TARTU ÜLIKOOL

Arvutiteaduse instituut

Informaatika õppekava

Eero Ääremaa

Gümnaasiumi kursuse “Tarkvaraarendus” Pythoni riistvaramooduli koostamine Raspberry Pi-ga

Bakalaureusetöö (9 EAP)

Juhendaja: Tauno Palts, *PhD*

Tartu 2022

Gümnaasiumi kursuse “Tarkvaraarendus” Pythoni riistvaramooduli koostamine Raspberry Pi-ga

Lühikokkuvõte:

Käesoleva bakalaureusetöö raames valmis gümnaasiumi valikkursuse „Tarkvaraarendus“ lisamoodul, milles käsitletakse Raspberry Pi kasutamist ja selle liidestamist erineva riistvaraga. Valminud õppematerjal on jaotatud kuue teema peale ning moodustab 12 tunnise kursuse, mille vältel saab õpilane algteadmised Raspberry Pi-st ning teistest riistvaralistest vahenditest. Valminud valikkursus rakendab õpilaste teadmised programmeerimisest Pythoni programmeerimiskeeles ning pakub õpilastele väljundit tarkvaraliste oskuste kõrval ka riistvara poolel. Käesoleva bakalaureusetöö raames on autor õppematerjalide loomisel lähtunud ADDIE mudelist eelminitu koostamisel. Bakalaureusetöös kirjeldatakse Raspberry Pi-d, õppematerjalis kasutatud riistvaralisi lisaseadmeid, Pythoni programmeerimiskeelt ning valminud õppematerjali loomise protsessi.

Võtmesõnad:

Raspberry Pi, õppematerjalid

CERCS: P175 Informaatika, süsteemiteooria, S281 Arvuti õpiprogrammide kasutamise metoodika ja pedagoogika

Development of Raspberry Pi based hardware module for the grammar school course „Software engineering“

Abstract:

The main goal for this bachelor’s thesis was to form a Raspberry Pi based extra module for the grammar school course “Software engineering” with the main aim on hardware and using different hardware with the Raspberry Pi. The module in hand consists of 12 lessons that have been spread across 6 different topics throughout which the students acquire basic knowledge about the Raspberry Pi and other hardware components. The study module applies knowledge about programming with Python to a more hardware centric view. For the development of the course the author has applied the ADDIE model to create course of the highest standards and quality. In the bachelor’s thesis the author has described the Raspberry Pi, other hardware components used in the course, the programming language Python and the process of creating the course.

Keywords:

Raspberry Pi, teaching materials

CERCS: P175 Informatics, systems theory, S281 Computer-assisted education

Sisukord

Sissejuhatus 6

1. Raspberry Pi õppematerjalide vajalikkus 8

2. Gümnaasiumi kursus „Tarkvaraarendus" 9

2.1 Gümnaasiumi informaatika õppekava 9

2.2 Gümnaasiumi ainekava „Tarkvaraarendus“ 9

3. Raspberry Pi 10

3.1 Ajalugu 10

3.2 Raspberry Pi hariduses 10

3.3 Operatsioonisüsteem Linux 11

3.3.1 Raspberry Pi OS 11

3.4 Raspberry Pi viigud 12

3.5 Raspberry Pi Sense HAT 12

3.7 Raspberry Pi kaameramoodul 13

4. Python 14

4.1 Ajalugu 14

4.2 Python hariduses 14

5. Õppematerjali loomine 15

5.1 Digitaalne õppematerjal 15

5.2 ADDIE mudel 15

5.2.1 Analüüsi etapp 16

5.2.2 Kavandamise etapp 18

5.2.3 Õppematerjalide väljatöötamise etapp 21

5.2.4 Läbiviimise etapp 21

5.2.5 Hindamise etapp 23

5.3 Valminud õppematerjali näidis: Raspberry Pi kaamera moodul 25

Kokkuvõte 33

Viidatud kirjandus 34

LISAD 37

I. Valminud õppematerjal 37

II. Litsents 37

Sissejuhatus

Informaatika on tänapäeva ühiskonnas olulisele kohale tõusnud eriala, millele annab kinnitust asjaolu, et 2021. aastal lõpetas Tartu Ülikooli bakalaureuse informaatika eriala 126 üliõpilast, mis on kaks ja pool korda rohkem, kui 2011. aastal lõpetati Tartu Ülikoolis informaatika ja infotehnoloogia eriala kokku [1]. Kuid IKT erialasid Euroopa kõrgkoolides lõpetavate inimeste arv on viimase üle 15 aasta jooksul kahanenud. See on tekitanud olukorra, kus nõudlus on suurem IT-valdkonna spetsialistide üle, kui neid turul saadaval on [2].

2019. aastal tellis ettevõte Wise, endise nimega TransfreWise, Tartu Ülikooli haridusteaduste instituudi ja arvutiteaduse instituudi teadlastelt raporti nimega „IT oskuste arendamine Eesti koolides“, kus on IT valdkonna jätkusuutlikkuse tagamiseks uuritud Eesti üldhariduskoolide IT-õpet ning välja toodud kohad, mida saaks parandada, et õpilased leiaksid enda jaoks õige erialavaliku IT suunal [3]. Eelmainitud raportis on välja toodud, et IT õpetajate arvates on koolis puudus IT-alastest õppematerjalidest ning raportis on soovitatud, et võiks luua rohkem õppematerjale (sh e-kursusi) IT õpetamiseks [3].

Käesolev bakalaureusetöö eesmärgiks on luua gümnaasiumi kursuse “Tarkvaraarendus” Pythoni programmeerimiskeelele baseeruv riistvaramoodul Raspberry Pi-ga. Vajadus õppematerjali järele on olemas, sest puudub terviklik materjalide kogum, mille peamine fookus oleks Raspberry Pi riistvaralisel poolel. Autori isiklikul kogemusel on mitmetes Eesti koolides olemas erinevaid Raspberry Pi seadmeid ning ka erinevaid riistvaralisi komponente, kuid õppematerjali puudumisel on jäänud riistvara õpe tahaplaanile. Lisaks sellele on Raspberry Pi piisavalt keerukas seade, et selle valmis panemine ning sellega tutvumine võtab üpris palju aega. Sellest tulenevalt ei ole IT õpetajal seda mõistlik ilma õppematerjalita tutvustada.

Loodud õppematerjali loomisel on lähtutud sellest, et kõikidel õpilastel ja koolidel ei pruugi olla kasutusel kõik vahendid, mis valminud materjalis kasutusel on. Sellega seoses on materjal loodud nii, et seda oleks võimalik kasutada kahe erineva Raspberry Pi versiooniga ning vahendite puudumisel saab jätta mõne teema vahele, ilma selleta, et õpilane kaotaks järgenvates õppetundides sisu mõistmises.

Bakalaureusetöö raames valminud õppematerjali loomisel lähtus autor ADDIE mudelist, mida on 2021. aastal valminud Eesti Kõrg- ja Kutsehariduse Kvaliteediagentuuri poolt avaldatud juhendi kvaliteetse e-kursuse loomiseks aluseks [4].

