendid olid MOOC kursuses blogid. Hilisemates etappides vikid ja quotev keskkond.

3.5. Valminud õpiku keskkonna valimine

3D printimise digiõpik koolidele on mõeldud taaskasutamiseks õppetöös. Selleks tuleb koondada loodud peatükid ühte keskkonda, et neid oleks võimalikult mugav kasutada. Antud peatükis kirjeldan keskkonna valimise kriteeriume. Õpiku ülesehitus lähtub „trialoogilise” õppe ja M. David Merrilli „Kivikesed tiigis” põhimõttest. „Trialoogilise” õppimise lähtekohast on oluline, et õpiku peatükid oleks hilisemalt taaskasutatavad ja nendest saaks luua uusi objekte. „Kivikesed tiigis” mudeli alusel peaks keskkond võimaldama mugavalt jagada kõik objektid, õpiväljundid, mõisted, selgitused, näited, harjutused ja ülesanded eraldi objektideks. Neid peaks olema võimalikult lihtne rühmitada ja ümber töödelda. Samuti peab võimaldama vistutama videoid ja muid materjale viki peatükkidele. Taaskasutuse seisukohalt peab keskkond võimaldama ka võimalikult mugavat importi ja eksporti antud keskkonnast sisse ja välja.

Keskkonna hindamise kriteeriumid:

- avatus

- käidukulud
- artiklite jaotatavus, liigendamine
- artiklite kategooriatesse jagamine
- märksõnastamine
- videote ja piltide vistutamise võimalused
- harjutuste ja küsimustike vistutamise võimalused
- õppetegevuse suunamine
- ülesannete täitmise jälgimine
- tagasiside
- impordi võimalused teistest keskkondadest
- ekspordi võimalused
- arendusvõimalused

Hariduslike viki keskkondade puuduseks oli peamiselt avatus ja käidukulud. Peale viki keskkondade võrdlust otsustasin võtta kasutusele MediaWiki keskkonna.

3.6. MediaWiki keskkond

Esimese Viki lõi Howard Cunningham 1994 aastal nimega WikiWikiWeb (Kousetti, Millard, & Howard, 2008). Viki keskkonda iseloomustab lihtsus. Igapäevane kasutaja peab sellega toime tulema. Võimalus lisada uusi artikleid või alalehti. Linkida lehekülgi nii viki sees kui ka linke välistele veebilehtedele. Lehekülgi saab toimetada koostöös (Kousetti et al., 2008).

MediaWiki⁴⁰ on vaba tarkvara avatud lähtekoodiga ("MediaWiki.org," 2016). Maailma suurim viki keskkond wikipedia.org⁴¹ baseerub MediaWiki platvormil. MediaWiki on kirjutatud PHP keeles ja on vabalt alla laetav tarkvara mida saab installeerida oma veebiserverisse. Maailmas on palju veebiservereid millel on MediaWiki juba installeeritud. Suurem osa antud serveritest on tasulised. Mõned serverid on ka tasuta aga neil on tavaliselt kas mingi teemakesksus, nagu näiteks arvutimängud, või on piiratud kasutajavõimalused. Eestis on MediaWiki keskkond paigaldatud EENET Havikese⁴² keskkonda.

MediaWiki kirjutatakse artikleid viki markup keeles mida vahel nimetatakse ka vikitekstiks või vikikoodiks. MediaWiki keel toetab ka mõningaid html märgendeid ja keskkonda on vistutamiseks võimalik lisada erinevaid laiendusmooduleid aga selleks peab olema serverile täielikud administraatori õigused. Videote vistutamise võimalusi pole ka Havikese EEneti

⁴⁰ <https://www.mediawiki.org/wiki/MediaWiki>

⁴¹ <http://wikipedia.org>

⁴² <http://havike.eenet.ee/HAVIKE/>

Mediawiki serveris, kuhu on plaanis lõplik 3D printimise digiõpik paigaldada. Videod ja nii sisemised kui ka välised viited lingitakse sõnadena teksti sees.

The screenshot shows a web browser window with the URL <https://3dprintimine.miraheze.org/wiki/Esileht>. The page features a logo of six yellow hexagons on the left. The main content area is titled 'Esileht' and contains a table of contents under the heading 'Sisukord [peida]'. The table of contents lists sections 1 through 1.9, including '3D Printimise Digiõpik' and various sub-topics like 'Mis see on?', 'Kuidas koostada 3d printimise digiõpiku peatükki', and 'Keerulisemate ja keerlevate asjade printimine'. Below the table of contents, there is a section titled '3D Printimise Digiõpik [muuda]' and another titled 'Mis see on? [muuda]'. The 'Mis see on?' section contains a paragraph: 'See siin on näidis-õpik 3D-printimisest. Õpik koostati Eesti 2.0 massikursuse raames aga on mõeldud edaspidiseks kasutamiseks. Esimesed kaks peatükki on koostatud koolitajate meeskonna poolt (PhD Mart Laanpere eestvedamisel).'

Joonis 7. Valminud 3D Digiõpiku prototüüp.

Joonisel 7. On toodud uurimuses valminud avalik viki. Töö autoril on plaanis viki edasi arendada ja mitmekesisemaks muuta. Samas kuna viki on avalik on see võimalik kõigil osalistel. Viki asub aadressil:

<https://3dprintimine.miraheze.org/wiki/Esileht>⁴³

Viki täieneb pidevalt. Peale evalveerimist lisasin õpiku esimestele peatükkidele mõistete selgitused koos näidetega.

Peale 3D Printimise digiõpiku viki valmimist valideerisin seda 3D printimise eksperti poolt Mektory⁴⁴ õpilaste koolitaja Anton Vedeshini poolt. Seda võib lugeda (Lisas 2).

Ekspertintervjuu olulisemad mõtted olid:

Esimene peatükk.

Ajaloo teemas oleks võinud käsitleda 3D printimise tehnoloogiate asemel üldist tehnoloogilist arengut.

⁴³ <https://3dprintimine.miraheze.org/wiki/Esileht>

⁴⁴ <http://www.ttu.ee/projektid/mektory-est/broneerimine/laborid-ja-stuudiod/3d-printing-innovation-lab/>

Teine peatükk.

Puudu on oluliste mõistetena CAD (ingl Computer aided design) tarkvara. Peatükk on liiga Thingiverse⁴⁵-keskne. Lisaks võiks sisse tuua veel ka TinkerCadist või AutoDesk123 tarkvarast, mis on tasuta.

Kolmas kuni seitsmes peatükk.

Ekspertidele meeldis, et igas peatükis esinesid teemakesksed ülesanded. Soovitati, et õpikus peaks olema veel rohkem esile tõstetud 3D-printimise sotsiaalset konteksti: 3D-printimise võrgukogukonnad, foorumid. Asjatundlik juhendaja peaks toetama, teades mis info on oluline ja mismoodi oleks lihtsam. Võiks kaaluda meetodilise juhendmaterjali koostamist õpetajate jaoks, kes soovivad seda uutset meetodikat (õpilaste poolt loodavat digiõpikut) kasutada esmakordselt. Uute mõistete defineerimisel tuleks lisada sulgudesse ka ingliskeelsed vasted ja veebiviited. Õpikus tuleks korrektselt viidata algallikatele.

3.7. 3D-printimise digiõpiku katsetamine Mooste Põhikoolis

Peale esimest 3D-printimise digiõpiku loomist õpilaste poolt kasutasin digiõpiku loomist õpilaste poolt veel informaatika ainetundides. Katses osalesid Mooste põhikooli 4., 5. ja 8. klassi õpilased. Viki õpikut täiendasin veel mõistete seletuse, piltide ja multimeediaga.

Viki õpiku struktuur sai uuesti kohendatud ja hinnatud selle taanduva toetuse struktuuri. Selles mingeid muudatusi vaja teha polnud.

Valisin õpilastele keskkonda kus nad saaksid võimalikult mugavalt digiõpiku peatükke koostada ja jagada. Keskkonnad mille vahel valisin olid watterpad.com⁴⁶, quotev.com⁴⁷ ja fictionpress.com⁴⁸. Fictionpress ei olnud kasutatav informaatika tundides, kuna nõudis pikki ooteaegu peale registreerumist. Watterpadi kasutavad osa õpilasi aga selle keskkonna puuduseks oli suur suletus. Sai küll suhteliselt lihtsalt lisada teksti, fotosid ja vistutada videoid, kuid välislinke näiteks harjutuste lisamiseks polnud. Quotevi puuduseks oli see, et igale lehele sai lisada ainult ühe foto või video. Seega tuli peatükid jaotada samm, samm haaval lehtedeks. Eeliseks oli jälle see, et Quotev keskkonnas sai lisada harjutus küsimusi otse samas keskkonnas. Veel oli hea, et Quotev toetab ka Google+ ja Facebooki kaudu autentimist, mis lihtsustab paljudele õpilastele informaatika tunni läbiviimist.

Tegin õpilastele ka Quotevi keskkonna kohta juhendi.

⁴⁵ <https://www.thingiverse.com>

⁴⁶ <https://www.watterpad.com/home>

⁴⁷ <https://www.quotev.com>

⁴⁸ <https://www.fictionpress.com>

Tundide jaoks koostasid tunnikavad (Lisa 3.) ja tundide läbiviimisel kasutasid video salvestusi, mida hiljem kasutasid tundide hindamiseks, mille kohta kirjutasid tundide analüüsi (Lisa 4). Lisaks sellele tegid õpilastega peale tunde intervjuu (Lisa 5).

3D digiõpiku kasutamisel õpilastega tegid 8. klass 4. ja 5. klassile 4. peatüki “Piparkoogivormi valmistamine”. Antud peatükis oli neil vaja luua kõiki tüüpe sisuplokke. Sisuplokid valmisid rühmatööna kahe informaatika tunni vältel.

4. klass valmistab esimesel tunnil ajatelge ja teisel tunnil lahendas 8. klassi poolt loodud peatükki “Piparkoogivormi valmistamine”

5. klass tegi rühmatööna erinevaid ülesandeid peatükist “3D printimiseks ettevalmistamine”.

Ülesanded mida valiti olid stopp-kaadri video ja mudeli alla laadimine ning muutmine.

Kokkuvõtteks võib öelda, et tunnikavasid võib planeerida vastavalt eesmärkidele. Kasutatavat tarkvara võib kasutada erinevalt. Teemade osa võib laiendada näiteks nutiseadmetega 3D skaneerimisega AutoCad Cath123D⁴⁹ tarkvaraga ja saadud punktipilvede töötlemist Meshmixer⁵⁰ või MeshLab⁵¹ tarkvaraga. Kolmemõõtmelisi objekte saab luua ka kahemõõtmelistest lehtedest Make123D⁵² tarkvaraga. Tunnikavad tuleb siiski hoolikalt läbi mõelda ja veenduda, et kasutatav tarkvara võimaldab antud ülesandeid täita.

⁴⁹ <http://www.123dapp.com/catch>

⁵⁰ <http://www.meshmixer.com>

⁵¹ <http://www.meshlab.net>

⁵² <http://www.123dapp.com/make>

4. Uurimustulemuste analüüs.

4.1. Fookusrühma-intervjuu õpilastega

Uurimisküsimustele vastuste leidmiseks kasutasin andmekogumise meetodina kursusel osalenud õpilaste fookusrühma intervjuud. Sihipärane valim koosnes 15 õpilasest, kes esindasid kolme erinevat Eesti 2.0 veebikursusel osalenud kooli (Väätsa Põhikool, Haljala Gümnaasium, Tartu Veeriku Kool). Intervjuus osalenud õpilased olid kõige aktiivsemad õpikuloomesse panustajad ja esindasid veebikursuse läbiviijate arvates tüüpilisi 4.-6. klassi õpilasi. Õpilasgrupid osalesid intervjuus ajal, mil nad koostasid oma viimast õpikupeatükki. Kokku toimus kolm fookusgrupi intervjuud, igas intervjuus osales kooli kohta kaks võistkonda. Intervjuu kokkuvõtted leiab (Lisa 1).

Õpilaste fookusgrupi intervjuu tulemused jagasin kolme ossa:

1) Õpilaste rahulolu

Õpilased mainisid, et neile meeldis asju oma kätega teha: nii õpikut kui 3D-objekte. Neile meeldis 3D modelleerimise lihtsus, mudelite väljaprintimise võimalus, koostöö teiste õpilastega, õpitud oskuste praktikas rakendamine.

2) Õpilaste käitumismustrid õpiku koostamisel

Õpilased rakendasid erinevaid käitumismustreid, mõni rühm eelistas töötada kogu aeg üheskoos (“Võtsime kõik koos teema ja hakkasime seda uurima”) samas kui teised jagasid kohe algul ülesanded rühmaliikmete vahel ära ja tegutsesid igaüks iseseisvalt. Samas esines ka konkurentsil põhinevat lähenemist: “Kõik tegid oma versiooni ja pärast valiti konsensuslikult peatükkide sisu.” Kõik grupi liikmed said teha kõiki sisuplokke, pärast hinnati üheskoos - kelle töö on parem. Vahel tuli õpilastel lahendada erimeelsusi, millega nad ka iseseisvalt toime tulid, küsimata õpetajalt abi. Kenasti tuldi toime ka rühmasisese ajahaldusega: kui mõnel rühmaliikmel juhtus rohkem aega olema, võttis ta rohkem vastutust ja panustas rohkem.

3) Parandusettepanekud

Tehnilise poole pealt tegid õpilased ettepaneku, et tarkvara ja failivormingute seosed tuleks õpikus paremini ja detailsemalt esitada. Peatüki sisuelementide loomiseks (nt. ekraanivideod)

tuleks soovitada tasuta ja läbikatsetatud tarkvara. Õpilased soovitasid ka kalibreerimise õpetamist õpikus põhjalikumalt ja eespool käsitleda.

Sisulise poole pealt soovisid õpilased luua omalt poolt õpikusse rohkem erinevat liiki sisuplokke (näiteid, ristsõnu, ekraanivideoid), sooviti ka suuremat valikuvabadust ülesannete koostamisel, mis seostuks nende endi huvidega.

4.2 Arutelu

3D printimist saab põhikoolis õpetada väga erineval viisil: nii loengu kui praktikumi vormis, individuaalselt ja rühmatöös, õpiku või ülesannete kogu põhjal. Uurimuses osalenud õpilased koostasid rühmatöös 3D printimise õpiku peatükke, kasutades oma ajaveebi. Eelnevalt neil 3D printimises kogemusi polnud. Õpiku peatükkide tegemine nõudis õpilastelt teatud oskuste rakendamist, mida nad põhikooli õppekava raames ei olnud veel omandanud. Nagu näiteks Cartesiuse koordinaadid ja sellega seotud geomeetria.

Enne uurimuse algust ja uurimuse ajal pole eesti keeles avaldatud ühtegi 3D printimise õpikut. Uuringu käigus koostasid õpilased esimesed digiõpiku peatükid ise. Abimaterjaliks oli neil Mart Laanpere poolt koostatud näidispeatükid. Peatükkide loomisel pidid õpilased lähtuma neljast sisuplokist.

Õpilastele meeldis kõige rohkem lihtsus, kuidas arvutis kujundatud kolmemõõtmelistest mudelitest saavad käegakatsutavad esemed. Õpilastele, kellel polnud varasemat kolmemõõtmelise modelleerimise kogemust, meeldis selle lihtsus. Veel õppisid õpilased erinevaid koostöös õppimise viise, mis neile samuti väga meeldis.

Õpilased hindasid kõige suuremaks puuduseks tehnilisi probleeme, näiteks failivormingute muutmist ja printimiseks ettevalmistamist. Lisaks olid paljud terminid tundmatud ja keerulised 4.-5. klassi õpilaste jaoks. Õpilane kes tegi õpiku peatükki üksi hindas ajaveebi pidamist raskeks, kuna ta pidas kirjutamist raskeks.

Õpilaste koostöö osas oli huvitav, et just keerukamate ülesannete puhul arendasid õpilased kõik oma objekti ja ülesannet eraldi. Ühest küljest viitaks see justkui koostöö ja rollijaotuse puudumisele. Teisest küljest andis see võimaluse näha võimalikult erinevaid divergentseid lahendusi ja andis kindlasti kiirema viisi jõuda keerukate ülesannete lõpptulemuseni. Konkurentsi tulemusena võitis parim töö. Samuti olid näha teiste tööde õnnestumised ja ebaõnnestumised ning nende põhjal sai luua analüüsi käigus täiuslikum sisuplokk.

Õpiku peatükke koostavate õpilaste jaoks moodustus kõige raskemaks lisada oma õpiku peatükkidele nelja sisuplokki. Enamasti saadi hakkama selgituse ja näitega. Harjutus ja ülesanne ei tahtnud tulla ka peale meeldetuletusi ja täiendava õpiku vaheversiooni tegemisega

kus ma jaotasin peatüki neljaks eraldi alapeatükiks selgitus, näide, harjutus, ülesanne ning lisasin algusesse juhendi peatüki koostamiseks. See viitab sellele, et õpiku edasisel arendamisel tuleb sellega vaeva näha. Evalveerimise käigus hinnati samuti, et juhendaja poolsest õpikust oleks abi.

Juhendaja rollina nimetati tähtaegade meelde tuletamist, vahel ettenäitamist ja suunamist. Juhendaja hindas ka seda, kas peatükk on valmis.

Antud uuringus osales ilmselt liiga vähe fookusgruppe, et anda usaldusväärne hinnang õpilaste loodud digiõpikule. Ajaveebides peatükkide avaldamine andis siiski õpilastele tagasisidet. Vähemalt uuringus osalenud gruppidele, kui midagi oli hästi tehtud või juhul kui ei saadud aru mida teha, siis sai kontrollida teiste ajaveebidest.

Kõik uuringus osalenud õpilased arvasid, et antud õpikut peaks tulevikus rakendama, see õpik meeldis neile väga.

Viki keskkonda pidid nii õpilased, kui ka evalveerijad sobivaks kasutada. Eeliseks on kindlasti artiklite kerge juurde loomise võimalus, kui ka vajadusel on see kergesti migreeritav teistesse keskkondadesse. Väikeseks puuduseks võib pidada nii antud serveri kui EEneti Havikese Mediawiki keskkonnas ei saa vistutada Youtube videoid.

Õpiku eakohasust hindasid õpilased 4.-8. klassini, mida võib ka välja lugeda õpilasgruppide osalusest. Suurematele õpilastele jäi antud õpik ilmselt juba igavaks.