1. Raspberry Pi õppematerjalide vajalikkus

Käesoleva bakalaureusetöö raames on autor loonud Raspberry Pi õppematerjalid, mille peamine fookus on erinevate riistvaraliste komponentide kasutamine Raspberry Pi-ga. Varasemalt on loodud erinevaid Raspberry Pi õppematerjale, näiteks 2020 aastal valmis Magnar Varese bakalaureusetöö teemal „Valikkursuse „Linux ja Raspberry Pi" loomine ja pilootimine", mis käsitles Linuxi operatsioonisüsteemide erinevate distributsioonide õpetamisele. Käesoleva bakalaureusetöö ja eelmainitud töö oluline erinevus on, et käesolev bakalaureusetöö peamine fookus langeb riistvaraliste komponentide liidestamisele ning nende programmeerimisele.

Valminud õppematerjali puhul on ka oluline, et see on loodud 2022. aasta aprilli seisuga kõige värskemale operatsioonisüsteemile ning materjali luues on silmas peetud, et õpilane võib kasutada kas kõige värskemat Raspberry Pi 4 mudelit või vanemat Raspberry Pi 3 mudelit. See on oluline, sest õppematerjali kasutada soovivatel õpetajatel või õpilastel ei pruugi olla kõige värskemat riistvara ning nii on õppematerjal kättesaadavam laiemale hulgale inimestele.

Valminud õppematerjali loomisel on arvestatud, et õpilane ei pea läbima kõiki eelnevaid peatükke, et ühest peatükist aru saada. See annab nii õpilasele, kui ka õpetajale vabaduse materjali kohandada vastavalt soovile ja vajadusele. Näiteks kui õpilasel puudub mõni riistvaraline komponent, mis on vajalik mõne peatüki läbimiseks saab ta selle näiteks lihtsalt vahele jätta või ainult lugeda selle peatüki sisu, kuid mitte praktiliselt kaasa teha.

2. Gümnaasiumi kursus „Tarkvaraarendus"

Järgnevalt antakse ülevaade Eestis käesoleva bakalaureusetöö kirjutamise ajal, aastal 2022.

2.1 Gümnaasiumi informaatika õppekava

Vastavalt Eesti Vabariigi Gümnaasiumi riiklikule õppekavale § 8. Ainevaldkonnad ja õppeained loodusainete loetule kuulub alates 2011. aastast õppekavasse valikkursus „Rakenduste loomise ja programmeerimise alused“ [5]. Aastatel 2018-2019 koostasid Hariduse Infotehnoloogia Sihtasutus, Tallinna Ülikool, Tartu Ülikool ja Tallinna Tehnikaülikool koostöös gümnaasiumi informaatika ainekava valikkursuste materjalid [6]. Ainekava eesmärgiks on tõsta õpilaste tehnoloogilist kirjaoskust ja digipädevust. Ainekava keskmes on digilahenduse arendusprojekt, kus õpilaste meeskond koostab digitaalse projekti. Ainekava fookuses on raalmõtlemine, mis hõlmab endas arvutiteadusest pärit ülesannete lahendamist ning disainmõtlemine, mis on reaalses elus esinevate probleemide lahendamise oskus [6].

2.2 Gümnaasiumi ainekava „Tarkvaraarendus“

Tarkvaraarenduse ainekava koostati ühe osana Gümnaasiumi informaatika ainekavast. „Tarkvaraarendus“ on teine õpik, mille töötasid välja Eno Tõnisson , Tauno Palts, Merilin Säde ja Kaarel Tõnisson. Õpik koosneb kaheksast peatükist, mille esimesed kuus peatükk põhinevad Tartu Ülikooli arvutiteaduste instituudi e-kursuse „Programmeerimise alused II“ materjalide põhjal. Ainekavas käsitletakse teemasid nagu kehemõõtmeline järjend, kahekordne tsükkel, andmevahetus, andmestruktuurid, rekursioon, tarkvaraprototüüp ning tarkvaraarenduse valikmaterjalid. [7]

Käesolev bakalaureusetöö eesmärgiks on luua õpiku „Tarkvaraarendus“ viimase peatüki ehk tarkvaraarenduse valikmaterjalid juurde õppematerjal, mis käsitleb riistvara käsitlemist Raspberry Pi näitel.

3. Raspberry Pi

3.1 Ajalugu

Raspberry Pi näol on tegemist kaubamärgiga, mis toodab väikseid plaatarvuteid, mis koosneb ühest trükkplaadist [8]. Plaatarvutit on kirjeldatud kui täieliku arvutit, mis on loodud ühele trükkplaadile ning mis täidab kõiki tingimusi, et olla täielik arvuti, seega peab ta omama protsessorit, mälu ning sisendi ja väljundi võimalus [9]. Lisaks sellele on plaatarvutitel veel kolm eristavat ja olulist omadust: sisse ehitatud üldotstarbelised sisend- ja väljundpesad ning erinevused voolu tarbimuses ja hinnas [9].

Raspberry Pi on jagatud kaheks organisatsiooniks: Raspberry Pi Trading, mis tegeleb peamiselt tehnoloogiate arendamisega ning seadmete tootmisega ja Raspberry Pi Foundation, mis on hariduslik heategevusorganisatsioon, mille peamine eesmärk on arvutiteaduse õpetamise edendamine üle maailma. Mõlemad ettevõtted on alguse saanud ja tegutsevad Suurbritannias [8].

Raspberry Pi oli alguses loodud vahendiks, mille abil õpetada arvutiteadust koolides, kuid on populaarsust kogunud ka üldise otstarbega arvuti, millele on palju lisasid [8]. Vastavalt ametlikule Raspberry Pi blogile müüdi 2015nendaks aastaks viis miljonit arvutit [8], 2017nenda aasta märtsis sai Raspberry Pi-st maailma läbimüügilt kolmas üldise otstarbega arvuti [9] ning aasta hiljem oli müüdud juba üle 19 miljoni Raspberry Pi plaatarvuti [8].

3.2 Raspberry Pi hariduses

Artiklis “High Quality, Low Cost Education with the Raspberry Pi” käsitletakse Raspberry Pi arvuteid hariduses ning tuuakse välja, et need arvutid on loodud õpilastele, kes ei ole veel alustanud õpinguid ülikoolis [10]. Lisaks sellele väidetakse artiklis, et Raspberry Pi on abiks hariduses ning seda eriti valdkondades nagu programmeerimine, informaatika, robootika ning teistes teaduse ja hobiprojektides [10]. Sellele annab kinnitust ka M. Kölling artikkel “Educational Programming on the Raspberry Pi”, kus artikli autor kinnitab väidet, et Raspberry Pi on olnud väga edukas erinevates teadusprojektides [11]. Samas väidab autor, et Raspberry

Pi ei ole loodud mitte teadusprojektide jaoks vaid selleks, et anda lastele võimalus õppida informaatikat läbi programmeeritava arvuti. Selle peamiseks ajendiks oli Köllingi sõnul see, et esimeste põlvkondade arvutid ei olnud mõeldud lastele eksperimenteerimiseks ning lapsevanematel oli kaitsev positsioon laste programmeerimiseksperimetidel pere arvutis [11]. Sellest tulenevalt toob Kölling välja, et Raspberry Pi ei ole loodud spetsiifiliseks elektroonikaseadmeks, vaid vastupidi üldise otstarbega arvutiks, mis võimaldaks programmeerimist ja eksperimenteerimist [11].

3.3 Operatsioonisüsteem Linux

Raspberry Pi, täpselt nagu kõik teised arvutid, vajavad töötamiseks operatsioonisüsteemi. Raspberry Pi puhul on selleks tavaliselt Linux. Linuxi näol on tegemist vabavaralise operatsioonisüsteemiga, millele pani aluse 1991. aastal Linus Torvaldis, kui ta 17. septembril 1991 esimese Linuxi tuuma ehk kerneli avalikustas, mis kandis versiooninumbrit 0.02 [12-13]. Versioon 1.0 avalikustati 1994. aastal ning selle loomisesse panustasid ka Ameerika Ühendriikidest pärit tarkvaraarendaja Richard Stallman ning Free Software Foundation, kes töötasid samaaegselt välja vabavaralist operatsioonisüsteemi nimega GNU [12-13]. Täieliku GNU/Linuxi süsteemi moodustasidki Stallmani ja Free Software Foundationi poolt loodud utiliidid ja Torvaldise poolt loodud tuum [12-13].

Linuxil on erinevad distributsioonid, mis kujutavad endas erinevaid tarkvara jaotusi, mis kõik baseeruvad Linuxi tuumal. Linuxi kasutajad paigaldavad enda arvutile Linuxi distributsiooni, mille tuumaks on Linuxi kernel [12-13].

3.3.1 Raspberry Pi OS

Raspberry Pi OS, varasemalt tuntud Raspbian nime all, on vabavaraline operatsioonisüsteem, mis baseerub Linuxi Debiani distributsioonil ning on optimeeritud töötama Raspberry Pi-ga [14]. Lisaks kõige lihtsamatele programmidele, mis võimaldavad Raspberry Pi funktsioneerimise sisaldab Raspberry Pi OS ka arvukalt erinevaid eelnevalt paigaldatud pakette ja programme [14].

Raspbiani esimene versioon valmis 2012. aasta juunis, kuid seda arendab jätkuvalt vabavara kommuun ning arenduse peamine fookus on stabiilsuse ning võimalikult paljude programmide jõudluse edendamisel [14].

3.4 Raspberry Pi viigud

Raspberry Pi peal on mitmeid erinevaid riistvaraga liidestamise võimalusi. Üks nendest liidestamise võimalustest on väljaviigud (ingl GPIO ehk *General-Purpose Input Output*), mis on nõelad Raspberry Pi seadme peal [15]. Raspberry Pi 3 ja Raspberry Pi 4 puhul on nõelu kokku 40 ning 26 neist on GPIO nõelad [15]. Neid on võimalik seadistada lugeda või kirjutama andmeid. Raspberry Pi 4 peal on kaks nõela, mis edastavad 5V pingega voolu ja teised kaks nõela, mis edastavad 3.3V pingega voolu [15]. Lisaks sellele on 8 maandusnõela ja kaks nõela on jäätud reserviks [15].

Käesoleva bakalaureusetöö raames valinud õppematerjalis kasutatakse Raspberry Pi väljaviike, et seadmega liidestada erinevaid riistvaralisi komponente, näiteks LED tulesid, mikronuppu, kaugusandurit või liikumisandurit.

3.5 Raspberry Pi Sense HAT

Raspberry Pi Sense HAT on laiendusplaat Raspberry Pi-le, mis ühendub Raspberry Pi peal olevate viikudega. Sense HAT on algselt loodud Astro Pi projekti jaoks, mille raames on võimalik inimestel läbi viia katseid Rahvusvahelises kosmosejaamas läbi selle, et inimesed loovad erinevaid programme, mida käivitatakse Raspberry Pi peal, mis asub Rahvusvahelises kosmosejaamas [16]. Esimene Astro Pi jõudis kosmosesse 2015 aastal ning oli ehitatud tugevdatud korpuse sisse ning liidestatud Sense HAT laiendusplaadiga, mis omakorda sisaldas erinevaid andureid, mis võimaldasid keskkonda uurida [16].

Sense HAT koosneb trükkplaadist, millel on 8x8 LED tulede maatriks, viies suunas liikuv juhtkang, güroskoop, kiirendusmõõtur, magnetomeeter, termomeeter, baromeeter ning

niiskusandur [17]. Lisaks sellele on vabavarana saadaval ka Sense HAT Pythoni teek, mis võimaldab Sense HAT-i programmeerida [17].

3.7 Raspberry Pi kaameramoodul

Raspberry Pi jaoks on loodud erinevaid lisamooduleid, millest üks on kaameramoodul. Kaameramoodul on loodud odavaks lisaks Raspberry Pi-le, mida saab kasutada, et näiteks luua teaduslikke mõõtevahendeid. Kaameramoodul on vaid 24mm x 25mm suuruse trükkplaadi külge kinnitatud Sony IMX219 8 megapiksline sensor, mis ühendub Raspberry Pi külge MIPI lintkaabli vahendusel [18]. Raspberry Pi võimaldab näidata madala latentsiga ning kõrge resolutsiooniga reaalajalist pilti ja selle laiemaks rakendamiseks on loodud erinevaid vabavaralisi C ja Python programmeerimiskeelte loodud raamistikke [18].

4. Python

Python on üks maailmas enim levinud programmeerimiskeeli, mis on populaarsust kogunud oma mitmekesisusega. Pythoni abil on võimalik programmeerida mitte ainult Raspberry Pi-d, vaid sellega on võimalik luua näiteks tehisintellekti või kasutada seda andmete töötlemiseks ning analüüsimiseks. Python on väga populaarne ka algajate seas, sest lisaks tema paljudele võimalustele on sellele relatiivselt lihtne süntaks, mis tekitab algajates vähem hirmu sellega katsetada.

4.1 Ajalugu

Programmeerimiskeel Pythoni autoriks on Guido van Rossum, kes lõi interpreteeritava, objektorienteeritud programmeerimiskeele 1980nendate lõpus, kui ta töötas Hollandi riiklikus arvutiteaduste uurimisinstituudis [19]. Pythonist on saanud populaarne programmeerimiskeel, sest selles on kasutusel lihtne süntaks ning tegemist on väga võimsa keelega.

4.2 Python hariduses

Siegfried leidis 2016. aastal, et Ameerika Ühendriikides on Python populaarsuselt teine programmeerimiskeel, mida kasutatakse programmeerimise algkursustel. Kõige enimkasutatud programmeerimiskeeleks osutus Java [20]. A. Yadin on oma 2011 aasta artiklis „Reducing the Dropout Rate in an Introductory Programming Course“ uurinud kuidas vähendada väljalangemist sissejuhatavates programmeerimiskursustes. Artiklis leidis A. Yadin, et muutes sissejuhatavates ainetes Java programmeerimiskeele tavapärane õpetamine ehk kolm tundi loenguid ning kaks tundi praktikume nädalas hoopis uue formaadi vastu, kus kasutatakse Pythoni programmeerimiskeelt, mida õpetatakse koos kahetunnise loengu ja praktikumi hübriidi abil suutis ta vähendada väljalangemist 77.4%, varasema 43.1% asemel 9.8% [21-22].

5. Õppematerjali loomine

5.1 Digitaalne õppematerjal

Digitaalne õppematerjal on üks osa digitaalsest õppevarast, mis hõlmab endas õppeotstarbelist tarkvara ja digitaalseid õppematerjale [23]. Anne Villems ja teised on 2015. aastal valminud „Digitaalse õppematerjali loomise soovitused“ juhises defineerinud digitaalse õppematerjali kui digitaalsel kujul levitatav õppeotstarbeline materjal, mis sisaldab teksti, graafilisi ja multimeediumi elemente ning võib olla suuremal või vähemal määral interaktiivne [23]. Lisaks sellele on autorid juhendis välja toonud, et kvaliteetne digitaalne õppematerjal on õppimist toetav, sisult kvaliteetne, motiveeriv, kohandatav, interaktiivne, autoriõigusi järgiv, kasutajasõbralik, tehniliselt korrektne ja ühilduv ning leitav [23].