Oma õpiku peatükki pidasid kõik eriliseks erinevatel põhjustel. Võib väita, et küsimustikud meeldisid neile kes neid ka päriselt ise tegid ja need harjutused olid ka väga hästi tehtud nii tehniliselt kui sisuliselt. Küsimustikke hinnates võib väita, et õpilased olid neid tehes nautinud antud ülesannet. Need kes mainisid ekraanivideot said kasutada oma varasemaid kogemusi kooli 3D ringist. Üldiselt võib väita, et siin on tegemist palju õpilaste eelneva õpikogemusega. Õpilaste intervjuudest tuli välja, et osa õpilasi oleks soovinud ka erinevaid valikuvariante. Teha näiteks ehteid ja kingi. See viitab sellele, et võiks olla valikuvariandid nii poiste kui ka tüdrukute probleem ülesanded.

Evalveerimise käigus leiti puudustena, et ajaloo ülesande võiks asendada üldise tehnoloogia arenguga, see õpetaks õpilastele lisaks ajaloole tehnoloogilist arengut. Arvati, et 3D printimise tehnoloogiad on liiga sarnased, et õpilased sellest ülesandest midagi õpiksid. Puudusid olulised mõisted nagu CAD tarkvara. Ülesannetel tuleks modelleerimisel ja printimisel keskenduda vabavarale ja modelleerimise tarkvara kasutamine peaks olema põhjalikumalt selgitatud. Selleks tuleb tihendada koostööd ekspertidega ning leida parimad praktikad. Õpikusse peaks lisama sotsiaalse osa kust õpilased saaks abi ja näeksid hetke arengut, näiteks

3D kogukonnad, foorumid. Veel toodi välja, et õpikus võiks olla ingliskeelsed mõisted sulgudes ja viiteid algallikatele võiks rohkem olla.

Uurimuse tulemuste alusel teen ettepaneku luua õpilastele õpiku peatükkide loomiseks ajaveebi raamistik, mis ei laseks peatükki esitada enne kõigi sisuplokkide sisestamist. Peatükkide mõisteid tuleb paremini lahti seletada 4.-6. klassi õpilastele ja teksti lihtsustada. Ajaloo-ülesannet tuleks täiustada, lisades mitmeid olulisi mõisteid (nt. CAD tarkvara). Modelleerimise tarkvara kasutamine ülesannetes tuleb läbi töötada koos ekspertidega. Luua sotsiaalne osa õpiku jaoks, toetamaks õpilaste koostööd. Teksti osas kasutada sulgudes ka ingliskeelseid mõisteid ja viiteid algallikatele. Rõhku tuleks panna ka sellele kuidas toetada õpilastel ekraanivideote või piltlugude tegemist.

Õpilaste poolt loodud 3D-printimise digiõpiku edasiseks uurimiseks näen mitmeid võimalusi. Näiteks võiks uurida, kuidas toetab põhikoolis saadud 3D printimise ja 3D modelleerimise kogemus matemaatikaõpinguid gümnaasiumis, kus käsitletakse kujundavat geomeetriat ja stereomeetriat. Lisaks võiks uurida ka õpilaste loodud peatükkide õpikäsitust, keelekasutust, raskusastet jms. Enne edasiste uurimuste kavandamist peaks antud 3D printimise digiõpikut täiendama ekspertide soovitude alusel.

4.3. Kokkuvõte

MTÜ Eesti 2.0 ja Hardi Meybaum kinkis pilootprojekti raames 50 eesti koolile 3D printeri. Probleem seisnes selles, et 3D printimine on uus tehnoloogia ja eesti koolidel ning õpetajatel puudub 3D printimise kogemus. Lisaks puudub eesti keeles õppematerjal ja õpikud. Antud probleemi lahendamiseks on ka varem kasutatud meetodit kus õpilased loovad ise õppematerjale (Rõbtšenkov, 2014). TLÜ teadur Mart Laanpere organiseeris õpilastele MOOC kursuse, kus õpilased pidid looma oma ajaveebidesse õpiku peatükid. Õpiku esialgne struktuur oli ette antud. Esimesed kaks peatükki koostas Mart Laanpere koos korraldusmeeskonnaga, kelleks olid informaatika õpetaja ja haridustehnoloogia magistrandid. Korraldusmeeskonnaga pandi paika ka õpiku üldine struktuur. Antud õpiku koostamiseks otsustasin teha magistritöö mis lähtus probleemist, kuidas kaasata õpilased 3D-printimise digiõpiku koostamisse ja seejuures tagada õpiku kvaliteet.

Uurimisprobleemile vastuse leidmiseks esitasin uurimisküsimused. Kõigepealt tegin kirjanduse analüüsi 3D printimise tehnoloogiate ja 3D modelleerimise kohta. Uurisin Põhikooli riikliku õppekava ja Elukestva õppe strateegiat, milliseid pädevusi saame õpilastel arendada. Mart Laanpere püstitas õpiku koostamise teoreetilised lähtekohad mida ma kajastasin antud magistritöös.

Õpilased alustasid peatükkide sisestamist 2015 aasta oktoobrist. 2015 aasta detsembri lõpuks 2016 aasta jaanuari alguseks olid aktiivsemad õpilaste grupid jõudnud esitada kolmanda peatüki. Korraldusmeeskond hindas õpilaste töid Edmodo õpikeskkonnas, kui ka õpilaste ajaveebides. Kahjuks jäi siiski korraldusmeeskonnal aega väheks nii suure kursuse tagasisidestamiseks ja teiseks lõppes selleks ajaks korraldusmeeskonnal aeg õpikut sellisel määral tagasi sidestada. Edasiseseks õpiku peatükkide teostamiseks valisime koos Mart Laanperega tüüpilisemad ja aktiivsemad õpilastegrupid järele jäänud õpiku peatükkide koostamiseks. Iga grupp sai tegemiseks ühe peatüki ja seitsmes peatükk jäi katmata, selle saavad oma sisuga täita õpilased kes järgmisena õpiku loomise ette võtavad. Kes millised peatükid said, otsustasin ise õpilaste eelnevate tööde alusel milles väljendus nende eelnev kogemus. Edasi suhtlesin grupijuhendajatega otse. Osadel gruppidel tuli ka paluda parandada juba loodud peatükke. Selle kohta tegin õpikust vaheversiooni Zoho viki keskkonda. Juhendamise käigus tuli kõige rohkem tegeleda mõistetega. Peatüki all olevaid mõisteid tuli lisada või täpsustada.

Õpilastele valmistas ajalisi raskusi see, et nad osalesid lisaks digiõpiku koostamisele veel robotika võistlustel ja muudel võistlustel, mis võttis neil õpiku koostamisest palju aega ära.

Peale õpilasgruppide viimase peatükkide valmistamist loodi digiõpiku kolmas versioon Mediawiki keskkonda.

Valminud digiõpik evalveeriti Mektory 3DPrinterOS 3D printimise õpetaja poolt kellel oli ka põhikooli õpetamise kogemus, nii Mektorys kui ka põhikoolis.

Magistritöös läbiviidud tegevusuuringust saab väita:

- Õpilased õppisid looma 3D mudeleid ja neid välja trükkima
- Õpilased suutsid luua kvaliteetseid õpikupeatükke, mida saab taaskasutada
- Õpiku täiendamine õpilaste poolt toetab koostöös õppimist
- Õpilaste poolt koostatav õpik toetab muutunud õpikäsitust ja on õpilastele huvitav
- Õpilaste loodud peatükkides oli kõige rohkem probleeme terviklikkuse saavutamise
- Vikiõpiku prototüüp vajab olulist edasiarendust ja uusi evalveerimisi ekspertide poolt.

Edasise arendusuuringu suunana soovin antud õpikut evalveerida suuremas hulgas koolides pikema perioodi jooksul ja luua mugav veebikeskkond, mis aitaks õpilastel luua peatükkide kõiki sisuplokke (definiitsioone, selgitusi, näiteid, illustratsioone, ülesandeid, interaktiivseid harjutusi). Katsetamisel sobiks õpiku sihtrühmaks eelkõige 4.-8. klass.

3D printimine ja selle alateemad on ainult üks võimalik kontekst, mille kaudu sobib rakendada õpilaste poolt loodud digiõpiku raamistikku. Uurimuses kasutatud ja testitud raamistiku võib võtta aluseks õpilaste õppimiseks ka teistes ainevaldkondades ja teemadel, mille kohta pole piisavalt õppematerjale.

Tänuõnad

Autorina tänan kõiki uuringus osalenud õpilasi ja õpilaste juhendajaid.

Tänan kõiki IFIOM-14 magistriõppe õpilasi ja TLU haridustehnoloogia magistranti Aet Mikli, kes aitasid koostada esialgseid õpiku peatükke ning andsid õpilastele tagasisidet.

Erilise kannatlikkuse ja toetuse eest tänan kogu südamest oma lähedasi.