Käesoleva bakalaureusetöö raames loodud õppematerjalide koostamisel on lähtutud ka 2021. aastal Hariduse Infotehnoloogia Sihtasutuse (HITSA) e-kursuse kvaliteedi töörühma poolt loodud juhendist „Juhend kvaliteetse e-kursuse loomiseks“ [4]. Vastavalt juhendi soovitusele lähtus autor ADDIE mudelist.

5.2 ADDIE mudel

ADDIE mudel on õppedisaini mudel, mis koosneb viiest etapist [4]. ADDIE mudeli etapid on järgmised:

1. Analüüsi etapp (ingl *analyze*), mis on õppeprotsessi kavandamise aluseks. Selles etapis sõnastatakse eesmärgid ning analüüsitakse vajadusi, tingimusi, sihtrühma ja sisu.
2. Kavandamise etapp (ingl *design*), mille raames sõnastatakse õpieesmärgid ja kavandatakse õppeprotsessi sisu ja struktuur. Lisaks sellele luuakse ka õppeprotsessi kava.
3. Väljatöötamise etapp (ingl *development*), mis hõlmab endas õppematerjalide ja õpijuhiste koostamist.
4. Läbiviimise etapp (ingl *implementation*), mille käigus õppematerjal rakendatakse reaalsete õpilaste peal.

5. Hinnangu andmise etapp (ingl *evaluation*), mis on korduv protsess, kus hinnatakse õppeprotsesse. ADDIE mudelis on hinnangu andmise etapp viimane, et anda hinnangut tervele õppematerjalile.

Järgnevalt toob käesoleva bakalaureusetöö autor välja vastavalt ADDIE mudelile välja esimese etapi ehk analüüsimise etapi spetsiifilisemad punktid ning kirjeldab kavandamise ja väljatöötamise etappe.

5.2.1 Analüüsi etapp

Käesoleva bakalaureusetöö raames loodud ADDIE mudeli järgne analüüs koosneb mitmest erinevast analüüsi etapist ning on kooskõlastatud käesoleva bakalaureusetöö juhendaga.

5.2.1.1 Vajaduste analüüs

1. Kursuse koht õppekavas: kursus on peamiselt mõeldud lisamoodulina huvilistele või näiteks ühe poole gümnaasiumi programmeerimise valikursusest edasijõudnutele. Lisaks sellele toetab õppematerjal õpilaste iseseisva projekti loomist.
2. Vajalikud eelteadmised: eelduseks on, et õpilane on läbinud esimese programmeerimise sissejuhatava aine ja gümnaasiumi valikkursuse “Tarkvaraarendus”. Eelteadmised on vajalikud Pythoni programmeerimiskeele kohta, varasem kogemus riistvaraliste seadmetega või Raspberry Pi-ga selle lisamooduli raames ei ole vajalik.
3. Üldised eesmärgid: esimeseks eesmärgiks on anda õpilastele ülevaade lihtsamast riistvara programmeerimisest Pythoni abil Raspberry Pi näitel. Teiseks eesmärgiks on pakkuda õpilastele võimalust ja vahendeid aine lõpuks suuta iseseisvalt luua Raspberry Pi ja Pythoniga projekt või prototüüp.

5.2.1.2 Tingimuste analüüs

1. Olemasolevad materjalid: Raspberry Pi-le on eesti keeles mõned materjalid loodud, kuid enamik neist ei ole täielikud kursused, vaid on pigem ühe õppetunni jaoks loodud. Nende peamine puudujääk on see, et ajaline maht, mis kulub Raspberry Pi-de valmis seadmiseks on piisavalt suur, et neid ei ole mõtet ainult tutvustamise jaoks kasutada ning mõistlikum oleks neid juba mitu nädalat kasutada, kui neid üldse kasutusele võtta. Olemasolevatest materjalidest on Raspberry Pi enda kodulehel väga palju huvitavaid projekte ja materjale, mida saab käesoleva bakalaureusetöö raames inspiratsioonina kasutada.
2. Kes hakkab õpetama: õppematerjali üks kriteeriumitest on, et see peab olema läbitav iseseisvalt ja juhendaja on selle õppematerjali kõrval pigem toetav isik, kes saab vajadusel aidata mõne tehnilise probleemiga ning suunata õpilasi õige lahenduse suunas.
3. Tehnilised vahendid: Õppematerjali läbimiseks on vaja mitmeid riistvaralisi seadmeid ning õppematerjal peab olema kirjutatud piisavalt paindlikult, et vajadusel saaks mõne seadme puudumisel selle osa õppematerjalist vahele jätta. Kindlasti läheb õppematerjali läbimiseks vaja Raspberry Pi 3 või Raspberry Pi 4 seadmeid. Õppematerjal peab toetama mõlema seadme kasutamist, sest mõlemad seadmed on laialdaselt kasutusel. Lisaks Raspberry Pi-le endale on kursuse raames vaja ka Raspberry Pi kaameramoodulit, Sense HAT laiendusplaati, juhtmeid, mikronuppe, makettplaati, LED tulesid, liikumisandurit ja kaugusandurit.

5.2.1.3 Sihtrühma analüüs

1. Õpilaste eelteadmised: õpilased on õppinud ja edukalt läbinud kaks eelnevat programmeerimise kursust, mille raames on nad õppinud oskuslikult kasutama Pythoni programmeerimiskeelt, et lahendada lihtsamaid elulisi probleeme. Õpilased ei pea olema varasemalt kokku puutunud Raspberry Pi või muu sarnase riistvaralise seadmega.
2. Õpilaste huvid: õpilastele võiks pakkuda huvi riistvaraga ümber käimine. Eelnevalt pole õpilased riistvaraga sisuliselt kokku puutunud.

3. Vanus: antud valikkursuse lisamoodulit läbivad õpilased õpivad gümnaasiumi õppeastmes.
4. Keeleoskus: õpilased valdavad eesti keelt. Kasuks tuleb ka inglise keele oskus aga see ei ole õppematerjali raames kohustuslik. Kogu terminoloogia on eesti keeles aga esitatakse ka inglise keelseid tõlkeid, sest need on laiemalt kasutuses.

5.2.1.4 Sisu analüüs

Õppeväljundid

1. Õpilane oskab pärast õppematerjali läbimist valmis seada Raspberry Pi, mis koosneb operatsioonisüsteemi laadimisest ja paigaldamisest ning Raspberry Pi tarkvara uuendamisest. Sisuliselt saab õpilane hakkama iseseisvalt täiesti uue Raspberry Pi seadme valmis panemisega selliselt, et seda on võimalik kasutada erinevate projektide jaoks.
2. Õpilane oskab pärast õppematerjali läbimist koostada iseseisvalt projekti või prototüübi, mis koosneb Raspberry Pi seadmest ning oskab sellega liidestada erinevaid riistvaralisi komponente, näiteks Sense HAT laiendusplaati, LED tulesid, mikronuppe, liikumisandurit, kaugusandurit või kaamerat.

Õppematerjal kasutab peamiselt trialoogilist õpet, kus peamiseks fookuseks on ühiselt prototüüpide loomine ning probleemipõhist õpet, kus leitakse lahendusi lihtsatele probleemidele, mis järgnevad teema tutvustusele.