Kasutatud kirjandus

- 2.0, E. (2015). Eesti 2.0. Retrieved from <http://www.eesti2.ee/>
- 3D Printing The Ultimate Guide. (2014). *3D Printing The Ultimate Guide*. (S. Ltd, Ed.). Dennis Publishing Ltd (20 Feb. 2014).
- Classroom, M. in T. (2015). *Makerbot in The Classroom*. MakerBot Publishing.
- David Merrill, M. (2007). A Task-Centered Instructional Strategy. *Journal of Research on Technology in Education*, 40(1), 5–22. <https://doi.org/10.1080/15391523.2007.10782493>
- Dougherty, D. (2012). The maker movement. *Display & Design Ideas : DDI*, 27(4), 80–85. https://doi.org/10.1162/INOV_a_00135
- Eesti elukestva õppe strateegia 2020. (2014). Eesti elukestva õppe strateegia 2020. Retrieved from <https://www.hm.ee/sites/default/files/strateegia2020.pdf>
- Halverson, E. R., & Sheridan, K. M. (2014). The Maker Movement in Education. *Harvard Educational Review*, 84(4), 495–504,563,565. <https://doi.org/10.17763/haer.84.4.34j1g68140382063>
- Hevner, a. R., March, S. T., & Park, J. (2004). Design Science in Information Systems Research. *MIS Quarterly*, 28(1), 75–105. <https://doi.org/10.2307/25148625>
- History of 3D Printing. (2014). History of 3D Printing. Retrieved from <http://3dprintingindustry.com/3d-printing-basics-free-beginners-guide/history/>
- Horvath, J. (2014). *Mastering 3D Printing*. (M. Lowman, Ed.). Heinz Weinheimer.
- Komisjon, E. (2016). Euroopa jagamismajanduse kava. Retrieved from http://europa.eu/rapid/press-release_IP-16-2001_et.htm
- Kousetti, C., Millard, D. E., & Howard, Y. (2008). A study of ontology convergence in a semantic Wiki. *Proceedings of the 4th International Symposium on Wikis - WikiSym '08*, 1. <https://doi.org/10.1145/1822258.1822281>
- Mainio, T. (2013). 64 koulua haki avustusta 3D-tulostamiseen. *Helsingin Sanomat*. Retrieved from <http://www.hs.fi/kotimaa/art-2000002672743.html>
- MediaWiki.org. (2016). Retrieved from <https://www.mediawiki.org/wiki/MediaWiki>
- Merrill, M. D., Barclay, M., & Schaak, A. Van. (2007). Prescriptive principles for instructional design. *Trends and Issues in Instructional Design and Technology*, 173–184.
- Metshein, M. (2014). 3D printimine – printimise materjalid. Retrieved from <http://www.metshein.com/unit/3d-printimine-printimise-materjalid/>
- Mironov, V., Kasyanov, V., & Markwald, R. R. (2011). Organ printing: From bioprinter to

- organ biofabrication line. *Current Opinion in Biotechnology*, 22(5), 667–673.
<https://doi.org/10.1016/j.copbio.2011.02.006>
- Paavola, S. (2004). *Keksivä oppiminen. Laatus E-Oppimateriaaleihin*. Retrieved from
http://www.opetushallitus.fi/download/144415_Laatus_e-oppimateriaaleihin_2.pdf#page=100
- Peets, A. (2016). Vabavaraline 3D Disain ja 3D printimine. Retrieved from
<https://moodle.hitsa.ee/course/view.php?id=14120>
- Peppler, K., & Bender, S. (2013). Maker movement spreads innovation one project at a time. *Phi Delta Kappan*, 95(3), 22–27. <https://doi.org/10.1177/003172171309500306>
- Reeves, T., Nieveen, N., Akker, J. Van Den, Gravemeijer, K., McKenney, S., Van Den Akker, J., ... Musta'amal, A. (2006). Educational design research. *Educational Design ...*, 67–90. https://doi.org/10.1111/j.1467-8535.2008.00855_1.x
- Rõbtšenkov, R. (2014). Üliõpilaste kaasamine digitaalsete õppematerjalide koostamisse.
- Suvanto, M. (2015). 3D-mallinnus ja tulostamine matematiikan opetuksessa.
- Väljataga, T., Fiedler H.D., S., & Laanpere, M. (2015). Re-thinking Digital Textbooks: Students as Co-authors. *Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 9412, 143–151. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-25515-6>
- Vinter, K. (2014). Soovitused muutunud (uue) õpikäsituse juurutamiseks. Retrieved from
http://ebo.ee/openlearning/info/Kristi_Vinter_Soovitused.pdf

Summary

Pupils as Co-Authors: A Design Research on a Digital Textbook about 3D Printing
Master thesis

This thesis describes a pedagogical experiment that engaged pupils (grades 4 – 8) in co-authoring an online textbook on 3D-printing in four Estonian schools.

The study was inspired by a pilot project by an Estonian NGO called Eesti 2.0 that donated fifty 3D-printers to Estonian schools. One of the challenges in this pilot project was caused by the fact that 3D printing is a relatively new technology and neither schools nor teachers had any experience with it, nor were there any relevant textbooks available in Estonian language. The study followed the approach of the design research, the pupils' co-authorship method was designed, implemented and evaluated in two iterative cycles. The resulting wiki-based textbook was evaluated by the experts of the field.

The aims of the study were:

- suggest the theoretical basis and related guidelines for students' involvement in creating a digital textbook
- analyse students' collaboration patterns when composing the textbook and the reasons why some patterns worked better
- based on the analysis of implementation and focus group interviews, refine the method of co-authoring a digital textbook by pupils.

The further research should focus on carrying out the experts' suggestions together with a new, wide-scale implementation and evaluation.

Lisad

Lisa 1.

Modereerisin fookusgruppide intervjuud. Õpilased said rääkida vabalt aga struktuureerimiseks koostasid järgnevad küsimused mille kohta arutasime intervjuu käigus.

Intervjuu küsimused:

Kas te olete nõus, et teie õpiku peatükke avaldatakse?

Jah.

Mis teile meeldis selle õpiku tegemise juures?

Koostöö, ajatelg.

3D Printimine.

Sketchupi tarkvara sai kasutada.

Sai rohkem uusi asju teada.

Sai printida.

Meeldis kadunud jupi asendamine.

Eelmine aasta oli koolis 3D huviring aga nüüd sai seda praktikas rakendada.

Meeldis see kui lihtsalt saab 3D mudeli arvutiekraanilt päris asjaks.

Saime teada uusi asju.

Hästi lihtne on ise asju kujundada.

Ajatelje ülesanne meeldis.

Mis oli kõige keerulisem peatükkide koostamise juures?

Nimetati tehnilisi probleeme nagu STL -failiks muutmine, STL faili väljatrükk.

Ajatelg oli raske.

Kui ei ole hea kirjutaja, siis oli raske ajaveebi kirjutada.

Video tasuta tarkvara ei tee head kvaliteeti.

Lego klotsi suurused ei sobi 3D mudeliga. (3D printeri kalibreerimine.)

Keerulised arusaamatud sõnad 4.-5.klassi jaoks.

Printer jättis pooleli ja siis pidi uuesti printima.

Vahel pidi video mitu korda uuesti salvestama.

Kuidas õpikupeatüki valmimise protsess kulges?

Milline oli tööjaotus?

Võtsime kõik koos teema ja hakkasime seda uurima.

Kõik tegid oma versiooni ja pärast valiti konsensuslikult peatükkide sisu.

Vahel oli ka erimeelsusi.

Kui ühel õpilasel oli vaba aega siis ta tegi ära. Kui oli enamatel, siis tegime koos. Pärast teiste tehtud töid ei hinnanud.

Need tegid kes aega leidsid.

Paadimudeleid teeme korraga.

Kirjeldage kas te saite 3D printimist ühendada oma huvialadega?

Osa mainis, et neil ei olnud varasemat huvi. Osa mainis kunsti.

Eelmine aasta oli koolis 3D nutilabor. 3D kujundamine. Lõputöö unistuste kodu.

Tegime auhindu erinevate võistluste jaoks, minirobotid. Kasutasime neid robotika võistlustel kus käisime. Loodusõpetuse projekt kaarsillad koolis.

Kas mingi osa pidi ümber tegema/parandama ja kui siis miks?

Üldiselt ei pidanud, me tegime kõik koos.

Ajaveebi tekste tegime peatüki tegemise ajal vahel mitu korda ringi.

Pärast muutnud ja parandanud ei ole. töö käigus vahel muutsime.

Kirjeldage milline oli õpetaja roll?

Oli hea kes aitas. Kuna endal polnud printeriga kogemusi. Õpetaja andis metoodilise poole.

Juhendas.

Juhendaja tegi mõned asjad ette ja siis lasi õpilastel ise mõelda ja otsustada mida teha.

Õpetaja jälgis tähtaegu, pani tööd printima, vaatas kas peatükid on tehtud.

Õpetaja andis ideid

Kas sissejuhatava peatüki näitest oli abi?

Natuke ikka oli. Juhendaja kasutas.

Ülesanded ja hilisemad peatükid läksid raskemaks.

Me õppisime ise selle selgeks. Enne peatüki tegemist õppisime kuidas teha lihtsaid asju nagu võtmehoidja.

Praegu teeme juba päris raskeid asju.

Millest oleks veel võinud abi olla?

Igasugu tehnilistest asjadest oleks kasu olnud nagu STL failiks muutmine.

Ei oska öelda.

Kust otsida täpsemaid kujundeid, et teha keerulisemaid asju. Valmis kujundid säästaksid aega.

Millist tagasisidet saite kursuse jooksul ja kas seda oli piisavalt?

Läbi teiste ajaveebide jälgimine Edmodo keskkonnas.

Teiste ajaveebe ei jõudnud vaadata. Oma kooli oma vaatasime.

Vaatasime ja saime Edmosos positiivset tagasisidet

MTÜ Eesti 2.0 ja TLÜ teadur kiitsid.

Tagasisidet ei tulnud väga Edmodo keskkonda.

Vaatasime ka teiste ajaveebe, kui me ei saanud täpselt aru mida me tegema pidime.

Kas seda õpikut võiks tulevikus rakendada?

Kindlast peaks.

Jaa ikka, see oleks vajalik.

See oleks väga tore.

Kui keegi tahab 3D printimist õppida siis võiks küll seda õpikut ära kasutada.

Kuidas võimaldada teistel õpilastel seda õpikut paremaks teha ja ülesandeid/näiteid lisada? (küsimus platvormi kohta, kas viki sobib)

Platvorm sobib hästi ja on hästi muudetav, saab artikleid lisada ja sisu linkida nimedega.