5.2.2 Kavandamise etapp

Käesoleva bakalaureusetöö raames valminud õppematerjali teemad töötasid autor ja juhendaja Tauno Palts välja koostöös. Teemade valimisel on oluliseks osaks, et õpilased saaksid proovida ning tutvuda erinevate riistvaraliste komponentidega ning mõistaksid nende toimimist. Lisaks sellele on õppematerjali teemad omavahel kombineeritavad ning nende kombineerimine

kulmineerub viimase teemaga, milleks on lõpuprojekt, kus õpilane saab oma saadud teadmised proovile panna.

Tabel 1 on enne õppematerjali loomist paika pandud kava. Antud kava alusel on loodud ka õppematerjali sisu. Iga teema koosneb kahest umbes 45 minuti pikkusest õppetunnist, mille raames õpetatakse mõnda riistvaralist vahendit kasutama ning antakse ülesandeid, mida vastava vahendiga teha saab. Mõne teema puhul on autor lisanud ka lisaülesandeid nendele, kes soovivad.

Nädal	**Teema**	**Tund**	**Tegevused**
1. nädal	Raspberry Pi tutvustus, ajalugu ja seadme kasutamiseks valmistamine	1. tund	Sissejuhatus, Raspberry Pi ajalugu ning erinevad valdkonnad, kus neid kasutatud on. Lühike enesekontroll loetu kohta.
		2. tund	Raspberry Pi nullist seadistamine, SD kaardile operatsioonisüsteemi laadimine ja tarkvara uuendamine. Lihtsa Python programmi koostamine ja selle käsurealt käivitamine
2. nädal	Raspberry Pi Sense HAT-iga liidestamine ning selle programmerimine	3. tund	Sense HAT tutvustus. Sisend- ja väljundseadmete tutvustus. Lühike enesekontroll Sense HAT sisend- ja väljundseadmete kohta. Ülesanded, lihtsa termomeetri loomine.
		4. tund	Isenenda Sense HAT projekti loomine

3. nädal	Nuppude ja LED tulede liidestamine Raspberry Pi-le	5. tund	Nupu ühendamine ning nupuvajutuste registreerimine. LED tule ühendamine ja selle põlema panemine. LED tule põlemist nupuvajutusega kontrollimine.
		6. tund	Valgusfoori ülesanne. Eesmärgiks on teha oma valgusfoor koos jalakäijate nupuga, mis lubada jalakäijal tsüklisse paus teha tee ületamiseks.
4. nädal	Liikumisandur ja ultraheliandur	7. tund	Liikumisanduriga liikumise tuvastamine. Liikumise tuvastamise peale väikesest kõlarist heli tekitamine.
		8. tund	Ultraheli kaugusanduriga objektide kaugelt tuvastamine.
5. nädal	Kaamera moodul	9. tund	Kaamera ühendamine. Piltide tegemine, piltide töötlemine ja efektide lisamine.
		10. tund	Kaamerale kasutajaliidese loomine. “Turvakaamera” loomine, mis teeb pildi liikumise tuvastamine peale
6. nädal	Lõpuprojekt	11. - 12. tund	Lõpuprojekti valmistamine. Teemad näiteks: ilmajaama loomine (temperatuuri mõõtmine, pildi tegemine, faili kirjutamine), linnukaamera

			(videopildi edastamine), lemmiklooma toitja (servo ja aeg), fotoboks (kaamera, nupp, failide salvestamine, kasutajaliides). Võimalusel projektide esitlemine.

Tabel 1 Õppematerjali kava

Õppematerjali loomisel on eeldatud, et õpilane on läbinud „Tarkvaraarendus“ valikkursuse ning rakendab sealt omandatud teadmisi riistvara programmeerimiseks. Seega ei ole õppematerjali fookus mitte uute programmeerimisteadmiste omandamisel, vaid juba eelnevate teadmiste rakendamine teistsuguses kontekstis, milleks on riistvara programmeerimine.

5.2.3 Õppematerjalide väljatöötamise etapp

Õppematerjalide väljaloomisel sai autor inspiratsiooni ja mõtteid internetis leitavatest inglisekeelsetest Raspberry Pi õppematerjalidest ja projektidest. Õppematerjalide kirjutamisel kasutas autor Pressbooks keskkonda, kuhu on varasemalt loodud erinevaid lisamooduleid gümnaasiumi valikainele „Tarkvaraarendus“.

Õppematerjalide sisu väljatöötamisel lähtus autor eelnevalt tehtud analüüsist ja kavast, mis oli õppematerjalide loomise aluseks.

5.2.4 Läbiviimise etapp

Käesoleva bakalaureusetöö raames koostas autor ühe näidistunni eesmärgiga katsetada valminud õppematerjali ning kaardistada gümnaasiumi astme õpilaste õppetempot. Näidistund toimus 10. detsembril 2021 Tartu Ülikooli Delta keskuses ning selles osales 18 õpilast Tartu Tamme Gümnaasiumi gümnaasiumi õppeastmest.

Näidistund koosnes neljast peamisest osast, millest esimene oli Raspberry Pi-ga tutvumine ja selle käivitamine. Piiratud aja tõttu tegi autor pärast sissejuhatus kiire ülevaate Raspberry Pi-st ning selle kasutamisest erinevates valdkondades. Pärast seda järgnes Raspberry Pi ühendamine monitori, hiire ja klaviatuuriga ning selle käivitamine.

Näidistunni teise osa moodustas Sense HAT laiendusplaadiga tutvumine ning selle programmeerimine kasutades Pythoni koodi asemel Scratchi. Õpilased programmeerisid esmalt Sense HAT-i LED tuled teksti kuvama ning pärast seda rakendati teadmisi tingimuslausetest ning programmeeriti termomeeter, mis kuvas temperatuuri, kuid loodud termomeeter näitas seda erinevate värvidega vastavalt sellele, kuidas õpilased need programmeerisid.

Kolmandas osas ühendasid õpilased makettplaadi abil Raspberry Pi-ga LED tule ning mikronupu, millele järgnes nende programmeerimine. Õpilased programmeerisid LED tule ja mikronupu nii, et nupu vajutuse peale LED tuli süttiks või kustuks, vastavalt selle eelnevale olekule.

Näidistunni neljas etapp oli planeeritud Raspberry Pi kaameramooduliga tutvumiseks ning sellega piltide tegemiseks. Näidistunnis olid kasutusel Raspberry Pi 3 mudelid, millel 2021 detsembris esines tehniline viga, mille tõttu ei olnud kõige värskema operatsioonisüsteemiga võimalik neid edukalt Raspberry Pi-ga ühendada. Seega tekkis näidistunnis segadus erinevate veateadete asjus, mis õpilastel tekkisid. Näidistunni viimast osa võib pidada läbikukkumiseks, kuid see andis aluse sellele, et õppematerjali edasisel koostamisel arvestas autor nii Raspberry Pi 3 kui ka Raspberry Pi 4 versioonidega.