Need kes on 3D printimisega tegelenud, need teevad ajurünnaku õpiku parandamiseks.

Tehnoloogia õpetuses 3d modelleerimine. Toetavad teineteist.

Me arvame, et viki keskkond on sobiv.

Ja Kui sisu on olemas siis saab seda ka lihtsasti kuhugi mujale tõsta.

Kirjeldage millised teie poolt välja mõeldud ülesanded olid lihtsad, keskmised või rasked ja mis klassile see õpik sobiks?

Paadimudeli printimine oli kõige raskem, ajalugu sobiks isegi noortematele.

4. klassist alates kuni 7.-8. klassini. Hiljem läheb liiga lihtsaks.

Ise ei oska hinnata. erinevatel õpilastel on erinevad asjad rasked. Mõnedel matemaatika, mõnedel midagi muud.

Paat on kõige raskem. Esimesed prototüübid on ebaõnnestunud.

Arvame, et õpik sobi 4-5 klassile. Kui meie oskame, siis peaks teised ka oskama.

Liiga lihtne ei ole ka hea.

Peatükkides saab nuputada.

Mille poolest erineb teie peatükk teiste loodud peatükkidest?

Küsimustikud, mida me tegime.

Sketchupi video, mis pälvis tunnustust.

Tegime probleemülesanded katkise asja parandamine.

Milline on teie arvates üks hästi koostatud 3D-printimise õpiku peatükk, mis seda iseloomustab?

Arusaadav.

Kõik asjad täpselt välja toodud.

Kui tekivad küsimused siis saab vastused.

Kõik oluline kindlasti peatüki all, ära märgistatud.

Kui te kunagi veel ise peaksite õpikut koostama, siis mida teeksite teisiti?

Teeks rohkem harjutusi ja küsimustikke.

Tahaks teha telefoni korpust, ehteid, kingi

Me prooviksime rohke teiste võistluste kõrvalt aega leida. Prooviks ise mingeid tegevusi, ülesandeid juurde mõelda.

Lisa 2.

Õpiku evalveerimise teemad:

Digiõpiku evalveerimisel käsitleme iga peatüki kohta heurestikuid milleks on:

- eakohasus
- korrektsus
- esteetilisus
- mitmekesisus
- erinevate õpistiilide tugi
- näitlikustamine
- eri raskusastmetega ülesanded
- õpiku kohta taanduv toetamine (algul toetatakse rohkem hiljem vähem)

Esimene peatükk.

Ajaloo teemas oleks võinud käsitleda 3D printimise tehnoloogiate asemel üldist tehnoloogilist arengut. 3D printimise ajalugu ei anna õpilastele piisavalt mõtteainet mille baasil nad looks midagi uut.

Teine peatükk

Puudu on oluliste mõistetena CAD (ingl Computer aided design) tarkvara. Peatükk on liiga ThinkerVerse põhine. Peaks lähtuma TinkerCadist või AutoDesk123 mis on tasuta.

Kolmas kuni seitsmes peatükk.

Peatükke iseloomustab juhtumikesksed ülesanded. Õpikus peaks olema veel rohkem sotsiaalset osa 3D kogukonnad, foorumid. Asjatundja juhendaja peaks toetama mis info on

oluline ja mis lihtsam. Juhendaja poolne õpik. Sulgudesse inglise keelsed viited. Viitamine
algallikatele.

Lisa 3.

Tunnikavad

TUNNIKONSPEKT

AINE: Informaatika

KLASS: 8. kl

TUNNI TEEMA: Teeme oma piparkoogivormi

(NB! Kui tegu paaristunniga, siis pane ka see süia kirja!)

ÕPIVÄLJUNDID:

- Looma TinkerCadi abil uut 3D-joonist
- Koostama küsimustikke
- Koostama piltlugusi ja kirjeldusi.

HINDAMINE/TAGASISIDE (Milliste tunnitegevuste kaudu saate õpetajana tagasisidet eesmärkide täitumise kohta? Kuidas saavad õpilased tagasisidet oma õppimise kohta?):

Õpilased loovad piparkoogivormi.

Õpilaste ettevalmistatud mudel.

Õpilaste koostatud harjutused ja ülesanded õpiku peatükki.

KASUTATAV IKT LAHENDUS (koos kirjelduse ja põhjendusega):

veebilehitseja, tinkercad keskkond,

VAJALIKUD VAHENDID JA MATERJALID (mida vajad, sh mida pead eelnevalt ette valmistama):

3D Wiki õpik.

TUNNI KÄIK:

Tunni etapid	Aeg	Õpetaja tegevus	Õpilaste tegevus
<p>1. Häälestus</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tunni organiseerimine • eesmärgi püstitus • õpilast motiveeriva olukorra loomine • eelteadmiste, vajaduste, huvide aktiveerimine • iseseisvale tööle tagasiside andmine* • sissejuhatus* 	<p>5min</p>	<p>1. Õpetaja alustab tundi ja tutvustab tunniteemat milleks on 3D printeriga piparkoogivormi valmistamine.</p> <p>2. Õpetaja jagab õpilased kaheliikmelisteks rühmadeks.</p>	
<p>2. Õppimine</p> <ul style="list-style-type: none"> • huvi (õpimotivatsiooni) hoidmine • õpilaste toetamine, julgustamine • uue info sidumine varasemate teadmistega • seoste loomine isikliku kogemusega • mõistmine, arusaamine • tähenduse loomine 	<p>5min</p> <p>15min</p> <p>15min</p>		<p>1. Õpilased sisenevad TinkerCad keskkonda.</p> <p>2. Õpilased kujundavad oma piparkoogivormi. Õpilased ekspordivad piparkoogivormi Slic3er tarkvarasse.</p> <p>3. Õpilased koostavad tehtud tööst peatüki mis koosneb Näitest, Harjutusest, Ülesandest.</p>

<ul style="list-style-type: none"> • Refleksioon • millised on võimalused teadmiste rakendamiseks • tervikpildi loomine • kokkuvõtted eesmärkide täitmisest, hinnangud (hinded) • tagasiside õpilaste tegevusele • teema laiendus (iseseisev töö/kodutöö) koos põhjendusega, miks see on oluline • kas ja kuidas rakendati tehnoloogiat või oleks saanud seda teha • uute eesmärkide püstitamine/ järgmise tunni tegevused* 	5min	Lühike peatükkide ülevaade. Peatüki puuduvate osade lõpetamine koduse tööna.	
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------	------------------------------------------------------------------------------	--

TUNNIKONSPEKT

AINE: Informaatika

KLASS: 4 kl

TUNNI TEEMA: 3D printimise ajalugu, tänapäev ja tulevik.

(NB! Kui tegu paaristunniga, siis pane ka see siia kirja!)

ÕPIVÄLJUNDID:

- mõistma, mis on 3D-printimine
- mõistma, mida tähendab kolmemõõtmelisus ja Cartesiuse koordinaatsüsteem
- selgitama, millised on 3D-printeri osad ja kuidas 3D-printer töötab
- kirjeldama 3D-printimise tehnoloogia kujunemise ajalugu, rakendusvõimalusi tänapäeval ja tulevikuväljavaateid erinevates eluvaldkondades

HINDAMINE/TAGASISIDE (Milliste tunnitegevuste kaudu saate õpetajana tagasisidet eesmärkide täitumise kohta? Kuidas saavad õpilased tagasisidet oma õppimise kohta?):

- Valminud ajateljed
- Harjutuse vastused

KASUTATAV IKT LAHENDUS (koos kirjelduse ja põhjendusega):

Veebilehitseja

VAJALIKUD VAHENDID JA MATERJALID (mida vajad, sh mida pead eelnevalt ette valmistama):

3D Printimise Viki lehekülg, ettevalmistatud tiki-toki lehekülg.

TUNNI KÄIK:

Tunni etapid	Aeg	Õpetaja tegevus	Õpilaste tegevus
1. Häälestus <ul style="list-style-type: none"> • Tunni organiseerimine • eesmärgi püstitus • õpilast motiveeriva olukorra loomine • eelteadmiste, vajaduste, huvide aktiveerimine • iseseisvale tööle tagasiside andmine* • sissejuhatus* 	3min	1. Õpetaja tutvustab tunni teemat ja tutvustab 3D printimist.	Õpilased kuulavad
	5min	2. Õpetaja juhib arutelu 3D printimise teemal. Küsimused, mida õpilased on kuulnud 3D printimisest? Mille poolest erineb 3D printimine muudest tehnoloogiatest? Mida saaksime ise 3D printeriga luua?	Õpilased vastavad ja arutlevad.
	3min	3. Tutvustan õpilastele - Viki keskkonda ja õpiku peatüki koostamise komponente.	

<p>2. Õppimine</p> <ul style="list-style-type: none"> • huvi (õpimotivatsiooni) hoidmine • õpilaste toetamine, julgustamine • uue info sidumine varasemate teadmistega • seoste loomine isikliku kogemusega • mõistmine, arusaamine • tähenduse loomine 	<p>25min</p> <p>2min</p>		<p>1. Õpilased otsivad informatsiooni 3D printimise ajaloo kohta ja koostavad ajateljje.</p> <p>2. Õpilased vastavad Viki harjutus ülesandele</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Refleksioon • millised on võimalused teadmiste rakendamiseks • tervikpildi loomine • kokkuvõtted eesmärkide täitmisest, hinnangud (hinded) • tagasiside õpilaste tegevusele • teema laiendus (iseseisev töö/kodutöö) koos põhjendusega, miks see on oluline • kas ja kuidas rakendati tehnoloogiat või oleks saanud seda teha • uute eesmärkide püstitamine/ järgmise tunni tegevused* 	<p>3min</p> <p>2min</p> <p>2min</p>		<p>1. Õpilased tutvustavad oma 3D õpiku peatükki</p> <p>2. Ühine arutelu koostatud peatüki teemal</p> <p>3. Järgmise teema tutvustus.</p>

TUNNIKONSPEKT

AINE: Informaatika

KLASS: 5. kl

TUNNI TEEMA: 3D printimiseks ettevalmistumine

(NB! Kui tegu paaristunniga, siis pane ka see siia kirja!)

ÕPIVÄLJUNDID:

- Leidma ja allalaadima 3D-jooniste faile mudelite repositooriumite keskkonnast
- avama arvutis 3D-joonist
- Kasutama Slic3er tarkvara STL-faili printimiseks ettevalmistamisel, sealhulgas seadistada printitava mudeli suuruse, asendi, täite, kihi paksuse ja temperatuurid
- Printerite ettevalmistamine ja ohutud töövõtted, töökoha korrastamine pärast printimist

HINDAMINE/TAGASISIDE (Milliste tunnitegevuste kaudu saate õpetajana tagasisidet eesmärkide täitumise kohta? Kuidas saavad õpilased tagasisidet oma õppimise kohta?):

- Õpilaste allalaetud mudelid
- Õpilaste muudetud mudelid

KASUTATAV IKT LAHENDUS (koos kirjelduse ja põhjendusega):

Veebilehitseja, Slic3r tarkvara.

VAJALIKUD VAHENDID JA MATERJALID (mida vajad, sh mida pead eelnevalt ette valmistama):

3D Printimise viki õpik

TUNNI KÄIK:

Tunni etapid	Aeg	Õpetaja tegevus	Õpilaste tegevus
1. Häälustus <ul style="list-style-type: none">• Tunni organiseerimine• eesmärgi püstitus• õpilast motiveeriva olukorra loomine• eelteadmiste, vajaduste, huvide aktiveerimine• iseseisvale tööle tagasiside andmine*• sissejuhatus*	5min	1. Õpetaja tutvustab tunni teemat ja tutvustab 3D printimise ettevalmistamist. 2. 3D mudelipankade tutvustus.	

<p>2. Õppimine</p> <ul style="list-style-type: none"> • huvi (õpimotivatsiooni) hoidmine • õpilaste toetamine, julgustamine • uue info sidumine varasemate teadmistega • seoste loomine isikliku kogemusega • mõistmine, arusaamine • tähenduse loomine 	<p>10min</p> <p>10min</p> <p>5 min</p> <p>5 min</p> <p>30min</p>		<p>1. Õpilased otsivad ja valivad välja 3D mudeleid. Teevad antud tööst ekraanipilte.</p> <p>2. Õpilased muudavad ja täiendavad antud mudelit. Teevad ekraanipildi enne ja pärast.</p> <p>3. Õpilased ekspordivad antud mudeli STL vormingusse.</p> <p>4. Õpilased impordivad 3d mudei Slic3er tarkvarasse ja ettevalmistavad selle printimiseks.</p> <p>1. Alternatiiv õpilased koostavad stop-kaadri video</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Refleksioon • millised on võimalused teadmiste rakendamiseks • tervikpildi loomine • kokkuvõtted eesmärkide täitmisest, hinnangud (hinded) • tagasiside õpilaste tegevusele • teema laiendus (iseseisev töö/kodutöö) 	10min	Stop-kaadre videote ja 3d mudelite kokkuvõte.	

koos põhjendusega, miks see on oluline			
<ul style="list-style-type: none">• kas ja kuidas rakendati tehnoloogiat või oleks saanud seda teha• uute eesmärkide püstitamine/ järgmise tunni tegevused*			

TUNNIKONSPEKT

AINE: Informaatika

KLASS: 8 kl

TUNNI TEEMA: Teeme oma piparkoogivormi peatüki lõpetamine

(NB! Kui tegu paaristunniga, siis pane ka see siia kirja!)

ÕPIVÄLJUNDID:

- Looma TinkerCadi abil uut 3D-joonist
- Oma mudelit Thingiverse keskkonda üles laadima
- Väljaprintimiseks ettevalmistamisel lisama aluskihti

HINDAMINE/TAGASISIDE (Milliste tunnitegevuste kaudu saate õpetajana tagasisidet eesmärkide täitumise kohta? Kuidas saavad õpilased tagasisidet oma õppimise kohta?):

Õpilased loovad piparkoogivormi.

Õpilaste ettevalmistatud mudel.

Õpilaste koostatud harjutused ja ülesanded õpiku peatükki.

KASUTATAV IKT LAHENDUS (koos kirjelduse ja põhjendusega):

veebilehitseja, tinkercad keskkond,

VAJALIKUD VAHENDID JA MATERJALID (mida vajad, sh mida pead eelnevalt ette valmistama):

3D Viki õpik.

TUNNI KÄIK:

Tunni etapid	Aeg	Õpetaja tegevus	Õpilaste tegevus
<p>1. Häälestus</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tunni organiseerimine • eesmärgi püstitus • õpilast motiveeriva olukorra loomine • eelteadmiste, vajaduste, huvide aktiveerimine • iseseisvale tööle tagasiside andmine* • sissejuhatus* 	<p>5min</p> <p>5min</p>	<p>1. Õpetaja alustab tundi ja tutvustab vahepeal 5. Klassi poolt väljatrükitud mudeleid.</p> <p>2. Õpetaja jagab õpilased kaheliikmelisteks rühmadeks.</p> <p>3. Õpetaja selgitab gruppidele mis eelmine tund tegemata jäi või mis vajaks parandamist.</p>	
<p>2. Õppimine</p> <ul style="list-style-type: none"> • huvi (õpimotivatsiooni) hoidmine • õpilaste toetamine, julgustamine • uue info sidumine varasemate teadmistega • seoste loomine isikliku kogemusega • mõistmine, arusaamine • tähenduse loomine 	<p>5min</p> <p>25min</p>		<p>1. Õpilased sisenevad quotev ja tinkercad keskkonda.</p> <p>2. Õpilased täiendavad grupis harjutusi, ülesandeid, näiteid.</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Refleksioon • millised on võimalused teadmiste rakendamiseks • tervikpildi loomine 	<p>5min</p>	<p>Lühike peatükkide ülevaade.</p> <p>Tunni kokkuvõte</p>	

<ul style="list-style-type: none"> • kokkuvõtted eesmärkide täitmisest, hinnangud (hinded) • tagasiside õpilaste tegevusele • teema laiendus (iseseisev töö/kodutöö) koos põhjendusega, miks see on oluline • kas ja kuidas rakendati tehnoloogiat või oleks saanud seda teha • uute eesmärkide püstitamine/ järgmise tunni tegevused* 			
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--	--	--

TUNNIKONSPEKT

AINE: Informaatika

KLASS: 4. ja 5. kl

TUNNI TEEMA: Valmistame piparkoogivormi 8kl loodud peatüki põhjal

(NB! Kui tegu paaristunniga, siis pane ka see siia kirja!)

ÕPIVÄLJUNDID:

- Looma TinkerCadi abil uut 3D-joonist
- Oma mudelit STL-i vormingusse salvestama ja alla laadima võrgukettale.
- Väljaprintimiseks ettevalmistamisel lisama aluskihti

HINDAMINE/TAGASISIDE (Milliste tunnitegevuste kaudu saate õpetajana tagasisidet eesmärkide täitumise kohta? Kuidas saavad õpilased tagasisidet oma õppimise kohta?):

- Valminud piparkoogivormid
- Harjutuse vastused

KASUTATAV IKT LAHENDUS (koos kirjelduse ja põhjendusega):

Veebilehitseja

VAJALIKUD VAHENDID JA MATERJALID (mida vajad, sh mida pead eelnevalt ette valmistama):

8. klassi poolt loodud Quotevi peatükk. 3D Printimise Viki lehekülg, ettevalmistatud Quotev veebikeskkond

TUNNI KÄIK:

Tunni etapid	Aeg	Õpetaja tegevus	Õpilaste tegevus
<p>1. Häälestus</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tunni organiseerimine • eesmärgi püstitus • õpilast motiveeriva olukorra loomine • eelteadmiste, vajaduste, huvide aktiveerimine • iseseisvale tööle tagasiside andmine* • sissejuhatus* 	<p>3min</p> <p>5min</p>	<p>1. Õpetaja tutvustab tunni teemat ja tutvustab 3D printimist.</p> <p>2. Vaatleme 5. klassi poolt eelmises tunnis trükitud esemeid ja vaatame ja arutleme,</p>	<p>Õpilased kuulavad</p> <p>Õpilased vastavad ja arutlevad.</p>
<p>2. Õppimine</p> <ul style="list-style-type: none"> • huvi (õpimotivatsiooni) hoidmine • õpilaste toetamine, julgustamine • uue info sidumine varasemate teadmistega • seoste loomine isikliku kogemusega • mõistmine, arusaamine • tähenduse loomine 	<p>25min</p> <p>7min</p>		<p>Õpilased sisenevad Tinkercadi keskkonda ja kujundavad seal oma piparkoogivormi</p> <p>Õpilased vastavad harjutuse küsimustele.</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Refleksioon • millised on võimalused teadmiste rakendamiseks • tervikpildi loomine • kokkuvõtted eesmärkide täitmisest, hinnangud (hinded) • tagasiside õpilaste tegevusele • teema laiendus (iseseisev töö/kodutöö) koos põhjendusega, miks see on oluline 	<p>5 min</p>		<p>Õpilased esitlevad oma piparkoogivormi. Vastavad küsimustele</p>

<ul style="list-style-type: none">• kas ja kuidas rakendati tehnoloogiat või oleks saanud seda teha• uute eesmärkide püstitamine/ järgmise tunni tegevused*			
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--	--	--

Lisa 4

Mooste põhikoolis läbiviidud tundide refleksioon.