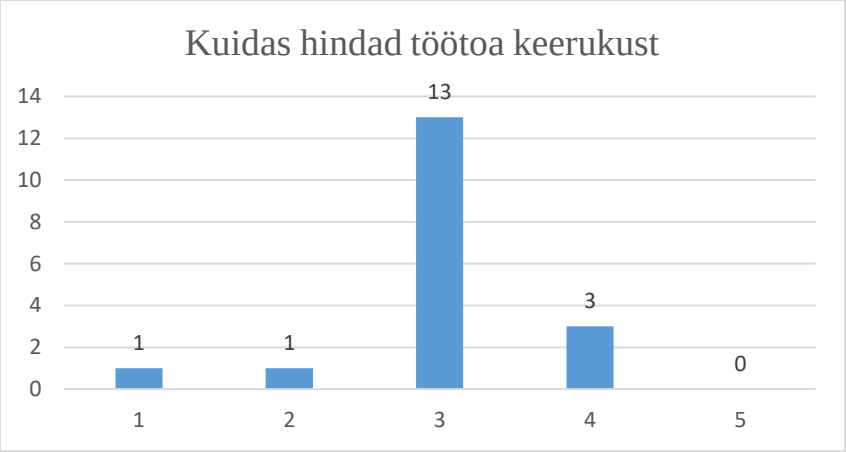
Näidistunnis selgus ka, et Raspberry Pi 4 puhul tuleb olla väga ettevaatlik kaamerapesadega, sest need võivad väga lihtsalt katki minna. Läbi viidud näidistunni puhul lõhuti kogemata 2 kaamerapeas, mida ei olnud võimalik parandada. Kui Raspberry Pi kaamera kinnitus katki läheb on selle parandamine väga keeruline, kui mitte võimatu ning sellega võib sisuliselt selle Raspberry Pi vähemalt kaamera mooduli jaoks maha kanda.

5.2.5 Hindamise etapp

Näidistunni lõpus palus autor täita õpilastel tagasiside küsimustiku, millele vastasid kõik 18 näidistunnis osalenud õpilast.

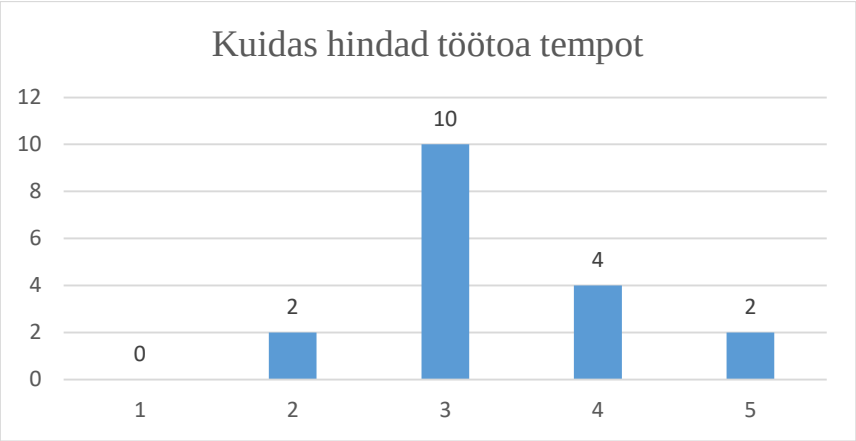
Autor toob järgnevalt välja olulisemad küsimused ning nende vastused, mille põhjal saab hinnata loodud õppematerjali tempot, keerukust ja ka seda, kas õppematerjal on läbitav iseseisvalt.

Joonis 1 kujutab töötoa keerukuse tagasisidet ning täpsemalt vastust küsimusele „Kuidas hindad töötoa keerukust“ skaalal ühest viieni, kus üks tähistas vastust „väga kerge“ ning viis „väga raske“.



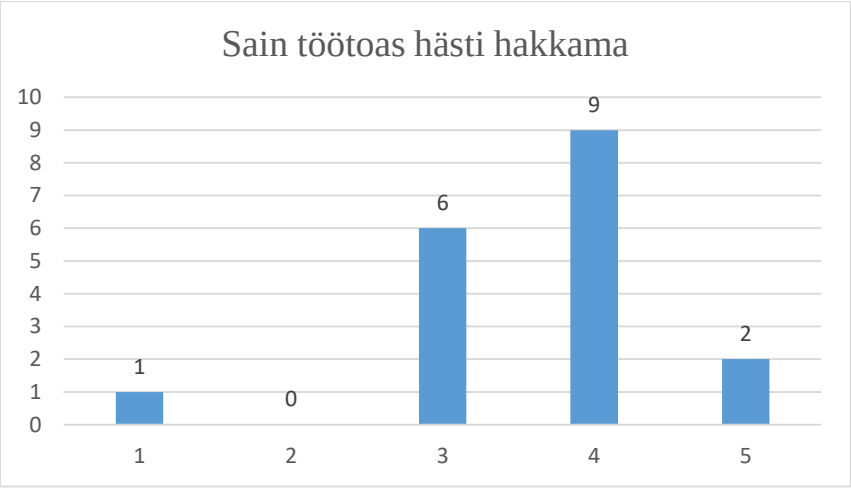
Joonis 1 Näidistunni keerukuse tagasiside

Jooniselt on näha, et enamik õpilasi ehk 13 on valinud viie palli skaalal kolme, seega võib arvestada, et need õpilased pidasid näidistunni keerukust mõõdukaks. Selle tulemusega võib autori silmis rahule jääda, seega arvestas autor edasise õppematerjali kirjutamisel, et keerukus võiks jääda sarnaseks.



Joonis 2 Näidistunni tempo tagasiside

Joonis 2 toob välja õpilaste arvamuse näidistunni tempost, kus 1 tähistas arvamust „väga aeglane“ ja 5 „väga kiire“. Ka tempo puhul leiab autor, et näidistunnis kasutatud õppematerjali tempo oli sobilik, kuna enamik õpilasi hindas selle tempot mõõdukaks. Seega on autor õppematerjali koostamisel arvetanud sarnase tempoga, mida kasutati näidismaterjalis.



Joonis 3 Tagasiside töötoas iseseisvalt hakkama saamise kohta

Joonis 3 kujutab õpilaste vastuseid küsimusele, kas nad said töötoas hästi hakkama, kus 1 tähistab vastust „pole üldse nõus“ ning 5 vastust „olen väga nõus“. Autori arvates on ka see rahuldav tulemus, sest enamik õpilasi leiavad, et näidistunnis said nad vähemalt mõõdukalt hästi hakkama. Seega võib järeldada, et näidistunnis kasutatav materjal oli sobiv ja õpilased saavad selle materjali läbimisega ka iseseisvalt hakkama. Õppematerjali koostades arvestas autor, et õpilased võiksid sarnasel määral iseseivalt hakkama saada.

Kokkuvõtlikult võib väita, et näidistund andis kinnitust, et valminud õppematerjal on sobilik kasutamiseks gümnaasiumi õppeastmes ning mõõduka tempo ja keerukusega. Lisaks sellele võib väita, et õpilasel on võimalik iseseisvalt materjal läbida.

5.3 Valminud õppematerjali näidis: Raspberry Pi kaamera moodul

Tänases tunnis tutvume Raspberry Pi kaameramooduliga. Selle raames teeme Raspberry Pi kaameraga pilte, töötleme neid ning lõpuks proovime luua ka rakendust, mis looks kaamerale kasutajaliidese.

NB! Selles õppematerjalis ei ole sisulist vahet, kas kasutada Raspberry Pi 4 või 3 seni kuni kasutad operatsioonisüsteemi Raspberry Pi OS-i mille esimeses peatükkis paigaldasime mis baseerub Debain 11.3 versioonil. Kui sa ei ole kindel milline Debiani versiooni sinu Raspberry Pi-le paigaldatud on siis kirjuta käsureale käsk:

```
cat /etc/debian_version
```

Kui ilmub rida 11.3 oled õige versiooni peal.