8kl esimene tund

Tunnis osales 5 õpilast

Tunni teema “Teeme oma piparkoogivormi peatüki loomine 4-5 klassile”

Tunni sissejuhatusel tutvustan Eesti 2.0 projekti koolidele. Vaatama sellejuures loodud viki õpikut ja tutvustan õpiku peatükkide koostamise nõudeid. Õpilastel on varasem kogemus Tinkercad keskkonnas. Kõik õpilased kasutavad Tinkercadi autentimiseks Google+ kontot. Jagasin õpilased rühmadesse. Edasi valivad õpilased peatüki sisuplokkid mida nad hakkavad tegema. Quotev keskkond kuhu ma õpilastel lasin peatüki valmistada on õpilastele uus. Siiski ei valmista õpilastele Google+ või Facebooki kontoga sinna sisse logimast. Ka sisuplokkide teemade täitmine ei valmista 8. Klassi õpilastele raskusi. Kõik õpilased kujundavad aktiivselt Tinkercadis piparkoogivormi samal ajal täiendades oma sisuplokki. Tunni lõpuks valmib esimene versioon näitest, mis on siis piltlugu etappidest koos kirjeldusega. Harjutusest valmib kolm küsimust, mis küll vajavad veel täiendavalt paremat sõnastamist. Ülesande väljamõtlemine moodustub kõige keerulisemaks ja selle jätan koduseks ülesandeks.

Järeldused: Modelleerimine ja näidete tegemine on õpilastele kaasahaarav. Harjutuse tegemine arendab õpilastes küsimuste sõnastamist ja modelleerimise protsessi “lahti harutamist”. Ülesande osas tuleks õpilasi lihtsamate näidetega ette valmistada. See jääb neile ilmselt liiga abstraktseks.

4.kl esimene tund

Tunnis osales 3 õpilast.

Tunni teema “Koosta 3D printimise ajalugu”

Tunni sissejuhatusel tutvustan Eesti 2.0 projekti koolidele. Vaatama sellejuures loodud viki õpikut. Õpilastel varasem kogemus 3D printimisega puudub. Mida nad tunni alguse vestluse käigus ka tunnistavad. Selgitan õpilastele, et 3D printimise tehnoloogia on materjali kiht-kihilt lisamise tehnoloogia ja tunni alguses vaatame video kuidas 3D printer prindib väikese

pudeli koos keeratava korgiga. Eelmisel kahel tunnil oleme õpilastega õppinud väga põhjalikult informatsiooni otsimist internetist. Ajatelge nad varem koostanud ei ole. Õpilased jaotuvad nii, et kaks poissi teevad Tiki-Toki keskkonnas ajatelge 3D printimise ajaloost. Ja tüdruk teeb ajatelge MyHistro⁵³ keskkonnas. Tiki-Toki keskkonda olen teinud enne tundi ise kasutaja. Tiki-toki keskkonna tasuta versioonis saab ajatelge muuta ainult ühest arvutist. Poiste rollid ajatelje tegemisel jaotuvad nii, et üks poiss täidab ajatelge leitud 3D printimise ajaloo peatüki alusel. Teine poiss otsib informatsiooni juurde ja võrdleb kas ta leiab mõnda uut sündmust. MyHistro keskkond ei nõua sisse logimist. Aga selle puuduseks on see, et töö vahe etappe ei salvestata. Kui õpilane paneb kogemata MyHistro keskkonna veebilehitseja sakist kinni on kogu töö kadunud. Tunni lõpuks valmib nii poistel kui tüdrukul terviklik ajatelg. Tunni lõpus uurin mida nad said teada 3D printimisest ja räägime mida me teeme järgmises tunnis, kuidas seda saab rakendada. Vastame ka harjutusülesande küsimusele.

Järeldused: Tundub, et ajatelje koostamine on hea ülesanne aktiveerimaks õpilaste huvi 3D printimise vastu. Õpilased ise õpivad küll rohkem mõistma ajatelge ja tehnoloogia arengut, kui 3D printimist. Kindlasti on vajalik, et õpilased oleks enne tutvunud informatsiooni otsimisega internetist. 4. klassi õpilastele on parem teha enne tundi kasutajad mõnda ajatelje keskkonda nii on väiksem risk, et juba tehtud töö võib minna kaduma, mis võib vähendada õpilaste motivatsiooni.

5.kl esimene tund

Tunnis osales 10 õpilast

Tunni teema “3D printimiseks ettevalmistamine”

Tunni sissejuhatusel tutvustan Eesti 2.0 projekti koolidele. Vaatama sellejuures loodud viki õpikut. Õpilastel on varasem kogemus aasta tagasi TinkerCad keskkonnaga ja sellel aastal oleme 2 tunnil modelleerinud Sketchup tarkvaraga. Jaotan õpilased kaheliikmelisteks gruppideks. Gruppidel on valida kas nad teevad liimides ja kleepides stoppkaadri video. Või otsivad thinkerverse keskkonnast ring otsingusõnaga mudelit või piparkoogivormi ja muudavad seda. Kaks gruppi valisid stoppkaadri video. Olin kaasa võtnud selleks suure ruudulise kaustiku kust nad said paberit, liimipulgad ja käärid. Õpilased pidid oma telefoni

⁵³ <http://www.myhistro.com>

laadima PicPac⁵⁴ tarkvara. Peale mõningat katsetamist leidsid õpilased nutikaid viise kuidas lõigata väga palju pabertükke korraga. Ühe grupi õpilased küsisid kas nad võivad lauale märkida harilikuga telefoni ja pabertükkide asukoha. Kuna lauad olid lakitud ja selle sai sealt hiljem puhastada said nad selle loa. Tunni lõpus saatsid mõlemad grupid mulle oma stoppkaadri video. Üks grupp sai 48 kaadriga video ja teine 37 kaadriga. Ülesandeks oli ka mõõta valminud mudeli paksust. Ühel grupil oli see 4,7 mm teisel 3,5. thingiverse.com⁵⁵ keskkonnas otsingusõnaga otsides kalduvad osa õpilasi vaatama liiga keerulisi mitmest detailist koosnevaid objekte ja neid tuleb suunata ülesande juurde tagasi. Antud peatükis on objekti muutmise osa keerukas, kuna valmis STL faili muutmine on juba suhteliselt keerukas. Siiski olid õpilaste leitud ja valitud tööd väga huvitavad ja asi mida muutama pidi oli detaili asetus 3D printeris. Tunni lõpus tunnistasid õpilased, et neil ei tekkinud täit ettekujutust 3D printimisest aga tund ise oli huvitav ja kaasahaarav. Õpilaste poolt valitud mudelid printid järgmise nädala tundideks 3D printeris.

Järeldused: Stoppkaadri video mahub ilusti ühe tunni sisse ja annab õpilastele ettekujutuse koordinaatidest, kui ka kihistamise tehnoloogiast. Lisaks sellele õpivad õpilased looma stoppkaadri videot. Ettevalmistuses võiks õpetaja mõelda ka kasvõi õpilaste poolt tunni ajal improviseeritavatele telefoni ja pildistusvälja positsioneerimise abivahenditele. Näiteks papp, maalriteip jne. Mudeli otsimise ülesandes peaks STL vormingu asemel kasutama otsimist kas Tinkercad või Sketchup jooniseid ja siis neid selles tarkvaras muutama ja sealt eksportima STL-i. STL-i muutmine on keerukas ja aeganõudev tegevus ja kõik keskkonnad ei tee seda hästi.

8.kl teine tund.

Tunnis osales 8 õpilast

Tunni teema “Teeme oma piparkoogivormi peatüki loomine 4.-5. klassile”

Tunni sissejuhatus õpilastele keda eelmises tunnis ei olnud. Peamine probleem oli selles, et õpilased kes eelmises tunnis koostasid harjutust ei olnud antud tunnis ja nende asemel oli osa uusi kellel oli teema uus. Samas oli tunni eesmärk täiendada ja lõpetada 4.-5. klassile koostatud peatükk. Peale sissejuhatus jagasin õpilased uuesti kaheliikmelistesse gruppidesse. Üks grupp tegeles harjutuste sõnastamise ja ettevalmistamisega. Teine ja kolmas grupp

⁵⁴ <http://picpac.tv>

⁵⁵ <https://www.thingiverse.com>

tegelesid näidise üle vaatamise ja täiendamisega. Viimane grupp tegeles ülesande vormistamisega. Tund ei läinud päris nii nagu planeeritud. Näite täiendamine ei sujunud väga põhjalikult. Harjutus sai konkreetse ja arusaadava sõnastuse lisati veel kolm küsimust. Ülesanne sai näite põhjal tehtud.

Järeldused: Tund ei läinud päris plaanipäraselt. Õpilaste vahetus ei olnudki peamine probleem. Juba koostatud näite üle vaatamine ja parandamine ei tundunud õpilastele enam huvitav ja arendav, kuigi neil tekkis arusaam, et õpiku peatükk või juhend on pidevalt täienev protsess.