Rapsberry Pi kaamera ühendamine

Raspberry Pi kaameramoodul on varustatud lintkaabliga, mis tuleb ühendada Raspberry Pi-ga. Selle jaoks lülita Raspberry Pi esmalt välja, otsi üles Rapsberry Pi keskel olev kaamera ühenduskoht ning tõsta selle peal olev kattev osa ettevatlikult ühenduse eest ära. Seejärel sisest kaamera nii:

Raspberry Pi 4 koos ühendatud kaameraga

Raspberry Pi 3 koos ühendatud kaameraga

Kui olema kaamera füüsiliselt Raspberry Pi-ga ühendanud siis lülitame Raspberry Pi sisse. Selle jaoks ühendame Raspberry Pi vooluvõrku taaskord.

Kui oleme Raspberry Pi tööle saanud siis avame terminali ning sisestame sinna käsu:

```
sudo raspi-config
```

millega saab Raspberry Pi konfiguratsiooni redigeerida. Kui oleme konfiguratsiooni menüü lahti teinud siis järgmise sammuna peame lubama kaamera mooduli, selle jaoks mine Interface Options -> Legacy Camera ning küsimusele "Would you like to enable legacy camera support"

vali vastusevariant Yes või Jah. Seejärel menüüst lahkudest küsib Raspberry Pi, et kas soovid teha kohe taaskäivitust ning teeme taaskäivituse kohe ära.

Jääb üle katsetada, kas meie kaamera hakkas tööle. Selle jaoks avame taaskord terminali ning proovime teha kaameraga pilti. Kasutame käsku:

```
raspistill -o Desktop/pilt.jpg
```

mille peale peaks avanema kaamera eelvaade ning kolme sekundi pärast tegema pilti. Kontrolli, kas töölaua kausta tekkis pilt.

Pythoni koodiga kaamera juhtimine

Järgnevalt proovime teha kaameraga pilti kasutades Pythoni koodi. Selle jaoks avame ülemisest vasakust menüüst Programmeerimine -> Thonny Python IDE.

Katsetamiseks loome sellise programmi, mis käivitamisel kuvab meile viieks sekundiks ekraanile praegust kaamerapilt. Pärast seda viit sekundit lülitatakse programm välja. Nii saame lihtsalt kontrollida kuidas kaamerapilt välja näeb.

Kaamera nõuab selle juhtimiseks teeki nimega picamera ning sealt seest spetsiifiliselt PiCamera moodulit. Seega kui soovime luua Pythoni programmi, mis kaamerat kontrolliks siis peame alustama oma koodi reaga

```
from picamera import PiCamera
```

millega me selle teegi enda programmi laeme.

Järgmiseks tekib küsimus kuidas teha nii, et kaamerapilti näidatakse ainult viis sekundit, mitte igavesti. Selleks paigaldame teise teegi nimega time ja sealt spetsiifilisemalt sleep teegi reaga:

```
from time import sleep
```

Järgmiseks loome uue objekti, mis hakkab meie programmis kujutama kaamerat ning mille abil me kaamerat kontrollida saame. Kaamera objekti saab luua näiteks reaga:

```
kaamera = PiCamera()
```

Järgnevalt ütleme kaamerale, et ta hakkaks meile eelvaadet kuvama reaga:

```
kaamera.start_preview()
```

Seejärel peame ütlema mitu sekundit me tahame, et eelvaadet näidataks enne selle sulgemist. Seega anname tervele programmile käsu mitte midagi teha viis sekundit reaga:

```
sleep(5)
```

Kõige lõpuks sulgeme eelvaate reaga:

```
kaamera.stop_preview()
```

Kokku peaks meie programm välja nägema selline:

```
from picamera import PiCamera

from time import sleep



kaamera = PiCamera()



kaamera.start_preview()

sleep(5)

kaamera.stop_preview()
```

Pyhoniga pildistamine ja piltidele efektide lisamine

Pythoni koodi abil saab juhtida kaamerat ka pilti tegema ja selle pildi seadeid muutma. Lisaks sellele on võimalik kaamerat ka videot salvestama panna. Esmalt vaatame kuidas muuta eelmises osas loodud programmi nii, et see teeks pärast eelvaadet ka pilti ning salvestaks selle meie Raspberry Pi peale.

See on tegelikult väga lihtne, sest piisab ainult sellest, et pärast viit sekundit ootamist annaksime kaamerale käsu pilt teha ning see salvestada. Kaamerale pildistamine käsk on näiteks:

```
kaamera.capture('pilt.jpg')
```

kus kaamera on PiCamera objekt, mille oleme eelnevalt loonud, **capture** on käsk millega pilt tehakse ja see salvestatakse ning 'pilt.jpg' on faili nimi, mida salvestatakse. Siinjuures on oluline salvestada pilt lõpuga .jpg, sest see annab operatsioonisüsteemile märku, et salvestatud faili näol on tegemist pildifailiga.

Lisa eelnevalt loodud programmile koodirida, millega pilt salvestatakse. Pane programm tööle. Kas pilt tehti ära? Kas leiad ka kuhu pilt salvestati? Pilt salvestati samasse kohta, kuhu olid varasemalt salvestanud oma Pythoni programmi.

Proovime nüüd pilti pisut muuta. Esmalt võiksime muuta kaamera heledust ja tumedust. Selle jaoks saab kaamera heledust muuda, kui seadistame pärast kaamera eelvaate algust selle heledustaseme. Katsetame seda nii, et lisame ühe koodirea pärast kaamera eelvaate käivitamist, milleks on näiteks:

```
kaamera.brightness = 20
```

Kaamera heledustase on 0 ja 100 vahel. Vaikimisi on see seadistatud 50 peale. Lisa see rida oma programmi ja katseta, kas pilt on tumedam? Proovi nüüd seadistada pilt hoopis heledamaks, kas toimis?

Järgmisena proovime lisada pildile mõnda efekti, mida Raspberry Pi kaamera puhul on mitmeid aga esmalt proovime lisada negatiivi efekti, kus värvid on pööratud tagurpidi. Selle jaoks saame lisada programmile rea, kus määrame kaamerale efekti näiteks nii:

```
kaamera.image_effect = 'negative'
```

Antud rida peaks asuma taaskord pärast seda, kui oleme käivitanud kaamera eelvaate.

Proovi mõnda muud efekti ka sellest nimekirjast:

```
negative, solarize, sketch, denoise, emboss, oilpaint, hatch, gpen, pastel, watercolor, film, blur, saturation, colorswap, washedout, posterise, colorpoint, colorbalance, cartoon, deinterlace1, deinterlace2.
```

Või võid proovida hoopis sellist koodi, mis näitab sulle kõik võimalikud efektid ette ning tutvustab neid ka nimepidi:

```
kaamera.start_preview()

for efekt in kaamera.IMAGE_EFFECTS:

    kaamera.image_effect = efekt

    kaamera.annotate_text = "Efekt: %s" % efekt

    sleep(3)

kaamera.stop_preview()
```

Pythoniga video salvestamine

Pythoniga on võimalik ka väga lihtsalt videot salvestada. Piisab vaid sellest, et Pi kaamerale anda käsk salvestamise alustamiseks ning ka selle lõpetamiseks. Salvestamise alustamiseks on käsk näiteks:

```
kaamera.start_recording('video.h264')
```

kus kaamera on meie eelnevalt loodud Raspberry Pi kaamera objekt ning 'video.h264' on salvestamise faili nimi. Kas oskad juba pakkuda milline võiks olla käsk salvestamise lõpetamiseks? See on loomulikult:

```
kaamera.stop_recording()
```

Sarnaselt piltide tegemisele saame ka video salvestamisel lisada erinevaid efekte. Katseta erinevate efektide lisamisega ka video salvestamisel.

Kokkuvõte

Käesoleva bakalaureusetöö eesmärk oli koostada Raspberry Pi õppematerjal lisamoodulina gümnaasiumi valikursusele „Tarkvaraarendus“. Õppematerjali koostamisel lähtus autor juhendaja Tauno Paltsi nõuannetest teemade valikul ning kvaliteetse õppematerjali loomiseks soovitatud ADDIE mudelist.

Valminud õppematerjal on osa gümnaasiumi valikainest „Tarkvaraarendus“ ning seda on tulevikus võimalik kasutada gümnaasiumi õpilastel, kes on valikaine läbinud ning soovivad Raspberry Pi kohta juurde õppida. Lisaks sellele saab loodud lisamoodulit kasutada kombineerides see ka eelnevalt loodud lisamoodulitega, et luua terviklik gümnaasiumi valikaine.

Autor lähtus õppematerjali koostamisel ADDIE mudelist, mille viimaseks sammuks oli õppematerjali katsetamine. Käesoleva bakalaureusetöö raames katsetas autor valminud õppematerjali näidist Tartu Tamme Gümnaasiumi õpilaste peal ühe kolmetunnise töötoa raames. Läbi viidud näidistunni tagasiside andis kinnitust, et õppematerjali tempo ja keerukus on gümnaasiumi õpilastele mõõdukas ning õppematerjal on läbitav ka iseseisvalt.

Valminud kursus võimaldab ka edasiarenguid ning uute teemade lisamist. Autori arvamusel peab õppematerjali uuendamist jätkama pidevalt, eriti siis kui uuendatakse Raspberry Pi OS versiooni.

Viidatud kirjandus

[1] Tartu Ülikooli õppeosakond, „Kõrghariduse esimese astme ja integreeritud õppe lõpetanud (alates 1985),“ Tartu Ülikool, Tartu, 2022.

[2] K. H. T. B. S. B. I. S. C. &. K. W. B. Gareis, „E-skills for Jobs in Europe: Measuring Progress and Moving Ahead, Final Report.,“ Bonn, Germany, 2014.

[3] K. Kori, P. Beldman, E. Tõnisson, P. Luik, R. Suviste, L. Siiman ja M. Pedaste, „IT oskuste arendamine Eesti koolides,“ Tartu Ülikool, Tartu, 2019.

[4] L. Pilt, M. Kusmin, T. Plank, A. Villems, M. Varendi, V. Rogalevitš, A. Rosenberg, M. Kirikal, K. Požogina ja M. Dremljuga-Telk, „Juhend kvaliteetse e-kursuse loomiseks,“ Eesti Kõrg- ja Kutsehariduse Kvaliteediagentuur, 2021.

[5] Vabariigi valitsus, *Gümnaasiumi riiklik õppekava,* Tallinn, 2021.

[6] Hariduse Infotehnoloogia Sihtasutus, „Gümnaasiumi informaatika õppekava,“ https://www.hitsa.ee/ikt-haridus/progetiiger/gumnaasiumi-informaatika-ainekava. (10.01.2022).

[7] Tartu Ülikool, „Tarkvaraarendus,“ https://web.htk.tlu.ee/digitaru/tarkvara/part/autorid/. (10.01.2022).

[8] B. Balon ja M. Simić, „Using Raspberry Pi Computers in Education,“ *2019 42nd International Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics (MIPRO),* lk. 1, 2019.

[9] S. J. Johnston, P. J. Basford, C. Perkins, H. Herry, F. P. Tso , D. Pezaros, R. Mullins, E. Yonek, S. J. Cox ja J. Singer, „Commodity single board computer clusters and their applications,“ *Future Generation Computer Systems,* lk. 202, 2018.

[10] N. S. Yamanoor ja S. Yamanoor, „High quality, low cost education with the Raspberry Pi,“ lk. 1, 2017.

[11] M. Kölling, „Educational Programming on the Raspberry Pi,“ *Electronics 2016,* lk 1-2, 2016.

[12] S. Ganguly, „linuxhint.com“, https://linuxhint.com/history-of-linux/. (08.05.2022).

[13] Britannica entsüklopeedia toimetajad, „Britannica entsüklopeedia,“ 05.10.2021. https://www.britannica.com/technology/Linux. (08.05.2022).

[14] Raspbian, „www.raspbian.org,“ Raspbian, 2022. https://www.raspbian.org/FrontPage. (08.05.2022).

[15] A. Khan, „Linuxhint,“ 2022. https://linuxhint.com/gpio-pinout-raspberry-pi/. (08.05.2022).

[16] Euroopa Kosmoseagentuur, „Astro Pi,“ 2020. https://astro-pi.org/about/. (08.05.2022).

[17] Raspberry Pi, „Raspberry Pi Sense Hat,“ Raspberry Pi, https://www.raspberrypi.com/products/sense-hat/. (08.05.2022).

[18] R. W. Bowman, B. Vodenicharski, J. T. Collins ja J. Stirling, „Flat-Field and Colour Correction for the Raspberry Pi Camera Module,“ *Journal of Open Hardware,* lk 1-2, 2020.

[19] G. v. Rossum, Interviewee, *The Making of Python A Conversation with Guido van Rossum, Part I.* [Intervjuu]. 13.01.2003.

[20] R. M. Siegfried, J. P. Siegfried ja G. Alexandro, „A Longitudinal Analysis of the Reid List of First Programming Languages," *Information Systems Education Journal,* lk. 49, 2016.

[21] A. Yadin, „Reducing the Dropout Rate in an Introductory Programming Course," *ACM Inroads,* kd. 2, nr 4, lk. 75, 2011.

[22] A. Ade-Ibijola, „Syntactic Generation of Practice Novice Programs in Python," *Communications in Computer and Information Science (CCIS),* lk. 4, 2018.

[23] A. Villems, L. Aluoja, L. Pilt, M.-M. Naulainen, M. Kusmin, V. Rogalevitš ja U. Tokko, „Digitaalse õppematerjali loomise soovitused," Hariduse Infotehnoloogia Sihtasutus, 2015.

LISAD

I. Valminud õppematerjal

Valminud õppematerjal on leitav kursuse „Tarkvaraarendus“ lisamoodulite veebilehelt: https://web.htk.tlu.ee/digitaru/lisamoodulid/front-matter/introduction/

II. Litsents

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

Mina, **Eero Ääremaa**,

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

   Gümnaasiumi kursuse “Tarkvaraarendus” Pythoni riistvaramooduli koostamine Raspberry Pi-ga,

   mille juhendaja on Tauno Palts, reprodutseerimiseks eesmärgiga seda säilitada, sealhulgas lisada digitaalarhiivi DSpace kuni autoriõiguse kehtivuse lõppemiseni.

2. Annan Tartu Ülikoolile loa teha punktis 1 nimetatud teos üldsusele kättesaadavaks Tartu Ülikooli veebikeskkonna, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace kaudu Creative Commonsi litsentsiga CC BY NC ND 4.0, mis lubab autorile viidates teost reprodutseerida, levitada ja üldsusele suunata ning keelab luua tuletatud teost ja kasutada teost ärieesmärgil, kuni autoriõiguse kehtivuse lõppemiseni.

3. Olen teadlik, et punktides 1 ja 2 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.

4. Kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei riku ma teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse õigusaktidest tulenevaid õigusi.

Eero Ääremaa

10.05.2022