4.kl teine tund

Tunnis osales 4 õpilast.

Tunni teema “Teeme piparkoogivormi 8. klassi peatüki järgi”

Peale sissejuhatust ja tunni teema tutvustust hakkasid õpilased innukalt piparkoogivormi modelleerima. 4. klassil tekitas probleeme see, et kõigil õpilastel pole Google+ või Facebook kasutajat ja siis tuleb TinkerCad keskkonnas luua uus kasutaja. Minu jaoks oli veidi üllatav, et õpilased suutsid antud näite ja ülesande najal modelleerida piparkoogivormi ja suutsid selle salvestada. Harjutuseni õpilased siiski ei jõudnud. Kokkuvõttes õpilastele tund meeldis ja nad ootasid milline nende piparkoogivorm printerist tuleb.

Järeldused: Enne selliseid tunde peaks õpilasi e-keskkondadega lähemalt tutvustama. Tunni läbiviimiseks saab väga edukalt teiste õpilaste poolt koostatud peatükke.

5.kl teine tund

Tunnis osales 11 õpilast

Tunni teema “Teeme piparkoogivormi 8. klassi peatüki järgi”

Sissejuhatusel vaatame mudeleid mida eelmise tunnis Thinkerverses leiti. Mõnd mudelit tuli päris mitu korda uuesti printida. See oli õpetajale kui ka õpilastele väärt materjal paigutuse teemal. Näiteks ühed õpilased valisid piparkoogivormi. Eelmises tunnis keerasime selle mudeli pikali nii, et selle saaks väljatrükkida. Esimesel väljatrükil avastasin ma, et tegemist ei

ole ainult piparkoogivormiga vaid tegu oli piparkoogivormi ja küpsisetempliga.



Joonis 8. Paremal on valet pidi trükitud piparkoogivorm. Vasakul on parandatud piparkoogivorm.⁵⁶

Küpsisetempli osad jäid õhku ja printer üritas need õhku trükkida. Keerasin mudeli 180 kraadi ja trükkisin uuesti. Teisel katsel tuli mudel imeilus aga mudeli vaatlemisel selgus, et küpsisetempli osa oli ilmselt liiga kõrge. Mis tähendas, et tainas peaks olema väga paks. Õpilased katsetasid piparkoogivormi ja sellel kõrge äärega oli veel see probleem, et see läks servast veidi katki kuna õhuke lõikamispeid oli liiga pikk ja kõrge. Lõikasin vormi STL failis servasid veel millimeetri võrra madalamaks ja proovisin vormi. Nüüd vajutas vorm hästi kuju taignale Joonis 9.



Joonis 9

⁵⁶ <http://www.thingiverse.com/thing:723384>

Siis vaatasime tunni teemat milleks oli 8. klassi loodud peatükk “Teeme ise piparkoogivormi”. Õpilased asusid kohe tööle. TinkerCadi kasutajatega polnud õpilastel probleemi. Õpilastega olime eelmine ja see aasta e-keskkondadega. Kõik õpilased said valmis oma piparkoogivormi. 11 õpilasest 6 jõudsid vastata ka harjutuse küsimustele. Harjutuse küsimused suunasid osa õpilasi tagasi vaatama, kuidas erinevaid asju teha tuli. Harjutusülesannete küsimustele vastas ainult üks õpilane ühele küsimusele, et ta ei tea. Tunni kokkuvõttes osas ootasid õpilased kõige rohkem valmivaid piparkoogivorme.

Järeldused: Õpilaste koostatud piparkoogivormi koostamine on jõukohane ja huvitav ülesanne 5. klassi õpilastele.

Üldkokkuvõttes kui seda õpikut õpilastel Informaatika tundides kasutada siis peab peatükke paremini planeerima ja mõningaid oskusi enne arendama. Peatükk printimise ettevalmistamine on ilmselt kõige mahukam peatükk ja hea oleks see jagada mitme tunni vahele.

Lisa 5.

Mooste põhikooli õpilaste intervjuud.

8. klassi intervjuu.

Kirjeldage, kuidas kasutasid 3D-printimise e-õpikut kahes viimases tunnis?

Koostasime harjutusi kasutades TinkerCad keskkonda ja proovides selles piparkoogivormi teha.

Mis sulle selle e-õpiku juures meeldis ja mis mitte?

Liiga palju pidi lugema. Meeldis modelleerimine.

Mis oli sinu jaoks kõige keerulisem e-õpiku esmakordsel kasutamisel?

Küsimustike koostamine. Me ei ole väga palju printinud.

Kas oled ka mõnes teises õppeaines pidanud varem ise ülesandeid, harjutusi või tunnikontrolli küsimusi koostama?

Jah ajaloos, eesti keeles.

Kirjelda, kuidas sina panustasid 3D-printimise e-õpikusse lisamaterjalide (näidete, piltide, ülesannete) koostamisse!

Koostasime küsimustikke, harjutasime.

Kuivõrd õppisid ise e-õpikusse lisamaterjale koostades teisiti, põhjalikumalt, aeglasemalt, rohkem koostööd tehes kui oleksid teinud tavalisest õpikust ülesandeid lahendades ja lugedes?

Lahe oli. Päriskiiresai saime tehtud. Ei oska öelda aga arvame, et õppisime palju kiiremini.

Mis oli e-õpiku lisamaterjalide koostamisel kõige keerulisem ja tüütum?

Küsimustike koostamine.

Mis oli kõige huvitavam ja kaasahaaravam?

3D Modelleerimine.

Mis tingimustel ja kui sageli oleksid huvitatud ka edaspidi ise mõnda teise e-õpikusse lisamaterjale koostama ja sel viisil süvendatult seda ainet õppima?

Pigem ei.

4. klassi intervjuu

Kirjeldage, kuidas kasutasid 3D-printimise e-õpikut kahes viimases tunnis?

Pidime avama palju erinevaid keskkondi.

Mis sulle selle e-õpiku juures meeldis ja mis mitte?

See oli tore sai peaaegu kõike teha. Ei meeldinud see, et tööd pidi tegema.

Mis oli sinu jaoks kõige keerulisem e-õpiku esmakordsel kasutamisel?

e-keskkondade kasutamine.

Kas oled ka mõnes teises õppeaines pidanud varem ise teiste õpilaste poolt koostatud peatükke lahendama?

Jah. Eesti keeles.

Kas teiste õpilaste poolt koostatud peatükk oli arusaadav?

On natuke arenemisruumi.

Kas teiste õpilaste poolt koostatud peatükis oli kõik olemas?

Päris kõike ei olnud. Mõned asjad olid puudu aga saime hakkama.

Kirjelda, kuidas sina panustasid 3D-printimise e-õpikusse lisamaterjalide (näidete, piltide, ülesannete) koostamisse!

Tegime ajatelge ja piparkoogivormi.

Kuivõrd õppisid ise e-õpikusse lisamaterjale koostades teisiti, põhjalikumalt, aeglasemalt, rohkem koostööd tehes kui oleksid teinud tavalisest õpikust ülesandeid lahendades ja lugedes?

Me arvame, et kiiremini, kindlasti kiiremini.

Mis oli e-õpiku lisamaterjalide koostamisel kõige keerulisem ja tüütum?

Pidi palju tööd tegema

Mis oli kõige huvitavam ja kaasahaaravam?

Piparkoogivormi tegemine.

Mis tingimustel ja kui sageli oleksid huvitatud ka edaspidi ise mõnda teise e-õpikusse lisamaterjale koostama ja sel viisil süvendatult seda ainet õppima?

Iga kord, meeldis rohkem kui tavaline tund.

Jah ikka. See oli päris huvitav.

5. klassi intervjuu.

Kirjeldage, kuidas kasutasid 3D-printimise e-õpikut kahes viimases tunnis?

3d modelleerimist, piparkoogivormi, stopkaadri videoid.

Mis sulle selle e-õpiku juures meeldis ja mis mitte?

Liiga pikk, sai arvutis ise teha.

Mis oli sinu jaoks kõige keerulisem e-õpiku esmakordsel kasutamisel?

Ei olnudki midagi keerulist.

Kas oled ka mõnes teises õppeaines pidanud varem ise teiste õpilaste poolt koostatud peatükke lahendama?

Jaa, eesti keeles, kõikides ainetes.

Kas teiste õpilaste poolt koostatud peatükk oli arusaadav?

Jah.

Kas teiste õpilaste poolt koostatud peatükis oli kõik olemas?

Enamvähem.

Kuidas sobisid teiste õpiaste poolt koostatud küsimused antud peatükiga?

Veidi rasked olid.

Kirjelda, kuidas sina panustasid 3D-printimise e-õpikusse lisamaterjalide (näidete, piltide, ülesannete) koostamisse!

Printisime 3d mudeleid, stoppkaadri video.

Kuivõrd õppisid ise e-õpikusse lisamaterjale koostades teisiti, põhjalikumalt, aeglasemalt, rohkem koostööd tehes kui oleksid teinud tavalisest õpikust ülesandeid lahendades ja lugedes?

Kiiremini ja paremini.

Mis oli e-õpiku lisamaterjalide koostamisel kõige keerulisem ja tüütum?

Kõike läbi teha.

Mis oli kõige huvitavam ja kaasahaaravam?

Kõik oli huvitav, piparkoogivormi otsimine andmebaasist.

Mis tingimustel ja kui sageli oleksid huvitatud ka edaspidi ise mõnda teise e-õpikusse lisamaterjale koostama ja sel viisil süvendatult seda ainet õppima?

Pigem ei taha.